



# L'ingénierie écologique au service du développement urbain :

---

*Aspects qualité/traitement*



# L'ingénierie écologique au service du développement urbain:

## Aspects qualité/traitement

---

**Cécile BOURILLON**

**Benjamin CASSIER**

**Fabien CHALBOS**

**Aude DOUGADOS**

**Thibaud NOUVEL**

**Mélissa PALISSE**

**Ronald ROME**

# SOMMAIRE

<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS .....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>4</b>
<b>I. PROBLEMATIQUE DES EAUX PLUVIALES.....</b>	<b>5</b>
1- DEFINITION DES EAUX PLUVIALES.....	5
2- LA REGLEMENTATION.....	5
2- 1. <i>Historique de la gestion des eaux pluviales.....</i>	<i>5</i>
2- 2. <i>L'émergence des techniques alternatives.....</i>	<i>6</i>
2- 3. <i>La nécessité d'une réglementation.....</i>	<i>6</i>
3- ACCUMULATION DE POLLUTION .....	11
3- 1. <i>Pollution atmosphérique .....</i>	<i>11</i>
3- 2. <i>Apport terrestre et ruissellement .....</i>	<i>12</i>
<b>II. LES TECHNIQUES DE TRAITEMENT .....</b>	<b>15</b>
1-LES SYSTEMES DE TRAITEMENT OU DE RETENTION.....	15
1-1. <i>Les systèmes de rétention .....</i>	<i>15</i>
1- 2. <i>Les marais artificiels .....</i>	<i>18</i>
1- 3. <i>Les systèmes avec végétation.....</i>	<i>18</i>
1- 4. <i>Les systèmes avec infiltration.....</i>	<i>19</i>
1- 5. <i>Les lagunes .....</i>	<i>20</i>
1- 6. <i>Les systèmes avec filtration.....</i>	<i>20</i>
1- 7. <i>Les séparateurs d'huile, graisse et sédiments .....</i>	<i>23</i>
2- LES DIFFERENTS PROCESSUS DE TRAITEMENT DE CHAQUE OUVRAGE.....	23
3- LES CHAINES DE TRAITEMENT DES EAUX PLUVIALES.....	24
3- 1. <i>L'exemple de Reims .....</i>	<i>26</i>
3- 2. <i>L'exemple de la Région Parisienne .....</i>	<i>27</i>
3- 3. <i>Le projet Segteup.....</i>	<i>28</i>
4- LE DEVENIR DES POLLUANTS .....	28
<b>III- INTEGRATION SOCIO-ECONOMIQUE DES TECHNIQUES .....</b>	<b>29</b>
1- ENTRETIEN ET MAINTENANCE DES OUVRAGES .....	29
1- 1. <i>Sécurité des ouvrages d'infiltration.....</i>	<i>29</i>
1- 2. <i>Aménagement intégré.....</i>	<i>30</i>
1- 3. <i>Sécurité des ouvrages ouverts.....</i>	<i>30</i>
1- 4. <i>Pérennité des techniques alternatives.....</i>	<i>31</i>
1- 5. <i>Récupération des eaux pluviales .....</i>	<i>36</i>
2- COUTS.....	36
3- INTEGRATION PAYSAGERE ET ACCEPTATION SOCIALE.....	36
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>38</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>39</b>
<b>ANNEXE .....</b>	<b>41</b>

# TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Volume des émissions polluantes en France susceptibles d'être reprises par les eaux de pluie.....	12
Figure 2 : Pourcentage de contribution de l'atmosphère à la pollution pluviale .....	12
Figure 3 : Ordres de grandeur de la pollution accumulée sur les voiries et reprise par le ruissellement .....	13
Figure 4 : Provenance des principaux éléments présents dans les eaux de ruissellement .....	14
Figure 5 : Teneurs et origines des métaux lourds présents dans les eaux de ruissellement .....	14
Figure 6 : Stockage sous un parking .....	15
Figure 7 : Structure alvéolaire .....	16
Figure 8 : Structure de toiture-terrasse.....	16
Figure 10 : Bassin sec de la région Rhône-Alpes .....	17
Figure 9 : Bassin en eau de Brindas.....	17
Figure 11 : Principe de fonctionnement d'une noue ou d'un fossé d'infiltration.....	19
Figure 12 : Principe de fonctionnement d'une noue ou d'un fossé de rétention.....	19
Figure 13 : Puits d'infiltration.....	19
Figure 14 : Puits d'infiltration.....	20
Figure 15 : Filtre à sable de surface.....	20
Figure 16 : Description technique d'un filtre à sable de surface.....	21
Figure 17 : Eléments de conception d'un filtre à sable souterrain .....	21
Figure 18 : Schéma d'un filtre à écoulement vertical.....	22
Figure 19 : Schéma d'un filtre à écoulement horizontal .....	22
Figure 20 : Processus de traitement pour différentes techniques.....	24
Figure 21 : Processus de traitement pour différents types de polluants.....	24
Figure 22 : Exemples de filière de traitements pour les eaux pluviales qui tombe et/ou s'écoulent sur des zones industrielles .....	25
Figure 23 : Exemples de filière de traitements pour les eaux pluviales qui tombe et/ou s'écoulent sur des zones urbaines .....	25
Figure 24 : Schéma et explication du traitement mis en place sur Reims .....	26
Figure 25 : Schéma du traitement mis en place dans la région Parisienne .....	27
Figure 26 : Schéma du projet expérimental Segteup à Craponne .....	28

## INTRODUCTION

Les eaux pluviales, en milieu urbain, proviennent des précipitations qui ruissellent sur des surfaces imperméabilisées. Ces eaux se chargent en polluants pouvant altérer le milieu naturel. Bien que leur traitement ne soit pas obligatoire, la loi sur l'eau de 1992 pourrait contraindre à une épuration si leur impact sur le milieu récepteur ou si les usages ultérieurs le nécessitent. L'évaluation de la pollution due aux eaux pluviales est donc importante pour établir le mode de gestion optimal.

Cependant, la gestion des eaux pluviales exclusivement assurée par les réseaux d'assainissement, présente de nombreuses faiblesses. L'urbanisation croissante, l'augmentation des surfaces imperméabilisées et le faible taux de remise à niveau des réseaux d'assainissement ont engendré une augmentation significative des débits lors de fortes pluies, une fréquence de débordement plus importante, une dégradation des milieux naturels et un risque d'inondation plus élevé. C'est pourquoi les solutions permettant de maîtriser, stocker, réguler, voire traiter les eaux pluviales avant de les valoriser se multiplient. L'eau de pluie est devenue un bien à valoriser et à intégrer dans la ville, en amont de tous les projets d'urbanisme. Désormais, au lieu d'évacuer les eaux pluviales, on les recueille pour contribuer à valoriser le paysage urbain et surtout, au lieu de les concentrer en aval, on les gère en amont au plus près de leur source de production.

Ce nouveau mode de gestion, utilisant des techniques dites alternatives, a profondément modifié les pratiques d'aménagement urbain : toitures en terrasses végétalisées, chaussées poreuses, espaces verts aménagés pour stocker ou infiltrer les eaux, citernes et réservoirs, tranchées et puits d'infiltration pour réalimenter les nappes souterraines, lagunes ou zones humides pour dépolluer. Actuellement, les projets de gestion des eaux pluviales à la source sont nombreux et diversifiés, mais soulèvent de nombreuses questions. Ces techniques sont-elles efficaces pour dépolluer ces eaux ? Quel est le devenir des polluants ? Ces installations sont-elles pérennes ? Quelle est leur vulnérabilité en milieu urbain ? Une normalisation s'avère-t-elle nécessaire ?

## I. PROBLEMATIQUE DES EAUX PLUVIALES

### 1- Définition des eaux pluviales

D'après le guide technique *La ville et son assainissement : principes, méthodes et outils pour une meilleure intégration dans le cycle de l'eau* [CERTU, Ministère de l'écologie et du Développement Durable] les eaux pluviales sont celles qui ruissellent, à la suite d'une précipitation, à la surface vers un cours d'eau ou un réseau d'assainissement. Le mot ruissellement évite toute ambiguïté avec l'eau de pluie qui s'infiltre ou s'évapore. Cependant, il n'existe pas de définition réglementaire des eaux pluviales. Si le Code Civil rappelle les droits et les obligations vis-à-vis de la gestion des eaux pluviales, le Code de l'Environnement et le Code Général des Collectivités Territoriales (CGCT) ne fournissent aucune définition. Seule la Directive européenne Eau Résiduaire Urbaine (DERU) précise que le mélange eaux usées et eaux pluviales dans les réseaux unitaires est considéré comme de l'eau usée.

### 2- La réglementation

#### 2- 1. Historique de la gestion des eaux pluviales

Vers la fin du 17<sup>ème</sup> siècle et à la suite de problèmes sanitaires (grandes pestes de 1832 et 1884), le tout-à-l'égout est imposé pour l'assainissement de Paris. Le principe consiste à évacuer le plus rapidement possible les eaux de toute nature hors de la ville. Avec la loi du 15 février 1902 sur la Protection de la Santé Publique, toutes les villes et les communes rurales ont l'obligation de s'équiper d'un réseau tout-à-l'égout. Cependant, le système a montré ses limites lors de l'expansion des villes. En effet, l'urbanisation et la croissance démographique ont engendré une augmentation telle que les réseaux existants sont devenus insuffisants.

Durant la même période, nous assistons à une prise de conscience en matière d'environnement. L'eau récupérée par le tout-à-l'égout se doit d'être épurée. Les premières stations apparaissent mais les rejets en milieu naturel lors de fortes précipitations induisent des pollutions significatives. L'eau pluviale n'est pas, en effet, exempte de pollution.

Leur traitement commence seulement à se concrétiser. En 1977, la Commission technique interministérielle publie le circulaire n° 77-284 qui impose de limiter les déversements par des bassins de rétention au niveau des stations d'épuration. Ils permettent, en stockant temporairement, de ralentir les écoulements sur les surfaces urbanisées. Il n'est pas alors question de dépolluer les faibles volumes issus des pluies les plus fréquentes.

## 2- 2. L'émergence des techniques alternatives

Les villes, toujours en expansion, impliquent des budgets d'entretien des infrastructures de plus en plus importants. Or, le stockage et le traitement de l'eau pluviale en aval des réseaux d'assainissement, reviennent trop chers. La solution la plus économique pourrait être la gestion à la source.

De plus, les événements extrêmes, comme les inondations de Nîmes et Narbonne en 1988 et 1989 et la pollution de la Seine en 1990 et 1991, ont mis en évidence le caractère inadapté des techniques conventionnelles. Une gestion intégrée de l'eau dans la ville est devenue indispensable. Les techniques alternatives, qui en découlent, semblent essentielles pour la protection et le délestage du réseau. Leur implantation pose néanmoins un nouveau problème puisque cela nécessite l'intégration d'installations dans l'environnement urbain et la collaboration du public.

## 2- 3. La nécessité d'une réglementation

Depuis 1977, les méthodes de conception des systèmes d'assainissement étaient essentiellement régies par l'instruction technique relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations (circulaire interministérielle n° 77.284/INT). Mais en 1982, le contexte administratif a connu une évolution majeure du fait de la décentralisation : les communes ont acquis la pleine responsabilité de l'assainissement. Ce transfert de compétences a engendré un ralentissement dans l'évolution de la gestion des eaux pluviales. En effet, le savoir-faire et le personnel compétent n'ont pas toujours été transférés vers les Collectivités territoriales et leur budget ne leur permettait pas forcément de financer de telles infrastructures.

De plus, chaque Collectivité devient maître de sa gestion des eaux pluviales. L'absence de règles nationales a engendré une gestion à plusieurs vitesses : certaines Collectivités ont rendu obligatoire la gestion à la source et ont mis en place des dispositifs spéciaux ; d'autres n'ont pas encore commencé les études de diagnostic. Pour y remédier, certaines Collectivités mutualisent leurs efforts mais ce découpage suit plus la géographie des villes et des villages que celle des rivières et des sources. Des outils de planification concertée entre Collectivités sont donc nécessaires pour faciliter la collaboration au niveau d'un bassin versant.

### 2- 3. 1. Au niveau national

Différentes réglementations encadrent la gestion des eaux pluviales. Elles concernent à la fois les secteurs de l'eau et de l'urbanisme.

### Le code civil

Le Code civil définit les servitudes relatives à l'écoulement des eaux pluviales. Il pose le statut des eaux pluviales, lequel est opposable aux particuliers et aux Collectivités. Il instaure une servitude légale d'écoulement (de droit privé) des eaux pluviales qui arrivent naturellement du fonds amont (Article L 640). Il stipule que les eaux pluviales sont la propriété de l'occupant qui les reçoit sur son fonds (Article L 641). Il établit une servitude légale d'égout des toits : « Tout propriétaire doit établir des toits de manière que les eaux pluviales s'écoulent sur son terrain ou sur la voie publique ; il ne peut les faire verser sur le fonds de son voisin » (Article L 681).

### La Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCE)

La Directive Cadre Européenne sur l'Eau du 21 mai 1991 a un objectif premier : un bon état général des eaux souterraines et superficielles d'ici 2015. Les objectifs de la Directive sont transcrits dans la réglementation nationale. Les mesures nécessaires sont définies par bassin hydrographique, et seront intégrées aux Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE). Elles comportent des mesures relatives à la maîtrise du ruissellement pluvial et de ses impacts. Les stratégies alternatives de gestion des eaux pluviales sont en totale cohérence avec l'ensemble de ce dispositif.

### La loi sur l'eau

La loi sur l'eau du 16 décembre 1964, relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution, a organisé la gestion décentralisée de l'eau par bassin versant. C'est cette loi qui a créé les agences de l'eau et les comités de bassin.

Mais c'est la loi sur l'eau du 3 janvier 1992 qui modifiera profondément les principes de gestion de l'eau en franchissant une étape supplémentaire pour la prise en compte des milieux aquatiques. Cette loi affirme que « l'eau fait partie du patrimoine commun de la nation. Sa protection, sa mise en valeur et le développement de la ressource utilisable, dans le respect des équilibres naturels, est d'intérêt général ». Elle définit également la notion de « gestion équilibrée » de la ressource en eau. Cette gestion équilibrée vise à assurer la préservation des écosystèmes aquatiques, la protection contre toute pollution et la restauration de la qualité des eaux. Elle crée notamment les Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) et les Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) pour assurer une planification au niveau du bassin versant. Les six SDAGE sont approuvés en 1995 sur les territoires des six Agences de l'eau.

La mise en application des SAGE s'effectue au niveau local et reste à l'initiative des Collectivités. La loi sur l'eau a aussi mis en place la police de l'eau. Chaque opération ayant un impact important sur les milieux aquatiques doit suivre les procédures d'autorisation et de déclaration.

La Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) du 30 décembre 2006 a rénové le cadre global défini par les lois sur l'eau du 16 décembre 1964 et du 3 janvier 1992. La LEMA présente de nouveaux articles sur la gestion des eaux pluviales. Elle donne la possibilité aux Collectivités de percevoir une taxe annuelle pour la collecte, le transport, le stockage et le traitement des eaux pluviales (due par les propriétaires des immeubles raccordés au réseau public de collecte des eaux pluviales). Elle permet aussi de prévoir un crédit d'impôt pour les propriétaires réalisant des équipements de récupération et de traitement (Article 48 et 49).

#### La loi du 2 février 1995 pour la protection de l'environnement (PPR)

La loi du 2 février 1995 pour la protection de l'environnement (Loi Barnier) a induit la création de Plans de Prévention des Risques (PPR). Les services décentralisés de l'Etat préparent les PPR qui combinent la maîtrise de l'urbanisme, la protection des biens et des personnes, et la préservation de l'environnement. Les PPR incluent des cartes de risques, des prescriptions aux services publics pour une organisation plus concertée des unités de secours, des prescriptions pour le développement urbain et rural afin de diminuer la vulnérabilité des infrastructures. Les PPR définissent aussi quels travaux sont obligatoires et lesquels sont facultatifs, ainsi que les dates limites. Les PPR sont approuvés par le préfet. C'est le rôle du maire d'assurer leur application et leur respect. Leurs prescriptions doivent être introduites dans les futurs documents de planification urbaine.

En matière de gestion des eaux pluviales, des Plans de Prévention des Risques Inondations (PPRi) ont été introduits. Ils sont destinés à évaluer les zones pouvant subir des inondations en proposant des solutions techniques, juridiques et humaines pour y remédier. C'est un document stratégique cartographique et réglementaire qui définit les règles de constructibilité dans les secteurs susceptibles d'être inondés.

#### La ville et son assainissement, par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (le Certu)

Bien que l'Etat ne soit plus responsable de la gestion de l'eau pluviale, un guide intitulé *La ville et son assainissement : principes, méthodes et outils pour une meilleure intégration dans le cycle de l'eau*, a été publié afin d'aider les Collectivités territoriales à mettre en œuvre la gestion à la source. Ce guide n'a aucun pouvoir juridique mais il exprime la volonté du ministère et propose des conseils de gestion et des techniques.

La première innovation, sans doute la plus importante à long terme, concerne les stratégies de gestion des eaux pluviales. Le guide préconise la déconnection des eaux pluviales des réseaux d'assainissement chaque fois que cela est possible. Ceci suppose l'utilisation de techniques dites alternatives reposant sur une gestion des eaux à l'échelle de la parcelle.

Cette approche aura des conséquences considérables en matière de relation entre aménageurs et techniciens et impliquera probablement les citoyens dans la gestion des ouvrages.

La seconde innovation concerne les méthodes de calcul. Dans la plupart des études d'assainissement, on utilisait des abaques extrêmement simplificateurs. Le nouveau guide technique préconise que l'on développe un modèle permettant de simuler le fonctionnement du système d'assainissement dans toutes les situations hydrologiques. Les conséquences seront bien évidemment un coût nettement plus élevé des études, mais aussi des ouvrages plus performants et sans doute moins onéreux.

#### Les dispositions du code de l'environnement

En matière de gestion des eaux pluviales, le Code de l'Environnement spécifie que des lois et des règlements concernent les installations, les ouvrages, les travaux et les aménagements en lien avec l'eau. Pour des projets faisant appel aux techniques alternatives, il est stipulé que les périodes de retour de dimensionnement et les débits de rejet seront déterminés par l'étude d'incidence, en fonction des risques à l'aval et de l'ensemble des contraintes du site (PPRi, etc.). Les services de l'État contrôlent la pertinence de ce dimensionnement (Rubrique 3.2.2.0).

Concernant les rejets dans les eaux douces superficielles ou sur le sol ou dans le sous-sol, il est mentionné que si l'aire de surface totale du projet (aire de la partie du bassin naturel dont les écoulements sont interceptés comprise) est supérieure ou égale à 20 hectares, le projet est soumis à autorisation. Entre 1 et 20 hectares, le projet est soumis à déclaration.

#### *2- 3. 2. Au niveau local*

Tous les textes réglementaires doivent respecter la législation nationale et les textes de planification existants (SDAGE, SAGE, PPR, etc.), qui ont comme objectif la collaboration et la concertation des acteurs locaux.

#### Le Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT)

Le Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT) doit être en accord avec le SDAGE en ce qui concerne la gestion de l'eau et des milieux aquatiques, les solidarités amont-aval entre communes, le maintien d'espaces de liberté pour les cours d'eau ou les pratiques agricoles.

### Les Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE)

Les Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux et les contrats de rivières sont des outils du SDAGE pour la gestion de l'eau, et notamment des eaux pluviales. Ils permettent de gérer de façon équilibrée les milieux aquatiques et de concilier tous les usages de l'eau à l'échelle du territoire.

Ils ont une portée réglementaire : toutes les décisions prises par l'État et les Collectivités territoriales doivent être compatibles avec ses dispositions.

La commune peut également s'appuyer sur son règlement du service assainissement, mais surtout sur le Plan Local d'Urbanisme (PLU) et le zonage d'assainissement pluvial, pour imposer des règles aux constructeurs et aménageurs.

### Le règlement d'assainissement

Ce règlement est un document local qui décrit sous quelles conditions la Collectivité offre ses services d'assainissement. Il précise que la collectivité n'a pas d'obligation de collecte des eaux pluviales issues des propriétés privées. En principe il s'agit d'un rejet dans le milieu naturel par infiltration dans le sol ou par écoulement dans des eaux superficielles, sous la responsabilité du propriétaire ou de l'occupant. Dans tous les cas, le pétitionnaire devra trouver des solutions limitant les quantités d'eau et leur pollution. Il stipule aussi que le service peut autoriser, au cas par cas, le déversement de tout ou partie des eaux pluviales dans le réseau public.

### Le règlement du Plan Local d'Urbanisme (PLU)

Pour intégrer les prescriptions du Code de l'urbanisme, les Collectivités peuvent se doter d'un Plan Local d'Urbanisme(PLU). Il comprend différents documents, dont le règlement général, le plan de zonage de ruissellement, le plan des servitudes d'utilité publique, les plans de prévention des risques d'inondation et les cartes de zonage des risques naturels.

En matière d'assainissement, il précise que le rejet des eaux de drainage dans le réseau n'est pas admis. Toutefois, il peut être autorisé ou imposé dans des secteurs particuliers, s'il contribue à la réduction des mouvements de terrain. Il indique aussi que la gestion des eaux pluviales est de la responsabilité du propriétaire et que le rejet dans le milieu naturel est à privilégier.

### Les périmètres de captage d'eau potable

Les autorisations d'infiltration peuvent être réduites, voire interdites, dans les périmètres de captage d'eau potable. Il est nécessaire que le citoyen se renseigne sur les périmètres de protection mis en place pour respecter les servitudes.

La Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS) autorise, dans le périmètre de protection éloignée, l'infiltration des eaux pluviales provenant des toitures mais uniquement par des techniques superficielles (noues et tranchées drainantes). Les autres eaux pluviales doivent être rejetées dans le réseau. Cependant, en cas d'impossibilité de rejet dans le réseau, des autorisations spécifiques pourront être demandées pour infiltration par la technique des noues.

#### Le zonage d'assainissement pluvial

Le zonage de l'assainissement pluvial est intégré au PLU et est donc opposable aux tiers. Il établit les zones de limitation de l'imperméabilisation et de maîtrise des eaux de ruissellement. Il permet ainsi de délimiter :

- les zones d'assainissement collectif, où la Collectivité est tenue d'assurer la collecte et le traitement
- les zones relevant de l'assainissement non collectif où la Collectivité assure un contrôle
- les zones où l'imperméabilisation des sols doit être limitée pour assurer la maîtrise des écoulements des eaux pluviales
- les zones où il est nécessaire de prévoir des installations pour assurer la collecte, le stockage éventuel et le traitement.

### 3- Accumulation de pollution

La pollution issue du ruissellement des eaux est inévitable. Elle est essentiellement en phase particulaire et peut donc être séparée par décantation.

#### 3-1. Pollution atmosphérique

La qualité de l'atmosphère influe directement le niveau de pollution des eaux pluviales. La condensation de la vapeur d'eau autour des particules atmosphériques et la solubilisation des polluants dans les gouttelettes nuageuses assurent le transfert.

La pollution atmosphérique a diverses origines : industrie, chauffage, échappement des moteurs à explosion, etc. Les contaminants sont des gaz tels que les oxydes de carbone (COx), le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et les oxydes d'azote (NOx), des poussières diverses, des vapeurs d'organohalogénés ou d'hydrocarbures.

Le tableau 1 consigne la masse des émissions polluantes en France susceptibles d'être reprises par les eaux de pluie.

<p><b>Hydrocarbures</b> (chiffres 1983)</p> <p>Solvants de l'industrie .....970.000 t (42 %)                  Transports .....880.000 t (38 %)                  Industrie et divers .....460.000 t (20 %)</p> <p>Masse totale des hydrocarbures émis en 1983 : 2.310.000 t</p>	<p><b>Oxydes d'azote (NOx)</b> (chiffre de 1984)</p> <p>Transports .....1.085.000t (44 %)                  Industrie .....225.000 t (9 %)                  Centrales thermiques .....565.000 t (30 %)                  Résidentiel et tertiaire.....142.000 t (6 %)                  Transformation de l'énergie.....18.000 t (1 %)                  Autres (engrais et lisiers).....800.00 t (33 %)*</p> <p>* : estimation</p> <p>Masse totale émises : 2.448.000 t</p>
<p><b>Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)</b> (chiffre de 1984)</p> <p>Industrie et agriculture .....740.000 t (39 %)                  Centrales thermiques .....565.000 t (30 %)                  Raffineries de pétrole .....255.000 t (12 %)                  Transports .....100.000t (5 %)</p> <p>Masse totale évaluée des émissions en 1984 : 1.980.000 t</p>	

Figure 1 : Volume des émissions polluantes en France susceptibles d'être reprises par les eaux de pluie  
 Source : Agence pour la qualité de l'air « pluies acides : danger 1986 »

Le tableau 2 [DESBORDES, 1985] indique la contribution de l'atmosphère dans la pollution pluviale.

polluants	MES	DCO	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Total P	NO <sub>3</sub> - N	Pb	Zn
% de contribution pollution pluviale	10 - 25	15 - 30	31 -100	17 - 140	30 - 94	15 - 54	20 -62

Figure 2 : Pourcentage de contribution de l'atmosphère à la pollution pluviale  
 Source : « Maîtrise de la pollution urbaine par temps de pluie »

### 3- 2. Apport terrestre et ruissellement

Même si une partie de la pollution résulte du passage de la pluie dans l'atmosphère, c'est principalement lors du ruissellement que l'eau se charge en polluants. Les principaux facteurs influant les dépôts en surface sont l'occupation du sol, l'état du revêtement et la fréquence des pluies avec, comme facteur secondaire, l'intensité de la pluie et du vent [Sartor et al. ; 84].

Seules les petites particules sont susceptibles d'être entraînées par le ruissellement [Artières; 87] :

- $\varnothing > 2$  mm: particules très peu sollicitées par le ruissellement ;
- $200 \mu\text{m} < \varnothing < 2$  mm: particules difficilement transportées par le ruissellement ;
- $\varnothing < 200 \mu\text{m}$ : particules facilement transportées par le ruissellement

L'action des précipitations commence par un *mouillage* en surface. Celui-ci correspond à environ 0,5 millimètre de pluie et ne donne pas lieu à un écoulement [VALIRON & TABUCHI, 1992]. Au cours de cette phase, la dissolution des éléments solubles vient s'ajouter aux apports atmosphériques.

Lorsque la quantité de pluie est supérieure au seuil de mouillage, le *ruissellement* débute.

L'entraînement et le transport des particules sont essentiellement fonction des facteurs caractéristiques de la pluie : hauteur d'eau tombée, intensité et progressivité, et granulométrie de la pluie : les plus grosses gouttes contenant une énergie cinétique importante entraînent facilement les éléments déposés. Ces paramètres pluviaux interfèrent avec ceux liés au sol, comme, par exemple, la pente, la nature et l'érodibilité du sol.

Effet sur la végétation et sur le sol

Dans le cas de ruissellement sur des terrains naturels, les éléments emportés sont essentiellement des débris végétaux, des résidus d'engrais ou de pesticides. Leur nature et leur quantité varient en fonction des pratiques agricoles ou culturelles.

Action sur les sols imperméabilisés et les toitures

Les sols imperméabilisés sont constitués pour l'essentiel des voiries, trottoirs et parkings.

On y trouve des hydrocarbures, des dépôts d'échappement, des particules de pneus, de la terre et de la boue apportées par les roues des véhicules, des produits transportés ou provenant de chantiers, des déjections d'animaux domestiques.

Tous les produits solubles drainés par la chaussée se retrouvent dans les eaux de ruissellement pour plusieurs millions de tonnes par an. La circulation contribue également, par action mécanique, à dégrader les chaussées et ainsi à mobiliser des produits susceptibles d'être entraînés par ruissellement : éléments minéraux (ciment, etc.), produits carbonés (goudron), éléments fins et sables.

Le tableau 3 [BALADES J.-D., 1999], donne des ordres de grandeur de la pollution accumulée sur les voiries et reprise par le ruissellement.

		Réseau séparatif	Autoroutes	Zones résidentielles	Zones commerciales
MES (mg/l)	mini	21	28	112	230
	maxi	582	1178	1204	1894
DCO (mg/l O <sub>2</sub> )	mini	33	128	37	74
	maxi	265	171	120	160
Pb (mg/l)	mini	0,03	0,15	0,09	0,1
	maxi	3,1	2,9	0,44	0,4

Figure 3 : Ordres de grandeur de la pollution accumulée sur les voiries et reprise par le ruissellement

La contribution des toitures à l'ensemble de la pollution est estimée entre 15 et 30 % pour les matières en suspension. La quantité et la qualité des apports en métaux (notamment zinc) dépendent de la nature de la couverture et des gouttières.

Nature et origine des polluants

La provenance des principaux éléments présents dans les eaux de ruissellement est synthétisée dans le tableau 4 [WHIPPLE, 1983].

	Érosion	Circulation		Industrie et/ou ses produits	Jardins et zones non urbanisées	Oiseaux et animaux domestiques
		Usure	Échappement			
M.E.S.*	M	M				
M.O.**	M	M	m			M
Azote	m		M		M	M
Phosphore	M		m		M	M
Bactéries, virus						M
Métaux lourds :						
Zinc (Zn)	m	M		m		
Plomb (Pb)			M	M		
Cuivre (Cu)		M		M		
Chrome (Cr)		M		M		
Cadmium (Cd)		m	M	M		
Résidus pétroliers		M	M	M		
Pesticides					M	

**Légende :** \* : Matière en suspension      M : source majeure  
\*\* : Matière organique                      m : source moindre

Figure 4 : Provenance des principaux éléments présents dans les eaux de ruissellement

Les teneurs et origines des métaux lourds présents dans les eaux de ruissellement sont consignées dans le tableau 5 [BALMER, 1984].

Éléments	Teneur moyenne dans les eaux de ruissellement (mg/l)	Origine	Phase	Remarques
Plomb (Pb)	0,1 à 0,8	Essence Industrie = 35 % Pluies = 50 %	Solide en suspension	L'essence contient 0,15 g/l de Pb. Régession de l'essence plombée
Cadmium (Cd)		Industrie = 45 % (combustion) Pluies = 20 % Usure des pneus	Dissoute	
Zinc (Zn)	0,3 à 0,8	Industrie = 35 % (incinération d'ordures) Pluies = 30 % Usure des pneus Corrosion d'objets métalliques	Dissoute (à la limite de la phase particulière pour le Zn issus des pneus	
Cuivre (Cu)	0,02 à 0,2	Dégradation des toits et gouttières Usure des pneus		

Figure 5 : Teneurs et origines des métaux lourds présents dans les eaux de ruissellement

Les tableaux 4 et 5 permettent indéniablement de faire un lien entre les activités anthropiques, le niveau de vie des populations et la pollution transportée par les eaux de pluie.

## II. LES TECHNIQUES DE TRAITEMENT

Deux catégories d'ouvrage existent : les ouvrages de régulation et ceux de traitement. Les ouvrages de régulation ont un triple objectif :

- 1) Stockage lors d'important évènement pluvieux afin d'écarter les pointes de crue ;
- 2) Assainissement par infiltration dans le sol ou simple décantation ;
- 3) Atout paysager.

Les ouvrages de traitement servent à dépolluer l'eau et peuvent aussi contribuer au paysage. On assiste à un développement des ouvrages extensifs tels que les lagunes ou les lits plantés dans de nombreux pays (Etats Unis, Australie, Suède, France, etc.). De nombreuses installations dérivent des solutions destinées à traiter les eaux de plates-formes routières. Cependant, même si les charges sont comparables, l'environnement des ouvrages diffère. Plutôt rural dans le cas des routes et autoroutes, il est évidemment urbain dans les villes. L'assainissement a pendant très longtemps asséché les zones humides, alors qu'aujourd'hui la zone humide est devenue un moyen d'épuration.

Les unités sont divisées en cinq groupes :

- les systèmes de rétention ;
- les marais artificiels ;
- les systèmes avec végétation ;
- les systèmes avec infiltration ;
- les systèmes avec filtration.

Cependant, certains ouvrages de rétention assurent aussi une infiltration selon leur implantation.

### 1-Les systèmes de traitement ou de rétention

#### 1-1.Les systèmes de rétention

##### *1- 1. 1. Le stockage dans le corps des chaussées*

Sous les chaussées, les structures alvéolaires permettent d'obtenir des ouvrages avec une faible emprise au sol car ces derniers sont enterrés. L'eau s'écoule par infiltration à travers un revêtement drainant ou bien par des drains. L'eau est évacuée par infiltration vers un exutoire. Le débit à travers le réservoir est suffisamment faible pour laisser décanter les polluants solides. Le corps de chaussée est couramment composé de grave poreuse sans fines, ou bien de matériaux plastiques.



Figure 6 : Stockage sous un parking



Figure 7 : Structure alvéolaire

La chaussée supporte circulation et stationnement. Il est par conséquent facile d'intégrer ces ouvrages, y compris en milieu urbain dense. De plus, le fait d'avoir un enrobé drainant réduit le bruit du roulement, améliore l'adhérence, réduit les projections d'eau et la formation de plaques de verglas et enfin améliore la visibilité et le confort de conduite sous la pluie. Sans

oublier que pour les espaces piétons, l'absence de flaques d'eau et la souplesse du revêtement développent un certain confort lorsqu'on y marche dessus.

Cependant, il y a des risques de pollution accidentelle selon le trafic. Ce système demande aussi un entretien régulier pour limiter les risques de colmatage et ne doit surtout pas permettre d'infiltrations si la nappe se trouve à moins de 1 mètre en dessous. Il faudra faire attention au(x) type(s) de végétation utilisé (faible développement des racines). Ces systèmes induisent aussi des coûts de réalisation parfois élevés.

### 1- 1. 2. Les toitures terrasses

Cette technique consiste à ralentir le ruissellement grâce à un stockage temporaire de l'eau sur les toitures, ce qui permet de lisser l'hydrogramme de crue à l'exutoire. Le volume de stockage est défini par un parapet en pourtour de toiture. Les toitures peuvent être également végétalisées. Sur un toit pentu, des caissons peuvent être mis en place.

La régulation du stockage repose sur un dispositif de vidange. Elle peut être améliorée par le matériau stockant : gravillons (porosité d'environ 0,30) ou terre végétale. Les choix architecturaux permettent des réalisations intéressantes. De plus, il est possible de stocker l'eau dans des citernes afin de l'utiliser pendant des périodes de sécheresse car n'ayant pas atteint le sol, elle n'a pas été souillée par les hydrocarbures.

Ces toitures, sans emprise foncière, s'adaptent à l'échelle de la parcelle.

Elles peuvent partiellement réguler la température de grosses agglomérations où la chaleur s'accumule. Elles peuvent dépolluer lorsqu'elles sont végétalisées avec des macrophytes adaptés. Ces dispositifs, faciles à intégrer architecturalement, peuvent aussi contribuer à l'isolation thermique des bâtiments. Cependant, ils peuvent poser des problèmes d'étanchéité à long terme si leur entretien n'est pas correctement assuré. Il convient de suivre régulièrement l'état des couches étanches. Les toitures stockantes ne seront pas envisagées dans les zones trop froides à cause des dégâts pouvant être causés par le gel et les surcharges pondérales dues à la neige.

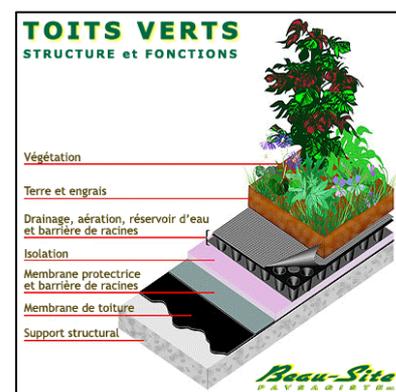


Figure 8 : Structure de toiture-terrasse

### 1- 1. 3. Les bassins de retenue

Les bassins de retenue assurent le stockage, la décantation ou/et l'infiltration.

- 1) Les bassins enterrés sont réalisés en béton ou avec des éléments préfabriqués comme des canalisations surdimensionnées.
- 2) Les bassins à ciel ouvert sont des excavations naturelles ou artificielles avec ou sans digues.
- 3) Les bassins secs sont inondés ponctuellement et partiellement en fonction des pluies (Fig. 9 et 10).

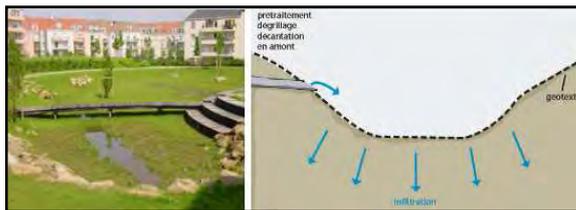


Figure 9 : Bassin en eau de Brindas



Figure 10 : Bassin sec de la région Rhône-Alpes

Les bassins à ciel ouvert sont souvent conçus comme des espaces multi-usages intégrés au site : bassins d'agrément, espaces verts, terrains de jeux, etc.

Les bassins ont différentes fonctions hydrauliques :

- 1) Interceptor des eaux pluviales strictes ou des eaux unitaires ;
- 2) Etre alimentés systématiquement à l'exutoire d'un réseau, par surverse ou par dérivation en cas de saturation du réseau ;
- 3) Restituer les eaux (à débit contrôlé et après l'averse) vers le réseau principal ou le milieu naturel.

Les bassins ont une fonction de piégeage de la pollution très importante (dégrillage grossier pour les matériaux flottants, décantation pour la pollution particulaire). La dépollution peut être optimisée selon la conception du bassin. Elle doit être réalisée en amont des ouvrages d'infiltration et des espaces multi-usages. Dans les bassins en eau ou les zones humides, des phragmites ou roselières peuvent améliorer l'épuration naturelle de l'eau par phytoremédiation (voir plus bas).

### 1- 1. 4. Les microtechniques

Il s'agit de techniques adaptées aux petites surfaces. Conformément au principe de maîtrise des eaux pluviales à la source, elles s'appliquent aux lotissements ou aux immeubles. Elles reprennent les principes indiqués précédemment (stockage, réutilisation, infiltration, ralentissement et allongement du parcours de l'eau) : citernes, toitures stockantes, dépressions dans le sol, puits, surfaces drainantes, etc.

## 1- 2. Les marais artificiels

Un marais filtrant est une phytotechnologie basée sur un bassin naturel ou artificiel qui permet la croissance de plantes aquatiques flottantes, émergentes, submergées ou à feuilles flottantes. Les plantes permettent l'implantation de microorganismes épurateurs tout en filtrant et en absorbant des substances polluantes.

Ces procédés sont simples à utiliser. Les eaux séjournent dans les marais avec un temps de passage qui est fonction du débit, de l'aire de surface de traitement, de la charge polluante et de la capacité de filtration des plantes (Dostie, 2003).

Étant conçus pour traiter les eaux et non pour stocker, les marais sont accompagnés parfois d'un ouvrage de régulation du débit en amont. Cet ouvrage sépare aussi des sédiments et évite le colmatage du médium filtrant des marais.

On recense divers types de marais :

- Les marais peu profonds nécessitant une large surface et une alimentation permanente en eau.
- Le système mixte bassin/marais peu profond composé de deux cellules. La première est un bassin servant à capter les sédiments et à réduire les vitesses d'approche qui représente 10% de la superficie du marais. La deuxième cellule est un marais peu profond.
- Le marais à rétention prolongée : c'est un marais peu profond auquel on associe un volume additionnel de stockage de crue.
- Les marais à surface réduite conçus pour servir de drainage avec moins de 4 hectares.

Les quatre types de marais diffèrent par la surface requise et le volume admissible d'eau. La sélection dépend du bassin versant, de l'espace disponible et de la fonction environnementale envisagée.

Ces procédés sont peu coûteux à construire et à exploiter, alors qu'ils sont efficaces en matière d'épuration et tolérants aux variations de charge hydraulique. Ils s'intègrent facilement au paysage, leur mise en place et leur exploitation nécessitent peu d'équipements mécanisés et peu d'énergie.

## 1- 3. Les systèmes avec végétation

Ces systèmes sont pratiquement les mêmes que précédemment. Ils sont décrits néanmoins ci-dessous afin de dresser une liste exhaustive des moyens de rétention et traitement tout en conservant la nomenclature conventionnelle.

### 1- 3. 1. Le fossé engazonné

Un fossé engazonné est une dépression conçue pour retenir temporairement les eaux et promouvoir l'infiltration dans le sol. On distingue les fossés engazonnés avec retenue permanente possédant une végétation spécifique avec parfois une biofiltration.

### 1- 3. 2. La bande de végétation filtrante (avec ou sans biofiltration)

Il s'agit d'une surface gazonnée conçue pour un écoulement de surface avec élimination de polluants par filtration et infiltration.

## 1- 4. Les systèmes avec infiltration

### 1- 4. 1. Les noues et les fossés

Une noue est un fossé peu profond et large avec une pente douce permettant de recueillir ou d'infiltrer des eaux pluviales. Elle peut être équipée d'une vidange régulée vers le réseau pluvial, ou vers une rivière ou un fossé. Son engazonnement et la végétalisation de ses abords par des arbustes assurent une bonne intégration paysagère. Ce type d'ouvrage nécessite peu de surface et peut prendre n'importe quelle forme.

En plus d'un entretien basique d'espace vert, les noues doivent être curées régulièrement en fonction de l'envasement.

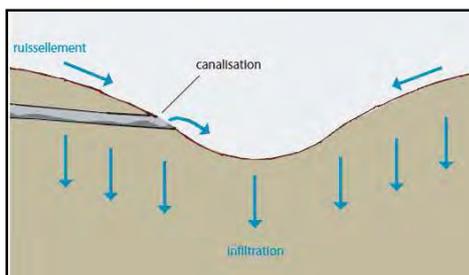


Figure 11 : Principe de fonctionnement d'une noue ou d'un fossé d'infiltration

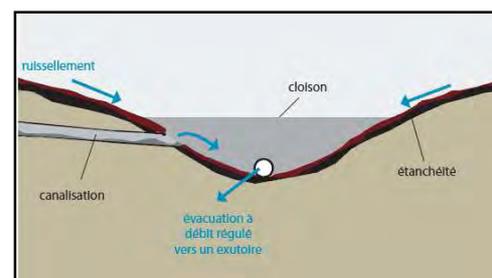


Figure 12 : Principe de fonctionnement d'une noue ou d'un fossé de rétention

### 1- 4. 2. Les tranchées drainantes

Une tranchée drainante est garnie de matériaux granulaires (galets, graviers, matériaux alvéolaires, etc.) permettant d'augmenter la capacité de stockage. L'eau s'infiltré ensuite dans le milieu naturel. Ce système nécessite donc un sol de bonne perméabilité sans risques de contamination de nappe. L'intégration paysagère est bonne puisque ces tranchées sont enherbées avec un entretien facile.

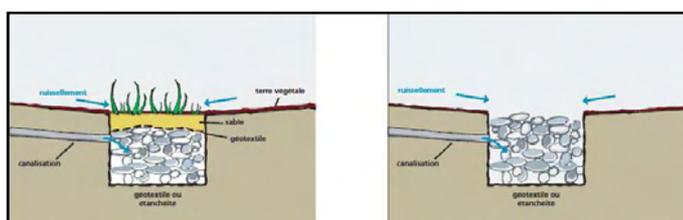


Figure 13 : Puits d'infiltration

### 1- 4. 3. Puits d'infiltration

Les puits permettent de transférer les eaux vers les couches perméables du sol. Ils sont alimentés soit directement par ruissellement, soit par des drains. Pouvant compléter des dispositifs de stockage ou de traitement ils sont vides ou garnis (galets ou structures alvéolaires). Adaptés à la simple parcelle comme aux espaces publics, ils sont faciles à intégrer y compris en milieu urbain, et nécessitent peu de surface foncière. Ils sont de plus, peu onéreux et sans contraintes topographiques. Ils peuvent se substituer à un exutoire et contribuer à l'alimentation de la nappe si les eaux sont de bonne qualité.

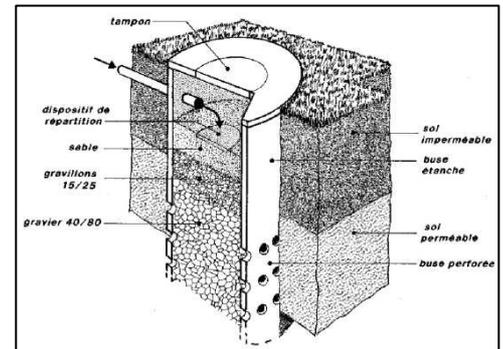


Figure 14 : Puits d'infiltration

En revanche, ils requièrent un entretien régulier pour limiter le colmatage, préserver la nappe.

### 1- 5. Les lagunes

Le lagunage naturel reproduit les écosystèmes aquatiques : une station de lagunage comporte une succession de bassins peu profonds dans lesquels l'eau s'écoule lentement. On distingue les bassins à microphytes et à macrophytes. Dans les premiers, des bactéries et des algues microscopiques sont en biocénose. L'oxydation de la matière organique est assurée par des décomposeurs. Les produits, riches en azote et phosphore, sont assimilés par les algues par photolyse.

Les bassins à macrophytes utilisent des roseaux, des massettes, des joncs ou encore des iris. Ces plantes transforment la matière organique et fixent métaux lourds et produits dérivés de détergents. Le temps de passage des eaux est de 40 jours environ et la profondeur n'excède pas le mètre.

Les avantages du lagunage reposent sur son intégration paysagère, les faibles coûts de fonctionnement, sa fiabilité et ses performances. Le principal inconvénient résulte de l'emprise foncière.

### 1- 6. Les systèmes avec filtration

#### 1- 6. 1. Les filtres à sable

Construits en surface ou dans le sol, ils servent de petites surfaces tributaires (inférieure à 5 ha; MOE, 2003). Il existe plusieurs types de filtre à sable (MOE, 2003; MDE, 2000) : filtres de surface, filtres organiques, filtres avec biorétention, filtres à sable souterrains et filtres à sable au périmètre.



Figure 15 : Filtre à sable de surface

Les filtres à sable de surface et souterrains traitent les eaux de ruissellement par décantation dans une chambre à sédiments puis par filtration dans la masse.

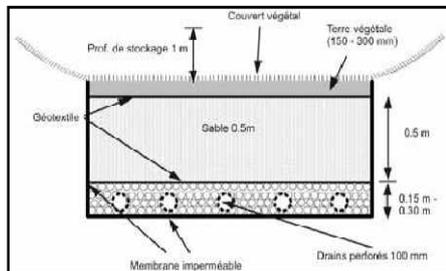


Figure 16 : Description technique d'un filtre à sable de surface

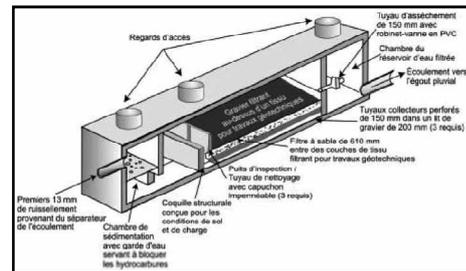


Figure 17 : Eléments de conception d'un filtre à sable souterrain

### 1- 6. 2. Phytoremédiation

Utilisant des végétaux et de des décomposeurs associés, ce procédé s'appuie sur l'interaction au niveau de la rhizosphère. Les processus en jeu dépendent des végétaux utilisés. Nous recensons la phytodégradation (dégradation du polluant), la phytoextraction (stockage du polluant), la phytovolatilisation (accumulation et évapotranspiration du polluant), la phytostabilisation (blocage du polluant) et la rhizofiltration (blocage et accumulation du polluant). Les espèces végétales utilisées respectent quatre critères : croissance rapide, forte biomasse, espèce compétitive et tolérance à la pollution.

Les systèmes sont avantageux : intégration paysagère, réalisation écologique, coût réduit, basse consommation en énergie et faible ajout de produits chimiques. De plus, la phytoremédiation est très efficace pour absorber les métaux lourds. Toutefois, son inconvénient majeur provient de besoins en surface significatifs.

Les filtres plantés de roseaux, qui constituent une forme de phytoépuration, sont des excavations étanches au sol remplies de couches successives de gravier ou de sable de granulométrie variable. Cette technique est basée sur l'infiltration en milieu granulaire insaturé. Comme l'infiltration-percolation, elle fait intervenir deux mécanismes : la filtration physique et l'oxydation biochimique. Largement utilisés en eaux usées, les filtres plantés sont une solution intéressante pour traiter les eaux pluviales. Ils sont souvent en association avec un décanteur en amont et un bassin de rétention en aval.

Les roseaux sont très importants pour l'efficacité du procédé : ils diminuent le colmatage, favorisent les microorganismes cellulolytiques, maintiennent une hygrométrie favorable à la biomasse bactérienne, assurent une protection contre le gel et participent à l'intégration paysagère.

Nous distinguons les filtres verticaux et horizontaux.

### Écoulement vertical

Le système comporte plusieurs étages en série, le plus souvent deux, constitués de trois filtres en parallèle et fonctionnant en alternance pour minimiser le colmatage par minéralisation de la matière organique retenue. Le premier étage est souvent garni de graviers alors que le second comporte majoritairement des sables.

L'alimentation par bâchées assure un renouvellement de l'atmosphère du massif par convection favorisant un transfert d'oxygène.

Les avantages de cette technique reposent sur ses performances épuratoires, une bonne adaptation aux variations saisonnières, un coût d'investissement plutôt modeste, l'absence de consommation énergétique et une bonne intégration paysagère. Elle comporte néanmoins des inconvénients : faible adaptation aux surcharges hydrauliques, emprise au sol importante, mort des macrophytes et risque de présence d'insectes et de rongeurs.

En France, la majorité des filtres plantés utilisés sont à écoulement vertical car ce procédé accepte bien les variations de charge hydraulique induites par la météorologie.

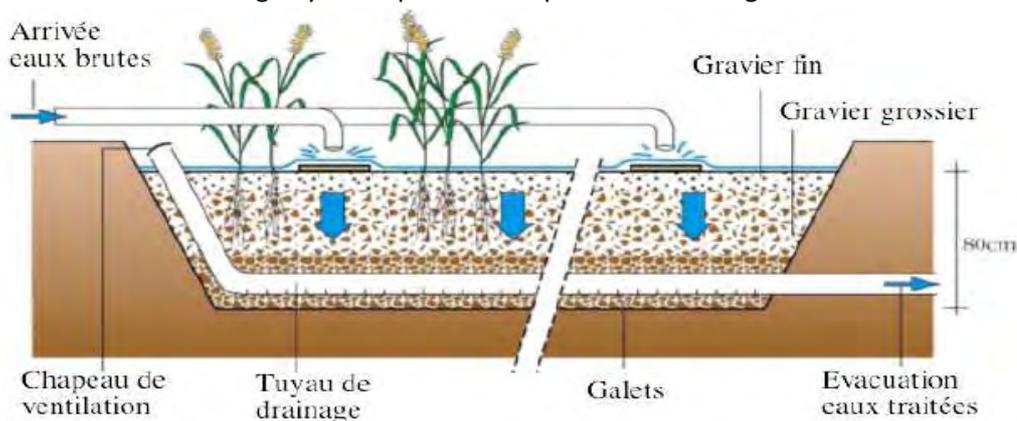


Figure 18 : Schéma d'un filtre à écoulement vertical

### Écoulement horizontal

Les filtres, alimentés en continu, fonctionnent en condition saturée et aérobie en partie supérieure, l'oxygène étant transférés à travers la surface grâce aux végétaux, et en condition saturée et anaérobie en partie inférieure. Etant plus sensibles au colmatage que les précédents, les filtres horizontaux sont alimentés par des eaux préalablement séparées de leurs MES. L'effluent réparti sur toute la largeur et la hauteur du lit s'écoule ensuite à l'horizontale.

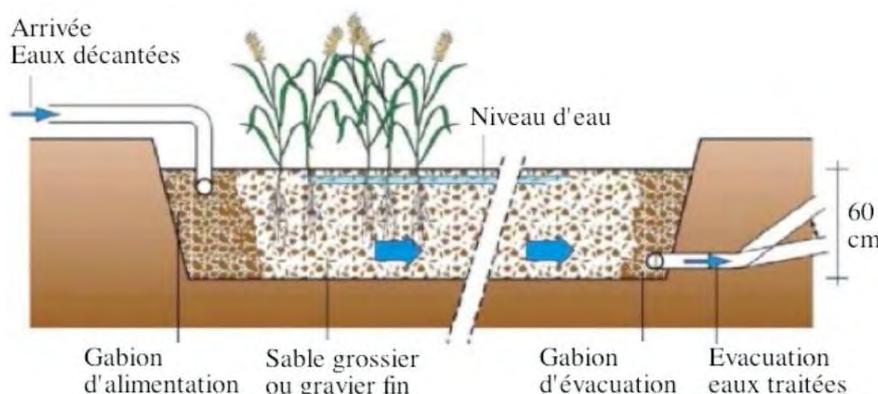


Figure 19 : Schéma d'un filtre à écoulement horizontal

L'évacuation est assurée par un drain enterré. Celui-ci est relié à un siphon qui règle la surverse pour maintenir le milieu saturé.

Du fait de l'alimentation continue, il n'y a pas de risque de prolifération d'insectes. Les avantages sont : faible consommation énergétique, stabilité vis-à-vis des variations saisonnières, intégration paysagère et faible prolifération d'insectes. Les inconvénients sont : risque de colmatage, emprise au sol, mort des macrophytes et faible retour d'expérience en termes de performance.

### *1- 7. Les séparateurs d'huile, graisse et sédiments*

Ces séparateurs, en prétraitement ou comme ouvrages de contrôle avant rejet, sont utilisés pour des surfaces de petite dimension (inférieures à 2 ha), Il en existe de plusieurs types et globalement classifiés de la façon suivante (SWAMP, 2004) :

- **Puisards avec fosse à sédiments.** Les puisards sont conçus pour accumuler des sédiments dans une fosse. Avec une sortie avec un T, il permet aussi d'arrêter des huiles.
- **Séparateurs de graisse.** Connus sous le nom de trappes à graisse ou intercepteurs de graisse, ces unités sont placées dans les branchements de service pour restaurants et industries produisant des graisses.
- **Intercepteurs d'huile.** Ils acceptent des débits plus grands que les intercepteurs de graisse.
- **Séparateurs d'huiles et sédiments.** Ils sont généralement utilisés pour les eaux pluviales.

Ces derniers présentent de nombreux avantages [Barr, 2001]. Ils sont utilisés pour réhabiliter les petits sites urbains où la mise en place d'autres ouvrages ne serait pas raisonnable. Les accès sont faciles et la durée de vie est longue avec un entretien adéquat. En revanche, leur capacité est limitée et il n'est pas possible contrôler le débit. En outre, un entretien fréquent est nécessaire. Ces ouvrages peuvent être coûteux à installer et à maintenir comparativement à d'autres techniques.

### *2-Les différents processus de traitement de chaque ouvrage*

Afin de mieux comprendre les procédés répertoriés ci-dessus, voici deux tableaux récapitulatifs. Le premier consigne le processus mis en œuvre, le second indique le procédé pertinent en fonction des polluants. Ces tableaux indiquent donc les filières à considérer.

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		

Figure 20 : Processus de traitement pour différentes techniques

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

Figure 21 : Processus de traitement pour différents types de polluants

### 3- Les chaînes de traitement des eaux pluviales

La notion de chaîne de traitement (« treatment train »), apparue récemment, promeut l'utilisation multiple d'un même ouvrage et les différences de traitement entre chaque ouvrage. En effet, ils ne possèdent pas tous les mêmes intérêts et les mêmes efficacités en termes de traitement ou de protection contre les crues. La mise en série d'ouvrages présentant des caractéristiques différentes garantit une efficacité globale. Les chaînes de traitement différant suivant les polluants, le type de sol et l'environnement, et la qualité de l'eau attendue en sortie. Par exemple, quelle que soit l'origine des eaux de ruissellement, lorsque l'exutoire est une zone de pêche, de conchyliculture, d'ostréiculture, de pisciculture ou de baignade, il faudra dévier l'exutoire vers la nappe phréatique après infiltration ou bien réaliser une filtration sur sable.

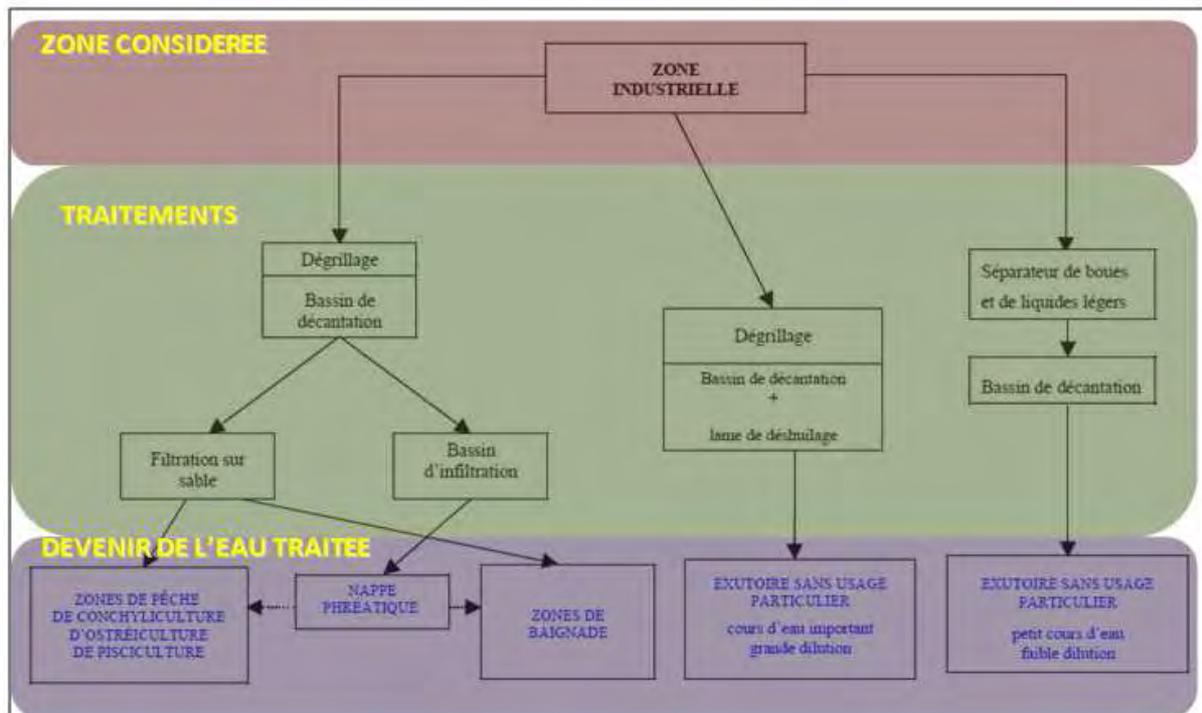


Figure 22 : Exemples de filière de traitements pour les eaux pluviales qui tombe et/ou s'écoulent sur des zones industrielles

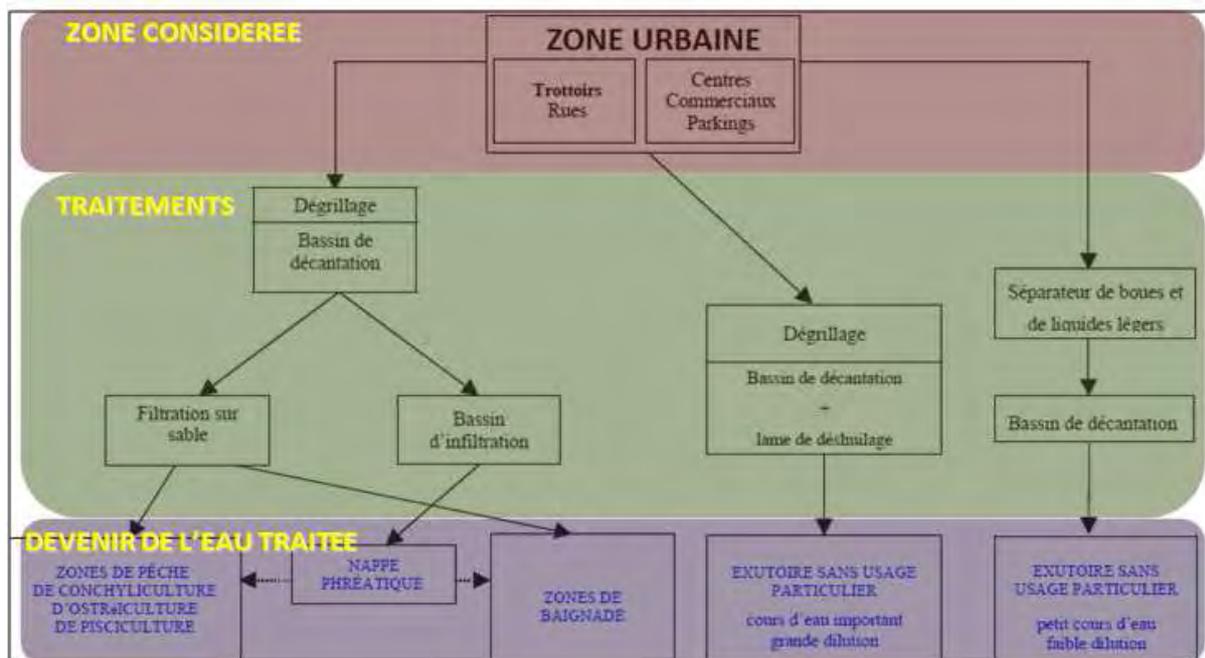


Figure 23 : Exemples de filière de traitements pour les eaux pluviales qui tombe et/ou s'écoulent sur des zones urbaines

Pour les exutoires sans usage particulier, il faudra adapter au cas par cas selon le milieu récepteur. Quelques exemples sont proposés ci-dessous.

### 3-1. L'exemple de Reims

Un nouveau quartier d'activité et d'habitat est en construction à proximité de la nouvelle Gare TGV Champagne - Ardennes, sur plus de 172 ha [JAQUINET et al. 2009]. Situé sur la commune de Bezannes, ce quartier est sous maîtrise d'ouvrage Reims Métropole. Le secteur aval, d'une superficie de 72 ha, nécessite une capacité de rétention de 15 000 m<sup>3</sup>.

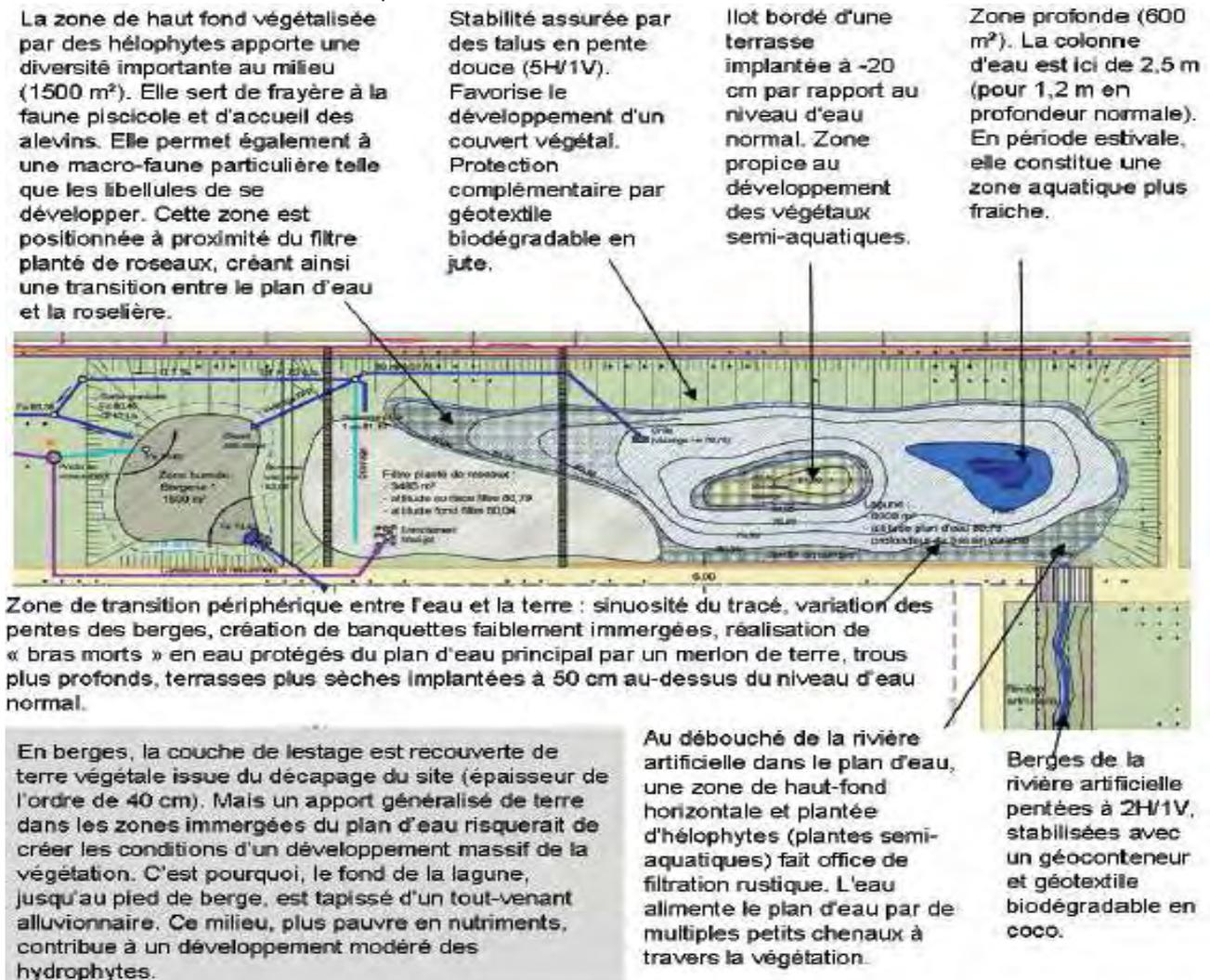


Figure 24 : Schéma et explication du traitement mis en place sur Reims

Les eaux de pluie transitent par un ouvrage de décantation enterré retenant les particules les plus grossières ainsi que les flottants (cloison siphonide). En aval, la rivière artificielle achemine les eaux vers la lagune. Le filtre planté de roseaux, alimenté par simple surverse depuis la lagune, dépollue les eaux. Le couple lagune/filtre représente une surface de plus d'un hectare qui permet, par simple marnage, le stockage de la pluie centennale. La zone humide « Bergerie 1 » est un ouvrage indépendant qui stocke, avant traitement par le filtre planté, les eaux de ruissellement du lotissement déjà viabilisé et non raccordable gravitairement au décanteur.

### 3- 2. L'exemple de la Région Parisienne

Dans la région Parisienne, une récupération des eaux pluviales provenant d'une ZAC, de la voirie et d'une zone résidentielle (bassin versant de 33 ha) a été mise en place (Fig. 25). Un répartiteur de débit est placé en tête de traitement. Par débit de temps sec l'eau passe dans un ruisseau réaménagé puis dans une mare et termine son chemin dans une zone humide de 500m<sup>2</sup>. Par temps de pluie, l'eau est détournée vers un décanteur suivi un filtre planté de roseaux de 2500m<sup>2</sup>.

Après ce traitement, les eaux finissent dans la même zone humide que précédemment.

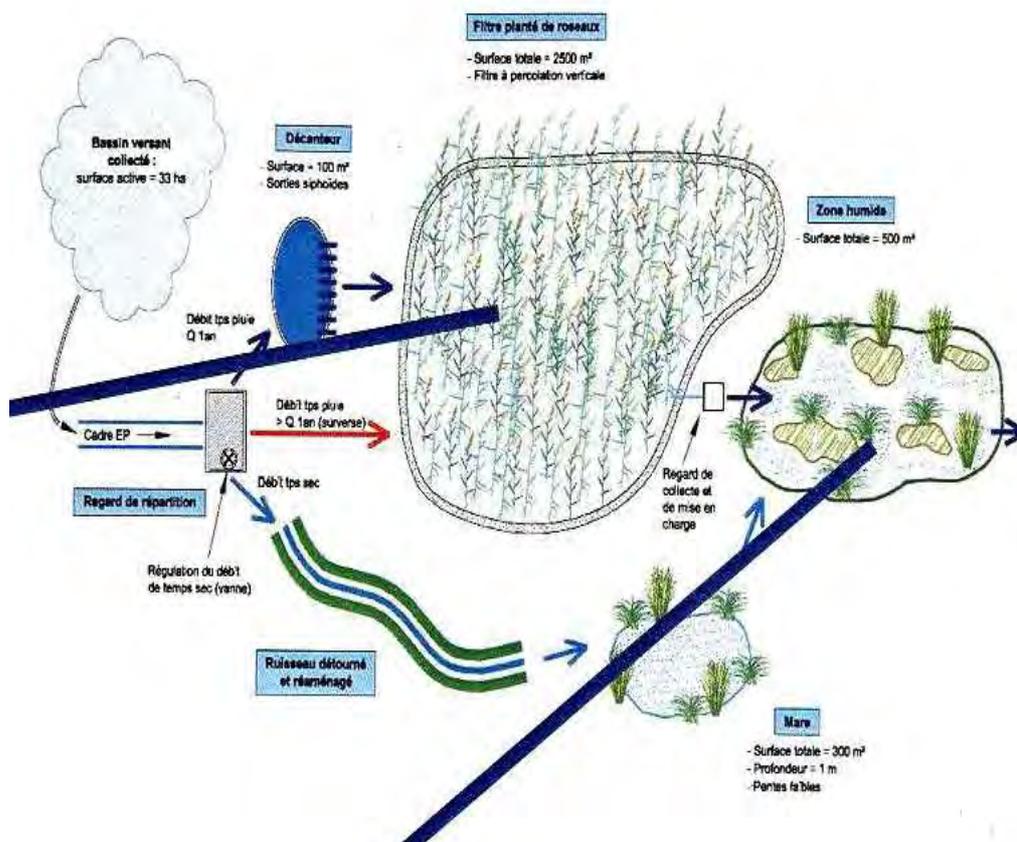


Figure 25 : Schéma du traitement mis en place dans la région Parisienne

### 3- 3. Le projet Segteup

Il existe un important projet de recherche expérimentale sur le site de Craponne (Communauté Urbaine du Grand Lyon) pour le traitement des eaux urbaines par temps de pluie. Un bassin de stockage alimente des filtres pilotes à écoulement vertical. Ils permettent de tester différentes conceptions de traitement des eaux pluviales à grande échelle.



Figure 26 : Schéma du projet expérimental Segteup à Craponne

### 4-Le devenir des polluants

Pour s'assurer que les Pratiques de Gestion Optimales (PGO) demeurent efficaces à long terme, il est essentiel que les sédiments qui s'accumuleront soient nettoyés périodiquement. La fréquence dépend de plusieurs facteurs, incluant :

- Le type de PGO
- Le volume de stockage disponible
- Les caractéristiques du bassin versant tributaire
- Certaines pratiques municipales

Pour les bassins secs ou avec retenue permanente et les marais, un curage est généralement requis après 5 à 7 ans dans la cellule de prétraitement et, pour la totalité du bassin ou du marais, tous les 20 à 50 ans [EPA, 2004]. Pour des fossés engazonnés, le curage doit avoir lieu tous les 5 ans ou lorsque nécessaire [EPA, 2004]. Le manuel de l'Ontario [MOE, 2003] fournit une méthodologie détaillée pour l'estimation des accumulations. Des mesures [SWAMP, 2005] ont permis de valider ces estimations, qui sont du même ordre de grandeur que les valeurs données par l'EPA (2004).

### III- Intégration socio-économique des techniques

La gestion des eaux pluviales est un enjeu majeur pour ces prochaines années et elle est de la responsabilité de tous. Les règles majeures et les solutions techniques sont plutôt simples, mais doivent être considérées dès le début d'un projet pour une meilleure intégration et un moindre coût.

#### 1- Entretien et maintenance des ouvrages

##### 1- 1. Sécurité des ouvrages d'infiltration

L'exemple de la ville de Lyon, largement en avance en matière de gestion intégrée des eaux pluviales, permettra d'illustrer le propos. Lyon possède des ouvrages d'infiltration depuis trente ans et veille à la compatibilité avec la qualité de la ressource hydrique. Plusieurs sites ont été expérimentés depuis maintenant dix ans et les résultats de ces recherches ont conduit à édicter quelques règles.

- *Profondeur de l'infiltration par rapport à la nappe* : une hauteur de 2 mètres est recommandée entre la surface d'infiltration (fond vide du puits ou fond du bassin) et la nappe souterraine. La hauteur minimale est de 1 mètre, avec des précautions préalables (filtration et réduction de la vitesse d'infiltration à 1m/h au maximum).
- *Traitement des petites pluies* : les débits de fuite des ouvrages de rétention sont parfois importants et ces derniers ne retiennent pas les petites précipitations très fréquentes. Dans ce cas, les pluies et leur pollution sont infiltrées directement. Pour traiter la pollution, il est nécessaire de disposer de deux compartiments de rétention, le premier ayant pour vocation de traiter la pluie annuelle avec un débit de fuite limité.
- *Conception et entretien des ouvrages* : des systèmes de filtres composés de sable grossier sont placés sur les bassins d'infiltration et dans les puits sur une épaisseur de 50 centimètres. L'entretien des ouvrages consiste à remplacer les filtres qui seront traités en fonction de la nature des pollutions. Le renouvellement des puits d'infiltration doit être prévu tous les 3 à 5 ans, alors que le renouvellement des fonds de bassins d'infiltration est nécessaire tous les 20 à 30 ans sauf en cas de pollution accidentelle.

En plus de ces quelques règles, certains principes doivent être respectés. C'est le cas de *l'interdiction des rejets par injection* : l'infiltration directe dans la nappe est interdite (puits d'injection). Elle doit systématiquement être supprimée au profit d'ouvrages plus superficiels (tranchées drainantes, noues, fossés, bassins, etc.).

De plus, aucune *surverse de sécurité* vers le réseau n'est acceptée, qu'il soit unitaire ou séparatif. En effet, si les systèmes de rétention débordent, le réseau collectif sera lui aussi en surcharge et ne pourra accepter aucun débit supplémentaire. Par ailleurs, la mise en place d'un trop-plein vers un réseau unitaire pourrait entraîner des retours d'eaux usées vers les ouvrages de rétention. Cependant, tout ouvrage de rétention d'eaux pluviales doit disposer d'une surverse adaptée en surface vers des secteurs à moindre vulnérabilité.

### 1- 2. Aménagement intégré

Les ouvrages extensifs se rapprochent fortement des processus naturels. Ainsi, ils peuvent se confondre avec des espaces naturels en milieu urbain. Il est alors important de tenir compte de l'environnement et des différents usages des ouvrages lors de leur aménagement. Il existe deux types d'aménagements intégrés :

- Ceux dont la conception est en cohérence avec le paysage urbain (bâtiments, parkings, voiries et trottoirs) ou naturel (parcs et jardins urbains) ;
- Ceux qui doivent assurer plusieurs fonctions : stocker l'eau, permettre des usages compatibles avec l'environnement, diversifier le paysage urbain ou encore son animation.

Ces ouvrages ont aussi une fonction technique. On dit souvent que la technique est une artificialisation du milieu naturel : contre-nature, elle peut être tenue responsable des crises environnementales. La nature devant être protégée des activités anthropiques, ces ouvrages, qui rendent floues les limites entre nature et artifice, constituent un enjeu d'acceptation sociale. Si, pour le concepteur l'ouvrage est un artefact technique, pour le public urbain, il s'agit d'un espace naturel à conserver. Ce type d'ouvrage est ainsi moins victime du vandalisme.

L'entretien est aussi plus facile car il est plus régulier. Un quelconque dysfonctionnement sera toujours plus visible. Cependant, l'acceptation sociale peut être gênée : effets négatifs de la biodiversité, prolifération de moustiques ou d'autres nuisibles, odeurs, etc.

### 1- 3. Sécurité des ouvrages ouverts

Il n'existe pas de réglementation spécifique aux ouvrages des eaux pluviales : ces dispositifs, ouverts ou clôturés, relèvent de la responsabilité du propriétaire. Celui-ci doit prendre toutes les précautions pour prévenir des chutes accidentelles et assurer l'évacuation des personnes en cas de montée des eaux. Par exemple, à Lyon, les ouvrages sont signalés par des panneaux avec des inscriptions d'alerte. Une description plus complète de l'entretien et des coûts est présentée dans le tableau détaillé en *Annexe 1*.

#### 1- 4. Pérennité des techniques alternatives

Les techniques alternatives nécessitent un entretien régulier pour éviter les dysfonctionnements. Comme pour les techniques précédentes, il y a des règles à respecter.

- Conserver une trace de l'emplacement de l'ouvrage pour mieux le localiser le moment venu ;
- Ne jamais modifier les consignes de fonctionnement ;
- Ne pas changer le statut ou l'usage principal de l'ouvrage (ex : bassin devenant un étang de pêche) ;
- Surveiller le colmatage du système d'infiltration ;
- Ne jamais combler la rétention.

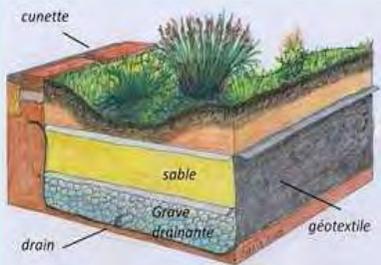
L'entretien des ouvrages doit être abordé dès la phase de conception, surtout lorsqu'il s'agit d'ouvrages collectifs. Pour assurer une surveillance et un entretien régulier, il convient de remettre aux gestionnaires les plans de l'installation et un dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage (DIUO).

De manière générale, l'entretien consiste à limiter les risques de colmatage liés à deux causes principales.

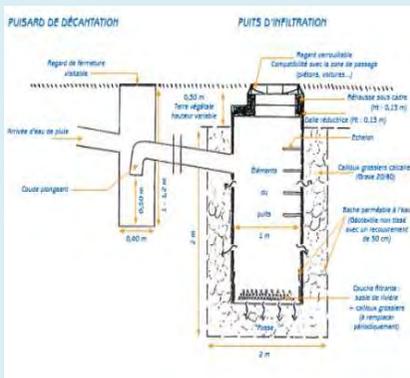
- Particules fines provenant des revêtements poreux, des chaussées à structure réservoir ou des tranchées drainantes
- Chute de végétaux (les feuilles mortes et les mousses peuvent colmater les massifs filtrants ou l'évacuation des trop-pleins)

Pour les techniques alternatives superficielles (toitures, citernes, noues, fossés, bassins de rétention à ciel ouvert, etc.), il est généralement simple de remédier au colmatage. Pour les autres procédés, des machines peuvent être utilisées (aspirateurs dans le cas des revêtements poreux et chaussées à structure réservoir). Quand un ouvrage enterré muni d'un massif filtrant est colmaté, il convient de reprendre l'ouvrage dans sa totalité. Des ouvrages de prétraitement efficaces en amont sont donc nécessaires.

Il semble prématuré de proposer des durées de vie vu le faible retour d'expérience. De plus, les conditions environnementales et la mise en œuvre ne sont pas les mêmes d'un site à l'autre. En revanche, la durée de vie se situe entre 20 et 50 ans.

TECHNIQUE	SCHÉMA / PHOTO	PRÉCAUTIONS D'EMPLOI	SURVEILLANCE / ENTRETIEN	COÛT
<p><b>Fossé et noue</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cloisonnements le long de la noue pour optimiser le volume de stockage.</li> <li>- Mise en place des équipements d'interception, et imperméabilisation des ouvrages en cas de zones à risques.</li> <li>- Éviter le salage des voiries raccordées sur les noues ou choisir des espèces végétales résistantes.</li> </ul>	<p>2 visites d'entretien par an au minimum :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entretien de la végétation et nettoyage des ouvrages de vidange et de régulation.</li> <li>- Curage exceptionnel si pollution accidentelle.</li> </ul>	<p>Terrassements + géotextile + drain + végétalisation : 60 €/m<sup>3</sup> (hors ouvrages type regards, avaloirs, régulation, ...)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Limiteur de débit type Vortex : 2000 à 3000 €/unité.</li> </ul>
<p><b>Bassin sec ou en eau</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôler l'étanchéité.</li> <li>- Prévoir une gestion écologique : surveillance régulière de la qualité de l'eau, de la faune et de la flore.</li> <li>- Mettre en place des équipements d'interception et/ou imperméabiliser les ouvrages en cas de risque de pollution accidentelle.</li> </ul>	<p>2 visites d'entretien par an :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nettoyage des ouvrages de vidange et de régulation.</li> <li>- Surveillance plus fréquente de la qualité de l'eau (développement d'algues, dépôts)</li> <li>- Curage exceptionnel en cas de pollution accidentelle</li> </ul>	<p>Bassin : terrassements + évacuation + géotextile + drain + végétation : 100 €/m<sup>3</sup> (hors ouvrages type regards, avaloirs, régulation, ...)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Limiteur de débit type Vortex : 3000 €/unité</li> </ul>

## Puits d'infiltration



- L'accès au puits doit être sécurisé : utiliser un regard en fonte lourde verrouillé.
- Installer le puits dans la partie basse du terrain et à une distance des habitations au moins égale à la profondeur de ce puits.
- Éviter la proximité de végétaux importants.
- Installer un puisard de décantation avant le puits.

- Le puits doit rester facilement accessible pour son contrôle périodique et son entretien régulier.
- Nettoyer le puits deux fois par an (de préférence après la chute des feuilles)
- Renouveler la couche filtrante dès que vous remarquez qu'il reste de l'eau dans le puisard 24 heures après une pluie.

Fouritures seules : 350 à 600 €  
Fouritures et pose : 900 à 1300 €

## Espace public inondable

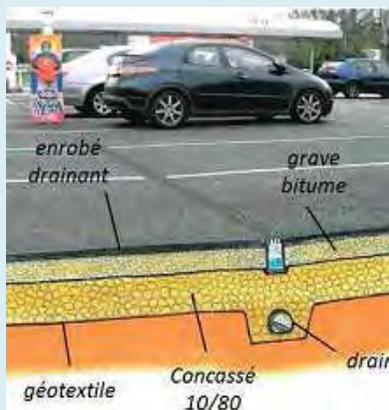


- Mettre en place des équipements de prétraitement afin de limiter les apports de fines sur l'espace et assurer son accessibilité et sa remise en fonctionnement complète après la pluie.
- Définir la fréquence et les hauteurs d'inondation acceptables en fonction des usages de l'espace.
- Informer les riverains sur l'inondabilité du site et son fonctionnement par temps de pluie.

- Visite d'entretien mensuelle : nettoyage des ouvrages d'alimentation et de vidange.

- Équipements classiques d'assainissement : grilles avaloirs, regards, canalisations de collecte
- Limiteur de débit de type vortex : 3000 €/unité

## Tranchée drainante



- Installer des systèmes de prétraitement en amont pour éviter le colmatage de la structure.
- Installer un séparateur à hydrocarbures ou une vanne de coupure, imperméabiliser les ouvrages en cas de risque de pollution accidentelle.
- Interdire le balayage, proscrire le sablage et les fondants chimiques sur les enrobés poreux afin d'éviter leur colmatage.
- Période hivernale : utiliser sels

- Entretien régulier de la surface des ouvrages : ramassage des végétaux et déchets, aspiration sur les voiries (pour les enrobés une fois par semaine à une fois par mois selon le trafic)
- Curage / nettoyage des équipements d'alimentation, de vidange, de prétraitement tous les 6 mois

- Tranchée + géotextile + drain + graves : de 80 €/m<sup>3</sup> à 240 €/m<sup>3</sup> stocké (hors revêtement de surface, ouvrages type regards, avaloirs, régulation)
- Limiteur de débit type Vortex ≈ 2000 à 3000 €/unité
- Structures modulaires : plus de 300 €/m<sup>3</sup>

## Toiture terrasse



- Vérifier les charges portantes si l'implantation se fait sur une toiture existante.
- Assurer une bonne étanchéité de la toiture.

Deux visites d'entretiens annuels.

En fonction des aménagements réalisés en toiture et des conditions d'accessibilité à la toiture : de 7 à 30 €/m<sup>2</sup>.

## Toiture végétalisée



- Dimensionner les structures de bâti en fonction du type de toiture choisi ou vérifier les charges portantes dans le cas d'une implantation sur un bâti existant
- Assurer une bonne étanchéité de la toiture
- Pour des toitures intensives, privilégier la mise en place d'espèces végétales ne nécessitant ni arrosage ni entretien (exemple : sédums)

- Deux visites d'entretien par an en fin d'automne et début d'été
- Entretien paysager si nécessaire (désherbage, arrosage en période sèche...)

En fonction des surfaces de toiture, des pentes, de la végétalisation choisie, des conditions d'accessibilité et des éventuels travaux de renforcement de la structure.

- Toiture extensive : étanchéité anti-racine + géotextile + couche de drainage + substrat + végétalisation + 1<sup>ère</sup> visite de contrôle ≈ 45 à 100 €/m<sup>2</sup>
- Terrasse jardin ≈ 150 à 300 €/m<sup>2</sup>

## 1- 5. Récupération des eaux pluviales

Les ouvrages extensifs permettent de récupérer les eaux pluviales, généralement pour l'arrosage gravitaire des espaces verts. Cependant, afin de ne pas aggraver les conditions d'étiage des cours d'eau et des nappes, il convient parfois de restituer les eaux pluviales au milieu naturel selon la saison.

La réutilisation est contrôlée par la Direction Générale de la Santé et par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique, qui mettent l'accent sur les risques sanitaires : « La France dispose d'un service d'alimentation en eau potable des particuliers d'excellente qualité. L'introduction d'eaux pluviales dans les habitations est un retour en arrière en ce qui concerne la salubrité publique et l'exposition aux risques sanitaires. Les retours d'expériences récents, notamment dans le Nord de la France et en Belgique, sont assez alarmants sur ce point ».

L'utilisation d'eaux pluviales dans les bâtiments ne sera donc autorisée que par dérogation préfectorale dans des cas de pénurie d'eau avérée.

## 2- Coûts

L'expérience montre que, pour un même niveau de protection, les techniques alternatives nécessitent des investissements moindres que les solutions traditionnelles. De plus, leur plurifonctionnalité minimise le coût global et les coûts d'entretien. Soulager les réseaux de collecte permet également de réduire les investissements en épuration et les dégâts dus aux débordements. Les fiches techniques présentées en *Annexe 1* décrivent chaque ouvrage.

## 3- Intégration paysagère et acceptation sociale

Les ouvrages extensifs se caractérisent par leur proximité avec les milieux naturels. Ces ouvrages peuvent se confondre avec de véritables objets de nature (les arbres, les parcs, mais aussi les plans d'eau, etc.) autant d'objets « cultivés » pour diverses raisons, en territoires urbanisés. Ces ouvrages participent à des formes d'artificialisation d'écosystèmes et procèdent ainsi paradoxalement des modalités de réintroduction de la nature en ville (processus de renaturation).

Ainsi constitués, ces ouvrages introduisent des nouveautés techniques qui sont très différentes des pratiques habituelles des acteurs assurant la gestion des eaux de pluies. Ces ouvrages impliquent des conceptions, des processus de fabrication, des modalités de maintenance différentes. Les publics urbains confrontés à ces nouveaux objets sont également face à des « nouveautés » et peuvent projeter sur ces objets des registres de significations très variables et en tout cas différents de ceux qui sont réservés aux ouvrages traditionnels. Cette distance avec les habitudes implique un processus d'adoption que la recherche doit participer à décrire et à comprendre.

Comme nous l'avons souligné précédemment au paragraphe 1-2., ces ouvrages peuvent devenir un enjeu d'acceptabilité sociale, tant du point de vue des acteurs engagés dans la fabrication, que du point de vue des publics urbains :

- Pour les uns ce type d'ouvrages reste un objet technique et le prix de l'adoption passe par la maîtrise des processus d'artificialisation (c'est-à-dire aussi de contrôle) des objets de nature requit pour assurer la fonction technique
- Pour les autres, ce type d'ouvrages reste un objet de nature qu'il faut d'une manière ou d'une autre protéger des agissements anthropiques et dont il convient de conserver au mieux les caractéristiques naturelles. De nombreuses ambiguïtés peuvent également limiter le processus d'adoption, notamment si la nature ainsi récréée et conservée réinternalise des « problèmes » externalisés jusque-là, comme les effets négatifs de la biodiversité, ou la gestion « naturelle » de la flore et de la faune, des odeurs, etc. (réintroduction d'une nature non domestiquée)

## CONCLUSION

Les eaux pluviales sont polluées. Qualité et quantité dépendent de leur localisation et de l'intensité de l'évènement. Il convient donc de les gérer et de les traiter.

En France, après quarante ans d'expérience, la gestion à la source des eaux pluviales n'est ni systématique, ni obligatoire. Chaque collectivité choisit son mode de gestion et, dans le cas d'une gestion à la source, les méthodes dépendent du contexte local. La gestion de l'eau est donc essentiellement une question de concertation locale à l'échelle du bassin versant.

Malgré une réticence des élus à financer la gestion à la source, les ouvrages de traitement et de rétention se multiplient, généralement basés sur une filtration ou une décantation. On tente aujourd'hui d'établir des indices pour quantifier les filières et déterminer les mieux adaptées. Si les performances des ouvrages de rétention et décantation sont bien connues, le devenir des polluants et leur élimination au cours du temps restent encore mal analysés.

Néanmoins, les différents ouvrages existants ont démontré l'intérêt de gérer les eaux pluviales à la source. En effet, dans un environnement urbain, la plurifonctionnalité des ouvrages favorise l'acceptation des riverains. De plus, ce type de gestion assure des économies significatives.

Ainsi, la gestion des eaux pluviales à la source, bien que très spécifique à chaque site, devient un enjeu de plus en plus important.

## BIBLIOGRAPHIE

### Problématique des eaux pluviales

- ✓ <http://www.eaufrance.fr>  
Réglementation française sur l'eau
- ✓ <http://www.developpement-durable.gouv.fr>  
Réglementation française eau et assainissement
- ✓ [http://www.graie.org/graie/graiedoc/doc\\_telech/actesynteses/Semloi/loi3DLEactes.pdf](http://www.graie.org/graie/graiedoc/doc_telech/actesynteses/Semloi/loi3DLEactes.pdf)  
La constitution et l'instruction des dossiers loi sur l'eau sur les ouvrages et rejets d'assainissement pluvial, 3ème séminaire d'échange régional sur l'application de la réglementation dans le domaine de l'eau, GRAIE, 12 Janvier 2006
- ✓ [http://www.graie.org/graie/graiedoc/doc\\_telech/actesynteses/JNASS/jnass03actes.pdf](http://www.graie.org/graie/graiedoc/doc_telech/actesynteses/JNASS/jnass03actes.pdf)  
La ville et son assainissement : Principes, méthodes et outils pour une meilleure intégration dans le cycle de l'eau, GRAIE & ASTEE, Conférence nationale, 23 octobre 2003, Lyon
- ✓ [http://www.graie.org/graie/graiedoc/doc\\_telech/guidepurba.pdf](http://www.graie.org/graie/graiedoc/doc_telech/guidepurba.pdf)  
Guide pour la prise en compte des eaux pluviales dans les documents de planification et d'urbanisme, Document rédigé par le groupe de travail régional sur la prise en compte des eaux pluviales à l'échelle des bassins versants Animé par le GRAIE, janvier 2009
- ✓ <http://droit-finances.commentcamarche.net/legifrance/33-code-general-des-collectivites-territoriales/77591/eau-et-assainissement>  
Code Général des Collectivités territoriales
- ✓ <http://www.agroparistech.fr/IMG/pdf/Guelzim.pdf>
- ✓ Limitation des débits d'eaux pluviales en zones urbanisées : Quelles valeurs ? Sur la base de quels critères ? Que dit la législation ?, Synthèse Technique, Mouad Guelzim, École nationale du génie rurale des eaux et des forêts, janvier 2007
- ✓ La qualité de l'eau et l'assainissement en France, Rapport du Sénat, un site au service des citoyens
- ✓ [http://www.cete-sud-ouest.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport\\_cle291d25.pdf](http://www.cete-sud-ouest.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport_cle291d25.pdf)  
Dépollution des eaux pluviales : Quels dispositifs pour une stratégie optimisée ?, Mémoire de fin d'études, Hélène Hache, Septembre 2000
- ✓ Pollution des eaux pluviales urbaines en réseau d'assainissement unitaire, rapport de thèse 1998, M.C. GROMAIRE MERTZ

### Les techniques de traitement

- ✓ Potentiel écologique d'un ouvrage de rétention et de filtration des eaux pluviales sur une opération de 172 hectares (Reims), Grégoire Jost, Emmanuel Gaulme, Bruno Ricard, Stéphane Lanthier, Alain Jaquinet, Analyse de la genèse du projet, Novatech 2010
- ✓ Traitement des eaux urbaines de temps de pluie par filtres plantés de roseaux à écoulement vertical : approche globale du projet de recherche Segteup, Pascal Molle, Gislain Lipeme Kouyi, Jean-Yves Toussaint, Stéphane Troesch, Dirk Esser, Sophie Vareilles, Stephanie Guillermand, Novatech 2010

- ✓ Comment réguler et traiter les eaux pluviales, CO.BA.H.M.A. / C.L.E. Bassin Versant de la Mauldre, Cahier d'Application
- ✓ Etat de l'art sur la gestion urbaine des eaux pluviales et leur valorisation - Tendances d'évolution et technologies en développement, B. Chocat, assisté de M. Abirached, D. Delage, J.A. Faby, Office International de l'Eau, Convention ONEMA-OIEau, Juillet 2008
- ✓ Etude de faisabilité d'un projet par marais filtrant dans le bassin versant Ennery-Quinte en Haïti, Jonia Joseph, Centre Universitaire de Formation en Environnement-Université de Sherbrooke au Québec, 18 Juillet 2011
- ✓ Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality : A review, JustynaCzemiellBerndtsson, Avril 2010
- ✓ <http://www.graie.org/segteup>  
ProjetSegteup
- ✓ <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/pluviales/chap11.pdf>  
Les pratiques de gestion optimales des eaux pluviales
- ✓ <http://www.crit.archi.fr/produits%20innovants/FICHES/Impermeabilisation/technique.html>  
Le Centre de Ressources et d'Informations Techniques, service créé par l'École d'Architecture de Nancy en partenariat avec l'École d'Architecture de Strasbourg
- ✓ [http://app.bruxellesenvironnement.be/guide\\_batiment\\_durable/\(S\(pnmngc452sate5455zzfa3bv\)\)/docs/EAU01\\_FR.pdf](http://app.bruxellesenvironnement.be/guide_batiment_durable/(S(pnmngc452sate5455zzfa3bv))/docs/EAU01_FR.pdf)  
Guide pratique pour la construction et la rénovation durable de petits bâtiments, Gérer les eaux pluviales sur la parcelle
- ✓ [http://www.eau-rhinmeuse.fr/tlch/procedes\\_epuration/F11\\_filtres%20plantes\\_de\\_roseaux\\_a\\_ecoulement\\_horizontal.pdf](http://www.eau-rhinmeuse.fr/tlch/procedes_epuration/F11_filtres%20plantes_de_roseaux_a_ecoulement_horizontal.pdf)  
Fiche Technique de l'Agence de l'Eau Rhin Meuse, Filtres plantés de roseaux à écoulement horizontal
- ✓ [http://www.eau-rhin-meuse.fr/tlch/procedes\\_epuration/F10\\_filtres\\_plantes\\_de\\_roseaux\\_a\\_ecoulement\\_vertical.pdf](http://www.eau-rhin-meuse.fr/tlch/procedes_epuration/F10_filtres_plantes_de_roseaux_a_ecoulement_vertical.pdf)  
Fiche Technique de l'Agence de l'Eau Rhin Meuse, Filtres plantés de roseaux à écoulement vertical
- ✓ [http://colleges.planete-tp.com/IMG/pdf/fiche\\_ressource\\_no2\\_cle83658a.pdf](http://colleges.planete-tp.com/IMG/pdf/fiche_ressource_no2_cle83658a.pdf)  
Le lagunage naturel

## Intégration socio-économique des techniques

- ✓ [www.essonne.fr](http://www.essonne.fr), Eaux pluviales urbaines « Une gestion à la source contre les inondations et les pollutions », Conseil général de l'Essonne
- ✓ [www.adopta.fr](http://www.adopta.fr), ADOPTA « La gestion durable des eaux pluviales », Fiche technique, en collaboration avec l'agence de l'eau Artois Picardie
- ✓ [pascal.molle@cemagref.fr](mailto:pascal.molle@cemagref.fr), Cemagref, Freshwater Systems, Ecology and Pollution Research unit
- ✓ [www.grandlyon.com](http://www.grandlyon.com), Guide pratique de l'aménagement et des eaux pluviales sur le territoire du Grand Lyon, Communauté urbaine de Lyon, Direction de l'Eau
- ✓ Revue « Dans le cycle des conférences », « Aménagement et eaux pluviales pour des opérations durables », 12 juin 2008

## ANNEXE

Annexe 1 : Noue paysagère.....	42
Annexe 2 : Bassin paysager sec ou en eau.....	43
Annexe 3 : Espace public inondable.....	44
Annexe 4 : Tranchée drainante et structure réservoir.....	45
Annexe 5 : Toitures terrasses stockantes ou végétalisées.....	46
Annexe 6 : Puits d'infiltration.....	48
Annexe 7 : Tranchée drainante.....	50
Annexe 8 : Noue.....	52
Annexe 9 : Structure réservoir avec revêtement classique.....	55
Annexe 10 : Structure réservoir avec revêtement poreux.....	57
Annexe 11 : Toiture « verte ».....	59

# Fiche 1 : noue paysagère

## Présentation

La noue est un modelé de terrain, souvent sous forme d'un fossé large et peu profond, généralement végétalisé, qui permet de collecter ou de stocker l'eau de pluie.

Le profil en travers est en pente douce.

L'alimentation de la noue se fait par ruissellement direct ou par canalisations/avaloirs et sa vidange par infiltration ou à débit régulé.



Parking de centre commercial

© DEW-CG97



Coupe schématique d'une noue

## Avantages

- Intégration aux profils de voirie, aux zones de stationnement, aux espaces verts
- Valorisation paysagère
- Peu de technicité et faible coût à la réalisation et à l'exploitation
- Dépollution des eaux pluviales par filtration et décantation
- Réalisation par phases, en fonction du développement de l'aménagement

## Précautions et recommandations

- Créer des cloisonnements le long de la noue pour optimiser le volume de stockage dans le cas d'un profil en long pentu
- Mettre en place des équipements d'interception (séparateur à hydrocarbures, vanne) et/ou imperméabiliser les ouvrages en cas de zone à risques (camions, zones de stockage d'hydrocarbures, ...)
- Éviter le salage des voiries raccordées sur les noues ou choisir des espèces végétales résistantes

## Surveillance et entretien

- Deux visites d'entretien par an au minimum : entretien de la végétation et nettoyage des ouvrages de vidange et de régulation
- Curage exceptionnel si pollution accidentelle

## Coût : en fonction des dimensions de la noue et des conditions de mise en œuvre

- Terrassements + géotextile + drain + végétalisation : 60 €/m<sup>3</sup> (hors ouvrages type regards, avaloirs, régulation, ...)
- Limiteur de débit type Vortex : 2000 à 3000 €/unité

# Fiche 2 : bassin paysager sec ou en eau

## Présentation

Le bassin paysager est un espace végétalisé peu profond, perméable ou étanche, qui permet de stocker les eaux de pluie.

Le bassin peut conserver un espace en eau, permettant de lui associer une valorisation écologique.

L'alimentation se fait par ruissellement direct ou par canalisations/avaloirs et sa vidange par infiltration ou à débit régulé vers l'aval.



Bassin paysager en eau – Mairie de Marcoussis

© SIVOA



Bassin paysager inondable – Jardin des Artistes à Noisy-le-Grand

## Avantages

- Intégration dans les espaces verts ou les giratoires
- Possibilité de superposition de la fonction hydraulique avec un espace paysager ou écologique (zone humide) et de loisirs (bassin sec)
- Peu de technicité et faible coût à la réalisation et à l'exploitation pour le bassin sec
- Dépollution des eaux pluviales par filtration et décantation

## Précautions et recommandations

- Contrôler l'étanchéité (bassin en eau)
- Prévoir une gestion écologique du bassin en eau : compétences spécifiques et surveillance régulière de la qualité de l'eau, de la faune et de la flore
- Mettre en place des équipements d'interception (séparateur à hydrocarbures, vanne) et/ou imperméabiliser les ouvrages en cas de risque de pollution accidentelle

## Surveillance et entretien

- Deux visites d'entretien par an au minimum : faucardage et nettoyage des ouvrages de vidange et de régulation
- Surveillance plus fréquente de la qualité de l'eau (développement d'algues, dépôts) pour le bassin en eau
- Curage exceptionnel en cas de pollution accidentelle

## Coût : en fonction des dimensions du bassin et des conditions de mise en œuvre

- Bassin : terrassements + évacuation + géotextile + drain + végétation : 100 €/m<sup>3</sup> (hors ouvrages type regards, avaloirs, régulation, ...)
- Limiteur de débit type Vortex : 2000 à 3000 €/unité

# Fiche 3 : espace public inondable

## Présentation

L'aménagement consiste à créer une zone de stockage des eaux pluviales par inondation temporaire de tout ou partie d'un espace public (place, aire de jeux, terrain de sport).

L'alimentation se fait par ruissellement direct ou avaloirs et la vidange par infiltration ou à débit régulé vers l'aval.



Placette inondable à Villemeisson-sur-Orge

© DENV-CG97



La Saussaie à Saint-Denis

© Composante Urbaine

## Avantages

- Intégration dans les espaces verts
- Superposition de la fonction hydraulique avec la fonction initiale de l'espace public (place, aire de jeux, terrain de sport)
- Possibilité de connexion avec un bassin de stockage enterré :
  - . soit pour les pluies courantes, afin de retarder l'inondation de l'espace public,
  - . soit pour les pluies importantes afin de limiter le volume de stockage sur l'espace public,
  - . soit en vue de la réutilisation des eaux pluviales pour l'arrosage des espaces verts ou le nettoyage des voiries

## Précautions et recommandations

- Mettre en place des équipements de prétraitement afin de limiter les apports de fines sur l'espace et assurer son accessibilité et sa remise en fonctionnement complète après la pluie
- Définir la fréquence et les hauteurs d'inondation acceptables en fonction des usages de l'espace
- Informer les riverains sur l'inondabilité du site et son fonctionnement par temps de pluie

## Surveillance et entretien

Visite d'entretien mensuelle : nettoyage des ouvrages d'alimentation et de vidange

## Coût :

- Équipements d'assainissement classiques : grilles avaloirs, regards, canalisations de collecte
- Limiteur de débit de type vortex : 2000 à 3000 €/unité

# Fiche 4 : tranchée drainante et structure réservoir

## Présentation

La tranchée drainante est remplie de gravas poreuses ou de matériau de déconstruction permettant d'infiltrer ou réguler les eaux pluviales. Elle est alimentée par infiltration à travers un revêtement poreux en surface (végétalisation, graviers, pavés, enrobé, ...) ou par canalisations/avaloirs.

En cas de fortes contraintes d'implantation, il est possible de remplacer ces matériaux de remplissage par des structures de stockage alvéolaires ou modulaires. La vidange se fait par infiltration ou à débit régulé vers l'aval.

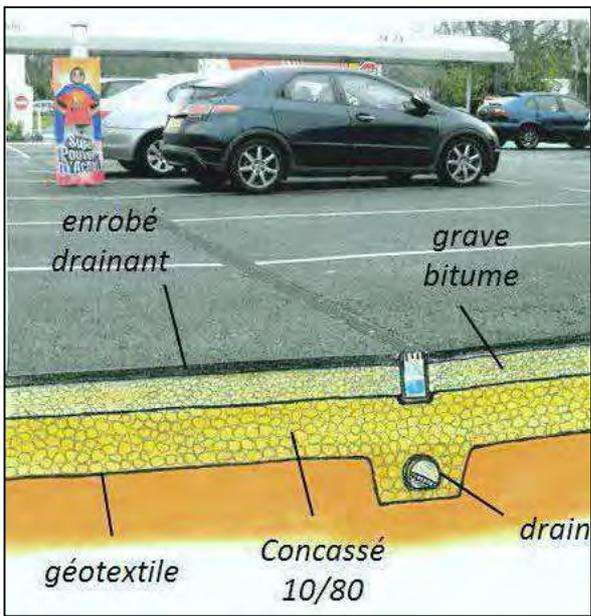


Schéma de principe d'une structure drainante sous parking

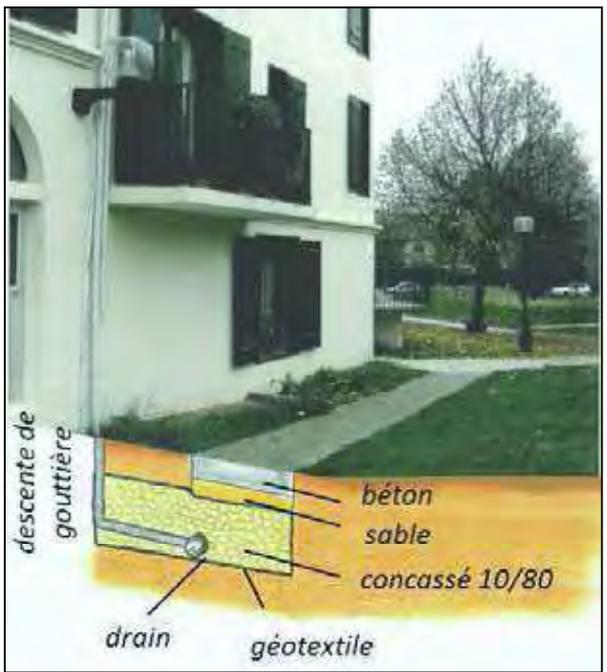


Schéma de principe d'une tranchée drainante pour une gestion à la parcelle

## Avantages

- Bien adaptée pour une gestion à la parcelle
- Implantation possible sous tout type de surface : espace vert, trottoir, piste cyclable, stationnement, chaussée, place urbaine...
- Peu de technicité et faible coût à la réalisation et à l'exploitation
- Bonnes propriétés mécaniques
- Bonne dépollution des eaux pluviales par décantation

## Précautions et recommandations

- Vérifier la provenance et la nature des matériaux utilisés (respect des principes de conception)
- Installer des systèmes de pré-traitement en amont pour éviter le colmatage de la structure
- Installer un séparateur à hydrocarbures ou une vanne de coupure, imperméabiliser les ouvrages en cas de risque de pollution accidentelle
- Interdire le balayage, proscrire le sablage et les fondants chimiques sur les enrobés poreux afin d'éviter leur colmatage.
- En période hivernale, utiliser seulement des sels de classe A

## Surveillance et entretien

- Entretien régulier de la surface des ouvrages : ramassage des végétaux et déchets, aspiration sur les voiries (pour les enrobés une fois par semaine à une fois par mois selon le trafic)
- Curage / nettoyage des équipements d'alimentation, de vidange, de pré-traitement tous les 6 mois

## Coût : en fonction des dimensions de la tranchée, des conditions de mise en œuvre, du revêtement de surface

- Tranchée + géotextile + drain + gravas : de 80 €/m3 à 240 €/m3 stocké (hors revêtement de surface, ouvrages type regards, avaloirs, régulation)
- Limiteur de débit type Vortex ≈ 2000 à 3000 €/unité
- Structures modulaires : plus de 300 €/m3

# Fiche 5 :

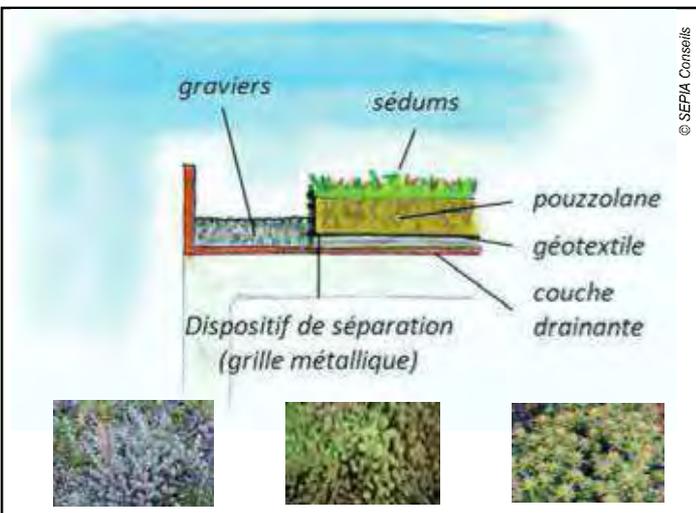
## Toitures terrasses stockantes ou végétalisées

Le choix de mettre en place une toiture stockante, terrasse ou végétalisée, repose sur plusieurs facteurs :

- l'intégration paysagère,
- le gain énergétique et phonique,
- l'implantation d'installations de climatisation, chauffage ou autre en toiture nécessitant de laisser accessible la toiture,
- les prescriptions hydrauliques en aval de la toiture : obligation de réguler tous les évènements pluvieux ou réduction des volumes rejetés annuellement.



Toiture végétalisée d'un collège



Coupe schématique de toiture végétalisée et exemples de sédums utilisés

**Les toitures terrasses stockantes et les toitures végétalisées sont des aménagements à ne pas confondre, répondant à des objectifs différents.**

En effet, les normes constructeurs ne permettent pas actuellement de coupler une toiture végétalisée à un dispositif de régulation du débit de rejet. La régulation et la quantité d'eau retenue puis évaporée par la toiture végétalisée dépend seulement de ses caractéristiques (notamment type de végétation).

Les performances hydrauliques de la toiture végétalisée sont donc à évaluer au cas par cas tandis qu'elles sont parfaitement calibrées pour une toiture stockante dont c'est le seul objectif.

	Toiture terrasse stockante	Toiture végétalisée
Valorisation paysagère	non	Dépend des espèces végétales choisies
Amélioration des isolations thermique et phonique	non	oui
Possibilité de mise en place sur toiture accessible	non	oui
Gestion des eaux pluviales par régulation du débit	oui (crépine calibrée)	Selon le type de végétation et la saison
Gestion des eaux pluviales par évapotranspiration	non	oui sauf en hiver
Entretien	2 fois par an	2 fois par an ou + selon les espèces végétales choisies
Difficulté de mise en œuvre	facile	moyenne



## Toiture terrasse stockante

## Toiture végétalisée

### Présentation

L'eau de pluie est stockée sur quelques centimètres sur le toit puis vidangée à débit limité vers l'aval (vers le réseau, le milieu superficiel ou un ouvrage de stockage en pied de bâtiment).  
Les matériaux et techniques sont variables selon l'accessibilité, la protection de la toiture, la technique d'isolation, le support.

### Présentation

La toiture est constituée de trois couches : végétation, substrat, couche drainante.  
L'eau de pluie est absorbée par la végétation présente sur la toiture (évapo transpiration) et/ou restituée vers l'aval par la couche drainante et le substrat selon son état de saturation.  
Les toitures végétalisées sont de type extensif « tapis végétal », semi-extensif ou intensif « terrasse-jardin », selon l'épaisseur du substrat et le type de végétation.  
L'intégration est possible sur tout type de toiture, plate ou en pente.  
Les matériaux et techniques sont variables selon l'accessibilité, la protection de la toiture, la technique d'isolation, le support.

### Avantages

- Économie foncière
- Pas de surcharge induite par rapport aux dispositions constructives traditionnelles
- Peu de technicité et faible surcoût à la réalisation et à l'exploitation (équipement de vidange)

### Avantages

- Peu de technicité et faible surcoût à la réalisation et à l'exploitation pour une nouvelle structure
- Valorisation paysagère
- Développement de la bio-diversité
- Réduction des chocs thermiques et protection phonique supplémentaire dans le bâtiment (contribution éventuelle à des cibles HQE)
- Protection de l'étanchéité de la toiture

### Précautions et recommandations

- Vérifier les charges portantes si l'implantation se fait sur une toiture existante
- Assurer une bonne étanchéité de la toiture

### Précautions et recommandations

- Dimensionner les structures de bâti en fonction du type de toiture choisi ou vérifier les charges portantes dans le cas d'une implantation sur un bâti existant
- Assurer une bonne étanchéité de la toiture
- Pour des toitures intensives, privilégier la mise en place d'espèces végétales ne nécessitant ni arrosage ni entretien (exemple : sédums)

### Surveillance et entretien

Deux visites d'entretiens annuels

### Surveillance et entretien

- Deux visites d'entretien par an en fin d'automne et début d'été
- Entretien paysager si nécessaire (désherbage, arrosage en période sèche...)

### Coût

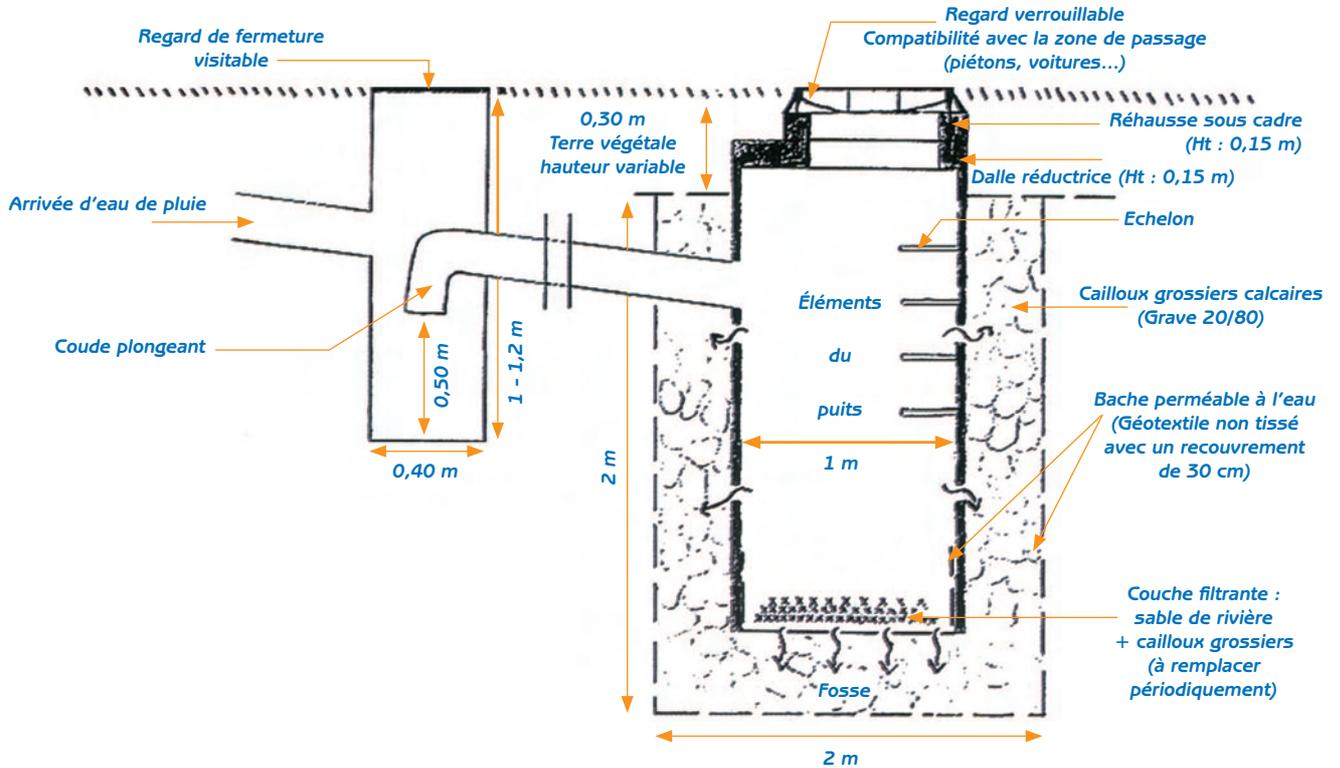
En fonction des aménagements réalisés en toiture et des conditions d'accessibilité à la toiture : de 7 à 30 €/m<sup>2</sup>

### Coût

En fonction des surfaces de toiture, des pentes, de la végétation choisie, des conditions d'accessibilité et des éventuels travaux de renforcement de la structure.  
- Toiture extensive : étanchéité anti-racine + géotextile + couche de drainage + substrat + végétation + 1ère visite de contrôle ≈ 45 à 100 €/m<sup>2</sup>  
- Terrasse jardin ≈ 150 à 300 €/m<sup>2</sup>

PUISARD DE DÉCANTATION

PUITS D'INFILTRATION



Choix des matériaux

- En grande surface du bricolage et de l'outillage :  
Tuyaux PVC, Matériaux filtrants, Puisard béton et PVC, Regard en fonte
- Chez un fabricant ou négociant de matériaux de construction :  
Géotextile et Éléments du puits

Fourchette de prix indicatifs

Fournitures seules => 350 à 600 €

Fournitures et Pose => 900 à 1300 €



# RENSEIGNEMENTS PRATIQUES

## IMPLANTATION - MISE EN ŒUVRE

- L'accès au puits doit être sécurisé : utiliser un regard en fonte lourde verrouillé.
- Installer le puits dans la partie basse du terrain et à une distance des habitations au moins égale à la profondeur de ce puits.
- Éviter la proximité de végétaux importants (les racines pourraient nuire au puits).
- Installer un puisard de décantation avant le puits, avec raccordement siphonide (coude plongeant en PVC) pour retenir les déchets, boues, flottants...
- Dans le cas de constructions neuves, construire le puits à la fin des travaux pour éviter le colmatage.
- Il est recommandé de se rapprocher d'un professionnel afin de connaître les règles de sécurité à appliquer.

## DIMENSIONNEMENT

- Le puits décrit sur cette brochure est donné à titre indicatif.
- Il est nécessaire de connaître les éléments suivants, afin d'établir le dimensionnement de l'ouvrage :
  - **SURFACE IMPERMÉABILISÉE** concernée
  - **PERMÉABILITÉ DES SOLS**

À défaut de connaître celle-ci, le volume du puits est obtenu sur la base d'une pluie de 50 l/m<sup>2</sup> en multipliant la surface imperméabilisée par 0,05 m.  
(Exemple pour une maison dont la toiture est de 100 m<sup>2</sup>, le volume utile sera de 100 x 0,05 = 5 m<sup>3</sup>).

## CONSEILS D'ENTRETIEN

- Le puits doit rester facilement accessible pour son contrôle périodique et son entretien régulier.
- Nettoyer le puits deux fois par an (de préférence après la chute des feuilles)
- Renouveler la couche filtrante dès que vous remarquez qu'il reste de l'eau dans le puisard 24 heures après une pluie.

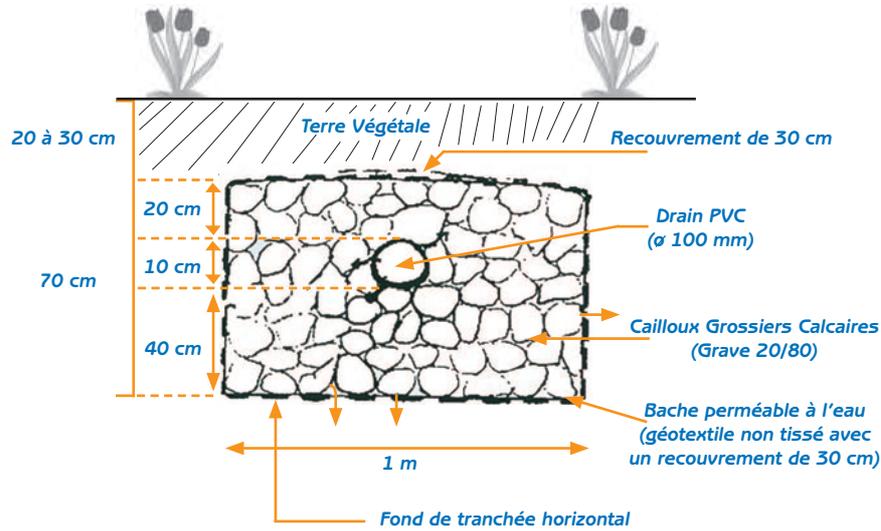


---

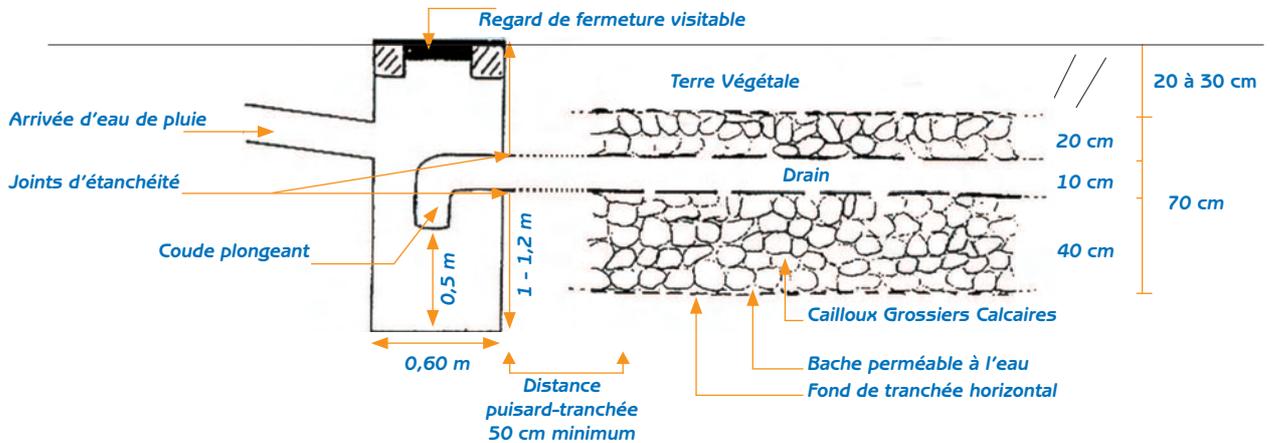
**Le puits reprend UNIQUEMENT les eaux de pluie**

---

**ADOPTA : 3, place d'Haubersart - 59500 DOUAI**  
Tél. 03 27 94 42 10 - Fax 03 27 94 40 39 - Email : [adopta@free.fr](mailto:adopta@free.fr)



COUPE LONGITUDINALE :  
Puisard de décantation



## Choix des matériaux

- En grande surface du bricolage et de l'outillage :  
Tuyaux PVC, Puisard béton et PVC, Regard en fonte
- Chez un fabricant ou négociant de matériaux de construction :  
Géotextile et Grave 20/80



## Fourchette de prix indicatifs

Fournitures et Pose => 60 à 90 € (400 à 600 Francs) le mètre linéaire (TTC)

# RENSEIGNEMENTS PRATIQUES

## IMPLANTATION - MISE EN ŒUVRE

- Veiller à ce que le fond de la tranchée soit bien horizontal afin de faciliter la diffusion de l'eau dans la structure.
- Éviter la plantation d'arbres, buissons... à proximité de la tranchée ainsi que la pose d'une clôture.
- Il est suggéré de placer la tranchée drainante dans une zone minéralisée sans plantation (allée de jardin, accès de garage) et de s'écarter au minimum de 2 m des habitations.
- Positionner le drain au 2/3 de la zone drainante.

## DIMENSIONNEMENT

- Les dimensions de la tranchée drainante sont variables. Celles données ci-après sont les dimensions optimums pour une bonne diffusion de l'eau dans la structure (sans tenir compte de la perméabilité des sols).
- Il est nécessaire de connaître les éléments suivants, afin d'établir le dimensionnement de l'ouvrage :

☞ **SURFACE IMPERMÉABILISÉE** concernée (toitures, sols...)

☞ **PERMÉABILITÉ DES SOLS**

À défaut de connaître celle-ci, le volume de la tranchée est obtenu, sur la base d'une pluie de 50 l/m<sup>2</sup> (orage décennal), en multipliant la surface imperméabilisée par 0,05 m.

(Exemple pour une maison dont la toiture est de 100 m<sup>2</sup>, le volume utile sera de 100 x 0,05 = 5 m<sup>3</sup>).

Ce volume par rapport aux cotes de la tranchée données en exemple :

5 m<sup>3</sup>/ 0,70 x 1 x 0,3 (correspond au 30 % de vide créés par la grave) donne environ 24 mètres linéaires de tranchée.

## CONSEILS D'ENTRETIEN

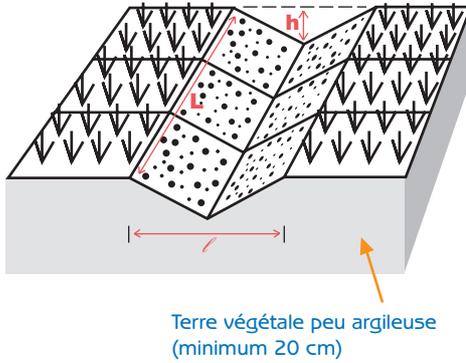
- Le puisard doit rester accessible pour son contrôle et son entretien.
- Nettoyer le puisard de décantation 2 fois par an (de préférence après la chute des feuilles)

**RAPPEL**

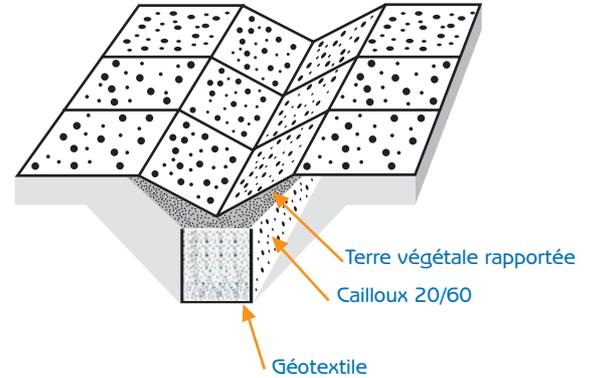
**La tranchée drainante reprend UNIQUEMENT les eaux de pluie**

**ADOPTA : 3, place d'Haubersart - 59500 DOUAI**  
Tél. 03 27 94 42 10 - Fax 03 27 94 40 39 - Email : [adopta@free.fr](mailto:adopta@free.fr)

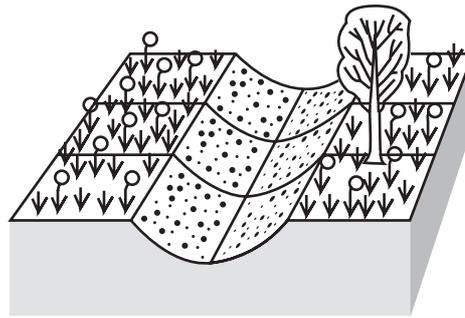
DÉTAIL D'UNE NOUE



NOUE AVEC MASSIF DRAINANT



NOUE ENGAGONNÉE



## Choix des matériaux

- Pour la réalisation d'une noue simple, il n'y a pas besoin de matériau spécifique
- En ce qui concerne l'ajout d'un massif drainant :
  - En grande surface du bricolage et de l'outillage :  
Tuyaux PVC, Puisard béton et PVC, Regard en fonte
  - Chez un fabricant ou négociant de matériaux de construction :  
Géotextile et Grave.

## Fourchette de prix indicatifs

- Quel que soit le linéaire envisagé pour la création de la noue, il faut prendre en compte le déplacement forfaitaire d'engin :  
300 à 400 €
- La mise en place de la noue : terrassement, évacuation : 10 € le m<sup>3</sup>
- Massif drainant : fourniture et pose : 60 à 100 € le mètre linéaire (TTC)
- Engazonnement : 1 à 2 € le mètre linéaire.



# RENSEIGNEMENTS PRATIQUES

## IMPLANTATION - MISE EN ŒUVRE

- La mise en œuvre se fait par mouvement de terre (voir schémas).
- Une combinaison est possible avec une tranchée drainante (voir fiche technique n° 2), pour un terrain moins perméable.
- Si la récupération des eaux de ruissellement des surfaces imperméables se fait en un point unique, il est utile de prévoir un raccordement et une diffusion sur la noue selon le schéma du puisard de décantation présenté précédemment dans la fiche technique n° 2.
- La noue est généralement engazonnée, espaces verts...
- De même les abords de la noue peuvent être « embellis » par des plantations (pour cela se rapprocher d'un pépiniériste pour prendre connaissance des espèces adéquates).
- Plus la pente est douce, plus l'entretien sera facile.

## DIMENSIONNEMENT

- Les dimensions d'une noue sont variables, selon le schéma de principe présenté et en fonction de la surface de parcelle utilisée.
- La longueur, la largeur et la hauteur de la noue doivent être calculées de telle manière que : le volume ( $L \times l \times h/2$ ) total de la noue permet le stockage de la quantité de pluie engendrée par un orage décennal.

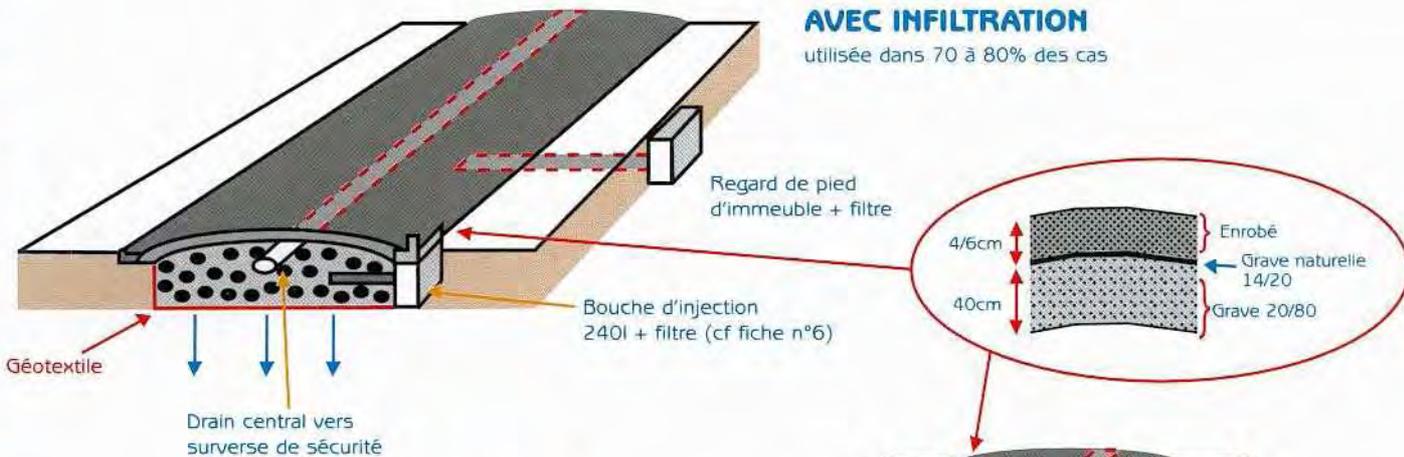
## CONSEILS D'ENTRETIEN

- Il faut veiller à ce que la noue ne soit pas encombrée par les feuilles mortes en automne.
- La noue nécessite un simple entretien classique comme un espace vert.

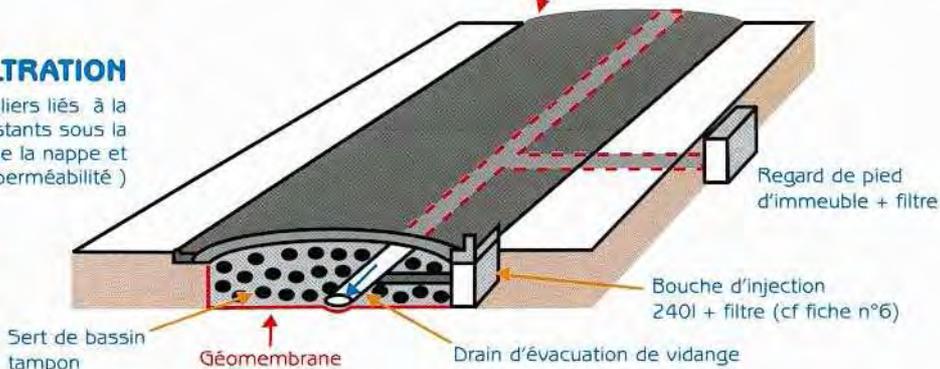


**La noue doit reprendre UNIQUEMENT les eaux de pluies!**

## Fiche technique n° 4 : La structure réservoir avec revêtement classique



**SANS INFILTRATION**  
(Utilisée dans des cas particuliers liés à la composition des terrains existants sous la chaussée, de la sensibilité de la nappe et faible perméabilité)



**NB :** Ces schémas sont valables dans le cas d'une faible pente longitudinale. Pour une pente plus importante, il est nécessaire de faire un cloisonnement de la structure

### Choix des matériaux

- Pour la chaussée réservoir (largeur 6 ml), après déblais, les matériaux nécessaires sont : finition de forme, géotextile, grave 20/80 sur 40 cm (variable selon le volume d'eau à stocker), fermeture en grave naturelle 14/20, béton bitumineux 6 cm (à adapter selon le type de la chaussée et suivant la mise en œuvre de grave bitume).
- Trottoirs classiques avec revêtement au choix du concepteur.
- Une bouche d'injection de 240 l avec son filtre et son drain diffuseur pour 250 m<sup>2</sup> de voirie, un regard de pied d'immeuble par habitation avec filtre puis drain de raccordement jusqu'à la structure, un drain central (PVC ou mieux PEHD) et un regard de contrôle sont nécessaires (voir fiche technique n°6).
- En ce qui concerne le cas où il n'y a pas d'infiltration, le géotextile (classe 7 minimum) est à remplacer par une géomembrane.



**N'oubliez pas la purge d'air de la structure réservoir !**

**Fourchette de prix indicatifs (€HT - base 2001)**

Pour le mètre linéaire de chaussée ⇒ 240 à 290 € (1 600 à 1 900 Francs).

Pour les différents prix se reporter aux bordereaux de prix de l'ADOPTA



# RENSEIGNEMENTS PRATIQUES

## IMPLANTATION - MISE EN ŒUVRE

- Les chaussées à structure réservoir peuvent être considérées comme des bassins de retenue enterrés. Cette technique demande à être intégrée très tôt dans l'étude de l'aménagement.
- Leur réalisation requiert sur certains aspects une attention particulière (contrôle de la granulométrie, pose des drains, diamètre des drains adapté selon le souhait de contrôle vidéo).
- Sensibles au colmatage, il est donc important d'éviter tout dépôt sur la voirie (terre, sable...).
- L'aménagement des espaces verts est étudié de manière à éviter toute contamination de la chaussée.

## DIMENSIONNEMENT

- La granulométrie des cailloux est choisie selon un indice de vide recherché de l'ordre de 35%.
- Le dimensionnement est effectué en fonction des surfaces imperméables à gérer (chaussées, trottoirs, parkings, toitures...), de la perméabilité du sol, du débit de fuite vers l'aval, du type de pluie retenue et donc du volume à stocker.

Ex : selon la méthode des volumes - instruction technique 1977, - soit un parking de 1 hectare ne drainant que sa propre surface (aucune zone externe ne se déverse sur le parking). Ce parking se trouve dans la région pluviométrique II et le dimensionnement est fait pour une période de retour de 10 ans. Le débit de fuite autorisé est fixé à 2 l/s.

- Surface active :  $S_a = 1 \text{ ha}$  (pas de perte, toute l'eau de pluie tombant sur le parking est collectée).
- Débit spécifique :  $q_s = (360 \times 0,002) / 1 = 0,72 \text{ mm/h}$
- Lecture de la hauteur spécifique :  $h_a : 49 \text{ mm}$
- Calcul du volume à stocker :  $V = 10 \times 49 \times 1 = 490 \text{ m}^3$

Si la chaussée est plane et la porosité du matériau utilisé dans la couche de base est de 35%, l'épaisseur de matériau requise sera de 14 cm ( $490 / 0,35 \cdot 10^3$ ).

- Parallèlement, un dimensionnement mécanique doit compléter les précédents calculs.

## CONSEILS D'ENTRETIEN

- Pour éviter une surcharge des ouvrages à l'amont, le diamètre et la longueur des drains doivent être choisis pour faciliter le curage et le contrôle vidéo.
- Pour une chaussée à structure réservoir avec enrobé étanche, l'entretien des chaussées classiques suffit, (simple balayage).
- Un curage régulier des bouches d'injection est nécessaire également pour éviter leur colmatage (1 curage/semestre, 1 remplacement de filtre/an).
- Un contrôle occasionnel est recommandé sur les drains.

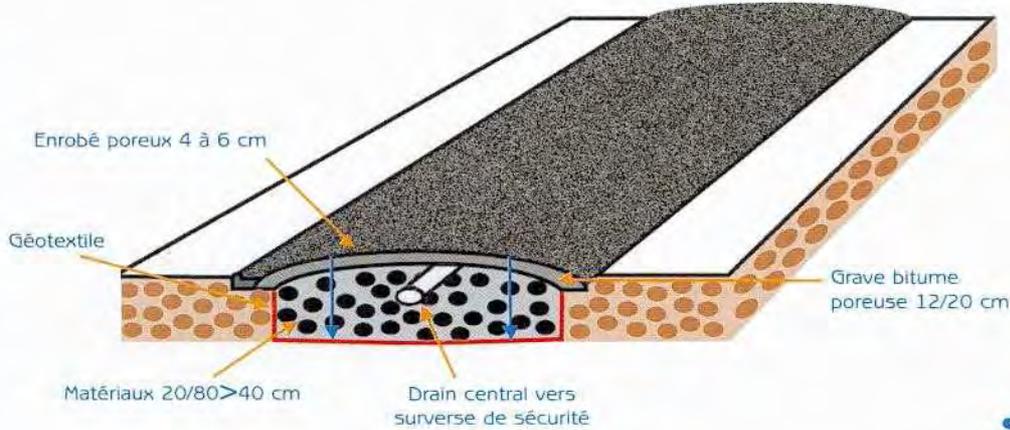
**RAPPEL**

**La structure réservoir reprend UNIQUEMENT les eaux de pluie**

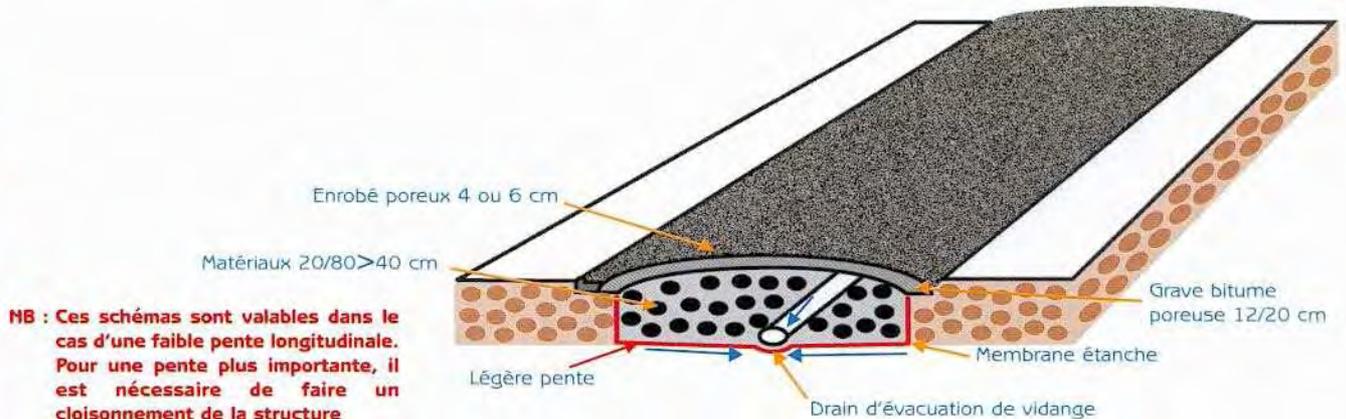
**ADOPTA : 3, place d'Haubersart - 59500 DOUAI**  
Tél. 03 27 94 42 10 - Fax 03 27 94 40 39 - Email : [adopta@free.fr](mailto:adopta@free.fr)

## Fiche technique n° 5 : La structure réservoir avec revêtement poreux

### AVEC INFILTRATION



### SANS INFILTRATION



**NB :** Ces schémas sont valables dans le cas d'une faible pente longitudinale. Pour une pente plus importante, il est nécessaire de faire un cloisonnement de la structure

### Choix des matériaux

- Pour une chaussée réservoir (largeur 6 ml), après déblais les matériaux nécessaires sont : finition de forme, géotextile, grave non traitée de 40 cm minimum, grave bitume poreuse 12 à 20 cm, béton bitumineux poreux 4 à 6 cm (selon le type de chaussée).
- Trottoirs en revêtement poreux (largeur 2 ml) : grave non traitée sur 30 cm, couche d'aveuglement et revêtement poreux au choix (pavés bétons poreux, enrobés poreux).
- Un drain central (PVC ou mieux PEHD) de surverse ou d'évacuation de vidange.
- En ce qui concerne le cas où il n'y a pas d'infiltration, le géotextile (classe 7 minimum) est à remplacer par une géomembrane.

### Fourchette de prix indicatifs (€HT - base 2001)

Le mètre linéaire de chaussée => 270 à 450 € (1 750 à 2 900 Francs).  
Pour les différents prix se reporter aux bordereaux de prix de l'ADOPTA



# RENSEIGNEMENTS PRATIQUES

## IMPLANTATION - MISE EN ŒUVRE

- Les chaussées à structure réservoir peuvent être considérées comme des bassins de retenue enterrés. Cette technique demande à être intégrée très tôt dans l'étude de l'aménagement.
- Leur réalisation requiert sur certains aspects une attention particulière (contrôle de la granulométrie, pose des drains, diamètre des drains adapté selon le souhait de contrôle vidéo).
- Sensibles au colmatage, il est donc important d'éviter tout dépôt sur la voirie (terre, sable...).
- L'aménagement des espaces verts est étudié de manière à éviter toute contamination de la chaussée.

## DIMENSIONNEMENT

- La granulométrie des cailloux est choisie selon un indice de vide recherché de l'ordre de 35%.
- Le dimensionnement est effectué en fonction des surfaces imperméables à gérer (chaussées, trottoirs, parkings, toitures...), de la perméabilité du sol, du débit de fuite vers l'aval, du type de pluie retenue et donc du volume à stocker.

Ex : selon la méthode des volumes - instruction technique 1977 - soit un parking de 1 hectare ne drainant que sa propre surface (aucune zone externe ne se déverse sur le parking). Ce parking se trouve dans la région pluviométrique II et le dimensionnement est fait pour une période de retour de 10 ans. Le débit de fuite autorisé est fixé à 2 l/s.

• Surface active :  $S_a = 1 \text{ ha}$  (pas de perte, toute l'eau de pluie tombant sur le parking est collectée).

• Débit spécifique :  $q_5 = (360 \times 0,002) / 1 = 0,72 \text{ mm/h}$

• Lecture de la hauteur spécifique :  $h_a = 49 \text{ mm}$

• Calcul du volume à stocker :  $V = 10 \times 49 \times 1 = 490 \text{ m}^3$

Si la chaussée est plane et la porosité du matériau utilisé dans la couche de base est de 35%, l'épaisseur de matériau requise sera de 14 cm ( $490 / 0,35 \cdot 10^3$ ).

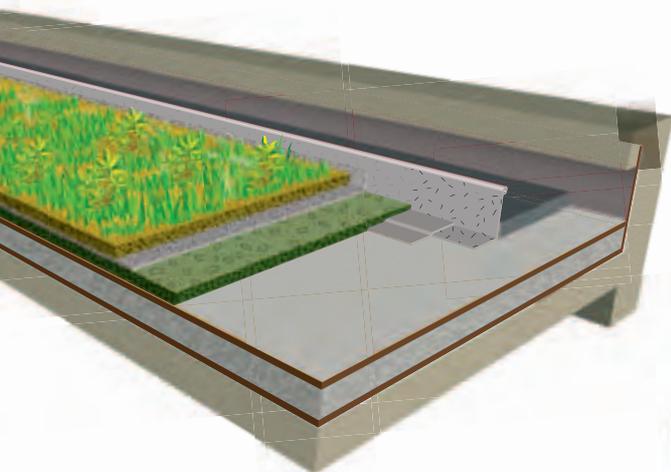
- Parallèlement, un dimensionnement mécanique doit compléter les précédents calculs.

## CONSEILS D'ENTRETIEN

- Le colmatage superficiel de l'enrobé poreux doit être traité de manière préventive et curative.
- Le simple balayage classique peut provoquer l'enfouissement des débris au sein de l'enrobé; il doit être proscrit. L'entretien préventif le plus souvent utilisé est le mouillage/aspiration (matériel ordinaire).
- L'entretien curatif intervient lorsque le préventif n'est plus suffisant face au colmatage de la chaussée. On recourt à un procédé de haute pression/aspiration.
- Cependant, rappelons que les enrobés poreux, lors de leur pose, ont une perméabilité égale à 100 fois les besoins d'infiltration de la pluie.



**La structure réservoir reprend UNIQUEMENT les eaux de pluie**



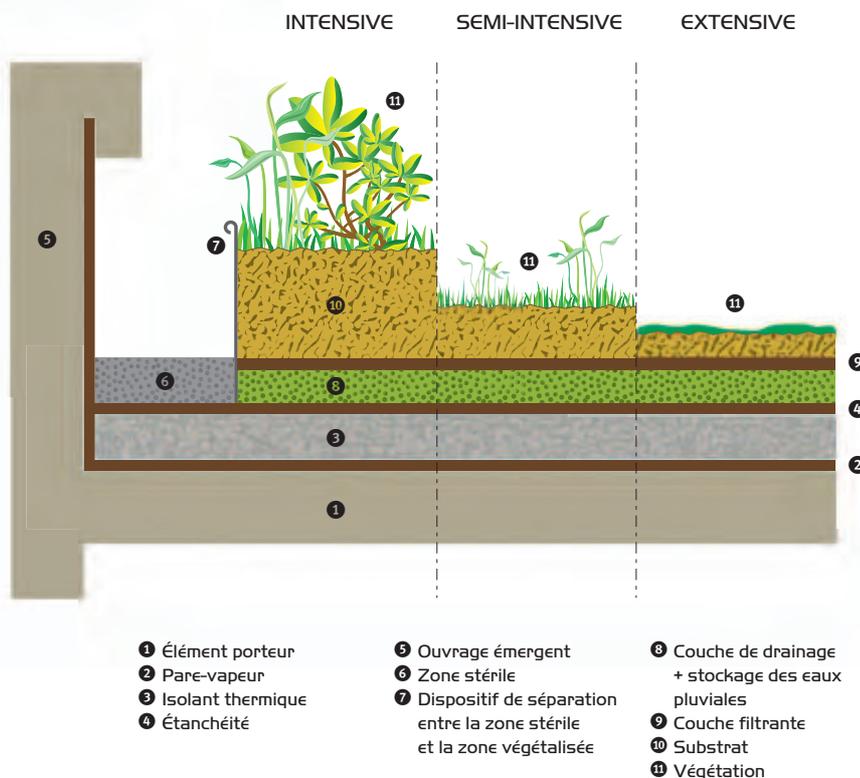
## ► Définition

Il s'agit d'une toiture recouverte d'une végétation et des diverses couches nécessaires au développement de cette dernière.

Les toitures vertes répondent aux objectifs suivants : l'agrément, l'isolation, la rétention (laminage des débits) et l'évapotranspiration... On distingue deux types de toitures selon la végétation :

**Les toitures végétalisées**, présentant soit une végétation extensive (mousses, sédums, plantes vivaces...) soit une végétation semi-intensive (vivaces, graminées...)

**Les toitures jardins**, constituées d'une végétation intensive (gazon, plantes basses, arbustes, arbres...)



## ► Choix des matériaux

**Élément porteur** : béton, bois et acier (ces deux derniers uniquement pour les toitures à végétation extensive et semi-intensive).

**Revêtement d'étanchéité** : bicouche en membranes bitumeuses traitées anti-racine ou asphalte coulé.

**Couche drainante** : agrégats minéraux poreux, argile expansée, matériaux alvéolaires, éléments synthétiques prémoulés, matelas de drainage synthétiques.

**Couche filtrante** : matériaux non tissés synthétiques en polyester ou polyéthylène.

**Substrat** : éléments organiques (tourbe, compost, terreau de feuilles...) avec minéraux (pierre de lave, pierre ponce, argile expansée...). Pour la toiture jardin, le substrat est constitué de terre végétale.

**Dispositif de séparation zone stérile et zone végétalisée** : bande métallique ou bordure préfabriquée en béton ou en brique.

**Protection de l'étanchéité de la zone stérile** : gravillons (granulométrie > 15 mm), dalles préfabriquées en béton ou en bois posées sur la couche drainante ou sur plots.

## ► Fourchette de prix indicatifs

Fourniture et pose d'une toiture végétalisée extensive (pour une surface de 1000 m<sup>2</sup>) hors élément porteur et étanchéité  
→ **de 40 à 70 € / m<sup>2</sup>** (2008)

Fourniture et pose d'une toiture jardin (pour une surface de 1000 m<sup>2</sup>) hors élément porteur et étanchéité  
→ **environ 100 € / m<sup>2</sup>** (2008)

## ► Implantation – Mise en œuvre

- Technique utilisée sur construction neuve mais aussi existante (excepté pour les toitures jardins) après vérification de la résistance mécanique de l'élément porteur et de l'étanchéité du toit.
- Technique à combiner (pour une gestion efficace des eaux pluviales) avec d'autres techniques alternatives telles que les puits d'infiltration et les tranchées drainantes (cf. fiches techniques n°1 et n°2).
- La couche drainante est facultative pour les toitures ayant une pente > 5 %.
- L'épaisseur du substrat varie selon le type de végétation (extensive : 4 à 15 cm ; semi-intensive : 12 à 30 cm ; intensive : > 30 cm).
- Des zones dites « stériles » doivent être mises en place en périphérie, autour des émergences et ouvrages annexes. Ces zones doivent avoir une largeur minimale de 40 cm.

## ► Conseils au dimensionnement

- D'après le DTU 43.1, tout point d'une terrasse doit être situé à moins de 30 mètres d'un dispositif de collecte. Tout point d'évacuation draine une surface maximale de 700 m<sup>2</sup>.
- Conformément aux dispositions du DTU 60.11, la toiture doit pouvoir évacuer un débit maximal de 3l/min.m<sup>2</sup> par des points d'évacuation.
- Le dimensionnement de la couche de « stockage » est effectué en fonction de la surface totale (S) du toit à gérer, du volume d'eau à stocker (V) et de la porosité du matériau utilisé (P).  
→ Epaisseur de la couche =  $V / (S \times P)$   
Ex : pour un bâtiment d'une surface de 1 000 m<sup>2</sup> devant stocker temporairement 70 m<sup>3</sup> d'eau avec un matériau d'une porosité de 95 %, la hauteur minimale de la couche de stockage serait de 7 cm.
- Parallèlement, un dimensionnement structurel doit être réalisé.

## ► Conseils d'entretien

(Pour pouvoir entretenir correctement votre toiture verte, n'oubliez pas de prévoir un chemin d'accès)

- Deux visites annuelles sont recommandées : l'une avant la période estivale afin de contrôler les avaloirs, les descentes d'eaux pluviales..., et l'autre après la période automnale afin d'enlever les feuilles mortes, les mousses et espèces parasites.
- Dans le cas des végétations intensives et semi-intensives, un arrosage peut être prévu, ainsi qu'une taille et une tonte des végétaux présents.
- Le désherbage des végétaux indésirables doit être effectué, pour chaque type de toiture.

## ► Impacts

En plus des objectifs définis initialement (environnemental, isolation, gestion des eaux pluviales), la mise en place de toitures vertes présente divers impacts positifs, tels qu' :

- Un **impact thermique** : réduction des dépenses énergétiques.
- Un **impact phonique** : le substrat est un très bon isolant acoustique.
- Un **renforcement de la biodiversité**

## Vous avez un projet ?

Pour la mise en place d'une toiture verte, rapprochez-vous de personnes spécialisées dans ce domaine (bureaux d'études, fournisseurs, architectes...) qui pourront vous accompagner dans votre projet (dimensionnement structurel, vérification de la résistance mécanique du bâtiment, choix des matériaux, ...).

### Documents de références à consulter :

- Norme NF P 84-204 (DTU 43.1) : document réunissant l'ensemble des règles de mise en œuvre et des règles de calcul pour les travaux du bâtiment en toiture jardin (végétations intensives).
- Les Règles Professionnelles de la CSFE édition n°2 nov. 2007 pour la conception et la réalisation des terrasses et toitures végétalisées (végétations extensives et semi-intensives). Téléchargeable sur le site [www.adivet.net](http://www.adivet.net).