



En savoir plus :

La pollution liée aux eaux pluviales et le traitement des eaux pluviales

Table des matières

1. PROBLEMATIQUE ET OBJECTIF	2
2. SYNTHÈSE SUR LES SOURCES ET CARACTÉRISTIQUES DES POLLUTIONS LIÉES AUX EAUX PLUVIALES URBAINES	3
3. ORIENTATIONS POUR LE TRAITEMENT DES EAUX PLUVIALES	5
3.1. FAUT-IL TRAITER LES EAUX PLUVIALES ?	5
3.2. QUELS SONT LES OBJECTIFS DE QUALITÉ DE REJET À ATTEINDRE ?	6
3.2.1. <i>Les objectifs réglementaires : un objectif à minima</i>	6
3.2.2. <i>La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) : les eaux de surface et eaux souterraines</i>	6
3.2.3. <i>Les eaux de Baignade</i>	8
3.2.4. <i>Les objectifs du contrat de bassin versant du Lac du Bourget</i>	8
3.3. PANORAMA DES TECHNIQUES DE TRAITEMENT DE TOUT OU PARTIE DE CES POLLUANTS.....	9
3.3.1. <i>Décantation et filtration</i>	9
3.3.2. <i>Les performances de la filtration par le sol</i>	10
3.3.3. <i>Performances des ouvrages de décantation compacts existants</i>	14
4. 4 RÈGLES POUR TRAITER LE MIEUX POSSIBLE LES EAUX PLUVIALES	17
4.1. RÈGLE N°1 : LIMITER LE RUISSELLEMENT ET TRAITER À L'AMONT	17
4.2. RÈGLE N°2 : PRIVILEGIER LE TRAITEMENT PAR FILTRATION PAR LE SOL	18
4.3. RÈGLE N°3 : LIMITER L'IMPERMEABILISATION DES ESPACES AU SOL POUR TRAITER TOUTES LES EAUX PLUVIALES AVANT REJET AU MILIEU NATUREL	19
4.4. RÈGLE N°4 : MIEUX MAÎTRISER, VOIRE INTERDIRE L'UTILISATION DE CERTAINES SUBSTANCES POLLUANTES.....	19

GRAND CHAMBERY

DIRECTION DES EAUX

298 rue de Chantabord – CS 82618 – 73026 Chambéry cedex

04 79 96 86 70 - grandchambery.fr - @GrandChambery - cmag-agglo.fr

1. Problématique et objectif

Les notions essentielles concernant la qualité des eaux pluviales urbaines ont connu une évolution notable au cours des dernières décennies, en même temps que la gestion de ces eaux passait d'une préoccupation essentiellement hydraulique à une préoccupation environnementale.

Initialement considérées comme « claires » ou « propres » par opposition aux eaux usées, les eaux pluviales ont bénéficié à partir des années 1970 d'une collecte séparative qui les amenait directement vers le milieu naturel le plus à-même d'encaisser leurs débits de pointe.

Ce principe de rejet direct a ensuite motivé des campagnes de prélèvements et d'analyses qui ont montré des phénomènes globaux tels que le « first flow », la répartition entre pollutions particulaire et dissoute et le très large éventail des polluants organiques ou minéraux, naturels ou chimiques, conservatifs ou réactifs, qui ont fortement remis en cause la notion d'eaux « propres ».

Depuis les années 1980, de nombreux travaux de recherches sont menés sur le sujet par les laboratoires du CEREMA (à la suite des CETE, du SETRA et du CERTU), de l'INSA de Lyon, de l'ENS des Ponts et Chaussées et de l'IFSTTAR (ex LCPC) par exemple. Ils détaillent progressivement les phénomènes globaux et peuvent parfois se contredire, sur des sujets tels que le first flow et la répartition de la part organique de la pollution. Ils proposent en même temps des pistes de réflexion sur les techniques de traitement de cette pollution, et force est de constater que dans ce domaine, il peut également y avoir contradiction, notamment dans l'évaluation de l'efficacité de la décantation, du déshuilage ou de la filtration.

La « mode » des débourbeurs-déshuileurs et décanteurs lamellaires, qui étaient parfois abusivement présentés comme imposés par la réglementation, et l'idée actuelle de leur inefficacité dans la plupart des cas, en est un bon exemple.

Les collectivités et certains chercheurs font aujourd'hui le constat qu'il convient d'harmoniser la compréhension de ces phénomènes et d'aboutir à des principes clairs, qui permettent d'envisager les efforts de traitement avec réalisme.

Le présent document propose une **synthèse succincte des éléments de connaissance sur la qualité des eaux pluviales urbaines¹, des grands principes de traitement et des dispositifs associés**, et propose dans une dernière partie **4 règles essentielles** pour aborder convenablement le sujet.

¹ Issus pour une large part du travail de thèse de Damien TEDOLDI D. (2017) - Mesure et modélisation de la contamination du sol dans les ouvrages de gestion à la source de ruissellement urbain. *Thèse de doctorat en Sciences et techniques de l'environnement*, 172 p

2. Synthèse sur les sources et caractéristiques des pollutions liées aux eaux pluviales urbaines

Contrairement à l'idée prévalente lors de la mise en place des premiers réseaux séparatifs, il est aujourd'hui largement reconnu que les eaux de ruissellement urbaines ne peuvent être considérées comme « propres », et que le temps de pluie génère des taux de contaminants dont l'impact sur le milieu récepteur est désormais avéré.

En cela, un grand nombre de substances chimiques présentes dans le ruissellement répondent à la définition d'un polluant proposée par le monde de la recherche (O Atteia ; Chimie et pollution des eaux souterraines – 2015, 448 p), vis-à-vis des masses d'eau superficielles :

« espèce d'origine naturelle ou anthropique [...] présente dans l'environnement en quantité suffisamment importante pour entraîner des effets indésirables sur les écosystèmes ou la santé humaine, ou montrant des concentrations de plus d'un ordre de grandeur supérieures au fond géochimique local ».

Les polluants que l'on retrouve de manière récurrente dans les eaux de ruissellement urbaines peuvent être classifiés selon la typologie suivante : les éléments traces métalliques, les micropolluants organiques, la matière organique biodégradable, les nutriments, les matières en suspension, les microorganismes pathogènes.

Cette pollution diffuse, engendrée par la corrosion et le lessivage des surfaces urbaines, se rencontre à toute échelle des bassins versants avec une importante variabilité spatio-temporelle.

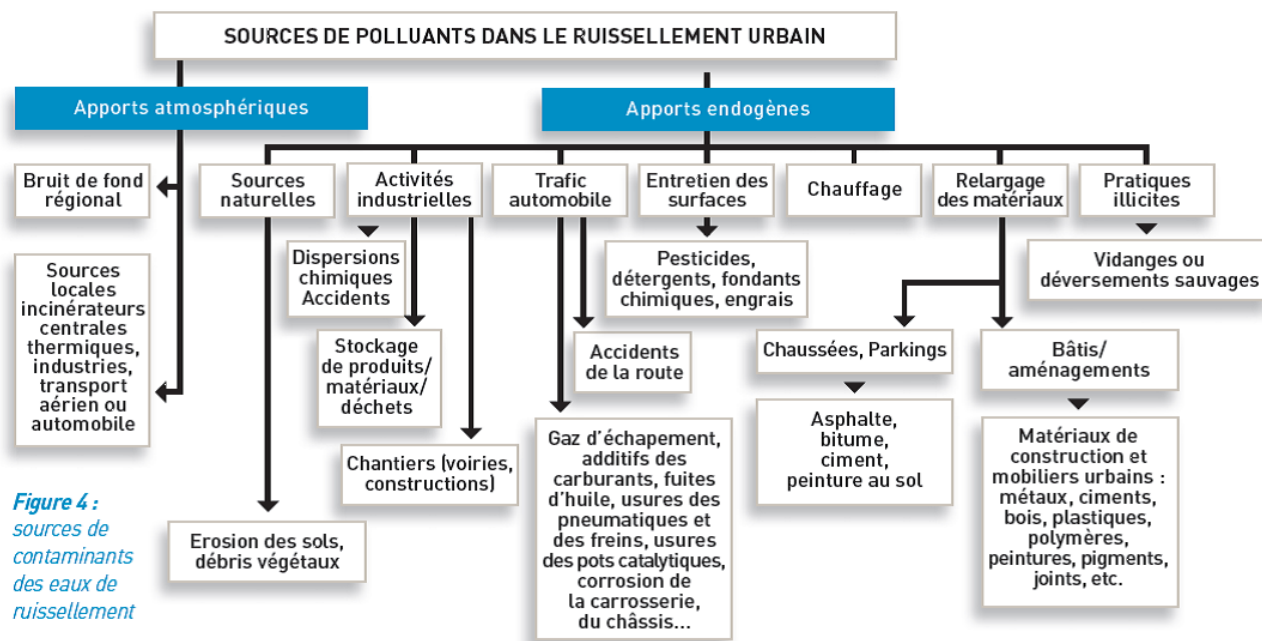


Figure 4 : sources de contaminants des eaux de ruissellement

Figure 1 : Source des contaminants des eaux de ruissellement (in LEESU-CU-AESN, 2013)

L'occupation des sols² et les caractéristiques de l'événement pluvieux sont généralement considérées comme les deux principaux déterminants de la qualité du ruissellement, ce qui a motivé un nombre croissant de travaux de recherche sur les sources spécifiques et processus d'émission des contaminants.

À l'échelle du **bâtiment**, les matériaux de couverture, rampants de toitures, gouttières, et peintures, constituent les principales sources de **zinc, plomb, et cuivre**.

Ces métaux, et dans une moindre mesure le **cadmium**, sont également associés à la pollution chronique d'origine **routière**, en raison de l'usure des pneumatiques, plaquettes de freins et matériaux de génie civil. Le **chrome et le nickel** sont fréquemment utilisés dans des alliages métalliques et pour la fabrication d'accumulateurs, en particulier dans l'industrie automobile mais leur présence dans les eaux de ruissellement a été moins documentée que les quatre espèces précédentes. Enfin, une étude a suggéré que le **molybdène** pouvait être émis par des tuyaux en PVC.

La plupart des HAP en milieu urbain sont d'origine pyrolytique, c'est-à-dire qu'ils sont issus de la combustion incomplète de matières carbonées. Ils sont associés au trafic automobile, au chauffage résidentiel, ainsi qu'aux activités industrielles. Le pétrole, qui contient un mélange de HAP, peut en constituer une source directe en cas de déversement accidentel ou de vidange de combustible : on parle alors d'origine pétrogénique.

Parmi la liste de plus de 130 HAP identifiés à ce jour, seize congénères ont été classés polluants prioritaires par l'US-EPA (United States Environmental Protection Agency) en 1976, et constituent un cadre commun à la plupart des études environnementales qui s'intéressent aux HAP.

Des précisions seront fournies en annexes (Annexes 1 à 5) sur :

- × Les gammes de concentrations usuelles dans le ruissellement
- × La spéciation
- × Un focus sur les eaux de voiries
- × La pollution « biodégradable » et « non-biodégradable »
- × Le cas particulier des traitements pesticides

² Ce terme s'entend ici dans son acception la plus large, i.e. en incluant les activités humaines à l'intérieur et au voisinage du bassin versant considéré, ainsi que les dépôts atmosphériques des contaminants émis par ces activités. Il existe en revanche certains composés, tels que les pesticides et produits fertilisants, pour lesquels ce lien avec l'usage des sols n'est pas aussi évident en milieu urbain, car leur présence dans les eaux de ruissellement dépend assez largement des pratiques individuelles.

3. Orientations pour le traitement des eaux pluviales

3.1. Faut-il traiter les eaux pluviales ?

Bien qu'elle semble *a priori* infondée, cette question est devenue source de discussion, voire de controverse entre chercheurs, ce qui interroge les collectivités.

La longueur impressionnante de la liste des polluants mis en évidence, et présentée succinctement dans le chapitre précédent, ainsi que la prise de conscience accrue dans les années 1990 de la dégradation de l'état des milieux aquatiques, a motivé des propositions de traitement des eaux, essentiellement de voiries, apportées d'une part par les industriels et d'autre part par les services techniques des collectivités.

Les industriels ont développé une gamme de dispositifs compacts nommés débourbeurs-déshuileurs, décanteurs lamellaires, séparateurs d'hydrocarbures, dont les principes de fonctionnement sont la décantation et la flottation.

Les collectivités, aidées par les bureaux d'études et les services de l'Etat, ont développé des aménagements de plus grandes dimensions orientés soit vers la décantation (bassins de décantation), soit vers la filtration (filtres à sables, filtres plantés).

Dans tous les cas, des calculs de dimensionnement ont tenté de démontrer l'efficacité de ces dispositifs mais les résultats constatés sur le terrain les ont fréquemment contredits. Si les dispositifs compacts ont souvent été mis en défaut, en revanche les bassins utilisés pour le stockage avant rejet à débit limité ont parfois montré des rendements supérieurs à ceux attendus.

Il apparaît aujourd'hui qu'il faut toujours traiter les eaux pluviales pour que leur qualité ne dégrade pas les milieux naturels récepteurs, ceux-ci présentant une sensibilité élevée aux substances reçues soit parce qu'elles sont létales par effet cumulatif et par amputation de certains maillons de la chaîne alimentaire (traitements pesticides), soit parce qu'elles perturbent le fonctionnement biologique naturel (métaux lourds, hydrocarbures notamment), soit parce qu'elles consomment de l'oxygène nécessaire par ailleurs pour le monde vivant. Ainsi, même si les effets ne sont spectaculaires après chaque pluie (tels que ceux d'une surverse unitaire), un appauvrissement progressif de la biodiversité aquatique est à craindre dans tous les cas si des eaux pluviales sont rejetées largement sans traitement.

Il convient toutefois de savoir ce que traiter signifie :

- × quels sont les objectifs de qualité de rejet à atteindre ?
- × quelles sont les techniques adaptées pour traiter tout ou partie de ces polluants ?

3.2. Quels sont les objectifs de qualité de rejet à atteindre ?

3.2.1. Les objectifs réglementaires : un objectif a minima

Il convient de distinguer les objectifs réglementaires, qui peuvent être identifiés comme des objectifs *a minima* établis à grande échelle, et des objectifs plus ambitieux qui peuvent être fixés localement par une collectivité ou un maître d'ouvrage, soit pour prendre en compte un polluant particulier, soit pour respecter un usage local de l'eau.

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) définit des objectifs réglementaires de qualité pour la majeure partie des eaux de surfaces et eaux souterraines du territoire français.

En complément et en fonction des usages (baignade, eau potable, assainissement), d'autres objectifs réglementaires de qualité peuvent être définis.

3.2.2. La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) : les eaux de surface et eaux souterraines

3.2.2.1. Eaux de surface

La qualité des eaux du lac du Bourget et de ses affluents est suivie dans le cadre de la DCE (Masse d'eau FRDL 60) qui impose des objectifs de « bon état chimique et écologique ».

L'état écologique du lac est déterminé à partir de critères de qualité biologiques (espèces végétales et animales), hydromorphologiques et physico-chimiques. Cet état est actuellement « moyen » avec un objectif de « bon état » pour 2021, sur une échelle allant de mauvais à très bon (5 classes).

L'état chimique est déterminé au regard du respect des Normes de Qualité Environnementales (NQE) par le biais de valeurs seuils.

41 substances sont contrôlées : 8 substances dites dangereuses (annexe IX de la DCE) et 33 substances prioritaires (annexe X de la DCE). Cet état est actuellement « Bon » avec un objectif de maintien du bon état (2 classes d'état : bon/mauvais).

La DCE propose également d'autres outils de gestion de la qualité de l'eau pouvant avoir une portée réglementaire, comme le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE). A ce jour, le territoire de Grand Chambéry n'est couvert par aucun SAGE.

3.2.2.2. Eaux souterraines

L'état chimique de la nappe des alluvions de la Plaine de Chambéry (FRDG304) est également suivie dans le cadre de la DCE. L'altération de l'état chimique d'une eau souterraine est ainsi évaluée par rapport à l'état naturel en mesurant les principaux paramètres physico-chimiques responsables de la dégradation : nitrates, pesticides, micropolluants minéraux (arsenic, plomb,...), micropolluants organiques

(hydrocarbures aromatiques, polycycliques, composés organo-halogénés volatils,...). Aujourd'hui, l'état chimique de cette masse d'eau est qualifié de « bon » (2 classes d'état : bon/mauvais).

3.2.3. Les eaux de Baignade

Le Lac du Bourget est également concerné par les activités de baignades. Les objectifs de qualité de l'eau sont définis à partir de seuils (cf. tableaux ci-dessous) de concentrations bactériennes dans l'eau.

Paramètre	Excellente qualité	Bonne qualité	Qualité suffisante
Entérocoques intestinaux	200 (*)	400 (*)	330 (**)
<i>Escherichia coli</i>	500 (*)	1 000 (*)	900 (**)

Figure 2 : Seuil de qualité bactériologique des eaux de baignade
* Evaluation au 95e percentile ; ** Evaluation au 90e percentile

3.2.4. Les objectifs du contrat de bassin versant du Lac du Bourget

Les collectivités du bassin versant du Lac du Bourget ont adopté en 2011 un contrat de bassin versant pour le lac du Bourget, pour la période 2011-2017.

Ce contrat fixe 10 grands objectifs dont certains concernent directement la qualité des eaux : la pollution par les substances dangereuses ou la pollution par les pesticides.

Plus précisément, des objectifs concernant les apports en phosphates et nitrates, l'utilisation de pesticides ou les rejets des eaux usées et pluviales sont définis par le contrat.

3.3. Panorama des techniques de traitement de tout ou partie de ces polluants

3.3.1. Décantation et filtration

Les dispositifs de traitement de la pollution des eaux pluviales font appel à deux principes mécaniques qui peuvent se combiner : la décantation et la filtration.

Une classification des mécanismes à l'œuvre dans les installations de gestion des eaux pluviales est présentée en Annexe 6.

3.3.1.1. Décantation

Dans les ouvrages de décantation, on traite le plus facilement les particules les plus grosses, c'est-à-dire celle qui chuteront suffisamment vite pour rejoindre le fond de l'ouvrage avant d'être rejetées à l'extérieur.

La connaissance théorique des phénomènes mis en jeu et leur traduction par des formules mathématiques simples (notamment loi de Stokes) sont aujourd'hui bien maîtrisées. **Les conditions pour parvenir à une décantation réellement satisfaisante des eaux de pluie, notamment urbaines, sont toutefois rarement atteintes** car elles nécessitent des temps de séjour particulièrement long au vu de la finesse des sédiments à faire décanter.

Dans le cas d'une collecte centralisée, on devra donc recourir à des ouvrages particulièrement volumineux qui ont justifié des réalisations parfois imposantes, notamment le long des autoroutes. Des ouvrages plus compacts ont été proposés par différents industriels. Ces ouvrages sont présentés plus loin.

3.3.1.2. Filtration

Dans les ouvrages de filtration, on fait passer l'eau à travers un filtre constitué de matériaux rapportés (sables ou autres) ou du sol en place et garni ou non de végétation. La lenteur du processus d'infiltration contribue à l'efficacité du filtre et si l'abattement de la pollution à travers un ouvrage de filtration est meilleur qu'à travers un ouvrage de décantation, en revanche, les débits qui peuvent être traités sont inférieurs.

Le sol naturel ou reconstitué joue un rôle de barrière physique (de filtre) très efficace pour les pollutions particulières.

Les programmes de recherche en cours s'attachent à définir la capacité de ces filtres à stopper les polluants dissous qui peuvent cheminer à travers le sol et éventuellement atteindre les nappes phréatiques. Un résumé des conclusions de la recherche menée sur les sols naturels est présenté ci-dessous.

3.3.2. Les performances de la filtration par le sol

3.3.2.1. Teneurs en métaux et HAP dans les sols des ouvrages d'infiltration

L'ensemble des auteurs qui ont abordé cette question ont conclu à l'absence de corrélation entre les teneurs superficielles en métaux et la durée de fonctionnement des ouvrages, et ce, même lorsque ceux-ci sont implantés dans des environnements similaires.

Le zinc est généralement le métal que l'on retrouve aux concentrations les plus élevées dans les eaux de ruissellement. De même, il est fréquent de rencontrer des teneurs en zinc supérieures à 500 voire 1000 mg/kg dans le sol des dispositifs d'infiltration. Les niveaux de contamination en **cuivre et en plomb** sont souvent du même ordre de grandeur (50-300 mg/kg), à l'exception des ouvrages les plus anciens, dans lesquels on retrouve la signature caractéristique de la pollution par l'essence plombée (> 1000 mg/kg).

Le cadmium est généralement détecté en quantités beaucoup plus faibles que les trois autres métaux, avec des teneurs inférieures de 2 à 3 ordres de grandeur. Pour ce qui est des **HAP**, on constate un impact assez net du type de bassin versant sur les niveaux de contamination, et plus particulièrement (i) le trafic moyen journalier, (ii) la classe de trafic (i.e. la proportion de poids lourds), et (iii) l'importance des activités industrielles.

3.3.2.2. Distribution spatiale des contaminants

Tous les auteurs ne sont pas parvenus aux mêmes conclusions quant à la répartition horizontale des métaux, sinon que les teneurs de surface présentent dans l'ensemble une importante variabilité spatiale, avec des tendances potentiellement différentes pour le cuivre, le plomb, le zinc, et le cadmium. Dans des ouvrages équipés d'une arrivée d'eau ponctuelle, les échantillons les plus contaminés ont été prélevés soit au niveau du tuyau d'arrivée, soit au point bas. De même, dans des dispositifs longitudinaux de bord de route, les teneurs maximales ont été mesurées soit à proximité immédiate de la chaussée, soit à plus d'un mètre de celle-ci.

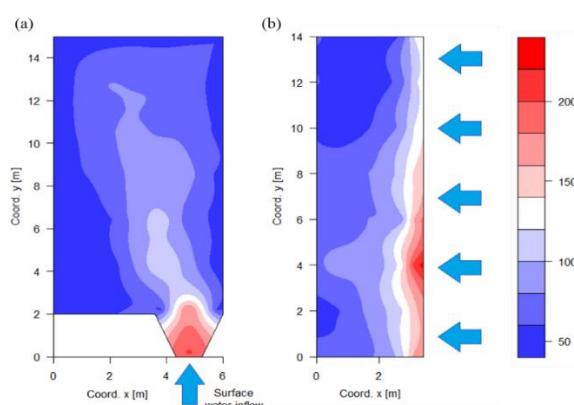


Figure 3 : Distribution spatiale du zinc (mg/kg) dans le sol des sites du Sausset

et de Chanteraine en Ile de France (in Tedoldi, 2017)

3.3.2.3. Distribution verticale des contaminants

La distribution usuelle des métaux le long d'un profil vertical, dont la Figure 4 présente quelques exemples caractéristiques, consiste en une décroissance des teneurs avec la profondeur, ce qui suggère que **la rétention des contaminants a lieu préférentiellement dans les horizons de surface**.

Schématiquement, dans la plupart des sites étudiés, une zone de transition, caractérisée par de forts gradients, sépare la région contaminée, en surface, d'une région où les teneurs sont proches des valeurs de référence.

Dans les dispositifs les plus récents (< 5 ans), on retrouve **la zone de transition dans les 10 premiers centimètres**, tandis que les profils tendent à devenir uniformes à la surface des ouvrages plus anciens, où l'on rencontre parfois la signature des métaux urbains **jusqu'à 75 cm voire 1 m de profondeur**.

On compte un nombre limité de cas où les teneurs en métaux augmentent avec la profondeur, ce qui démontre sans équivoque une migration verticale au-delà de l'horizon superficiel. Dans certains cas, les auteurs ont interprété cette observation comme une conséquence de l'application prolongée de sels de déverglaçage sur les chaussées avoisinantes.

Dans d'autres cas, le pouvoir tampon du sol était vraisemblablement épuisé ($\text{pH} \sim 4$), ce qui a pour effet d'accroître la mobilité des contaminants métalliques au vu de l'âge des ouvrages (50 ans et plus).

La distribution des HAP à la surface des ouvrages d'infiltration a été moins documentée que celle des métaux, et souvent avec une résolution spatiale plus faible. Toutefois, l'ensemble des études disponibles ont démontré une accumulation significative à proximité de la zone d'arrivée d'eau, suivie, dans la plupart des cas, d'une décroissance des teneurs à mesure que l'on s'éloigne de cette zone.

Pendant, la décroissance des teneurs le long d'un profil de sol n'est pas aussi nette que pour les métaux, et l'on dispose de plusieurs cas pour lesquels **la migration des HAP dépasse 1 m de profondeur, dans des accotements de voirie et au fond de puisards d'infiltration**.

3.3.2.1. Mécanismes physico-chimiques mis en œuvre

Les substances en phase particulaire sont essentiellement sujettes à des mécanismes de sédimentation et de filtration par les pores du sol, tandis que la rétention des espèces en phase dissoute est gouvernée par des interactions physico-chimiques.

En particulier, les métaux engagent des liaisons avec les constituants du sol (notamment les argiles et les matières organiques) et les HAP se fixent préférentiellement sur les substances humiques, selon une cinétique en deux étapes : une adsorption rapide, suivie d'une inclusion progressive dans la matière organique du sol, qui diminue à la fois leur mobilité et leur biodégradabilité.

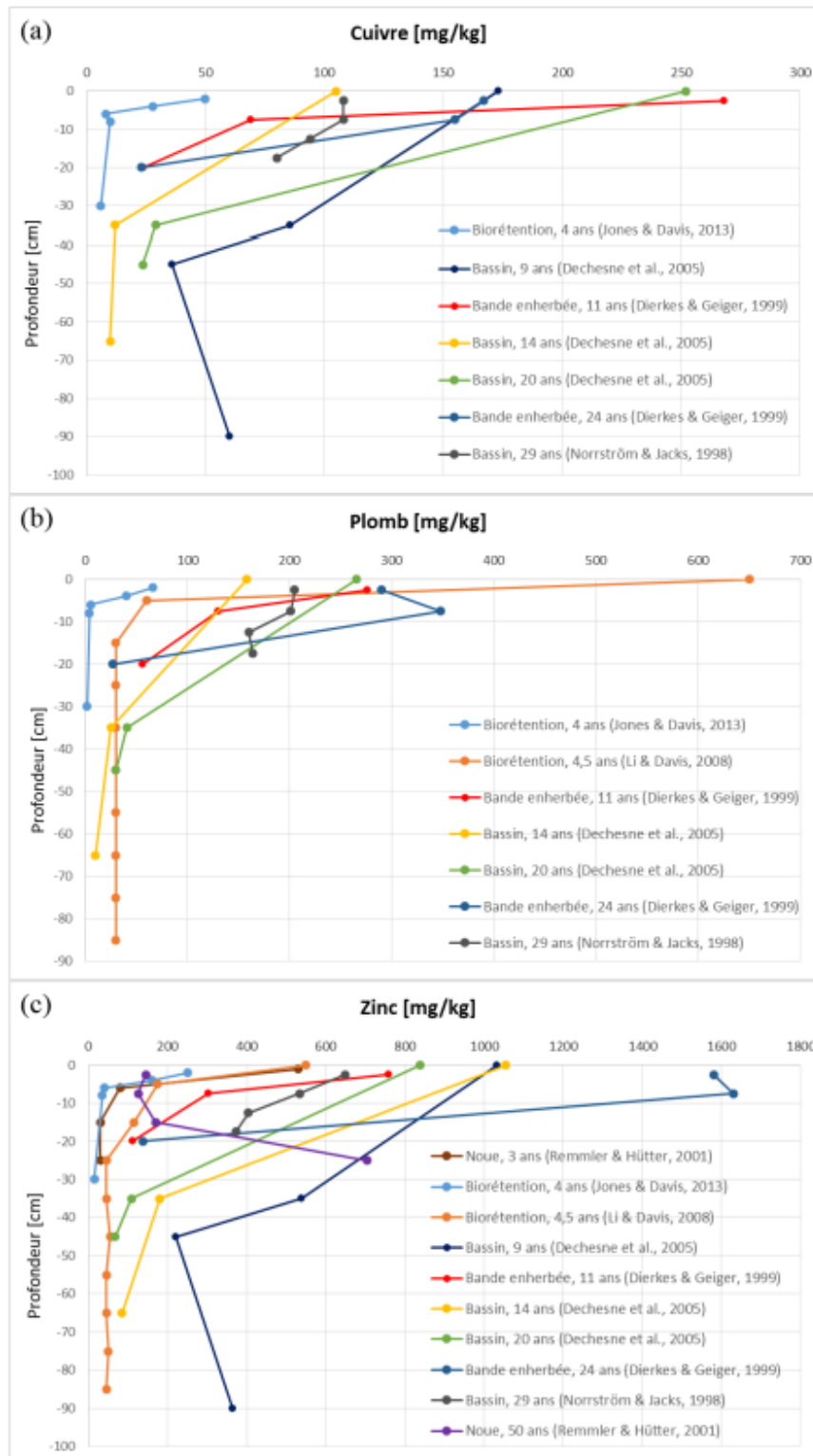


Figure 4 : Profil vertical de contamination des sols issus de la littérature (in Tedoldi - 2017)

3.3.3. Performances des ouvrages de décantation compacts existants

3.3.3.1. Un regard particulier sur les ouvrages compacts

Ce chapitre s'attarde sur les différents types d'ouvrages de décantation compacts proposés sur le marché, alternatives aux bassins de décantation classiques, qui peuvent être efficaces pour retenir les particules de dimension supérieure à 100 μm (sables fins) mais qui demandent pour cela une emprise importante (pour assurer un temps de séjour suffisant).

On peut en effet s'interroger sur l'efficacité de ce type d'ouvrage au vu des réserves exprimées par certaines collectivités qui les ont installées, et par des laboratoires tels que le CEREMA.

On distingue ici :

- × les simples dessableurs,
- × les ouvrages « classiques » de type débourbeurs-séparateurs à hydrocarbures,
- × les nouveaux ouvrages compacts,
- × les décanteurs lamellaires et les « décanteurs-dépollueurs ».

3.3.3.2. Les simples dessableurs

Ce type d'ouvrage, constitué d'une chambre profonde, permet de piéger les particules solides et MES les plus denses, de dimension supérieure à 100 voire 200 μm (sables, graviers, débris de verres et de métaux...).

L'ouvrage assure la rétention des particules les plus denses grâce à la limitation de la vitesse horizontale des écoulements (comprise entre 0,2 et 0,4 m/s), qui doit être inférieure à la vitesse de chute des particules à piéger.

Ce type d'ouvrage ne permettra la décantation que d'une partie des particules (les particules de dimension supérieure à 100 μm ne représentent que 20 à 40 % du volume total de MES potentiellement contenu dans les eaux pluviales). Il présente l'avantage de la simplicité technique et est intéressant à **l'interface entre un réseau de collecte amont et un ouvrage d'infiltration paysager**, par exemple.

3.3.3.3. Les ouvrages « classiques » de type débourbeurs-séparateurs à hydrocarbures

Ces ouvrages ont une double fonction d'interception des déchets, graviers et sables (débourbeur) et d'interception des hydrocarbures légers (séparateur).

Les retours d'expériences des 10 dernières années ont montré que ces ouvrages ne sont pas adaptés pour l'interception des MES constituant la pollution chronique des ruissellements urbains classiques (dont la concentration est trop faible). En outre, il est fréquent de constater des relargages de la pollution retenue.

Ces dispositifs sont à réserver, moyennant un entretien régulier, à certains rejets industriels de temps de pluie (stations-services, aires de lavage, ateliers mécaniques...). Ils peuvent être envisagés comme rempart vis-à-vis d'une pollution accidentelle dans les secteurs accidentogènes³.

3.3.3.4. Les nouveaux ouvrages compacts

Des ouvrages sont apparus récemment sur le marché pour le traitement à la source de la pollution chronique des eaux pluviales (par exemples, ouvrages de type « stoppol » ou « cyclonesep »).

Ces ouvrages peuvent apporter une solution intéressante pour améliorer la collecte de polluants à l'amont des réseaux enterrés, dans le cas d'une amélioration de l'existant ou de l'équipement de sites industriels présentant un risque de pollution particulier (notamment logistique).

3.3.3.5. Les décanteurs lamellaires et les « décanteurs dépollueurs »

Le décanteur lamellaire est théoriquement conçu pour retenir les particules de dimension supérieure à 50 µm. C'est une unité de traitement préfabriquée qui permet le traitement des écoulements « au fil de l'eau » par élimination des flottants, décantation accélérée des eaux et stockage des boues.

A la différence des débourbeurs-séparateurs à hydrocarbures, c'est un ouvrage qui est bien conçu pour la rétention des MES de la pollution chronique des eaux pluviales.

Il permet le traitement en ligne de débits beaucoup plus importants que ceux admis par les ouvrages de type « stoppol » (jusqu'à 1 m³/s). En contrepartie, sa taille (qui peut aller jusqu'à 14 m) et son coût peuvent être beaucoup plus élevés (de l'ordre de 15 000 €HT pour la simple fourniture, pour une surface active d'un hectare).



Figure 5 : Décanteur dépollueur mis en place à Strasbourg (débit 490 l/s) (source : Dunex)

³ GRAIE (2004) - Les hydrocarbures dans les eaux pluviales - Solutions de traitement et perspective - CR de la réunion d'échanges du 8 décembre 2004 à Annemasse organisée par le GRAIE

Pour être efficace, l'ouvrage doit être bien conçu. Pour éviter les erreurs de conception et de dimensionnement, **le syndicat des fabricants d'ouvrages préfabriqués pour la séparation des eaux pluviales (ISGH) et ses adhérents ont élaboré une charte, référentiel technique qui définit les pratiques adéquates**. Les dispositifs respectant les règles de conception de cette charte sont désormais baptisés **décanteurs dépollueurs**, ce qui les différencie des autres décanteurs lamellaires disponibles sur le marché.

L'ouvrage est dimensionné pour permettre la rétention des sables et des boues pendant une année (pour une fréquence annuelle des vidanges), sur la base :

- × pour les sables, d'un ratio de 2 000 l/ha imperméabilisé,
- × pour les boues, d'un ratio de 3 000 l/ha imperméabilisé.

L'abattement théorique est de 75% sur les MES.

Certaines collectivités considèrent que ces ouvrages sont adaptés au piégeage de particules fines et sont donc efficaces pour le traitement de la pollution chronique des eaux pluviales, à condition d'être surveillés et entretenus régulièrement.

4. 4 règles pour traiter le mieux possible les eaux pluviales

4.1. Règle n°1 : Limiter le ruissellement et traiter à l'amont

Le rejet d'une eau de qualité au moins aussi bonne que l'objectif de qualité du milieu récepteur permettrait de respecter cet objectif. Dans les faits, il est cependant difficile de s'engager dans ce niveau d'exigence car :

- × la qualité des eaux pluviales est fortement variable d'un site à l'autre en fonction des activités amont, et d'un événement pluvieux à l'autre en fonction des antécédents météorologiques et de l'intensité des événements,
- × il n'existe pas de dispositif de traitement qui soit capable d'assurer un traitement au fil de l'eau de tous les polluants potentiellement présents dans les eaux pluviales, qui plus est avec ces fortes variations de concentration (sans compter les risques de relargages déplorés sur certaines installations modulaires).

On sait en revanche que la pollution des eaux pluviales est d'autant plus élevée que les eaux ont ruisselé sur des surfaces polluantes, et que ce ruissellement induit :

- × d'une part, des débits croissants de l'amont vers l'aval, donc nécessitant des structures de traitement de plus en plus volumineuses,
- × d'autre part, le mélange de différents types de polluants d'autant plus difficiles à traiter en un même endroit.

Autrement dit, **le traitement le plus efficace est celui qui permet de traiter les eaux *in situ* car il assure le meilleur compromis entre les flux à traiter et la place disponible pour aménager des installations de traitement.**

A contrario, on évitera autant que possible tout scénario favorisant une centralisation des ruissellements avant traitement, et qui nécessiterait d'avoir recours à des ouvrages difficilement intégrables dans la ville tels que les bassins de décantation ou les filtres à sable de grande dimension.

4.2. Règle n°2 : Privilégier le traitement par filtration par le sol

La filtration assure les meilleures performances de traitement, et ce d'autant plus que la perméabilité du matériau filtrant est faible. En contrepartie, comme l'illustre ce tableau tiré d'un guide méthodologique de la Communauté Urbaine du Grand Lyon, plus cette perméabilité est faible et moins le débit traité est important.

Vitesse d'infiltration K (m/s)	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
Types de sols	Gravier sans sable ni éléments fins		Sable avec gravier, Sable grossier à sable fin		Sable très fin Limon grossier à limon argileux			Argile limoneuse à argile homogène			
Possibilités d'infiltration	Excellentes		Bonnes		Moyennes à faibles			Faibles à nulles			
Performance de filtration des pollutions	Faibles à moyennes		Bonnes		Excellentes			Excellentes			

Figure 6 : Indications de performance de filtration en fonction de la vitesse d'infiltration du support filtrant (in Grand Lyon CU - Aménagement et eaux pluviales - Traitement de la pollution des EP - Guide méthodologique)

L'application de la règle n°1 permet *a priori* de disposer des conditions nécessaires, à savoir une surface d'infiltration et des performances de filtration suffisantes, pour envisager un traitement intégral au moins des petites pluies, voire des pluies moyennes à fortes en fonction des possibilités d'aménagement d'un volume de rétention à l'amont.

En effet, les vitesses d'infiltration mesurées dans la plaine de Chambéry sont pour la plupart comprises entre 10⁻⁶ m/s et 10⁻⁵ m/s, et la réflexion menée par ailleurs sur l'infiltration montre qu'il est possible d'envisager avec ces vitesses une infiltration intégrale d'une pluie de fréquence décennale à condition de solliciter largement les espaces au sol.

On notera également que les dispositifs de traitement par filtration à l'air libre (noues, bassins paysages, fossés) ont également l'avantage de maintenir au mieux les polluants en surface. A ce titre, **ils favorisent au mieux la biodégradation** qui est le meilleur traitement pour certains composés organiques (notamment pour les carburants rejetés par la circulation routière).

Enfin, **la présence naturelle de matière organique dans un sol favorise la filtration d'une partie de la pollution dissoute**, au contraire d'un filtre à sable qui n'aura qu'une incidence sur les polluants particuliers.

4.3. Règle n°3 : Limiter l'imperméabilisation des espaces au sol pour traiter toutes les eaux pluviales avant rejet au milieu naturel

Les règles n°1 et 2 permettent de conclure que la gestion intégrée des eaux pluviales facilite l'implication d'espaces au sol dans le traitement qualitatif des eaux pluviales.

En effet, les espaces verts légèrement décaissés ainsi que les espaces minéraux perméables (chaussée à structure réservoir recouverte d'un enrobé ou de pavés poreux, allée gravillonnée) se révèlent autant de surfaces performantes pour le traitement de la pollution chronique des eaux pluviales.

En fonction de la perméabilité du sol et du ratio entre les surfaces imperméabilisées et perméables, on ajustera le type de pluie que l'on pourra traiter de cette manière (cf note sur la perméabilité).

Dans tous les cas, on pourra envisager de traiter les pluies courantes de tout type d'opération, en abandonnant la notion peu satisfaisante de « rejet sans traitement », puisque l'infiltration *in situ* à travers le sol en place induit *de facto* un traitement de bonne qualité.

4.4. Règle n°4 : Mieux maîtriser, voire interdire l'utilisation de certaines substances polluantes

Enfin, on notera des limites techniques au traitement des eaux pluviales, quelles que soient les stratégies envisagées :

- × **la pollution chimique induite par les pesticides et les engrais, ainsi que les sels de déverglaçage, est très difficilement maîtrisable** ; la seule action efficace pour lutter contre ce type de contamination est la non-utilisation de ces polluants,
- × **la pollution accidentelle**, liée aux accidents routiers ou à la négligence, doit être traitée soit par des dispositifs de **confinement** (sites accidentogènes), soit par une intervention curative rapide ; une sensibilisation des usagers et une pacification de la circulation routières sont également à envisager.

Dans les deux cas, les solutions envisageables sont donc d'abord préventives. Elles sortent du cadre de la seule gestion des eaux pluviales et impliquent une politique volontariste mettant l'environnement au cœur des préoccupations quotidiennes.

On notera que l'orientation actuelle des nouvelles réglementations nationales (interdiction totale de la vente de pesticides aux particuliers au 1^{er} janvier 2019, baisse progressive des limites de circulation automobile en ville et sur les départementales) est un levier très intéressant pour réduire ce type de pollution, même si les motivations premières de ces réglementations ne sont pas la réduction de la pollution des eaux pluviales...

Annexes

Annexe 1 : Gammes de concentrations usuelles dans le ruissellement

Afin de fixer quelques ordres de grandeur et de mieux appréhender la variabilité des concentrations en métaux et HAP que l'on est susceptible de rencontrer dans les eaux de ruissellement, le tableau suivant propose une synthèse des résultats obtenus au cours de différentes études expérimentales.

	Réf.	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Ni	ΣHAP†
Voirie, faible desserte	[99]	6-180 [48] (54)	2-152 [27] (62)	25-940 [149] (212)	0,3-13 [1,6] (2,7)	5-16 [11] (11)	8-17 [14] (13)	-
	[132]	1-136 (66)	1-179 (45)	34-497 (216)	<0,3	-	-	2,0-19,0 (9,4)
	[34]	21-84 [38]	5-36 [11]	47-360 [110]	-	-	-	3,3-40,0*
	[25]	13-126	6-21	90-287	0,1-0,5	-	-	-
	[85]	1-53 (19)	6-23 (13)	28-123 (81)	-	-	-	-
Voirie, forte desserte	[99]	26-288 [87] (105)	6-380 [44] (79)	120-1940 [351] (474)	0,6-25 [2,0] (5,6)	4-23 [13] (13)	4-55 [10] (21)	-
	[81]	97-104 (97)	11-525 (170)	120-2000 (407)	0,3-13,0 (1,9)	6-50 (11)	4-70 (11)	0,2-17,1 (1,7)
	[45]	11-70 (39)	-	87-389 (204)	-	-	-	-
Autoroute	[99]	23-430 [53] (84)	4-90 [16] (32)	52-2210 [216] (385)	0,1-11,9 [1,3] (2,6)	3-89 [9] (25)	4-83 [20] (29)	-
	[81]	(65)	(224)	(345)	(3,7)	(13)	(27)	(2,6)
	[122]	[56] (93±125)	[25] (33±38)	[268] (507±1140)	[1,1] (1,8±3,1)	[9] (10±6)	[11] (20±34)	[0,3] (0,4±0,4)
	[114]	21-115	10-203	138-1780	0,2-4,9	8-12	8-20	-
	[43]	[56] (60±23)	[27] (32±24)	[268] (293±132)	[1,0] (1,1±0,6)	[10] (13±8)	[12] (14±7)	-
Parking	[99]	5-220 [20] (41)	3-66 [16] (23)	39-620 [178] (201)	0,2-40 [0,8] (3,0)	2-56 [9] (13)	2-145 [7] (24)	-
	[43]	[13] (17±15)	[6] (10±11)	[103] (154±157)	[0,2] (0,3±0,3)	[3] (4±4)	[5] (6±5)	-
	[90]	6-80 (43)	15-137 (78)	125-526 (281)	(1,2)	-	-	1,6-3,5 (2,3)
Toitures non métalliques	[81]	(153)	(69)	(370)	(0,8)	(4)	(4)	0,3-0,6 (0,4)
	[137]	1-63	<1-31	<1-513	<0,1-0,5	0,3-10,4	-	-
Toitures métalliques	[89]	3-250 [37]	16-2760 [490]	800-38000 [3400]	0,1-32 [1,3]	-	-	-
	[81]	(2600)	-	(6000)	(1,0)	-	-	-
	[34]	12-44 [17]	11-53 [20]	2000-3300	-	-	-	0,6-2,0 [1,1]*
	[85]	1-18 (10)	6-23 (13)	212-759 (447)	-	-	-	-
Urbain résidentiel ou «mixte»	[123]	(20)	(60)	(3000)	-	-	-	-
	[89]	13-50 [23]	<i>4,9-225</i> [107]	57-1360 [563]	0,2-1,3 [0,8]	-	-	-
	[26]	20-58 [36]	2-39 [6]	10-1022 [64]	0,1-0,4 [0,1]	1-17 [2]	1-4 [2]	0,1-0,8 [0,2]*
	[34]	16-21 [17]	7-15 [13]	460-850 [600]	-	-	-	0,6-2,2 [1,1]*
	[34]	9-30 [24]	3-22 [9]	61-150 [130]	-	-	-	0,4-1,7 [0,7]*
	[172]	30-470	<i>9-280</i>	52-920	-	-	-	0,6-5,0
	[120]	13-123 [31]	10-71 [21]	64-536 [146]	0,1-3,9 [0,7]	2-14 [8]	2-32 [5]	<0,1-0,3 [0,1]
	[80]	[30]	[13]	[180]	(0,2±0,1)	(4±2)	(3±2)	[1,3]
[213]	(38±28)	(25±13)	(212±145)	-	-	-	(1,4±1,2)	
[80]	(15±11)	(18±13)	(126±87)	(0,3±0,3)	(2±1)	(3±2)	(0,9±0,6)	
Urbain dense	[89]	27-191 [61]	<i>7,1-523</i> [133]	246-3840 [550]	0,3-1,8 [0,6]	-	-	-
	[213]	50-220 [105]	25-129 [63]	130-520 [280]	-	<1-45 [26]	-	0,9-6,5 [2,9]
	[101]	-	-	-	-	-	-	0,5-6,5
Industriel	[26]	17-74 [29]	2-37 [11]	171-678 [258]	0,1-2,3 [0,3]	2-21 [7]	4-21 [9]	0,9-3,3 [1,1]*
	[174]	10-206	1-85	30-445	0,1-0,7	1-10	3-8	-

Gammes de concentrations totales [µg/L] mesurées dans les eaux de ruissellement issues de différents bassins versants urbains ou routiers. En fonction des données disponibles, on rapporte tout ou partie des éléments suivants : min-max [médiane] (moyenne – écart-type) - Les données collectées avant l'année 2000 sont signalées en italique pour le plomb.

† Sauf mention contraire, il s'agit de la somme des 16 HAP classés polluants prioritaires par l'US-EPA. 13 HAP (naphtalène, acénaphène et acénaphylène ne sont pas inclus).

* Anthracène + fluoranthène + benzo[b]fluoranthène + benzo[k]fluoranthène. In TEDOLDI D. (2017) - Mesure et modélisation de la contamination du sol dans les ouvrages de gestion à la source de ruissellement urbain. Thèse de doctorat en Sciences et techniques de l'environnement, 172 p

Une part de la variabilité inter-sites provient de différences méthodologiques au cours de l'échantillonnage et de l'analyse de l'eau.

Annexe 2 : Spéciation

Les valeurs indiquées dans le tableau précédent correspondent à des concentrations totales et ne renseignent pas sur la spéciation de chaque contaminant, à commencer par sa répartition entre fractions dissoute et particulaire.

Cette information, essentielle pour appréhender de façon convenable les processus auxquels un contaminant peut être soumis, dépend non seulement de la substance chimique considérée, mais aussi du type de surfaces lessivées par la pluie et peut évoluer lors de son transfert dans un réseau.

Dans plusieurs bassins versants péri-urbains, **on a montré que le zinc et le cadmium possédaient une spéciation similaire, étant à plus de 50% sous forme libre ou faiblement complexée, à 20% sous forme colloïdale, et à 20% sous forme particulaire.**

Le plomb est quant à lui très largement particulaire (> 60%) ou associé à des espèces minérales (20%), tandis que le **cuivre**, dont une part plus importante est **complexée à des ligands organiques**, possède une distribution assez homogène.

Des campagnes de mesure en Ile de France ont montré des fractions particulaires plus importantes à l'exutoire de grands bassins versants urbains : 54 – 18% pour Ni, 60 – 23% pour Zn, 63 – 30% pour Cd, 73 – 13% pour Cu, 85 – 11% pour Cr, et 94 – 4% pour Pb.

À l'inverse, la fraction dissoute est significativement plus élevée à l'aval de toitures métalliques, et peut même atteindre 70% pour le plomb.

Dans le ruissellement de voirie, les métaux se classent généralement de la façon suivante vis-à-vis de leur fraction particulaire :

Zn, Cu (fréquemment < 50%, dans certains cas ~10%) < Ni, Cd (~50%) < Cr, Pb (80-100%).

La spéciation des HAP varie de façon notable en fonction de leur nombre de cycles aromatiques. Les composés de faible poids moléculaire sont à la fois les plus solubles dans l'eau, et les plus volatils, tandis qu'on retrouve les composés lourds à plus de 90% sous forme particulaire dans le ruissellement urbain.

En milieu routier, une étude a suggéré que la quasi-totalité des HAP dissous se trouvaient sous la limite de détection.

Annexe 3 : Focus sur les eaux de voiries

Les principales caractéristiques de la pollution chronique contenue dans les eaux de voiries sont les suivantes :

- × la charge polluante est très hétérogène d'un événement sur l'autre ; cette hétérogénéité est liée au site (nature des revêtements et des accotements, densité du trafic, taille de bassin versant...) et à la pluie (période de temps sec ayant précédé, période de l'année, intensité, volume...),
- × la pollution est essentiellement constituée de MES, de métaux lourds et d'hydrocarbures,
- × la pollution est en grande partie fixée sur les particules (elle est à environ 90% sous forme solide),
- × la pollution est en majorité fixée sur les particules les plus fines (entre 35 et 150 μm),
- × les particules transportées sont peu organiques,
- × la pollution est apportée de façon très irrégulière dans le temps (l'événement annuel le plus fort apporte à lui seul 10 à 15% de la masse annuelle en quelques heures),
- × les concentrations en MES sont très variables d'un événement à l'autre et en fonction de la nature de la surface ruisselante ; elles sont en moyennes de l'ordre de 60 mg/l pour un parking peu fréquenté à 250 mg/l pour une autoroute.

Concernant la distribution granulométrique des eaux pluviales :

- × elle est également très large et très variable d'un événement à l'autre,
- × la dimension des particules pénétrant dans les avaloirs varie de 10 μm à 4 mm, avec un diamètre médian variant de 200 à 400 μm ,
- × les particules de dimension supérieure à 250 μm peuvent être enlevées par nettoyage mécanique. Celles qui ne le sont pas ont tendance à rester sur le pavage ou, si elles sont lessivées, à rester au fond des regards,
- × on retrouve généralement dans les réseaux des particules de dimension inférieure à 250 μm , avec la majorité de la masse constituée de particules de dimension inférieure à 75 μm (fraction qui concentre une grande partie de la pollution).

Concernant les vitesses de chute et la décantabilité de la MES :

- × d'une manière générale les particules en suspension dans les eaux de ruissellement se caractérisent par des vitesses de chute faibles, voire très faibles (plus de la moitié ont une vitesse de chute inférieure à 0,002 cm/s),
- × la vitesse de décantation (ou vitesse de chute) des particules dépend fortement de leur dimension :
 - les particules de dimension supérieure à 100 μm sont relativement bien décantables,

- les particules fines de dimension inférieure à 50 μm sont difficilement décantables. En particulier les argiles et limons fins, de dimension inférieure à 10 μm , sont quasiment indécantables.

Annexe 4 : Pollution « biodégradable » et « non-biodégradable »

Le caractère biodégradable ou non des substances contenues dans les eaux pluviales est essentiel dans la mesure où :

- × dans le premier cas, un simple maintien pendant un temps suffisant dans des conditions favorables à la biodégradation (*a priori* en surface) permettra la « disparition » intégrale de ces substances par des phénomènes naturels,
- × dans le second cas, ce sont essentiellement des processus de piégeage et d'accumulation qui permettront de limiter la nocivité des substances, une intervention programmée d'évacuation et de conditionnement des niveaux d'accumulation étant alors nécessaire pour protéger durablement le milieu naturel.

La biodégradabilité dépend notamment du temps nécessaire à la dégradation. Ainsi des végétaux morts seront généralement dégradés en l'espace d'une année, alors que les HAP ont une cinétique de dégradation beaucoup plus lente. Ainsi, Christine Bidaud identifiait dans sa thèse en 1998⁴ :

« Nous avons d'abord étudié la biodégradabilité naturelle des 16 HAP ciblés par l'U.S. E.P.A. à partir d'échantillons de sol prélevés sur le site. Pour cela, nous avons étudié leur biodégradabilité pour différents paramètres environnementaux : humidité, pH, aération (par addition ou non de sciure) et température. Nous avons ainsi mis en évidence une biodégradation naturelle pouvant atteindre 90% pour les HAP de 2 à 4 cycles, alors que les HAP de 5 et 6 cycles sont peu ou pas biodégradés. Les variations des différents paramètres environnementaux ont une influence sur la cinétique de dégradation des HAP étudiés, mais pas sur les teneurs finales. »

Les hydrocarbures utilisés comme carburants sont réputés facilement biodégradables car une grande diversité de bactéries et de champignons peut les dégrader dans le sol. Ainsi un sol qui contient de hydrocarbures modifie l'activité des microorganismes, ceux-ci entrant dans une phase de forte croissance au cours de laquelle ils vont être capables d'assimiler les produits de la dégradation des hydrocarbures.

Plus précisément, Floriane Solano-Serena démontrait en 2001⁵ que « les produits pétroliers, du fait de leur utilisation massive, constituent des polluants importants des sols et des aquifères. Le devenir de ces polluants rejetés dans l'environnement est principalement gouverné par les processus de biodégradation. L'existence de ces phénomènes dépend de la biodégradabilité intrinsèque du polluant mais aussi de la présence de microflore dégradatrices compétentes dans les sols et les eaux souterraines. [...]

La biodégradabilité de l'essence est quasi totale (94 %). Les microflore de l'environnement ont des capacités élevées (85 % et plus de dégradation). Les performances des microflore de sols non pollués sont cependant limitées pour la dégradation (de certains composés). Les microflore provenant de sols pollués

⁴ BIDAUD Chr. (1998) - Biodégradation des hydrocarbures aromatiques polycycliques. Approche microbiologique et application au traitement d'un sol pollué. *Génie des procédés. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne.*

⁵ SOLANO-SERENA F., MARCHAL R., VANDECASTEELE J.P. (2000) - Biodégradabilité de l'essence dans l'environnement : de l'évaluation globale au cas de hydrocarbures récalcitrants. *Oil & Gas Science and Technology - Rev. IFP, Vol.56 (2001), N°5, pp 479-498*

ont des capacités de dégradation plus larges puisque la dégradation est totale pour la moitié des échantillons étudiés. [...] »

Dans tous les cas, même si les matières organiques sont très généralement biodégradables, c'est d'une part, la cinétique lente de la dégradation de certaines et d'autre part, leur apport en excès dans le milieu naturel (asphyxie de la faune), qui va induire leur toxicité.

Annexe 5 : Le cas particulier des traitements pesticides

Depuis plusieurs années, les pesticides sont identifiés comme un polluant urbain.

Si le traitement des espaces publics (désherbage notamment) tend à disparaître rapidement avec les réglementations « zéro phyto » (avec le vote par l'Assemblée nationale, le 23 janvier 2014, de la loi interdisant l'usage de pesticides dans les espaces verts publics à partir de 2020), en revanche les pratiques en domaine privé, et notamment le traitement anti-mousse des toitures (identifié comme « biocide » et non comme « pesticide » en plein développement aujourd'hui, constituent de nouvelles sources qui ne sont pas souvent identifiées par les collectivités.

Nous proposons un extrait de la thèse d'Antoine Van de Voorde⁶ menée en 2012 sur le sujet.

« Le suivi de la contamination des eaux de ruissellement par bancs d'essais a permis de mettre en évidence une très forte contamination en benzalkonium dans les premiers millimètres de pluie (5 à 27 mg/L), très supérieures aux EC50⁷ disponibles pour les organismes aquatiques (5,9 µg/L) et dépendante de la nature du matériau de toiture utilisé, les tuiles en terre cuite ayant émis moins de biocide que les tuiles en béton. La contamination diminue avec la succession des pluies, mais reste significative plusieurs mois après le traitement. Par ailleurs, l'étude au laboratoire a montré que l'état de surface des tuiles influence beaucoup le lessivage. Ainsi, les tuiles très imperméables en surface ont émis une quantité de benzalkonium proportionnelle à la masse épanchée lors du traitement, alors que les tuiles sans traitement de surface ne sont pas sensibles au dosage du produit.

A l'échelle locale, des précautions doivent être prise lors d'un traitement de toiture vis-à-vis de la collecte / utilisation des eaux de ruissellement. En effet, les très fortes concentrations en benzalkonium dans les premières pluies suivant le traitement peuvent avoir des impacts sur les végétaux arrosés, sur l'équilibre microbien d'une cuve de récupération, voir des effets irritants sur l'homme. **Une déconnexion minimale de 3 à 5 mois de la cuve permettrait de limiter les risques.**

Enfin, sur la base des résultats des bancs d'essais et d'un travail d'enquête sur l'étendue des pratiques de traitement, les concentrations et flux de benzalkonium susceptibles d'être émis dans les eaux pluviales d'un bassin versant résidentiel ont été modélisés. Les résultats mettent en évidence une contamination significative des eaux pluviales, liée essentiellement à la phase particulaire. La masse annuelle de benzalkonium exportée dans les eaux pluviales pourrait être de l'ordre de 1,25 kg/ha imperméabilisé/an. »

Ces traitements présentent la particularité d'être très solubles dans l'eau, et donc très mobiles dans le sol et le sous-sol ainsi que dans les cours d'eau. **La seule solution pour limiter leur impact sur les milieux naturels est d'en limiter l'usage autant que possible, voire de l'interdire dans les secteurs vulnérables à la pollution.**

⁶ VAN DE VOORDE A. (2012) - Incidence des pratiques d'entretien des toitures sur la qualité des eaux de ruissellement : cas des traitements par produits biocides - *Sciences de la Terre. Université Paris-Est*

⁷ La concentration efficace médiane (CE50) est une mesure de la concentration d'un médicament, d'un anticorps ou d'un toxique qui induit une réponse à mi-chemin (médiane) entre la ligne de base et l'effet maximum après un certain temps d'exposition à celui-ci¹. Elle est couramment utilisée comme mesure de l'efficacité d'un médicament.

The screenshot shows a web browser window with the URL www.maisontravaux.fr/toiture-couverture/nettoyage-toiture-comment-entretenir-son-toit/. The main article is titled "Comment nettoyer sa toiture?". The text explains that over time, mold and algae can appear on roofs, especially in shaded areas. It lists four steps for cleaning: 1. Use a high-pressure cleaner like Kärcher to remove dirt and mold. 2. Apply anti-mold roof product. 3. Apply a hydrophobic treatment for waterproofing. 4. If needed, re-waterproofing with roof paint. To the right, there are four related article links: "Prix d'installation climatisation", "Prix des travaux de peinture au m²", "Prix d'une toiture au m2", and "Comment rafraîchir sa maison". Below these links is a banner for "e travaux" with the text "Le bon artisan à vos côtés" and "Des".

Comment nettoyer sa toiture?

Avec le temps et si vous avez la chance de disposer d'un peu de verdure autour de votre maison, vous avez sûrement constaté l'apparition de **mousse sur votre toit**. Hormis la mousse, vous avez peut-être également constaté l'apparition de trace noire dues à la suie ou à la fumée si vous utilisez une solution de chauffage au bois. La pluie ne sera d'aucune aide pour nettoyer votre toit. Une **toiture** c'est comme une voiture, ça nécessite un bon nettoyage de temps en temps.

Étapes pour nettoyer une toiture

Voici les étapes à suivre pour nettoyer une toiture :

1. Nettoyer la toiture au nettoyeur haute pression de type Kärcher pour enlever les saletés et mousses tenaces
2. Appliquer un produit de toiture anti-mousse sur le toit
3. Appliquer un traitement hydrofuge pour imperméabiliser la couverture
4. Si la toiture en a besoin : réimperméabilisation avec une [peinture de](#)

Prix d'installation climatisation

Prix des travaux de peinture au m²

Prix d'une toiture au m²

Comment rafraîchir sa maison

DES PROJETS TRAVAUX ? OBTENEZ 3 DEVIS

GRATUITS :

e travaux
Le bon artisan à vos côtés

Des

*Conseils donnés sur internet pour le traitement d'une toiture
(consultation d'un site identifié avec les mots clefs « traitement » et « toiture »)*

Annexe 6 : Classification des mécanismes à l'œuvre dans les installations de gestion des eaux pluviales

(extrait du Guide de gestion des Eaux pluviales – Province de Québec)

Groupe	PGO	Description
Bassins de rétention	Bassin sec	Un bassin sec est conçu pour recevoir en temps de pluie les eaux de ruissellement pour certaines gammes de débits; règle générale, il se vide sur une période relativement courte et demeure sec lorsqu'il n'y a pas de précipitation.
	Bassin sec avec retenue prolongée	La retenue des eaux pour les événements fréquents (contrôle qualitatif) peut être prolongée (entre 24 et 48 heures) puisqu'il a été démontré que le traitement pouvait ainsi être amélioré.
	Bassin avec retenue permanente	Bassin qui maintient une retenue permanente d'eau et qui effectue les différents contrôles avec une augmentation temporaire de la retenue lors de précipitations. Globalement, il a été démontré que ce type de bassin permettait d'avoir un meilleur rendement pour le contrôle qualitatif qu'un bassin sec.
Marais artificiels	Marais peu profond	Marais qui effectue un contrôle qualitatif avec différentes cellules de faibles profondeurs.
	Marais avec retenue prolongée	Marais qui effectue un contrôle qualitatif accentué avec une retenue prolongée des eaux de ruissellement.
	Système hybride bassin/marais	Système où un bassin avec une retenue permanente est implanté en amont du marais artificiel.
Systèmes avec végétation	Fossé engazonné sec	Fossé ou dépression conçu pour retenir temporairement les eaux et promouvoir l'infiltration dans le sol.
	Fossé engazonné avec retenue permanente	Fossé ou dépression avec retenue permanente et végétation spécifique (marais) conçu pour retenir temporairement les eaux et promouvoir l'infiltration dans le sol.
	Fossé engazonné avec biofiltration	Fossé ou dépression conçu pour retenir temporairement les eaux et promouvoir l'infiltration dans le sol, avec la mise en place de matériaux et de végétation favorisant une biofiltration.
	Bande de végétation filtrante (avec ou sans biofiltration)	Surfaces gazonnées avec des pentes et des dimensions appropriées, conçues pour traiter un écoulement de surface en nappe et éliminer certains polluants par filtration et infiltration.
Systèmes avec infiltration	Bassin d'infiltration	Dépression de surface qui permet de stocker le ruissellement pour favoriser par la suite l'infiltration, partielle ou totale, dans le sol.
	Tranchée d'infiltration	Pratique par laquelle les eaux de ruissellement sont traitées dans les vides d'un volume de pierre nette ou à l'intérieur d'une chambre avant d'être infiltrées en tout ou en partie.
	Pavé ou pavage poreux	L'utilisation de pavé en béton poreux ou d'asphalte poreux permet l'infiltration d'une certaine partie du ruissellement.
Systèmes de filtration	Filtre à sable de surface	Pratiques de filtration qui traitent les eaux de ruissellement en décantant les particules de plus grandes dimensions dans une chambre à sédiments, et qui filtrent ensuite à travers un filtre à sable.
	Filtre à sable souterrain	Pratiques de filtration qui traitent en réseaux les eaux de ruissellement en décantant les particules de plus grandes dimensions dans une chambre à sédiments, et qui filtrent ensuite à travers un filtre à sable.
	Filtre à sable en périphérie	Filtre qui comprend une chambre à sédiment peu profonde et un lit de filtre à sable en parallèle. Peut être utilisé en périphérie des stationnements.
Autres techniques	Mécanismes hydrodynamiques à vortex	Différents équipements permettant la séparation des matières en suspension par un processus hydrodynamique qui crée un vortex. Plusieurs modèles commerciaux existent.
	Séparateurs d'huile, graisse et sédiments	Différents équipements permettant l'enlèvement d'un certain pourcentage de polluants par la capture des débris et une décantation par gravité.

Tableau 11.2

Processus de traitement pour différentes techniques (adapté de Minton, 2005).

Pratiques de gestion	Processus impliqués		
	Physique	Chimique	Biologique
Bassin sec	Décantation		
Bassin avec retenue permanente	Décantation Flottation	Sorption au sol Précipitation dans l'eau	Assimilation biologique et sorption par des algues
Marais artificiel	Décantation Flottation	Sorption au sol Précipitation dans l'eau	Transformation par les bactéries Assimilation par les plantes
Fossé engazonné et bande filtrante	Décantation Filtration	Sorption au sol	Assimilation par la végétation
Systèmes avec infiltration (bassin, tranchée, pavé poreux)	Décantation Filtration	Sorption au sol Précipitation	Transformation ou enlèvement par les bactéries
Mécanismes hydrodynamiques à vortex	Décantation Flottation		
Séparateurs d'huile, graisse et sédiments	Flottation Décantation		

Note : Les processus en italique représentent les processus majeurs dans chaque cas.

Tableau 11.3

Processus de traitement pour différents types de polluants (adapté de EPA, 2004).

Catégories de polluants	Pratiques de gestion et mécanismes d'enlèvement des polluants				
	Bassin	Marais	Biofiltre	Infiltration	Filtre à sable
Métaux lourds	Sorption Décantation	Sorption Décantation Phytoremediation	Sorption Filtration	Sorption Filtration Phytoremediation Décantation	Sorption Filtration
Polluants organiques toxiques	Sorption Bio-dégradation Décantation Phytovolatilisation	Sorption Bio-dégradation Décantation Phytovolatilisation	Sorption Filtration	Sorption Filtration Décantation Phytovolatilisation	Sorption Filtration
Nutriments	Bio-assimilation	Bioassimilation Phytoremediation	Sorption	Sorption Bioassimilation Phytoremediation	Sorption
Matières en suspension	Décantation Filtration	Sorption Décantation	Sorption Filtration	Sorption Filtration Décantation	Filtration
Huile et graisse	Sorption Décantation	Sorption Décantation	Sorption	Sorption Décantation	Sorption
Éléments pathogènes	Décantation UV irradiation	UV irradiation (soleil) Sédimentation Coagulation Oxydation	Filtration	Filtration Décantation	Filtration Prédation