



Lutte contre les micropolluants des eaux urbaines



## **ROULÉPUR maîtrise de la contamination des eaux de voirie**

### **Tâche 2.1 – Livrable L2.1 Etat de l'art sur la contamination en micropolluants des eaux de ruissellement de voirie et parking**

**Steven DESHAYES (LEESU), Johnny GASPERI (LEESU), Marie-Christine GROMAIRE (LEESU)**

**Décembre 2016**

#### **Partenaires du projet :**

Ecole des Ponts ParisTech – LEESU  
CEREMA  
Université Bordeaux 1 – EPOC  
Conseil Départemental de Seine-Saint-Denis  
Conseil Départemental de Seine-et-Marne  
Ville de Paris ; Ecovégétal ; Saint Dizier Environnement

- **AUTEURS**

**Steven DESHAYES**, post-doctorant (LEESU), [steven.deshayes@enpc.fr](mailto:steven.deshayes@enpc.fr)

**Johnny GASPERI**, maître de conférences (LEESU), [gasperi@u-pec.fr](mailto:gasperi@u-pec.fr)

**Marie-Christine GROMAIRE**, directrice de recherche (LEESU), [marie-christine.gromaire@enpc.fr](mailto:marie-christine.gromaire@enpc.fr)

- **CORRESPONDANTS**

**Onema : Claire LEVAL**, chargée de mission « Eau et Aménagements Urbains »,  
[claire.leva1@onema.fr](mailto:claire.leva1@onema.fr)

**Agence de l'eau de Seine-Normandie : Pauline CHABANEL-DURRAND**, chargée d'études,  
[chabanel.pauline@aesn.fr](mailto:chabanel.pauline@aesn.fr)

**Ecole des Ponts ParisTech-LEESU : Marie-Christine GROMAIRE**, directrice de recherche  
(LEESU), [marie-christine.gromaire@enpc.fr](mailto:marie-christine.gromaire@enpc.fr)

- **AUTRES CONTRIBUTEURS**

**Prénom NOM**, fonction (Organisme), adresse e-mail

**Prénom NOM, fonction (Organisme)**, adresse e-mail

**Droits d'usage** : [par ex. accès libre ou accès réservé à XXX]

**Niveau géographique** : [un seul choix entre : mondial, national, régional, départemental, communal]

**Couverture géographique** : [administrative : indiquer le ou les pays, région, département ou commune ;  
citations locales : indiquer les noms de cours d'eau, plan d'eau, masse d'eau, bassin hydrographique]

**Niveau de lecture** : [plusieurs choix possibles entre : scolaires, citoyens, professionnels, experts]

[Les rubriques propres au partenaire (visa par ex.) peuvent être insérer dans cette page ou ajouter sur une page supplémentaire]

- **RESUME**

La tâche 2 du projet Roulépur est le premier volet du projet portant sur le diagnostic de la contamination en micropolluants des eaux de ruissellement de voirie et de parking.

La majorité des études sur les eaux pluviales ou les eaux de ruissellement de voirie se sont concentrées sur l'analyse des paramètres globaux, des métaux ou des hydrocarbures. Le but de ce livrable est de fournir un état de l'art le plus complet possible sur les micropolluants dans les eaux de ruissellement de voirie et parking et sur le potentiel d'émission des matériaux et consommables automobiles. Pour ce faire, deux différentes procédures ont été utilisées :

- La recherche de micropolluants dans les sources primaires, c'est-à-dire les adjuvants rentrant dans la composition des pièces ou consommables automobiles pouvant se retrouver dans les eaux de ruissellement ;
- Le bilan de micropolluants retrouvés directement dans les eaux pluviales ou dans les eaux de ruissellement de voirie.

Concernant les sources primaires, les voitures (ou les véhicules au sens large) sont composées d'une multitude de pièces. Parmi ces pièces, seules celles entrant en contact avec les eaux de pluie ont été étudiées. Il s'agit des pièces composant la carrosserie, des pneumatiques, des vitres, des joints et du système de freinage. En plus de ces pièces, cinq fluides automobiles ont été étudiés : les lave-glaces, les carburants, les huiles moteur, les liquides de freinage et de refroidissement. Cette étude sur les adjuvants a été réalisée en s'appuyant sur les informations disponibles dans des documents techniques. Elle vient compléter les études déjà existantes sur les micropolluants dans les matrices environnementales. Elle permet d'élargir le spectre de molécules intéressantes dans le cadre de ce projet.

La deuxième partie de cet état de l'art permet d'apporter des informations sur les occurrences et les concentrations des micropolluants dans les eaux de ruissellement. Elle repose sur l'analyse d'études nationales et internationales publiées (mémoire de doctorat ou d'articles dans des journaux internationaux) retrouvées dans la littérature grise. Au total, treize familles de composés ont été suivies.

Au vu de cet état de l'art, huit familles de composés organiques semblent intéressantes pour la suite du projet Roulépur. Il s'agit des :

- Alkylphénols et étoxylates d'alkylphénols ;
- Bisphénol A ;
- Phtalates ;
- Organo-phosphates ;
- PBDE ;
- Ethers oxygénés de l'essence ;
- Benzophénones ;
- Benzotriazole ainsi que ses dérivés.

- **MOTS CLES : ETAT DE L'ART, MICROPOLLUANTS, EAUX PLUVIALES, EAUX DE RUISSELLEMENT, SOURCES PRIMAIRES**

- **MICROPOLLUTANTS IN ROAD AND CAR PARK RUN-OFF WATER**
- **ABSTRACT**

The task 2 of Roulepur project is the first section of the project concerning the diagnosis on contamination of micropollutants in road runoff.

Most of studies of stormwater or runoff water had focused on the analysis of water quality parameters, metals or hydrocarbons. The aim of this deliverable is to provide the most complete benchmark on micropollutants in runoff water and on the potential emission of cars' materials and consumables. To do this, two different procedures has been used:

- The research of micropollutants used in primary sources that we can found in runoff, ie the additives used in the composition of cars or in their consumables ;
- Micropollutants found stormwater or in road run-off.

Regarding primary sources, cars (or vehicles) are composed by a multitude of parts. In that group, only the car part which are in contact with rainwater were studied. Hese are parts of the body, tires, windows, joints and the brake system. In addition to these parts, the presence of additives has been studied in five car liquids: washer fluid, fuel, engine oil, brake fluid and coolant. This adjuvant study is a complement to existing studies on micropollutants in environmental matrices. It can increase the molecules of interest within the framework of this project

The second part of this benchmark provides information about occurrences and concentrations of micropollutants in road runoff. It is based on the analysis of national and international studies. It's published in the form of doctoral dissertations or articles in international journals. In total, thirteen families of compounds were followed.

Reflecting results of this review, eight families of compound seem interesting for the folowing part of this project. There are:

- Alkylphenols and alkylphenol ethoxylates;
  - Bisphenol A;
  - Phthalates;
  - Organophosphates;
  - PBDEs;
  - Oxygenated ethers of petrol;
  - UV protectors such as benzophenones;
  - Benzotriazole and its derivative
- **KEY WORDS: BENCHMARK, MICROPOLLUTANTS, RAINWATER, CAR RUNOFF, PRIMARY SOURCES**

- **SOMMAIRE**

<b>1. Introduction .....</b>	<b>6</b>
<b>2. Les consommables automobiles.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. Les composants automobiles.....</b>	<b>6</b>
2.1.1. La structure extérieure .....	6
2.1.2. Les peintures .....	7
2.1.3. Les plastiques .....	10
2.1.4. Les pneus .....	12
<b>2.2. Les consommables liquides .....</b>	<b>13</b>
<b>2.3. Les gaz d'échappement .....</b>	<b>15</b>
<b>2.4. Les molécules présentes dans les sources primaires.....</b>	<b>15</b>
<b>3. Priorisation des molécules présentes dans les eaux de ruissellement .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1. Description des études retrouvées dans la littérature .....</b>	<b>16</b>
<b>3.2. Occurrences et concentrations des polluants dans les eaux de ruissellement</b>	
<b>20</b>	
3.2.1. Alkylphénols et bisphénols.....	20
3.2.2. Biocides et pesticides.....	21
3.2.3. Organoétains et organophosphates .....	23
3.2.4. Phtalates .....	23
3.2.5. Polychlorobiphényles et polybromodiphényléthers .....	24
3.2.6. Composés perfluorés .....	26
3.2.7. Autres molécules.....	27
<b>4. Contamination des eaux de ruissellement des aéroports.....</b>	<b>29</b>
<b>5. Caractéristiques des molécules suivies .....</b>	<b>29</b>
<b>6. Conclusions.....</b>	<b>31</b>
<b>7. Glossaire.....</b>	<b>36</b>
<b>8. Sigles &amp; Abréviations .....</b>	<b>37</b>
<b>9. Bibliographie .....</b>	<b>40</b>
<b>10. Table des illustrations .....</b>	<b>43</b>
<b>11. Annexe 1 : Limites de quantification des analyses.....</b>	<b>44</b>
<b>12. Annexe 2 : FDS de lave-glaces .....</b>	<b>47</b>
<b>13. Annexe 3 : FDS de liquides de freins .....</b>	<b>48</b>
<b>14. Annexe 4 : FDS de liquides de refroidissement .....</b>	<b>49</b>
<b>15. Annexe 5 : FDS d'huiles moteur .....</b>	<b>50</b>
<b>16. Annexe 6 : FDS de carburants .....</b>	<b>51</b>

## 1. Introduction

La première étape de la tâche 2 « le diagnostic des eaux de voiries » a pour but de déterminer les molécules présentant un intérêt dans le cadre du suivi des eaux de ruissellement de voiries. Pour ce faire, un état de l'art a été réalisé. Deux axes de recherche ont été menés : dans la littérature scientifique (publications, thèses, actes de colloques...) afin de définir les micropolluants recherchés dans les eaux de ruissellement urbaines puis dans différents documents techniques permettant de définir les contaminants présents dans les organes et consommables des automobiles susceptibles d'entrer en contact avec la pluie ou le ruissellement.

D'après l'état de l'art réalisé par Revitt et al. (2014), de nombreuses sources peuvent contaminer les chaussées et donc les eaux de ruissellement comme les dépôts atmosphériques, l'érosion des surfaces, l'usage de pesticides, etc. En outre, parmi ces sources, la voiture apparaît comme non négligeable (Revitt et al., 2014). La contamination des eaux de ruissellement des voiries par les véhicules peut provenir de multiples sources :

- Le lessivage des matériaux extérieurs des véhicules par les eaux pluviales ;
- Les fuites des fluides sur la chaussée ;
- Les émissions dans les gaz d'échappement ;
- Les poussières émises par les pièces mécaniques, notamment le système de freinage ;
- Et enfin par l'érosion de pneumatiques.

## 2. Les organes et consommables automobiles

Ce chapitre a pour but de présenter les adjuvants utilisés par les industriels dans la conception des voitures qu'il serait possible de retrouver par la suite dans les eaux de ruissellement. En plus des pièces de la voiture, il est indispensable de prendre en compte les fluides permettant son fonctionnement. Au total, cinq liquides ont été étudiés :

- Le liquide de refroidissement ;
- Le liquide de frein ;
- Le produit de lave-glace ;
- Les huiles (principalement l'huile moteur) ;
- Le carburant (essence et diesel).

### 2.1. Les composants automobiles

#### 2.1.1. La structure extérieure

Comme l'illustre la Figure 1, les voitures sont composées d'un nombre très important de pièces. Dans le cadre de ce projet, nous nous sommes concentrés sur les zones pouvant être en contact avec l'eau de pluie, c'est-à-dire les parties « extérieures » d'une voiture.

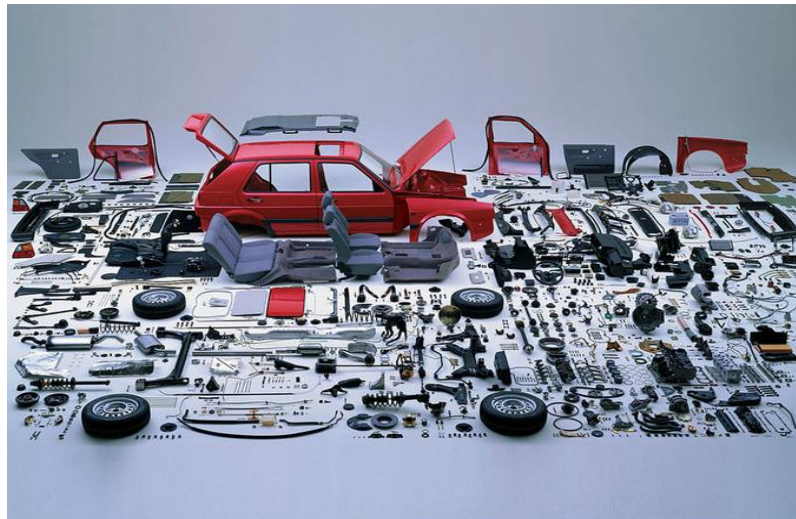


Figure 1 : composition d'une voiture (source : <http://www.lelombrik.net/images/13845/composition-dune-voiture.html>)

Les types de structures étudiées sont la carrosserie (comprenant la structure métallique, la peinture mais aussi tous les plastiques notamment les pare-chocs), les vitres, le système de freinage, les pneumatiques et les optiques. En recherchant dans divers documents techniques, il a été possible de retrouver les familles de molécules utilisées par les constructeurs. Le Tableau 1 liste ces molécules.

Au vu des informations collectées sur la présence d'adjuvants dans les parties extérieures des automobiles, des interrogations subsistent encore, notamment concernant les vitres et le système de freinage, puisqu'aucune information datant de la dernière décennie (retrait de l'amiante dans les plaquettes depuis) n'a été retrouvée concernant l'utilisation d'adjuvants dans leur composition. Cependant, du fait de l'utilisation de résine phénolique comme liant dans le système de freinage, il est possible de considérer les plaquettes de frein et/ou les disques comme une source de contamination autre que pour les particules et les métaux.

Dans le cadre du projet Inogev, les travaux de Lamprea-Bretauudeau et Gromaire (2014) ont montré la présence du bisphénol A et des alkylphénols dans la carrosserie. Pour cela, deux séries de test ont été réalisées :

Le premier consistait dans la lixiviation au méthanol des pièces de la carrosserie

Le deuxième consistait en la collecte des eaux ayant ruisselées sur les pièces sous un système de pluie simulée.

Au vu de ces résultats et des informations concernant les adjuvants utilisés dans les carrosseries (Tableau 1), les peintures et les vernis pourraient constituer une source d'alkylphénols, comme l'octylphénol et le nonylphénol, et d'alkylphénols éthoxylés. Cette supposition gagnerait à être vérifiée notamment en étudiant plus en détails les adjuvants utilisés dans la carrosserie des voitures ainsi que leurs usages.

Tableau 1 : Micropolluants dans la structure automobile

Structures	Sous-structures	% masse d'une voiture		Adjuvants
Carrosserie	Acier	62 % (ADEME, 2008)	74 % (PlasticsEurope, 2014)	-
	Aluminium	6 % (ADEME, 2008)		Antimoine, strontium (Garat and Le Nézet, 2013)
	Plastiques (détail §2.1.3)	14 % (ADEME, 2008)	12 - 15 % (environ 35 % de la masse de plastiques à l'extérieur ou sous le capot) (PlasticsEurope, 2014)	Phosphates, phtalates, benzoates, stéarates, citrates, benzophénones, benzotriazoles, Organoétain, paraffines chlorées, composé d'antimoine, tétrabromobisphénol A... (ECPI, 2015; Farhi et al., 2006)
	Peintures (détail §2.1.2)	3 % (ADEME, 2008)	< 2 % (PlasticsEurope, 2014)	Polyacrylate, paraffines chlorées, phosphate de trichloréthylène (ou de triphényle ou tributoxyéthyle), phtalates, benzophénones, triazines... (INRS, 2009)
	L'ensemble	85 % (ADEME, 2008)	91 – 93 % (PlasticsEurope, 2014)	Bisphénol A, alkylphénols + éthoxylates d'alkylphénols (Lamprea-Bretauudeau et Gromaire, 2014)
Vitre	Verre Trempé	3 % (ADEME, 2008; PlasticsEurope, 2014)		-
	Verre feuilleté			-
Freinage	Disques	-		Antimoine (von Uexküll et al., 2005). Le système de freinage Peut être composé de 20 à 40 % de résine phénolique. (Revitt et al., 2014)
	Plaquettes			
Pneus (Détails §2.1.4)	Plastifiant et retardateur de flamme	3 % (ADEME, 2008)	< 2 % (PlasticsEurope, 2014)	Paraffines chlorées (chloroalcanes à chaîne courte), hexabromocyclododécane (HBCDD) et phtalates (DEP, BBP, DBP et DEHP) (Augarde and Sarabando, 2015)
	Agent de vulcanisation			Thiazoles, sulfénamides, thiurames (SNCP, 2016)
	Ensemble			Alkylphénols et éthoxylates d'alkylphénols (INERIS, 2015)

### 2.1.2. Les peintures

L'application des peintures dans l'industrie automobile se déroule selon une succession d'étapes et nécessite au minimum 4 couches de peinture (Figure 2). La dernière couche, seule pouvant entrer en

contact avec l'eau de pluie, est appelée couche de finition. Elle est composée d'une base pigmentée, de 10 à 15 µm d'épaisseur, et d'un vernis, de 35 à 40 µm (Fargier, 2012).

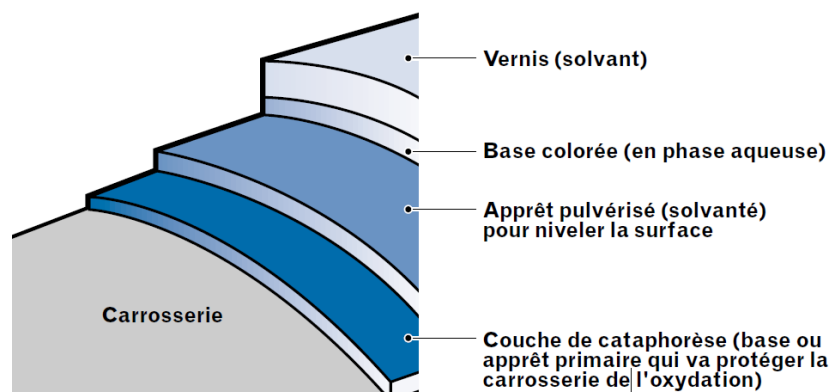


Figure 2 : les différentes couches appliquées en peinture automobile (source : (INRS, 1999))

Deux types de peinture peuvent composer ces couches, soit une peinture en solvant, soit une peinture en phase aqueuse (ou peinture à l'eau). Pour ces deux types de peinture, les constituants doivent assurer les mêmes fonctions : liants (ou résines), pigments, charges, solvants, additifs (INRS, 2009, 1999). Deux constituants sont indispensables pour les peintures à l'eau : de l'eau et des amines. L'utilisation des amines de neutralisation dans les peintures à l'eau permettant une meilleure dilution dans l'eau (INRS, 1999).

Parmi les adjuvants nous pouvons noter des similarités mais aussi des différences autres que la matrice (solvant versus eau). En effet, les adjuvants utilisés comme charges ou pigments dans la composition des deux types de peintures sont identiques. De plus, certains liants comme les bases acryliques ou encore les phosphates (catalyseurs de séchage) peuvent être utilisés dans les peintures. A l'opposé, les paraffines chlorées, phtalates, benzophénones sont utilisés uniquement dans les peintures en solvants.

Tableau 2 : Composition des peintures pour l'industrie automobile

Peintures	Adjuvants	
	Fonctions	Molécules
Peintures en solvant (INRS, 2009)	Liants (ou résines)	Polyacétals vinyliques (polybutyral vinylique) ou acrylique
	Solvants	Alcools (ethylique, isopropylique et butylique), toluènes, cétones, esters
	Pigments	Variet en fonction des couleurs désirées : Pigments minéraux (oxyde titane, de zinc, de chrome ou de fer, molybdate, sulfate de plomb...) Pigments organiques (phtalocyanine, dérivés azoïques, orthophosphate de stromtium...)
	Charges	Barytine, carbonate de calcium, dolomie, Silices, kaolin, Talc, Mica, silicate de calcium, wollastonite.
	Additifs réactifs	Acide phosphorique, tétrahydroxychromate de zinc ; paraffines chlorées, esters, phtalates, adipates, phosphate, benzophénone, triazines, disoxyne de titane.
Peinture en phase aqueuse (INRS, 2005, 1999)	Liants (ou résines)	Acrylique, polyesters et polyuréthanes
	Pigments	Identiques aux peintures en solvant
	Charges	Identiques aux peintures en solvant
	Agents de neutralisation	Composés aminés (Ammoniac, monoéthanolamine, 2-amino-2-méthyl-1-propanol, diéthylamine...)
	Additifs anti sédimentation	Polyphosphate de sodium, sels de copolymères acryliques, silice, bentonite, éthers cellulosiques, copolymères acrylique
	Catalyseurs de séchage	Siccatis (naphténates ou octoates de cobalt, de manganèse, de calcium...), catalyseurs acides (acide paratoluène sulfonique, acide phosphorique...)
	Agents dispersants	Polyphosphate de sodium, phosphates organique, polyols, sels d'acides polycarboxylique, polynaphtyméthanes sulfonate de sodium ou d'ammonium...



Les travaux de (Fargier, 2012) sur l'étude des vernis de carrosserie nous permettent de connaître la composition de ces derniers. En comparant les molécules utilisées dans les vernis avec celles utilisées dans les peintures, nous pouvons remarquer que la majorité des additifs du vernis sont aussi présents dans les peintures. C'est en effet le cas pour les bases acryliques ou polyuréthanes, la benzophénone, le benzotriazole, la thiazine, les composés phénoliques ou à base de phosphite. Ces données ne nous permettent pas d'augmenter le nombre de molécules pouvant être retrouvées dans les eaux de ruissellement provenant des voitures, cependant elles permettent de confirmer les molécules à suivre.

Tableau 3 : Composition des vernis de carrosserie (adapté de Fargier, 2012)

Constituant		Fonction	Composition	Contient	Commentaire
Liant du vernis		Donne les principales propriétés du revêtement et définit la famille de la peinture	Copolymère organique à base acrylique/acrylate d'alkyle, polyester ou polyuréthane	Groupements styrènes et/ou des polyacrylates hydrofonctionnels	La formation du film de vernis repose sur la réaction des groupements hydroxyles (-OH) laissés sur la chaîne polyacrylate du liant avec les fonctions réactionnelles des agents réticulants (résine aminoplaste ou isocyanate)
Agents réticulants	Mélamines	Forment un réseau polymère tridimensionnel avec le liant	butoxylées ou méthoxylées		
	Isocyanates		Formule générale $R-N=C=O$ Les plus utilisés sont les polyisocyanates aliphatiques et cycliques et les uréthanes précondensés à terminaisons isocyanates.		
Additifs	Agents de protection	Agents anti-uv	Absorbeurs UV	À base d'hydroxybenzophénone ou de benzotriazole	Leurs quantités varient de 0,01 à 2 % (en poids) et ils sont dispersés dans la peinture
			«Quenchers»	À base de complexes de nickel	
			Inhibiteurs radicalaires	Amines ou des dérivés de S-triazine qui ont en commun le groupement TMP	
			Pigments absorbants	Dioxyde de titane par exemple	
	Antioxydants	Inhibent les phénomènes d'oxydation amorcés par les espèces radicalaires et propagés par l'oxygène présent dans l'environnement	Classe primaire	Composés phénoliques	
			Classe secondaire	Composés à base de phosphites	
	Tensioactifs siliconés	Agent d'étalement	Diminue la tension superficielle et donne un meilleur lissage (tendu) de la surface du vernis		Groupements éthers et groupements siloxanes
Augmentent le mouillage du substrat lors de l'application d'une couche sur l'autre			Composés à base de polyacrylate siloxané		
Agents de dégazage / débullage			Molécules à base de copolymères acryliques		

### 2.1.3. Les plastiques

Vu les informations fournies dans le Tableau 1, il est possible de noter que les peintures et les plastiques sont les structures pour lesquelles le plus de familles de micropolluants sont utilisées. D'après Farhi et al. (2006), l'INRS (2009) et l'ECPI (2015), des organophosphates, des phtalates, des paraffines chlorées et des protecteurs UV (notamment les benzophénones) rentrent dans la composition de ces deux structures. Les additifs sont utilisés pour diverses fonctions :

- **Plastifiants** -primaires (phtalates, adipates, sébaçates, succinates, phosphates ainsi que les glycols et leurs dérivés) ou secondaires (esters d'acides gras comme les stéarates, les glycolates, les salicylates ou les oléates, les naphthalènes chlorées, les paraffines chlorées et les dérivés de l'acide toluènesulfonique).
- **Charges et renforts** ;
- **Pigments** (oxydes de sels métalliques, azoïques, indanthrène, noirs d'aniline, chromates) ;
- **Solvants** (hydrocarbures benzéniques et halogénés, cétones, alcools, esters de glycols ou cellosolves) ;
- **Catalyseurs et accélérateurs** (peroxydes organiques, polyéthylènes);
- **Durcisseurs** (anhydrides, amines aromatiques et aliphatiques) ;
- **Stabilisants et antioxydants** (stéarates, laurates, maléates, phtalates, naphtésates, dibutylétain, dialkylétain, résines époxydes, benzophénones, benzotriazoles, noir de carbones, amines aromatique, phénols, phosphites organiques);
- **Ignifugeants et retardateurs de flamme** (composés phosphorés ou halogénés, antimoine, bore, hydrates d'aluminium);
- **Lubrifiants** (stéarates métalliques, stéaramides, esters d'acide gras, hydrocarbures et acides gras) ;
- **Antistatiques** (amines, sels d'ammonium, phosphates organiques) ;
- **Fongicides** (composés du cuivre ou du mercure) (Farhi et al., 2006).

Les adjuvants utilisés pour donner leurs propriétés aux plastiques sont différents d'un type de plastique à l'autre. Les plastiques les plus utilisés dans les voitures, et plus particulièrement pour l'extérieur et sous le capot, sont le polyéthylène (PE), le polypropylène (PP), le polychlorure de vinyle (PVC) et les polyamides (PA) pour les thermoplastiques et les polyuréthanes (PUR) pour les plastiques thermodurcissables (PlasticsEurope, 2014). En plus de ces derniers, les polycarbonates (PC) rentrent aussi dans la composition des voitures, et notamment pour la fabrication des optiques (ORDIMIP, 2016). Le Tableau 4 donne le détail des adjuvants utilisés dans les six types de plastiques que nous pouvons retrouver dans l'industrie automobile.

Tableau 4 : Usage des différents plastiques et leurs compositions

Plastiques	Utilisations	Adjuvants (Farhi et al., 2006)	
		Fonctions	molécules
Polyéthylène	Pare-choc, réservoir (DUVAL, 2007; ORDIMIP, 2016)	Charges	Noir de carbone.
		Pigments	Pigments organiques ou minéraux (oxyde de chrome, de fer ou de titane, sels de cadmium ou de cobalt)
		Anti-oxydants	Phénols, amines, thioesters
		Retardateurs de combustion	Hydrates d'aluminium, borate de zinc, phosphates, oxyde d'antimoine, paraffines chlorées.
		Réticulants	Peroxyde de dicumyle.
Polypropylène	Pare-choc, habillage extérieur (DUVAL, 2007; ORDIMIP, 2016)	Charges	Graphite, silice, silicate de calcium, carbonate de calcium, fibres de verre ou d'amiante, mica
		Pigments	Pigments organiques ou minéraux
		Anti-oxydants	Phénols, noir de carbone
		Retardateurs de combustion	Trioxyde d'antimoine, paraffines chlorées.
Polychlorure de vinyle	Habillage extérieur, enduction sous caisse (DUVAL, 2007; ORDIMIP, 2016)	Charges	Silice, carbonate de calcium, fibres d'amiante, kaolins calcinés, talc, dolomies, sulfate de baryum, oxydes métalliques
		Pigments	Pigments minéraux (oxyde de chrome, de fer ou de titane, sels de cadmium ou de cobalt), organo-métalliques (phtalocyanine de cuivre...), noir de carbone, pigments métallisés
		Stabilisants	Sels minéraux (carbonates, sulfates...), sels organiques de métaux, époxydes, phosphites, alphaphénylindole, diphénylthiourée.
		Lubrifiants	Acides gras, stéarates ou lauréates de métaux alcalinoterreux.
		Plastifiants	Phosphates, phtalates, benzoates, adipates citrates.
		Solvants	Tétrahydrofuranes, diméthylformamide, dioxanne, cétones, solvants chlorés.
Polyamides	Grille d'auvent, boîte à eau de radiateur, enjoliveur (DUVAL, 2007)	Charges	Fibres de verre, graphites, bisulfure de molybdène, silicates.
		Stabilisants	Sels métalliques, polyphénols.
		Plastifiants	Phosphates, phtalates, benzoates, dérivés des acides benzènesulfoniques.
		Solvants	Alcools, chloroforme, trichloroéthylène, phénols et solvants chlorés.
		Retardateur de combustion	Composés à base d'halogènes, de phosphore, de bore, de bismuth ou d'aluminium.
		Lubrifiants	Stéarate de calcium et de zinc.
Polycarbonates	Optiques de phares (DUVAL, 2007; ORDIMIP, 2016)	Charges	Fibres de verre.
		Solvants	Dichlorométhane, dichloroéthane, diaxanne, monochlorobenzène.
Polyuréthanes	Pare-choc, isolation, peinture, joints (ISOPA, 2016)	Charges	Craie, sulfate de baryum, oxyde de titane, kaolins, oxyde de fer, poudres métalliques, graphite.
		Catalyseurs	Amines secondaire ou tertiaires, naphthénates de plomb ou de cobalt.
		Agent d'expansion	Composés fluorocarbonés (trichlorofluorométhane, trichlorodifluorométhane), solvants halogénés (dichlorométhane).
		Solvants	Esters, cétones, solvants chlorés (dichlorométhane, dichloroéthane), sulfate de méthyle, tétrahydrofurane, diméthylformamide, alcools, toluène, xylène.
		Stabilisants	Sels organiques d'étain, dilaurate de dibutylétain,
		Retardateur de combustion	Oxyde d'antimoine, composés halogénés, phosphates.

## 2.1.4. Les pneus

Les pneumatiques de voitures sont composés de diverses couches de matériaux (de l'intérieur vers la surface) :

- Feuille de caoutchouc
- Nappe carcasse de tissus
- Nappes métalliques
- Nappe textile
- Bande de roulement (caoutchouc) (Site internet Michelin, 2016)

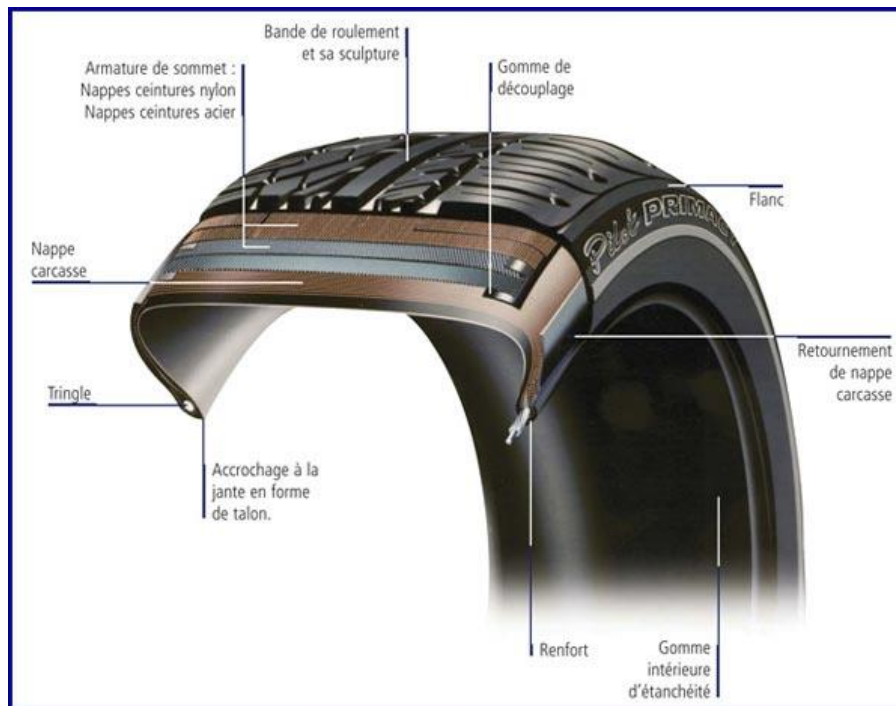


Figure 3 : Composition d'un pneu (source : (Site internet REP 33, 2016)

Parmi ces diverses couches, seule la bande de roulement est en contact avec la voirie et la pluie. Cette couche, majoritairement composée de caoutchouc naturel (40 %) et synthétique (60 %), peut contenir divers composés utilisés pour la fabrication mais aussi pour l'utilisation comme des plastifiants (huiles, phtalates...); des retardateurs de flammes (hexabromocyclododécane - HBCDD, chloroalcanes à chaîne courte...) (Augarde and Sarabando, 2015). Les alkylphénols, et plus particulièrement l'octylphénol (OP), sont aussi utilisés dans la fabrication des pneus. D'après l'INERIS (2015), 98% de la consommation mondiale de l'OP rentrent dans la fabrication de résines phénoliques ou de formaldéhydes. Ces résines peuvent par la suite être utilisées dans la conception des pneus. Par conséquent, l'usure des pneus peut relarguer des particules qui contiennent des micropolluants susceptibles de contaminer les eaux de ruissellement.

Pour finir, les derniers composés « solides » formant une automobile et en contact avec l'eau de pluie sont les joints. Les joints sont généralement composés de caoutchouc (élastomères). Cependant un nombre important de types d'élastomères existe (nitrile, polychloroprène, polyacrylate...) (site internet <http://www.solutions-elastomeres.com>). L'ensemble des élastomères utilisés pour l'étanchéité de la carrosserie semblent être des caoutchoucs dits d'éthylène-propylène-diène monomère (EDPM). Ce matériau est utilisé pour sa résistance aux intempéries, à l'ozone, à la lumière, à l'air et au froid (site internet <http://www.solutions-elastomeres.com>).

Les matériaux composant une voiture sont très variables. Cependant, à l'exception des vitres qui ne semblent pas nécessiter d'adjuvants chimiques, toutes les autres parties d'un véhicule sont composées d'adjuvants chimiques qui pourraient se retrouver dans les eaux de ruissellement.

## 2.2. Les consommables liquides

Le même procédé de recherche concernant une étude qualitative de l'utilisation des micropolluants a été utilisé pour les liquides des automobiles. Les molécules retrouvées sont listées dans le Tableau 5. Tout comme dans la carrosserie des automobiles, les alkylphénols et le bisphénol A sont retrouvés dans les liquides de refroidissement, liquides de frein et les lave-glaces (Lamprea-Breteaudeau et Gromaire, 2014). En outre, les huiles et les carburants sont composés d'une grande quantité d'additifs pouvant atteindre 25 % du volume total (Total). Ces additifs sont utilisés pour des fonctions très diverses comme antioxydants, détergents, agents dispersants, anticorrosif, ou agents anti-usures... Le Tableau 5 liste les molécules retrouvées dans la littérature en fonction de leur utilisation dans l'industrie automobile. Pour chacune de ces fonctions, diverses molécules peuvent être utilisées comme le dialkylthiophosphate de Zinc, des phénols substitués, des esters succiniques, paraffines, benzotriazole, tolyltriazole ou thiadiazole... (Sablier, 2009, Total, 2015, Ayel, 2001). En plus des additifs, des molécules composent la base des carburants comme les éthers oxygénés de l'essence (Concawe, 2012). En outre, en fonction de l'usage de ces additifs, le Parlement européen encourage l'utilisation d'adjuvants dans l'essence à condition qu'ils favorisent la diminution de la consommation de carburant comme cela serait le cas pour les détergents (Parlement européen, 2009).

De plus, Fargier (2012) s'est intéressée à la composition des consommables liquides des automobiles, notamment grâce à l'étude des fiches de sécurité fournies par les industriels. Les résultats obtenus sont listés dans les annexes 1 à 5. Les informations obtenues dans le cadre de ces travaux nous permettent de confirmer la présence de certains adjuvants et d'en identifier des nouveaux. Les grandes familles de molécules obtenues en fonction des liquides automobiles sont les suivantes :

- **Lave-glaces** : les alcools (méthanol, éthanol, propanol) et les glycols (éthylène-glycol) sont les composés majoritaires pouvant atteindre jusqu'à 100 % de la composition des lave-glaces. D'autres molécules comme le sulfate d'éthylhexyle, le n-oxyde de n,ndiméthyldécylamine, fatty acid amido alkylbétaine et l'amino-éthanol sont utilisées à des concentrations plus faibles (<10 %)
- **Liquides de freins** : éthers de glycol, alkylphénols, bisphénol A, diisopropalamine et dérivés de l'éthanol
- **Liquides de refroidissement** : éthers de glycols pouvant atteindre 100 %, tétraborate de sodium (<5 %) et éthylhexanoate de sodium (<5 %)
- **Huiles moteur** : ce sont d'après les fiches de sécurité les consommables automobiles liquides qui contiennent le nombre le plus important d'adjuvants. Elles peuvent contenir des alkylphénols, des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), du dithiophosphates de zinc, des alkyls de salicylate de calcium à chaîne longue, des sulfonates de calcium, la benzénamine
- **Carburants** : ils sont majoritairement composés d'hydrocarbures (aromatiques ou non) et de leurs dérivés (hexane, pentane, benzène, toluène, xylène...). Les éthers oxygénés de l'essence (méthyl tertbutyle éther - MTBE, 2-éthoxy-2-méthylpropane - ETBE...) sont aussi fortement présentes (plus de 20 %) et les alcools (éthanol, propanol...) dans les essences comme le SP95-e10 ou EP95-98 e5.

Tableau 5 : Micropolluants dans les liquides automobiles

Liquide	Fonction		Polluants
Huiles	Additif (15 à 25 %) (Total)	Antioxydants	Dialkylthiophosphate de zinc (DTPZn) (Sablier, 2009; Total), phénols substitués, amines aromatiques (Total; Aysel, 2001)
		Détergents	Carbonates, sulfonates, phénates, salicylates de calcium (Sablier, 2009)
		Dispersants	Alkylsuccinimides, esters succiniques (Sablier, 2009; Total)
		Anti-usures	Dialkylthiophosphates de zinc (DTPZn) (Sablier, 2009; Total; Aysel, 2001)
		Antirouille	Sulfonates de calcium (Sablier, 2009)
		Anticorrosif	Acides akénylsucciniques, benzotriazole, tolyltriazole (Total; Aysel, 2001), thiadiazoles, dithiophosphate de zinc (Aysel, 2001)
		Réducteurs frottement	Dithiophosphate de zinc, dialkylthiocarbamates de molydyle (Sablier, 2009)
	Antigel	Paraffines naphtalène (Total)	
	Composition majeure		Oléfines, polyglycol (Sablier, 2009), polychlorobiphényles (PCB) (Kiefer, 2015)
Carburant	Additif	Antioxydants	Renseignements sur les fonctions des adjuvants uniquement. Aucune molécule citée. (Total, 2015a, b, c, d, e) Les détergents sont considérés comme utile par la commission européenne. Elle semble favorable à leur utilisation – directive de 2009
		Détergents	
		Dispersants	
		Anti-usures	
		Antirouille	
		Anticorrosif	
	Réducteurs frottement		
	Essence	Paraffines chlorées, méthyl-tert-butyle éther (MTBE) (InVS, 2007; concawe, 2012), éthyl-tert-butyle éther (ETBE) (jusqu'à 22% du volume) (Total, 2015a; concawe, 2012), tert-amyl méthyle éther (TAME), tert-butanol (TBA), diisopropyle éther (DIPE), tert-amyl éthyle éther (TAE) (concawe, 2012, Manzetti et andersen, 2015)	
	Gazole	Peroxyde d'acétone, nitrate d'éthyle et disomamyle (InVS, 2007)	
	Kérosène	-	
De freins			Bisphénol A (BPA), alkylphénols (AP) et éthoxylates d'alkylphénols (APEO) (Lamprea-Breetaudeau et Gromaire, 2014)
De refroidissement	Eau		
	Additif	Anticorrosif	Pas d'information précise.
		Antigel	Propylèneglycol, éthylèneglycol (MTU, 2012), composés du benzothiazole (Reddy and Quinn, 1997)
Ensemble		BPA, AP et APEO (Lamprea-Breetaudeau et Gromaire, 2014)	
Lave-glace			Méthanol, alcool isopropylique (Kiefer, 2015), BPA, AP et APEO (Lamprea-Breetaudeau et Gromaire, 2014)
Frigorigène des climatisations			Chlorofluorocarbures (CFC), hydrochlorofluorocarbures (HCFC) et hydrofluorocarbures (HFC) (Kiefer, 2015)

### 2.3. Les gaz d'échappement

Les moteurs des véhicules terrestres (voiture, motocyclette, camions) sont des moteurs à combustion interne. Leur principe est de brûler des hydrocarbures en présence d'air (plus particulièrement d'oxygène). Dans le cas de conditions optimales, la combustion est dite complète. Dans ces conditions, les rejets sont composés uniquement de dioxyde de carbone, d'eau et de diazote. Cependant la combustion au sein d'un moteur de voiture est loin d'être complète impliquant des rejets de polluants tels que les hydrocarbures et les oxydes d'azote (NOx) (Twigg, 2007).

En outre, des composés organiques ont été retrouvés dans les gaz d'échappement au cours d'autres études. Il a été montré la présence d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (Heeb et al. 1999), de nitro-HAP, de nitrophénol (Inomata et al., 2015) et de phénols (Geogrind, 2012).

Pour finir, les travaux d'Ameur-Bouddabbous (2012), Li et al. (2014) et de Rahman et al. (2014) sur des analyses d'air des tunnels ou parking ont montré la présence de BTEX, d'aldéhydes, de polychlorobenzodioxines (PCDD) et de polychlorodibenzofuranes (PCDF) dans l'air. Les concentrations obtenues étaient de l'ordre du dixième à quelques pg/m<sup>3</sup>.

### 2.4. Les molécules présentes dans les sources primaires

Pour conclure sur la première étape de définition des micropolluants pouvant se retrouver dans les eaux de ruissellement de voiries, les véhicules sont composés d'une multitude de pièces et consommables, et par conséquent d'un nombre important de sources potentielles de relargage de micropolluants. Afin d'améliorer les propriétés ou la tenue des matériaux entrant dans la composition des véhicules dans le temps, nombre d'adjuvants sont utilisés. Parmi ces composés, certaines familles semblent être présentes à plus grande échelle. D'après ces premières informations, les familles de molécules susceptibles d'être retrouvées dans les eaux de ruissellement sont les suivantes :

- Les alkylphénols, les éthoxylates d'alkylphénols ;
- Le bisphénol A ;
- Les sulfonates d'alkylbenzènes linéaires ;
- Les organophosphates ;
- Les polychlorobiphényles ;
- Les éthers oxygénés de l'essence ;
- Les paraffines chlorées
- Les protecteurs UV comme les benzophénones ;
- Et les dérivés des thiazoles et des triazoles ;
- Les éthers de glycol ;
- Les dérivés du dithiophosphates de zinc ;
- Les dioxines ;
- Les furanes ;
- Et les composés perfluorés.

Il serait intéressant de comparer cette liste de molécules avec celles retrouvées dans la littérature concernant les eaux de ruissellement.

### 3. Priorisation des molécules présentes dans les eaux de ruissellement

L'étude des micropolluants dans les eaux de ruissellement s'est déroulée en deux étapes :

- L'analyse des occurrences dans les eaux de ruissellement qui permettra d'avoir un aperçu des molécules recherchées et retrouvées dans les eaux de ruissellement ;
- La comparaison des concentrations des micropolluants par rapport aux normes de qualité environnementales.

#### 3.1. Description des études retrouvées dans la littérature

Au sein de la littérature scientifique, certaines études se sont intéressées à la quantification de micropolluants dans les eaux de ruissellement. C'est notamment le cas des travaux de mémoires ou des publications issus des travaux de thèse de Björklund (2009), de Bressy (2010), de Zgheib (2012) et de Sébastien (2013), du projet allemand OGRE (Wicke et al., 2015) et français Regard (2015). En plus de ces travaux, les occurrences et les concentrations de micropolluants dans les eaux de ruissellement ont été retrouvées dans des publications internationales comme Gasperi et al. (2014), Clara et al. (2010), Björklund et al. (2009), Achten et al. (2001)...

Les travaux de Björklund ont porté sur la quantification des phtalates et du nonylphénol (NP) dans les eaux de ruissellement en Suède. Les prélèvements ont été réalisés sur trois sites : deux zones résidentielles dans Stockholm et une zone routière (autoroute E6). Dans leur publication de 2009, Björklund et al. ont collecté les eaux issues de 13 événements pluvieux sur les mois de juin et d'octobre 2006.

L'étude de Bressy (2010) a porté sur les flux de micropolluants dans les eaux de ruissellement urbaines et sur l'impact de l'utilisation de différents modes de gestion de ces eaux. Le site expérimental choisi pour la collecte des échantillons était une zone urbaine résidentielle de 18 hectares sur la commune de Noisy-le-Grand en Seine Saint-Denis (93). Quatre types d'échantillons ont été récupérés : les retombés atmosphériques, les ruissellements de bâtiments, les ruissellements de voiries et les ruissellements d'un sous bassin versant de 1288 m<sup>2</sup> de bâtiment et de 311 m<sup>2</sup> de voirie. Concernant les eaux pluviales, les eaux de voiries et les eaux du bassin versant, 15, 2 et 11 échantillons ont été collectés respectivement. Sur chacun de ces échantillons étaient quantifiées les concentrations en métaux, HAP, PCB et alkylphénols (NP et OP). Les prélèvements étaient effectués directement dans les canalisations en béton du réseau d'eaux pluviales.

Les résultats obtenus par Zgheib et al. (2012) résultent d'une série de 20 événements pluvieux collectés entre février 2008 et mars 2009 sur les sites de Sucy-en-Brie (zone résidentielle de 261 ha), de Noisy-le-Grand (zone urbaine dense de 230 ha) et de Paris rive gauche (zone urbaine très dense de 130 ha). Les prélèvements étaient réalisés dans des réseaux d'eaux pluviales en aval des sites de prélèvements. Au total, 88 substances ont été analysées parmi les familles de composés suivantes :

- Organoétains ;
- Métaux ;
- HAP ;
- PCB ;
- Chlorobenzènes ;
- BTEX ;
- COHV ;
- Chlorophénols ;
- Alkylphénols
- PBDE ;
- Pesticides ;
- DEHP
- Chloroalcanes (C10 à C13).

Le doctorat de Sébastien (2013) s'est porté sur les capacités d'un bassin de rétention sur le piégeage des micropolluants. Ce bassin de rétention permettait de retenir les eaux provenant d'un bassin versant de 185 ha dont une surface active d'environ 74 ha. Ce bassin versant est composé d'industries, d'espaces vert, d'espaces agricoles et de voiries (10.000 véhicules par jour) à l'est de Lyon. Au total 15



campagnes ont été réalisées pour les eaux de ruissellement et 7 campagnes pour les eaux atmosphériques. Sur ces campagnes, ont été quantifiés les pesticides, les HAP, les AP, le BPA, les PBDE et les métaux.

Les travaux de Gasperi et al. (2014) ont permis de quantifier la présence de micropolluants dans les eaux de ruissellement de trois agglomérations dans trois régions françaises (Ile-de-France, Lyon et Nantes). Les sites ont des caractéristiques différentes :

- Zone résidentielle de 228 ha en Ile-de-France avec un trafic important (60.000 véhicules par jour);
- Zone résidentielle en région Nantaise de 30 ha avec un faible trafic (10.000 véhicules par jour) ;
- Et une zone fortement industrialisée de 185 ha avec environ 36.000 véhicules par jour. Ce site basé en région lyonnaise est le même que celui étudié par Sébastien (2013).

Répartis sur ces trois sites, un total de 49 événements pluvieux a été suivi avec l'analyse des métaux, HAP, pesticides, PBDE, AP et BPA. En plus, des eaux de ruissellement, les micropolluants ont été étudiés dans les retombés atmosphériques.

Clara et al. (2010) ont recherché les phtalates dans les eaux de ruissellement de voirie sur deux sites différents. Le nombre de véhicules par jour était de 24 000 pour le premier site et de 42.000 pour le second. En tout, 8 échantillons ont été analysés (4 par site).

Le projet allemand Ogre (Wicke et al., 2015) consistait en la collecte d'eaux de ruissellement urbaines provenant de cinq types d'urbanisation dans Berlin :

- Les zones denses composées d'immeubles anciens (avant 1930) ;
- Les zones denses composées d'immeubles récents (après 1950) ;
- Les zones pavillonnaires ;
- La voirie (avec un trafic supérieur à 7500 véhicules par jour) ;
- Les zones commerciales.

Les résultats de ce projet nous permettent d'élargir nos connaissances sur les concentrations dans les eaux de ruissellement de 95 molécules issues de différentes familles de micropolluants telles que les phtalates, les organophosphates, les biocides, les pesticides, les alkylphénols, les PCB... En outre, ces travaux sont essentiels afin de pouvoir comparer les impacts des bâtiments avec ceux de la voirie.

Hormis Wicke et al. (2015), seuls Murakami et al. (2009) se sont intéressés à l'étude des composés perfluorés (8 au total) dans les eaux de ruissellement. Dans leur étude, trois sites ont été choisis pour réaliser des prélèvements, deux dans Tokyo avec environ 83.000 et 88.000 véhicules par jour et un site dans Okayama avec 33.000 véhicules par jour. Contrairement à certaines publications qui ont comparé les concentrations dans les eaux de ruissellement avec les retombées atmosphériques, Murakami et al. (2009) ont choisi de comparer les flux apportés dans le milieu naturel par les eaux de ruissellement avec ceux apportés par les stations d'épuration.

Enfin, plusieurs publications ont recherché le MTBE, composant important de l'essence, dans les eaux de ruissellement (Achten et al., 2001, Sablayrolles et al., 2011 et Deffontis et al., 2013).

Dans leur étude, Achten et al. (2001) ont quantifié la présence du MTBE dans les eaux de ruissellement de voirie pour un tronçon de 500 m de route, dans les eaux de ruissellement urbains et ruraux ainsi que dans les retombés atmosphériques. Le nombre d'échantillons étudié est important avec 78 échantillons pour le ruissellement urbain, 42 pour le ruissellement rural et 12 pour le ruissellement de voirie. L'étude de Sablayrolles et al. (2011) comportait moins d'échantillons, 10 pour le ruissellement et 4 pour les retombés atmosphériques mais avec un nombre de molécules étudiées plus élevé (HAP, PCB, LAS, DEHP, NP1EO, MTBE, HT et E2/EE2). Les échantillons provenaient d'une zone urbanisée de 439 ha dans Toulouse. Enfin, Deffontis et al. (2013) ont cherché à comparer l'importance des rejets par temps sec et par temps de pluie. Pour cela, des prélèvements ont été réalisés sur deux sites : dans le centre-ville de Toulouse (439 ha) et en zone résidentielle (1428 ha). Les prélèvements étaient réalisés en aval du bassin versant dans un réseau séparatif. En plus du MTBE, les HAP, le DEHP, les AP et l'œstradiol étaient recherchés.

L'étude menée par Stachel et al. (2010) a permis d'améliorer nos connaissances sur la présence de micropolluants dans les eaux de ruissellement. Au total, 7 routes de la ville de Hamburg avec des flux journaliers de véhicules allant de 63.000 à 101.000 ont été suivies. Les prélèvements étaient réalisés dans une canalisation d'eaux pluviales collectant les eaux de ruissellement de ces sites. Pour chaque route, un prélèvement était réalisé et les concentrations de différentes familles de micropolluants (alkylphénols, phtalates, organoétain, chloroalcanes, pesticides...) étaient quantifiées.

En plus des travaux de Wicke et al. (2015) dans le cadre du projet OGRE et de ceux de Stachel et al. (2010), deux études se sont intéressées à la quantification des composés du benzothiazole dans les eaux de ruissellement. Kloepfer et al. (2005) ont étudié six composés : le benzothiazole, le 2-mercaptobenzothiazole, le 2-hydroxybenzothiazoles, l'acide benzothiazole-2-sulfonique, le 2-méthylthiobenzothiazole et le 2-aminobenzothiazole. Au cours de ces travaux, cinq matrices différentes ont été collectées, notamment des eaux de ruissellement de voiries. Le site d'étude était une route de ville de 63.000 m<sup>2</sup> avec un passage quotidien d'environ 200.000 voitures. La deuxième étude est celle de Reddy and Quinn (1997) qui concerne la présence de trois benzothiazoles (benzothiazole, 2-hydroxybenzothiazole et le 2-(4-morpholino)benzothiazole). Les prélèvements concernent notamment un bassin de décantation collectant les eaux de ruissellement d'une autoroute.

Pour finir, le projet REGARD (2015) a quant à lui pour objectif de proposer une vision globale des flux de micropolluants à l'échelle de la métropole de Bordeaux. Pour ce faire, des micropolluants provenant de quatre sources d'émission, y compris les eaux pluviales, vont être quantifiés. Ce projet est en cours de réalisation. Les premières données nous permettent d'avoir des informations concernant l'occurrence de certains polluants émergents (produits phytosanitaires, PCB, PBDE, composés perfluorés, etc.).

Tableau 6 : description des études

Référence	Site de prélèvement	Date de prélèvement	Molécules étudiées	Commentaires
Reddy et Quinn (1997)	Voie rapide	De février à mai 1995	Benzothiazole, 2 hydroxybenzothiazole, 2-(4-morpholino)benzothiazole	
Achten et al. (2001)	Tronçon de voirie (d'une longueur de 500 m)	Entre 1998 et 2001	MTBE	
Borden et al. (2002)	Eaux de ruissellement collectées dans des bassins de récupération	N.C	Ethers oxygénés de l'essence	
Desta et al. (2007)	Quatre voies rapides en Irlande (de 0,1 à 1,4 ha)	N.C	Métaux, HAP et MTBE	
Kim and Kannan, (2007)	Ruissellement de voirie et de zone résidentielle	Entre août 2006 et mars 2007	Composés perfluorés	
Björklund et al. (2009)	Deux zones résidentielles ( de 3,9 et 7,7 ha) et une autoroute (5,1 ha)	Entre juin et octobre 2006	Phtalates et alkylphénols	
Murakami et al. (2009)	Trois voiries japonaises	Entre décembre 2003 et juin 2006	Composés perfluorés	
Bressy (2010)	Zone résidentielle (1288 m <sup>2</sup> de bâtiments et 311 m <sup>2</sup> de voirie)	Entre janvier 2008 et août 2009	Métaux, HAP, PCB et alkylphénols	Quatre types d'eau collectés dans la zone résidentielle : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Retombés atmosphériques ;</li> <li>• Ruissellement de bâtiments ;</li> <li>• Ruissellement de voiries ;</li> <li>• Eaux pluviales urbaines.</li> </ul>
Clara et al. (2010)	Deux sites de voiries	Entre octobre et décembre 2008	Phtalates	4 échantillons par site
Stachel et al. (2010)	Sept routes de Hambourg	N.C	Alkylphénols, phtalates, organoétain, chloroalcanes et pesticides	
Gounou et al. (2011)	Ruissellement de toiture Ruissellement de voirie Effluents industriels Effluents domestiques (surface total de 42 ha, la répartition n'est pas stipulée)	Printemps 2005	Eléments métalliques (dont l'antimoine)	
Sablayrolles et al. (2011)	Zone urbanisée (439 ha)	Entre décembre 2006 et décembre 2007	HAP, PCB, LAS, DEHP, NP1EO et MTBE	Etude des eaux de ruissellements et des retombés atmosphériques
Zgheib et al. (2012)	3 sites : Zone résidentielle (261 ha) Zone urbaine dense (230 ha) Zone urbaine très dense (130 ha)	Entre février 2008 et mars 2009	Organoétains, métaux, HAP, PCB, chlorobenzènes, BTEX, COHV, chlorophénols, alkylphénols, PBDE, Pesticides, DEHP et les chloroalcanes (C10 à C13).	
Deffontis et al. (2013)	Centre-ville de Toulouse (439 ha) et une zone résidentielle (1428 ha)	Entre janvier 2010 et février 2011	MTBE, HAP, DEHP et alkylphénols	
Sébastien (2013)	Bassin de rétention alimenté par un bassin versant (185 ha)	Entre décembre 2010 et septembre 2012	Pesticides, HAP, alkylphénols, BPA, PBDE et métaux	Campagnes sur eaux de ruissellement et retombés atmosphériques
Zhao et al. (2013)	Précipitation et eaux de ruissellement dans différentes régions de Chine	Entre février et juillet 2010	Composés perfluorés	
Gasperi et al. (2014)	Trois sites répartis en France : Zone résidentielle (IdF – 228 ha) Zone résidentielle (Nantes – 30 ha) Zone industrialisée (Lyon – 185 ha)	Entre décembre 2012 et avril 2013	Métaux, HAP, pesticides, PBDE, BPA et alkylphénols	
Wicke et al. (2015)	Cinq sites de prélèvement : Zone dense anciens immeubles (12,3 ha) Zone dense immeubles récents (6,3 ha) Zone pavillonnaire (3,9 ha) Voirie (1,0 ha) Zone commerciale (21,7 ha)	N.C	Phtalates, organoétains, organophosphates, biocides, pesticides, alkylphénols, PCB et composés perfluorés	
Huber et al. (2016)	Voirie du monde entier	Entre 1985 et 2008	Eléments métalliques (dont Antimoine, platine, palladium et rhodium)	Review sur les métaux dans les eaux de ruissellement de voirie
Seitz et Winzenbacher (2017)	seize sites de prélèvement dont quatre sites de ruissellement de voirie	Entre avril 2013 et février 2014	Edulcorants, pharmaceutiques, pesticides, benzotriazoles et benzothiazoles	

N.C : non communiqué

## 3.2. Occurrences et concentrations des polluants dans les eaux de ruissellement

Avant de s'intéresser aux concentrations des micropolluants et de les comparer avec les normes de qualité environnementale, il est intéressant de rechercher la présence ou l'absence de ces familles de molécules. Cette étude préalable a permis de savoir si les molécules qui sont utilisées par l'industrie automobile se retrouvent dans les eaux de ruissellement.

Par la suite, les publications étudiées ont permis d'affirmer que les molécules utilisées par l'industrie automobile se retrouvent dans la majorité des cas dans les eaux de ruissellement. Cependant il est intéressant de savoir les rapports de concentrations de micropolluants dans:

- Les eaux de la voirie et les eaux de ruissellement ;
- Les rejets atmosphériques et les eaux de ruissellement ;
- Les eaux de ruissellement par rapport à la qualité des cours d'eau (comparaison avec les NQE).

### 3.2.1. Alkylphénols et bisphénols

En analysant les valeurs présentes dans le Tableau 7, nous pouvons remarquer de fortes occurrences dans les eaux de ruissellement. En effet, à l'exception du projet Ogre (Wicke et al., 2015) qui montre des occurrences nulles et de Björklund et al. (2009), toutes les études affichent de fortes occurrences pour les AP (entre 57 et 100 %). Ces variations d'occurrence d'une étude à l'autre peuvent s'expliquer par les différences de limite de quantification (LQ). En effet, comme indiqué en annexe 1, Les LQ de Björklund et al. (2009) et de Wicke et al. (2015) étaient de quelques dixièmes de µg/l jusqu'à 5 µg/l (pour le NP) alors que les LQ des autres études avoisinaient le ng/l. Au vu de ces résultats, si les techniques analytiques le permettent (LQ assez basses), il serait intéressant de s'intéresser aux alkylphénols dans les eaux de ruissellement.

Tableau 7 : Occurrence des alkylphénols dans les eaux de ruissellement

Référence	Nb d'éch	NP <sup>1</sup>	NP1EO <sup>2</sup>	NP2EO <sup>3</sup>	OP <sup>4</sup>	OP1EO <sup>5</sup>	OP2EO <sup>6</sup>	BPA <sup>7</sup>
Bressy (2010)	13	100 %			100 %			
Zgheib et al. (2012)	20	100 %			86 %			
Sebastian (2013)	2 à 5	100 % (5)	100 % (2)	100 % (2)	100 % (5)	100 % (2)	100 % (2)	
Wicke et al. (2015)	8	n.d			n.d			n.d
Regard (2015)	Inconnu	100 %	89 %	63 %	79 %	55 %	63 %	
Björklund et al. (2009)	13	57 %	8 %	8 %				
Gasperi et al. (2014)	21 (12 + 9 + 2)	> 80 %	> 80 %	> 80 %	> 80 %	50 à 100 %	> 80 %	> 80 %

1 : nonylphénol, 2 : nonylphénol monoéthoxylé, 3 : nonylphénol diéthoxylé, 4 : octylphénol, 5 : octylphénol monoéthoxylé, 6 : octylphénol diéthoxylé et 7 : bisphénol A  
n.d : non détecté

Les concentrations des alkylphénols et du bisphénol A obtenues dans les eaux de ruissellement urbaines et de voirie sont affichées dans le Tableau 8. Dans l'ensemble, pour une molécule donnée, toutes les concentrations obtenues sont du même ordre de grandeur entre les études et entre les types de ruissellement. Cependant, il est possible de noter des variabilités importantes au sein des mêmes études. Ce phénomène est particulièrement visible dans les travaux de Gasperi et al. (2014). En effet, dans cette étude, les concentrations moyennes en OP1EO, en NP2EO et en NP1EC sont supérieures aux concentrations (en ng/l) du Q80, c'est-à-dire la plus petite valeur telle qu'au moins 80 % des concentrations soient inférieures (23 vs 22, 164 vs 141 et 466 vs 324, respectivement). Ces résultats pourraient s'expliquer par des concentrations maximales importantes, augmentant ainsi les concentrations moyennes.

De fortes différences de concentrations sont visibles entre les molécules. En effet, alors que les concentrations du nonylphénol et des nonylphénols éthoxylés descendent rarement en dessous de 100 ng/l, les concentrations de l'octylphénol et de ses éthoxylés sont plutôt de l'ordre de quelques dizaines de ng/l. Ce phénomène est moins visible dans les eaux de ruissellement de voirie exclusivement. Dans ces eaux, les concentrations en OP sont supérieures à celles des eaux pluviales urbaines avec des concentrations plus proches de celles du NP. Ces concentrations supérieures en OP dans les eaux de ruissellement de voirie pourraient s'expliquer par l'utilisation de cette molécule dans la fabrication des pneus (INERIS, 2015).

En outre, si nous comparons les concentrations obtenues pour le NP et l'OP (les deux AP cités dans la DCE) avec les NQE, nous pouvons remarquer que toutes les valeurs des concentrations sont proches ou supérieures aux NQE. Il a été démontré que les retombées atmosphériques avaient un

apport proche de 25 % des eaux de ruissellement pour l'OP et le NP, et des apports plus faibles pour les alkylphénols éthoxylés (Bressy, 2010, Sébastien, 2013 et Gasperi et al., 2014). Pour finir, Bressy (2010) a démontré une importance moyenne de la voirie de 39 % des concentrations totales dans les eaux de ruissellement.

Ces résultats confirment les tendances des parties précédentes et l'importance d'étudier les alkylphénols dans les eaux de ruissellement de voirie.

Tableau 8 : Concentration des alkylphénols dans les eaux de ruissellement

Référence	Bressy (2010) med (d10 – d90)	Zgheib et al. (2012) med (min – max)	Gasperi et al. (2014) moy (Q20 – Q80)	Sébastien (2013) med (min – max)	Bressy (2010) (2 valeurs)	Stachel et al. (2010) med (min – max)	Wicke et al. (2015)	NQE <sup>1</sup>
Unité	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l
Type d'eau de ruissellement	Urbain	Urbain	Urbain	Urbain	Voirie stricte	Voirie stricte	Voirie stricte	
Nbre éch.	11	14	21	2 à 5	2		8	
BPA			552 (207 – 817)	406 - 438		1400 (240 – 2500)	< 200	240*
OP	36 (13 – 69)	110 (<50 – 260)	61 (35 – 72)	39 (30 – 55)	110 - 210	320 (150 – 1900)	< 400	100
OP1EO			23 (9 – 22)	11 - 15				
OP2EO			10 (4 – 14)	5 - 9				
NP	470 (160 – 920)	750 (300 – 9170)	359 (187 – 509)	553 (190 – 1286)	1500 - 1900	780 (170 – 3600)	< 5000	330
NP1EO			347 (69 – 428)	245 – 321				
NP2EO			164 (52 – 141)	121 – 154				
NP1EC			466 (160 – 324)	226 - 326				

1 : normes de qualité environnementale, \* : concentration moyenne annuelle admissible proposéé par le Centre Ecotox Suisse (<http://www.centreecotox.ch/prestations-expert/criteres-de-qualite-environnementale/propositions-de-criteres-de-qualite/>)

### 3.2.2. Biocides et pesticides

Contrairement aux AP, l'occurrence des biocides est plus variable en fonction des molécules et des études. Le terbutryne illustre bien cette tendance puisque obtenus dans 100 % des échantillons du projet Regard mais entre 0 et 36 % dans les autres études. Cependant, cinq molécules semblent plus présentes que les autres : carbendazine, diuron, glyphosate, AMPA (produit de dégradation du glyphosate) et isoproturon. Ces composés sont majoritairement utilisés comme herbicides, à l'exception de la carbendazime qui est utilisée comme fongicide. Au vu de leurs utilisations, leurs présences dans les eaux de ruissellement proviennent peu probablement des véhicules. Il est plus probable que ces molécules aient été utilisées pour traiter les espaces verts ou agricoles environnant les sites de prélèvement.

Au vu des concentrations obtenues dans la littérature (Tableau 10), le même constat d'impossibilité de généralisation que pour les occurrences est fait. Les concentrations varient fortement d'une molécule à l'autre (0,003 µg/l en moyenne pour le mécoprop contre 1,2 µg/l pour le diuron dans l'étude de Gasperi et al. (2014)) mais aussi d'une étude à l'autre. En effet, alors que Zgheib et al. (2012) obtiennent une concentration en glyphosate de 1,1 µg/l, Gasperi et al. (2014) obtiennent 0,337 µg/l et Sébastien et al. (2013) uniquement 0,004 µg/l. En outre, tout comme pour les alkylphénols, certaines concentrations moyennes sont supérieures à celles des Q80 (Gasperi et al., 2014).

Cependant, certaines informations disponibles dans la littérature peuvent nous permettre de connaître le niveau d'importance des micropolluants issus des composants automobile dans les eaux de ruissellement. En effet, d'après Wicke et al. (2015), les concentrations en biocides et pesticides dans les eaux de voirie sont fortement inférieures aux concentrations retrouvées dans les eaux de ruissellement de bâtiments, exception faite du glyphosate et de l'isoproturon (concentrations similaires). Par conséquent, au vu de ces résultats, seul le suivi du glyphosate et de l'isoproturon semble intéressant dans le cadre du projet Roulépur. Cependant la NQE de l'isoproturon est de 0,3

µg/l glyphosate est de 28 µg/l, soit une valeur supérieure aux concentrations moyennes retrouvées dans les eaux de ruissellement *a minima* d'un facteur 25.

Tableau 9 : Occurrence des biocides dans les eaux de ruissellement

Référence	Usages	Wicke et al. (2015)	Zgheib et al. (2012)	Sebastian (2013)	Gasperi et al. (2014)	Regard (2015)
Nb d'éch.		14	20	3 à 6	19 (7 + 8 + 4)	Non mentionné
Carbendazime	Fongicide	43 %		100 % (3)	71 à 100 %	87 %
Cybutryne	Antifouling	n.d				
Diazinon	Insecticide	14 %				16 %
Diuron	Herbicide	36 %	100 %	100 % (6)	71 à 100 %	100 %
Tébuconazole	Fongicide	21 %		n.d		
Acide 2,4-dichlorophénoxyacétique (2,4- D)	Herbicide	n.d		n.d	< 20 %	
2,6- dichlorobenzamide	Produit de dégradation	n.d				
Glyphosate	Herbicide	100 %	93 %	67 % (3)	40 à 75 %	79 %
AMPA	Produit de dégradation	21 %	93 %	67% (3)	40 à 75 %	79 %
Isoproturon	Herbicide	21%	60 %	100 % (6)	29 à 100 %	18 %
Mécoprop	Herbicide	n.d		33 % (3)	n.d à 50 %	
Terbuthylazine	Herbicide	56%		50 % (6)		
Terbutryne	Herbicide	36%		n.d	< 20 %	100 %
Thiaclopride	Insecticide	n.d				
N,N-diéthyl-3-méthylbenzamide (DEET)	Insecticide	54 %				
Simazine	Herbicide	n.d	33 %	67 % (3)		42 %
Atrazine	Herbicide			100 % (3)		55 %
Diflufénicanil	Herbicide					89 %
Métazachlore	Herbicide			n.d		68 %
Propiconazole	Fongicide					53 %

n.d : non détecté

Tableau 10 : Concentrations des biocides dans les eaux de ruissellement

Référence	Zgheib et al. (2012) (med, min – max)	Gasperi et al. (2014) (moy, Q20 – Q80)	Sebastian (2013) (med, min – max)	Wicke et al. (2015) (moy)	Stachel et al. (2010) (med, min – max)	NQE <sup>1</sup>
Unité	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Type d'eau de ruissellement	Urbain	Urbain	Urbain	Voirie	Voirie stricte	
Nbre éch	14-15	19	3 à 6	14		
Carbendazime		0,213 (0,007 – 0,195)	0,03 (0,007 – 0,042)	0,02		0,34*
Diazinon				0,01		0,015*
Diuron	0,37 (0,03 – 1,75)	1,213 (0,025 – 0,795)	0,016 (0,003 – 0,058)	<0,03 – 0,26	0,03 0,02 - 0,04	0,2
Tébuconazole				0,01		1
2,4-D				0,01		0,2*
Glyphosate	1,1 (<0,03 – 232)	0,337 (0,095 – 0,198)	0,004 (< 0,075 – 0,099)	0,05		28
AMPA	0,64 (0,14 – 9,37)	0,824 (0,016 – 0,469)	0,003 (< 0,06 – 0,075)	0,05		452
Isoproturon	0,03 (0,01 – 0,14)	0,088 (0,003 – 0,053)	0,05 (0,001 – 0,06)	0,02	0,09 0,05 – 0,2	0,3
Mécoprop		0,003 (0,001 – 0,002)	0 (< 0,0028 – 0,003)			3,6*
Terbuthylazine				0,05		0,22*
Terbutryne				0,01		0,065
DEET				0,03		41*
Simazine	< 0,01 (<0,01 – 0,15)		0,003 (< 0,0005 – 0,114)		0,007 <0,005 – 0,008	1
Atrazine			0,002 (0,002 – 0,004)			0,6

<sup>1</sup> : normes de qualité environnementale, \* : concentration moyenne annuelle admissible proposé par le Centre Ecotox Suisse (<http://www.centreecotox.ch/prestations-expert/criteres-de-qualite-environnementale/propositions-de-criteres-de-qualite/>)

Parmi les biocides, seul le diuron montre des concentrations proches ou supérieures à la NQE. Cependant comme il a été démontré dans le projet OGRE (2015) que la concentration des eaux de ruissellement était négligeable par rapport aux eaux des bâtiments, il ne semble pas judicieux d'analyser les biocides dans le cadre du projet Roulépur.

### 3.2.3. Organoétains et organophosphates

Les organoétains et les composés organophosphorés sont très peu étudiés dans les eaux de ruissellement (Tableau 11). D'après les travaux de Zgheib et al. (2012), nous pouvons remarquer la forte présence du dibutylétain (DBT) et du monobutylétain (MBT) dans les eaux de ruissellement. Cependant, ces informations concernent uniquement les eaux pluviales et pas spécifiquement celles de voirie. Pour en savoir plus, il faut s'intéresser aux travaux de Stachel et al. (2010) qui étudient exclusivement les eaux de voirie. Bien que le tributylétain n'ait été quantifié sur aucun des sept sites, le MBT indique une occurrence de 100%. Par conséquent, il serait donc intéressant de rechercher les organoétains dans le cadre de Roulépur afin de confirmer cette occurrence pour le MBT et définir l'occurrence du DBT dans les eaux de ruissellement de voirie. Concernant les organophosphates, Wicke et al. (2015) confirment leur présence dans les eaux de ruissellement de voirie avec des occurrences comprises entre 31 % et 85 %.

Tableau 11 : Occurrence des organoétains et des organophosphates dans les eaux de ruissellement

Référence	Nb éch.	Organoétains			Organophosphates			
		Tributyl (TBT)	Dibutyl (DBT)	Monobutyl (MBT)	Tributyle	trichloroéthyle	Trichloropropyle	Tributoxyéthyle
Stachel et al. (2010)	7	n.d		100 %				
Zgheib et al. (2012)	16	21 %	79 %	100 %				
Wicke et al. (2015)	13				38 %	31 %	67 %	85 %

*n.d : non détecté*

Seulement deux études nous permettent de connaître les concentrations en organoétains et en organophosphates dans les eaux de ruissellement (Tableau 12). Ce fait est assez surprenant sachant que ces deux familles possèdent des NQE. Le tributylétain montre des concentrations dans les eaux de ruissellement supérieures à la NQE de 0,2 ng/l. Cependant, les concentrations en tributylphosphate sont toutes plus faibles que la NQE qui est de 82 µg/l. Par conséquent, seuls les organoétains seront étudiés.

Tableau 12 : Concentrations des organoétains et des organophosphates dans les eaux de ruissellement

Référence			Zgheib et al. (2012) (med, min – max)	Wicke et al. (2015) (moy)		Stachel et al. (2010) (med, min – max)	NQE
Type d'eau de ruissellement			urbaine	urbaine	Voirie stricte	Voirie stricte	
Nombre d'échantillon			16	80 à 92	12		
Organoétains	Tributyl	ng/l	< 10 (<10 – 78)			<1	0,2
	Dibutyl	ng/l	72 (<10 – 516)				
	Monobutyl	ng/l	101 (14 – 572)			20 (7 – 30)	
Organophosphates	Tributyle	µg/l		0,10	0,14		82
	Trichloroéthyle	µg/l		0,08	0,06		
	Trichloropropyle	µg/l		0,40	0,4		
	Tributoxyéthyle	µg/l		1,54	1,17		

### 3.2.4. Phtalates

D'après les informations du Tableau 13, seuls Clara et al. (2010) obtiennent des occurrences supérieures à 50 % pour tous les phtalates. Cependant, exception faite de Björklund et al. (2009) et OGRE, toutes les publications affichent une très forte occurrence (> 92%) pour le DEHP. Il est intéressant de noter que contrairement aux alkylphénols les limites de quantification ne permettent pas d'expliquer ces fortes différences. En effet, la limite de quantification la plus élevée était dans les travaux de Zgheib et al. (2012) à 5 µg/l alors que les limites de quantification de Björklund et al. (2009) étaient cinq fois plus faibles. En outre, étant donné que le projet OGRE (Wicke et al., 2015) fournit les

résultats les plus récents et au contraire Bjorklund et al. (2009) les plus anciens, l'effet temporel n'est pas non plus envisageable. Ces résultats sont très surprenants et il est fortement intéressant d'étudier les phtalates dans le cadre de notre étude. Pour finir, au vu des résultats sur l'occurrence, les phtalates les plus lourds (DEHP, DOP, DIDP et DINP) semblent être les plus présents dans les eaux de ruissellement.

Tableau 13 : Occurrence des phtalates dans les eaux de ruissellement

Référence	Nb éch	DMP	DEP	BBP	DBP	DEHP	DOP	DIDP + DINP
Wicke et al. (2015)	14	n.d	7 %	n.d	14 %	100 %	36 %	100 %
Zgheib et al. (2012)	20					100 %		
Björklund et al. (2009)	13	23 %	62 %	8 %	31 %	23 %	8 %	69 %
Clara et al. (2010)	8	75 %	100 %	63 %	63 %	100 %	88 %	100 %
Stachel et al. (2010)	7					100 %		
Regard (2015)	Inconnu					92 %		

n.d : non détecté

La molécule la plus étudiée parmi les phtalates est le DEHP, seul phtalate ayant une NQE. D'après les données du Tableau 14, il semble difficile de comparer eaux de ruissellement urbaines avec les eaux de ruissellement de voirie. Cependant dans le projet OGRE (2015), il a été montré que les concentrations en DEHP, DIDP et DINP étaient non négligeables dans les eaux de ruissellement de voirie par rapport aux eaux de bâtiments. En outre, en comparant les concentrations dans les retombés atmosphériques et dans les eaux de ruissellement, Sablayrolles et al. (2011) ont démontré l'apport non négligeable de la voirie par rapport aux retombés atmosphériques. En effet, alors que la concentration moyenne du DEHP dans les eaux de ruissellement de voiries est de 11 µg/l, la concentration maximale en DEHP retrouvée dans les eaux pluviales était de 1 µg/l. Par conséquent, vu ces informations et le fait que la NQE soit souvent dépassée par les eaux de ruissellement, les phtalates doivent être analysés.

Tableau 14 : Concentrations en phtalates dans les eaux de ruissellement

Référence	Zgheib et al. (2012) (med, min – max)	Björklund et al. (2009) (min-max)	Wicke et al. (2015) (moy)	Clara et al. (2010) (min-max)	Stachel et al. (2010) med (min – max)	Sablayrolles et al. (2011) Med (min – max)	NQE
Unité	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Type d'eau de ruissellement	Urbain	Urbain	Voirie stricte	Voirie stricte	Voirie stricte	Voirie stricte	
Nbre éch.	16		14	8	7	10	
DMP			< 0,3	<0,005 – 0,079			
DEP			<0,3	<0,02 – 0,27			
BBP		<0,1 – 0,45	0,27	< 0,005 – 0,33			
DBP			<0,5	< 0,025 – 0,27			
DEHP	22 (3 – 58)	<1,0 – 5,0	0,74	0,45 – 8,5	8,6 (6 – 78)	11 (1,3 – 17)	1,3
DOP			< 0,5	< 0,005 – 0,53			
DIDP + DINP			3,09	2,2 – 23,5			

### 3.2.5. Polychlorobiphényles et polybromodiphényléthers

Les occurrences des PCB et des PBDE semblent être similaires pour les deux familles (Tableau 15 et Tableau 16). En effet, même si les résultats du projet Regard affichent de faibles occurrences (< 25 %) pour tous les composés de ces deux familles, les autres publications ont montré une présence de ces familles dans plus de 50 % des cas en moyenne. En se basant uniquement sur les occurrences, il serait intéressant d'étudier ces deux familles de composés.

Tableau 15 : Occurrence des PCB dans les eaux de ruissellement

Référence	Nb d'éch	PCB					
		PCB 31	PCB 28	PCB 20	PCB 52	PCB 44	PCB 101
Bressy (2010)	11	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Zgheib et al. (2012)	20		73 %		67 %		73 %
Regard (2015)	Inconnu		6 %		13 %		24 %



Tableau 16 : Occurrence des PBDE dans les eaux de ruissellement

Référence	Nb d'éch	PBDE								
		BDE 28	BDE 47	BDE 99	BDE 100	BDE 153	BDE 154	BDE 183	BDE 205	BDE 209
Regard (2015)	Inconnu		n.d	n.d		n.d				
Sébastien et al. (2015)	2	100 %	100 %	50 %	100 %	50 %	n.d	100 %	n.d	100 %
Gasperi et al. (2014)	21 (12 + 7 + 2)	75 à 100 %		50 à 100 %	75 à 100 %	50 à 75 %				

n.d : non détecté

Les travaux de Bressy (2010) sur un petit bassin versant résidentiel à Noisy-le-Grand (93) et sur une surface de voirie résidentielle ont démontré des concentrations similaires dans les eaux de ruissellement et dans les retombés atmosphériques. Ses résultats ont permis de démontrer que 100 % des PCB présents dans les ruissellements proviennent des retombés atmosphériques. Par conséquent, le fait de ruisseler sur la voirie n'influe pas les concentrations en PCB. De plus, les travaux de Sablayrolles et al. (2011) ont montré des concentrations pour la somme des PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) étudiées dans les eaux de ruissellement de voirie semblables à celles obtenues par Zgheib et al. (2012) dans les eaux pluviales. Par conséquent, au vu de l'objectif du projet Roulépur de démontrer la part de pollution apportée par les voitures dans les eaux de ruissellement, et malgré le fait que des PCB ont été retrouvés dans des huiles moteur (cf paragraphe 2.2), le fait que les retombés atmosphériques soient responsables de la totalité des PCB dans les eaux de ruissellement, l'intérêt de leur analyse semble limité.

Tableau 17 : Concentrations en PCB dans les eaux de ruissellement

Référence	Bressy (2010) (med, 1 déc. – 9 déc.)	Zgheib et al. (2012) (med, min – max)	Bressy (2010) (2 valeurs)	Sablayrolles et al. (2011) (med, min – max)
Unité	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l
Type d'eau de ruissellement	Urbain	Urbain	Voirie stricte	Voirie stricte
Nbre éch.	11	16	2	10
PCB 28	2,5 (1,7 – 4,3)	32 (<10 – 104)	3,8 / 4,4	
PCB 52	1,1 (0,79 – 2,6)	31 (<10 – 104)	1,7 / 7,8	
PCB 101	0,57 (0,32 – 0,89)	33 (<10 – 104)	0,37 / 3,4	
Somme PCB				280 (60 – 510)

Peu de données sont disponibles concernant les PBDE dans les eaux de ruissellement. Cependant les travaux de Gasperi et al. (2014) sur des eaux pluviales en aval d'un réseau séparatif ont démontré :

- La faible importance des retombés atmosphériques dans les concentrations de PBDE retrouvés dans les eaux de ruissellement ;
- Des concentrations en PBDE en moyenne 6 fois supérieures à la NQE de 0,5 ng/l (pour la somme des six PBDE les plus légers).
- Des concentrations en PDBE 209 environ 50 fois supérieures à la somme de concentrations de l'ensemble de PBDE étudiés.

Par conséquent, au vu de ces informations les PBDE doivent être étudiés dans les eaux de ruissellement de voirie.

Tableau 18 : Concentrations en PBDE dans les eaux de ruissellement

Référence	Gasperi et al. (2014) (moy, min – max)	NQE
Unité	ng/l	
Type d'eau	Urbain	
Nb éch.	12 + 7 + 2	
BDE 28	0,13 (<LQ – 1,17)	0,5 (pour la somme des 6)
BDE 47	1,42 (0,02 – 8,07)	
BDE 99	0,75 (<LQ – 4,31)	
BDE 100	0,77 (0,06 – 4,82)	
BDE 153	0,41 (<LQ – 4,20)	
BDE 154	0,16 (<LQ – 2,70)	
BDE 183	0,61 (<LQ – 4,20)	
BDE-209	153 (9,28 – 844)	

### 3.2.6. Composés perfluorés

Les résultats concernant les occurrences des composés perfluorés sont très surprenants (Tableau 19) puisque sur les trois études disponibles les résultats sont totalement opposés. En effet, alors que Kim et Kannan (2007) et Murakami et al. (2009) affichent des occurrences pour le PFOA de 100 %, les résultats de Wicke et al. (2015) affichent au contraire une occurrence nulle. Cependant, ces faibles occurrences peuvent cette fois aussi s'expliquer par une limite de quantification trop élevée (LQ de 50 ng/l). Ces résultats nous indiquent qu'il serait intéressant de suivre les composés perfluorés dans les eaux de ruissellement à condition d'avoir des limites de quantifications suffisamment faibles pour réaliser la quantification.

Tableau 19 : Occurrence des composés perfluorés dans les eaux de ruissellement

Référence	Nb éch	PFOA	PFOS	Perfluoro-décanoate (PFDA)	Perfluoro-undécanoate (PFUA)	Perfluoro-dodécanoate (PFDDA)
Wicke et al. (2015)	6	n.d	n.d			
Murakami et al. (2009)	16	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Kim et kannan (2007)	14	100 %				

n.d : non détecté

Grâce à des analyses dans les eaux de ruissellement et dans les eaux pluviales Kim et Kannan (2007) ont démontré l'importance du trafic routier dans la contamination des eaux de ruissellement. Au cours de leurs travaux, Zhao et al. (2013) ont étudié les concentrations de composés perfluorés dans les eaux de ruissellement de trois sites : campus universitaire, voie rapide et station essence. Bien que cette étude doive être confirmée avec un nombre d'échantillons plus important, les travaux préliminaires indiquent une présence des composés perfluorés, plus particulièrement du PFOA, plus importante dans les eaux de ruissellement de stations-services et de voie rapide que dans les eaux de ruissellement du campus universitaire. De plus, quel que soit le site étudié, les concentrations obtenues sont entre 4,4 et 11,8 fois plus élevées dans les eaux de ruissellement que dans les retombées atmosphériques, confirmant ainsi l'importance du ruissellement dans la contamination des eaux de voirie, montrée au préalable par les travaux de Kim et Kannan (2007). Ces résultats sont confirmés par les travaux de Murakami et al. (2009) qui ont comparé les concentrations des composés perfluorés dans les retombés atmosphériques et les eaux de ruissellement urbaines. Alors que les concentrations en composés perfluorés étaient de plusieurs dizaines de ng/l dans les eaux de ruissellement de voirie, les concentrations dans les retombés atmosphériques étaient majoritairement inférieures à la limite de quantification (0,1 ng/l). Pour finir, Murakami and Takada (2008) ont quantifié les acides perfluorés dans les poussières présentes sur la voirie. Dans cette étude, ils se sont intéressés à deux situations : en zone urbaine avec un fort trafic routier ainsi qu'en zone pavillonnaire. Ils démontrent l'importance du trafic routier dans la contamination de ces poussières (poussières qui pourront être lessivées lors d'événements pluviaux).

Tableau 20 : Concentrations des composés perfluorés dans les eaux de ruissellement (en ng/l)

Référence	Murakami et al. (2009) (med, min – max)	Kim et Kannan (2007) (med, min – max)	Zhao et al. (2013) (min – max)	NQE
Type d'eau de ruissellement	Voirie stricte	Voirie stricte	Voirie stricte	
Nb d'ech	16	11	-	
Acide perfluoro-octanoïque (PFOA)	17 – 109	3,80 (0,51 – 29,3)	1,1 – 2,0	
Acide perfluoro-octanesulfonique (PFOS)	2,9 – 50	0,81 (<0,25 – 14,6)		0,65
Perfluoro-octane sulfonamide (PFOSA)	<0,1 – 2,6	-		
Perfloro-heptanoate (PFHpA)	-	1,12 <0,25 – 6,44		
Perfluoro-decanoate (PFDA)	2,8 – 77	- (0,46 – 1,15)		
Perfluoro-undécanoate (PFUA)	1,8 – 70			
Perfluoro-dodécanoate (PFDDA)	1,9 – 73	(< 0,25 – 0,30)		
Perfluoro-tridécanoate (PFTDA)	<0,2 – 4,4			

n.d : non détecté

### 3.2.7. Platinoïdes et antimoine

L'étude bibliographique réalisé par Huber et al. (2016) prend en compte les travaux sur les métaux dans les agglomérations du monde entier. Les résultats présentés dans le Tableau 21 sont basés sur les 10 publications actuellement disponibles dans la littérature. Concernant les platinoïdes (ou éléments du groupe du platine – EGP), les études dans les eaux de ruissellement sont moins nombreuses. Cependant, elles nous permettent d'avoir une estimation des concentrations moyennes retrouvées (de l'ordre du µg/l en moyenne).

Ses éléments n'ont pas de NQE, cependant, une PNEC (Predicted No Effect Concentration) pour l'antimoine et d'une NOEC (No Observed Effect Concentration) pour le Platine ont été publiés par l'INERIS. Ces valeurs sont comprises entre les valeurs extrêmes dans la littérature.

Tableau 21 : Concentrations des platinoïdes dans les eaux de ruissellement de voirie (en µg/l)

	Antimoine (Sb)	Platine (Pt)	Palladium (Pd)	Rodium (Rh)
Huber et al. (2016)	0,8 – 10,7	0,065 - 24	0,34 - 8	0,08 – 1,14
(Gounou et al., 2011) (Moy, min – max)	11,9 (3,9 – 22,7)	-	-	-
NQE	9,3 µg/l <sup>1</sup>	10 µg/l <sup>2</sup>	-	-

1 : PNEC, 2 : NOEC pour les invertébrés

### 3.2.8. Autres molécules

En plus de ces molécules, d'autres micropolluants rentrant dans la composition des pièces automobiles ont été recherchés dans les eaux de ruissellement. Il s'agit notamment des dérivés du thiazole et du triazole (entrant dans la composition des huiles et des pneus), du MTBE (essences) et des sulfonates d'alkylbenzènes linéaires (LAS – utilisés dans les huiles). A l'exception du MTBE qui n'a pas été retrouvé dans le projet OGRE, toutes les molécules listées dans le Tableau 22 affichent des occurrences de plus de 93 %. Concernant le MTBE, il est intéressant de noter les fortes disparités selon les études. Ces variations peuvent s'expliquer pour les études antérieures à 2009 par les variations des LQ. En effet, Achten et al. (2001) qui affichent les occurrences les plus élevées possèdent les LQ les plus faibles (10 ng /l). A l'opposé, Desta et al. (2007) avec la LQ la plus élevée, obtiennent une occurrence nulle. La date de 2009 a été utilisée pour faire cette séparation du fait de la directive européenne de 2009 sur les spécifications relatives à l'essence, au carburant diesel et aux gazoles. Cette directive a notamment limité les concentrations maximales du MTBE à 15 % en volume. Il est possible que la modification de la composition des carburants ait induit une diminution des rejets en MTBE par les véhicules en Europe expliquant par conséquent la faible occurrence obtenue dans le cadre du projet OGRE (2015).

Tableau 22 : Occurrence des autres molécules

Référence	Nbre éch	Benzo-thiazole	Méthylthio-benzothiazole	Hydroxy-benzothiazole	Benzotriazole	Toyltriazole	Methyl-tert-butylether	LAS (Σ 4)
Wicke et al. (2015)	14	100 %	100 %	100 %	93 %	100 %	n.d	
Sablayrolles et al. (2011)	10							100 %
Achten et al. (2001)	12						100 %	
Desta et al. (2007)							n.d	
Borden et al. (2002)							47 %	
Seitz et Winzenbacher (2017)					0 %			

n.d : non détecté

D'autres molécules ont été retrouvées dans les eaux de ruissellement par Achten et al. (2001), Murakami et al. (2009), Sablayrolles et al. (2011), Wicke et al. (2015) et Seitz and Winzenbacher (2017). Il s'agit des composés du thiazole et du triazole, du MTBE et des LAS. Cependant, il est difficile de pouvoir comparer ces résultats en l'absence de NQE et d'autres publications. Par conséquent, nous comparerons les concentrations retrouvées dans les eaux de ruissellement avec concentrations maximales conseillées par le centre écotox Suisse ([Propositions de critères de qualité en exposition aiguë et chronique pour une série de substances pertinentes pour la Suisse | Oekotoxzentrum](#))

Concernant les composés du thiazole et du triazole, les concentrations obtenues dans le cadre du projet OGRE (Wicke et al., 2015) dans les eaux de ruissellement urbaines sont légèrement supérieures

à celles dans les eaux de ruissellement de voirie. Au vu de ces premiers résultats, il est impossible de définir l'importance des véhicules dans la contamination des eaux de ruissellement. Cependant, puisque certains de ces composés entrent dans la composition des huiles moteur ou en tant qu'antigel, il est probable que l'apport des véhicules ne soit pas nul. Les travaux de Reddy and Quinn (1997) donnent des concentrations en hydroxy-benzothiazole similaire à ceux de (Wicke et al., 2015). Les travaux de Kloepfer et al. (2005) indiquent des concentrations bien supérieures en benzothiazoles. En effet, au cours d'un même événement pluvieux, la somme des concentrations des six composés du benzothiazole étudiés variaient entre 20 et 74 µg/l, soit entre 10 et 30 fois les concentrations obtenue par Wicke et al. (2015). Cependant, quelle que soit l'étude réalisée sur les eaux de ruissellement, les concentrations obtenues sont largement plus faibles que les concentrations maximales proposées par le centre écotox Suisse c'est-à-dire 238 µg/l pour le benzothiazole et 75 µg/l pour le 2 méthylthiobenzothiazole. Pour le benzotriazole, aucune autre étude que celle réalisée par Wicke et al. (2015) n'a quantifié les concentrations de ces dérivés dans les eaux de ruissellement de voirie. Par conséquent, au vu des nombreuses applications de cette molécule et de ces dérivés dans l'industrie automobile, il semble intéressant de s'intéresser à son suivi, malgré les premières concentrations inférieures à la NQE. Ces analyses supplémentaires permettront de confirmer ou d'infirmer si les valeurs retrouvées sont inférieures à cette NQE.

Pour le MTBE, les travaux d'Achten et al. (2001), Borden et al. (2002) et Sablayrolles et al. (2011) affichent toutes des plages de concentrations similaires. Ces plages de concentrations étaient comprises entre 0,03 et 1,9 µg/l. Ces valeurs expliquent pourquoi Desta et al. (2007) n'ont pas pu quantifier le MTBE. En effet, la LQ de 10 µg/l est trop élevée pour pouvoir quantifier le MTBE dans les eaux de ruissellement. Cependant, dans le cadre du projet OGRE, toutes les concentrations étaient inférieures à 0,03 µg/l. Ce résultat pourrait être expliqué par des changements de composition de l'essence. En effet, en 2001, en réalisant une étude sur un tronçon routier de 500 m dans Francfort, Achten et al. (2001) a montré que 80 % de l'apport du MTBE dans les eaux de ruissellement provenaient des voitures. Cependant la réglementation européenne a évolué depuis 2001. La réglementation votée par le Parlement européen en 2009, limite la concentration en MTBE (ou autre alcool) à 15 % V/V dans la composition de l'essence (Parlement européen et le Conseil de l'Union européenne, 2009). En outre, les fabricants ont commencé depuis quelques années à remplacer le MTBE par du ETBE. Cette raison pourrait expliquer la tendance à la baisse, qui reste encore à confirmer, des rejets de MTBE pour une potentielle augmentation de ceux d'ETBE.

Pour finir, seuls Sablayrolles et al. (2011) nous permet d'avoir des informations sur les sulfonates d'alkylbenzènes linéaires (LAS). Dans cette étude, les concentrations obtenues dans les retombés atmosphériques étaient comprises seulement entre 0,03 et 0,21 µg/l alors que les concentrations dans les eaux de ruissellement de voirie variaient entre 43 et 590 µg/l. Ces résultats ont permis d'affirmer la faible importance des retombés atmosphériques dans la contamination des eaux de ruissellement. En outre, les concentrations obtenues pour ces molécules sont plus importantes que celles de toutes les autres molécules suivies dans le cadre de cet état de l'art. Par conséquent, bien qu'aucune utilisation des LAS par l'industrie automobile n'ait pu clairement être identifiée, il serait intéressant de suivre ces molécules.

Tableau 23 : Concentrations des autres composés dans les eaux de ruissellement

Référence	Type d'eau	Nb éch	unité	Benzothiazole	2 méthylthiobenzothiazole	Hydroxybenzothiazole	Benzotriazole	Tolyl-triazole	Methyl-tert-butylether	LAS (Σ 4)
Wicke et al. (2015)	Urbaine	30	µg/l	0,54	0,17	0,56	0,45	0,43	< 0,03	
	Voirie	5	µg/l	0,35	0,12	0,25	0,36	0,33	< 0,03	
(Stachel et al., 2010) (med, min – max)	Voirie	7	µg/l		1,3 (0,5 – 5,4)					
Reddy and Quinn (1997) (min – max)	Voirie	7	µg/l	< 0,05		< 0,05 – 0,516				
Sablayrolles et al. (2011) (med, min – max)	Voirie	10	µg/l						< 0,5 (< 0,5 -1,9)	87 (43 – 590)
Achten et al. (2001) (med, min – max)	Voirie	12	µg/l						0,114 (0,03 – 1,174)	
Desta et al. (2007)	Voirie	-	µg/l						< 10	
Borden et al. (2001) (moy ± écart-type)	Voirie	-	µg/l						0,5 ± 1,37	
Seitz et winzenbacher (2017) (med)	Voirie	28	µg/l		0,11	0,17	< 0,10	2,3		
NQE			µg/l	238*	75*		19*			

\* : concentration moyenne annuelle admissible proposé par le Centre Ecotox Suisse (<http://www.centreecotox.ch/prestations-expert/criteres-de-qualite-environnementale/propositions-de-criteres-de-qualite/>)

## 4. Contamination des eaux de ruissellement des aéroports

Deux sites étudiés dans la tâche 2 de Roulépur (Compans et Villeneuve-le-Roi) sont proches d'aéroport (Orly et Roissy). Il est possible que la présence d'avions impacte les concentrations retrouvées dans les eaux de ruissellement de voirie. Corsi et al. (2003) ont été les premiers à rechercher des micropolluants dans les eaux de ruissellement d'aéroport. Leurs travaux ont permis de montrer la présence d'alkylphénols éthoxylés dans les eaux de ruissellement d'aéroport avec des concentrations élevées pouvant atteindre 20,8 µg/l pour le NP1EO. Ces composés proviendraient des dégivrateurs des avions. En outre, d'après Sulej et al. (2012a), en plus des alkylphénols éthoxylés, les triazoles et certains composés perfluorés comme le PFOA et le PFOS sont aussi utilisés comme adjuvants dans les produits de dégivrage pour l'aéronautique. En outre, Sulej et al. (2011 et 2012b) ont quantifié les HAP et les PCB dans les eaux de ruissellement d'aéroport. Cependant, leurs travaux n'ont pas pris en compte d'autres micropolluants comme les alkylphénols ou les triazoles.

Concernant les pollutions liées aux avions, la synthèse bibliographique réalisée par Masiol and Harrison, (2014) nous permet d'en apprendre plus sur les rejets par les moteurs d'avions. Tout comme les moteurs de voitures, les réacteurs des avions fonctionnent en brûlant du carburant (kérosène – hydrocarbure de 10 à 14 carbones) en présence d'air. Dans le cas d'une combustion complète et de l'unique présence de kérosène dans le carburant, les seuls rejets du moteur devraient être du dioxyde de carbone, de l'eau et du diazote. Cependant, les panaches de fumées, du fait d'une combustion incomplète, contiennent une multitude de composés (O<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, hydrocarbures comme les HAP et des particules - suie). La deuxième raison de la présence d'autres composés dans les panaches de fumées des avions est l'ajout d'adjuvants dans le carburant et dans les huiles. Ces dernières sont composées majoritairement d'ester de pentaérythritol et de di-pentaérythritol, auxquels sont ajoutés des additifs comme notamment le phosphate de tricrésyl (famille des organophosphates). Ces composés sont ensuite retrouvés dans l'environnement via les rejets des réacteurs ou des fuites d'huiles (Masiol and Harrison, 2014).

Du fait de l'utilisation de produits comme les dégivrateurs et des rejets des réacteurs, il est probable que le passage d'avion à proximité des sites Roulépur puisse augmenter les concentrations en micropolluants (alkylphénols, triazoles, composés perfluorés) dans les eaux de ruissellement de voirie. Cependant, aucune information ne permet d'élargir le spectre de molécules à étudier.

## 5. Caractéristiques des molécules suivies

Les caractéristiques des molécules proposées pour un suivi telles que la masse molaire, la solubilité et le coefficient de partage Octanol/Eau (Kow) sont listées dans le Tableau 24. Ces caractéristiques permettent d'évaluer le potentiel auquel nous pouvons retrouver les composés dans la phase dissoute et la phase particulaire d'un échantillon. Concernant la solubilité, nous pouvons remarquer qu'à l'exception de quelques composés (certains phtalates et PBDE) toutes les molécules étudiées préalablement ont des solubilités d'au moins quelques mg/l. Ces valeurs signifient que les concentrations retrouvées dans les échantillons d'eau de ruissellement n'étaient pas limitées par leur solubilité. Un point intéressant à noter est que certaines molécules, comme le DEHP, ont été retrouvées à des concentrations supérieures à leur solubilité. Ceci peut s'expliquer du fait de la présence de particules dans les échantillons. En effet, cette limite de solubilité ne concerne que la phase dissoute. Lorsque les composés ont des affinités pour les MES ou les matières colloïdales, les molécules peuvent se fixer sur ces derniers augmentant ainsi leur concentration dans l'échantillon au-dessus de leur solubilité (concentration maximale dans la phase dissoute). Pour déterminer l'affinité d'une molécule pour les matières en suspension par rapport à l'eau, le coefficient de partage Octanol/Eau (Kow) est utilisé. Plus le Kow est élevé, plus le composé se fixera préférentiellement sur les MES. Il est possible de noter de fortes variations entre les Kow des différentes familles. Les familles de composés à étudier peuvent être réparties en trois groupes théoriques :

- Les éthers oxygénés de l'essence, les sulfonates d'alkylbenzène linéaires, les organoétains ainsi que les thiazoles et triazoles seront présents majoritairement dans la phase dissoute (Kow < 3,5) ;
- A l'opposé, les PBDE et les paraffines chlorées devraient, au vu de leurs Kow, être majoritairement sous forme particulaire (Kow > 4,5) ;
- Les composés perfluorés, devraient tout comme les PBDE et les paraffines chlorées être majoritairement sous forme particulaire (Kow > 4,5). Cependant, du fait qu'ils soient composés à la fois d'une partie hydrophile et d'une partie hydrophobe, une répartition dissous-particulaire différente de celle attendue peut être observée. ;

- Pour finir, les phtalates et les alkylphénols devraient se répartir entre les phases dissoute et particulaire. Il faut cependant noter des différences importantes au sein des phtalates notamment entre le DEP (Kow = 2,4) et le DTDP (Kow = 13,5).

Au vu de ces résultats, il est indispensable d'analyser la fraction dissoute mais aussi la fraction particulaire afin de connaître les concentrations totales en micropolluants.

Tableau 24 : caractéristiques des molécules d'intérêt

Familles	Composés	Abréviat ion	N° CAS	Masse molaire (g/mol)	Solubilité (mg/l à 20 ou 25°C)	Log Kow
Phtalates (PAE)	Diéthyle	DEP	84-66-2	222,2	1,1.10 <sup>3</sup>	2,4
	Butyle-benzyle	BBP	85-68-7	312,4	2,7	4,8
	Dibutyle	DnBP	84-74-2	278,4	1,1.10 <sup>1</sup>	4,6
	Di-2-ethylhexyle	DEHP	117-81-7	390,6	3,0.10 <sup>-3</sup>	7,5
	Di-isodecyle	DiDP	26761-40-0	446,7	0,2	8,8
	Diisotridecyle	DTDP	119-06-2	530,8	5,2.10 <sup>-2</sup>	13,5
Alkylphénols (AP)	4-tert-Octylphénol	OP	140-66-9	206,3	12,6	4,1
	Octylphénol monoéthoxylé	OP1EO	2315-67-3	250	8,0	4,1
	Octylphénol diéthoxylé	OP2EO	2315-61-9	294	13,2	4,0
	4-Nonylphénol	NP	84852-15-3	220,3	5,4	4,5
	Nonylphénol monoéthoxylé	NP1EO	27986-36-3	281,4	3,0	4,1
	Nonylphénol diéthoxylé	NP2EO	27176-93-8	308,5	3,4	4,2
	Bisphénol A	BPA	80-05-7	228,3	300	3,4
Composés perfluorés (PFs)	Acide perfluorooctanesulfonique	PFOS	1763-23-1	500,1	519	4,9
	Acide perfluorooctanoïque	PFOA	335-67-1	414,1	9,5.10 <sup>3</sup>	6,3
	Sulfonamide de perfluorooctane	PFOSA	754-91-6	499,1	3,4.10 <sup>3</sup>	5,8
	Acide perfluoro-n-heptanoïque	PFHpA	375-85-9	364,1	-	5,3
	Acide perfluorodécanoïque	PFDA	335-76-2	514,1	9,5.10 <sup>3</sup>	6,5
	Acide perfluoroundécanoïque	PFUA	2058-94-8	564,1		7,2
	Acide perfluorododécanoïque	PFDaA	307-55-1	614,1		7,8
	Acide perfluorotridécanoïque	PFTDA	72629-94-8	664,1		8,3
Polybromo-diphényléthers (PBDE)	2,4,4'-Tribromodiphényle éther	BDE 28	41318-75-6	406,9	De 10 <sup>-4</sup> à 1,3.10 <sup>-2</sup>	4,3
	2,2',4,4'-Tétabromodiphényle éther	BDE 47	5436-43-1	485,8		6,1
	2,2',4,4',5-Pentabromodiphényle éther	BDE 99	60348-60-9	564,7		7,3
	2,2',4,4',6-Pentabromodiphényle éther	BDE 100	189084-64-8	564,7		6,6
	2,2',4,4',5,5'-Héxabromodiphényle éther	BDE 153	68631-49-2	643,6		8,0
	Décabromodiphényle éther	BDE 209	1163-19-5	959,2		6,3
Organoétains	Tributylétain	TBT	688-73-3	291,1	18 < x > 61	3,1 < K > 4,1
	Dibutylétain	DBT	1002-53-5	234,9		1,5
	Monobutylétain	MBT	78763-54-9	175,7		3,3
Paraffines chlorées	Chloroalcane à chaîne courte (C10-C13)	SCCP	85535-84-8	377	0,47	6
Ether oxygéné de l'essence	Ether de méthyle et de butyle tertiaire	MTBE	1634-04-4	88,2	4,1.10 <sup>4</sup>	1,1
	Ether d'éthyle et de butyle tertiaire	ETBE	637-92-3	102,2		1,9
	Ether de méthyle et d'amyle tertiaire	TAME	994-05-8	102,2	1,1.10 <sup>4</sup>	1,6
	Ether d'éthyle et d'amyle tertiaire	TAE	919-94-8	116,1	9.10 <sup>2</sup>	2,4
	Ether diisopropylique	DIPE	108-20-3	102,1	5,8.10 <sup>3</sup>	1,5
	Alcool butylique tertiaire	TBA	75-65-0	74,1	2,2.10 <sup>5</sup>	0,4
Sulfonates d'alkylbenzène linéaires (LAS)	Undécylbenzènesulfonate		27636-75-5	335	100	3,3
	Dodécylbenzènesulfonate		25155-30-0	348,5	100	3,3
	Tridécylbenzènesulfonate		26248-24-8	362,5	100	3,3
	Acide benzènesulphonique (C10-C13)		8411-30-3	-	-	-
Autres molécules	Benzotriazole		95-14-7	119,1	1,9.10 <sup>4</sup>	1,4
	Tolyltriazole		29385-43-1	159,2	3.10 <sup>3</sup>	1,7
	Benzothiadiazole		273-77-8	136,2	5.10 <sup>3</sup>	1,4
	Benzophénone		119-61-9	182,2	1,4.10 <sup>2</sup>	3,2

## 6. Conclusions

Cet état de l'art avait pour but de définir les micropolluants pouvant être retrouvés dans les eaux de ruissellement de voirie. Deux étapes ont été réalisées :

- Rechercher les micropolluants pouvant être présent dans les matériaux au vu de leurs utilisations par l'industrie automobile tant pour la construction des véhicules que les consommables ;
- Rechercher dans la littérature scientifique, les micropolluants quantifiés dans les eaux de ruissellement puis comparer les concentrations obtenues avec les normes de qualité environnementale.

Familles et composés présents dans les organes et consommables automobiles			Etudes dans les eaux de ruissellement				
Famille	Composés	Usages dans les véhicules	Occurrence	Concentration ruissellement > pluviale	Concentration ruissellement > NQE	Commentaires	Références
Alkylphénols	NP	Carrosserie, pneus, liquide de frein, huile	Entre 57 et 100 %	≈	Oui		Bjorklund et al. (2009) Bressy (2010) Zgheib et al. (2012) Sebastian (2013) Gasperi et al (2014) Regard (2015) Wicke et al. (2015)
	NP1EO		Entre 8 et 100 %	N.C	-		
	NP2EO		Entre 8 et 100 %	N.C	-		
	OP		Entre 79 et 100 %	≈	Oui		
	OP1EO		Entre 50 et 100 %	N.C	-		
	OP2EO		Entre 63 et 100 %	N.C	-		
Benzophénones	Benzophénone	Carrosserie (peintures et plastiques)	Aucune référence connue par les auteurs à ce jour				
Benzothiazoles	Benzothiazole	Pneus, liquide de refroidissement	100 %	N.C	Non		Wicke et al. (2015) Seitz et Wionzenbahcher (2017)
	Méthylbenzothiazole		100 %	N.C	Non		
	Hydroxybenzothiazole		100 %	N.C	-		
Benzotriazoles	Benzotriazole	Carrosserie (peintures et plastiques)	Entre 0 et 93 %	≈	Non		Wicke et al. (2015) Seitz et Wionzenbahcher (2017)
Bisphénols	BPA	Carrosserie	>80 %	≈	-		Gasperi et al (2014) Wicke et al. (2015)
Chloroalcanes à chaînes courtes (paraffines chlorées)	Chloroalcanes (C10 à C13)	Carrosserie (peintures et plastiques), pneus, huiles, carburants	Aucune référence connue par les auteurs à ce jour				
Composés perfluorés	PFOA	-	100 %	N.C	-		Kim et Kannan (2007) Murakami et al. (2009) Zhao et al. (2013)
	PFOS		100 %	N.C	Oui		
	PFOSA		Présent (valeur inconnue)	N.C	-		
	PFHSA		100 %	N.C	-		
	PFHpA		100 %	N.C	-		
	PFDA		100 %	N.C	-		
	PFUA		100 %	N.C	-		
	PFDDA		100 %	N.C	-		
	PFTDA		Présent (valeur inconnue)	N.C	-		
Ether oxygénés de l'essence	MTBE	Carburants	Entre 0 et 100 %	N.C	-	Pas d'étude connue pour la quantification de l'ETBE	Achten et al. (2001) Desta et al. (2007) Sablayrolles et al. (2011)
	ETBE		N.C	N.C	-		



Métaux	Antimoine	Catalyseurs (pot d'échappement), système de freinage			Oui	Les comparaisons concentration / NQE ont été réalisés à partie d'une PNEC pour l'antimoine et d'une NOEC pour le platine.	Wicke et al. (2015)
	Palladium				-		Huber et al. (2016)
	Platine				Oui		
	Rhodium				-		
Nouveaux retardateurs de flammes	TTBPA	Carrosserie (plastiques)	Aucune référence connue par les auteurs à ce jour				
	HBCDD	Pneus					
PBDE	BDE 28	-	Entre 75 et 100 %	N.C	Oui	NQE basée sur la somme des 6 PBDE.	Gasperi et al. (2014) Regard (2015) Sebastian et al. (2015)
	BDE 47		Entre 0 et 100 %	N.C			
	BDE 99		Entre 0 et 100 %	N.C			
	BDE 100		Entre 75 et 100 %	N.C			
	BDE 153		Entre 0 et 75 %	N.C			
	BDE 154		0 %	N.C			
	BDE 183		100 %	N.C	-		
	BDE 209		100 %	N.C	-		
Organoétains	TBT		Entre 0 et 21 %	<	oui		Stachel et al. (2010)
	DBT		79 %	N.C	-		Zgheib et al. (2012)
	MBT		100 %	<	-		Wicke et al. (2015)
Organophosphates	Tributyle	Carrosserie (peintures et plastiques)	38 %	≈	Non		Wicke et al. (2015)
	Trichloroéthyle		31 %	≈	-		
	Trichloropropyle		67 %	≈	-		
	Tributoxyéthyle		85 %	≈	-		
	Trichloroéthylène		Aucune référence connue par les auteurs à ce jour				
	Triphényles						
PCB	PCB 25	-	Entre 6 et 100 %	≈	-		Bressy (2010) Sablayrolles et al. (2011) Zgheib et al. (2012)
	PCB 52		Entre 13 et 100 %	≈	-		
	PCB 101		Entre 24 et 100 %	≈	-		
Phtalates	DMP	Carrosserie (plastiques et peintures ), pneus	Entre 23 et 75 %	N.C	-		Björklund et al. (2009) Clara et al. (2010) Stachel et al. (2010) Zgheib et al. (2012) Regard (2015) Wickel et al. (2015)
	DEP		Entre 7 et 100 %	N.C	-		
	BBP		Entre 0 et 63 %	≈	-		
	DBP		Entre 14 et 63 %	N.C	-		
	DEHP		Entre 23 et 100 %	≈	Oui		
	DOP		Entre 8 et 88 %	N.C	-		
	DIDP + DINP		Entre 69 et 100 %	N.C	-		

Sulfonates d'alkylbenzènes linéaires (LAS)		Huiles	>80 %	N.C	-		Sablayrolles et al. (2011)
--	--	--------	-------	-----	---	--	----------------------------

Il ressort de la première étape huit groupes de molécules présentant un intérêt :

- Les alkylphénols, les étoxylates d'alkylphénols ;
- Le bisphénol A ;
- Les phtalates ;
- Les organophosphates ;
- Les PBDE ;
- Les éthers oxygénés de l'essence ;
- Les protecteurs UV comme les benzophénones ;
- Le triazole ainsi que leurs dérivés.

La deuxième étape a démontré que l'étude des PCB et des organophosphates dans les eaux de ruissellement de voirie ne semble pas pertinente. En effet, il a été montré que la contamination des eaux de ruissellement en PCB provenait essentiellement des retombés atmosphériques. Concernant les organophosphates, leurs concentrations sont largement inférieures à la NQE et ne représentent donc pas une pollution environnementale significative.

En outre, la synthèse bibliographique a montré la présence non négligeable de contaminants comme les PBDE, les composés perfluorés et les sulfonates d'alkylbenzène linéaires dans les eaux de ruissellement. Cette présence pourrait en partie s'expliquer par leur usage dans des matériaux automobiles pour les perfluorés (joints de voiture) et les sulfonates d'alkylbenzène linéaires (utilisation de sulfonates comme additifs). L'ensemble des molécules à suivre dans le cadre du projet Roulépur car présente dans les eaux de ruissellement et ayant pour source probable les automobiles est listé dans le Tableau 24.

## 7. Glossaire

**Eaux de ruissellement de voirie** : eau de pluie ayant été en contact avec la voirie

**Eaux pluviales** : eau de pluie ayant été collectée après qu'elle ait touché le sol ou tout autre matériaux (bâtiments, toitures, etc.)

**Retombés atmosphériques** : eau de pluie n'ayant pas encore touchée le sol.

## 8. Sigles & Abréviations

**2,4-D** : acide 2,4-dichlorophénoxyacétique

**AP** : alkylphénols

**APEO** : alkylphénols éthoxylés

**BBP** : phtalate de butyle-benzyle

**BPA** : bisphénol A

**BTEX** : benzène-toluène-éthylbenzène-xylènes (composés aromatiques volatils)

**CFC** : chlorofluorocarbures

**CO** : oxyde de carbone

**COHV** : composés organiques halogénés volatils

**DBP** : phtalate de dibutyle

**DBT** : dibutylétain

**DEET** : N,N-diéthyl-3-méthylbenzamide

**DEHP** : phtalate de di-(2-éthylehexyle)

**DEP** : phtalate de diéthyle

**DIDP** : phtalate de di-isodécyle

**DINP** : phtalate de di-isononyle

**DIPE** : éther de di-isopropyle

**DMP** : phtalate de diméthyle

**DOP** : phtalate de di-octyle

**DTDP** : phtalate de di-idotridécyle

**DTPZn** : dialkylthiophosphate de zinc

**E2** : oestradiol

**ECPI** : european council for plasticisers and intermediates

**EDPM** : monomère d'éthylène-propylène-diène

**EE2** : 17 $\alpha$ -ethynylestradiol

**ETBE** : éther d'éthyl-tert-butyle

**FDS** : Fiche de Données Sécurité

**HAP** : hydrocarbure aromatique polycyclique

**HBCDD** : hexabromocyclododécane

**HCFC** : hydrochlorofluorocarbures

**HFC** : hydrofluorocarbures

**Inogev** : innovation pour une gestion durable de l'eau en ville (projet de recherche ANR)

**INRS** : institut national de recherche et de santé

**LAS** : sulfonates d'alkylbenzène linéaires

**MBT** : monobutylétain

**MES** : matières en suspension

**MTBE** : éther de méthyl-tert-butyle

**NOx** : oxyde d'azote

**NP** : nonylphénol

**NP1EC** : acide nonylphénoxyacétique

**NP1EO** : nonylphénol monoéthoxylé

**NP2EO** : nonylphénol diéthoxylé

**NQE** : norme de qualité environnementale

**O<sub>2</sub>** : dioxygène

**Ogre** : projet de recherche allemand, « Relevanz organischer Spurenstoffe im Regenwasserabfluss Berlins »

**OP** : octylphénol

**OP1EO** : octylphénol monoéthoxylé

**OP2EO** : octylphénol diéthoxylé

**ORDIMIP** : observatoire des déchets en Midi-Pyrénées

**PA** : polyamides

**PBDE** : polybromodiphényléthers

**PC** : polycarbonates

**PCB** : polychlorobiphényles

**PCDD** : polychlorobenzodioxines

**PCDF** : polychlorodibenzofuranes

**PE** : polyéthylène

**PFDA** : perfluoro-décanoate

**PFDDA** : perfluoro-dodecanoate

**PFHpA** : perfluoro-heptanoate

**PFOA** : acide perfluoro-octanoïque

**PFOS** : acide perfluoro-octanesulfonique

**PFOSA** : perfluoro-octane sulfonamide

**PFTDA** : perfluoro-tridecanoate

**PFUA** : perfluoro-undecanoate

**PP** : polypropylène

**PUR** : polyuréthanes

**PVC** : polychlorure de vinyle

**SCCP** : Chloroalcanes à chaîne courte

**TAEE** : éther de tert-amyl éthyle

**TAME** : éther de tert-amyl méthyle

**TBA** : tert-butanol

**TBT** : tributylétain

## 9. Bibliographie

- Achten, C., Kolb, A., Püttmann, W., 2001. Methyl tert-butyl ether (MTBE) in urban and rural precipitation in Germany. *Atmos. Environ.* 35, 6337–6345.
- ADEME, 2008. Etats des lieux de la valorisation des matériaux issus du traitement des véhicule hors d'usage.
- Augarde, E., Sarabando, L., 2015. Guide de bonnes pratiques - Communication le long de la chaîne d'approvisionnement dans le cadre de REACH.
- Björklund, K., Cousins, A.P., Strömvall, A.-M., Malmqvist, P.-A., 2009. Phthalates and nonylphenols in urban runoff: Occurrence, distribution and area emission factors. *Sci. Total Environ.* 407, 4665–4672. doi:10.1016/j.scitotenv.2009.04.040
- Borden, R.C., Black, D.C., McBlief, K.V., 2002. MTBE and aromatic hydrocarbons in North Carolina stormwater runoff. *Environ. Pollut.* 118, 141–152. doi:10.1016/S0269-7491(01)00204-4
- Bressy, A., n.d. Flux de micropolluants dans les eaux de ruissellement urbaines. Effet de différents mode de gestion des eaux pluviales. Université Paris-Est.
- Clara, M., Windhofer, G., Hartl, W., Braun, K., Simon, M., Gans, O., Scheffknecht, C., Chovanec, A., 2010. Occurrence of phthalates in surface runoff, untreated and treated wastewater and fate during wastewater treatment. *Chemosphere* 78, 1078–1084. doi:10.1016/j.chemosphere.2009.12.052
- Corsi, S.R., Zitomer, D.H., Field, J.A., Cancilla, D.A., 2003. Nonylphenol Ethoxylates and Other Additives in Aircraft Deicers, Antiicers, and Waters Receiving Airport Runoff. *Environ. Sci. Technol.* 37, 4031–4037. doi:10.1021/es034005i
- Deffontis, S., Breton, A., Vialle, C., Montréjaud-Vignoles, M., Vignoles, C., Sablayrolles, C., 2013. Impact of dry weather discharges on annual pollution from a separate storm sewer in Toulouse, France. *Sci. Total Environ.* 452–453, 394–403. doi:10.1016/j.scitotenv.2013.03.014
- Desta, M., Bruen, M., Higgins, N., Johnston, P., 2007. Highway runoff quality in Ireland. *J. Environ. Monit.* 9, 366. doi:10.1039/b702327h
- DUVAL, C., 2007. Plastiques et automobile: D'hier à aujourd'hui. *Tech. Ing. Plast. Compos.*
- ECPI, 2015. Les plastifiants et le PVC souple.
- Fargier M., 2012. Identification de micropolluants potentiellement émis aux eaux de ruissellement par le secteur automobile. [WWW Document]. URL <https://zimbra.enpc.fr/service/home/~/?auth=co&loc=fr&id=5018&part=2> (accessed 10.6.16).
- Farhi, R., Morel, C., Chéron, J., 2006. Matières plastiques et adjuvants: hygiène et sécurité. Institut National de Recherche et de sécurité, Paris.
- Garat, M., Le Nézet, A., 2013. Moulage des alliages d'aluminium - Moules permanents : coquille, sous pression et apparentés 35.
- Gasperi, J., Sebastian, C., Ruban, V., Delamain, M., Percot, S., Wiest, L., Mirande, C., Caupos, E., Demare, D., Kessoo, M.D.K., 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. Micropollutants in urban stormwater: occurrence, concentrations, and atmospheric contributions for a wide range of contaminants in three French catchments. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 21, 5267–5281. doi:10.1007/s11356-013-2396-0
- Gounou, C., Varrault, G., Amedzro, K., Gasperi, J., Moilleron, R., Garnaud, S., Chebbo, G., 2011. Research of trace metals as markers of entry pathways in combined sewers. *Water Sci. Technol.* 63, 633. doi:10.2166/wst.2011.219
- Huber, M., Welker, A., Helmreich, B., 2016. Critical review of heavy metal pollution of traffic area runoff: Occurrence, influencing factors, and partitioning. *Sci. Total Environ.* 541, 895–919. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.09.033



- INERIS, 2015. Identification des sources résiduelles d'alkylphénols (No. DRC-15-144773-10461A).
- INRS, 2009. Peintures en solvant. Composition, risques toxicologiques, mesures de prévention. (No. ED 971).
- INRS, 2005. Peintures en phase aqueuse (ou peinture à l'eau). Composition, risques toxicologiques, mesures de prévention. (No. ED 955).
- INRS, 1999. Peintures en phase aqueuse pour l'industrie automobile. Cah. Notes Doc.-Hygiène Sécurité Trav.-N 177.
- ISOPA, 2016. Driving with polyurethanes.
- K., L.-B., M.C., G., 2014. Potentiel d'émission d'alkylphénols et de bisphénol A par lessivage des matériaux et consommables automobiles.
- Kim, S.-K., Kannan, K., 2007. Perfluorinated Acids in Air, Rain, Snow, Surface Runoff, and Lakes: Relative Importance of Pathways to Contamination of Urban Lakes. *Environ. Sci. Technol.* 41, 8328–8334. doi:10.1021/es072107t
- Kloepfer, A., Jekel, M., Reemtsma, T., 2005. Occurrence, Sources, and Fate of Benzothiazoles in Municipal Wastewater Treatment Plants. *Environ. Sci. Technol.* 39, 3792–3798. doi:10.1021/es048141e
- Lamprea-Bretonneau, K., Gromaire, M., 2014. Potentiel d'émission d'alkylphénols et de bisphénol A par lessivage des matériaux et consommables automobiles. LEESU.
- Masiol, M., Harrison, R.M., 2014. Aircraft engine exhaust emissions and other airport-related contributions to ambient air pollution: A review. *Atmos. Environ.* 95, 409–455. doi:10.1016/j.atmosenv.2014.05.070
- Murakami, M., Shinohara, H., Takada, H., 2009. Evaluation of wastewater and street runoff as sources of perfluorinated surfactants (PFSs). *Chemosphere* 74, 487–493. doi:10.1016/j.chemosphere.2008.10.018
- Murakami, M., Takada, H., 2008. Perfluorinated surfactants (PFSs) in size-fractionated street dust in Tokyo. *Chemosphere* 73, 1172–1177. doi:10.1016/j.chemosphere.2008.07.063
- ORDIMIP, 2016. Pare-chocs et plastiques de VHU | Déchets | Observatoire Régional des Déchets en Midi-Pyrénées | Observation, Concertation, Information [WWW Document]. URL <http://www.ordimip.com/dechets?id=42> (accessed 9.29.16).
- PlasticsEurope, 2014. Automobile. Avec les plastiques, le monde bouge.
- Reddy, C.M., Quinn, J.G., 1997. Environmental chemistry of benzothiazoles derived from rubber. *Environ. Sci. Technol.* 31, 2847–2853.
- Revitt, D.M., Lundy L., Coulon F., Fairley M., 2014. The sources, impact and management of car park runoff pollution: A review. *J. Environ. Manage.* 146, 552–567. doi:10.1016/j.jenvman.2014.05.041
- Sabluyrolles, C., Breton, A., Vialle, C., Vignoles, C., Montréjaud-Vignoles, M., 2011. Priority organic pollutants in the urban water cycle (Toulouse, France). *Water Sci. Technol.* 64, 541. doi:10.2166/wst.2011.580
- Sebastian, C., 2013. Bassin de retenue des eaux pluviales en milieu urbain : performance en matière de piégeage des micropolluants. L'institut national des sciences appliquées de Lyon.
- Seitz, W., Winzenbacher, R., 2017. A survey on trace organic chemicals in a German water protection area and the proposal of relevant indicators for anthropogenic influences. *Environ. Monit. Assess.* 189. doi:10.1007/s10661-017-5953-z
- Site internet REP 33, 2016. REP 33 - Spécialiste de la réparation du pneu et de jantes à Vayres - Libourne - en Gironde [WWW Document]. URL <http://www.portail-artisans.com/rep-pneu33/pneumatique.php> (accessed 12.7.16).
- SNCP, 2016. Syndicat national du caoutchouc et des polymères [WWW Document]. URL <http://www.lecaoutchouc.com/> (accessed 10.3.16).
- Stachel, B., Holthuis, J.-U., Schulz, W., Seitz, W., Weber, W.H., Tegge, K.-T., Dobner, I., 2010. Treatment Techniques and Analysis of Stormwater Run-off from Roads in Hamburg, Germany, in: Fatta-Kassinos, D., Bester, K., Kümmerer, K. (Eds.),

- Xenobiotics in the Urban Water Cycle. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 445–461.
- Sulej, A., Polkowska, Ż., Namieśnik, J., 2012. Contaminants in airport runoff water in the vicinities of two international airports in Poland. *Pol J Env. Stud* 21, 725–739.
- Sulej, A.M., Polkowska, Ż., Namieśnik, J., 2012. Pollutants in Airport Runoff Waters. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 42, 1691–1734. doi:10.1080/10643389.2011.569873
- Sulej, A.M., Polkowska, Ż., Namieśnik, J., 2011. Contamination of Runoff Water at Gdańsk Airport (Poland) by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) and Polychlorinated Biphenyls (PCBs). *Sensors* 11, 11901–11920. doi:10.3390/s111211901
- von Uexküll, O., Skerfving, S., Doyle, R., Braungart, M., 2005. Antimony in brake pads—a carcinogenic component? *J. Clean. Prod.* 13, 19–31. doi:10.1016/j.jclepro.2003.10.008
- Wicke, D., Matzinger, A., Rouault, 2015. Rapport OGRE.
- Zgheib, S., Moilleron, R., Chebbo, G., 2012. Priority pollutants in urban stormwater: Part 1 – Case of separate storm sewers. *Water Res.* 46, 6683–6692. doi:10.1016/j.watres.2011.12.012
- Zhao, L., Zhou, M., Zhang, T., Sun, H., 2013. Polyfluorinated and Perfluorinated Chemicals in Precipitation and Runoff from Cities Across Eastern and Central China. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 64, 198–207. doi:10.1007/s00244-012-9832-x

## 10. Table des illustrations

<i>Figure 1 : composition d'une voiture (source : <a href="http://www.lolombrik.net/images/13845/composition-dune-voiture.html">http://www.lolombrik.net/images/13845/composition-dune-voiture.html</a>)</i> .....	6
<i>Figure 2 : les différentes couches appliquées en peinture automobile (source : (INRS, 1999))</i> .....	8
<i>Figure 3 : Composition d'un pneu (source : (Site internet REP 33, 2016))</i> .....	12
Tableau 1 : Micropolluants dans la structure automobile .....	7
Tableau 2 : Composition des peintures pour l'industrie automobile .....	8
Tableau 3 : Composition des vernis de carrosserie (adapté de Fargier, 2012).....	9
Tableau 4 : Usage des différents plastiques et leurs compositions .....	11
Tableau 5 : Micropolluants dans les liquides automobiles .....	14
Tableau 6 : description des études .....	19
Tableau 7 : Occurrence des alkylphénols dans les eaux de ruissellement.....	20
Tableau 8 : Concentration des alkylphénols dans les eaux de ruissellement .....	21
Tableau 9 : Occurrence des biocides dans les eaux de ruissellement .....	22
Tableau 10 : Concentrations des biocides dans les eaux de ruissellement .....	22
Tableau 11 : Occurrence des organoétains et des organophosphate dans les eaux de ruissellement .....	23
Tableau 12 : Concentrations des organoétains et des organophosphates dans les eaux de ruissellement.....	23
Tableau 13 : Occurrence des phtalates dans les eaux de ruissellement .....	24
Tableau 14 : Concentrations en phtalates dans les eaux de ruissellement .....	24
Tableau 15 : Occurrence des PCB dans les eaux de ruissellement .....	24
Tableau 16 : Occurrence des PBDE dans les eaux de ruissellement.....	25
Tableau 17 : Concentrations en PCB dans les eaux de ruissellement .....	25
Tableau 18 : Concentrations en PBDE dans les eaux de ruissellement .....	25
Tableau 19 : Occurrence des composés perfluorés dans les eaux de ruissellement .....	26
Tableau 20 : Concentrations des composés perfluorés dans les eaux de ruissellement (en ng/l).....	26
Tableau 21 : Concentrations des platinoïdes dans les eaux de ruissellement de voirie (en µg/l) .....	27
Tableau 22 : Occurrence des autres molécules .....	27
Tableau 23 : Concentrations des autres composés dans les eaux de ruissellement .....	28
Tableau 24 : caractéristiques des molécules d'intérêt .....	30

]

## 11. Annexe 1 : Limites de quantification des analyses

	Bressy (2010)	Zgheib et al. (2012)	Sébastien (2013)	Wicke et al. (2015)	Regard (2015)	Björklund et al. (2009)	Gasperi et al. (2014)	Clara et al. (2010)	Murakami et al. (2009)	Kim et Kannan (2007)	Zhao et al. (2013)	Sablayrolles et al. (2011)	Achten et al. (2001)	Desta et al. (2007)	Borden et al. (2001)
NP	13,2 ng/l	0,2 µg/l	3,04 ng/l	5 µg/l	10 - 20 ng/l	0,1 µg/l	2,12 - 30,27 ng/l								
NP1EO			2,39 ng/l		1 - 5 ng/l	0,2 µg/l	2,17 - 11,79 ng/l					0,5 µg/l			
NP2EO			0,87 ng/l		1 - 5 ng/l	0,2 µg/l	0,41 - 9,59 ng/l								
NPEC			1,74 ng/l		1 - 5 ng/l		0,62 - 2,18 ng/l								
OP	7,6 ng/l	0,1 µg/l	2,82 ng/l	0,4 µg/l	1 - 5 ng/l		2,12 - 12,49 ng/l								
OP1EO			5,43 ng/l		5 ng/l		1,06 - 9,91 ng/l								
OP2EO			1,74 ng/l		1 - 5 ng/l		0,62 - 2,18 ng/l								
Bisphénol A			6,73 ng/l	0,2 µg/l			2,67 - 8,13 ng/l								
Carbendazime			2,5 ng/l	0,02 µg/l	1 - 5 ng/l		2,5 ng/l								
Cybutryne				0,02 µg/l											
Diazinon				0,02 µg/l	1 - 5 ng/l										
Diuron		0,2 µg/l	5 ng/l	0,02 µg/l	1 - 5 ng/l		5 ng/l								
Tébuconazole			3,8 ng/l	0,02 µg/l	1 - 5 ng/l										
2,4- D			5,7 ng/l	0,02 µg/l	10 - 20 ng/l		5,70 ng/l								
2,6- dichlorobenzamide				0,03 µg/l											
Gglyphosate		0,05 µg/l	195 ng/l	0,02 µg/l	50 ng/l		195 ng/l								
AMPA		0,05 µg/l	150 ng/l	0,1 µg/l	50 ng/l		150 ng/l								
Isoproturon		0,02 µg/l	5 ng/l	0,03 µg/l	1 - 5 ng/l		5 ng/l								
Mécoprop			4,8 ng/l	0,02 µg/l			4,8 ng/l								
Terbutylazine					1 - 5 ng/l										
Terbutryne			3,8 ng/l	0,01 µg/l	1 - 5 ng/l		3,8 ng/l								
Thiaclopride				0,02 µg/l	1 - 5 ng/l										
DEET															
Desethylterbutylazin				0,03 µg/l	1 - 5 ng/l										
Simazine		0,02 µg/l	1,7 ng/l	0,03 µg/l	1 - 5 ng/l										
Atrazine		0,02 µg/l	1,2 ng/l		1 - 5 ng/l										
Diflufénican			6,1 ng/l		1 - 5 ng/l		6,1 ng/l								
Métazachlore			3,8 ng/l		1 - 5 ng/l		3,8 ng/l								
Propiconazole					1 - 5 ng/l										

	Bressy (2010)	Zgheib et al. (2012)	Sébastien (2013)	Wicke et al. (2015)	Regard (2015)	Björklund et al. (2009)	Gasperi et al. (2014)	Clara et al. (2010)	Murakami et al. (2009)	Kim et Kannan (2007)	Zhao et al. (2013)	Sablayrolles et al. (2011)	Achten et al. (2001)	Desta et al. (2007)	Borden et al. (2001)	
Tributylétain		0,02 µg/l		0,01 µg/l												
Dibutylétain		0,02 µg/l		0,01 µg/l												
Monobutylétain		0,02 µg/l		0,01 µg/l												
Phosphate de Tributyle				0,1 µg/l												
Phosphate de trichloroéthyle				0,1 µg/l												
Phosphate de Trichloropropyle				0,1 µg/l												
Phosphate de tributoxyéthyle				0,1 µg/l												
PCB 31	0,18 ng/l			0,05 µg/l												
PCB 28	0g16 ng/l	0,03 µg/l		0,05 µg/l	1 - 5 ng/l							0,05 µg/l				
PCB 20	0,14 ng/l			0,05 µg/l												
PCB 52	0,42 ng/l	0,03 µg/l		0,05 µg/l	1 - 5 ng/l							0,05 µg/l				
PCB 44	0,16 ng/l			0,05 µg/l												
PCB 101	0,16 ng/l	0,03 µg/l		0,05 µg/l	1 - 5 ng/l							0,05 µg/l				
BDE 28		0,01 µg/l	0,03 ng/l	0,01 µg/l			0,03 - 0,05 ng/l									
BDE 47		0,01 µg/l	0,03 ng/l	0,01 µg/l	1 - 5 ng/l		0,03 - 0,05 ng/l									
BDE 99		0,01 µg/l	0,03 ng/l	0,01 µg/l	1 - 5 ng/l		0,03 - 0,13 ng/l									
BDE 100		0,01 µg/l	0,13 ng/l	0,01 µg/l	1 - 5 ng/l		0,03 - 0,13 ng/l									
BDE 153		0,01 µg/l	0,13 ng/l	0,01 µg/l	1 - 5 ng/l		0,03 - 0,13 ng/l									
BDE 154		0,01 µg/l	0,03 ng/l	0,01 µg/l			0,03 - 0,09 ng/l									
BDE 183			0,06 ng/l	0,01 µg/l			0,03 - 0,13 ng/l									
BDE 205			0,31 ng/l	0,01 µg/l			0,06 - 0,66 ng/l									
BDE 209			0,69 ng/l	0,01 µg/l			0,32 - 1,31 ng/l									
DMP				0,3 µg/l		0,1 µg/l		0,01 µg/l								
DEP				0,3 µg/l		0,1 µg/l		0,02 µg/l								
BBP				0,3 µg/l		0,1 µg/l		0,05 µg/l								
DBP				0,5 µg/l		0,1 µg/l		0,01 µg/l								
DEHP		5 µg/l		0,2 µg/l	50 ng/l	1 µg/l		0,2 µg/l				0,5 µg/l				
DOP				0,5 µg/l		0,1 µg/l		0,01 µg/l								
DIDP + DINP				0,5 µg/l		0,1 µg/l		0,02 µg/l								
Acide perfluoro-octanoïque				0,05 µg/l					0,1 - 2,6 ng/l	0,25 - 0,75 ng/l	0,14 - 4,55 ng/l					
Acide perfluoro-octanesulfonique				0,01 µg/l					0,1 - 0,6 ng/l	0,25 ng/l						

	Bressy (2010)	Zgheib et al. (2012)	Sébastien (2013)	Wicke et al. (2015)	Regard (2015)	Björklund et al. (2009)	Gasperi et al. (2014)	Clara et al. (2010)	Murakami et al. (2009)	Kim et Kannan (2007)	Zhao et al. (2013)	Sablayrolles et al. (2011)	Achten et al. (2001)	Desta et al. (2007)	Borden et al. (2001)
Perfluoro-octane sulfonamide									0,1 - 1,5 ng/l						
Perfluoro-heptanoate									0,1 - 4,5 ng/l	0,25 ng/l					
Perfluoro-decanoate									0,1 - 1,0 ng/l	0,25 ng/l					
Perfluoro-undecanoate									0,1 - 1,0 ng/l						
Perfluoro-dodecanoate									0,1 - 1,0 ng/l	0,25 ng/l					
Perfluoro-tridecanoate									0,1 - 1,0 ng/l						
Benzothiazole				0,05 µg/l											
2 méthylthio-benzothiazol				0,05 µg/l											
Hydroxy-benzothiazol				0,02 µg/l											
Benzotriazol				0,05 µg/l											
Toyltriazole				0,03 µg/l											
Methyl-tert-butylether				0,03 µg/l								1 µg/l	10 ng/l	10 µg/l	0,05 µg/l
LAS (Σ 4)												0,01 µg/l			

## 12. Annexe 2 : FDS de lave-glaces

Nom fds	Société	Composition	Source
Rain-x ec windshield washer additive	Shell	Éthanol (30,00 - 60,00 %) et Éthylène-glycol (1,00 - 5,00 %)	<a href="http://www.epc.shell.com/Docs/GSAP_msds_00093930.PDF">http://www.epc.shell.com/Docs/GSAP_msds_00093930.PDF</a>
Lave glace été	Total	À base d'eau	<a href="http://www.quickfds.com/out/16222-42154-20316-017163.pdf">http://www.quickfds.com/out/16222-42154-20316-017163.pdf</a>
Lave glace hiver	Total	Isopropanol (2,5-9 %) et éthylène-glycol (10-24 %)	<a href="http://www.quickfds.com/out/16222-42283-28842-014134.pdf">http://www.quickfds.com/out/16222-42283-28842-014134.pdf</a>
Lave glace – 20° c	Lubexcel	Éthanol (85/90) et éthylène-glycol (<5)	<a href="http://www.lubexcel.com/uploads/divers/lave_glace/lubexcel_lave_glace_hiver_fds.pdf">http://www.lubexcel.com/uploads/divers/lave_glace/lubexcel_lave_glace_hiver_fds.pdf</a>
Lave glace antigel	Autosmart	Méthanol (60-100 %)	<a href="http://www.autosmart.co.uk/images/PDF%20Folder/Autosmart%20COSHH%20sheets/FR ENCH/Lave%20Glace%20Antigel%20-%20SDS10703%20-%20FRA.pdf">http://www.autosmart.co.uk/images/PDF%20Folder/Autosmart%20COSHH%20sheets/FR ENCH/Lave%20Glace%20Antigel%20-%20SDS10703%20-%20FRA.pdf</a>
Lave glace – 10° c	Dubreuil carburants	Éthanol (85/90) et éthylène-glycol (<5)	<a href="http://www.flamino.fr/fds/lave_glace_10.pdf">http://www.flamino.fr/fds/lave_glace_10.pdf</a>
Total lave glace demoustiqueur	Lescot	Éthanol (0-1,5 %)	<a href="http://www.lescot.fr/wdbox/datas/lescot/totalla veglacedemoustiqueur_v3.2%28fr%29_20100201_105357.pdf">http://www.lescot.fr/wdbox/datas/lescot/totalla veglacedemoustiqueur_v3.2%28fr%29_20100201_105357.pdf</a>
Lave glace tt saisons -20°c	Durand production	Éthanol	Durand Production
Exopro lave-glace concentré sans methanol	Exopro (groupe starexcel)	Éthanol (<80), sodium (<1) et sulfate d'éthylhexyle	<a href="http://www.exopro.net/FDS/EXOPRO_LAVE-GLACE_CONCENTRE_SANS_METHANOL.pdf">http://www.exopro.net/FDS/EXOPRO_LAVE-GLACE_CONCENTRE_SANS_METHANOL.pdf</a>
Elf lave glace hiver	Lescot	Éthanol (10-25 %)	<a href="http://www.lescot.fr/wdbox/datas/lescot/elflav eglacehiver-20%C2%B0c_v2.3%28fr%29.pdf">http://www.lescot.fr/wdbox/datas/lescot/elflav eglacehiver-20%C2%B0c_v2.3%28fr%29.pdf</a>
Clinoto lave glace concentré	Lescot	Éthanol (50 ≤ x % < 100) et éthylène-glycol (0 ≤ x % < 2.5)	<a href="http://www.quickfds.com/out/16222-60411-05997-010883.pdf">http://www.quickfds.com/out/16222-60411-05997-010883.pdf</a>
Clinoto lave glace toutes saisons -15°c	Lescot	Éthanol (25-50 %)	<a href="http://www.quickfds.com/out/16222-60503-22501-015402.pdf">http://www.quickfds.com/out/16222-60503-22501-015402.pdf</a>
Elf lave glace degivrant	Lescot	Éthanol (25 ≤ x % < 50) et éthylène-glycol (2.5 ≤ x % < 10)	<a href="http://www.quickfds.com/out/16222-61128-28924-012688.pdf">http://www.quickfds.com/out/16222-61128-28924-012688.pdf</a>
Elf lave glace demoustiqueur concentré	Lescot	Oxyde de lauryldiméthylamine (2.5 - 10) et 2-aminoéthanol (0 - 2.5)	<a href="http://www.quickfds.com/out/16222-61262-05997-018211.pdf">http://www.quickfds.com/out/16222-61262-05997-018211.pdf</a>
Lescot lave glace été	Lescot	Éthanol (0 ≤ x % < 2.5) et propane-2-ol (0 ≤ x % < 2.5)	<a href="http://www.quickfds.com/out/16222-61405-22501-011468.pdf">http://www.quickfds.com/out/16222-61405-22501-011468.pdf</a>

Source : adapté de Fargier M., 2012

### 13. Annexe 3 : FDS de liquides de freins

Nom fds	Société	Contient	Commentaires	Source
Shell advance brake plus	Shell	Diisopropanolamine (1,00 - 2,00 %) et 4,4'-isopropylidènediphénol (0,10 - 0,90 %)	Mélange de monoalkyléthers de polyalkylène glycol et de leurs dérivés ester. Contient un inhibiteur de corrosion et une formulation d'antioxydant.	<a href="http://www.epc.shell.com/docs/gsap_msds_00106828.pdf">http://www.epc.shell.com/docs/gsap_msds_00106828.pdf</a>
Shell brake & clutch fluid dot 4 esl	Shell	Éther de triéthylèneglycol et de monobutyle (1,00 - 5,00 %) et 2-(2-butoxyéthoxy)éthanol (1,00 - 5,00 %)	Mélange de monoalkyléthers de polyalkylène glycol et de leurs dérivés ester. Contient un inhibiteur de corrosion et une formulation d'antioxydant.	<a href="http://www.epc.shell.com/docs/gsap_msds_00204275.pdf">http://www.epc.shell.com/docs/gsap_msds_00204275.pdf</a>
Shell brake and clutch fluid dot 4 ultra	Shell	Diisopropanolamine (1,00 - 5,00 %) et 4,4'-isopropylidènediphénol (0,10 - 0,50 %)		<a href="http://www.epc.shell.com/docs/gsap_msds_00192034.pdf">http://www.epc.shell.com/docs/gsap_msds_00192034.pdf</a>
Brake fluid dot 4	Total lubrifiants	4,4'-isopropylidènediphénol (<0,9 %) et 1,1'-iminodipropan-2-ol (<5 %)	Mélange de glycoléther, polyglycols avec des additifs anticorrosion et antioxydation	<a href="http://www.quickfds.com/out/16223-55434-25554-012131.pdf">http://www.quickfds.com/out/16223-55434-25554-012131.pdf</a>
Disc brake fl dot 4	Total lubrifiants	4,4'-isopropylidènediphénol (<0,9 %) et 1,1'-iminodipropan-2-ol (<5 %)	Mélange de glycoléther, polyglycols avec des additifs anticorrosion et antioxydation	<a href="http://www.quickfds.com/out/16223-55519-09213-010087.pdf">http://www.quickfds.com/out/16223-55519-09213-010087.pdf</a>
Disc brake fluid dot 4	Total lubrifiants	Diéthylène-glycol (<20), Triéthylèneglycol monobutyl éther (<20), et 2-(2-butoxyéthoxy)éthanol (<5), diéthylène glycol monométhyl éther (<5) et diisopropanolamine (<1.5)	Contient du bisphénol A	<a href="http://www.quickfds.com/out/16223-55556-26465-015981.pdf">http://www.quickfds.com/out/16223-55556-26465-015981.pdf</a>
Hbf 4	Total lubrifiants	Diéthylène-glycol (<20), Triéthylèneglycol monobutyl éther (<20), et 2-(2-butoxyéthoxy)éthanol (<5), diéthylène glycol monométhyl éther (<5) et diisopropanolamine (<1.5)	Contient du bisphénol A	<a href="http://www.quickfds.com/out/16231-53244-22854-018524.pdf">http://www.quickfds.com/out/16231-53244-22854-018524.pdf</a>
Moto brake fluid dot 5.1	Total lubrifiants	Diéthylène glycol (<5) et 2,2'-(octylimino)biséthanol (<5)		<a href="http://www.quickfds.com/out/16231-54311-08555-010233.pdf">http://www.quickfds.com/out/16231-54311-08555-010233.pdf</a>
Esso brake fluid dot 4	Esso	2,2-oxybis-éthanol (< 25%) et 2-(2-(2-butoxyethoxy)ethoxy)-éthanol (< 30 %)		
Mobil brake fluid dot 4	Esso	2,2-oxybis-éthanol (< 25%) et 2-(2-(2-butoxyethoxy)ethoxy)-éthanol (< 30 %)		
Liquide de frein bendix 55 + dot 4	Honeywell aftermarket europe-france	Bisphénol A (0,3 %)		<a href="http://fichesdedonneesdesecurite.com/fds/3306430000236.pdf">http://fichesdedonneesdesecurite.com/fds/3306430000236.pdf</a>

Source : adapté de Fargier M., 2012



## 14. Annexe 4 : FDS de liquides de refroidissement

Nom fds	Société	Contient	Commentaires	Lien
Shell advance coolant	Shell	Éthylène-glycol (40,00 - 60,00 %) et 2-éthylhexanoate de sodium (1,00 - 3,00 %)	Mélange de monoéthylène-glycol et d'inhibiteur.	<a href="http://www.epc.shell.com/docs/gsap_msds_00106827.pdf">http://www.epc.shell.com/docs/gsap_msds_00106827.pdf</a>
Hd premium n antifreeze/coolant pre-diluted 50/50	Shell	Éthylène-glycol (25,00 - 60,00 %)	Mélange de monoéthylène-glycol et d'inhibiteur.	<a href="http://www.epc.shell.com/docs/gsap_msds_00099685.pdf">http://www.epc.shell.com/docs/gsap_msds_00099685.pdf</a>
Liquide de refroidissement xs-791 - 35°	Durand production	Éthylène-glycol (20 à 50 %)		
Moto coolant mineral	Total lubrifiants	Monoéthylène-glycol (30-60 %) et tétraborate de disodium pentahydraté (0.1-1%)		<a href="http://www.quickfds.com/out/16223-52363-09213-018417.pdf">http://www.quickfds.com/out/16223-52363-09213-018417.pdf</a>
Moto coolant organic	Total lubrifiants	Glycol (30-60 %)	this product contains an approved repellent (bitter)	<a href="http://www.quickfds.com/out/16223-52588-09213-013769.pdf">http://www.quickfds.com/out/16223-52588-09213-013769.pdf</a>
Antigel/antifreeze	Total lubrifiants	Monoéthylène-glycol (<100)		<a href="http://www.quickfds.com/out/16223-52820-26465-017093.pdf">http://www.quickfds.com/out/16223-52820-26465-017093.pdf</a>
Nevastane antifreeze	Total lubrifiants	1,2-propanediol (60-100 %)		<a href="http://www.quickfds.com/out/16223-52920-26465-019242.pdf">http://www.quickfds.com/out/16223-52920-26465-019242.pdf</a>
Shell antifreeze -38	Shell	Éthylène-glycol (50,00 - 75,00 %), hydroxyde de sodium (0,10 - 0,90 %) et tétraborate de disodium anhydre (0,10 - 0,90 %)	Mélange de monoéthylène glycol et d'inhibiteur	<a href="http://www.epc.shell.com/docs/gsap_msds_00099805.pdf">http://www.epc.shell.com/docs/gsap_msds_00099805.pdf</a>
Shell antifreeze concentrate	Shell	Éthylène-glycol (80,00 - 100,00 %) et tétraborate disodique (1,00 - 5,00 %)		<a href="http://www.epc.shell.com/docs/gsap_msds_00099197.pdf">http://www.epc.shell.com/docs/gsap_msds_00099197.pdf</a>
Antigel_archive	Total lubrifiants	Monoéthylène-glycol (<100)		<a href="http://www.quickfds.com/out/16223-53571-26465-017533.pdf">http://www.quickfds.com/out/16223-53571-26465-017533.pdf</a>
Elf liquide de refroidissement -35°c / anti freeze - coolant	Lescot	Éthylène-glycol (25 – 50 %) et 2-éthylhexanoate de sodium (0 - 2.5 %)		<a href="http://www.quickfds.com/out/16223-53934-09213-011713.pdf">http://www.quickfds.com/out/16223-53934-09213-011713.pdf</a>
Elf liquide de refroidissement -25°c / anti freeze - coolant	Lescot	Éthylène-glycol (25 – 50 %) et 2-éthylhexanoate de sodium (0 - 2.5 %)		<a href="http://www.quickfds.com/out/16223-54050-06270-019852.pdf">http://www.quickfds.com/out/16223-54050-06270-019852.pdf</a>
Lescot liquide de refroidissement concentre vag	Lescot	Éthylène-glycol (25 – 50 %) et 2-éthylhexanoate de sodium (0 - 2.5 %)		<a href="http://www.quickfds.com/out/16223-54151-06270-010183.pdf">http://www.quickfds.com/out/16223-54151-06270-010183.pdf</a>
Lescot liquide de refroidissement -35°c (organique)	Lescot	Éthylène-glycol (25 – 50 %) et 2-éthylhexanoate de sodium (0 - 2.5 %)		<a href="http://www.quickfds.com/out/16223-54229-25554-010619.pdf">http://www.quickfds.com/out/16223-54229-25554-010619.pdf</a>
Clinoto liquide de refroidissement -35°c minéral	Lescot	Éthylène-glycol (25 – 50 %) et 2-éthylhexanoate de sodium (0 - 2.5 %)		<a href="http://www.quickfds.com/out/16223-54350-26465-018216.pdf">http://www.quickfds.com/out/16223-54350-26465-018216.pdf</a>

Source : adapté de Fargier M., 2012

## 15. Annexe 5 : FDS d'huiles moteur

Nom fds	Société	Contient	Source
G03232 huile moteur	Total lubrifiants	Dialkylthiophosphate de Zinc (<1,5 %), diphénylamine (<0,2 %), alkylphénols (<3 %)	<a href="http://www.quickfds.com/out/16232-73330-13865-014252.pdf">http://www.quickfds.com/out/16232-73330-13865-014252.pdf</a>
Akcela engine oil 30	Total lubrifiants	Dialkylthiophosphate de Zinc (<1,5 %) et dodécylphénol (<0,3 %)	<a href="http://www.quickfds.com/out/16232-73692-07897-015893.pdf">http://www.quickfds.com/out/16232-73692-07897-015893.pdf</a>
Av engine oil 100	Total lubrifiants	HAP (< 3%)	<a href="http://www.quickfds.com/out/16232-73958-07897-015868.pdf">http://www.quickfds.com/out/16232-73958-07897-015868.pdf</a>
Engine oil 15w40 3e9901 4b5l	Total lubrifiants	Polyoléfine polyamine succinimide, polyol (<5%), alkylidithiophosphate de zinc (<1,5) et alkarylsulphonate de calcium à chaîne longue (<1,5)	<a href="http://www.quickfds.com/out/16233-67248-06063-018152.pdf">http://www.quickfds.com/out/16233-67248-06063-018152.pdf</a>
Ldf engine oil 15w40	Total lubrifiants	Dialkylthiophosphate de zinc (<2,0) et dodécylphénol (<0,5)	<a href="http://www.quickfds.com/out/16233-67867-06063-011247.pdf">http://www.quickfds.com/out/16233-67867-06063-011247.pdf</a>
Shell ensis engine oil 30	Shell	Salicylate d'alkyl de calcium à longue chaîne (1,00 - 5,00 %), sulfonate de calcium (1,00 - 5,00 %) et n-phényl-1-naphtylamine (0,10 - 0,24 %)	<a href="http://www.epc.shell.com/Docs/GSAP_msds_00099426.PDF">http://www.epc.shell.com/Docs/GSAP_msds_00099426.PDF</a>
Huile moteur 15w-40 api sf/cd	Acia	Dialkylthiophosphate de zinc (<1,5%) et huiles minérales sévèrement raffinées de teneur en HAP selon la méthode IP 346 < 3%	<a href="http://fichesdedonneesdesecurite.com/fds/3348672520820.pdf">http://fichesdedonneesdesecurite.com/fds/3348672520820.pdf</a>
Claas motor oil ch4e5	Total lubrifiants	Alkylidithiophosphate de Zinc (<1,5 %) et Tétrapropénylphénol (<0,8 %)	<a href="http://www.quickfds.com/out/16233-69908-06063-010715.pdf">http://www.quickfds.com/out/16233-69908-06063-010715.pdf</a>
Daf motor oil 15w40 acea e-5	Total lubrifiants	Alkylidithiophosphate de Zinc (<1,5 %)	DAF MOTOR OIL 15W40 ACEA E-5
Barlow special diesel oil_nco	Total lubrifiants	Polyoléfine polyamine succinimide, polyol (<5), alkylidithiophosphate de Zinc (<1,5) et Alkarylsulfonate de calcium à longue chaîne (<1,5)	<a href="http://www.quickfds.com/out/16235-80256-28715-010415.pdf">http://www.quickfds.com/out/16235-80256-28715-010415.pdf</a>
Low ash engine oil 10w40	Total lubrifiants	Alkylsalicylate de calcium à longue chaîne (< 2.5), esters de l'acide 3,5-bis(1,1-diméthylethyl)-4-hydroxy-alkyl (C7-C9 ramifiés) benzèneprapanoïque (< 1.5) et dialkylthiophosphate de zinc (< 1.5)	<a href="http://www.quickfds.com/out/16235-80414-28715-012631.pdf">http://www.quickfds.com/out/16235-80414-28715-012631.pdf</a>
Gm motor oil 0w-30	Total lubrifiants	dialkylthiophosphate de zinc (<1,6 %), alkarylsulfonate de Calcium à longue chaîne (<0,8 %) et alkylphénol (1-2 %)	<a href="http://www.quickfds.com/out/16235-81429-16674-019485.pdf">http://www.quickfds.com/out/16235-81429-16674-019485.pdf</a>
Motor oil 40	Total lubrifiants	Produit à base d'huiles minérales dont l'extrait DMSO est inférieur à 3%, selon la méthode IP 346	<a href="http://www.quickfds.com/out/16235-81578-16674-015652.pdf">http://www.quickfds.com/out/16235-81578-16674-015652.pdf</a>
Motor oil diesel 15w40	Total lubrifiants	Sulfonate de sodium (<1 %), alkylphénol (<0,4 %) et dialkylthiophosphate de zinc (<1,5 %)	<a href="http://www.quickfds.com/out/16235-81645-16674-017739.pdf">http://www.quickfds.com/out/16235-81645-16674-017739.pdf</a>
Helix diesel hx3 15w-40	Shell	L'huile minérale hautement raffinée contient moins de 3 % m/m d'extrait de DMSO, conformément à la norme IP346	<a href="http://www.epc.shell.com/Docs/GSAP_msds_00114007.PDF">http://www.epc.shell.com/Docs/GSAP_msds_00114007.PDF</a>
Helix diesel hx7 10w-40	Shell	Salicylate d'alkyl de calcium à longue chaîne (1,00 - 2,00 %) et dialkylthiophosphate de zinc (1,00 - 2,00 %)	<a href="http://www.epc.shell.com/Docs/GSAP_msds_00099326.PDF">http://www.epc.shell.com/Docs/GSAP_msds_00099326.PDF</a>
Helix diesel hx7 av 5w-30	Shell	L'huile minérale hautement raffinée contient moins de 3 % m/m d'extrait de DMSO, conformément à la norme IP346	<a href="http://www.epc.shell.com/Docs/GSAP_msds_00099677.PDF">http://www.epc.shell.com/Docs/GSAP_msds_00099677.PDF</a>
Helix diesel ultra extra 5w-30	Shell	Ester phénolique alkylé (1,00 - 5,00 %)	<a href="http://www.epc.shell.com/Docs/GSAP_msds_00107122.PDF">http://www.epc.shell.com/Docs/GSAP_msds_00107122.PDF</a>
Shell helix diesel ultra r 5w-30	Shell	Salicylate d'alkyl de calcium à longue chaîne (1,00 - 5,00 %) et complexe molybdènealkylthiocarbamide (0,10 - 0,90 %)	<a href="http://www.epc.shell.com/Docs/GSAP_msds_00093663.PDF">http://www.epc.shell.com/Docs/GSAP_msds_00093663.PDF</a>
Shell helix diesel ultra 5w-40	Shell	dialkylthiophosphate de zinc (< 2,00 %), salicylate d'alkyl de calcium à longue chaîne (< 2,00 %), benzénamine, produits de réaction avec le triméthyl-2,4,4 pentène (< 2,00 %) et alkylphénol (< 2,00 %)	<a href="http://www.epc.shell.com/Docs/GSAP_msds_00385937.PDF">http://www.epc.shell.com/Docs/GSAP_msds_00385937.PDF</a>

Source : adapté de Fargier M., 2012

## 16. Annexe 6 : FDS de carburants

Nom fds	Société	Contient	Source
Shell supercarburant sp95-e10	Shell	Essence, naphta à faible point d'ébullition (68,00 - 100,00 %), éther d'éthyle et de tert-butyle (0,00 - 22,00 %), éthanol (0,00 - 10,00 %), oxyde de tertbutyle et de méthyle (0,00 - 22,00 %), benzène, toluène, éthylbenzène, n-hexane, xylène, naphtalène, cyclohexane et triméthylbenzène	<a href="http://www.epc.shell.com/docs/gsap_msds_00263704.pdf">http://www.epc.shell.com/docs/gsap_msds_00263704.pdf</a>
Total diesel premier	Total raffinage marketing	Essence, diesel (>90) + additifs	<a href="http://www.quickfds.com/ou t/16242-69346-19861-012467.pdf">http://www.quickfds.com/ou t/16242-69346-19861-012467.pdf</a>
Total gazole premier	Total raffinage marketing	Essence, diesel (>90) + additifs	<a href="http://www.quickfds.com/ou t/16242-69476-28171-012009.pdf">http://www.quickfds.com/ou t/16242-69476-28171-012009.pdf</a>
Total super premier sp95-e10	Total raffinage marketing	Essence (n-hexane < 5%) (>75), éther de tertbutyle et de méthyle (<22%), 2-éthoxy-2-méthylpropane (<22), alcool de tert-butyle (<15), isobutanol (<15), isopropanol (<12), éthanol (<10) et méthanol (<3), ethylbenzène (<5), toluène (<25), pentane (<5), pseudocumene (<5), xylènes (<20), benzène (<=1), 2-méthylbutane (<20) et hexane (<5)	<a href="http://www.quickfds.com/ou t/16242-69584-28171-010485.pdf">http://www.quickfds.com/ou t/16242-69584-28171-010485.pdf</a>
Total traction premier	Total raffinage marketing	Essence, diesel (>90), additifs et mélange d'esters de méthyle en c16-c18	<a href="http://www.quickfds.com/ou t/16242-70134-09058-017741.pdf">http://www.quickfds.com/ou t/16242-70134-09058-017741.pdf</a>
Gazole	Total raffinage marketing	Essence, diesel (>90), additifs et mélange d'esters de méthyle en c16-c18	<a href="http://www.quickfds.com/ou t/16242-70396-09058-010829.pdf">http://www.quickfds.com/ou t/16242-70396-09058-010829.pdf</a>
Gpl carburant	Total raffinage marketing	Hydrocarbures en c3-c4 (100), butane (< 80)	<a href="http://www.quickfds.com/ou t/16242-70495-19861-014605.pdf">http://www.quickfds.com/ou t/16242-70495-19861-014605.pdf</a>
Supercarburant sans plomb 95 - 98 / e5	Total raffinage marketing	Essence (n-hexane < 5%) (>78), éther méthyl tert-butylique (<22), 2-éthoxy-2-méthylpropane (<22), alcool butylique tertiaire (<15), isobutanol (<15), isopropanol (<12), éthanol (<5), méthanol (<3), benzène (<=1), toluène (<25), n-hexane (<5), xylènes (<20), éthylbenzène (<5), 2-méthylbutane (<20), pentane (<5) et 1,2,4-triméthylbenzène (<5)	<a href="http://www.quickfds.com/ou t/16242-70671-09058-015665.pdf">http://www.quickfds.com/ou t/16242-70671-09058-015665.pdf</a>
Base total super premier 98 (fzn)	Total raffinage marketing	Essence (n-hexane < 3%) (100), benzène (<1), toluène (<25), xylène (<1), 2-méthylbutane (<15), pentane (<5), éthylbenzène (<2.5), 1,2,4-triméthylbenzène (<0.1) et n-hexane (<1)	<a href="http://www.quickfds.com/ou t/16242-71003-09058-011742.pdf">http://www.quickfds.com/ou t/16242-71003-09058-011742.pdf</a>
Shell gazole	Shell	Essence, diesel (<100). peut aussi contenir plusieurs additifs à une concentration inférieure à 0,1 %. contient des esters d'éthyle et de méthyle de sources lipidés	<a href="http://www.epc.shell.com/docs/gsap_msds_00117340.pdf">http://www.epc.shell.com/docs/gsap_msds_00117340.pdf</a>

Source : adapté de Fargier M., 2012

Onema

Hall C – Le Nadar  
5, square Félix Nadar  
94300 Vincennes

01 45 14 36 00

[www.onema.fr](http://www.onema.fr)

Leesu

6-8 avenue Blaise-Pascal  
Cité Descartes  
77455 Champs-sur-Marne

01 64 15 36 26

<https://leesu.univ-paris-est.fr/>