



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC  
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

**Bundesamt für Strassen**  
**Office fédéral des routes**  
**Ufficio federale delle Strade**

# Rétention et traitement des eaux de chaussée

**Retention und Behandlung der Strassenabwasser**

**Retention and Treatment of road-water**

**M. Jobin SA, Ingénieurs EPF/SIA, Delémont**  
**Michel Jobin, Ing. dipl. EPFZ/SIA**  
**Marc Sollberger, Ing. dipl. HES**

**BBS Ingenieure AG, Winterthur**  
**Peter Bürkel, dipl. Ing. ETH/SIA**

**Mandat de recherche VSS 2003/204 sur demande de l'Association  
suisse des professionnels de la route des transports (VSS)**

**Juin 2012**

**1369**

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen beauftragten Autor(en). Dies gilt nicht für das Formular 3 "Projektabschluss", welches die Meinung der Begleitkommission darstellt und deshalb nur diese verpflichtet.

Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que l' (les) auteur(s) mandaté(s) par l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 "Clôture du projet", qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière.

Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

Il contenuto di questo rapporto impegna solamente l' (gli) autore(i) designato(i) dall'Ufficio federale delle strade. Ciò non vale per il modulo 3 «conclusione del progetto» che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e pertanto impegna soltanto questa.

Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) commissioned by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee.

Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC  
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

**Bundesamt für Strassen**  
**Office fédéral des routes**  
**Ufficio federale delle Strade**

# Rétention et traitement des eaux de chaussée

**Retention und Behandlung der Strassenabwasser**

**Retention and Treatment of road-water**

**M. Jobin SA, Ingénieurs EPF/SIA, Delémont**  
**Michel Jobin, Ing. dipl. EPFZ/SIA**  
**Marc Sollberger, Ing. dipl. HES**

**BBS Ingenieure AG, Winterthur**  
**Peter Bürkel, dipl. Ing. ETH/SIA**

**Mandat de recherche VSS 2003/204 sur demande de l'Association  
suisse des professionnels de la route des transports (VSS)**

## Impressum

### **Service de recherche et équipe de projet**

#### **Direction du projet**

Michel Jobin

#### **Membres**

Peter Bürkel

Marc Sollberger

### **Commission d'experts responsable**

Commission d'experts 2 : VSS 2.07 (EK 2.07)

### **Commission de suivi**

#### **Président**

Peter Rauch

#### **Membres**

Reto Battaglia

Markus Boller

René Brodmann

Peter Bürkel

Bernard Gogniat

Michel Jobin

Marco Krättli

Sébastien Lehmann

Sergio Montero

Xavier Robyr

Michele Steiner

### **Auteur de la demande**

l'Association suisse des professionnels de la route des transports (VSS)

### **Source**

Le présent document est téléchargeable gratuitement sur <http://partnershop.vss.ch>.

# Table des matières

	<b>Impressum</b> .....	<b>4</b>
	<b>Résumé</b> .....	<b>9</b>
	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>12</b>
	<b>Summary</b> .....	<b>14</b>
<b>1</b>	<b>Introduction</b> .....	<b>16</b>
1.1	Buts et contexte du mandat de recherche .....	16
1.2	Mandat, objectifs et domaines d'application .....	16
<b>2</b>	<b>Bases et état des connaissances</b> .....	<b>17</b>
2.1	Bases légales et réglementaires .....	17
2.2	Aperçu sur l'état actuel des connaissances et de la technique .....	17
2.3	Définitions .....	20
2.4	Situation actuelle .....	22
2.5	Aperçu des bases techniques suisses .....	23
<b>3</b>	<b>Systèmes d'épuration et de traitement (SETEC)</b> .....	<b>26</b>
3.1	Généralités sur les systèmes .....	26
3.2	Limites du système .....	26
3.3	Eléments des systèmes .....	27
<b>4</b>	<b>Principes de planification des SETEC</b> .....	<b>28</b>
4.1	Indications générales .....	28
4.2	Le bassin versant, coefficients de ruissellement .....	28
4.3	Pluies, séries de pluie .....	29
4.4	Eau claires parasites .....	29
4.5	Déversement des eaux à la sortie de l'installation .....	29
4.5.1	Déversement dans un cours d'eau superficiel .....	30
4.5.2	Déversement dans une nappe phréatique .....	31
4.5.3	Mesures de sécurité pour la protection des cours d'eau contre le déversement de liquides polluants .....	31
<b>5</b>	<b>Conception des installations de traitement et d'épuration</b> .....	<b>32</b>
5.1	Schéma d'une installation-type avec prétraitement .....	32
5.2	Ouvrages retenus .....	32
<b>6</b>	<b>Dimensionnement hydraulique des ouvrages</b> .....	<b>34</b>
6.1	Dimensionnement hydraulique .....	34
6.1.1	Dimensionnement hydraulique sur la base de courbes régionales d'intensité des précipitations (SN 640350) .....	34
6.2	Dimensionnement hydraulique au moyen de pluies de référence .....	36
6.3	Dimensionnement hydraulique au moyen de modèles de simulation numériques .....	36
6.4	Précisions au sujet du dimensionnement hydraulique .....	36
<b>7</b>	<b>Installations de prétraitement</b> .....	<b>38</b>
7.1	Généralités .....	38
7.2	Types d'ouvrages et mise en place .....	38
7.3	Ouvrages de prétraitement disposés avant une installation de traitement ou d'épuration .....	38
7.4	Prétraitements inclus aux installations de traitement ou d'épuration .....	39
7.5	Aperçu des prétraitements .....	40
7.6	Particularités .....	40
7.7	Bassins de sédimentation comme prétraitement .....	41
7.8	Bassin combiné type K .....	42
7.9	Séparateur lamellaire .....	42
7.10	Filtre en splitt comme prétraitement .....	43
7.11	Traitements spéciaux .....	43

<b>8</b>	<b>Installations de rétention .....</b>	<b>45</b>
8.1	Généralités.....	45
8.2	Fonction et aperçu .....	46
8.3	Types d'ouvrages de rétention .....	46
8.4	Mise en place d'ouvrages avant déversement dans les cours d'eaux superficiels .....	47
8.5	Mise en place d'ouvrages de rétention pour créer des volumes de stockage avant des installations avec filtre.....	47
8.6	Dimensionnement et construction des bassins de rétention .....	48
8.7	Stockage dans le collecteur.....	49
8.8	Aperçu des éléments des bassins de rétention.....	50
<b>9</b>	<b>Installations de traitement et d'épuration .....</b>	<b>52</b>
9.1	Généralités.....	52
9.2	Mise en place des installations de traitement.....	52
9.2.1	Aperçu des bases .....	52
9.2.2	Rapport de recherche : Evacuation des eaux de chaussée, installations de traitement, analyses coûts/utilité.....	53
9.3	Fonction et buts .....	53
9.4	Types d'installations et particularités .....	53
9.5	Efficacité et rôle des installations de traitement .....	55
9.6	Efficacité et exigences .....	57
<b>10</b>	<b>Bassins de rétention-filtration avec filtre en terre et végétation herbacée .....</b>	<b>60</b>
10.1	Description de l'installation .....	60
10.2	Dimensionnement hydraulique .....	61
10.3	Caractéristiques et construction du filtre.....	62
10.4	Mise en place de la terre.....	65
10.5	Végétalisation .....	65
10.6	Planification pour la réalisation du filtre .....	66
10.7	Entrée dans le bassin .....	66
10.8	Rendement d'épuration et durée d'exploitation .....	66
<b>11</b>	<b>Bassins de rétention-filtration avec filtre en sable .....</b>	<b>68</b>
11.1	Description de l'installation .....	68
11.2	Dimensionnement hydraulique .....	69
11.3	Caractéristiques et construction du filtre.....	69
11.4	Efficacité.....	70
<b>12</b>	<b>Bassins de rétention-filtration avec filtre en sable et roseaux .....</b>	<b>71</b>
12.1	Description de l'installation .....	71
12.2	Dimensionnement hydraulique .....	71
12.3	Caractéristiques et construction du filtre.....	72
12.4	Plantation du filtre .....	73
12.5	Efficacité.....	75
<b>13</b>	<b>Bassins de rétention-filtration avec filtre en gravillon (splitt).....</b>	<b>76</b>
13.1	Généralités.....	76
13.2	Expériences .....	76
13.3	Description de l'installation avec splitt .....	77
13.4	Dimensionnement hydraulique .....	77
13.5	Fonctionnement et construction du filtre.....	77
13.6	Mise en place d'un filtre avec splitt.....	78
13.7	Contrôles.....	78
13.8	Efficacité.....	78
<b>14</b>	<b>Bassins de rétention-filtration avec filtre en splitt et roseaux .....</b>	<b>79</b>
14.1	Description de l'ouvrage .....	79
14.2	Dimensionnement hydraulique .....	79
14.3	Réalisation de filtres avec des roseaux .....	79
14.4	Efficacité.....	80

<b>15</b>	<b>Cuvettes-rigoles de filtration .....</b>	<b>81</b>
15.1	Description de l'ouvrage.....	81
15.2	Mise en place .....	81
15.3	Déversement après traitement ou épuration.....	82
<b>16</b>	<b>Données complémentaires sur les divers filtres .....</b>	<b>83</b>
16.1	Filtre en terre .....	83
16.2	Manipulation de la terre.....	85
16.3	Comparaison des filtres en terre et en sable selon les documents [23] [34] .....	86
16.4	Plantation des filtres en terre et sable.....	87
16.5	Comparaison de la végétation herbeuse et avec des roseaux.....	87
16.6	Justification et données au sujet des roseaux .....	88
16.7	Recommandations pour la planification et l'exploitation des divers filtres .....	89
16.8	Régions karstiques.....	89
16.9	Récapitulation des caractéristiques hydrauliques des filtres .....	90
16.10	Durée de vie des divers filtres.....	90
<b>17</b>	<b>Réalisation des bassins .....</b>	<b>91</b>
17.1	Types de bassins .....	91
17.2	Particularités.....	93
17.3	Protection du sol .....	93
17.4	Protection du filtre .....	93
<b>18</b>	<b>Aperçu des éléments des bassins de rétention-filtration.....</b>	<b>94</b>
<b>19</b>	<b>Choix du traitement .....</b>	<b>96</b>
19.1	Bases pour le choix de la catégorie de traitement.....	96
19.2	Proposition de choix de traitement.....	98
19.3	Proposition pour le choix d'une installation de traitement.....	99
<b>20</b>	<b>Détails et problèmes spéciaux.....</b>	<b>103</b>
20.1	Étanchéités.....	103
20.1.1	Nattes bentonit .....	103
20.1.2	Géomembrane bitumeuse.....	104
20.1.3	Autres étanchéités .....	104
20.1.4	Comparaison des types d'étanchéité .....	104
20.2	Mesures pour la retenue des liquides pouvant polluer les eaux.....	105
20.3	Bassins en béton.....	106
20.4	Bassins en terre .....	106
20.5	Clôtures .....	106
20.6	Aide à la sortie des petits animaux .....	106
20.7	Chemins d'entretien .....	106
20.8	Protection du paysage .....	106
20.9	Contrôles avant et lors de la réalisation .....	106
<b>21</b>	<b>Exploitation et entretien .....</b>	<b>108</b>
<b>22</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>109</b>
	<b>Annexes .....</b>	<b>110</b>
	<b>Abréviation.....</b>	<b>117</b>
	<b>Bibliographie .....</b>	<b>119</b>
	<b>Clôture du projet .....</b>	<b>121</b>
	<b>Index des rapports de recherche en matière de route .....</b>	<b>124</b>



## Résumé

Les études menées dans le cadre de ce mandat de recherche ont permis de rassembler des informations les plus complètes possibles sur les installations de traitement et d'épuration des eaux de chaussée, de définir ensuite les conditions et les bases de planification et de réalisation des divers systèmes de traitement envisageables et de proposer une méthode de choix des installations appropriées au cas étudié.

Les propositions qui sont faites dans le cadre de cette étude respectent les lois et ordonnances en vigueur et notamment, les Instructions de l'OFEV 2002 intitulées "Protection des eaux lors de l'évacuation des eaux des voies de communication".

Ce rapport apporte des précisions scientifiques et techniques utiles aux ingénieurs praticiens et décrit selon les expériences récentes, les divers ouvrages proposés.

Le problème du choix du système de traitement à retenir a été examiné sur la base d'études récentes. Une Directive de l'OFROU étant en préparation à ce sujet, le rapport se contente de proposer une piste de réflexion générale pour le choix d'une installation.

Le constat a été fait depuis de nombreuses années que les ouvrages réalisés dès 1960 environ sont multiples, de types divers et de construction disparates. Malheureusement bon nombre de ces installations ne respectent pas la législation actuelle en matière de protection des eaux. Il s'agissait donc sur la base d'un bilan, de proposer un certain nombre d'ouvrages susceptibles d'atteindre les buts fixés notamment par les Instructions.

Après avoir procédé à un bilan des connaissances actuelles basé sur les publications en Suisse et à l'étranger, sur les charges de pollution, les charges hydrauliques, les ouvrages réalisés, leur efficacité, leur impact sur les nappes phréatiques et les cours d'eau superficiels, il a été possible de proposer une série d'ouvrages susceptibles d'apporter une réponse aux exigences légales.

Les ouvrages suivants ont été retenus, décrits et analysés avec tous les détails possibles:

- les ouvrages de prétraitements: bassins de sédimentation-décantation, séparateurs à lamelles, filtres en gravillon
- les installations de rétention : bassins de rétention, bassins de rétention-filtration (partie rétention), stockage dans le collecteur
- les installations de traitement et d'épuration (RFB) : bassins de rétention-filtration avec filtre en terre et végétation herbacée, bassins RFB avec filtre en sable, RFB avec filtre en sable et roseaux, RFB avec filtre en gravillon (splitt), RFB avec filtre en splitt et roseaux, cuvettes-rigoles de filtration

Pour chaque ouvrage et avec toute la précision possible, des indications sont données concernant : le dimensionnement hydraulique (volume et surface), les caractéristiques et la construction des divers filtres, y compris la végétalisation, des règles pour la planification de la réalisation, une estimation des efficacités ou rendements à attendre et quelques données au sujet de l'exploitation et de l'entretien.

Des précisions sont apportées sur les divers filtres, leur constitution et leur fonctionnement complexe. Il en est de même en ce qui concerne la végétalisation et la plantation de roseaux.

A noter que finalement, c'est un système de traitement ou d'épuration qui sera choisi par le projeteur. Ce système peut être un assemblage de plusieurs ouvrages qui est défini sous le nom de SETEC (Système d'Epuration et de Traitement des Eaux de Chaussée).

Dans le cadre de ce rapport, le dimensionnement hydraulique des volumes de rétention a été abordé. Les deux méthodes de calcul habituelles ont été appliquées à un exemple. Il en ressort que le calcul à partir des courbes régionales d'intensité des précipitations peut être utilisé jusqu'à des volumes de bassin d'environ 1'000m<sup>3</sup>.

Au-delà, un dimensionnement à l'aide de programmes spécifiques ou d'une simulation continue est conseillé car la méthode des courbes régionales donne des volumes surdimensionnés.

En fin de rapport des indications constructives sont données. Elles concernent les étanchéités à réaliser pour les ouvrages de traitement ainsi que diverses données pratiques concernant les bassins en béton ou en terre.

Durant la longue période d'étude de nombreux documents techniques récents et de toutes sortes ont été récoltés et analysés ce qui a retardé la publication du présent rapport. Certains points font et devront faire l'objet de recherches ou d'installations expérimentales. Les installations réalisées ou en cours de réalisation devraient être suivies de manière plus précise afin de recenser les données et résultats importants. Ces informations serviront non seulement à la mise en place de nouvelles installations mais surtout à la modification des ouvrages existants dont l'efficacité est souvent insuffisante et l'exploitation compliquée.

Il conviendrait aussi de réduire les types d'installation et de réaliser un maximum d'ouvrages semblables (notamment au niveau du filtre) de façon à ce que les contrôles effectués puissent être comparés et que des mesures correctives puissent être apportées et évaluées.

Enfin, une étude coût/utilité devrait être réalisée du moins pour les systèmes complexes qui sont proposés car les investissements nécessaires peuvent être disproportionnés et des solutions (variantes) plus simples peuvent parfois apporter une solution convenable.

Sur la base du présent rapport de recherche, il est prévu l'établissement de la norme SN 640 361 "Rétention et traitement des eaux de chaussée". Le rapport contient toutes les indications et données nécessaires à cet effet. Dans ce cadre, une coordination avec l'OFROU (respectivement l'OFEV) qui prépare actuellement une Directive spécifique sera nécessaire.



## Zusammenfassung

Der Forschungsauftrag gestattete im Rahmen des Möglichen eine umfassende Sammlung von Informationen über Anlagen zur Reinigung von Strassenabwasser. Diese liefern Grundlagen zur Projektierung und Ausführung verschiedener Systeme. Basierend auf den Erkenntnissen enthält der Bericht auch Angaben zur Wahl von Reinigungsmethoden. Die Empfehlungen im Bericht basieren auf der rechtsverbindlichen Wegleitung Gewässerschutz bei der Entwässerung von Verkehrswegen des BUWAL von 2002.

Der Bericht liefert den projektierenden Ingenieuren genaue technische und wissenschaftliche Angaben zu aktuellen Reinigungsanlagen. Die Probleme der Systemwahl bei Retentionsanlagen wurden basierend auf aktuellen Studien bearbeitet. Eine Richtlinie ist in Vorbereitung bei der ASTRA. Darum sind nur generelle Vorschläge in diesem Bericht gegeben.

Es wurde während zahlreicher Jahre festgestellt, dass sich seit 1960 die Anzahl von unterschiedlichen Anlagen hinsichtlich Konzept und Ausführung vervielfacht hat. Unglücklicherweise erfüllen einige Anlagen die Anforderungen des Gewässerschutzgesetzes nicht. Beim Forschungsauftrag ging es darum, basierend auf aktuellen Erkenntnissen wählbare Systeme für einen Einsatz darzustellen und damit ein wichtiges Ziel für die Projektierung zu erreichen.

Aufgrund der aktuellen Erkenntnisse basierend auf schweizerischen und ausländischen Publikationen wurden die massgebenden Bereiche behandelt. Dies betrifft die hydraulische Belastung oberirdischer Gewässer und Beschriebe von realisierten Anlagen inkl. ihrer Effizienz sowie ihrer Auswirkungen auf das Grundwasser und die oberirdischen Fliessgewässer. Im Weiteren war es möglich, eine Serie von Systemen vorzuschlagen, welche die Anforderungen der massgebenden Gesetze und Verordnungen erfüllen.

Die folgenden Anlagentypen bzw. deren Elemente wurden im Detail, analysiert, beurteilt und beschrieben:

- Vorbehandlung: Becken zur Sedimentation, Lamellenabscheider, Splittfilter, Ölabscheider, Vorklärung/Absetzbecken
- Anlagen der Retention: Retentionsbecken, Retentionsfilterbecken (Teil Retention)
- Anlagen mit Vorbehandlung und Reinigung: Retentionsfilterbecken (RFB) mit Filter mit bewachsenem Boden und Grasbewuchs, RFB mit Sandfilter, RFB mit Sandfilter mit Schilfbewuchs, RFB mit Splittfilter, RFB mit Splittfilter und Schilfbewuchs, Mulden-Rigolen-System

Das nächste Kapitel liefert Angaben zu hydraulischen Bemessungen (Volumen und Filterfläche), Charakteristiken und Aufbau der verschiedenen Filter inklusive einer allfälligen Vegetation, Informationen zur Projektierung und Realisierung, eine Schätzung der Wirkung oder welcher Wirkungsgrad zu erwarten ist sowie Anleitungen zum Betrieb und zum Unterhalt.

Die Angaben beziehen sich auf die verschiedenen Filter, deren Zusammensetzung und komplexe Funktionsweisen. Dies betrifft u.a. auch das Pflanzen und den Aufwuchs von Schilf.

Es ist zu berücksichtigen, dass der projektierende Ingenieur ein System für die Wahl beantragt. Die Anlage kann aus mehreren Elementen bestehen. Die Gesamtanlage ist definiert als Strassenabwasserbehandlungsanlage (SABA).

Im Rahmen des Forschungsberichts wurde auch die hydraulische Bemessung des Volumens von Retentionsanlagen behandelt. Zwei eingeführte Berechnungsmethoden wurden in einem Beispiel dargestellt. Die eine Methode basiert auf regionalen Regenkurven. Sie ist für die Bemessung von Becken mit einem Volumen von weniger als 1'000 m<sup>3</sup> geeignet. Bei grösseren Volumina ist eine Dimensionierung mit Hilfe eines speziellen Programms oder einer Simulation zu empfehlen, da die Bemessung mit regionalen Regen übergrosse Volumina ergibt.

Zum Abschluss des Berichts finden sich Angaben zur Konstruktion der Anlagen. Sie betreffen die Abdichtungen zur Realisierung der Reinigungsanlagen wie auch verschiedene praxisbezogene Informationen zur Ausführung der Becken aus Beton und im Boden.

Während der lange dauernden Bearbeitung der Studie konnten technikorientierte Dokumente aller Art ausgewertet werden, was die Fertigstellung des Berichts erheblich behinderte. Es ist dabei zu beachten, dass nicht alle Probleme abschliessend behandelt werden konnten. Verschiedene Punkte müssen das Objekt von weiteren Recherchen und Versuchen mit zu standardisierenden Anlagen sein. In der Ausführung befindliche Anlagen sollten sorgfältig begleitet, Erfahrungen gesammelt und wichtige Resultate protokolliert werden. Die Informationen dienen nicht nur zur Ausführung neuer Systeme, sondern vor allem auch zur Erneuerung bestehender Anlagen, deren Wirkung vielfach ungenügend und deren Aufwand für den Betrieb hoch ist. Im Weiteren geht es auch darum, die Anzahl verschiedenster Anlagentypen einzuschränken und ein Maximum an ähnlichen Anlagen basierend auf der Standardisierung zu erreichen. Dabei können auch die Resultate von Kontrollen verglichen werden. Bei der Planung von Reinigungsanlagen sind auch im Fall von komplexen Anlagen Kosten-Nutzen-Untersuchungen vorzusehen. Dabei sind Anlagen zu vereinfachen und angemessene Lösungen zu vergleichen.

Es ist vorgesehen, basierend auf dem vorliegenden Bericht die Norm SN 640 361, Retention und Behandlung von Strassenabwasser, zu bearbeiten. Der Bericht enthält dazu im Wesentlichen die massgebenden Informationen. Im Rahmen der Bearbeitung der Norm ist eine Koordination mit dem Bundesamt für Strassen, welches gegenwärtig eine Richtlinie im Bereich des Gewässerschutzes bei der Entwässerung von Nationalstrassen bearbeitet, notwendig.

## Summary

This study has collected very exhaustive information about road-water treatment solutions. Moreover, it suggests the planning and realising conditions of various systems and proposes a decision methodology integrating the specific aspects of each case. Proposition made here comply with laws and regulations, specifically with the OFEV Instructions 2002 called "Water protection in road-water treatment".

This document is intended to engineers who need scientific and technical information. It relies on recent practical experiences in order to describe the proposed solutions. The choosing methodology is based on recent studies.

It is well known that the solutions implemented since the 60's are various and that most of them do not comply with actual water protection regulations. The purpose of this paper is thus to suggest some installations that could achieve the goals induced by the OFEV Instructions mentioned above.

This proposition has been made after having studied the state of the art based on papers made in Switzerland and abroad, dealing with pollution and hydraulic density, installations already made and their efficiency, impact of these structures on groundwater as well as superficial rivers. This overview leads to the choice of some installations that fulfill legal requirements.

The following constructions have been chosen, described and analysed:

- Pretreatment constructions: sedimentation and decantation basins, parting slats, gravel filters;
- Retention installations: retention basins, retention-filtration basins, collector storage;
- Treatment and purification installations: retention-filtration basins with soil and vegetal filters, basins with sand filters, basins with sand and reeds filters, basins with splitt filters, basins with splitt and reeds filters, filtrating ditches.

For each solution, the paper gives precise information on hydraulic parameters (volume and surface), filters' data including their vegetalization, the way in which such a project should be led, an estimation of the efficiency and the returns and some issues related to the exploitation of the installation and its maintenance.

More precisions are given on the complex filtering structures as well as on the vegetalization and the reeds' plantation.

Finally, it is important to point out that the project manager will chose an epuration system that can be a mix of various structures. It is what is called, in French, a STEC (System for cleaning and treating road-water).

This paper uses a solving method based on regional precipitation curves that it relevant for bassins' volumes up to 1000 m<sup>3</sup>. For bigger volumes, specific softwares and continuous simulations should be used, since regional precipitation curves' method leads to oversized bassins' volumes.

The papers ends up with some useful hints on water tightness that has to be achieved as well as some data on basins made of concrete or soil.

After a long studying period, it has to be pointed out that some problems have not been completely solved. Some issue will have to be studied more deeply and some real testings will have to be made.

Some data could also be collected by carefully watching actual installations. This information should facilitate the study of new installations and the renovation of unefficient structures.

It would also be worthwhile to reduce the variety of structures in order to collect consistent data that could be easily compared.

Finally, costs and benefits have to be put on the balance, since investments needed could be far greater than the estimated benefits. Sometimes, a simpler solution could reach a sufficient level of treatment.

The paper should may be use to issue the norm SN 640 361 "Retention and treatment of road water". A coordination with the roads federal office is needed, since it is working on a regulation on the same subject.

# 1 Introduction

## 1.1 Buts et contexte du mandat de recherche

Les buts du mandat de recherche consistent d'une part à fournir les bases nécessaires au choix d'un système d'évacuation et de traitement des eaux de chaussée (SETEC) et d'autre part de préciser, à l'intention des projeteurs et des réalisateurs, les éléments importants pour la planification et l'exécution des ouvrages de traitement des eaux de chaussée.

A cet effet de nombreuses études et publications ont été analysées et prises en compte dans le cadre de ce mandat. Il en est de même pour les installations et expériences réalisées par les auteurs du rapport depuis plusieurs années. Les installations projetées doivent répondre en priorité aux exigences des "Instructions: Protection des eaux lors de l'évacuation des eaux des voies de communication" OFEFP 2002 [1]. Ces Instructions étant de caractère général, des solutions spécifiques et détaillées sont proposées.

Dans le cadre de ce mandat, les installations principales suivantes ont été retenues :

- ouvrages de prétraitement
- ouvrages de rétention et de décantation-sédimentation
- ouvrages de rétention-filtration

Les installations techniques (pilotes) ne font pas partie du rapport étant donné leur aspect encore expérimental.

En ce qui concerne l'infiltration, les résultats du mandat de recherche N°1284 "Evacuation des eaux de chaussée sur l'accotement" [31] ont été également pris en compte.

A noter que ce mandat sera encore complété par une Directive de l'OFROU intitulée "Strassenabwasserbehandlung an Nationalstrassen" [3] actuellement en cours de préparation. Cette directive règlera entre autre le mode de choix de l'installation à réaliser. Précisons encore que le présent mandat traite des installations à projeter pour les types de routes dont les eaux sont à traiter selon [1].

## 1.2 Mandat, objectifs et domaines d'application

La rétention et le traitement des eaux de chaussée a fait, à ce jour, l'objet de très nombreuses études et réalisations. Le constat a été fait que les réalisations sont de conception très disparates et leur dimensionnement a souvent été aléatoire et par conséquent sujet à des défauts plus ou moins importants et graves en ce qui concerne la protection des eaux.

La recherche dans le cadre de ce mandat a débuté en 2006. Etant donné la prolifération importante d'installations très diverses et le manque de données concernant leur dimensionnement, leur conception, leur exécution et leur impact sur l'environnement, les études trouvent une conclusion, certes encore provisoire dans certains cas, aujourd'hui seulement.

Cette recherche avait pour objectif de fixer les méthodes de dimensionnement, d'unifier les nombreuses méthodes hydrauliques utilisées actuellement, de donner des précisions constructives et de respecter les "Instructions" 2002 de l'OFEV [1] (anciennement OFEFP).

Les études s'étendent particulièrement aux ouvrages de rétention/filtration et notamment à l'infiltration à travers divers types de sols : terre, sable, gravillons (splitt). Ces études serviront de base principale à l'établissement du projet de norme SN 640361.

## 2 Bases et état des connaissances

### 2.1 Bases légales et réglementaires

Elles sont essentiellement les suivantes :

- Loi fédérale sur la protection des eaux RS814.20 (LEaux) du 24.01.1991
- L'Ordonnance sur la protection des eaux RS814.201 (OEaux) du 28 octobre 1998 qui fixe notamment que :
  - les eaux polluées doivent être traitées et les eaux non polluées infiltrées
  - l'OFROU est responsable de l'application de la loi sur la protection des eaux dans le domaine des routes nationales.
- Les Instructions intitulées "Protection des eaux lors de l'évacuation des eaux des voies de communication" 2002 de l'OFEV (anciennement OFEFP) [1]
- La Directive VSA sur l'infiltration, la rétention et l'évacuation des eaux pluviales dans les agglomérations intitulée "Evacuation des eaux pluviales", Nov. 2002 [2]
- L'Ordonnance sur les atteintes portées aux sols du 1er juillet 1998 (OSol)
- Les lois et exigences des cantons en ce qui concerne les catégories de routes autres que les routes nationales.

Commentaires :

*Pour les projets d'évacuation des eaux de chaussée en Suisse, les "Instructions : Protection des eaux lors de l'évacuation des eaux des voies de communication" [1] sont prioritaires. Ce document fournit, contrairement à d'autres bases techniques, des indications importantes pour le choix des procédés ainsi que pour leur faisabilité. Une application des Instructions est cependant souvent très problématique en raison de l'efficacité réduite de plusieurs mesures préconisées et en raison de leur influence négative sur des domaines proches de l'environnement. Cet aspect important est traité dans le mandat de recherche VSS 2001/201, "Evacuation des eaux de chaussée, installations de traitement, comparaison coûts/utilité" [4]. On trouve dans la littérature concernant l'évacuation des eaux de chaussée, des données éparses pour le choix des processus basés sur de recherches dans le domaine de l'infiltration respectivement de l'épuration des eaux de route. Pour l'épuration des eaux de chaussée, des nombreuses installations de traitement sont à disposition. Il manque cependant des travaux de recherche qui donnent un aperçu et une comparaison des différents systèmes ainsi que des données fiables basées sur des contrôles complets et un suivi des installations existantes.*

*Il convient aussi de rappeler que lors du déversement d'eaux, il faut distinguer entre "eaux polluées" et "autres eaux polluées". Les eaux polluées des voies de communication sont considérées comme "autres eaux polluées". Dans ce cas, les conditions de déversement dans les eaux superficielles doivent être fixées de cas en cas par l'autorité compétente conformément à l'annexe 3.3 de l'OEaux en prenant en compte les propriétés des eaux déversées et l'état de l'émissaire.*

### 2.2 Aperçu sur l'état actuel des connaissances et de la technique

#### Historique

Depuis le début de la construction des routes nationales (1960-1970), divers types de séparateurs d'hydrocarbures ont été construits. La plupart ne répondent plus aux exigences actuelles prescrites par la législation relative à la protection des eaux car ils ne sont pas capables de séparer ou de retenir les substances polluantes de manière satisfaisante. En cas de forte pluie, les substances retenues sont emportées.

De grands bassins de décantation ont été construits sur certains sites (N09/VS, N05/SO) entre 1980 et 1990 mais on ne dispose malheureusement pas d'informations suffisantes

sur les capacités et l'aptitude à l'exploitation de ces installations.

Depuis la fin des années 90, des bassins de réention et de filtration en terre sont planifiés et réalisés en Suisse. Les résultats d'expériences à long terme ne sont pas encore disponibles. Si une partie des installations fonctionne correctement, quelques autres connaissent des problèmes dus principalement à la perméabilité insuffisante du filtre en terre en raison du colmatage.

Les critères de nécessité de traitement et le choix du mode d'élimination des eaux de surface sont fixés par les Instructions de l'OFEV [1], qui définissent en tant que standard en matière de SETEC les bassins à couche de sol microbienne active (humus) ou autre (corps de gravier, dépressions ou de fossés d'infiltration).

### Evolution des connaissances

Actuellement de nombreuses études, documents, résultats d'analyses sont à disposition pour la planification des installations de traitement. La récente étude [5] "Studie über den Stand der Technik und Ausarbeitung von Behandlungsanforderungen für SABA" a apporté des résultats intéressants au sujet d'ouvrages variés. Comme il s'agit surtout d'analyses, les données techniques et de conception y compris les détails de construction restent à examiner. Ils seront dans la mesure du possible précisés dans le cadre de ce rapport.

Par ailleurs, il faut constater que les documents existants concernent en priorité les filtres en terre et en sable. Les problèmes de construction dont, par exemple, la mise en place de filtres en terre sont eux aussi mal connus.

En ce qui concerne les ouvrages de prétraitement, il existe des nombreuses bases documentaires mais le problème de leur intégration et de leur efficacité dans une chaîne de traitement a été peu examinée et les données à ce sujet sont lacunaires voire manquantes.

### Données techniques et publications

Les données techniques à disposition pour le projet de recherche sont variées et très importantes (voir chap.23. Bibliographie). Il s'agit notamment (selon § 2.5) de normes et directives suisses pour la planification et les mesures à prendre dans le domaine de la protection des eaux ainsi que de publications dans les domaines croisés touchant à d'autres spécialités.

A côté des données techniques, on trouve un grand nombre de rapports de recherche qui se focalisent uniquement sur la protection des eaux lors de l'évacuation des eaux de route ou bien sur des aspects de détail dans ces domaines. Il s'agit essentiellement de publications, éditées en Allemagne, notamment les recommandations DWA-M 178 [6] intitulées "Empfehlungen für Planung, Bau und Betrieb von Retentionsbodenfiltern zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem".

Pour les eaux des routes, les filtres en terre sont dimensionnés depuis longtemps selon RAS Teil Entwässerung (RAS-EW) de la FGSV [7].

Les RFB (Retentions-Filter-Becken) sont très souvent pourvus de roseaux.

### Installations d'épuration et de traitement

Les systèmes d'épuration des eaux se sont multipliés au cours de ces dernières années. Les données techniques et les travaux de recherche publiés en Allemagne donnent des informations sur la réalisation et l'efficacité des installations d'épuration et de traitement [17] et [28]. Dans ce pays, la priorité est donnée aux ouvrages de décantation ainsi qu'aux filtres en terre et en sable.

De plus, des entreprises spécialisées proposent des **installations techniques**. Ces ouvrages sont dimensionnés sur la base de contrats avec des exigences fixées entre les partenaires. Ces installations n'ont ainsi que peu de signification en ce qui concerne les bases techniques. De plus, elles sont pour l'instant expérimentales et ont été développées en priorité là où le terrain à disposition est réduit.

### Charges de pollution des eaux de chaussée

Les charges polluantes des eaux de route ont été récemment analysées soigneusement. On se référera notamment au rapport de recherche "Bankette bestehender Strassen" [8] ainsi qu'à la norme SN 640 347 "Pollution des eaux de chaussée" [9]. Les matières polluantes les plus significatives sont les métaux lourds notamment le cuivre (Cu) et le zinc (Zn).

Pour caractériser la qualité de l'eau, il convient de contrôler aussi les matières en suspension (MES) et la demande chimique en oxygène (COD). Il est évident que des analyses ne peuvent pas être envisagées pour chaque tronçon de route. C'est la raison pour laquelle les contrôles de déversement seront basés sur des données de pollution sujettes à des variations plus ou moins importantes. Cela nécessite parfois des analyses plus poussées.

Les HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) sont les composés les plus préoccupants en raison de leur écotoxicité [9]. Leurs propriétés chimiques, telle que leur faible dégradabilité, peuvent conduire, comme pour les métaux lourds, à une accumulation dans les sols.

### Charges hydrauliques des eaux superficielles

Les charges hydrauliques des cours d'eaux superficiels avec leur effet sur la biocénose ont une influence énorme sur le coût des mesures de protection. Des expertises concernant la vidange de bassins des usines électriques existent. Les études du département bavarois de l'économie des eaux "Analyses de l'influence des collecteurs des eaux pluviales des localités sur les petits cours d'eau" [10] apportent des renseignements sûrs et des bases pratiques pour l'évaluation des conditions de déversement et pour la détermination des charges de pollution lors du déversement dans les eaux superficielles.

Le programme STORM [22] fournit aussi des indications concernant les rejets pluviaux urbains dans les cours d'eau. Une approche du type "immission" est aujourd'hui préconisée.

Le dimensionnement des installations devrait tenir compte du "First Flush" c'est-à-dire d'une grande concentration des matières polluantes emportées par le premier flot. Cependant ce phénomène, parfois contesté en ce qui concerne son immédiateté, est moins important pour les ouvrages qui ont un certain volume.

### Entretien

L'entretien des installations de rétention et des installations de traitement représente un coût très important. Les coûts proviennent notamment des frais occasionnés par l'élimination des boues. On trouve très peu de données à ce sujet dans la littérature. Des informations sont cependant à disposition dans une étude récente réalisée sur mandat de la Direction des Travaux du canton de Zürich [11].

### Monitoring des installations de traitement

Le monitoring concerne l'ensemble des caractéristiques de l'installation de traitement. De gros efforts ont été consentis ces dernières années pour déterminer les degrés d'efficacité des installations existantes. En raison du coût important, ne serait-ce que pour une seule campagne de mesures, les possibilités de mesures périodiques sont réduites. Il est par exemple difficilement possible de suivre l'efficacité d'une installation pendant plusieurs années.

Le monitoring devrait en plus aussi comprendre l'entretien. Par ailleurs, pour analyser les performances d'épuration des installations, il est nécessaire d'avoir des données détaillées sur les divers ouvrages concernés. Cela n'est souvent pas le cas. Cependant un contrôle des installations de traitement est nécessaire. La réalisation d'installations de types semblables permettrait des contrôles plus efficaces et des adaptations plus précises.

### Financement des installations

Les études à disposition concernant les coûts des mesures d'assainissement sur les routes principales montrent que, sur une période de 30 ans, les coûts se sont élevés à

plusieurs dizaines de pourcent des crédits prévus pour l'assainissement des routes et des nouvelles constructions. Si l'on prend en compte les moyens financiers en général limités, à disposition, les buts de protection des eaux exigés par les Instructions de l'OFEV [1] ne peuvent souvent pas être remplis. Cette situation impose de fixer des priorités. A cet effet, les principes suivants sont à prendre en compte :

- Les mesures concernant les zones de protection des eaux sont à placer en priorité
- Le centre de gravité des mesures d'assainissement est l'épuration des eaux de chaussée et pas la rétention. Cependant les installations d'épuration des eaux sont en général liées à une rétention des eaux à épurer. Cela provoque une diminution importante de la charge hydraulique lors des déversements dans les eaux superficielles
- Selon la qualité des eaux à traiter, une rétention préalable et séparée de l'ouvrage de filtration peut être indiquée (voir § 8.3)
- Une réduction des types d'installations serait aussi profitable (coûts, contrôles, efficacité)

## 2.3 Définitions

### Traitement

Le traitement des eaux de chaussée doit permettre l'élimination d'une certaine partie de la charge polluante et des contrôles de qualité doivent pouvoir être effectués. Au sens des Instructions [1], si l'eau infiltrée n'est pas collectée et contrôlable après son infiltration, l'opération n'est pas considérée comme traitement.

Selon les Instructions [1] les eaux de surface qui s'écoulent des routes (nationales et autres) sont réputées très polluées si le trafic journalier moyen (TJM) est supérieur à environ 13'000 véhicules par jour (vhc/j) ou à 14 points selon le tableau 24 de [1].

L'infiltration directe des eaux de surface polluées est interdite par l'art. 8 OEaux.

Pour le déversement dans des eaux superficielles, les services compétents de la protection des eaux doivent assurer une limitation stricte des valeurs d'émission. Ces eaux doivent donc être traitées tant avant une infiltration qu'un déversement.

Les traitements à prévoir peuvent être de nature très différente. On fait appel à des principes physiques (décantation, sédimentation), chimiques (floculation) et biologiques (filtration, centrifugation).

### Les procédés de traitement

Les procédés retenus sont principalement les ouvrages de prétraitement, les ouvrages de rétention/sédimentation et les ouvrages de filtration. Ces processus sont caractérisés par leur débit hydraulique spécifique et par leur rendement /efficacité.

### Les systèmes de traitement

Un système de traitement est en général composé de divers procédés de traitement sauf si seule une rétention est exigée. Les divers procédés sont souvent, excepté l'éventuel ouvrage de prétraitement et les cas particuliers, rassemblés en un seul ouvrage de rétention/filtration.

### SETEC

Les Systèmes d'Evacuation et de Traitement des Eaux de Chaussée sont un ensemble d'installations ou d'ouvrages qui doivent assurer un traitement suffisant des eaux de chaussée selon les Instructions de l'OFEV (voir figure 3.4).

### Installations de prétraitement

Ensemble de moyens simples permettant de séparer les matières en suspension contenues dans les eaux usées et pluviales y compris des chaussées.

### Installations d'épuration

Installation permettant d'infiltrer l'eau mais sans que celle-ci soit collectée après son infiltration. Dans ce cas elle n'est pas considérée comme traitement. Ce mode naturel

d'infiltration sans traitement est admissible sur la base de l'examen d'admissibilité [1].

### **Installations de traitement**

Installation d'aspect naturel ou technique pour les eaux des voies de communication, aménagée en amont de l'infiltration ou du déversement et visant en premier lieu un effet de rétention et d'épuration (par ex. bassins de rétention filtrants) selon [1]. Un contrôle de la qualité de l'eau rejetée doit être possible avant son rejet à l'exutoire.

### **L'infiltration**

Pénétration de l'eau dans la terre ou tout autre sol poreux par de petits pores.

### **Eaux claires parasites**

On distingue les eaux claires parasites permanentes dont le débit est pratiquement constant (eaux de drainage, trop-plein de réservoirs, fontaines, ruisseaux, cours d'eau, etc.) et les eaux claires saisonnières dont le débit varie en fonction de la saturation des sols et de la pluviométrie (sources, fonte des neiges, etc.)

### **Eaux superficielles**

Eaux avec leurs lits et leurs berges (cours d'eau), de même que la faune et la flore qui y vivent. Elles comprennent les eaux dormantes (lac, étang, mare) et les eaux courantes (ruisseau, rivière, lac de barrages).

### **Vulnérabilité des eaux souterraines**

La vulnérabilité est une mesure de la sensibilité des nappes d'eaux souterraines par rapport aux risques qualitatifs dus aux influences de la surface. Elle dépend essentiellement de l'épaisseur et de la nature du sol et du sous-sol non saturé en eau.

### **Emission**

Les émissions de substances polluantes provenant des eaux de route sont réparties, selon les Instructions et directives, en classes de pollution. Ces classes de pollutions sont basées essentiellement sur des mesures faites sur divers types de routes et places.

Les quantités mesurées permettent d'établir des concentrations moyennes et des pointes de substances polluantes dues au trafic routier et de déterminer des charges possibles de pollution dans les cours d'eau.

Comme il n'est pas possible pratiquement et économiquement, d'effectuer des mesures quantitatives sur chaque tronçon de route, on se contente d'une classification approximative des surfaces de trafic d'après leur potentiel de pollution. Cette classification permet de déterminer si un traitement de l'eau est nécessaire ou pas. Cette méthode présente le désavantage que le cours d'eau dans lequel l'eau de route est déversée ne joue pratiquement aucun rôle. Elle conduit par conséquent à prendre les mêmes mesures et à réaliser les mêmes ouvrages pour un petit cours d'eau que pour un grand fleuve.

Cette méthode dite d'émission ne prenant pas en compte l'effet des rejets sur le milieu récepteur, est considérée actuellement comme insuffisante.

### **Immission**

L'étude de l'effet des rejets d'eau de route sur les milieux récepteurs est appelée « immission » lorsqu'elle inclut les paramètres des milieux récepteurs. Ces paramètres sont souvent inconnus ou mal connus. Il s'agit notamment de la qualité de l'eau, des débits et des variations hydrauliques, du charriage, de la biocénose, etc.

La directive STORM [22] complétée par le logiciel REBECCA II (type immission) devrait permettre, dans sa version complétée, une approche satisfaisante de l'effet du rejet sur le milieu récepteur. Par ailleurs des études devraient être entreprises à ce sujet dans le cadre de mandats de recherche.

## Rétention

Une installation de rétention est nécessaire soit en raison de sa faisabilité, soit de son admissibilité (tableau 2, puis tableaux 7 et 8 de [1])

Si l'eau doit être filtrée, une rétention en amont peut être nécessaire si la capacité de filtration de la surface prévue est insuffisante en cas de fortes pluies. Les pointes de débit sont ainsi réduites. Si l'eau est déversée dans les eaux superficielles, la rétention en amont permet de limiter la surcharge hydraulique de l'émissaire.

Dans les deux cas ci-dessus, la rétention devra être complétée par un traitement (infiltration) selon [1] tableaux 7 et 8.

Rappelons qu'une infiltration des eaux de chaussée n'est pas admissible dans les zones et périmètres de protection des eaux.

## Absorption

Pénétration d'éléments à l'intérieur d'un corps, d'un sol.

## Adsorption

Fixation d'éléments à la surface d'une substance.

En géotechnique : phénomène de rétention de l'eau à la surface de fines particules contenues dans un sol.

## 2.4 Situation actuelle

### Exigences concernant les installations d'infiltration

Les exigences concernant l'infiltration à travers les installations d'épuration ou de traitement sont schématisées dans la figure 2.1 ci-dessous :

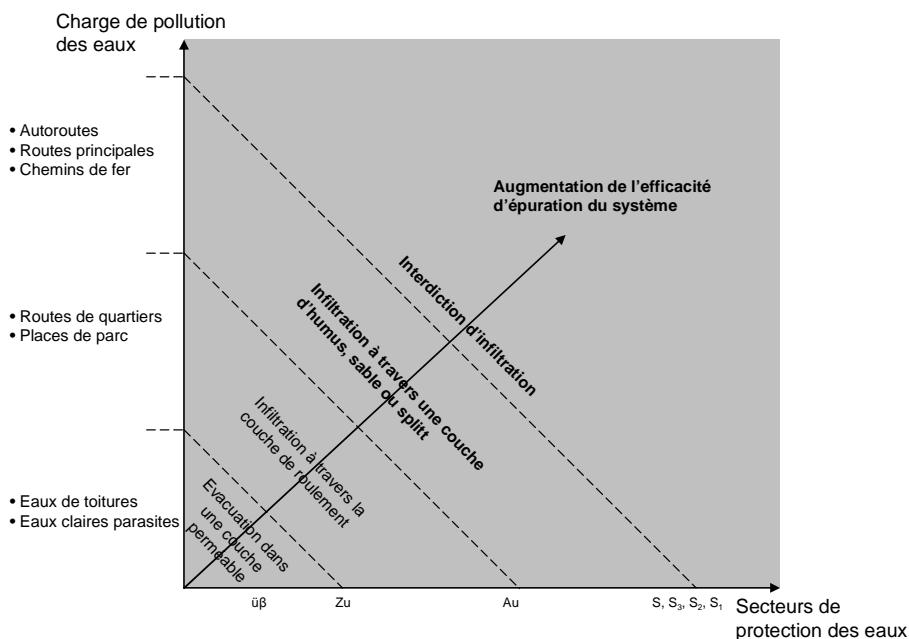


Fig. 2.1 Représentation schématique des exigences concernant les installations d'infiltration en fonction de la charge de l'eau et de la protection souhaitée des eaux souterraines, source [44] avec adaptations

### Exigences issues des Instructions [1]

Pour toutes les routes (RGD, RP, RL, RC, RD,...) les lois, ordonnances et Instructions sont aussi applicables. L'analyse est à réaliser selon les tableaux des Instructions [1] prenant en compte notamment, la charge du trafic, les conditions et la composition du trafic et l'entretien des voies de communication (tableau 3 de [1]).

En cas d'infiltration des eaux, la vulnérabilité des eaux souterraines est à prendre en compte (tableaux 5 et 7 de [1]) et, en cas de déversement dans les eaux superficielles, le

type de cours d'eau et le secteur de protection des eaux sont à examiner (tableaux 6 et 8). Pour autant qu'un traitement des eaux ne soit pas exigible, l'infiltration est prioritaire et dans ce cas il est nécessaire d'examiner toutes les méthodes simples d'infiltration des eaux de chaussée (sur l'accotement, fossés, dépressions, cuvettes). Dans ce cas **un passage à travers une couche d'humus/terre est exigé**. Si un traitement est nécessaire, la construction d'un SETEC (Système d'Evacuation et de Traitement des Eaux de Chaussée) central est à envisager.

Rappelons encore qu'une distinction est à faire entre un **ouvrage d'infiltration sans installation de traitement** et une **installation de traitement**. Selon les "Instructions" si l'eau à la sortie d'une installation d'infiltration n'est pas collectée et par conséquent pas contrôlable, l'opération n'est pas considérée comme traitement. Dans ce rapport, elle est désignée par le terme "**installation d'épuration**".

Les **installations de traitement** doivent de manière générale être pourvues d'une étanchéité (appliquée ou sol étanche) et permettre un contrôle à la sortie de l'ouvrage.

La présente étude décrira les ouvrages d'épuration (sans traitement !) et les ouvrages avec traitement.

Il faut noter, qu'à ce jour, il n'existe pas en Suisse, de norme ou de Directive relative au traitement des eaux de chaussée, au choix et au dimensionnement d'un SETEC central. Le présent rapport doit servir de base à l'établissement d'une telle norme.

### **En ce qui concerne les surfaces de parking, places et toits**

Pour l'infiltration des eaux des surfaces de parking, places et toits on se référera au tableau donné en **annexe 1**. A noter que ce cas est marginal puisque ce rapport concerne en priorité les routes hors localités. Ce tableau donne par ailleurs toutes les indications nécessaires pour l'ensemble des types de surface qui doivent être filtrées.

## **2.5 Aperçu des bases techniques suisses**

La figure 2.2 donne un aperçu des bases techniques suisses en ce qui concerne les mesures de protection à projeter et à réaliser pour l'évacuation des eaux des routes. La construction des ouvrages de traitement des eaux de chaussée comprend toute la partie génie civil y compris l'engazonnement. Les normes publiées ont une grande importance pour la planification des installations de traitement notamment du point de vue du dimensionnement hydraulique et de la protection des sols. Les autres normes et Directives peuvent être considérées comme bases complémentaires.

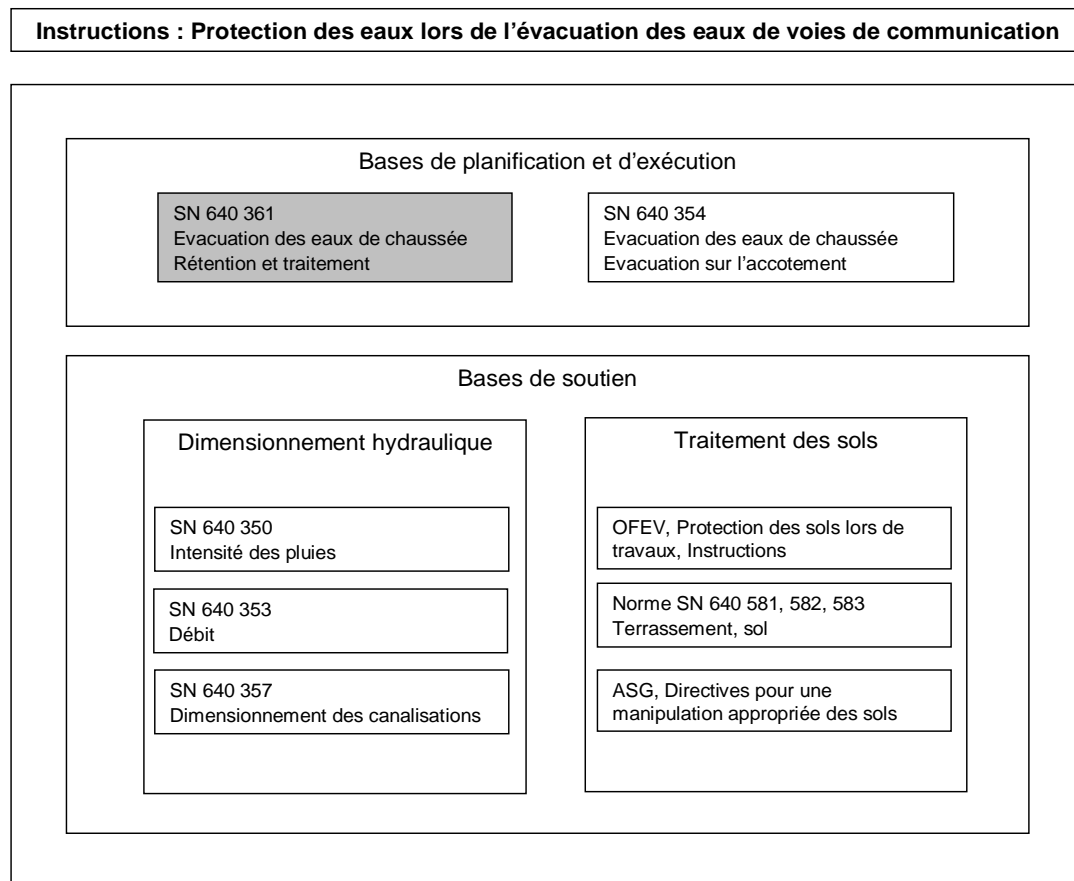


Fig. 2.2 Aperçu des bases techniques pour la protection des eaux lors de l'évacuation des eaux de chaussée

### **Position de la norme SN 640 361, Rétention et traitement, dans l'ensemble des normes concernant les eaux de chaussée**

La figure 2.3 indique la position de la future norme SN 640 361 dans le recueil des normes VSS. Cette norme n'a pas une relation étroite avec les autres normes du recueil. Ceci est dû au fait qu'elle a surtout un lien direct avec les Instructions de l'OFEV [1].

Cette norme tient une place importante dans l'ensemble des normes qui traitent des bases de projets. Dans ce cas, il s'agit de la norme qui décrit le dimensionnement des installations de rétention et de traitement des eaux de chaussée.

Ainsi deux normes (SN 640354 et 640361) traitent des ouvrages d'épuration des eaux de route selon les Instructions de l'OFEV. L'une décrit le déversement et l'infiltration sur l'accotement et l'autre, en cours d'élaboration, les installations de rétention et de traitement qui comprennent les ouvrages d'infiltration et de filtration.

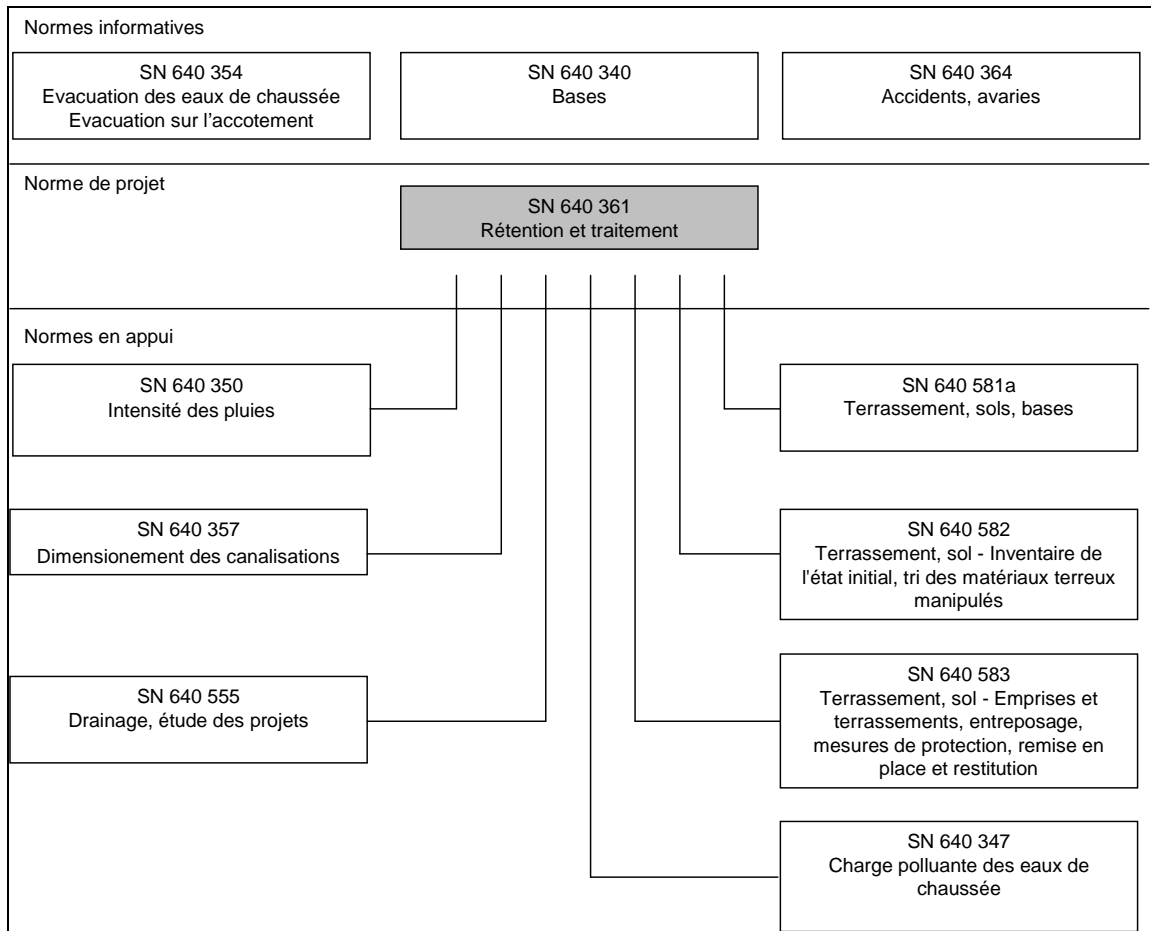


Fig. 2.3 Position de la future norme SN 640 361, Rétention et traitement, dans le recueil des normes VSS

La Directive VSA [2] est aussi un document de base important notamment en ce qui concerne la rétention et la filtration.

## 3 Systèmes d'épuration et de traitement (SETEC)

### 3.1 Généralités sur les systèmes

Un traitement des eaux de chaussée à travers un SETEC doit assurer un certain degré d'efficacité. Celui-ci dépend notamment des volumes d'eau à traiter et des substances nocives présentes dans l'eau. Le dimensionnement du système dépend donc essentiellement des conditions qui sont fixées pour le rejet soit dans des eaux superficielles soit dans les eaux souterraines (après filtration). Elles dépendent aussi des conditions provenant du milieu récepteur. Ces conditions ne sont pas toutes fixées dans la législation comme cela est le cas pour le déversement des eaux usées. Les Instructions [1] sont applicables, notamment par le tableau 3 qui permet de définir la classe de pollution et ceci en prenant en compte l'OEaux, art. 47 et l'annexe 2.

Des données récentes concernant le degré d'efficacité de divers systèmes peuvent être tirées de [5] et sont données au tableau 19.18 ci-après. Le tableau 9.5 résume aussi les rendements de la plupart des types d'installations. La littérature donne aussi un appui à ce sujet, par exemple le document "Wirksamkeit von Entwässerungsbecken im Bereich von Bundesfernstrassen, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen", Bonn, 2003 [13].

### 3.2 Limites du système

Le système est souvent composé d'une combinaison de divers ouvrages selon le schéma de la figure 3.4.

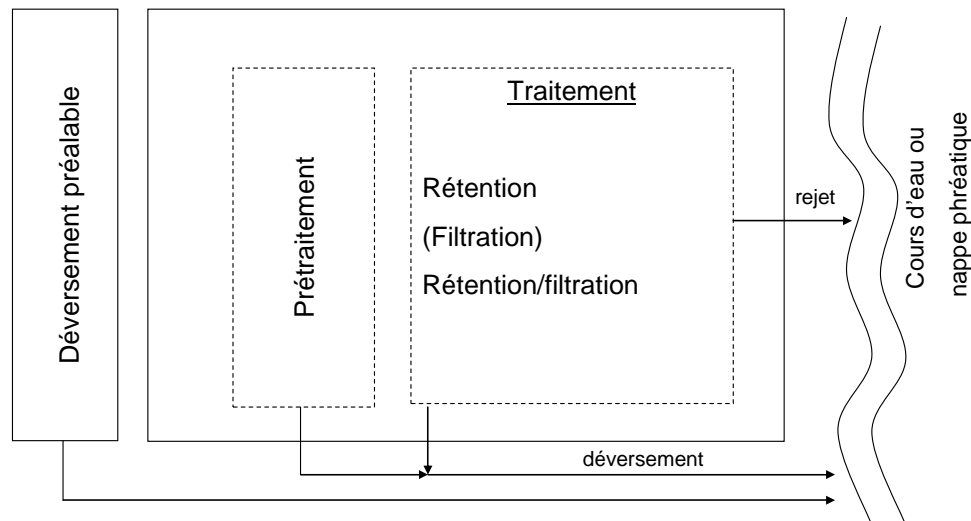


Fig. 3.4 Représentation schématique du système de traitement

L'efficacité du système à prendre en compte doit en principe comprendre les déversements et le rejet de l'installation de traitement. Etant donné les paramètres multiples influençant la qualité de l'eau, le rendement du système global est difficile à calculer avec précision. De plus, l'efficacité du système est à contrôler sur la base de plusieurs éléments (MES, Zn, Cu). Ceci n'est possible qu'à l'aide d'un monitoring complet de l'installation (voir exemple sous § 9.5)

### 3.3 Éléments des systèmes

Les systèmes envisagés sont prévus uniquement pour le traitement des eaux de ruissellement des chaussées. Les eaux mixtes (év. usées) qui sont parfois raccordées aux collecteurs des eaux pluviales (déversoirs) posent des problèmes particuliers qui ne seront pas traités dans le cadre de cette recherche.

Le cas "accidents majeurs" n'est pas non plus traité dans le cadre de ce mandat. Le cas échéant, ce sont les manuels OPAM qui sont applicables pour le contrôle des ouvrages projetés.

Les eaux pluviales sont souvent déversées préalablement dans un milieu récepteur. Elles jouent un rôle non négligeable sur la qualité de ces milieux. Ces déversements doivent donc être pris en compte dans les bilans de rejet.

Un aperçu des installations d'épuration et de traitement des eaux de chaussée est donné en figure 3.5. La classification retenue, qui correspond aux exigences de [1], permet de distinguer les cas suivants :

- **prétraitements**
- **rétention seule exigée**
- **infiltration suffisante sans traitement**
- **traitement exigé**

PRETRAITEMENTS	RETENTION	INFILTRATION (épuration) sans installations de traitement	INSTALLATIONS DE TRAITEMENT
À envisager selon cas particuliers	Si rétention exigée	Si infiltration sans traitement suffisant	Si traitement exigé
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Bassins de sédimentation</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Dépotoirs</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Déshuileur</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Dessableur Débourbeur</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Séparateurs à lamelles (Saint-Dizier)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Séparateurs à tourbillons</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Séparateurs à particules</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Sacs filtrants</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Lavage intensif de la chaussée</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Tamisage fin</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 20px;">Bassins de rétention</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 20px;">Bassins de sécurité</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Stockage dans le collecteur</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 20px;">Bassins De rétention-infiltration</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 20px;">Bassins d'infiltration</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 20px;">Cuvettes-rigoles d'infiltration</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 20px;">Fossés d'infiltration</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Bas-côtés filtrants</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 20px;">Bassins de rétention-filtration</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 20px;">Bassins de filtration</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 20px;">Cuvettes-rigoles filtrantes</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Installations techniques de traitement</div>

Fig. 3.5 Les diverses installations et ouvrages d'épuration et de traitement des eaux de chaussée. En bleu, les installations traitées dans le présent rapport

## 4 Principes de planification des SETEC

### 4.1 Indications générales

Pour la planification des SETEC, une démarche pragmatique est à adopter. Cette démarche comprend d'abord l'examen de la faisabilité (place à disposition, capacité d'infiltration du sous-sol), puis celle de l'admissibilité (exigences de la protection des eaux souterraines, respectivement de l'émissaire et celles de la protection du sol). Des données détaillées à ce sujet figurent dans [1] et [2].

Comme cela a déjà été évoqué, il faut constater qu'au niveau technique et pratique et ceci tant en Suisse qu'à l'étranger, il y a un manque d'informations en ce qui concerne le dimensionnement et l'exécution des **installations de traitement des eaux de chaussée**. Cela est dû notamment au grand nombre de types d'installations et aux différences de conception des installations existantes.

A l'étranger, les **installations avec filtre en sable** dominent et leur conception est souvent très différente. En Suisse, quelques expériences ont été faites avec les filtres en terre. Les expériences les plus longues et les plus nombreuses avec des installations de traitement des eaux de route ont vraisemblablement été faites en Allemagne notamment par les bassins de rétention/filtration avec des filtres en sable et une plantation de roseaux. Ce type d'installation nécessite un investissement raisonnable et les coûts d'entretien sont réduits. Leur effet sur la réduction des boues est aussi positif. **Cette réduction du volume des boues** déposées en surface du filtre est patente et intéressante. Elle n'est cependant pas facilement explicable ni calculable !

Des données pour les projets et la réalisation d'installations de prétraitement, rétention et traitement sont fournies dans les chapitres qui suivent.

**Les bassins de rétention** sont traités au chapitre 8.

**Les bassins de rétention-filtration** avec filtres en terre et végétation, filtres en sable, filtres en sable plantés de roseaux, filtres avec gravillons (splitt), filtres en splitt et roseaux ainsi que cuvettes-rigoles de filtration sont eux décrits aux chapitres 10 à 15.

**Les ouvrages de filtration** sans installation de traitement au sens des Instructions de l'OFEV ne sont pas traités spécifiquement car leur dimensionnement et leur exécution répondent aux mêmes règles que celles des installations de traitement décrites dans les chapitres 9 à 16.

Le § 5.2 précise les systèmes et les éléments retenus que ce soit pour les installations de prétraitement, de traitement ou d'épuration. Après l'étude des diverses installations envisageables, **la manière de choisir le système adéquat** en tenant compte d'une part de la pollution (selon [1]) et d'autre part du déversement soit dans des eaux superficielles soit dans une nappe phréatique **est décrite au chapitre 19**. La nécessité d'un prétraitement résulte de la catégorie de traitement déterminée ainsi que, par exemple, du type de bassin de rétention-filtration retenu et notamment du risque de colmatage lié au type d'installation envisagé.

La planification d'un SETEC doit finalement reposer sur l'efficacité exigée. Ce problème est traité aux § 9.5, 9.6 et 19.1, 19.2 et 19.3.

Enfin divers détails d'exécution sont à étudier de manière précise par l'auteur du projet. Quelques indications sont données aux chapitres 17 et 20 ainsi que dans le cadre des chapitres 10 à 16.

### 4.2 Le bassin versant, coefficients de ruissellement

Le bassin versant comprend en principe toutes les surfaces qui peuvent amener de l'eau pluviale vers le collecteur d'évacuation des eaux raccordé à l'installation de traitement.

La norme SN 640 353 [20] propose de ne prendre en compte que la surface routière et d'admettre un coefficient d'écoulement ou de ruissellement de 0.8 ou 0.9. Cette manière de faire est certes un peu simplificatrice, mais selon les contrôles réalisés avec des

moyens informatiques plus sophistiqués (SWMM, MOUSE, etc.), elle donne des résultats satisfaisants pour de petites installations eu égard aux nombreux paramètres qui entrent en jeu (intensité et durée des pluies, évaporation, type de débit, temps d'écoulement, etc.)

Si l'on décide de réaliser des calculs plus détaillés (simulation continue), il s'agira de fixer des coefficients de ruissellement réalistes pour tous les types de surfaces et de procéder à une étude de sensibilité. Ces calculs sont actuellement facilités par l'utilisation de programmes informatiques performants et permettant de mettre en œuvre un grand nombre de paramètres.

### 4.3 Pluies, séries de pluie

Contrairement au dimensionnement des collecteurs où les pointes de débit sur de courtes périodes sont déterminantes, les ouvrages de traitement sont à dimensionner sur la base de volumes de pluie. Ces volumes sont généralement issus de séries de pluie de longue durée.

La norme SN 640 353 [20] prévoit un dimensionnement des systèmes d'évacuation des eaux de route pour des pluies de 15 minutes de durée et un temps de retour (T) de 1 an. Par système d'évacuation, on entend l'ensemble des collecteurs d'un réseau. Les ouvrages de rétention et de traitement n'en font pas partie.

La norme SN 640 350 [19] traite de l'intensité des pluies. Ces intensités calculées sur la base des mesures radar et du réseau ANETZ sont limitées à une durée de pluie de 10 minutes à 60 minutes. Un dimensionnement sur ces bases est suffisant pour de petites et moyennes installations (**env. max. 2'000m<sup>3</sup>** et profondeur inf. à 1.5m selon [2], et nos expériences).

Lorsque l'installation à dimensionner est plus importante, on utilisera soit une ou des pluies de référence soit, si possible, des modèles de simulation continue. Il peut s'agir de pluies historiques ou mieux encore de pluies de longue durée (plusieurs années) simulées en continu. **Un dimensionnement sur ces bases est conseillé même pour des volumes inférieurs à 2'000m<sup>3</sup> mais supérieurs à 1000m<sup>3</sup> selon l'exemple donné en annexe 2.**

Selon le constat actuel de l'OFROU, l'analyse historique des précipitations montre qu'avec un dimensionnement basé sur une valeur T=1, on devrait évacuer 90% du volume total des précipitations vers les SETEC. Pour les milieux récepteurs plus grands, on peut compter sur une plus grande réduction de la charge polluante mais par contre sur un rendement hydraulique plus faible (environ 90% des précipitations annuelles).

Précisons que seules les pluies très intenses peuvent provoquer un déversement direct des eaux collectées vers l'exutoire. Il est en effet connu qu'une intensité importante (par ex. 144mm/h) ne sera dépassée que pendant quelques minutes en moyenne par année. Pour réduire au maximum des déversements directs à l'exutoire, il s'agit de concevoir l'installation de traitement de manière à ce que celle-ci se remplisse avant tout déversement. Quoi qu'il en soit, tous les ouvrages doivent être conçus avec un déversoir de crues et pourvus de by-pass.

### 4.4 Eau claires parasites

Ces eaux doivent être, dans toute la mesure du possible, infiltrées directement à la source de façon à éviter toute surcharge inutile des ouvrages favorisant notamment le colmatage des filtres (voir § 16.7).

### 4.5 Déversement des eaux à la sortie de l'installation

La figure 3.4 montre les divers trop-pleins qui peuvent déverser l'eau des routes dans la nappe phréatique ou dans les cours d'eau superficiel. Dans ce cas, les conditions de déversement dans les eaux de surface doivent être contrôlées et doivent répondre finalement aux exigences de la **Directive STORM** [22]. Le document [14] précise les conditions de déversement.

#### 4.5.1 Déversement dans un cours d'eau superficiel

Dans le cas d'un déversement (év. pompage après traitement) dans un cours d'eau superficiel, et après le traitement des eaux de chaussée dans un ouvrage, il est bien connu que le lien entre les immissions dans les milieux récepteurs et la planification de mesures de protection sont complexes car les processus comportent des incertitudes dans les paramètres et dans la structure des modèles. A l'heure actuelle, il est recommandé d'utiliser pour des projets importants et notamment pour les petits ruisseaux la Directive STORM, appliquée à l'aide d'un programme de simulation REBECCA II en cours de développement (EAWAG).

Il faut noter que l'étude STORM s'est fixée comme but de prendre en compte les charges hydrauliques et de pollution effectives dans les cours d'eau pour déterminer les mesures à prendre.

Ceci peut conduire à un renforcement ou à un allègement des mesures à réaliser par rapport aux prescriptions actuelles. Par exemple, plusieurs déversements sur un court tronçon de rivière peuvent conduire à un renforcement car les charges se cumulent et la rivière ne peut pas se régénérer sur le tronçon concerné. D'un autre côté, **selon STORM**, aucune mesure ne serait nécessaire pour tous les grands fleuves de Suisse. Le principe de l'immission pose la question de savoir jusqu'où la charge dans les cours d'eau doit être remplie en ce qui concerne la loi et l'ordonnance sur la protection des eaux, ce qui contredirait le principe de **l'interdiction de la dilution de l'eau**. Il s'agit donc de trouver une solution permettant d'éviter les insécurités citées ci-dessus qui ont une influence sur les mesures pratiques à prendre.

Lorsque l'on parle d'immission, il s'agit de connaître ou de déterminer la qualité du cours d'eau récepteur. L'estimation de la charge en matières solides pose un problème notamment pour les petits cours d'eau car celles-ci ne sont pas souvent disponibles. A cela s'ajoute le problème des sédiments déposés dans les cours d'eau. Des études scientifiques viennent de commencer sur les thèmes liés aussi à l'écotoxicologie du monde aquatique. Finalement, par rapport aux immissions, les mesures constructives à envisager sont liées à beaucoup d'incertitudes comme pour la méthode liée aux émissions.

Malgré ces remarques et pour l'instant, on pourra, dans l'attente d'une directive spécifique, appliquer la Directive STORM.

La figure 4.6 indique la méthodologie de la Directive.

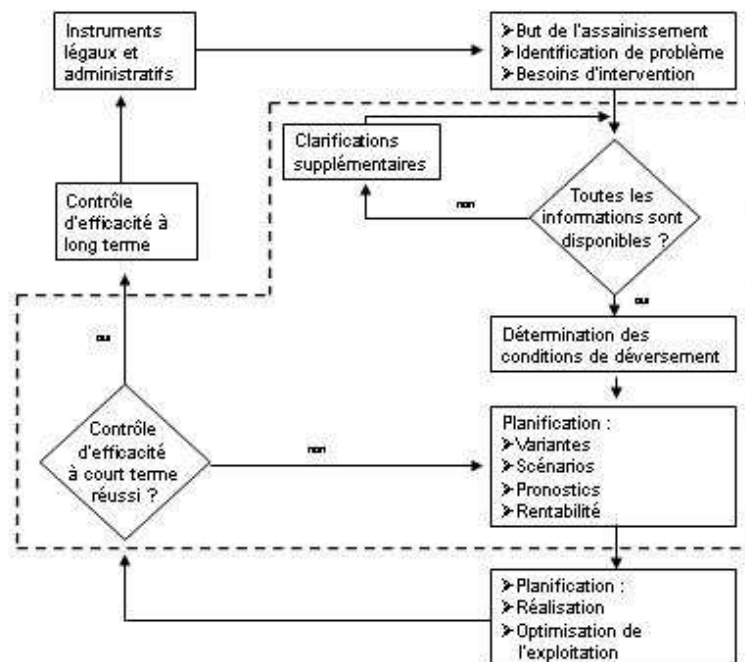


Fig. 4.6 Méthodologie pour le choix du déversement dans un cours d'eau superficiel,

source [22]

Voir aussi le 19.22 du § 19.3.

En outre c'est l'OEaux Annexe [2<sup>27</sup>] qui est applicable.

#### **Présence de plusieurs installations avec rejets le long d'un cours d'eau**

Dans le cas où plusieurs installations rejettent leurs eaux le long d'un cours d'eau, on suggère d'utiliser les Instructions [1] et la Directive STORM [22].

#### **4.5.2 Déversement dans une nappe phréatique**

Le déversement dans une nappe phréatique doit respecter la loi sur les eaux notamment en ce qui concerne la qualité de l'eau filtrée. Elle dépend aussi de la zone de protection dans laquelle l'eau s'écoule. L'OEaux art. 8 et l'annexe [2<sup>27</sup>] art. 2 et ss fixent les exigences concernant l'infiltration des eaux dans le sous-sol. Voir aussi le tableau 19.20 du § 19.3.

#### **4.5.3 Mesures de sécurité pour la protection des cours d'eau contre le déversement de liquides polluants**

Le risque d'accident de véhicules transportant des liquides dangereux est, y compris pour les routes principales, restreint.

Lorsque des RFB sont en place, les liquides de toutes sortes pouvant polluer les eaux, peuvent être retenus et évacués sans mesures spéciales. Le filtre pollué doit ensuite être remplacé.

Une vanne accident est à prévoir dans la chambre de sortie.

## 5 Conception des installations de traitement et d'épuration

La conception des installations de traitement et d'épuration s'appuie sur de nombreux éléments et paramètres, notamment :

- la qualité de l'eau (trafic, degré de pollution)
- le débit des eaux de chaussées (instantané, volumes)
- la qualité et les caractéristiques du cours d'eau superficiel récepteur (déversement)
- la vulnérabilité de la nappe phréatique (infiltration)
- les conditions hydrogéologiques (capacité d'infiltration, profondeur de la nappe phréatique)
- la sécurité d'exploitation (risque d'inondation,...)
- la place à disposition
- l'intégration au paysage
- l'entretien et l'exploitation (chemin d'entretien, accès aux ouvrages,...)

De plus une conception correcte prendra en compte les dimensions optimales décrites ci-après ainsi que les rapports longueur/largeur/hauteur.

Il s'agit d'éviter un « lavage » des matières déposées lors des crues et de réduire au maximum le risque de colmatage des filtres en terre, en sable ou en splitt.

Lors de la conception d'une installation (rétention, traitement, épuration), il est important de conserver une vue générale sur l'ensemble du système de traitement et de prendre en compte tous les ouvrages depuis le prétraitement jusqu'au rejet à la sortie de l'installation.

### 5.1 Schéma d'une installation-type avec prétraitement

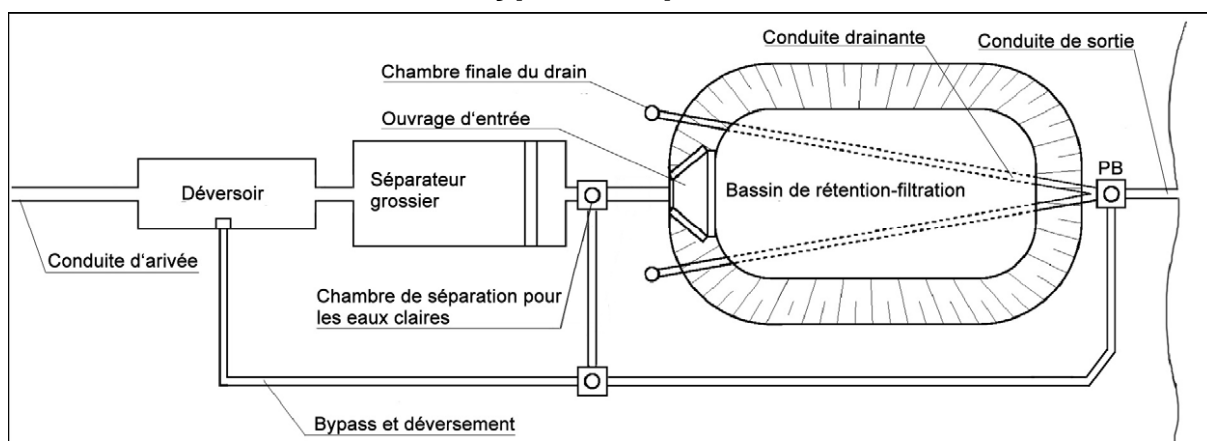


Fig. 5.7 Schéma d'un RFB avec un séparateur grossier

### 5.2 Ouvrages retenus

Le très grand nombre d'installations de traitement existantes a nécessité de procéder à un choix parfois délicat. Les ouvrages retenus sont principalement ceux dont les données techniques, l'efficacité d'épuration et le rapport coût-efficacité sont les mieux connus. Ils sont les suivants :

- **Prétraitement** (bassin de sédimentation, déshuileur, décanteur, débourbeur, dessableur, séparateur y compris séparateur lamellaire, volume en cas d'accident majeur). Les déshuileurs et les dessableurs ne sont pas traités spécifiquement.

- **Bassins de rétention/sédimentation**
- **Installations d'épuration** (sans étanchéité)
  - dépressions, cuvettes (sans étanchéité)
  - bassins d'infiltration sans étanchéité
  - Bassins de rétention/infiltration sans étanchéité
- **Installations de traitement** (avec étanchéité)
  - filtration (avec év. rétention et étanchéité)
  - rétention-filtration de divers types (avec étanchéité)
  - cuvettes-rigoles filtrantes (avec étanchéité)
- **Ouvrages de déversement** dans les eaux superficielles avec ou sans pompage et avec rétention seule ou rétention+traitement

La figure 3.5 récapitule les divers ouvrages répartis selon les catégories ci-dessus.

**Les installations dites techniques et les installations pilotes** (SETEC technologiques) ne seront pas traitées dans le cadre du présent rapport. Ces installations sont pour l'instant expérimentales et les résultats font encore l'objet de discussions. Elles sont intéressantes notamment dans les cas où la surface à disposition est réduite.

Il convient de préciser que la séparation entre les ouvrages de rétention et ceux de filtration, permettra surtout de traiter séparément du dimensionnement de ces ouvrages qui formeront finalement et en général un même ouvrage de rétention/filtration.

A noter enfin que seules les eaux de chaussées font l'objet du présent rapport. **Les eaux usées et les eaux mixtes sont exclues de nos recherches** car elles constituent un ensemble de problèmes spécifiques.

Les ouvrages non retenus sont traités dans d'autres études ou documents [18], [31], [42], [43], etc.

Finalement les installations retenues sont celles qui sont réalisées le plus souvent et au sujet desquelles des données suffisamment précises sont à disposition. Elles sont décrites ci-après.

## 6 Dimensionnement hydraulique des ouvrages

Ce chapitre donne des indications sur les différentes méthodes de dimensionnement hydraulique des ouvrages. Ces indications concernent essentiellement le calcul des volumes de rétention.

Pour le calcul des débits et des surfaces d'infiltration, les données nécessaires figurent aux chapitres 10 à 16 avec notamment une récapitulation des caractéristiques hydrauliques des filtres au tableau 16.16. A noter que pour une installation de rétention-filtration le débit infiltré ( $Q_{ab}$ ) sera estimé en fonction des caractéristiques du filtre alors que pour une rétention seule il sera fixé par l'organe de régulation (vanne ou réduction du diamètre du tuyau) à la sortie du bassin. Le but des calculs est de déterminer le volume de rétention nécessaire de façon à ce que les déversements lors de fortes pluies soient acceptables en quantité et qualité pour le cours d'eau récepteur ou la nappe phréatique. Ces calculs sont en réalité complexes en raison des très nombreux paramètres qui entrent en jeu. Ils vont des différentes intensités et caractéristiques des pluies, de leur durée, du temps de retour admis pour ces pluies, des méthodes de calcul diverses appliquées, etc. Par exemple, il est évident que plus le temps de retour des précipitations admis est long (10 ou 20 ans), plus les quantités d'eau à évacuer sont importantes et plus le système d'évacuation devient volumineux (voir Annexe 2, exemple). Par contre si le temps de retour est choisi court (1 ou 2 ans), les déversements seront plus nombreux et volumineux et la sécurité contre les surcharges réduite. Il faut garder à l'esprit que même les programmes de simulation les plus modernes ne permettent qu'une approche limitée de la réalité. C'est pourquoi un tel dimensionnement fera l'objet de variantes, si possible de calages et d'examen de sensibilité notamment pour les ouvrages d'une certaine importance.

### 6.1 Dimensionnement hydraulique

#### 6.1.1 Dimensionnement hydraulique sur la base de courbes régionales d'intensité des précipitations (SN 640350)

##### Bases

Le dimensionnement hydraulique est fondé sur les bases suivantes:

- Norme SN 640 350, **Intensité des pluies** [19]
- Norme SN 640 353, **Débit** [20]
- Norme SN 640 357, **Dimensionnement des canalisations** [21]

##### Ecoulement sur la route

L'écoulement est basé sur les paramètres (SN 640353):

- Le **temps de retour**  $z = 1$
- La **durée de pluie** déterminante : 60 min (selon [2] cette durée de pluie est applicable aux petites installations)

##### Coefficients d'écoulement

Les coefficients d'écoulement suivants sont à prendre en compte :

- **Routes en dehors des localités:**
  - Cas normal  $\Psi=0,6$
  - Hauteur des bordures  $> 0,07$  m et à proximité des voies de circulation du trafic motorisé :  $\Psi =0,7$
  - Routes pourvues d'une glissière de sécurité sur un accotement étanche des deux côtés de la route avec une évacuation des eaux vers la route :  $\Psi =0,7$
  - Routes pourvues de parois antibruit ou d'andins:  $\Psi =0,7$

- **Routes à l'intérieur des localités :**

- Constructions des deux côtés :  $\Psi = 0,8$
- Constructions d'un seul côté :  $\Psi = 0,7$

**Calcul du volume de rétention d'un bassin**

- Le calcul est fait en prenant la somme des pluies  $Q$  et en la mettant en relation avec la durée de pluie  $t$  pour des surfaces de route réduite  $AF_{red}$  selon la figure 6.8. La base est la norme SN 640 350, intensité des pluies [19], avec une pluie annuelle. Les coefficients d'écoulement sont à prendre en compte dans le calcul de  $AF_{red}$ . La figure 6.8 représente la ligne de cumul des volumes de pluie, de la capacité d'infiltration et du volume de rétention.
- Dans le calcul du volume de rétention des RFB, on peut inclure 20% du volume du filtre y compris la couche de drainage.
- Dans la plupart des cas, les volumes de rétention des RFB calculé sur la base de la charge hydraulique de l'affluent sont suffisants. Si cela n'est pas le cas, on calculera le volume sur la base des conditions de déversement dans les cours d'eau superficiels.

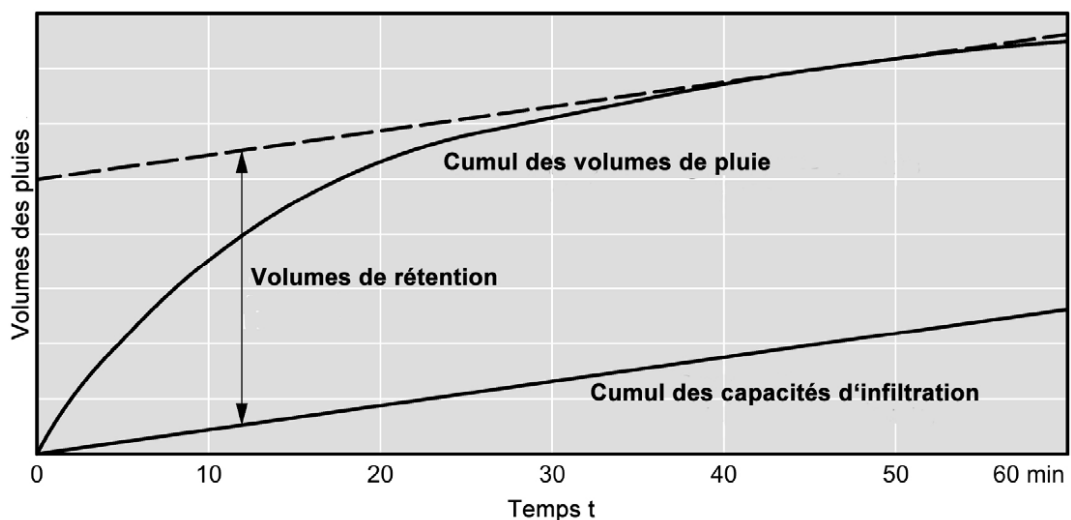


Fig. 6.8 Volumes de pluie, capacité d'infiltration et volumes de rétention en fonction du temps de pluie

**Notes :**

- Cette méthode repose sur une approche fortement simplifiée mais elle fournit de bonnes valeurs d'approximation des volumes de rétention pour des pluies de durée inférieure à 60 minutes, un débit de sortie supérieur à 5 l/sec\*ha et pour de petites installations (en principe pour  $V < 1000m^3$  selon l'exemple de l'annexe 2).
- Le réseau de canalisation est dimensionné pour une période de retour de 1 an. Cependant il est judicieux et nécessaire de calculer le volume de rétention pour une période de retour supérieure pour prendre en compte des réserves de capacité du réseau. C'est sur ce point qu'un dimensionnement réalisé avec une simulation continue et basé sur un réseau réel et sur des pluies effectives est beaucoup plus proche de la réalité. De plus la méthode basée sur les intensités de pluies n'apporte pas d'indications concernant les volumes déversés et la pollution qui y est liée.
- Les méthodes de calcul ci-dessus concernent les bassins de rétention classiques.
- Le dimensionnement des volumes de prétraitement est à faire selon les règles figurant sous § 7.1, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6 et 7.7.

**Conduite d'arrivée**

La conduite est à dimensionner selon les bases suivantes :

- Intensité des pluies selon la norme SN 640 350 [19] avec des pluies annuelles de 15 minutes
- Norme SN 640 353, Débit [20]
- Norme SN 640 357, Dimensionnement de la canalisation [21]
- Coefficients d'écoulements selon le § 6.1.1

#### Déversoir

Le déversoir respectivement la conduite de déversement est à dimensionner comme la conduite d'arrivée. Elle est à disposer à la cote maximale de la hauteur de retenue.

## 6.2 Dimensionnement hydraulique au moyen de pluies de référence

Dans ce cas les pluies de référence sont déduites des courbes d'intensité de la pluie. L'exactitude de cette méthode est donc comparable à celle du § 6.1. Elle n'est par conséquent pas d'un grand intérêt.

## 6.3 Dimensionnement hydraulique au moyen de modèles de simulation numériques

Cette méthode consiste à résoudre l'équation de bilan (le volume de stockage est fonction des données suivantes : arrivée d'eau-stockage dans le bassin-infiltration-écoulement en sortie-trop plein) sur la base de pluies de référence ou de données de pluies historiques (10, 20 ans, etc.). L'avantage de ce modèle de calcul ne réside pas en priorité dans une précision supérieure, mais dans la possibilité d'identifier les caractéristiques de la pluie déterminante pour la rétention. Les programmes de calcul comme MOUSE, SASUM, KALAMIN, SAMBA ou SWMM permettent des calculs en continu. Ceci n'est pas le cas de tous les programmes mis à disposition. Cette méthode offre en outre l'avantage de permettre de déterminer la fréquence des déversements et les volumes déversés ainsi que la pollution qui y est liée.

En général ces programmes permettent de tenir compte des divers paramètres (évaporation, pentes du terrain, degré d'imperméabilisation du sol, etc) de manière plus précise que dans les autres méthodes pour autant que l'utilisateur ait l'expérience nécessaire et procède aux contrôles possibles et nécessaires.

**Un exemple**, donné en annexe 2, permet de comparer les méthodes des § 6.1 et 6.3. On constate que, dans le cadre de cet exemple le volume calculé selon la méthode des intensités de pluies pour T=1 an est sensiblement le même que le volume déterminé par la simulation continue. Par conséquent le dimensionnement d'un ouvrage de cette ampleur pour une surface réduite de 7.5 ha au maximum, pourrait être calculé avec la méthode des courbes d'intensité.

*En accord avec [2], les **recommandations** suivantes peuvent être faites :*

- *Pour les petites installations ( $V < 1000 \text{ m}^3$ ) la méthode des courbes d'intensité des pluies est acceptable.*
- *Pour les grandes installations le dimensionnement est à calculer à l'aide d'un modèle hydrologique détaillé et à l'aide d'une simulation en continu de longue durée.*
- *Souvent et spécialement en dehors des localités, les données locales de pluies manquent. Dans ce cas on pourra se baser sur des modèles de pluies provenant de courbes d'intensité ou de [19].*
- *Voir exemple en **annexe 2**.*

## 6.4 Précisions au sujet du dimensionnement hydraulique

Le dimensionnement hydraulique doit résoudre tous les problèmes posés sur l'ensemble du système d'épuration (SETEC). Il s'agit de déterminer les débits et volumes arrivant dans le système ainsi que les débits déversés avant l'entrée dans la rétention ou le RFB.

Ces calculs sont classiques et sont à faire à l'aide des méthodes décrites ci-avant. Le dimensionnement hydraulique du **volume** d'un bassin de rétention ou d'un RFB est à réaliser de manière identique en assimilant le débit déversé (régulé,  $Q_{ab}$ ) vers l'exutoire à celui qui est infiltré. Les exigences concernant les débits déversés dans un cours d'eau superficiel sont à fixer selon les indications données sous § 4.5.1. Celles concernant l'infiltration dépendent du type de filtre réalisé. Les indications concernant leur perméabilité et les mesures de protection, d'exploitation et de maintien à prendre sont décrites aux chapitres 10 à 15. Il faut d'ores et déjà signaler que la durée et la fréquence des inondations subies par le filtre (en m/an) sont importantes à régler. **Des surcharges fréquentes du filtre**, voire même uniques mais importantes peuvent conduire non seulement à une remobilisation des substances retenues dans le filtre (les métaux lourds notamment) mais aussi à réduire durablement l'efficacité du filtre et même à le détruire. Une remobilisation a lieu aussi en présence de sels de déverglaçage. Le problème de la détermination de la **surface d'un filtre** est par conséquent à analyser avec le plus grand soin en tenant compte non seulement du coût mais surtout du fonctionnement et de la durabilité de l'ouvrage. Le document [17] donne des indications à ce sujet. Il faut ajouter à cela qu'**une charge insuffisante d'un bassin** conduit aussi à des rendements insuffisants qui ne répondent ainsi pas aux objectifs fixés pour l'épuration des eaux de chaussée (voir § 16.7). La clef pour empêcher les deux défauts signalés (sur- et sous-charge) réside dans une estimation suffisamment précise des débits arrivant dans le bassin. Ceci nécessite la prise en compte de l'ensemble du réseau des collecteurs et du système de traitement.

## 7 Installations de prétraitement

### 7.1 Généralités

Il existe de nombreux types d'ouvrages de prétraitement. Ces ouvrages font partie de l'ensemble des installations qui constituent un système de traitement (SETEC). Ils doivent être prévus selon la nécessité et après un examen de l'ensemble du système en prenant en compte :

- le débit à traiter
- le flux et la nature des polluants, des matières solides (graviers, sables, etc.), des matières dissoutes, des matières flottantes, des matières plus légères que l'eau (hydrocarbures, huiles)
- le type d'ouvrage prévu à aval (type de filtre, rétention, etc.) en prenant notamment en compte le risque de colmatage
- l'efficacité globale d'épuration souhaitée ou exigée

Le choix de réaliser ou non un ouvrage de prétraitement n'est pas toujours évident ni facile. Dans une telle situation, il s'agit de se réserver la possibilité de réaliser un tel ouvrage ultérieurement en cas de problèmes. Le choix entre les divers ouvrages de prétraitement est lui aussi difficile. Une comparaison coût/utilité peut être indiquée. Il s'agit en général de bien examiner les problèmes liés au colmatage du filtre ainsi notamment que les travaux d'entretien et d'exploitation. L'examen de l'efficacité globale du système (yc les déversements) peut apporter aussi une réponse au problème posé.

### 7.2 Types d'ouvrages et mise en place

Les installations de prétraitement, en général disposés avant une installation de traitement, ont pour fonction prioritaire de ralentir ou d'empêcher le plus possible le colmatage des filtres qui suivent. Ils devraient en plus influencer sur l'efficacité d'épuration. Les installations suivantes sont retenues :

- Bassins de sédimentation-décantation
- Séparateurs lamellaires
- Filtres en splitt (gravillons)

La mise en place d'installations de prétraitement dépend du type de bassin de rétention-filtration. Les exigences au sujet du type d'installations de prétraitement et des bassins de rétention-filtration comme prétraitement sont examinées ci-après en séparant d'une part les ouvrages qui sont placés avant une installation de traitement et d'autre part les prétraitements qui font directement partie du système de traitement.

### 7.3 Ouvrages de prétraitement disposés avant une installation de traitement ou d'épuration

#### Bassin de sédimentation-décantation

Pour atteindre un degré d'efficacité suffisant, il est nécessaire de réaliser des bassins suffisamment grands. En effet, pour éviter un "lavage" des matières déposées lors des pointes de débit, le volume (grandeur) du bassin ne doit pas être au dessous d'une limite inférieure. Les bassins de décantation peuvent être réalisés à frais réduits si les conditions locales sont favorables. L'exploitation et l'entretien sont simples et demandent un investissement réduit.

**Séparateur à lamelles**

Les séparateurs à lamelles qui sont des ouvrages de prétraitement, sont souvent comparés aux bassins de décantation, bien que leurs processus d'épuration soient différents. L'efficacité du séparateur à lamelles est variable. Il en est de même du rendement qui montre de grandes différences. L'entretien est soumis aux mêmes variations. Au sujet des coûts d'entretien des informations manquent.

La mise en place de séparateurs lamellaires avec un haut degré d'efficacité est en discussion notamment pour les routes aux abords des lacs.

Pour les routes nationales, les séparateurs type Saint-Dizier ou similaires sont utilisés avec succès depuis plusieurs années.

**Filtre en gravillons (splitt)**

Les filtres en gravillons sont décrits au chapitre 13. L'entretien de ces bassins est relativement défavorable car il nécessite un changement périodique de la couche filtrante. Le problème de la durée de fonctionnement et de vie du filtre est mal connu notamment en relation avec les caractéristiques de l'affluent.

**Stockage dans le collecteur**

Même si une telle mesure pourrait être considérée comme un prétraitement elle est traitée dans le chapitre de la rétention sous § 8.7 car elle joue son rôle principal comme rétention.

## 7.4 Prétraitements inclus aux installations de traitement ou d'épuration

**Bassins de rétention-filtration avec terre et végétation**

Les filtres en terre sont construits très différemment selon la qualité de la terre utilisée. Ceci est aussi valable en ce qui concerne leur comportement envers le colmatage par des boues. En principe, un prétraitement de l'affluent est nécessaire.

**Bassins de rétention-filtration avec filtre en sable**

Il faut admettre qu'un filtre en sable est plus sensible vis-à-vis du colmatage par des boues qu'un filtre avec une végétation. Il existe cependant à l'étranger des filtres en sable sans prétraitement qui fonctionnent avec succès.

**Bassins de rétention-filtration avec filtre en sable et plantation de roseaux**

Des essais sont actuellement en cours avec une installation sans prétraitement. Un succès est attendu. Si les essais ne devaient pas être positifs, un bassin de sédimentation ou un séparateur grossier seraient ajoutés avant le bassin de rétention-filtration avec filtre en sable et roseaux. Ce séparateur peut être un bassin de décantation ou un séparateur à lamelles. Les exigences en ce qui concerne la granulométrie des particules déposées ne sont pas connues. Lors de la réalisation de bassins de rétention-filtration sans prétraitement, des dépotoirs sont à mettre en place. Ils sont à optimiser hydrauliquement de manière à ce qu'un "lavage" soit limité au maximum. En plus les distances entre ces dépotoirs sont à réduire et leur vidange est à réaliser plus souvent. L'abandon d'un prétraitement permet de réduire les coûts de l'installation de traitement de manière conséquente

**Bassins de rétention-filtration avec filtre en splitt**

Ce type d'installations ne nécessite pas de prétraitement. Le degré d'efficacité est cependant inférieur aux trois autres solutions. La réalisation est simple. Ce type d'installation nécessite une surface réduite par rapport aux autres RFB.

## 7.5 Aperçu des prétraitements

Le tableau 7.1 donne un aperçu des types de prétraitement avec un compte-rendu des leurs caractéristiques. Les prétraitements peuvent être mis en place en principe dans le cadre des installations d'épuration. Pour les bassins de décantation et les séparateurs à lamelles, le degré d'efficacité peut être lié aux exigences retenues en tenant compte d'une limite de rentabilité.

Tab. 7.1 Aperçu pour le choix des prétraitements

Caractéristiques	Bassin de sédimentation	Filtre en splitt	Séparateur à lamelles
Efficacité	+	++	+
Place nécessaire	-	+ / ++	++
Besoin en entretien	++	-	-
Coût de réalisation	-	+	-
Expérience d'exploitation	++	+	+

Légende: ++ favorable + plutôt favorable - défavorable

### Rendement d'épuration des prétraitements

Les prétraitements peuvent avoir des rendements d'épuration importants non seulement sur les **MES (env. 30%)** mais aussi sur les métaux lourds et les HAP. C'est le cas pour les bassins de sédimentation-décantation largement dimensionnés, les séparateurs à lamelles et le filtre avec splitt. L'effet sur les filtres disposés après le prétraitement n'est pas connu. De telles installations de prétraitement sont favorables également dans le cas des cuvettes/rigoles d'infiltration.

Des indications supplémentaires sont données aux § 9.5 et 9.6.

## 7.6 Particularités

### Critères manquants vis-à-vis du prétraitement

Pour les installations d'épuration, il manque presque sans exception des informations précises sur le rendement d'épuration des prétraitements en relation avec la durée de vie des filtres. Cela est dû, entre autres, au fait que les exigences pour le prétraitement en regard de la grandeur des particules manquent. Les exigences sont très différentes selon le type de filtre qui suit le prétraitement. Il faut ensuite considérer que non seulement la quantité et la granulométrie des matières inertes et de la pollution mais aussi les matières organiques comme les déchets de pneus ont une importance. Les indications qui suivent sont aussi valables pour les installations d'épuration sans prétraitement.

### Développement

On trouve peu d'informations dans la littérature au sujet du développement des installations d'épuration. Pour les cas de filtres en terre qui n'ont pas fonctionnés, les causes ne sont souvent pas analysables parce que les dommages peuvent avoir plusieurs causes.

### Prévention du colmatage des filtres

Le prétraitement a pour toutes les installations d'épuration la tâche d'empêcher le colmatage. La fixation d'exigences est très limitée par rapport aux nombreux types de filtres et à leur surface. Des données techniques n'existent en fait que seulement pour les filtres en terre.

En général, on peut admettre que, dans le cas du filtre en terre, le prétraitement doit assurer au moins le dépôt de la fraction de sable (grain > 0.05mm).

Selon DWA-M153, 2007 [33], les installations de sédimentation doivent retenir les grains de plus de 0.1mm.

D'autres installations de prétraitement comme par exemple les filtre en splitt peuvent séparer les particules de la fraction silteuse (>0.01 mm).

## 7.7 Bassins de sédimentation comme prétraitement

### Bassins de sédimentation classiques

#### Généralités

Le dimensionnement de ces bassins doit être basé prioritairement sur la retenue des matières déposées. Cela signifie que l'on doit avoir une vitesse superficielle qui ne soit pas trop élevée. En plus la géométrie du bassin ainsi que la position et la dimension de la conduite de sortie doivent être optimisées. Les bases pour le dimensionnement et les données de planifications sont basées sur la publication « Optimierung von Absetzbecken » [28], [33].

#### Fonction et buts

Les bassins de sédimentation prévus comme installations de prétraitement sont des séparateurs grossiers. Leur dimensionnement et leur efficacité devrait être suffisante pour empêcher le colmatage des filtres.

Le schéma ci-dessous donne un exemple d'un bassin de sédimentation réalisé en béton.

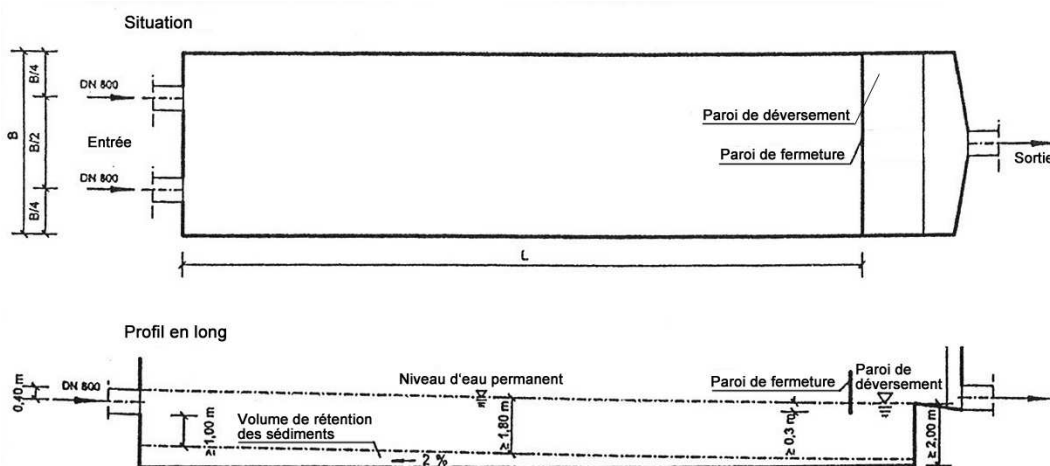


Fig. 7.9 Schéma d'un bassin de sédimentation

#### Règles de dimensionnement

Pour les ouvrages de sédimentation/décantation, une vitesse superficielle de 2 à 3 m/h et dans des cas spéciaux jusqu'à 6m/h est à prévoir.

Dans le cadre d'un programme de recherches [38] destiné à optimiser les bassins de sédimentation, des simulations en 3D ont été utilisées pour l'analyse des conditions d'écoulement dans les bassins. L'optimisation avait pour but principal d'évaluer pour quelle géométrie du bassin une répartition favorable de la vitesse a eu lieu.

Les résultats principaux sont rassemblés ci-après :

- Le rapport longueur/largeur du bassin devrait se situer entre 4:1 et 6:1.
- En général la profondeur du bassin doit être de 3.0m et de 2.0m si la concentration des boues de l'effluent est faible.
- La distance entre la surface des sédiments et la surface de l'eau dans le bassin doit être d'au moins 1.80m.

#### Réalisation et règles de conception

Les bassins de sédimentation qui sont prévus comme prétraitement sont, pour tenir compte de la protection du sol, à concevoir en admettant que leur surface doit être réduite. Les bassins en béton sont de ce fait adaptés. Leur disposition correspondra au schéma de la figure 7.9.

Aucune paroi plongeante n'est à prévoir à l'entrée respectivement aucune répartition du débit.

**Règles d'exécution**

- Ouvrage en béton armé
- Mise en place du collecteur d'entrée en dessous du niveau d'eau et dans la direction de l'axe du bassin
- La longueur minimale du tuyau d'entrée doit être de 4 à 10 fois celle du diamètre du tuyau
- La distance de l'arête inférieure du tuyau d'entrée par rapport à la surface supérieure des sédiments déposés doit être de 1.0m au minimum

Des écarts par rapport aux recommandations ci-dessus sont possibles notamment pour de petits débits. Ils sont à examiner avec soin.

**Efficacité**

Le rendement d'épuration atteint env. 30% au minimum pour les MES et env. les mêmes valeurs pour le Cu et le Zn [29]. Si le temps de séjour est de 18 heures, les rendements peuvent atteindre : 60% pour les MES. Voir aussi § 9.5 et 9.6.

**7.8 Bassin combiné type K**

Ce type d'ouvrage, réalisé très souvent dans le passé (directive de 1968 !), ne répond pas aux exigences car, en cas de fortes pluies, les sédiments et les substances polluantes sont remobilisées et entraînées vers l'aval.

Par contre, si leur maintenance est assurée, ils sont efficaces pour la retenue des hydrocarbures et des matières dangereuses. Voir à ce sujet [43].

Une modification de ces bassins est envisageable, par exemple en y ajoutant des lamelles (voir § 7.9). Des essais devraient cependant vérifier l'efficacité effective des transformations réalisées.

**7.9 Séparateur lamellaire****Fonction et buts**

La fonction principale du séparateur lamellaire est de réduire les matières de suspension (MES) de manière efficace et en plus de piéger les hydrocarbures. La décantation lamellaire est utilisée pour réduire la distance verticale à parcourir par chaque particule avant d'être piégée.

Il s'agit souvent d'installations préfabriquées (Saint-Dizier ou autres) placées dans une citerne (en polyester) avec possibilités de prévoir un déversoir à l'entrée.

Le rendement de ce système est intéressant et peut être meilleur que la simple décantation ou sédimentation. Le volume peut être réduit par rapport aux autres systèmes.

**Règles de dimensionnement**

- la charge superficielle du décanteur est indépendante de la hauteur de décantation. La hauteur du décanteur est divisée en plusieurs (n) décanteurs élémentaires agissant en parallèle et traversés chacun par un débit  $Q/n$ . La hauteur élémentaire n'exécède pas quelques centimètres (7-8 cm)
- le dimensionnement hydraulique est basé sur la théorie de Hazen.
- vitesse superficielle  $V_h \leq 10 \text{ m/h}$
- inclinaison des lames  $45^\circ$  à  $60^\circ$
- régulation du débit à l'entrée et choix du débit aval entre 60 et 150 l/s
- si l'ouvrage est placé sans rétention à l'amont, une conduite du by-pass est nécessaire
- unité sur le marché de 10 à 125 l/sec. ,  $\varnothing_{\text{max}} = 4.0 \text{ m}$ ,  $L_{\text{max}} = 8.5 \text{ m}$ .

On peut admettre en général que la surface nécessaire pour un séparateur à lamelles est environ un dixième de la surface d'un bassin de décantation. Il existe des systèmes sans et avec un équipement mécanique.

### Règles de construction

- la pose est réalisée en général sur un radier en béton
- en cas de sous-pression, (nappe phréatique) un ancrage est à prévoir dans le radier
- pose de la citerne prévue avec de grandes ouvertures munies de couvercles pour faciliter l'exploitation
- remblayage soigneux avec raccordement aux conduites d'entrée et de sortie

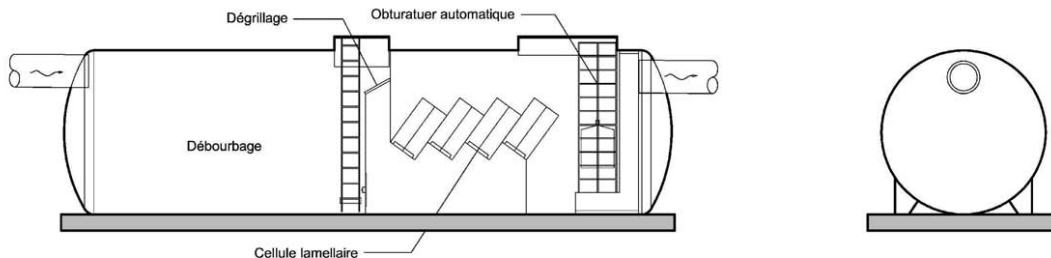


Fig. 7.10 Esquisse du séparateur type Saint-Dizier [selon doc. Saint Dizier].

### Rendement d'épuration, efficacité

- pour  $V_h \approx 10\text{m/h}$  env. 30% d'abattement des MES
- $V_h \approx 5\text{m/h}$  env. 50% d'abattement des MES
- rejet : MES 100mg/l

### Entretien et exploitation

Le confinement à l'intérieur de la citerne pose des problèmes principalement d'exploitation et d'entretien. Une ouverture sur toute la longueur avec couvercles rectangulaires est conseillée.

## 7.10 Filtre en split comme prétraitement

Il est possible d'envisager dans des cas particuliers la réalisation de filtres avec split comme prétraitement. Cela restera exceptionnel pour des raisons évidentes (traitement partiel, coût/utilité, etc.)

Le chapitre 13 traite ce type de filtre comme prétraitement ou/et traitement. On se référera donc à ce chapitre tout en adaptant le volume selon le §7.7.

## 7.11 Traitements spéciaux

### Sacs filtrants posés dans les dépotoirs

Cette méthode relativement nouvelle montre une efficacité assez réduite liée à des écarts importants. Cela n'est pas dû à une filtration insuffisante des sacs en géotextile mais à leur volume très insuffisant. Les sacs débordent en effet lors de fortes pluies et pour des pluies d'intensité moyenne liées à de grands volumes pluviaux. L'eau qui déborde hors du sac soit s'écoule sans être épurée soit le débit arrivant au dépotoir continue de couler sur la route. L'utilisation des sacs filtrants est donc réservée à des cas spéciaux.

### Lavage de la route

Pour le lavage de la route, il existe des expériences objectives sur l'effet des lavages sur la qualité des eaux de chaussée. Elles montrent que l'efficacité de ces lavages est réduite même en cas de lavages très fréquents. On n'atteint pas le niveau des installations d'épuration ou de traitement. Il est aussi important de constater que les écarts d'efficacité en liaison avec les conditions locales sont très grands et difficilement

estimables. Par contre, des lavages fréquents pour diminuer la convection et ainsi protéger l'air et le sol peuvent être un apport intéressant.

### Déversement dans un réseau d'eau mixte

Le déversement d'eau de chaussée dans un réseau d'eau mixte respectivement dans une station d'épuration est courant dans les localités. Cette possibilité peut être aussi la plus intéressante en dehors des localités mais elle doit être analysée séparément dans chaque cas. L'efficacité est grande en général. Les effets des déversements dans les systèmes mixtes sont donc à examiner. Cela constitue un problème particulier et relativement complexe si l'on veut le traiter de manière exhaustive. Ce problème ne fait pas partie du présent mandat. Il ne sera donc pas traité dans ce cadre.

Il est intéressant de se référer à [23] et à la figure 7.11 pour signaler le cas d'un déversement direct comparé aux autres déversements soit d'une installation RFB et dans une canalisation mixte.

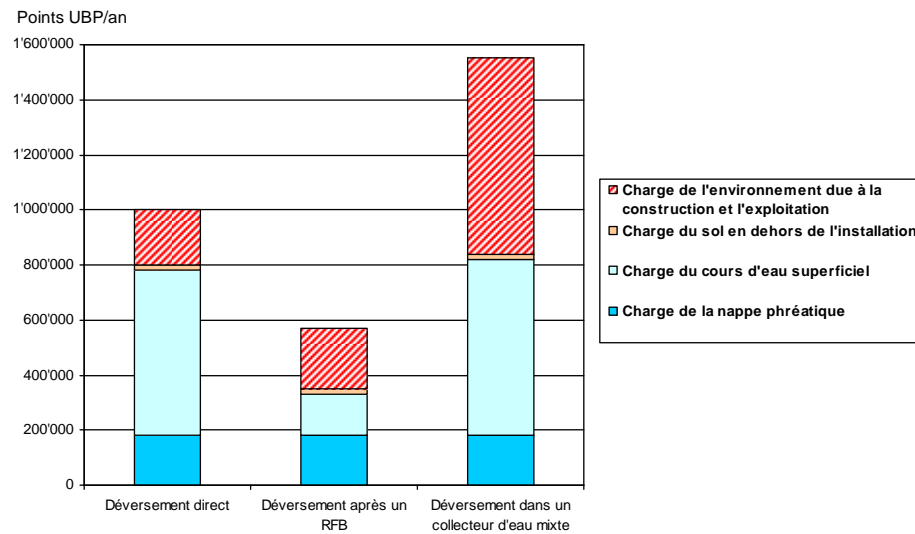


Fig. 7.11 Comparaison de divers déversements par rapport à un déversement direct comme état de référence tiré de [23]

Cet exemple, calculé pour une nouvelle route intégrée à l'ensemble du système d'évacuation, compare les bilans écologiques d'un déversement direct (solution zéro) par rapport à un raccordement à un RFB et à un raccordement à un collecteur d'eau arrivant à une STEP. On y constate l'efficacité d'un RFB ! Chaque cas est cependant à analyser spécifiquement.

## 8 Installations de rétention

### 8.1 Généralités

La rétention des eaux pluviales n'est pas une mesure d'évacuation ou de traitement des eaux en soi. Elle doit être examinée en relation avec l'infiltration ou le déversement. Elle contribue à la réduction des effets négatifs de la pollution routière sur le cycle de l'eau. Selon [1] une rétention peut être exigée seule ou suivie d'un ouvrage de filtration. La construction d'un ouvrage de rétention doit se dérouler selon une planification précise (nécessité, effets visés, paramètres de dimensionnement, sites possibles, types d'ouvrages possibles, conception, dimensionnement, instructions de service, etc.).

La conception d'une telle installation nécessite l'analyse de l'amenée de l'eau, du volume de rétention, de l'organe de régulation du débit et du trop-plein. L'intégration paysagère de l'ouvrage sera étudiée de façon à assurer la discrétion de l'installation.

La conception hydraulique, en plus des mesures habituelles, tiendra compte de l'accessibilité, de l'entretien, des risques et dommages possibles lors de crues exceptionnelles, de l'acceptation des propriétaires des terrains.



Fig. 8.12 Bassin de rétention à lame d'eau permanente (A16, Delémont Ouest)

Pour les routes nationales, les types de rétention suivants ont été mis en évidence [12] :

- rétention sur le bord de la chaussée dépendant des dépotoirs et des conduites.
- rétention des eaux de surface avant leur déversement dans de petits milieux récepteurs.
- rétention en vue de traitement des eaux de surface par filtration
- rétention de liquides pouvant polluer les eaux dans des volumes appropriés.

## 8.2 Fonction et aperçu

Les installations de rétention doivent remplir les tâches suivantes:

- Amortir les pointes de débit des évènements pluviaux avant leur restitution à l'exutoire.
- Mettre à disposition le volume de rétention avant le filtre ou le déversement.
- Stocker lors d'accidents, les liquides pouvant polluer les eaux

Les installations de rétention peuvent être disposées selon diverses constellations. Un aperçu est donné en figure 8.13. Nous décrivons ci-après les divers types d'installations. Les bassins de rétention régulent la charge hydraulique des cours d'eau superficiels. Ces bassins sont pourvus de vannes de régulation. Ce sont en général des ouvrages sans lame d'eau permanente.

Dans une mesure restreinte, ils fonctionnent comme bassins de sédimentation. Ils sont à concevoir de la manière la plus naturelle possible. Ils peuvent être réalisés en terre ou en béton. Les conditions locales sont déterminantes.

## 8.3 Types d'ouvrages de rétention

Les bases de projet et de réalisation sont rassemblées ci-dessous. Elles sont très identiques à celles des RFB en ce qui concerne les volumes de rétention.

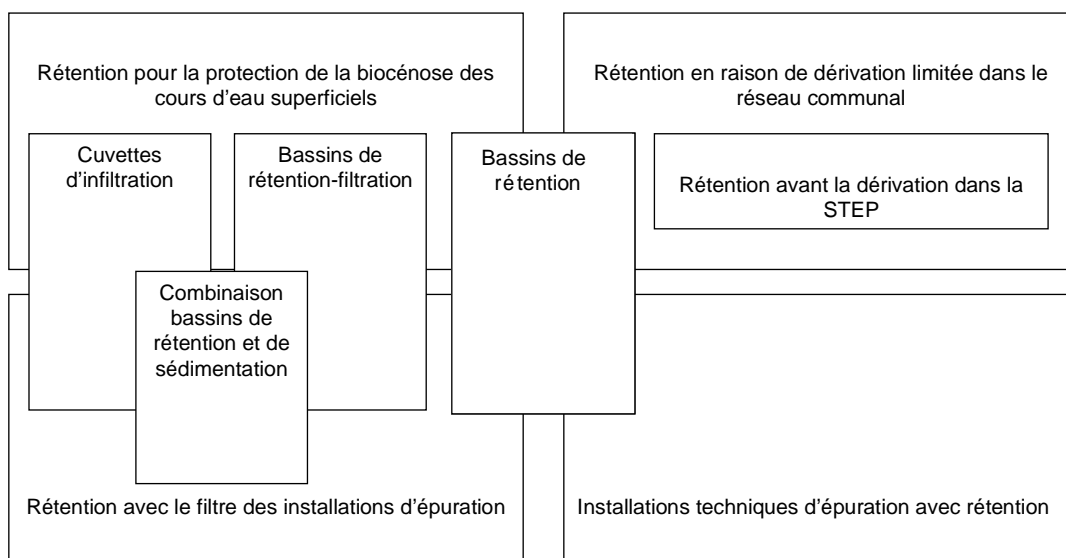


Fig. 8.13 Aperçu et relations dans le domaine de la rétention des eaux de chaussée

### Bassins de rétention

Les bassins de rétention ont la fonction unique d'amortir les pointes de débit lors de fortes pluies de courte durée. On peut aussi placer un tel bassin avec une capacité hydraulique réduite avant un bassin de filtration. Cette variante n'est cependant pas courante (sauf si le risque de colmatage est important !) car le traitement peut, en général, être réalisé dans un seul bassin de rétention-filtration.

### Bassins de rétention-filtration

Les bassins de rétention-filtration, avec ou sans prétraitement sont des ouvrages standards pour l'épuration ou le traitement des eaux de chaussée.

### Bassins de rétention avec cuvettes d'infiltration

Les exigences de la rétention sont dans ce cas les mêmes que pour les bassins de rétention-filtration.

### **Combinaison rétention et bassin de sédimentation**

Les bassins de sédimentation sont à dimensionner sur la base de leur charge de surface (vitesse horizontale) de manière à ce que les boues sédimentaires ne soient pas lavées. Lors d'une combinaison rétention et bassin de sédimentation, ceux-ci doivent être complétés par un volume de rétention. Cet agrandissement engendre une amélioration des rendements d'épuration.

### **Rétention avant le déversement dans une STEP**

Dans les villes et communes, il arrive relativement souvent que, pour des raisons de place ou en raison de la relation coût/utilité, on ne puisse pas construire une installation de rétention. Dans ce cas, on est amené à déverser l'eau de route dans la STEP. Il arrive souvent que le système de canalisation ne puisse absorber qu'un débit régulé et réduit. Dans cette situation une solution consiste à prévoir une rétention dans la canalisation. Voir § 8.7.

## **8.4 Mise en place d'ouvrages avant déversement dans les cours d'eaux superficiels**

La mise en place de bassins de rétention doit se baser sur les Instructions [1]. Celles-ci fournissent, sous la rubrique "examens de faisabilité" chiffre 3.3, le mode de choix du type de traitement. L'examen tourne autour de l'effet négatif du rejet des eaux sur l'écologie du cours d'eau superficiel qui dépend entre autre de la charge hydraulique. Dans un tel cas, le type et l'état du cours d'eau ont une grande importance. La charge hydraulique due aux pointes de débit lors des épisodes pluviaux est déterminante pour les conditions de déversement. Selon les Instructions [1], la charge hydraulique basée sur le débit  $Q_{347}$  ainsi que les caractéristiques morphologiques des cours d'eau sont à prendre en compte. Cette manière de faire est assez problématique car le  $Q_{347}$  ne peut être estimé qu'avec de grands écarts. Par contre, une estimation, par exemple avec un débit moyen, serait plus simple et plus exacte. De plus, il n'existe pas de relation directe entre le  $Q_{347}$  et la charge hydraulique. Une atteinte à l'écologie du cours d'eau commence dans l'espace entre les crues moyennes et hautes. Il existe sur le thème du déversement des eaux un rapport de recherche publié par le Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft [10]. Les documents [14] et [22] apportent aussi des informations. La conclusion qui peut être tirée des remarques ci-dessus est que les Instructions [1] devraient être revues et modifiées selon § 4.5 et 4.5.1.

## **8.5 Mise en place d'ouvrages de rétention pour créer des volumes de stockage avant des installations avec filtre**

C'est la capacité hydraulique qui permet de déterminer le volume d'un bassin de rétention en rapport avec une installation d'épuration avec filtre. Cette capacité est, pour diverses raisons, difficile à estimer. Les imprécisions vis-à-vis de chiffres de référence ou de contrôles réalisés sur de courtes périodes sont explicables de la manière suivante pour les différents filtres.

### **Filtres en terre**

La capacité hydraulique des filtres en terre montre des différences importantes. La construction, le soin apporté lors de la réalisation ainsi qu'une chute possible de la perméabilité due au colmatage sont déterminants. La somme de toutes les imprécisions a pour résultat une grande dispersion lors de la détermination du volume de rétention. Selon la situation, le sous-sol (sous le filtre) peut être déterminant pour les filtres en terre et non pas les horizons A et B.

### **Filtres en sable avec ou sans végétation**

Dans ces filtres aussi, il faut compter avec de grands écarts de la capacité hydraulique. Des expériences positives sont faites avec des filtres en sable plantés de roseaux.

### Filtres en gravillons (splitt)

Les divers filtres en splitt sont en général construits de manière similaire, contrairement à celle des filtres en terre. Il faut cependant remarquer qu'une couche de boue plus ou moins perméable se forme sur la surface des filtres avec splitt. Cette couche assure un effet d'épuration supplémentaire. La perméabilité de la couche de boues varie cependant très fortement selon la quantité et la composition de la charge de pollution dans l'affluent. Cela est démontré dans les deux filtres avec splitt qui sont en service en Suisse.

## 8.6 Dimensionnement et construction des bassins de rétention

Les bassins de rétention sont à prévoir comme bassins à ciel ouvert. Des exceptions sont possibles si les conditions locales sont défavorables par exemple en localité.

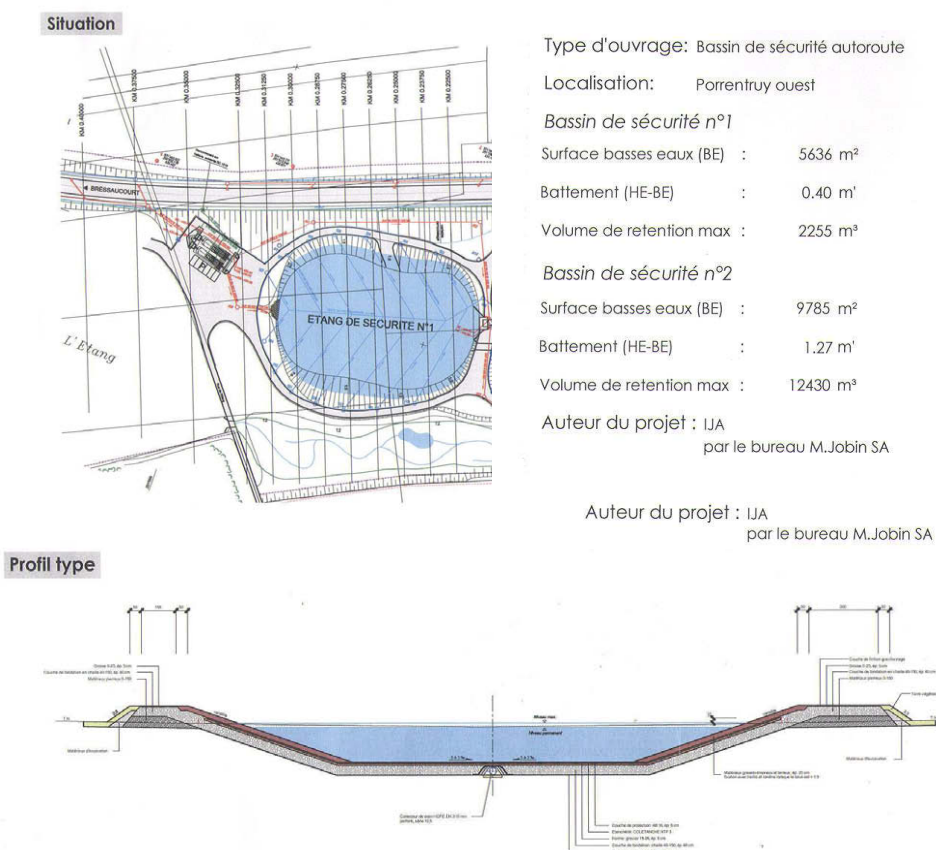


Fig. 8.14 Bassin de rétention et de sécurité (A16, Porrentruy Ouest)

La réalisation est à la base identique aux RFB (chap.9). Une étanchéité n'est souvent pas nécessaire.

Des bassins couverts en béton ne sont pas favorables pour l'entretien et l'évacuation des boues.

Une pente du radier de 1% et une rigole en bordure sont à prévoir pour favoriser la sédimentation.

### Calcul du volume de rétention

Le calcul est à conduire selon le chapitre 6.

Le rapport longueur/largeur du bassin à prévoir pour assurer des conditions hydrauliques optimales est celui du § 7.7.

### Entrée dans le bassin

Aucune exigence n'est à formuler quant à l'entrée dans le bassin et à sa répartition. Pour éviter l'érosion, on appliquera les mesures de la figure 10.18.

### Régulation du débit

La régulation du débit de sortie doit être conforme aux Instructions [1] et basée sur les conditions de déversement compte tenu de la charge de pollution lors du déversement dans les cours d'eau et les rivières. Le débit réglé est lié étroitement à la surface du bassin versant du cours d'eau.

## 8.7 Stockage dans le collecteur

### Mise en place

Un stockage dans le collecteur est à prévoir dans le cas particulier où une installation de rétention ou un bassin des eaux pluviales ne peuvent pas être réalisés. Voir aussi [11] et [29].

La figure ci-dessous présente un schéma d'un stockage classique dans le collecteur :

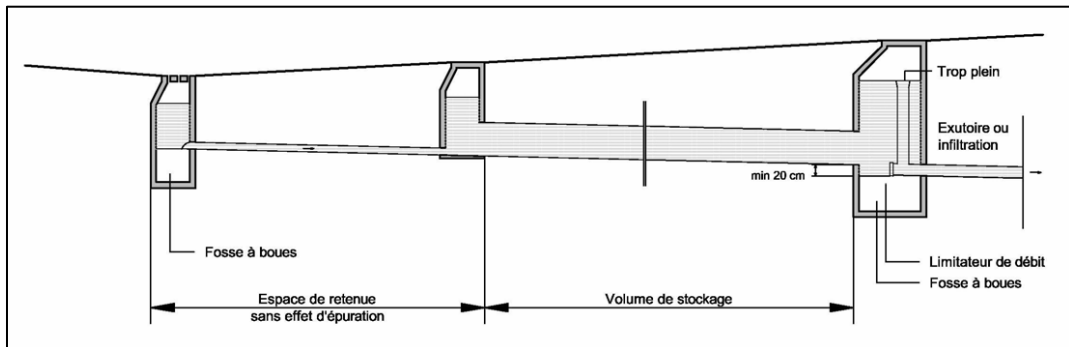


Fig. 8.15 Schéma d'un stockage dans le collecteur

### Fonctionnement

Schéma A : Le canal de stockage a la tâche de retenir le «first flush» après chaque épisode pluvieux. Le débit de sortie est à obturer à l'aide d'une **vanne télécommandée**. Aussitôt que possible et notamment lorsque la charge de la STEP est faible, le canal sera vidangé. Lorsque le canal de stockage est plein, l'eau peu chargée se déversera dans l'exutoire.

Schéma B : Dans ce cas, la sortie du canal est régulée par un **étranglement** de façon à ce qu'un débit déterminé soit dirigé vers la STEP qui, elle, n'est pas précédée d'un bassin des eaux pluviales.

### Types de canaux de stockage

#### Type avec étranglement

Ce type est une construction standard

#### Type avec vanne de régulation

La régulation est à étudier en fonction de la charge admissible dans la STEP. Les possibilités suivantes sont à disposition :

- Fermeture à l'aide d'une télécommande depuis la STEP
- Fermeture par une sonde posée près d'un déversoir

**Dimensionnement du volume**

Le volume est à dimensionner sur la base des pluies suivantes :

- profil en long < 1.0% 10mm
- profil en long > 1.0% 8mm

Le temps de vidange est à fixer avec le responsable de l'exploitation.

Pour éviter les dépôts dans le canal, il faut admettre une vitesse minimale de 0.6 à 1.0 m/s. Pour des profils carrés on admettra une vitesse plus grande.

**Eaux claires**

Les eaux claires rempliront le canal de stockage de manière continue. Elles ne doivent pas être conduites vers la STEP. Elles doivent être séparées (infiltrées, etc....).

**Diamètre du canal**

Les canaux qui ont un diamètre  $D \geq 1'000$  mm ne peuvent pas être nettoyés à l'aide d'appareillages à haute pression. D'un autre côté un canal visitable doit avoir un  $D \geq 1'400$ mm.

**Réalisation du fond du canal**

La réalisation d'une cunette réduite sur le radier du tuyau est à analyser de cas en cas !

## 8.8 Aperçu des éléments des bassins de rétention

Le tableau 8.2 rassemble les principaux éléments de construction:

Tab. 8.2 Eléments des bassins de rétention

Partie de construction	Fonction	Description et exigences
Bassins dans le cas normal	Rétention et surface pour la végétation	Creusage sans compactage spécial du sous-sol
Etanchéité	Nappe phréatique- et protection des sols pour les bassins en terre dans les sols perméables situés dans les zones interdites d'infiltration	Données sous le chiffre 20.1
Matériel terreux Sol des bassins	Sol pour la végétation	Horizon A contaminé, épaisseur de la couche 0,15 m
Pente des talus	Optimisation de la pente du talus	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Pente dans la partie rétention 2:3 si un chemin d'entretien existe</li> <li>– Talus avec une pente de 2:3 à pourvoir d'une natte en jute, treillis ou éléments grilles-gazon en béton ou plastique selon norme SN 640 744, Surface de circulation avec superstructure sans cohésion [41]</li> </ul>
Matériel terreux Talus	Sol pour végétation	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Horizon A contaminé, épaisseur de la couche 0,15 m</li> <li>– Evtl. géotextile à la place de sable comme couche de protection sur l'étanchéité</li> </ul>
Végétation des bassins	<ul style="list-style-type: none"> <li>– optimisation de la végétation</li> <li>– Protection du paysage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ensemencement avec un mélange selon SN 640 671</li> <li>- Protection contre l'érosion</li> <li>- Buissons et arbres à éviter dans les alentours proches</li> <li>– Epaisseur sur l'étanchéité 0.30m</li> </ul>
Chemins d'entretien	Assurer le soin des surfaces vertes	<ul style="list-style-type: none"> <li>– tracé proche du bord du bassin</li> <li>– Largeur de la chaussée 3,00 m</li> <li>– Superstructure avec un revêtement argileux selon SN 640 744, Surface de circulation avec une superstructure sans cohésion [41]</li> </ul>

Clôtures	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Protection du filtre</li> <li>– sécurité vis-à-vis des enfants non surveillés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– En dehors des localités si nécessaire: clôture avec poteaux en bois et fils horizontaux</li> <li>– A l'intérieur des localités: clôture avec poteaux et planches horizontales ou treillis</li> </ul>
Mesures pour la protection des petits animaux pour les bassins en béton	Optimisation des mesures de protection	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mesures selon SN 640 699, Protection des amphibiens, dans le cas de populations d'amphibiens protégés</li> <li>– Parois de direction locales perpendiculaires au talus dans des cas spéciaux</li> </ul>
Bypass		Pas nécessaire
Installations de régulation	Fonction du filtre	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pose selon situation</li> <li>- Régulation selon § 8.6 et 8.7, vanne d'avarie</li> <li>- Tôles ou plaques en acier avec ouverture étalonnées</li> </ul>
Conduite de déversement	Déversement lors de fortes pluies avec un grand volume	Dimensionnement basé sur [1]
Conduite de sortie		Déversement direct dans le cours d'eau

## 9 Installations de traitement et d'épuration

### 9.1 Généralités

La distinction entre une installation de traitement et d'épuration a été décrite au § 2.3. Cette distinction a une importance au niveau de la conception des ouvrages, de leur réalisation et des coûts. Elle résulte de l'application de [1] à son chap.4. Les installations de traitement se distinguent des installations d'infiltration principalement par le fait que l'eau des premières n'est pas infiltrée directement dans le sol mais est d'abord, après filtration, collectée (contrôlée) et ensuite infiltrée ou déversée dans des eaux superficielles.

Les recherches et les expériences réalisées ont amené les spécialistes à construire divers types de filtres composés de granulats différents.

**Le processus de filtration à travers le sol est complexe.** Le sol agit comme un filtre et un réservoir parfois aussi comme transformateur pour les substances naturelles, anthropogènes ou diffuses. Pour la filtration, la capacité d'adsorption est déterminante. Grâce aux processus biochimiques qui se développent dans le sol (minéralisation, humidification, pourriture, etc.) les substances qui le traversent sont décomposées (sauf les matériaux graveleux qui sont eux retenus dans la partie supérieure du filtre).

**Le sol est poreux** (env. 50% de son volume est constitué de pores). Ce volume est rempli par de l'eau ou de l'air. **La présence d'air est importante** pour l'adsorption des substances polluantes entre autres. A noter qu'un sol avec beaucoup de petits pores présente tout de même une bonne capacité de filtration (épuration) mais est peu perméable. Par contre un sol avec des pores moyens à grands est très perméable mais sa capacité de filtration est faible.

Ces considérations issues de [2] ont une influence sur la conception et la construction des divers types de filtres décrits dans les chapitres qui suivent.

La liste des installations de traitement et d'épuration qui suit montre que le choix à faire n'est pas facile. Il demande une approche précise du cas particulier et la prise en compte des conditions locales et des perspectives d'avenir. Ce qui est déterminant, c'est que les **coûts**, liés à la durée de vie et au rendement, de l'installation sont **souvent mal connus**. Le nombre de type d'installations constitue aussi un problème. Il faut signaler que la liste du tableau 19.22 n'est pas exhaustive. Les types d'installations de traitement ou d'épuration qui suivent sont traités en ce qui concerne leur mise en place, leur dimensionnement et leur réalisation :

- RFB avec filtre en terre et végétation herbacée (chap.10)
- RFB avec filtre en sable sans et avec plantation de roseaux (chap.11 et 12)
- RFB avec filtre en gravillons (splitt) sans et avec roseaux (chap. 13 et 14)

En plus, les cuvettes-rigoles seront traitées au chap. 15.

### 9.2 Mise en place des installations de traitement

#### 9.2.1 Aperçu des bases

Une littérature abondante est à disposition sur l'ensemble du problème des eaux de route en relation avec la nécessité d'épurer ces eaux. Elle fournit des informations importantes sur la planification et le développement des installations de rétention et d'épuration. Elle est cependant difficile à appliquer à cause, entre autre, des nombreux types d'installation projetés ou réalisés. En Suisse, ce sont les Instructions [1] qui constituent la base technique déterminante. Des informations supplémentaires se trouvent dans la norme SN 640 347, Evacuation des eaux de chaussée, pollution des eaux de chaussée [9], ainsi que dans les rapports de recherche, comparaison coûts-utilité [3] et [23]. Ces deux derniers documents fournissent des informations sur la charge de pollution des eaux de chaussée.

### 9.2.2 Rapport de recherche : Evacuation des eaux de chaussée, installations de traitement, analyses coûts/utilité

Les dégâts causés par la pollution des eaux de chaussée sont difficiles à cerner. Les coûts de réalisation des installations d'épuration sont, eux, plus faciles à prendre en compte.

Sur la base de ces données, diverses méthodes basées sur des bilans écologiques pour permettre l'application des mesures de protection lors de l'évacuation des eaux de route sont proposées. Il a été constaté que l'influence des mesures constructives par rapport aux dégâts des eaux de route donne plus souvent qu'attendu un bilan négatif. Il faut remarquer à cet égard qu'une partie des mesures constructives concerne, à côté de la réalisation des installations d'épuration, les systèmes de collecteurs d'eau de chaussée. Le paragraphe suivant cite les recommandations écologiques pour la réalisation et le choix d'installations d'épuration provenant du rapport [23].

Les explications qui suivent confirment en fait et de manière attendue la priorité des systèmes de traitement des eaux de chaussée comme elle est indiquée dans les Instructions [1] : Evacuation sur l'accotement / infiltration dans les cuvettes en terre / déversement après traitement / déversement dans un système de collecteurs communaux. Si l'examen de proportionnalité prévu dans les Instructions est négatif pour un cas particulier on renoncera à un traitement très coûteux et on réalisera des mesures de remplacement qui apportent un meilleur rapport coût/utilité.

Un traitement des eaux de route est aujourd'hui réalisé en premier lieu pour les nouvelles routes et ceci souvent à n'importe quel prix. Ainsi des montants importants sont dépensés pour une utilité faible ou même négative. Les charges de pollution ne sont ainsi réduites que très lentement. Il est nécessaire de fixer des priorités. Pour cela il faut placer au premier plan la protection des biotopes de valeur, des tronçons de cours d'eau sensibles et des zones de repos ainsi que les coûts des installations de traitement.

## 9.3 Fonction et buts

Les installations d'épuration / traitement ont les tâches suivantes :

- En priorité : Réduction de la micro et macro-pollution routière
- Limitation des émissions de pollution de façon à protéger les cours d'eau, les nappes phréatiques et les sols

Les installations de traitement ont des caractéristiques spéciales. Les exigences concernant ces installations sont la collecte des eaux de chaussée et leur déversement dans les cours d'eau superficiels ou dans une installation d'infiltration.

Ces ouvrages sont à pourvoir d'un équipement nécessaire en cas d'accident avec des liquides pouvant polluer l'eau ainsi que si possible pour la surveillance des rendements d'épuration.

## 9.4 Types d'installations et particularités

De nombreuses publications et travaux de recherche (voir chap. 23) sont à disposition dans le cadre de la problématique des installations de traitement des eaux de chaussée. Ceux-ci sont cependant souvent difficiles à mettre en valeur. Les raisons de cela sont décrites ci-après .

### Nombre de types d'installations

Il existe depuis longtemps un grand nombre de types d'installations. Ces types étaient cependant réduits à divers ouvrages avec des prétraitements différents et récemment à quelques types de RFB avec des filtres en terre ou en sable. Des installations diverses avec des filtres différents avec ou sans végétation ainsi que des installations techniques sont apparues ces dernières années.

### Dimensionnement hydraulique différencié

Le dimensionnement des ouvrages existants est calculé sur des bases et des hypothèses souvent différentes. On peut se référer ici aux intensités de pluies qui sont basées sur des épisodes pluvieux choisis ou continus et de longue durée ou encore sur des normes. Pour les grands bassins une étude précise doit être prévue (selon 6.3).

### **Monitoring visant l'efficacité**

Le coût d'un monitoring destiné à déterminer le degré d'efficacité d'une installation est très important. Actuellement, en Suisse, les données fiables à ce sujet sont très réduites. En Allemagne par contre les données sur le fonctionnement et les rendements des RFB sont plus nombreuses et utilisables [13] et [17].

### **Infiltration sans traitement**

Les installations d'infiltration sans traitement possèdent les mêmes caractéristiques que les RFB en ce qui concerne les filtres en terre. Une couche de sable-gravier sous le filtre en terre n'est en général pas nécessaire car le sous-sol a souvent, en dehors des zones karstiques, la même capacité filtrante que le sable-gravier.

### **Différences d'exécution selon les types d'installations**

L'exécution de tous les types d'installations d'épuration est souvent différente dans les détails. Cela concerne par exemple les filtres en terre avec de grandes différences de caractéristiques des matériaux, l'épaisseur des couches ainsi que leur réalisation avec ou sans étanchéité.

### **Types d'installations**

#### **a) Filtres en terre avec végétation herbacée et prétraitement**

Ce système avec RFB et un prétraitement est une réalisation standard en Suisse. En Allemagne 300 installations RFB notamment aussi avec plantation de roseaux ont été réalisées depuis 15 ans. Le monitoring et la surveillance, dont ces installations ont fait l'objet, permettent de constater leurs avantages et leurs défauts. Cela fait l'objet du rapport [17]. Sous réserve du respect de certaines conditions de dimensionnement et d'exploitation ces installations ont un degré d'efficacité élevé. L'entretien d'une telle installation est aussi relativement restreint.

Le système avec épuration par filtration mais sans traitement est décrit dans les Instructions [1].

#### **b) Filtres en terre avec végétation et sans prétraitement**

Ce système est réalisé entre autres, pour les routes principales avec une pollution moyenne dans le but d'obtenir une solution financièrement intéressante. Le degré d'efficacité est élevé. Selon la grandeur de la surface du filtre et la charge de pollution par les boues, il y a un risque de colmatage. Celui-ci peut être ralenti grâce à un nettoyage fréquent des dépotoirs ou à l'aide d'un décanteur grossier. Les filtres en terre avec une végétation de roseaux sont moins sensibles au colmatage que ceux qui sont réalisés avec une végétation herbeuse.

#### **c) Filtre en sable sans végétation avec prétraitement**

Les filtres en sable sont mis en place dans les mêmes situations que les installations avec les filtres en terre ce qui concerne la charge polluante de l'affluent et les conditions locales. Le degré d'efficacité est assez semblable à celui des filtres en terre. Les filtres en sable sont du point de vue constructif, plus simples que les filtres en terre. En Suisse, il n'existe pas encore d'expérience sur la durée de vie de tels ouvrages.

#### **d) Filtres en sable avec roseaux et prétraitement**

La question de savoir si un tel filtre est plus intéressant avec ou sans végétation est ouverte. Les filtres en sable avec plantation de roseaux sont réalisés avec succès en Allemagne. Il est possible que l'activité biologique due à la végétation provoque la formation d'une structure du sol poreuse qui empêche ou ralentit le colmatage.

L'épaisseur de la couche de couverture au dessus de la nappe phréatique doit être mince ou bien le filtre doit être constamment ou du moins très souvent arrosé pendant la période de végétation. Un entretien de la surface herbeuse du filtre n'est plus nécessaire après la plantation de roseaux. Ainsi mise à part la mise en eau en phase initiale, le travail d'entretien est relativement faible.

**e) Filtres en sable sans prétraitement**

Les indications au sujet des filtres en sable avec ou sans végétation sont aussi, pour l'essentiel, valables pour les filtres en sable sans prétraitement. Il reste, en principe, qu'un colmatage rapide peut avoir lieu dans certaines conditions. Des connaissances manquent à ce sujet.

**f) Filtre en splitt sans prétraitement**

Les caractéristiques des filtres en splitt sont encore assez peu connues. On peut cependant estimer que, par rapport aux filtres en sable, un degré d'efficacité élevé puisse être atteint (jusqu'à 0.80). Les filtres en splitt sont en principe efficaces et en plus réduits en surface. Leur réalisation est simple contrairement aux filtres en terre.

Des données concernant le colmatage et les coûts d'entretien manquent encore.

**g) Filtre en splitt avec roseaux**

La construction du filtre en splitt est identique qu'il soit brut ou planté de roseaux. La plantation de roseaux augmente la perméabilité du sol tout en restant efficace pour l'épuration des eaux. Le rendement d'une telle installation est en principe élevé. Cependant les données à ce sujet manquent en raison de la rareté de réalisation de tels ouvrages.

**h) Combinaison filtres en splitt et sable sans végétation**

Cette combinaison est susceptible de fournir un haut degré d'efficacité. Une pratique manque cependant entièrement. On peut s'attendre à ce que ce système soit efficace. Les caractéristiques de réalisation devraient être les mêmes que celles du filtre avec splitt.

**i) Système cuvettes-rigoles**

Le système cuvettes-rigoles est pour l'essentiel lié au déversement sur le bas-côté où l'eau qui s'écoule est récupérée dans une cuvette étanche (rétention) et infiltrée jusqu'à un drainage pour ensuite être conduite vers une infiltration ou cours d'eau superficiel. Les systèmes de cuvettes-rigoles sont mis en place le plus souvent dans les zones de protection des eaux souterraines et dans les sols peu perméables. Comme ils traitent aussi les eaux projetées, ils ont un haut degré d'efficacité. Les coûts peuvent être importants.

**j) Installation très chargée avec une couche de matériel adsorbant et un prétraitement**

Une installation de ce genre est en service sur l'autoroute A2 dans le Canton d'Uri [30]. Et elle a été contrôlée du point de vue de son efficacité. Elle possède un haut degré d'efficacité supérieur à 0.90. Elle comprend un RFB en deux parties. La couche de filtration est composée de sable et de matériel adsorbant en zoolithe et hydroxyde de fer. Si l'on tient compte des conditions locales particulières, l'efficacité de cette installation par rapport au coût de réalisation, ne peut pas être justifiée. Les prestations d'entretien ne peuvent pas encore être estimées en raison du manque d'expérience.

## 9.5 Efficacité et rôle des installations de traitement

**Répartition générale des dépôts des matières polluantes dues au trafic**

Les données suivantes se réfèrent aux routes en dehors des localités. Elles concernent non seulement les cours d'eau mais aussi la protection des sols.

Les routes pourvues de parois antibruit avec une épuration de leurs eaux constituent des conditions spéciales et sont plus favorables pour les cours d'eau et la protection des sols.

Un aperçu de la répartition des dépôts des matières polluantes suite à la projection des eaux et à leur convection se trouve au tableau 9.3. La base des données est le rapport de recherche "Bankette bestehender Strassen" [8]. Ci-après des citations déterminantes sont reprises de ce rapport :

Avant de discuter de manière détaillée des différents flux de matières, il faut déterminer approximativement l'ordre de grandeur de ces flux :

- *Les pluies ne tombent qu'environ 10% du temps. Les émissions du trafic ont donc lieu pendant 90% du temps en période de sécheresse. Pendant cette période la dissipation locale et diffuse des poussières de matières polluantes est déterminante.*
- *Les métaux lourds sont pour une grande part liés à des particules. Celles-ci se déposent par temps sec en partie sur la chaussée et sont mobilisées lors de pluies suffisamment fortes et emportées dans les eaux de route. Ainsi par temps de pluie et en première approximation, la dispersion des matières polluantes est liée au débit et à l'eau projetée.*
- *La limite inférieure de la part des matières polluantes qui se retrouve dans l'eau projetée et dans le débit des eaux de route est d'environ 10% de la charge totale. La limite supérieure est dépendante, pour une part importante, de la manière dont les particules sont déposées sur la chaussée par temps sec. Si un tiers des dépôts est retenu sur la route par temps sec, la limite supérieure serait de 40%.*

Dans ces citations, il faut remarquer qu'il s'agit d'une estimation grossière de la répartition des dépôts. Ceci est aussi valable pour les données numériques des tableaux 9.3 et 9.4.

Tab. 9.3 Répartition des matières polluantes déposées sur la base des données du rapport de recherche [8]

Répartition du dépôt des matières polluantes		Types d'installations et rendements		
		Installations techniques 0,95 <sup>2)</sup>	Filtres en terre 0,90 <sup>1)2)</sup>	Evacuation sur l'accotement 0,80 <sup>2)</sup>
Boues lavage	10%	-	-	-
Ecoulement en bord de route	15%	0,14	0,13	0,12
Projection d'eau	15%	-	-	0,12
Convection	60%	-	-	-
Efficacité totale		0,14	0,13	0,24

Légende: <sup>1)</sup> Filtre en terre avec prétraitement

<sup>2)</sup> Degré d'efficacité de l'installation

Les remarques suivantes ont toutes leur signification malgré les grandes imprécisions signalées ci-avant :

- Seule une fraction des émissions dues au trafic routier est entraînée par les eaux de ruissellement
- La part des matières polluantes dans les eaux de ruissellement (effluent) par rapport aux dépôts totaux est faible.
- La part de la charge de pollution contenue dans l'eau projetée est environ identique à celle de l'effluent.
- La contamination des sols suite à la convection et à la projection des eaux de route est déterminante lors d'une analyse générale.
- Les degrés d'efficacité des mesures de protection sont en général faibles.
- La convection et la projection d'eau en dehors des bas-côtés dans les zones de protection peuvent avoir un effet négatif sur les eaux souterraines notamment dans les cas de vulnérabilité élevée.

### Matières polluantes dans l'exutoire et dans la projection des eaux hors de la chaussée

La répartition des matières polluantes qui arrivent à l'exutoire et celles qui sont projetées hors de la route peuvent être estimées de la manière suivante :

Le rapport de recherche [8] a servi de base.

Tab. 9.4 Répartition des matières polluantes entre l'écoulement en bord de route et la projection d'eau basée sur les données du rapport de recherche [8]

Répartition des dépôts traités		Types d'installations et degrés d'efficacité		
		Installations techniques 0,95 <sup>2)</sup>	Filtre en terre 0,90 <sup>1)2)</sup>	Evacuation sur l'accotement 0,80 <sup>2)</sup>
Écoulement en bord de route	50%	0,48	0,45	0,40
Projection de l'eau	50%	-	-	0,40
Degré d'efficacité total		0,48	0,45	0,80

Légende: <sup>1)</sup> Filtre en terre avec prétraitement

<sup>2)</sup> Degré d'efficacité de l'installation

Les principaux aspects sont commentés ci-dessous:

- Sur la base d'une estimation grossière, on peut admettre que les matières polluantes contenues dans l'effluent et respectivement dans les projections d'eau sont égales (50%/50%).
- Même si on limite la réflexion au sujet du débit de l'effluent et la projection d'eau, le degré d'efficacité des installations techniques ainsi que celles avec un filtre en terre est relativement faible.
- L'efficacité de l'évacuation des eaux sur l'accotement est presque 2 fois plus grande que celles des installations techniques et celles avec des filtres en terre et ceci tant qu'un système de retenue des projections d'eau n'est pas mis en place.
- Pour les tronçons de route dans les zones de protection des eaux, on devrait mettre en place une évacuation par les bas côtés si l'eau doit être déversée et si le trafic est important.
- Dans les cas de vulnérabilité élevée des eaux souterraines, un système de retenue des projections d'eau peut de justifier notamment par rapport au risque d'accident.

## 9.6 Efficacité et exigences

### Exigences fixées

Des exigences sont à fixer pour les degrés d'efficacité des filtres en terre, en sable et en gravillons (splitt). Une classification se trouve au tableau 9.5 et les bases pour leur détermination sont décrites ci-après. Pour diverses raisons, les données concernées sont liées à de grandes imprécisions. Par exemple, le salage en hiver provoque une remobilisation des matières polluantes notamment des métaux lourds.

### Éléments majeurs pour l'examen de l'efficacité

Les métaux lourds contenus dans les eaux de route sont des matières particulières liées à l'argile et ou à l'humus. Les métaux lourds qui ont des grains supérieurs à 0.006mm sont les plus réductibles. Pour assurer un contrôle effectif de l'efficacité des installations d'épuration, **les éléments zinc et cuivre ont été choisis**. Ces deux métaux ont été retenus pour la mesure du degré d'efficacité car d'autres matières comme le cadmium ou le plomb sont retenus de manière plus efficace par le filtre. En ce qui concerne les HAP, ils sont retenus dans le filtre normalement de manière plus efficace que les métaux lourds. Il faut encore examiner si les exigences concernant la retenue des HAP sont à

fixer. Les coûts des analyses du HAP sont plus élevés que ceux des métaux lourds car il y est nécessaire d'analyser un grand nombre de matières.

### **Autres substances dans les eaux de chaussée**

Les substances nutritives (azote, phosphore, matières organiques) contenues dans les eaux de chaussée sont nuisibles pour les cours d'eau et les eaux souterraines. Il s'agit notamment d'oxyde d'azote issu des gaz d'échappement, dépôt de graines de fleurs, pollution due au trafic agricole). Pour les routes concernées par ce rapport ces substances sont présentes en faible quantité et ne sont pas significatives.

Dans le cas d'un raccordement de ces eaux dans une canalisation mixte un examen devra cependant être fait avec une prise en compte dans le bilan écologique.

### **Degré d'efficacité des filtres en terre et en sable**

L'efficacité d'épuration des filtres en terre dépend de plusieurs facteurs :

- le matériel utilisé
- l'épaisseur de la couche filtrante
- le colmatage
- l'immersion/inondation du filtre
- la position de la nappe phréatique sous le filtre
- la composition et les liaisons des substances polluantes (partie soluble, grandeur des particules auxquelles elles sont liées)

Ces facteurs influencent la formation d'écoulements préférentiels (par des fissures et crevasses dans le sol, trous dus aux animaux), le temps de contact avec le matériel du filtre (humus, terre, etc.) et la part de substances polluantes qui se lient aux particules du filtre.

Le tableau 9.5 indique les degrés d'efficacité exigés pour le cuivre et le zinc. Les valeurs sont basées sur des informations qui indiquent que, là où il existe un prétraitement et un filtre en terre avec des horizons A et B, un rendement jusqu'à 0.9 peut être atteint. La valeur de 0.8 semble réaliste.

Il faut cependant se rappeler que pour les routes principales, des ouvrages avec filtres en terre plus simples sont réalisés. Dans ce cas, il faudra admettre des rendements inférieurs à 0.80. Dès que des rendements supérieurs à 0.80 sont exigés, les filtres sont à pourvoir de matériaux adsorbants. Dans ce cas, les investissements à faire pour de telles couches filtrantes sont importants.

Enfin, les valeurs indiquées correspondent au minimum aux valeurs de la dernière recherche publiée [5].

### **Résumé des rendements estimés des diverses installations sans et avec prétraitement**

Le tableau 9.5 ci-dessous résume les rendements admis pour diverses installations des chapitres 8. à 15. avec ou sans prétraitement.

Tab. 9.5 Rendements estimés des diverses installations selon diverses sources [13], [29], [5]

Installations	Installations de prétraitement			Installations de traitement (épuration)						Effet du pré-traitement sur le colmatage
				Sans prétraitement			Avec prétraitement			
	MES	Cu	Zn	MES	Cu	Zn	MES	Cu	Zn	
Bassins de sédimentation-décantation	~ 30% Minimum !									
Séparateurs lamellaires	30-50%	15-25%	15-25%							
Stockage dans le collecteur	~ 50%									
Filtre en terre avec végétation				80-85	80	80	80-90	80	80	++
Filtre en sable				75-80	80	80	80	80	80	++
Filtre en sable et roseaux				80-85	90	90	85	90	90	+
Filtre en splitt				65-70	60	60	75	60	60	+
Filtre en splitt et roseaux				70-75	60	60	80	60	60	+
Cuvette d'infiltration en terre				85-90	80	80	-	-	-	

Remarques :

- Un prétraitement n'améliore pas forcément le rendement, mais il réduit le risque de colmatage du filtre qui suit.
- Les valeurs du tableau ci-dessus sont à vérifier par des contrôles réalisés sur les installations existantes. Elles peuvent varier fortement.

#### Exemple de rendements relatifs d'une installation

Tab. 9.6 Rendements estimés en considérant une installation seule ou globalement

Installation seule/ traitant eau récoltée/ globale	Réduction pollution	Total rendement
<b>A/ Installation seule</b>		
Prétraitement par séparateur lamellaire	30%	30%
Filtre en sable avec roseaux	80%	56%
Rendement installation		<b>86%</b>
<b>B/ Installation traitant l'écoulement en bord de route (50%) (sans la projection d'eau 50%)</b>		
Rendement	86%	
Eau traitée	50%	43%
Rendement installation		<b>43%</b>
<b>C/ En réalité et globalement si eau projetée non récoltée cf tab.3</b>		
Rendement total installation	86%	
Efficacité totale (sans projection d'eau, convection)	15%	13%
Rendement installation		<b>13%</b>

**Note :**

Cet exemple montre la relativité des exigences à poser sur les rendements ainsi que l'effet extrêmement positif de mesures permettant la retenue de l'eau projetée. Il montre aussi avec quelle finesse les rejets doivent être analysés notamment dans les cours d'eau sensibles.

## 10 Bassins de rétention-filtration avec filtre en terre et végétation herbacée

### 10.1 Description de l'installation

Les bassins avec filtres en terre et végétation herbacée sont des ouvrages qui permettent simultanément de laminer les pointes de crues à l'aide du volume de rétention situé au-dessus de la surface d'infiltration et ensuite grâce au filtre engazonné de filtrer les eaux de chaussée chargées de pollution. A la sortie du filtre, les eaux filtrées sont récoltées (installations de traitement) et infiltrées ou déversées dans un cours d'eau superficiel. Si les eaux ne sont pas récoltées (installations d'épuration) elles sont directement infiltrées dans le sol sous-jacent ou déversées de manière diffuse dans un cours d'eau superficiel. Ces bassins peuvent être précédés d'un ouvrage de prétraitement notamment pour réduire le risque de colmatage du filtre.

Une inondation du filtre doit rester exceptionnelle et être de courte durée. Des indications figurent sous § 10.2, 16.6 et 16.7.

Ce type de bassin présente l'avantage, grâce à sa surface herbeuse, de pouvoir être utilisé à d'autres fins en dehors des périodes pluviales (sport, loisirs, etc.).

Les éléments **fonctionnels principaux** de l'installation sont donnés ci-après :

- Pour le bassin de rétention situé sur la surface du filtre et le corps du filtre à réaliser (selon les indications qui suivent).
- Pour éviter une érosion dans la zone d'entrée du filtre on prévoira une protection. Celle-ci peut-être par exemple composée de grosses pierres ou blocs selon la figure 10.18. Lorsque le débit provient d'une grande surface de route, (plusieurs hectares), il est conseillé de prévoir une répartition de l'eau par exemple à l'aide d'une tôle triangulaire (déversoir Tompson).
- Le filtre se compose d'une couche de terre parfois mise en place sur une couche de sable.
- Il faut prévoir un trop plein de déversement.
- A la rigueur on prévoira une paroi plongeante à l'entrée de l'ouvrage ou un barrage flottant permettant la retenue des matières flottantes et des hydrocarbures, etc.
- La figure 10.16 ci-dessous représente un RFB avec filtre en terre végétalisée de construction simple :



Fig. 10.16 RFB (H18, Saignelégier, Jura)

## 10.2 Dimensionnement hydraulique

### Volume

Le dimensionnement hydraulique est à réaliser selon le § 6.1 en ce qui concerne le volume du bassin de rétention.

### Surface

On se basera sur les coefficients de ruissellement indiqués sous § 6.1.1.

La capacité d'infiltration du filtre est de 1.0 à **1.5/l/min\*m<sup>2</sup>**.

La surface du filtre doit représenter environ 3% de la surface de la route à assainir.

Pour les bassins RFB, le filtre en terre est déterminant en ce qui concerne la capacité d'infiltration.

### Rapport surface du filtre et surface de la route

Commentaire de la Directive DWA-A 138 [32]

Dans ce commentaire, il est précisé que la dimension de la surface filtrante peut être plus petite que 7% de la surface raccordée. Cette affirmation provient du prétraitement des eaux de route.

Directive "Evacuation des eaux pluviales" de la VSA [2]

Cette directive fixe pour le dimensionnement de la surface filtrante un rapport entre la surface raccordée et la surface du filtre de 5:1. La règle propose cependant, pour des surfaces de filtres plus grandes que celles que l'on trouve en Suisse, des pourcentages de 2 à 5% de la surface de route.

### Efficacité hydraulique

Données provenant de bases techniques et de publications.

Les indications qui suivent concernant les capacités hydrauliques des filtres en terre.

*Règlement DWA-M 153 [33], citation :*

*Pour une infiltration décentralisée, on admettra en général un coefficient de perméabilité  $> 1 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  et pour l'infiltration par les bas-côté une valeur  $> 2 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .*

*Pour une installation centrale d'infiltration, cette valeur ne devrait pas se situer en dessous de  $1 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .*

*Règlement DWA-A 138 [32]*

Dans ce règlement, il est indiqué que pour un rapport surface raccordée imperméable/surface d'infiltration plus grand que 15, un coefficient de perméabilité  $> 1 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  est conseillé.

Document « Filtres en terre pour le traitement des eaux de pluie dans les systèmes mixtes et séparatifs » [34]

Dans ce document, il est défini que pour les sols argileux (Lehm), sols herbeux, une capacité d'infiltration pour les eaux mixtes d'au moins  $1 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  peut être atteinte.

Directive "Evacuation des eaux pluviales" de la VSA [2]

Dans ce document un indice d'infiltration  $> 25 - 100 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$  est donné. Il est cependant précisé qu'il peut y avoir de grandes variations.

### Evolution de la capacité hydraulique en cours d'exploitation

On peut admettre que l'efficacité d'une installation d'épuration au début de l'exploitation est, en raison du colmatage notamment, plus grande que dans les années suivantes. Pour le maintien des rendements, il faut prendre en compte de manière déterminante la quantité de boues déposées. La littérature consultée indique que, sans un prétraitement, la capacité d'infiltration diminue très fortement en peu d'année. Les eaux claires ont aussi un effet négatif sur la capacité d'infiltration. Il n'existe à ce sujet aucun résultat qui se baserait sur un contrôle par monitoring. De tels contrôles ne sont pas à attendre. On peut cependant admettre que la capacité hydraulique peut, pour les sols terreux atteindre une valeur supérieure à  $2 \text{ l/min} \cdot \text{m}^2$ . Eu égard aux insécurités évoquées, on peut admettre pour le dimensionnement des bassins de rétention-filtration ou des cuvettes d'infiltration, un coefficient de perméabilité de 1 à  $2 \text{ l/min} \cdot \text{m}^2$  avec un sous-sol perméable.

L'effet d'un prétraitement sur la capacité d'infiltration et sur le filtre reste ouvert en raison spécialement de la séparation des particules dans le domaine des silts.

### Immersion du filtre

On trouve peu d'informations sur l'immersion admissible du filtre et la hauteur d'eau sur le filtre. Des indications sont cependant rassemblées dans le document " Bodenfilter zur Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem" [34].

La charge admissible ne peut pas, en moyenne annuelle, dépasser  $30 \text{ m}\cdot\text{a}^{-1}$ . Pour une année exceptionnelle, on peut admettre  $50 \text{ m}\cdot\text{a}^{-1}$  éventuellement  $60 \text{ m}\cdot\text{a}^{-1}$ . La valeur de  $40 \text{ m}\cdot\text{a}^{-1}$  a été admise par les groupes spécialisés. Ces valeurs ont été vérifiées sur des installations en fonction depuis plusieurs années.

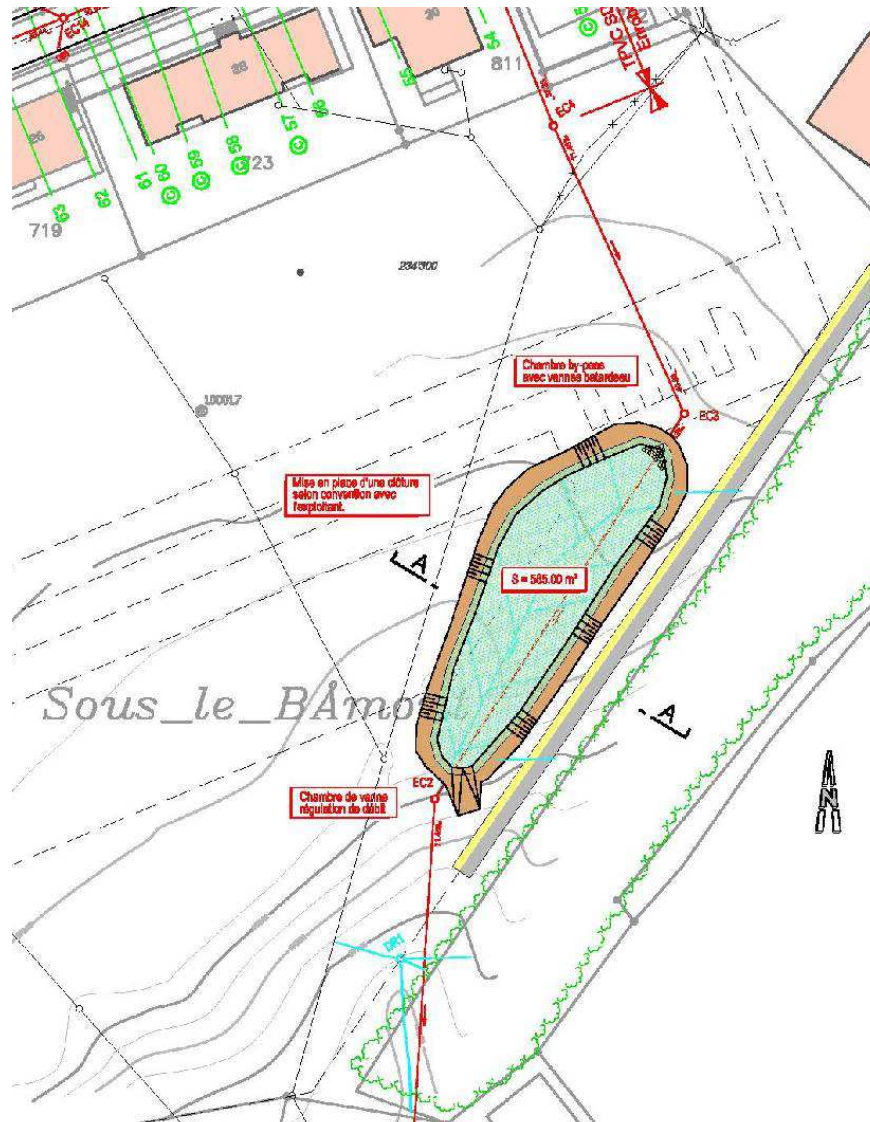
La durée des inondations admissibles pour des épisodes de pluies est largement dépendante de la végétation. Une durée de 2 jours est indiquée comme valeur de référence pour les filtres avec végétation herbeuse. Il faut bien tenir compte que les filtres en terre sont très sensibles par rapport à de longues durées d'inondation.

Une hauteur d'eau d'environ  $0.30 \text{ m}$  peut être admise en cas normal et entre  $0.8$  et  $1.0$  lors de crues exceptionnelles.

## 10.3 Caractéristiques et construction du filtre

La figure ci-dessous présente un RFB avec situation, coupe et détails réalisés sur une route principale :

### Situation



## Coupe transversale

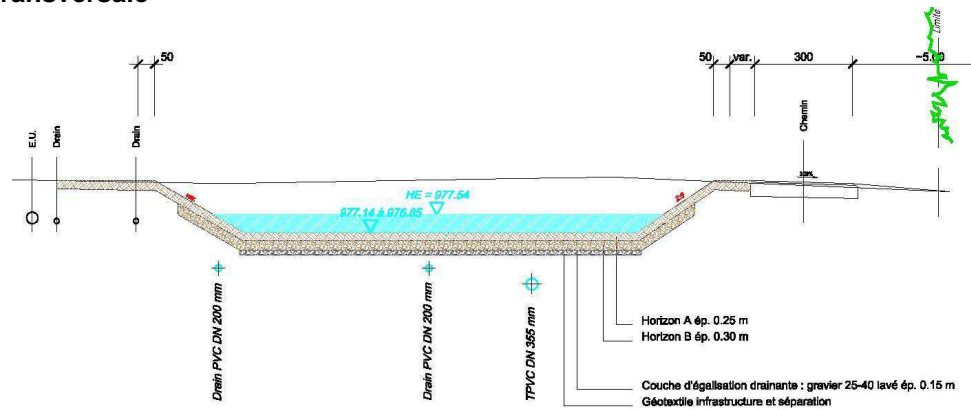


Fig. 10.17 RFB avec filtre en terre engazonné (H18, Saignelégier Est)

**Les filtres en terre** ont, sous réserve d'un prétraitement, une longue durée de vie. Un matériel terreux bien préparé est favorable à la mise en place du filtre. L'exécution doit en plus répondre à des exigences élevées concernant le choix de la terre, la construction de filtre et la manipulation de la terre lors de l'excavation et du remblayage

### Bases techniques

Les bases techniques comprennent des indications pour le choix et la manipulation de la terre :

- Normes VSS dans le domaine des terrassements et du sol:
  - SN 640 581a; Bases [35]
  - SN 640 582; Terrassement, sol-inventaire de l'état initial, tri des matériaux terreux manipulés [36]
  - SN 640 583; Terrassement, sol-emprises, entreposage, mesures de protection, remise en place et restitution [37]
- OFEV; Directives « Protection du sol lors de travaux de construction » [25]

### Composition du filtre en terre

Le filtre se compose d'une couche supérieure (horizon A) et d'une couche inférieure (horizon B). L'horizon A doit, à côté de sa fonction de filtre, protéger la couche très sensible de l'horizon B contre les actions mécaniques. La composition de l'horizon B peut être difficile. La réalisation de cet horizon est risquée. La couche de drainage, à mettre en place sous l'horizon B, est réalisée en sable-gravier.

Les épaisseurs des horizons A et B varient énormément selon la littérature et les réalisations connues. Les épaisseurs prévues dans les Instructions [1] ne sont pas recommandées. Celles de la Directive VSA [2] (Tableaux 3 et 4) ont donné selon l'OFROU de meilleurs résultats. En fonction des documents et spécialistes consultés, des propositions sont faites ci-après :

### Horizon A

- Idéalement l'épaisseur de la couche de sol supérieure devrait être de 0.30m. Une réduction à 0.25m est possible.
- La teneur en humus peut changer rapidement. En raison de l'écoulement des eaux de route, une augmentation est à attendre.
- Les caractéristiques du matériel sont rassemblées dans le tableau 10.7.

Tab. 10.7 Part des matériaux de l'horizon A

Paramètre	Part matériel
Argile	10% ... 20%
Limons (Silt) et sable fin	> 50%
Part avec grains > 2 mm	< 30%
Humus	> 3%

### Horizon B

- L'épaisseur de la couche inférieure ne devrait pas dépasser 0.40 à 0.50m.
- Les caractéristiques du matériel sont données dans le tableau 10.8.

Tab. 10.8 Part des matériaux de l'horizon B

Paramètre	Part matériel
Argile	< 15%
Limons (Silt)	< 40%
Humus	< 1%

### Humus

Formation d'humus

A côté d'une combinaison de substances polluantes sous forme de particules, il s'ensuit une combinaison de substances organiques décomposées. Les substances organiques présentes dans le sol sont transformées en terre végétale. La production d'humus a une liaison avec les caractéristiques du sol variables qui sont influencées par l'utilisation du sol comme filtre. La teneur d'humus peut se modifier au cours des années.

Teneur en humus de l'horizon A à construire

La teneur en humus a une signification en premier lieu pour l'horizon A. La Directive DWA – M153 [33] fixe la teneur en humus de 1 à 3% pour obtenir une épuration suffisante des eaux de route. Dans les filtres en terre destinés au traitement des eaux pluviales dans les systèmes mixtes et séparatifs [34] une teneur en humus d'au moins 2% est exigée. Une valeur de 10% ne doit pas être dépassée. Les valeurs optimales sont 3 à 5%.

### Sable-gravier

L'épaisseur de la couche de gravier est en général de 0.25m. Elle doit être adaptée aux diamètres des graviers entourant la conduite de drainage. Pour cette couche, on mettra en œuvre un gravier 0/22 avec des ouvertures de tamisage de 0.063 mm < 3% selon la norme SN 670 119a-NA Granulats pour matériaux aux liants hydrauliques et matériaux non traités utilisés pour les travaux de génie civil et pour la construction de chaussées [24].

### Construction du filtre

#### Proposition pour les couches du filtre

Les couches filtrantes proposées pour les horizons A et B sont basées sur les écoulements provenant de la route et le trafic. Les données à ce sujet sont rassemblées dans le tableau 10.9.

Tab. 10.9 Epaisseur des horizons A et B proposées

Débit de la chaussée [%] <sup>1)</sup>	TDJ <sup>2)</sup>	Epaisseur des couches [m]	
		Horizon A	Horizon B
> 50 (avec mesures comme paroi antibruit, murs...)	> 10'000	0,25	0,20
	> 20'000	0,30	0,30
	> 40'000	0,30	0,50
< 50 (sans mesures spéciales)	> 10'000	0,25	0,20
	> 20'000	0,25	0,30
	> 40'000	0,30	0,40

<sup>1)</sup> Part des matières polluantes dans les eaux de chaussées par rapport à la charge totale

<sup>2)</sup> Trafic journalier moyen

Ces propositions sont le résultat des réalisations connues, de la littérature et des discussions avec divers spécialistes des sols.

**Écoulement de la route**

Les écoulements de la route liés aux pluies sont différents selon les conditions locales à cause de la projection d'eau et de la convection. Selon le tableau 10.9, l'épaisseur des couches sont adaptées à l'écoulement. En plus, les épaisseurs des couches A et B dépendent du trafic.

**Épaisseur de l'horizon A**

Les données concernant l'épaisseur se trouvent dans le tableau 10.9. L'épaisseur de 0.25m est aussi valable pour les routes principales avec un très grand volume de trafic

**Épaisseur de l'horizon B**

Dans les publications, on trouve peu d'indications au sujet de l'épaisseur de l'horizon B des filtres en terre. Dans la pratique, des couches de 0.8m d'épaisseur sont réalisées.

Selon les indications du § 16.1 en raison de l'aération nécessaire de l'horizon B, une couche de 0.20 à 0.50m est conseillée. Cette limitation de l'épaisseur doit diminuer le risque d'une détérioration de la structure du sol.

**Présence d'un prétraitement**

Un prétraitement n'est pas nécessaire pour les cas normaux (débit de la chaussée < 50 % selon tableau 10.9). Si les eaux sont très chargées, il est conseillé de placer en tête d'installation un dessableur grossier ou un séparateur.

## 10.4 Mise en place de la terre

Le filtre est à réaliser avec soin mais sans compactage. Le matériel est à mettre en place avec un équipement comme des engins avec des pelles télescopiques ou des tapis roulants. Les documents et normes [26], [35], [36], [37] donnent des indications précises concernant la manipulation de la terre.

## 10.5 Végétalisation

**Réalisation**

- L'engazonnement est à réaliser de manière analogue au procédé utilisé pour les sols agricoles.
- Pour les filtres avec un horizon B, l'engazonnement doit être prévu avec un ensemencement intermédiaire. La durée de pousse de la végétation doit être si possible de 12 mois ou au minimum de 6 mois pour un ensemencement en avril.
- Pour l'ensemencement du filtre, on utilisera un mélange pour bassin d'infiltration.
- Après l'ensemencement, le filtre ne doit pas être utilisé pendant 6 mois environ. Selon les conditions locales, une clôture provisoire sera mise en place pendant 2 ans au moins.

**Matériel en dépôt intermédiaire**

L'état d'un sol mis en dépôt intermédiaire doit être analysé par un expert qui s'assurera de son aptitude à être réutilisé.

**Justification de la végétation herbeuse**

Les données principales au sujet de la végétation des filtres en terre sont données ci-après:

- La mise en place d'un sol approprié avec une faible proportion d'argile est souvent très difficile et coûteuse.
- Se procurer un horizon B est beaucoup plus difficile qu'un horizon A.
- Un ensemencement avec un mélange du marché avec de l'herbe et des plantes est peu coûteux.

Une mise en service est à faire seulement une demi ou une année après l'ensemencement.

## 10.6 Planification pour la réalisation du filtre

La planification est à fixer dans un contrat. Elle doit prévoir les prestations suivantes :

- L'aptitude du matériel terreux doit être examinée à son endroit d'excavation par un expert. Si nécessaire, des échantillons non remaniés sont à prélever pour une analyse. Des mesures concernant les volumes des pores, de conductivité de l'eau en sol saturé, etc... Il s'agit aussi d'examiner la sensibilité du matériel par rapport au compactage du sol et en rapport avec son excavation, son transport et sa mise en place.
- Pour la réalisation du filtre, on documentera les éléments suivants :
  - Détermination de l'emploi des engins
  - Définir les étapes de travail selon la protection du sol
  - Les mesures d'organisation pour la surveillance des travaux critiques
  - La fixation des analyses et de leur date de réalisation
  - L'organisation des surfaces vertes jusqu'à leur réception.
- Pendant la réalisation, il s'agit de contrôler les données de la planification.
- Après les phases suivantes, il faut prévoir la réception de :
  - La planie de la couche de gravier
  - La planie de l'horizon B avant et après l'engazonnement intermédiaire
  - La planie de l'horizon A
  - La végétation et le contrôle de la perméabilité 3 ans après la réalisation

## 10.7 Entrée dans le bassin

Le problème à résoudre à l'entrée du bassin est d'empêcher l'érosion. Pour y parvenir il s'agit de dissiper l'énergie de l'affluent. A cet effet des mesures adaptées à la situation sont à prévoir selon la figure 10.18. Les blocs à poser et le système adopté doivent permettre d'éviter un creusage sous l'empierrement. Si un seuil est réalisé, il s'agira aussi de détruire l'énergie de la chute en posant une couche en dur permettant d'éviter un creusage devant le seuil.

Aucune exigence n'est posée quant à la répartition du débit.

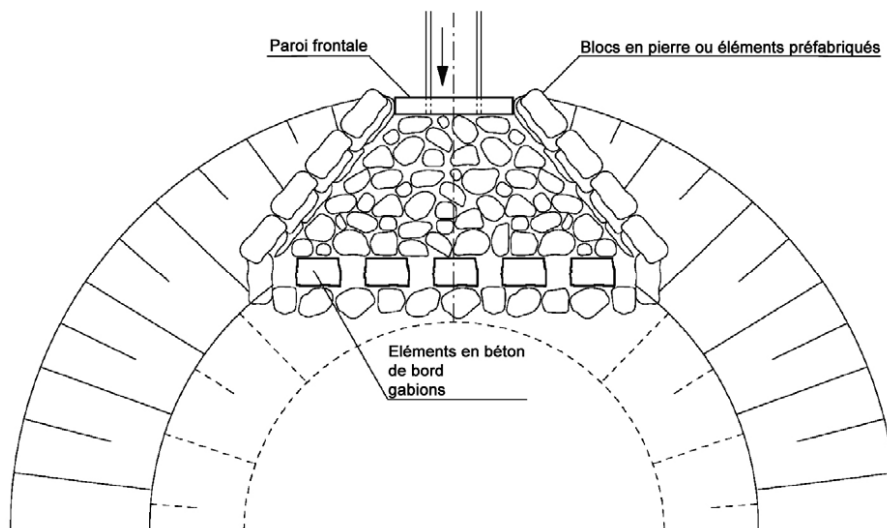


Fig. 10.18 Ouvrage d'entrée avec élément de destruction de l'énergie

## 10.8 Rendement d'épuration et durée d'exploitation

Le degré d'efficacité et la durée d'exploitation des filtres en terre dépendent en priorité de la charge contenue dans l'effluent. De nombreux paramètres affectent le filtre. Ceux-ci sont donnés dans la liste ci-dessous provenant du rapport [34] :

Tab. 10.10 Liste des paramètres en relation avec l'efficacité des filtres en terre [34]

<i>Structure, granulométrie, chimie du matériel du filtre</i> <i>Épaisseur de la couche du filtre</i> <i>Vitesse de l'eau dans le filtre</i> <i>Retenue de l'eau dans le filtre</i> <i>Part dissoute dans les substances polluantes</i> <i>Aération du matériel du filtre</i> <i>Fréquence de la charge du filtre avec et sans inondation</i> <i>Durée des périodes de sécheresse précédentes</i> <i>Hauteur d'eau de l'évènement pluvieux</i> <i>Température</i> <i>Chimie et structure des sédiments filtrés</i> <i>Homogénéité ou inhomogénéité de l'infiltration RFB</i> <i>Âge de l'installation</i>
---

La grande variabilité des paramètres a une influence tant sur l'estimation de l'efficacité que sur l'optimisation du filtre. Il faut tenir compte que le matériel du filtre provient des environs ou bien, pour le renouvellement des routes, de matériel à disposition sur place. En plus des paramètres listés ci-dessus, il faut aussi considérer l'influence des éléments extérieurs comme la composition de la pollution, le climat, l'apport de sel lors du service hivernal, le débit d'eaux claires provenant des chaussées ainsi que des surfaces vertes. Au sujet de l'efficacité et du rendement des installations on se réfèrera aussi aux § 9.5 et 9.6.

# 11 Bassins de rétention-filtration avec filtre en sable

## 11.1 Description de l'installation

Les bassins avec filtre en sable sans végétation (herbe ou roseaux) ont comme les bassins avec filtre en terre une double fonction à savoir la rétention et la filtration (Fig. 11.19).

La différence consiste en l'effet de filtration qui dépend du sable (épaisseur, granulométrie) et de la surface nécessaire qui, elle, est fonction de la perméabilité du filtre. La surface nécessaire est inférieure à celle des filtres en terre.

Les RFB avec un filtre en sable sont simples à réaliser. Le matériel du filtre est standardisé et homogène.

La capacité de retenue des filtres en sable est élevée. Ces filtres nécessitent cependant et d'après les connaissances actuelles un prétraitement.



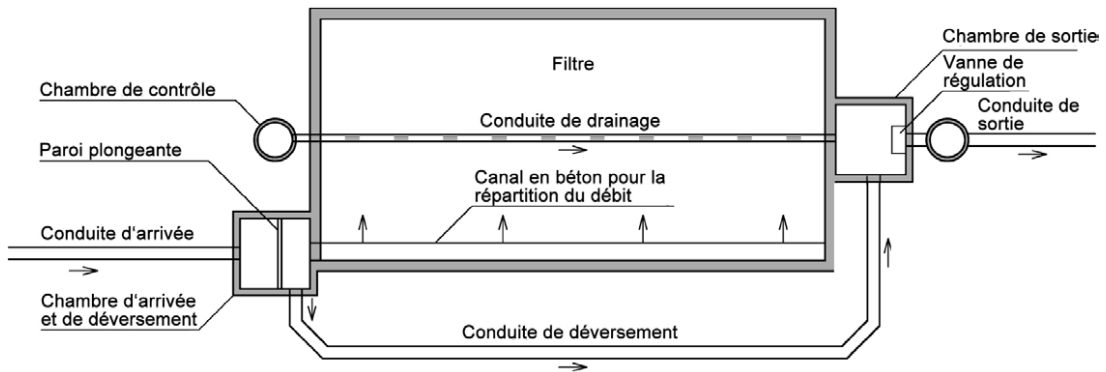
Fig. 11.19 Bassin de rétention-filtration avec filtre en sable

- La disposition de l'installation peut être différente selon le type de prétraitement.
- Le filtre est composé d'une couche de sable et d'une couche de gravier comme drainage.
- Pour empêcher l'érosion du filtre à l'entrée du bassin, des mesures de protection comme un ouvrage d'entrée pourvu d'éléments destinés à détruire l'énergie ou bien une tôle déversoir triangulaire (Tompson) sont à mettre en place.
- Un trop plein est à prévoir.
- La nécessité de placer un by-pass est à examiner.
- Avant la sortie de la conduite, une chambre avec un régulateur de débit destiné au réglage de la capacité hydraulique du filtre est à poser.
- Une paroi plongeante est à disposer dans l'ouvrage pour assurer un prétraitement.

Selon les informations recueillies, les filtres en sable sont utilisés du moins, en Suisse, uniquement pour les RFB. Les filtres en sable pourraient aussi être utilisés pour les cuvettes de filtration.

### Schéma-type d'un RFB en sable :

Situation



Coupe

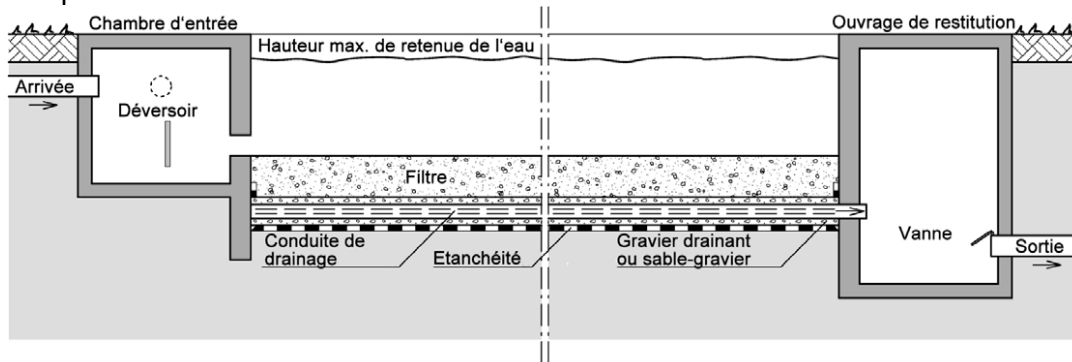


Fig. 11.20 Schéma d'un RFB en béton avec filtre en sable (situation et coupe)

## 11.2 Dimensionnement hydraulique

Le dimensionnement hydraulique du volume du bassin est à faire selon le chap.6.

Il faut admettre que la grande capacité hydraulique initiale diminue avec l'épaisseur de boue qui se forme sur la surface du bassin.

La perméabilité du filtre à admettre est de  $2,0 \text{ l/min}\cdot\text{m}^2$ .

## 11.3 Caractéristiques et construction du filtre

Dans le rapport [32] se trouve un diagramme qui permet d'optimiser la granulométrie. Cette répartition représente un état idéal vers lequel il faut tendre. Des différences ne peuvent être tolérées que dans des marges faibles. Il est important que la fraction de l'argile et du limon (silt) restent ensemble en dessous de 5%. Le tableau 11.11 indique des divers composants du filtre à retenir.

### Exigences supplémentaires

Seul un matériel naturel et rond peut être utilisé. Le sable doit avoir une teneur en carbonate de moins de 5%  $\text{CaCO}_3$ .

### Mise en place du sable

Le filtre est à mettre en place sans compactage et avec un grand soin. Il est à construire avec une pelle télescopique ou bien avec des tapis roulants. Des travaux sur la surface du filtre ne sont pas admissibles sans protection. On tiendra compte des tassements lors du remblayage. Ils peuvent atteindre 10%.

### Examens

Les examens suivants sont à réaliser en laboratoire :

- Granulométrie avec échantillons prélevés sur le chantier
- Détermination de la teneur en carbonate

**Épaisseur du filtre**

L'épaisseur du filtre est de 0.80m.

**Granularité**

La granularité du filtre en sable est donnée dans le tableau 11.11.

Tab. 11.11 Granularité des filtres

Granularité	[mm]	[Masses en-%]
Argiles et limons	< 0,06	0
Sables fins	0,06 - 0,20	5
Sables moyens	0,20 - 0,60	40
Sables grossiers	0,60 - 2,00	40
Graviers fins	> 2,00	15

## 11.4 Efficacité

A ce sujet on se référera aux § 9.5 et 9.6

## 12 Bassins de rétention-filtration avec filtre en sable et roseaux

### 12.1 Description de l'installation

Les bassins avec filtre en sable et végétation (roseaux) sont intéressants à plusieurs points de vue (efficacité élevée, réalisation assez simple, entretien, coût, etc.). Ils fonctionnent comme les bassins qui précèdent. La phase initiale nécessite cependant une attention soutenue car les roseaux doivent être constamment arrosés.

Les bassins de rétention-filtration avec un filtre en sable et une plantation de roseaux sont simples à réaliser du point de vue de la construction du filtre parce qu'un matériel standardisé et homogène peut être utilisé. Comme pour les filtres en terre, un soin particulier est cependant nécessaire pour la réalisation. Le dimensionnement du filtre est aussi simple car il est fonction de la couche filtrante.

La conception se distingue par l'absence d'un prétraitement et la présence d'une rigole de répartition de l'eau. Du fait que l'on peut se passer d'un prétraitement, l'installation est relativement peu onéreuse. Par contre la culture des roseaux et une répartition égale de l'affluent dans le bassin sont problématiques.

Le schéma-type d'un RFB en sable avec végétation est identique à celui de la figure 11.20.

- Une couverture du filtre avec l'eau à traiter, répartie également sur la surface du filtre, est nécessaire. Cela nécessite une optimisation du rapport longueur-largeur du bassin.
- Le filtre se compose d'une couche de sable et d'une couche de gravier comme drainage ainsi que d'une conduite drainante et la plantation de roseaux.
- La végétation de roseaux nécessite une répartition aussi égale que possible de l'affluent. Cela peut être atteint par un rapport longueur-largeur favorable ainsi que par exemple par une ou deux rigoles au bord de l'installation.
- La rigole de répartition du débit d'une largeur de 0.30m avec une pente minimum de 1.0% est réalisée en général en béton. Dans les bassins en béton, la rigole peut être intégrée au mur extérieur.
- Une chambre est à placer à l'entrée du bassin. L'affluent est dirigé depuis cette chambre vers la rigole et par pluies importantes en volume, vers un déversoir et une conduite de déversement.
- La chambre de sortie collecte l'eau épurée qui arrive du drainage pour la diriger vers l'exutoire. En plus, elle collecte l'eau de la conduite de déversement.
- Une paroi plongeante est dans tous les cas à placer avant l'entrée dans le bassin.
- Un appareil de contrôle de la hauteur d'eau dans le bassin y compris le filtre est à prévoir.

### 12.2 Dimensionnement hydraulique

#### Volume

Le dimensionnement hydraulique du volume se fait selon le chap.6.

#### Surface

La surface du filtre est à dimensionner de façon à obtenir une infiltration optimale. Cela peut être atteint en limitant la charge d'eau à 40m/an. Cette valeur donne, avec le débit annuel, la dimension de la surface filtrante. Pour le dimensionnement, les coefficients de ruissellement à appliquer sont ceux donnés sous § 6.1.1.

Si l'on n'effectue pas les calculs sur la base d'une simulation continue, le dimensionnement du volume et de la surface sont à faire en tenant compte des pluies régionales selon SN 640350.

Il faut admettre que la capacité hydraulique du filtre diminue en fonction de la couche de boue qui s'accumule sur la surface du bassin. On peut admettre env. 2.5 l/min\*m<sup>2</sup>. La

nécessité de placer une vanne de régulation ou un étranglement est à examiner en prenant en compte notamment le cours d'eau récepteur.

## 12.3 Caractéristiques et construction du filtre

### Épaisseur du filtre

L'épaisseur de la couche filtrante est de 0.80m.

### Granularité

La granularité du filtre en sable est donnée dans le tableau 12.12. Elle est identique à celle du filtre en sable sans végétation selon tableau 11.11.

Tab. 12.12 Granularité des filtres en sable

Granularité	[mm]	[Masses en-%]
Argile et silt	< 0,06	0
Sables fins	0,06 - 0,20	5
Sables moyens	0,20 - 0,60	40
Sables grossiers	0,60 - 2,00	40
Graviers fins	> 2,00	15

### Exigences supplémentaires

Seul un matériel naturel et rond peut être utilisé. Le sable doit avoir une teneur en carbonate de moins de 5% CaCO<sub>3</sub>.

### Mise en place du sable

Le filtre est à mettre en place sans compactage et avec un grand soin. Il est à construire avec une pelle télescopique ou bien avec des tapis roulants. Des travaux sur la surface du filtre ne sont pas admissibles sans protection. On tiendra compte des tassements lors du remblayage. Ils peuvent atteindre 10%.

### Examens

Les examens suivants sont à réaliser en laboratoire :

- Granulométrie avec échantillons prélevés sur le chantier
- Détermination de la teneur en carbonate

### Présence d'un prétraitement

Les informations sont manquantes en ce qui concerne la relation entre le prétraitement et les filtres en sable avec roseaux. Le § 7.4 donne quelques indications au sujet du prétraitement. Signalons que des essais sans prétraitement sont actuellement en cours sur l'installation d'Hagnau.

## 12.4 Plantation du filtre



Fig. 12.21 RFB avec filtre en sable et roseaux

### Réalisation

La durée de végétation des roseaux est de 3 ans environ et nécessite des travaux importants jusqu'à la réception. Les prestations suivantes sont à prévoir :

- Fourniture des plantes
- Contrôles périodiques avec le soutien d'experts
- Arrosage
- Fumure

La réalisation et le devis des prestations doivent être consignés dans un contrat.

### Processus jusqu'à la plantation

- Avant la livraison des roseaux, des échantillons seront présentés et examinés par un expert.
- La plantation des roseaux est à fixer de sorte que la croissance puisse débuter en avril-mai
- Pour le choix des installations de chantier, les indications de délais suivantes pour la mise en eau et les soins lors de la "pousse" sont à fixer dans le contrat :
  - jusqu'à la réception de l'ouvrage.
  - après la réception de l'ouvrage et jusqu'à la réception de la végétation.
- Pendant les périodes déterminantes de végétation, l'état de « pousse » est à contrôler et documenter toutes les 6 semaines avec un expert du maître d'ouvrage et les mesures à prendre sont à décider.
- Une année après la plantation, la direction des travaux doit réaliser un contrôle avec rapport de l'état de « pousse » des plantes.
- La réception de la végétation et la remise au maître d'ouvrage est à faire après la troisième période de végétation.

Le fond du bassin est à prévoir horizontal avec une éventuelle pente transversale ainsi qu'une rigole en bordure.

### Plantation

- La plantation est autant que possible à réaliser de façon à ce que les plantes puissent pousser dès le début de la période de végétation (avril-mai).
- La livraison des plantes doit être coordonnée de façon à ce qu'aucun dépôt intermédiaire sur le chantier ne soit nécessaire.
- Les plantes sont à maintenir humides avant leur plantation et sont à arroser dans un délai de 24 heures après leur plantation.

### Végétalisation du filtre

La végétation du filtre constitue un apport important pour la perméabilité durable du filtre. Les exigences qui suivent concernent la plantation :

- Les ballots de roseaux (phragmites communis, syn. Phragmites australis) sont à pré-cultiver sur une période de végétation
- Les grandeurs de ballots d'au moins 5 x 5 cm, hauteur 12 cm, forme conique
- Tête complètement enracinée avec au moins un rhizome formé
- Diamètre du rhizome au moins 5mm
- Plantes avec 4-5 branches
- Hauteur des branches vertes respectivement mortes lors de la livraison minimum 60cm
- Lors d'une livraison au printemps, l'état de développement de la plante est à démontrer à l'aide d'échantillons de plantes provenant de la période de végétation précédente.
- Plantation :
  - dans le bassin 5 à 6 plantes/m<sup>2</sup>
  - dans la zone d'entrée du bassin 8 plantes/m<sup>2</sup> ou lit de roseau sur 10m<sup>2</sup>



Fig. 12.22 Essais de plantation de roseaux, à gauche enracinement près de l'entrée, à droite près de la sortie [17]

### Arrosage

- L'arrosage des roseaux doit être assuré dès la fin de la plantation des roseaux.
- L'entrepreneur est responsable de l'arrosage.
- L'eau de route ne doit pas être utilisée pour l'arrosage. C'est l'eau potable ou une eau propre provenant de cours d'eau superficiels qui servira à l'arrosage.
- Le filtre est à maintenir humide en continu pendant la durée de végétation et immergé par instant jusqu'à 0.10m.

- Pour l'arrosage on installera un tuyau vertical démontable à l'extrémité de la conduite de drainage. Ce tuyau doit pouvoir régler l'immersion du bassin à deux hauteurs avec en plus un niveau abaissé dans le filtre.
- A la fin des travaux de plantation, le niveau de l'eau sera fixé à 1-3 cm dans le filtre.
- Au début du mois d'avril de la deuxième année, le niveau de l'eau sera complètement abaissé et le tuyau de réglage supprimé.

#### **Fumure**

- La fumure unique de toute la surface des roseaux est faite à la fin des travaux de plantation (fin avril) et avant la mise en eau avec un engrais de longue durée (azote, phosphore, calcium, magnésium)
- Lors de l'examen de l'état de la "pousse", on décidera avec un expert si un engrais supplémentaire est nécessaire.

#### **Mesures supplémentaires**

Si, à l'endroit du bassin filtrant, il faut s'attendre à une chute importante de feuilles mortes, on protégera la surface (par ex. filets, barrières) en automne si les roseaux ne sont pas encore plantés.

La partie du filtre mise en eau ne doit être accessible que pour des cas particuliers même si pour l'exploitation future, aucune clôture n'est prévue.

## **12.5 Efficacité**

A ce sujet on se référera aux § 9.5 et 9.6.

## 13 Bassins de rétention-filtration avec filtre en gravillon (splitt)

### 13.1 Généralités

Les bassins avec filtre en splitt ont été conçus récemment et sont actuellement dans une phase de tests. Ils sont décrits ci-après car ces bassins sont prometteurs tant au niveau de leur efficacité, de leur réalisation, de leur entretien et de leur coût.

Leur conception et leur dimensionnement de base sont semblables à ceux des autres bassins soit par la présence d'un volume de rétention et d'un filtre composé de gravillons ou de splitt avec une granulométrie à respecter.



Fig. 13.23 RFB avec filtre splitt (Oberdorf)

### 13.2 Expériences

#### Aperçu

Au contraire des filtres en terre et en sable, les informations sur l'exploitation des filtres en splitt sont limitées à deux installations qui ont des caractéristiques très différentes. En plus, ces deux installations ne sont en service que depuis peu de temps. On ne peut se baser que sur les résultats positifs du monitoring d'un filtre avec splitt situé sur l'A2 à Birsfelden (BL). L'étude [11] fournit aussi des indications importantes au sujet de ce type de filtre.

Des données sur le filtre en splitt réalisé à ce jour à Birsfelden sont rassemblées ci-dessous :

#### Installation d'épuration (de traitement) de Birsfelden/Hagnau sur l'A2, Canton de Bâle-Campagne

Cette installation n'est pas une installation de traitement au sens des Instructions de l'OFEV [1]. Elle comprend, à part un filtre avec splitt comme prétraitement, une cuvette d'infiltration à la place d'un bassin de rétention-filtration.

Les caractéristiques qui suivent sont données en mettant l'accent sur le filtre en splitt:

- Trafic journalier moyen : 130'000vhc/j
- Surface de la route assainie : 11ha

- Bordures avec murs de 0.30m de hauteur qui retiennent une grande partie de l'eau projetée
- Maintien du déshuileur type B existant qui servira de séparateur grossier
- Surface du filtre en splitt : 400 m<sup>2</sup> respectivement 0.4% du bassin versant ou périmètre arrosé.
- La capacité d'infiltration n'est pas bien connue, elle devrait être d'env. 3.0 l/min\*m<sup>2</sup>
- Couche de splitt de 0.30m d'épaisseur mis en place sur une couche de sable-gravier.
- Splitt 4/8mm (non calcaire)

Le filtre en splitt retient la totalité des matières solides polluées à l'exception des grains grossiers qui se trouvent sous forme de matériel sédimenté dans les dépotoirs et dans le déshuileur.

Les premières mesures ont permis de constater que l'efficacité du filtre pour les métaux lourds et les HAP est élevée.

### 13.3 Description de l'installation avec splitt

Les bassins de rétention-filtration avec du splitt sont simples constructivement. La surface nécessaire est réduite. Ils sont à réaliser sans ouvrage de prétraitement. L'efficacité d'épuration est inférieure à celle des autres systèmes. Le travail d'entretien n'est pas bien connu.

La conception est dictée par l'absence de prétraitement. Les éléments spécifiques des bassins de rétention-filtration avec un filtre en split sont résumés ci-dessous:

- La répartition de l'affluent sur le filtre est sans problème en raison de la surface réduite. Pour cette raison aucune mesure spéciale n'est nécessaire. Une adaptation aux conditions locales est aussi sans problème.
- Le filtre se compose d'une couche de splitt et d'une couche de sable-gravier comme drainage ainsi que d'une conduite de drainage.
- Un ouvrage d'entrée disposé avant le bassin avec des ouvertures en direction du filtre est à prévoir. Cet ouvrage conduit les eaux vers le bassin et lors d'épisodes pluvieux extraordinaires vers le déversoir.
- La chambre de sortie recueille l'eau de drainage et la dirige vers l'exutoire. Elle recueille aussi l'eau propre qui arrive du déversoir.
- Une paroi plongeante est à prévoir dans l'ouvrage d'entrée.

Le schéma d'un RFB en gravillons (splitt) est identique à celui de la figure 11.20.

### 13.4 Dimensionnement hydraulique

#### Volume

Le dimensionnement hydraulique est à faire selon le chap. 6.

#### Surface

La surface du filtre doit être d'env. 1.0% de la surface de la route. Les coefficients de ruissellement à admettre sont ceux du § 6.1.1. La capacité d'infiltration (perméabilité) n'a pas encore été déterminée, elle devrait être d'env. 3.0 l/min\*m<sup>2</sup>.

Les indications ci-dessus sont très générales. Elles sont donc à contrôler selon les caractéristiques du filtre mis en place (essais in situ) ainsi que sur les ouvrages en construction ou réalisés récemment.

### 13.5 Fonctionnement et construction du filtre

Le fonctionnement du filtre en splitt est différent de celui des filtres en terre et aussi des filtres en sable. Comme déjà signalé, les filtres en splitt sont chargés par la totalité de la pollution y compris le silt et le sable fin. Cela signifie que de manière analogue aux nattes géotextile, une couche de boue polluée se forme à sa surface qui selon sa composition

agit comme filtre. Les informations manquent en ce qui concerne l'effet filtrant de la couche de boues polluées par rapport à l'alternance d'humidité et de sécheresse. Le problème de la présence d'une biocénose dans cette couche est aussi ouvert.

#### **Épaisseur du filtre**

L'épaisseur du filtre est de 0,40 m.

#### **Granulométrie du splitt**

Un splitt 2/4 (selon la norme SN 670 103b) Granulats pour mélanges hydrocarbonés et pour enduits superficiels utilisés dans la construction des chaussées, aérodromes et d'autres zones de circulation (*installations d'Hagnau 4/8*) est à retenir.

Un split normal (gris, 2-6 ou 4-8mm) paraît optimal.

Un splitt avec un calcaire du Jura n'est vraisemblablement pas idéal (selon un test réalisé dans le canton de Berne)

#### **Sable-gravier (sous le filtre)**

L'épaisseur de la couche de sable-gravier est de 0.4m. Un sable gravier 0/22 avec un tamis de 0.063 < 3% (sable-gravier I) selon la norme SN 670 119a-NA, [24].

#### **Présence d'un prétraitement**

En principe un prétraitement n'est pas à mettre en place.

### **13.6 Mise en place d'un filtre avec splitt**

Il n'existe que très peu d'informations au sujet du travail nécessaire pour l'entretien du filtre en splitt. Ceci est valable également pour les connaissances au sujet de l'évolution dans le temps de la capacité d'infiltration ainsi que sur le coût d'un renouvellement d'une partie du filtre y compris la mise en décharge de la couche polluée. On peut cependant admettre que le coût d'entretien du filtre est raisonnable et si l'on considère sa surface réduite, les filtres en splitt sont le type d'installation d'épuration des routes principales le plus favorable.

La mise en place du splitt est à réaliser avec un grand soin et sans compactage. Le filtre ne doit plus être accessible après sa mise en place. Il est à clôturer.

#### **Protection du filtre**

Les eaux de chantier endommagent (colmatage) le filtre de façon durable. Ces eaux ne doivent donc à aucun moment passer par le filtre. Voir aussi § 17.4.

### **13.7 Contrôles**

Les contrôles suivants sont à réaliser en laboratoire :

- Granulométrie du splitt avec prise d'échantillons
- Granulométrie du sable-gravier

### **13.8 Efficacité**

On se référera à ce sujet aux § 9.5 et 9.6.

## 14 Bassins de rétention-filtration avec filtre en splitt et roseaux

Les bassins avec filtre en splitt plantés de roseaux sont eux aussi dans une phase d'expérimentation. Leur efficacité, leur réalisation et leur entretien sont très prometteuses. Les données ci-dessous sont surtout issues des ouvrages avec filtres en splitt décrits au chap. 13. Ces bassins s'intègrent particulièrement bien dans le paysage. En raison de la présence des roseaux, L'exploitation doit être suivie avec soin.

Le fonctionnement de ce filtre est différent de ceux des filtres en terre et en sable. Les filtres en splitt sont chargés essentiellement par des particules de pollution y compris de limon et éventuellement du sable fin. Cela signifie que, comme pour les géotextiles, une couche de dépôts se forme en surface et agit selon sa composition, comme un filtre. Les informations manquent toutefois au sujet du processus de filtration à travers cette couche. Cette problématique concerne en plus le comportement de cette couche vis-à-vis de l'humidité et de la sécheresse. La présence d'une biocénose dans cette couche est aussi ouverte.

### 14.1 Description de l'ouvrage

La conception des bassins avec filtre en splitt plantés de roseaux est identique aux bassins avec filtre en splitt uniquement. La plantation de roseaux est intéressante car elle assure une bonne perméabilité du filtre tout en réduisant les boues déposées. L'entretien et l'exploitation sont simplifiés.

Le schéma d'un RFB avec filtre en gravillons planté de roseaux est identique à celui de la figure 11.20. Voir aussi figures 17.27 et 17.28.

### 14.2 Dimensionnement hydraulique

#### Volume

Le dimensionnement hydraulique est à réaliser, en ce qui concerne le volume de rétention, selon le chapitre 6.

#### Surface

La surface du filtre doit être d'env. 1.0% x Fred.

Sa capacité d'infiltration devrait être d'env. 3.0 l/min\*m<sup>2</sup>.

Ces indications sont très générales. Elles sont à contrôler par des essais in situ sur les ouvrages à réaliser.

L'épaisseur du filtre est identique à § 13.6 soit 0.40m.

Il en est de même pour la granulométrie du filtre à mettre en œuvre.

#### Présence d'un prétraitement

Les ouvrages de ce type sont en principe à réaliser sans ouvrages de prétraitement.

### 14.3 Réalisation de filtres avec des roseaux

Des données pour la réalisation sont rassemblées ci-après :

- On utilisera des plantes âgées de 3 ans provenant de la serre.
- La densité des plantes doit être de 3-5 par m<sup>2</sup>
- La plantation sur des sols humides ne nécessite pas de mesures pour activer la "pousse". Dans cette situation, le roseau est sans plantes concurrentes.
- Les filtres en splitt possèdent par rapport à leur fonction, une grande perméabilité. Ils sont ainsi des endroits secs. Pour les roseaux, au contraire, un arrosage est nécessaire pour favoriser la « pousse » et éliminer les plantes néfastes et ceci jusqu'à ce qu'on obtienne une plantation de roseaux dense.

- Les roseaux ne nécessitent pas d'autres soins durant leur croissance. Il s'agit seulement d'éliminer les mauvaises herbes et plantes.

## **14.4 Efficacité**

On se référera à ce sujet aux § 9.5 et 9.6.

## 15 Cuvettes-rigoles de filtration

### 15.1 Description de l'ouvrage

Les cuvettes-rigoles de filtration sont constructivement semblables au RFB. Aujourd'hui et contrairement à ce qui se faisait par le passé, elles doivent être réalisées avec une étanchéité (installation de traitement) sauf si la vulnérabilité des eaux souterraines n'est pas élevée. En effet, en cas d'accident, les substances polluantes notamment les hydrocarbures s'écoulent le long de la route sur de grandes distances et peuvent s'infiltrer de façon incontrôlée.

Elles sont pourvues sous le filtre d'un tuyau de drainage avec, sur son pourtour, un filtre en gravier. Les eaux récoltées et épurées sont ensuite déversées soit dans un cours d'eau superficiel soit dans les eaux souterraines. La figure 15.24 ci-dessous représente une cuvette-type :

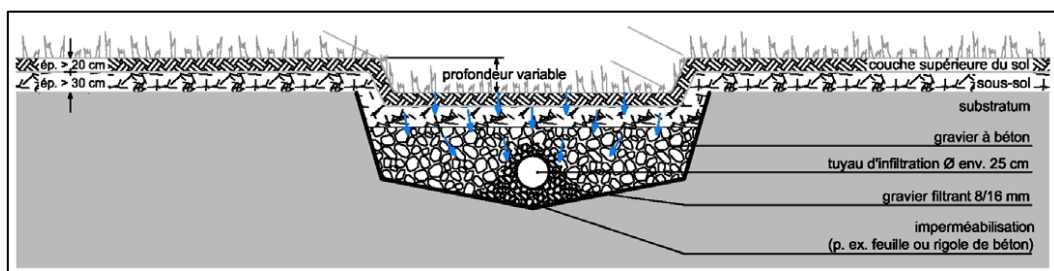


Fig. 15.24 Schéma d'une cuvette-rigole, source [2]

### 15.2 Mise en place

Les cuvettes-rigoles de filtration sont acceptables dans les périmètres de protection des eaux (Au et autres secteurs üB) à la condition que la vulnérabilité de la nappe phréatique et la classe de pollution selon les Instructions de l'OFEV [1] soient respectées. Rappelons que dans les périmètres et zones de protection des eaux, l'infiltration des eaux de route n'est pas admissible même après épuration ou traitement.

#### Dimensionnement des cuvettes-rigoles

Le dimensionnement constructif et hydraulique des cuvettes-rigoles de filtration est identique à celui des RFB. Il faut cependant veiller à l'infiltration des eaux filtrées à la sortie de la cuvette. Le sol d'infiltration doit être suffisamment perméable. Si les eaux sont déversées dans un cours d'eau superficiel, elles doivent répondre aux conditions de déversement.

En ce qui concerne les cuvettes-rigoles d'infiltration (sans étanchéité), la perméabilité du sol en place est à examiner avec soin pour le dimensionnement de la surface d'infiltration des cuvettes d'infiltration.

Il faut, dans ce cas, être attentif au fait que les caractéristiques du sol peuvent varier fortement même à l'intérieur d'une classe de sol.

La Directive DWA-A 138 [32] fixe que pour les cuvettes d'infiltration décentralisées, il faut compter dans la règle env. 5 à 20% de la surface imperméable de la route raccordée comme surface d'infiltration. Dans la même directive, on trouve aussi le diagramme (Figure 15.25) qui indique les coefficients de perméabilité des sols meubles.

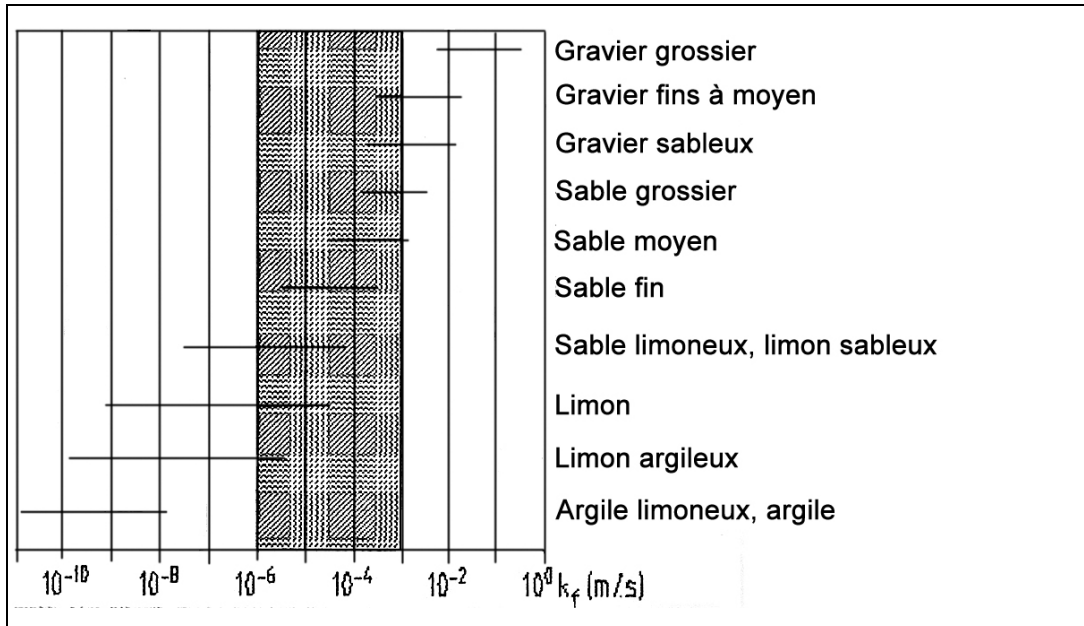


Fig. 15.25 Coefficients de perméabilité des terrains meubles et des zones possibles d'infiltration selon [32]

A noter que les perméabilités ci-dessus sont valables aussi pour les installations d'épuration avec infiltration directe dans le sol après filtration.

### 15.3 Déversement après traitement ou épuration

De manière générale la nécessité de déverser des eaux sur le sol après leur traitement ou leur épuration est à examiner avec soin. Dans ce cas il est nécessaire de contrôler la perméabilité du sous-sol et les suites possibles comme le risque d'inondation des environs.

Cette remarque est valable pour l'ensemble des installations.

## 16 Données complémentaires sur les divers filtres

### 16.1 Filtre en terre

#### Bases

La littérature donne des informations complètes sur les divers aspects des filtres en terre et spécialement sur le substrat "terre". Il manque cependant des données de base sur le thème de la terre et spécialement sur le matériel qui doit être creusé, transporté, manipulé et remis en place. Une exception est constituée par les bases techniques pour la protection des sols [24] [25] [26]. Ces documents sont orientés vers les sols agricoles et pas sur les filtres en terre. Ils proposent cependant un aperçu sur les sols et entre autre la protection des sols. Des aspects spéciaux qui concernent les filtres sont donnés dans les paragraphes suivants.

Le matériel qui constitue le sol (terre) a une structure qui est composée en priorité des matières minérales du sol : l'argile, le limon (sable fin) et le sable. Le mélange de ces composants détermine le type de sol. L'important pour obtenir une certaine structure du sol liée à une activité microbienne est la présence d'humus dans le sol. Cette activité nécessite une aération durable du sol. Cette aération ainsi que la perméabilité du sol supposent une structure du sol ouverte avec des pores.

Rappelons encore que selon [2] la capacité de rétention du sol pour les substances nocives est décrite quantitativement par la capacité d'échange des cations (CEC), c'est-à-dire par la somme des cations échangeables par unité de masse de sol.

La capacité d'échange des cations dans le sol dépend donc en premier lieu de la teneur et du type de minéraux argileux, de sesquioxides et des substances humiques, ainsi que du degré d'acidité pH. Les sols faiblement acides à basiques (pH > 5.5) adsorbent mieux les métaux lourds. Mais comme les sols tendent par principe à s'acidifier, les métaux lourds absorbés peuvent à nouveau être libérés au cours du temps.

Dans le domaine de la protection des sols, lors de leur mise en culture, des exigences sont fixées pour leur utilisation depuis de nombreuses années. Celles-ci manquent en général dans le domaine de la construction et de l'entretien des filtres en terre.

#### Données sur l'adsorption des matières polluantes

Les citations suivantes donnent un résumé au sujet de l'adsorption des filtres en terre. Elles proviennent du rapport [27] :

- *La capacité d'échange des cations CEC décrit la possibilité d'adsorption abiotique d'un sol. Un sol avec une valeur CEC inférieure à 5mg/100g a une adsorption faible. Une valeur de 30mg/100g a une adsorption extrêmement grande. Une valeur maximale est donnée sous le nom de CEC potentiel. Le CEC effectif dépend du pH du sol et est plus faible pour les sols acides que le CEC potentiel.*
- *Les valeurs du pH en dessous de 6, comme c'est le cas par exemple pour les sols de forêts, doivent être évitées. Un pH acide est bien favorable pour l'adsorption du phosphore mais il agit négativement sur la nitrification et la retenue des métaux lourds dissous.*
- *La teneur de la calcite dans le sol a un effet de tamponnage des protons libérés lors de la réaction Redox. Une teneur en calcite agit comme une valeur élevée du CEC, de manière positive sur la nitrification.*
- *La teneur en argile donne au sol une "force" d'adsorption. Elle doit être au minimum de 10% et de manière optimale de 15-20%. Pour des teneurs en argile supérieures à 25%, le risque de tassement du sol lors du remblayage augmente beaucoup. Des sols avec des teneurs élevées en argile ne doivent être mis en œuvre qu'avec le soutien de pédologues. En matière de mécanique des sols, les sols avec une teneur en argile élevée ne sont pas suffisamment perméables. Une perméabilité suffisante peut être atteinte grâce à une activité biologique liée à une structure du sol granuleuse et une densité peu cohérente des couches du sol.*

- *L'humus dans la science du sol, est une substance organique à haut contenu moléculaire, qui ne doit laisser passer que peu de débit lors de la filtration de l'eau mixte. L'humus apporte à un sol (Lehm) une structure peu cohérente mais stable. Un sol avec une structure peu stable ne serait pas adapté à une filtration des eaux mixtes. Une structure granuleuse élève par contre la perméabilité et la capacité d'adsorption pour les métaux lourds dissous. La teneur en humus doit être de 2% et ne doit pas dépasser les 10%, l'optimum est situé entre 3 et 5%*
- *Le compost et les déchets animaux sont totalement inadaptés au remplacement des sols argileux.*
- *Parmi les sols argileux granuleux il faut bien distinguer d'une part le sable limoneux et d'autre part les mélanges artificiels de sable et d'horizon A. Les mélanges de sable et d'horizon A se comportent différemment que les sols argileux.*

Dans la citation ci-dessus, la désignation sols limoneux-argileux peut être utilisée à la place de l'horizon A. Bien que les données ci-dessus se réfèrent à une eau mixte. Elles sont valables aussi pour les eaux de route.

## Horizon A

### Teneur en argile

La teneur en argile est un élément déterminant du sol en liaison avec l'effet d'épuration, le colmatage, les dommages à la structure de la terre lors du creusage, du transport et de la remise en place. Le tableau 16.13 donne une comparaison issue de publications au sujet des teneurs conseillées pour des filtres en terre.

Tab. 16.13 Comparaison des teneurs en argile recommandées pour les substrats des couches d'horizons A des filtres en terre

Publication	Teneur argile [%]	Remarques
Instructions OFEV [1]	10...35	Valeur relative au sol en place
Directive Evacuation des eaux pluviales VSA [2]	10...35	
Directive VSA, mise à jour 2008	10...15	
Manuel Protection des sols OFEV [25]	<10	Références sur le maintien de la stabilité de la structure des sols
Instructions ATV-DVWK 153 2000	5...20	Valeurs modifiées après révision
Instructions DWA-M 153 2007 [33]	< 10	Diminution de l'envasement
Instructions DWA-A 138 [32]	< 10	Diminution de l'envasement
Infiltration des pluies 2005 [38]	> 10	Matériel utilisé lors des essais

La comparaison des publications montre de très grandes différences des teneurs en argile. Les mesures effectuées accusent, elles aussi, de grands écarts relatifs à l'efficacité des filtres en terre. De plus, la justification de l'origine des dommages dus au colmatage est souvent difficile. Le manque de soin lors de la réalisation, une stabilité du filtre ou une charge spécifique spéciale de l'affluent peuvent aussi être déterminants.

Les Instructions de l'OFEV [1] fixent une valeur pour la teneur en argile dans l'horizon A de 10 à 35%. Cette valeur est proposée pour l'examen de l'admissibilité de l'infiltration. Il faut aussi prendre en considération que les sols naturels végétalisés ont une stabilité plus grande que les sols remaniés ou mis en place. Une teneur en argile élevée est favorable pour l'efficacité du filtre. Il faut pourtant admettre qu'une teneur de 35% est trop élevée. Le tableau 4 des Instructions n'est plus à jour il est à revoir. Il est intéressant de constater que le règlement ATV-DVWK 153 [33] de 2007 abaisse la valeur proposé en 2000 de 5-20% à < 10%. Cette adaptation fait suite au constat que les filtres réalisés sont souvent envasés. Avec cette modification, une réduction de l'efficacité d'épuration est admise par contre le risque de colmatage est diminué. Le taux de réduction du rendement n'est pas connu.

En liaison avec la teneur en argile, il faut aussi tenir compte que dans le futur et sur la base des nouvelles connaissances, la surface des filtres en terre sera plus petite. Par ailleurs par exemple pour les routes principales avec un trafic journalier de 6'000 à 8'000 véhicules on réalisera des filtres en terre sans prétraitement.

Pour le choix de la teneur en argile < 10% ou 10% jusqu'à 15% il faut considérer que les sols dans notre pays qui ont une faible teneur en argile sont rares. De plus pour se procurer ces sols, il est nécessaire de réaliser des transports sur de grandes distances.

### **Teneur en limons (Silt)**

La teneur en limons dans l'horizon A n'est pas traitée en détails dans les publications. Selon la Directive sur la protection des sols [25], les sols qui ont une grande teneur en limons sont considérés comme stables et perméables. Ils sont pourtant sensibles à l'érosion dès qu'ils sont déplacés ou mis en dépôt. Les sols qui se composent principalement de limons ne sont pas ou peu utilisés pour les filtres en terre en raison de leurs caractéristiques.

Selon le manuel de Protection du sol [25], les sols avec plus de 50% de limons et moins de 10% d'argile sont stables respectivement peu sensibles lors du compactage et sont ainsi intéressants dans le cas d'une transformation du filtre.

Une teneur en limons < 50% pour l'horizon A est conseillée. Ceci est cependant limité à un sol possédant une structure stable.

### **Horizon B**

#### **Fonction**

Dans les filtres en terre, l'horizon B représente une mesure supplémentaire de sécurité envers la pénétration de matières polluantes dans le sous-sol. Cette fonction induit, par rapport à l'horizon A, une efficacité de retenue plus faible.

#### **Caractéristiques**

L'horizon B a, par rapport à l'horizon A, une structure moins stable. La stabilité est mise en danger lors de la manipulation de ce matériel. De plus, il est nécessaire d'assurer une aération durable de cette couche pour maintenir l'activité microbienne. Une aération insuffisante de l'horizon A influence la stabilité de l'horizon B. Contrairement à l'horizon A, une régénération de l'horizon B n'est pas possible.

#### **Mise en place de l'horizon B**

La mise en place de l'horizon B est appropriée pour les filtres en terre prévus pour les routes avec un grand TJM et avec un prétraitement efficace en tête du système. Dans le cas de routes principales avec un volume de trafic plus faible, on pourra réaliser, dans le but de réduire les coûts, des filtres sans prétraitement. Dans ce cas les filtres pourront être réalisés sans horizon B.

## **16.2 Manipulation de la terre**

### **Bases**

Pour la réalisation de filtres en terre, il n'existe pas encore d'Instructions ou de normes. Les bases techniques qui suivent sont à prendre en compte :

- Manuel Protection des sols lors de la construction OFEV [25]
- Norme SN 640 581a, Terrassement, sol : Généralités et données de base, [35]
- Norme SN 640 582, Terrassement, sol : Inventaire de l'état initial / Tri des matériaux terreux manipulés, [36]
- Norme SN 640 583, Terrassement, sol : Emprises et terrassements [37]
- ASG – Association Suisse des professionnels des sables et des graviers, Directives pour une manipulation appropriée des sols, Berne 2001 [26]

### **Documentation**

Dans le cadre de la réception d'une installation d'épuration ou d'une remise à un maître d'ouvrage ainsi que lors d'un monitoring, on se documentera sur la construction du filtre et sa réalisation avec un horizon A et B. Le document doit contenir les éléments suivants:

- Une description de l'efficacité du sol en rapport avec le sol du filtre (y compris le pH et la conductivité au sol)
- Pour les cuvettes d'infiltration, une justification hydrologique du sous-sol
- Un relevé de la surface de prises d'échantillons avec l'endroit précis et la composition des couches.
- Une liste des engins utilisés pour le creusage et le transbordement des sols.
- Une documentation des creusages de la planie brute du sous-sol ou de la couche de drainage
- Une liste des engins utilisés pour la construction du filtre
- Une documentation de la réception des horizons A et B après leur mise en place
- Une documentation sur une éventuelle fumure ou ensemencement.
- Une documentation du contrôle réalisé 6 mois et une année après la réception de l'installation

### 16.3 Comparaison des filtres en terre et en sable selon les documents [23] [34]

Les documents cités ci-dessus définissent que l'efficacité d'épuration d'un horizon A est plus grande que celle du sable. Malgré cela, le filtre en sable est recommandé eu égard au choix difficile de la terre nécessaire et les dépenses liées aux filtres en terre. Le tableau 16.14 compare les matériaux des deux filtres.

Tab. 16.14 Comparaison filtres en terre et en sable selon [34]

Caractéristiques	Sols cohérents-horizon A	Sable
Perméabilité	Beaucoup plus que pour le sable	Beaucoup plus grande que les sols cohérents
Préparation de matériel approprié	Très coûteux, adapté pour de grands volumes et pour obtenir un matériel homogène	Les sables avec une composition chimique définie sont à disposition en grande quantité
Mise en place	La structure du sol doit être maintenue, teneur en eau < 20 % de la masse et pas de mise en place par temps de pluie	Mise en place sans problème
Possibilité d'une amélioration	Non	Oui
Danger d'un assèchement	Faible, assez constant en raison de la grande capacité de rétention de ce type de sol	Grand, en raison de la mauvaise capacité de rétention de ce sol
Efficacité d'épuration par basse température, Capacité d'adsorption	Largement constante  Capacité d'adsorption abiotique Très haute	Diminue  Capacité d'adsorption abiotique très réduite par la formation d'une capacité biotique, ensemble en général suffisant

#### Notes :

- Il n'y a pas encore de longue pratique avec l'exploitation des installations d'épuration avec des filtres en sable. Cette pratique existe par contre pour les filtres en terre. Les expériences actuelles avec les filtres en sable sont positives du point de l'efficacité d'épuration. On se référera à ce sujet au rapport final du projet " Versickerung des Niederschlagswassers von befestigten Verkehrsflächen [38]". Dans le cadre de ce

rapport, un grand nombre de filtres chargés de manière identique, ont été testés vis-à-vis de l'efficacité de retenue des métaux lourds et des HAP.

- Les filtres en sable sont homogènes au contraire des filtres en terre. C'est pourquoi les résultats des mesures d'efficacité peuvent être mieux comparés que ceux réalisés sur les filtres en terre.
- La réalisation des filtres en sable ne demande aucune mesure de protection de la structure. Une surveillance intensive de la réalisation n'est pas non plus nécessaire.
- Les dépenses nécessaires pour l'entretien des filtres en sable et leur renouvellement durant leur durée de vie ne sont pas bien connues. Cela concerne aussi bien l'évacuation des déchets que la durée d'utilisation jusqu'au colmatage du filtre. Les filtres en terre nécessitent en général un volume de travail réduit pour l'entretien pendant l'exploitation respectivement pour les soins des surfaces.
- Selon la Directive DWA-M 178, Bodenfilter zur Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem [6], les filtres en sable nécessitent un plus long temps de mise en route que les filtres en terre. Celui-ci peut être de plus d'une demi année pour les filtres en sable. Les filtres en sable ne souffrent pas de « trous » créés par les petits animaux et n'ont pas de grosses pores, de fentes ou de crevasses.

## 16.4 Plantation des filtres en terre et sable

### Choix des sortes de plantes

L'épuration des eaux de route est réalisée entre autres par les microorganismes présents dans les filtres en terre ou en sable. Pour cela, ils ont besoin d'oxygène. La végétation est à même de créer une porosité qui rend possible une aération durable. Une immersion de longue durée du filtre dans l'eau n'est pas favorable y compris pour une végétation conventionnelle herbeuse. A la base, le filtre est un endroit sec qui est mis en eau de temps en temps. Les roseaux sont bien adaptés à cette situation. Les plantations de roseaux sont rares en Suisse. Elles sont par contre courantes en Allemagne. Pour les filtres en sable, on ne peut que mettre en place des roseaux.

Dans les Directives pour les installations routières, RAS, Partie : "Entwässerung, RAS-Ew [7], on trouve des indications pour la végétation des filtres. Lorsque le danger d'érosion est faible, un engazonnement basé sur une "succession naturelle" est recommandé. Si l'on tient compte que les installations d'épuration sont souvent implantées dans un environnement agricole, cette "succession" est très souvent utilisée sans succès.

## 16.5 Comparaison de la végétation herbeuse et avec des roseaux

Le tableau 16.15 compare les types d'engazonnement des filtres en terre et en sable. Il montre avant tout que le choix entre un engazonnement avec de l'herbe ou avec des roseaux est difficile. L'avantage des roseaux est qu'ils ont une vulnérabilité plus faible par rapport au colmatage et un entretien plus réduits. Les désavantages sont les grandes dépenses pour la plantation et le problème des plantes "concurrentes" liés à l'arrosage intense pendant la période de pousse.

Tab. 16.15 Comparaison des types de végétation

Caractéristiques	Végétation herbacée (prés)	Roseaux
Mise en place		
Mise en place sur les types de filtres	+/- Mise en place seulement sur les filtres en terre	+ Mise en place sur les filtres en terre et en sable
Eau claire parasite	- Vulnérable par rapport aux eaux claires, pas d'assèchement du filtre	+ vraisemblablement admissible, empêche l'aération du sol
Coûts de réalisation		
Coûts plantations	+ Semence conventionnelle	- boutures coûteuses
Prétraitement	- Prétraitement en général nécessaire - sinon colmatage rapide	+ Prétraitement favorable – en général pas nécessaire-, les roseaux percent les dépôts et aèrent le sol
Arrosage lors de la pousse	+ Pas d'arrosage nécessaire	- Selon la situation : grandes dépenses pour l'arrosage pour empêcher les plantes concurrentes
Durée jusqu'à la mise en service	+ Durée une année	- Durée 3 ans
Fenêtre pour l'ensemencement, plantation des boutures	+ comparativement peu d'importance	- Boutures à planter début juin
Exploitation, entretien		
Efficacité d'épuration	+ Suffisante	+ Suffisante
Colmatage	+/- Après peu de temps si pas de prétraitement ou traitement limité	+ Peu vulnérable par rapport à surface herbeuse
Durée de fonctionnement du filtre	+ compatibilité assurée	+ Compatibilité encore plus favorable que pour l'herbe et les plantes
Soins aux surfaces vertes	- Importante, coupe avec évacuation 2 à 3x /an	+ Pas de soins importants des surfaces vertes

Légende: + favorable, +/- moins favorable, - plutôt défavorable

## 16.6 Justification et données au sujet des roseaux

La justification des roseaux est basée sur la comparaison avec une végétation herbeuse. Les aspects positifs des roseaux sont présentés ci-après.

- L'alimentation des microorganismes avec de l'oxygène est assurée même pendant les longues périodes de mise en eau.
- Les roseaux supportent mieux le colmatage qu'une végétation herbacée. Une alimentation suffisante du sol en oxygène sur les racines reste assurée. Les roseaux sont aussi en mesure de pénétrer dans les couches de sol.
- Les déchets des plantes déposés sur le sol forment une litière qui n'empêche pas l'aération du sol
- Les filtres avec végétation en roseaux sont vraisemblablement sensibles aux eaux claires.
- La couche de la litière liée avec les matières déposées diminue la vitesse du filtre et augmente ainsi l'efficacité d'épuration.
- La végétation de roseaux ne demande pas d'entretien et ceci pendant longtemps.
- La végétation de roseaux n'exige pas d'horizon B. Par contre elle nécessite vraisemblablement une épaisseur plus grande de l'horizon A.
- Les aspects négatifs d'une plantation avec des roseaux sont indiqués ci-dessous :
- La période de pousse des roseaux nécessite une humidité temporaire ou un niveau d'eau de la nappe phréatique proche de la surface du filtre. Dans le cas des filtres en terre, les plantes concurrentes sont éliminées. Si un niveau d'eau proche de la surface

manque, on assurera une amenée d'eau à partir d'un cours d'eau superficiel. Sur les cuvettes d'infiltration réalisées sur des terrains perméables, l'arrosage peut créer des dépenses importantes.

- Lors de la plantation, on s'assurera d'avoir des plantes provenant de serres et avec une durée de pousse de trois ans. Les coûts sont importants.
- La mise en service de l'installation n'est possible, selon la situation, qu'après un jusqu'à 3 ans.

La plantation doit commencer début juin. Les roseaux poussent très rapidement. Après trois mois, la plante atteint une hauteur de 0.20 à 0.40m. Pendant l'été et jusqu'en automne, des petites pousses se forment qui sont la base pour de nouvelles plantes. Peu de plantons de roseaux sont nécessaires pour créer une végétation dense en 2 ou 3 ans.

## 16.7 Recommandations pour la planification et l'exploitation des divers filtres

\* Selon [17] les filtres des RFB doivent pouvoir être vidés complètement après chaque immersion de façon à ce que des conditions favorables pour la minéralisation et la nitrification se rétablissent.

\* Un organe de régulation (vanne) permettra de régler la vitesse de l'eau de vidange du filtre et d'établir un écoulement de l'eau égal dans les pores. Cette vitesse devrait être au maximum égale à la perméabilité du filtre (1.5 à 3.0 l/min\*m<sup>2</sup>).

\* **Sous-charge hydraulique du bassin** : Une sous-charge en eau du bassin ralentit le travail microbien et peut amener à la mort des roseaux par assèchement. La conséquence est que l'épuration des eaux à traiter devient insuffisante. Il est surtout important de dimensionner le bassin de façon à ce que les périodes d'immersion soient régulières. Selon les observations [17] une seule phase de sécheresse de 2 mois environ met en danger les roseaux. Dans ce cas, au mieux les roseaux sont affaiblis et une végétation sauvage peut s'installer sur le filtre.

La vanne de régulation permet de régler l'eau dans le bassin et le filtre. Elle permet aussi de compenser les éventuelles surestimations des surfaces imperméables admises dans le cadre du projet et des calculs des débits.

\* **Surcharge hydraulique du bassin** : Une surcharge peut se produire lors de pluies exceptionnelles ou notamment à la fonte des neiges au printemps. Le problème n'est pas situé au niveau de la capacité d'infiltration et d'adsorption du filtre (même si pour l'ammonium celle-ci est dépassée après quelques jours car dans ce cas les débits sont élevés et par conséquent la dilution réduit le problème du point de vue de la protection des eaux). Le problème le plus critique est celui du colmatage biogène du filtre par augmentation de la biomasse à l'intérieur du filtre. Si cela arrive, le filtre devra être mis hors service pendant plusieurs mois, le temps de retrouver sa perméabilité. Il est aussi nécessaire de tenir compte des périodes pluvieuses locales qui peuvent être gérées à l'aide de la vanne de régulation et des ouvrages de déversement.

### \* Surveillance et mesures de contrôle

En raison des risques de détérioration du filtre cités ci-dessus, l'exploitation d'un filtre doit être sous contrôle. La mise en place d'appareils de mesures est recommandée. Il faut cependant rechercher l'optimum coût/utilité. L'idéal serait d'installer la mesure des hauteurs d'eau dans le bassin avec dates, mesures des débits entrant et sortant. On pourra ainsi contrôler la perméabilité du filtre. Les autres mesures à effectuer sont :

- 1) Contrôle de la végétation et des sédiments 2x/an
- 2) Etablissement d'une liste de contrôles complète pour chaque installation
- 3) Etablissement de protocoles (durées de vidange, différences de niveaux, fréquence et durée des inondations, etc.)

## 16.8 Régions karstiques

Les eaux infiltrées s'écoulent dans le système karstique à une vitesse relativement élevée de sorte que l'on ne peut pas s'attendre à ce qu'elles soient filtrées resp. épurées dans les cavités et les matériaux de remplissage du karst. Elles parviennent non filtrées dans les eaux souterraines et les sources non filtrées ce qui n'est pas admissible. L'infiltration des eaux de chaussée dans le karst doit donc être examinée avec soin. Leur

déversement dans les périmètres et zones de protection des eaux est interdit. Les eaux doivent donc être récoltées selon [1], épurées ou traitées selon la classe de pollution puis infiltrées hors des zones de protection ou déversés dans un cours d'eau.

## 16.9 Récapitulation des caractéristiques hydrauliques des filtres

La récapitulation qui suit donne les valeurs admissibles pour les caractéristiques hydrauliques des filtres décrits ci-avant :

Tab. 16.16 Caractéristique des filtres

Installations/bassins	En terre avec végétation	En sable	En sable avec roseaux	En splitt	En splitt avec roseaux	Cuvette-rigole-filtrante
						Cuvette d'infiltration
Surface nécessaire	3% Fred 1.5l/min*m <sup>2</sup>	2.0l/min*m <sup>2</sup>	0.8Fred 2.5-3.0 l/min*m <sup>2</sup>	env.1.0%Fred 3.0l/min*m <sup>2</sup>	env. 1.0% Fred 3.0-3.5l/min*m <sup>2</sup>	Selon type de filtre
Capacité hydraulique	1-10-5 m/s					
Charge admissible	30-40 m/an	30-40 m/an	40 m/an			
Épaisseur filtre	0.45-0.80m	0.80m	0.8-1.0m	0.40m	0.40m	
Rendement/efficacité	Selon §9.5,9.6 +Tableau 9.5					

## 16.10 Durée de vie des divers filtres

Les données au sujet de la durée de vie des divers filtres sont rares et incomplètes.

En Suisse, il n'existe pas de données à ce sujet mais on peut constater que les filtres réalisés il y a plus de 15 à 20 ans voir jusqu'à 40 ans fonctionnent toujours à condition que les règles données dans les chapitres précédents soient respectées.

En Allemagne [17], les filtres en terre ou sable et roseaux ont été planifiés pour une durée de vie de 25 ans. Cette durée peut être prolongée grâce à une surveillance précise.

Dans tous les cas et avec les conceptions décrites ci-avant, la possibilité de remplacer le filtre permet d'allonger la durée de vie de l'installation.

## 17 Réalisation des bassins

### 17.1 Types de bassins

#### Bassins en général

La figure ci-dessous montre les éléments fonctionnels d'un RFB ainsi que les ouvrages d'entrée et de sortie.

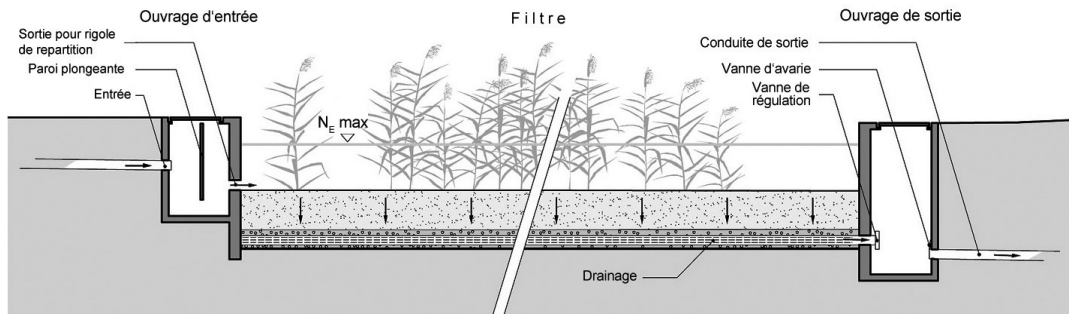


Fig. 17.26 Bassin RFB avec ses fonctions et ouvrages d'entrée et de sortie

#### Bassins en béton

Une esquisse d'un bassin en béton se trouve en figure 17.27. Un tel bassin est une réalisation simple. Les ouvrages d'entrée et de sortie peuvent être simplement accrochés au bassin. La mise en place d'une étanchéité est simple.

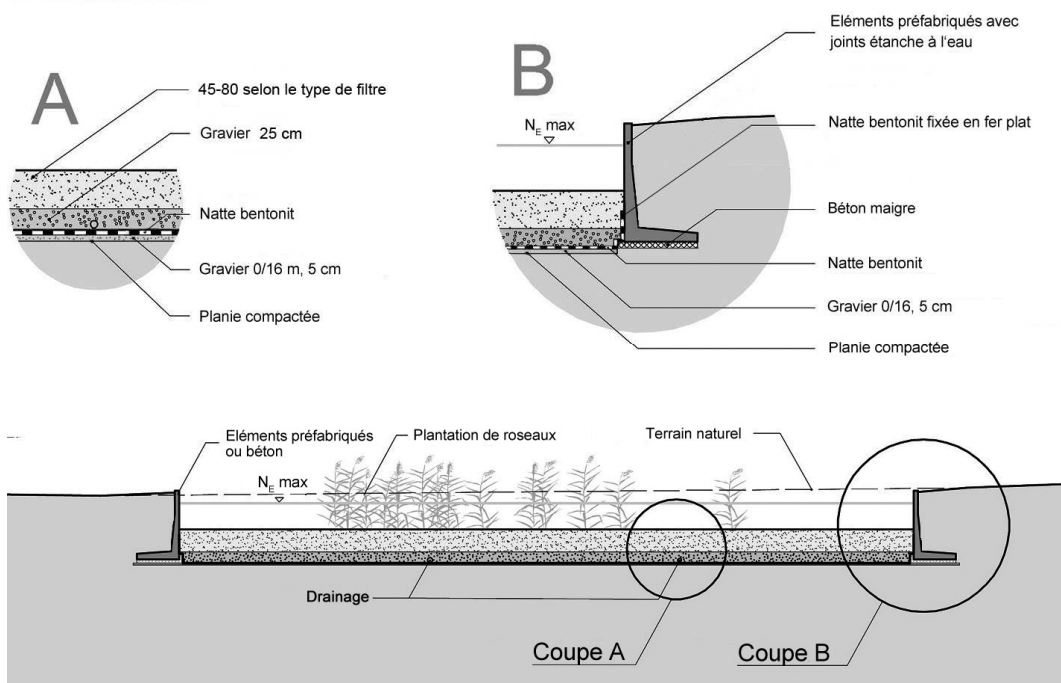


Fig. 17.27 RFB en béton

### Bassins avec des gabions

Pour ce type de bassins, la place nécessaire est plus importante que pour les bassins en béton. De plus, la liaison des ouvrages d'entrée et de sortie avec le bassin n'est pas possible. La mise en place d'une étanchéité avec des nattes bentonit n'est pas possible.

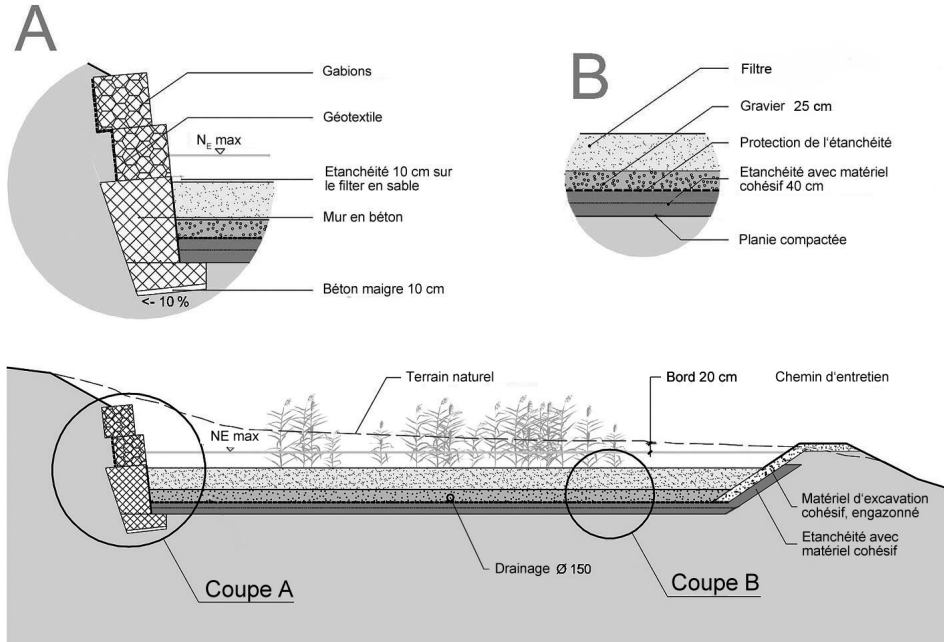


Fig. 17.28 RFB avec talus en gabions

### Bassins avec talus engazonnés

Ces bassins peuvent être optimisés en fonction de talus raides et de la surface nécessaire. Cette variante peut être financièrement favorable y compris dans les zones où l'on peut infiltrer les eaux. Les conditions locales sont à prendre en compte (voir aussi § 20.5). L'intégration au paysage doit être examinée en priorité.

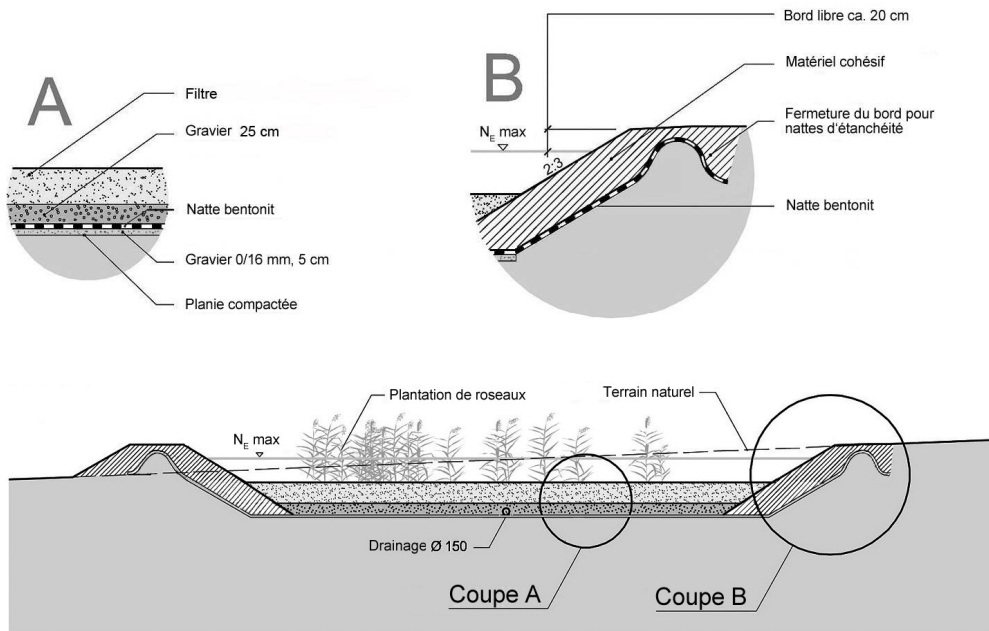


Fig. 17.29 Bassins avec talus engazonnés

## 17.2 Particularités

### Pentes des talus des bassins

Les critères suivants sont à prendre en compte lors du choix de la pente des talus :

- Utilisation ultérieure de la surface des talus
- Coût du terrain
- Dans des cas particuliers, le risque d'un glissement du terrain remblayé du talus sur le filtre peut être évité par exemple par la pose d'une natte en jute.
- Difficultés lors de l'ensemencement des talus de plus de 5.0m de largeur. Selon les conditions locales, la mise en place de palplanches est à examiner. Dans les sols cohérents, des profilés métalliques (Kanaldielen) pourront aussi être mis en place.
- Les talus sont si possible à ensemercer avant la mise en place du filtre afin d'éviter un déversement de terre sur le filtre.

### Admissibilité de l'infiltration

Pour les bassins d'épuration (mais pas de traitement !) situés dans les zones où une infiltration est admissible, le fond du bassin ne doit évidemment pas être étanché.

### Sous-sol, condition du sol

Pour les bassins dans les zones où une infiltration n'est pas admissible, il n'est pas nécessaire dans chaque cas, notamment dans les sols cohérents, de poser une étanchéité en bitume ou élastomère respectivement en argile. Le sol en place est cependant à terrasser à l'aide d'engins compatibles avec les sols cohérents et en contrôlant que la teneur en eau soit optimale. Avant le compactage, on exécutera des essais Proctor.

## 17.3 Protection du sol

La réalisation de RFB est influencée par la protection du sol. Ceci touche principalement les sols cultivables et notamment les surfaces productives. Les règles suivantes sont à respecter :

- Des bassins en béton sont à réaliser. Ceux-ci ne doivent pas être exécutés avec un fond en béton. De manière générale, le fond sera réalisé avec un sol cohérent ou une étanchéité (voir figures 11.20 et 17.27).
- Une alternative est de réaliser des bassins avec des gabions. Leur emprise est plus importante. Une liaison des nattes bentonit aux gabions n'est pas possible.
- Une autre possibilité consiste à réaliser des bassins avec des talus engazonnés. La surface est ainsi plus importante que des bassins en béton ou avec gabions.

## 17.4 Protection du filtre

- Les eaux de chantier endommagent le filtre durablement. Elles ne doivent donc pas être amenées sur le filtre.
- L'afflux d'eaux claires permanentes sur les filtres avec des roseaux peut provoquer un colmatage du filtre. Tous les filtres doivent être secs de temps en temps. Pour cette raison, l'eau claire ne doit pas y être amenée. Si cela n'est pas possible, on installera un déversoir avant le bassin filtrant. Pour de nouvelles installations, les eaux claires seront séparées dans une phase antérieure. Si les informations nécessaires manquent, on prévoira sur le chantier, la possibilité de réaliser ultérieurement un ouvrage de déversement.

## 18 Aperçu des éléments des bassins de rétention-filtration

Les éléments principaux des RFB avec leurs fonctions, leur brève description et les exigences qui leur sont posées sont rassemblés dans le tableau 18.17.

Tab. 18.17 Eléments constructifs des RFB

Partie de construction	Fonction	Description et exigences
Etanchéité	Protection de la nappe phréatique	<p>Nattes argile géosynthétiques: des données pour la planification et l'exécution se trouvent sous le chiffre 20.1 et la norme SIA 272, Etanchéités...</p> <p>Boues de lavage des graviers:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pas de matériel recyclable</li> <li>- coefficient de perméabilité : <math>&lt; 10^{-7}</math> m/s</li> <li>- épaisseur 0.40m</li> </ul> <p>Sol cohérents (limons)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- coefficient de perméabilité : <math>&lt; 10^{-7}</math> m/s</li> <li>- épaisseur 0.40m</li> </ul>
Système de drainage	Captage et écoulement du filtrat, aération du filtre	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gravier 2/8 avec 70% de gravier 2/4 et 30% de mélange 4/8. Voir aussi § 10.3.</li> <li>- Epaisseur de la couche drainante 0.30m</li> <li>- Conduite de drainage, Tuyaux PE DN <math>\geq</math> 150, fentes 2 mm, en haut</li> <li>- Tuyaux posés sur l'étanchéité</li> <li>- Pente de la conduite de drainage si possible 2%, dans des cas spéciaux diminution à 0.3% ou 0%</li> <li>- Longueur de la conduite de drainage <math>&lt;</math> 80m</li> <li>- Pour les ouvrages avec 2 conduites disposées si possible en V avec la partie aval dans une chambre de contrôle</li> <li>- Chambre de contrôle en dehors du bassin</li> <li>- Prolongation de la conduite à l'extérieur du bassin avec des tuyaux normaux</li> <li>- Chambres de contrôle selon normes, couvercles diam. 800mm</li> <li>- Différence de hauteur du drain max. <math>\pm</math> 0.02m</li> <li>- Nécessité d'avoir une vidange du système de drainage</li> <li>- Accès pour le nettoyage et l'entretien du bassin</li> <li>- Ev. Protection de l'étanchéité contre les racines avec des bandes synthétiques</li> </ul>
Filtre	Traitement des eaux de chaussée	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Matériel du filtre et épaisseur du filtre selon le type d'installation</li> <li>- Epaisseur 0.40-0.80m selon type de filtre</li> <li>- Mise en place sans compactage</li> </ul>
Végétalisation du filtre	Maintien de la perméabilité et de l'efficacité du filtre	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Données sur les plantation selon chiffre 12,13,14,15 et 16</li> <li>- Fagots de roseaux à précultiver sur une période de végétation</li> <li>- Grandeur des fagots au moins 5x5 cm, hauteur 12 cm, forme conique, tête complètement enracinée avec un rhizome formé ou bien précultivé sur une période de végétation</li> <li>- diamètre du rhizome au moins 5mm</li> <li>- plantes avec 4-5 tiges</li> <li>- Hauteur des tiges vertes et mortes lors de la livraison au moins 60 cm</li> <li>- Travail de plantation avril-mai</li> </ul>

Pentes des talus du volume de rétention	Optimisation de la pente des talus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Talus dans le secteur du bassin 1:2</li> <li>- Talus avec pente 2:3 à équiper d'éléments grilles-caillebotis en béton ou plastique selon la norme SN 640 744</li> </ul>
Végétation des talus de l'espace de rétention	Optimisation de la végétation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Couverture de l'étanchéité avec du matériel d'excavation</li> <li>- Epaisseur sur l'étanchéité 0.30m</li> <li>- Ensemencement avec un mélange standard VSS A protection contre l'érosion ou VSS Nature selon la norme SN 640 671.</li> <li>- Buissons et arbres à éviter dans les environs proches</li> </ul>
Chemins d'entretien	Assurer le soin des surfaces vertes et du bassin	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tracé au bord du bassin</li> <li>- Largeur du chemin 3,00 m</li> <li>- Couche de couverture argileuse selon la norme SN 640 744</li> </ul>
Clôture	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protection du filtre jusqu'à la pousse des roseaux</li> <li>- Sécurité vis-à-vis des enfants</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En dehors des localités: barrières avec poteaux et fils de fer horizontaux</li> <li>- A l'intérieur des localités: si nécessaire clôture avec poteaux planches horizontales ou fils de fer.</li> </ul>
Mesures pour la protection des petits animaux dans les bassins en béton	Optimisation des mesures de protection	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesures selon la norme SN 640 699 à [39]</li> <li>- Rampes perpendiculaires au bord du bassin dans des cas spéciaux</li> </ul>
Conduite de déversement	Déversement d'eau lors de pluies à grands volumes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A disposer dans l'ouvrage d'entrée</li> <li>- Déversement direct dans l'exutoire</li> </ul>
Ouvrage de sortie		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disposition selon la situation</li> <li>- Collecte commune avec la conduite de déversement</li> <li>- Déversement direct dans l'exutoire</li> <li>- Réalisation d'une régulation avec une plaque en acier et une ouverture dimensionnée</li> <li>- Régulation à env. 1.5 à 3.0 l/min*m<sup>2</sup></li> <li>- Vanne d'accident avec suspension</li> </ul>

## 19 Choix du traitement

### 19.1 Bases pour le choix de la catégorie de traitement

Le choix d'un système d'épuration ou de traitement dépend de plusieurs facteurs dont notamment l'efficacité ou le rendement du traitement subi. L'efficacité des ouvrages décrits ci-avant a été indiquée sur la base de documents à notre disposition. Il existe en effet à ce sujet des études sur diverses installations en Suisse [5], [16], en Allemagne [13], [17], en France [18]. Cependant les mesures effectuées sur les ouvrages concernés montrent souvent des valeurs assez disparates. Il est souvent difficile de les comparer et d'en tirer des renseignements sûrs. Ils peuvent être utilisés comme documents de comparaison. Par contre, le récent rapport du groupe Mst 21 [5] a apporté une analyse et une classification intéressante des divers ouvrages. L'essentiel est repris ci-après.

**Classification des ouvrages selon leur efficacité** : concentration du rejet, débits spécifiques et coûts de construction.

**Critères** : Les principaux critères retenus sont :

- le débit hydraulique spécifique ( $q_w$ ) qui correspond au débit par  $m^2$  de surface effective de traitement [  $l/min \cdot m^2$  ] et le débit  $q_v$  traversant la surface totale de l'installation
- les concentrations de rejet des MES, cuivre, zinc et COD

**Le tableau 19.18** indique les efficacités mesurées sur diverses installations pour les paramètres retenus ainsi que les débits hydrauliques spécifiques.

L'appréciation de l'efficacité est faite à l'aide de valeurs allant de 1 à 5 qui sont définies dans **le tableau 19.19**.

**Le tableau 19.20** rappelle les exigences légales concernant le déversement des eaux (usées) dans les cours d'eau.

Tab. 19.18 Efficacités mesurées sur diverses installations pour les MES, cuivre, zinc, et le COD ainsi que pour le débit hydraulique spécifique (source Mst 21 [5])

Installations	Critères				
	MES	Cuivre	Zinc	COD	$q_w$
Filtres avec plantes, cuvettes-rigoles	5	4-5	4-5	4-5	1-3
Filtre en sable, matériau absorbant	5	4-5	5	4-5	2-3
Filtre splitt-gravier	4-5	3-4	3-4	3-4	3-4
Séparateur à lamelles	1-2	1	1	1	5
Bassin de sédimentation	1	1	1	1	5

Où : La valeur 1 correspond à une concentration élevée du rejet  
La valeur 5 correspond à une concentration réduite du rejet

**Le tableau 19.19** ci-dessous indique les classes d'efficacité qui ont été déterminées sur la base de l'analyse des données de rendement des divers ouvrages de traitement

Tab. 19.19 Classement des critères de capacité hydraulique et d'élimination des substances polluantes (source Mst 21 [5])

	$q_w, q_v$	Surface spécifique	Concentrations							
			MES	Cu	Zn	HAP	COD	MES	Cu	Zn
	[l/min*m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ] <sup>1</sup>	[mg /l]	[µg /l]	[µg /l]	[µg /l]	[mg /l]	[%]	[%]	[%]
5	>8	>400	<10	<5	<10	<0.1	<4	>90	>90	>90
4	4	200	20	10	20	0.2	6	80	80	80
3	2	100	30	15	30	0.3	8	70	70	70
2	1	50	40	20	40	0.4	10	60	60	60
1	<1	<50	>40	>20	>40	>0.4	>10	<60	<60	<60

<sup>1</sup> Quotient de la surface des routes par la surface effective de l'installation d'épuration

Les tableaux 19.20 et 19.21 ci-dessous indiquent les exigences légales concernant les concentrations de rejet des éléments retenus.

Tab. 19.20 Exigences relatives au déversement des eaux usées communales dans les cours d'eau (annexe 3 de l'OEaux)

Paramètres		Concentration [mg/l]
MES	< 10'000 EH	20
	≥ 10'000 EH	15
DBO <sub>5</sub>	< 10'000 EH	20
	≥ 10'000 EH	15
COD		10

Tab. 19.21 Exigences concernant la qualité des cours d'eau (annexe 2 de l'Ordonnance sur la protection des eaux)

Paramètres		Concentration [mg/l]
COD		1 - 4
DBO <sub>5</sub>		2 - 4
Cu	Total	5
	Dissous	2
Zn	Total	20
	Dissous	5

**Les tableaux ci-dessus nécessitent les considérations suivantes :**

- Les HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques), importants polluants routiers, ne figurent pas parmi les éléments retenus car des mesures suffisantes ne sont pas à disposition pour les ouvrages contrôlés. Les quelques données à disposition montrent par ailleurs des concentrations très faibles (<0.1 µg/l)
- Le problème du choix des indicateurs est délicat. Faut-il retenir uniquement les MES ou bien tenir compte aussi des métaux lourds ainsi que des matières solubles et insolubles. Sur la base de l'étude [5] ainsi que d'autres études nous proposons d'admettre les MES comme indicateur principal.
- Pour l'élimination des MES, il existe une grande palette d'ouvrages qui permettent d'atteindre les efficacités souhaitées
- Pour l'élimination du cuivre, du zinc et pour le DOC, les ouvrages de filtration (en terre, sable, splitt,) ont un très bon rendement, alors que les autres ouvrages ont un rendement faible.
- En ce qui concerne le débit hydraulique spécifique, on constate sans surprise que les installations avec filtre splitt-gravier sont plus intéressantes que les filtres en terre. Leur application en un seul ouvrage de rétention-filtration est donc indiquée.
- Le coût des diverses installations est très disparates. Une analyse devra être faite après le dimensionnement de chaque ouvrage et sur la base de variantes si nécessaire et de plus en tenant compte de la situation locale (topographie, géologie, etc....)

**En résumé**

- *En raison de la forte dispersion des concentrations dans les eaux de chaussée, une certaine prudence est nécessaire lors du dimensionnement des systèmes.*
- *Pour les installations avec filtres (terre, sable ou splitt avec roseaux), les problèmes des chemins préférentiels et de colmatage sont à traiter minutieusement notamment lors de leur réalisation.*
- *Des concentrations de rejet en MES et en métaux lourds proches des limites légales sont acceptables pour des petits ruisseaux.*
- *Le choix du type d'installation ou du système de traitement pourra être adapté aux exigences d'efficacité fixées avec les services compétents.*
- *Une analyse à l'aide des logiciels performants STORM (+ Rebecca encore en développement) doit être faite dans les cas particuliers et sur la base de données fiables concernant l'émissaire. Si ces données ne sont pas disponibles, d'éventuelles études approfondies seront décidées avec les instances compétentes.*

**19.2 Proposition de choix de traitement**

Il s'agit ici de donner des pistes de réflexion car une Directive à ce sujet est actuellement à l'étude à l'OFROU. C'est cette Directive qui sera applicable dès sa publication. Si l'on prend en compte d'une part les possibilités actuelles de traitement, les connaissances acquises à leur sujet et notamment leur efficacité d'épuration et d'autre part les données souvent lacunaires à disposition concernant les cours d'eau, on peut imaginer un choix des installations de traitement selon le processus suivant (voir proposition OFEV du 18 mars 2010 [15]) :

**Pour le déversement dans des eaux superficielles**

- définir des catégories de traitement (haute, standard ou moyenne, minimale)
- prendre en compte les conditions locales notamment le trafic (TJM par exemple) et la pollution qui lui est lié et le rapport de déversement dans les divers cours d'eau y compris les secteurs de protection des eaux de l'émissaire
- fixer le type d'installation de traitement ou d'épuration selon la catégorie de traitement issue de l'analyse des conditions locales au cours d'eau (rapport V) et en respectant le Tableau 8 des Instructions [1].

### **Pour l'infiltration**

La nécessité d'un traitement dépend de la vulnérabilité des eaux souterraines réceptives et du secteur ou de la zone de protection des eaux. Cette vulnérabilité peut être faible, moyenne, élevée ou très élevée.

Pour les secteurs de la protection Au, un traitement est nécessaire pour une vulnérabilité élevée et très élevée quelle que soit la classe de pollution. Dans ce cas un traitement est aussi exigé pour une classe de pollution élevée et une vulnérabilité moyenne.

Pour les "autres secteurs", un traitement est nécessaire si la vulnérabilité est élevée ou très élevée quelle que soit la classe de pollution. Exception : pas de traitement si la classe de pollution est faible et la vulnérabilité élevée.

A titre de rappel, une infiltration dans les zones et périmètres de protection des eaux n'est pas admissible et ceci même après traitement.

Finalement, on pourrait procéder de manière analogue au déversement en prenant en compte notamment les secteurs de protection des eaux et la vulnérabilité de la nappe phréatique.

## **19.3 Proposition pour le choix d'une installation de traitement**

Au vu des connaissances actuelles basées sur des contrôles faits sur diverses installations, il semble possible par exemple, de définir pour les diverses installations des catégories de traitement correspondant à leur efficacité. Ces catégories pourraient être fixées pour les 2 types de déversement soit l'infiltration et le déversement dans un cours d'eau superficiel.

Le choix du type d'installation à réaliser pourrait ensuite être fait en se référant à un tableau tel que celui qui figure ci-après (Tableau 19.22).

Ce tableau comprend la fonction à remplir par l'installation, les règles de dimensionnement, de construction, l'efficacité de l'ensemble de l'installation.

Finalement le choix dépend des exigences posées notamment au sujet de l'efficacité de l'installation en prenant en compte de manière adéquate les paramètres caractérisant le tronçon de route concerné.

Tab. 19.22 Fonctions, caractéristiques et catégories de traitement, Choix de l'installation appropriée

	Type d'installation de traitement resp. d'épuration	Fonction	Concerne RN Autres routes	Règles de dimensionnement		Règles de construction	Efficacité de l'ensemble	Notes
				Hydraulique	Conception			
1	<b>Bassin de sédimentation</b>	Prétraitement	RN + Autres	Vitesse horizontale 2 – 3 m/h (6m/h) 10m <sup>3</sup> /ha pour piéger grains > 0.6mm avec Vh = 10m/h et 0.2h de rétention	L/B = 4:1 à 6:1 L <sub>min</sub> = 3.0cm H <sub>eau</sub> sur sédiment ≥ 1.8m Pas de paroi plongeante à l'entrée Paroi plongeante en sortie	En général en béton Tuyau d'entrée de diam. 800mm Hauteur sur tuyau jusqu'à couronne ≥1.0m	MES 30% - 50% Cu 10-20% Zn 10-20%	Ouvrage disposé avant installation de traitement
2	<b>Séparateur lamellaire</b> Ex : type Saint-Dizier avec ou sans débourbeur, décanteur, hydrocarbures	Prétraitement déshuileur	RN + Autres	Vitesse horizontale < 10 m/h V <sub>max</sub> sous paroi plongeante 0.1 m/s	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inclinaison des lames 45° à 60°</li> <li>- Distance entre les lames 7.5cm</li> <li>- Déchets grossiers à piéger avant le passage dans les lames</li> <li>- Pose d'un régulateur de débit</li> <li>- Pose év. d'un dégrilleur d'entrée</li> <li>- Mise en place d'un système d'alarme contre les hydrocarbures</li> <li>- Ev. Bassin de rétention en amont</li> <li>- Dimension du volume de décantation : <ul style="list-style-type: none"> <li>- * env. 10m<sup>3</sup> / ha avec déversoir amont</li> <li>- * env. 5m<sup>3</sup> / ha sans déversoir amont</li> </ul> </li> <li>- Volume d'hydrocarbures : 2 à 20m<sup>3</sup> pour Fred de 0.3 à 20km</li> </ul>	Radier en béton avec brides si sous-pression (nappe phréatique)  Installation préfabriquée en matière plastique	MES 30% - 50% Cu ≈20% Zn ≈25%	Ouvrage courant dans JU, BE Exploitation pas facile
3	<b>Bassin type K</b>	Prétraitement déshuileur hydrocarbures	RN + Autres	Vitesse horizontale < 0.1m/s V <sub>max</sub> sans paroi plongeante 0.1 m/s - voir doc.	<p>Volume de décantation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- avec déversoir amont 10m<sup>3</sup> / ha</li> <li>- sans déversoir amont 5m<sup>3</sup> / ha</li> </ul> <p>Volume pour hydrocarbures</p> <p>F<sub>red</sub> = 0.3 ha -&gt; 2 m<sup>3</sup> F<sub>red</sub> = 20 ha -&gt; 20 m<sup>3</sup></p>	Ouvrage en béton  - voir doc. [43]	hydrocarbures (90%) Lavage du bassin par fortes pluies  MES ≈20% Cu ≈10% Zn ≈15%	A abandonner sauf pour cas spéciaux
4	<b>Filtre en split</b>	Prétraitement	RN + Autres	Vitesse horizontale 2 – 3 m/h (6m/h)	Filtre selon chap. 13	Ouvrage en terre à ciel ouvert	MES ≈90% Cu ≈65% Zn ≈85%	Ouvrage disposé avant installation de traitement
5	<b>Sacs filtrants</b>	Prétraitement	Autres	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1m<sup>2</sup> de surface active du sac pour 200m<sup>2</sup> de route</li> <li>- surface active = au dessus du niveau d'eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mise en place de sacs filtrants en géotextile dans les dépotoirs</li> <li>- rapport de recherche n°1250</li> <li>- une conduite peut relier plusieurs sacs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- réaliser des chambres convenant à la mise en place et à l'exploitation des sacs</li> <li>- sacs longs et étroits</li> <li>- travail d'entretien et d'exploitation importants</li> </ul>	MES ≈30-40% Cu ≈10-30% Zn ≈10-30%	Utilisation pour cas spéciaux

① P = Prétraitement

© S = Méthode spéciale (réduction préalable des MES)

	Type d'installation de traitement resp. d'épuration	Fonction	Concerne RN Autres routes	Règles de dimensionnement		Règles de construction	Efficacité de l'ensemble	Notes
				Hydraulique	Conception			
6	<b>Nettoyage de la route</b>	Cas spécial (prétraitement)	Autres	- nettoyage de la route par temps sec ou pluvieux	- nettoyage régulier de la route (5x/an) - voir rapport Tifbauant Kt Bern (2008)		MES ≈ 50% ML ≈ 30%	Moyen supplémentaire de réduction des MES
7	<b>Bassin de rétention</b> a/ Selon Instruction tableau 8, §4.1.5 b/ avant une infiltration	<b>Rétention avant filtration</b> Laminage des pointes de débit	RN + Autres	Dimensionnement du volume selon § 6.1 - petits bassins : courbes d'intensité - autres bassins : vérification par simulation continue (si données disponibles) - hauteur d'eau < 2.0m - V horizontal ≈ 1- 2 m/h pour Qmax selon efficacité souhaitée	- en général un seul ouvrage rétention-filtre - dimensionnement identique du volume si le bassin est placé avant le filtre - étanchéité à mettre en place selon chap. 20 - dimensions L/B ≈ 4:1 à 6:1 - profondeur : env. 2.5m - approfondissement à l'entrée (récupération des matières grossières)	- bassin en général en terre à ciel ouvert - étanchéité à mettre en place selon chap. 20 - mesures pour éviter le lavage des sédiments lors de fortes pluies	Selon dimensionnement MES ≈ 30 à 60%	Ouvrage de rétention seul pour déversement dans cours d'eau si V < 0.1 et autres secteurs
8	<b>Bassin de rétention avant un RFB ou une cuvette d'infiltration</b>	Partie du traitement complet	RN + Autres	- dimensionnement minimum selon pt. 7	- voir esquisse Figure 8.14 - ouvrage de rétention seul avec étanchéité (dimensionnement pt. 7) - ouvrage en terre à ciel ouvert - exceptionnellement ouvrage en béton	- idem à pt. 7	Réduction MES : 30%	Combinaison assez peu courante (coût élevé)
9	<b>Bassin de rétention avant un déversement vers une STEP</b>	Prétraitement	RN + Autres	- dimensionnement selon pt. 7	- voir esquisse Figure 7.9 - un déversement min (Q <sub>ab</sub> ) vers la STEP est souhaitable - ouvrage en terre à ciel ouvert - exceptionnellement ouvrage en béton - dimensionnement selon chap. 7)	- idem à pt. 7	Réduction MES : 30%	Un déversement minimum (Q <sub>ab</sub> ) vers la STEP est souhaitable
10	<b>Combinaison bassin de rétention – bassin de sédimentation</b>	Prétraitement Rétention	RN + Autres	- dimensionnement de la partie sédimentation, selon § 6.1 et 8.3 - dimensionnement de la rétention selon § 6.1 - choix du volume le plus grand	Bassin avec volume le plus grand (rétention ou sédimentation)	- idem à pt. 1 et 7 - bassin externe à ciel ouvert - mesure pour éviter le lavage	Réduction MES : 30 à 60%	Ouvrage permettant une amélioration des performances du bassin de sédimentation
11	<b>Bassin de rétention-filtration en terre avec végétation, sans prétraitement</b>	Traitement	(RN) + Autres	- dimensionnement partie rétention selon § 6.1 et chap. 10 - dimensionnement partiel filtration pour filtre en terre (selon chap. 10) - surface nécessaire : 1-2l/min*m <sup>2</sup> (1.5) charge : < 30m/an - hauteur : 40m/an - ≈ 3%Fred route	- un seul bassin avec les 2 fonctions - ouvrage d'entrée permettant l'accumulation des sédiments grossiers et répartissant le débit d'arrivée - si ouvrage de traitement -> étanchéité nécessaire - selon topographie pompage yc chambre de pompage en béton à la sortie	- nécessité d'un entretien important à cause du risque de colmatage - bassin à ciel ouvert avec végétation (herbe) - <b>filtre en terre</b> : selon chap. 10 - * Horizon A : épaisseur 20-25cm selon § 10.3 Teneur en argile : 10-15% Dont humus : 3 à 5% Teneur en limon < 50% Granularité > 2mm : < 30% * Horizon B : épaisseur 20-50 selon § 10.3 Teneur en argile, Teneur en limon Manipulation de la terre (horizons A et B) selon § 10.4 et 16.2 et Dir. ASG [26]	MES ≈ 75 - 90% Cu ≈ 95% Zn ≈ 95%	Solution classique en Suisse

③ R = Rétention (bassin)

④ A = Traitement exigence élevée

	Type d'installation de traitement resp. d'épuration	Fonction	Concerne RN Autres routes	Règles de dimensionnement		Règles de construction	Efficacité de l'ensemble	Notes
				Hydraulique	Conception			
12	<b>Bassin de rétention – filtration en terre avec prétraitement</b>	Traitement (réalisation standard en Suisse)	RN + Autres	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dimensionnement partie hydraulique selon § 10.2 et 8.6</li> <li>- dimensionnement partie filtre selon § 8.6 et pt. 11 du tableau)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- selon esquisse Figure 10.17</li> <li>- ouvrage de prétraitement à projeter (bassin de sédimentation ou séparateur lamellaire)</li> <li>- ouvrage à ciel ouvert à sec ou év. à lame d'eau permanente</li> <li>- ouvrage comprenant les 2 parties (rétention et filtre) en un seul</li> <li>- ouvrage d'entrée permettant la retenue des déchets grossiers et évitant l'érosion du filtre.</li> <li>- si ouvrage de traitement -&gt; étanchéité nécessaire</li> <li>- si ouvrage d'épuration -&gt; étanchéité pas exigé</li> <li>- selon topographie pompage à prévoir pour déversement dans cours d'eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entretien normal car colmatage réduit à cause des prétraitements qui précède</li> <li>- Ouvrage à ciel ouvert</li> </ul>	MES ≈ 85 - 95% Cu ≈ 95% Zn ≈ 95%	L'ouvrage de prétraitement sert en priorité à éviter un colmatage trop rapide
13	<b>Bassin de rétention – filtration avec filtre en sable</b>  - avec ou sans prétraitement - avec ou sans roseaux	Traitement	RN + Autres	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dimensionnement partie rétention selon § 6.1 et 11.2</li> <li>- dimensionnement partie filtre selon § 11.3 et pt. 11 du tableau</li> <li>- surface nécessaire 2.0 – 2.5 l/min*m<sup>2</sup></li> </ul> <p>Hauteur de charge : 30-40 (50) m/a &lt; 1.5m Volume ≈ 150-200m<sup>3</sup>/ha route</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Un ouvrage de prétraitement n'est pas nécessaire en raison du filtre de sable</li> <li>- si des roseaux sont plantés, une mise en eau régulière est nécessaire</li> <li>- Un prétraitement avec le RFB permet de réduire l'entretien (mais coût élevé)</li> <li>- La plantation de roseaux améliore la perméabilité sans que des données expérimentales soient connues</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entretien moins important que pour 11 et 12</li> <li>- Risque de colmatage moins important avec prétraitement et filtre en sable</li> <li>- Avec végétation spécialement roseaux présence d'eau indispensable</li> <li>- Filtre en sable (voir § 11.3) Épaisseur : 0.75-1.0m (0.80m) Diverses couches de sables de granulométrie diverse Argile et limons &lt; 5% Sable fin 2-4mm &lt; 5% Teneur en carbonate de sable : 5%</li> </ul>	MES ≈ 80 - 90% Cu ≈ >95% Zn ≈ >95%	Solution intéressante avec roseaux -surface nécessaire inférieure à pt. 12 -volume des boues réduites
14	<b>Bassin de rétention – filtration avec filtre en splitt</b>  - avec ou sans prétraitement - avec ou sans roseaux	Traitement	RN + Autres	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dimensionnement de la partie rétention selon § 6.1 et 13.4</li> <li>- volume estimatif : m<sup>2</sup>/ha route</li> <li>- dimensionnement partie filtre en splitt</li> <li>- surface estimée : 0.4-0.8 Fred route</li> <li>- Snéc 3l/min*m<sup>2</sup></li> <li>- charge 40m/an</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- voir esquisse Figure 13.23</li> <li>- formation d'une couche de sédiments (boues) et de sables fins en surface à éliminer régulièrement</li> <li>- convient particulièrement pour les RP et autres routes sauf RN</li> <li>- La plantation de roseaux améliore la perméabilité sans que des données expérimentales soient connues</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- entretien simple (sans roseaux)</li> <li>- filtre en splitt : épaisseur totale 80cm</li> <li>- épaisseur splitt 40 cm sur couche de sable (épaisseur 40cm)</li> <li>- roseaux : 3 – 5 pièces /m<sup>2</sup></li> </ul>	MES ≈ 90% Cu ≈ 60% Zn ≈ 85%	Solution en développement -sans roseaux, boues facilement récupérées -volume des boues réduit
15	<b>Cuvettes-rigoles d'infiltration</b>	Epuration Traitement si étanchéité	Autres routes sans RN	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dimensionnement du volume de rétention selon § 6.1 et 15.2</li> <li>- surface : env. 15m<sup>2</sup> / 100m<sup>2</sup> de route ou 10 à 20% Fred</li> <li>- profondeur : env. 30cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conception du filtre identique à bassin de filtration (filtre en terre- humus)</li> <li>- si épuration seule ou sans installation : pas d'étanchéité, sis traitement : étanchéité</li> <li>- utile si l'imperméabilité du sol est moyenne ou pas de place pour bassin d'infiltration</li> <li>- pour petite surface de routes raccordées</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- en terre à ciel ouvert</li> <li>- filtre selon Figure 15.4 et chap. 10 et 13</li> <li>- entretien simple mais accès à assurer</li> </ul>	MES ≈ 00% Cu Zn	

© B = Traitement exigence moyenne

© C = Traitement exigence faible

© E = Installation d'épuration

## 20 Détails et problèmes spéciaux

### 20.1 Etanchéités

#### 20.1.1 Nattes bentonit

La norme SIA 272 est à appliquer. Les caractéristiques du sous-sol sont données au § 3.6.3 de cette norme. Avant la mise en place de la natte le sol est à examiner avec l'entrepreneur et son état est à protocoler.

L'étanchéité est à contrôler avec l'entrepreneur avant la mise en place du gravier drainant.

##### Composition des nattes

Les nattes bentonit sont composées de la manière suivante :

- La natte est en géotextile tissé serré
- Bentonit (4,2 kg par m<sup>2</sup> par exemple)
- Enveloppe en matière synthétique liée au sac tissé
- Sur le sac tissé saupoudrage de bentonit ou bentonit ajoutée sur le chantier
- Alternative à la bentonit saupoudrée : couche mince d'asphalte pour la protection contre le lavage de la bentonit et son assèchement. Cela est nécessaire pour une pose sur les talus.
- Pour les pentes de talus  $\geq 2:3$ , il est nécessaire de disposer une couche mince bitumineuse enduite de sable pour empêcher le glissement de l'horizon A.

##### Protection de la natte

- Les nattes bentonit peuvent être mises en place sur une planie (sans pierres angulaires) sans mesures de protection.
- Dans le cas de mauvaises conditions, une couche de sable de 0.05-0.10m est à mettre en place sur la planie afin de protéger la couche portante.
- La planie est à exécuter avec une précision de  $\pm 1,5$  cm.
- Comme la couche drainante est constituée de pierres rondes, il n'est pas nécessaire de protéger la natte.

##### Pose de la natte

- Les bandes à poser de manière parallèle seront roulées de façon à ce qu'il n'y ait pas de plis dans la longueur et la largeur et avec un recouvrement de 0.30m.
- Le recouvrement doit être propre, sans terre ou corps étrangers.
- Des recouvrements quadruples aux points hauts et bas sont à éviter.
- Les recouvrements sont à recouvrir avec de la pâte de bentonit (poudre de bentonit avec de l'eau 1:4) et une épaisseur de 0.01 à 0.02m et à couvrir ensuite avec une toile de protection.
- Pendant la nuit il faut recouvrir zones de recouvrement à l'aide de feuilles en plastique.
- Les bandes d'étanchéité sèches sont à poser par temps sec et à protéger avant le début d'une pluie.

##### Pose sur les talus

- Les nattes de bentonit doivent être posées dans la ligne de pente avec une longueur supérieure à 3.0m.
- Pour autant que cela soit nécessaire, on pourra découper les nattes bentonit sans dommage.
- La mise en place de l'horizon A sur les talus doit se faire avec soin de bas en haut.

## 20.1.2 Géomembrane bitumeuse

### Choix du type d'étanchéité

Pour l'application de l'étanchéité sous les filtres ou sous un bassin de rétention, le choix se porte, selon les expériences faites, sur la gamme classique en bitume oxydé (type NTP 3 ou 4) ou au bitume élastomère (ES3).

Plusieurs fournisseurs proposent ce produit (Coletanche, Teranap, Firestone,...)

### Composition de la géomembrane

- Résulte de l'association d'une armature en géotextile non-tissé assurant les performances mécaniques et d'un liant hydrocarboné pour garantir l'étanchéité, la résistance chimique et la tenue au vieillissement.
- Niveau d'étanchéité  $k=10^{-6}$ , min < 10<sup>-4</sup>
- Compatible avec les enrobés à chaud, asphalte coulé
- Résistance élevée au poinçonnement
- Constitution de la géomembrane (depuis le bas) :
  - Film anti perforation
  - Voile de verre
  - Géotextile non tissé
  - Imprégnation et enduction de bitume et filler
  - Sablage en surface 4.8 à 5.6mm
- épaisseur : 4-6mm selon type

### Pose

- Par rouleau y compris sur talus  $\geq 2:3$
- Mesures en cas de sous-pression (lestage)
- Protection des géomembranes en fond de fouille : lit de sable (20cm)
- Sur la géomembrane : lit de sable (min. 20cm) en géotextile + gravier (20cm), ou revêtement bitumineux
- Autres instructions de pose selon fournisseurs (pose sur les talus, fixation à murs bétons, etc.)

## 20.1.3 Autres étanchéités

Le marché propose d'autres types d'étanchéité. Un soin particulier doit être apporté avant l'utilisation d'un produit nouveau ou mal connu. Le respect de la norme SIA 272 doit toujours être prioritaire. Le fournisseur doit être en mesure de fournir des données complètes et des essais officiels concernant le type d'étanchéité proposé.

## 20.1.4 Comparaison des types d'étanchéité

Un aperçu et une comparaison des étanchéités figurent dans le tableau 20.23 ci-dessous.

Tab. 20.23 Comparaison qualitative

Critères de jugement	Lés d'étanchéité en matière synthétique	Lés d'étanchéité à base de bitume	Nattes bentonit	Sols cohésifs
Soin lors de l'exécution	+	+	+	-
Imperméabilité	+	+	-	+
Résistance aux racines	+	□	□	+/-

Légende + favorable - défavorable □ des informations manquent

Des indications concernant les diverses étanchéités qui figurent dans le tableau 20.23 sont données ci-dessous :

- Les étanchéités en matière synthétique sont utilisées couramment en Suisse. Il existe des étanchéités spécialement résistantes aux racines. La pose est possible sans problèmes si cela est fait avec soin. L'étanchéité est assurée.
- Les lés d'étanchéité à base de bitume ont fait leurs preuves dans la pratique. On manque de résultats au sujet de leur résistance vis-à-vis des racines sous les filtres avec plantations.
- Les nattes en bentonite ne sont pas intéressantes si elles sont posées à faible profondeur et notamment sous les talus. Dans ces cas elles peuvent s'assécher et leur étanchéité ne plus être optimale. La situation déterminante est un assèchement par temps froid (gel). Dans le document [26] les nattes bentonite sont jugées inappropriées. Il y est signalé que des réparations ultérieures sont à peine possibles et coûteuses.
- La réalisation de couches avec un sol cohérent demande un grand soin. Cela concerne notamment l'engagement des engins de chantier pour le compactage ainsi que la teneur en eau du sol. Une stabilisation avec du ciment permet de compacter un sol très humide. Le coût de la stabilisation est élevé pour de petites surfaces et pour les talus.
- Voir aussi les normes SIA et VSS relatives aux étanchéités.

## 20.2 Mesures pour la retenue des liquides pouvant polluer les eaux

Des données sur la nécessité de prendre des mesures lors de déversement de liquides pouvant polluer les eaux suite à des accidents se trouvent notamment dans la norme technique suivante :

- **Norme SN 640 364, Evacuation des eaux de chaussée; Accidents et avaries (en préparation)**  
 Cette norme fournira les bases pour l'introduction, le choix et l'efficacité des mesures de sécurité. Ces aspects sont en réalité de peu d'importance pour les projets de RFB car les bassins ou les cuvettes peuvent être utilisés pour la retenue des liquides polluants. Les informations sur les scénarii à la limite entre les mesures de sécurité et les installations de rétention et d'épuration des eaux de routes ont, elles, une importance. Ces mesures sont présentées ci-après :
- **Séparateurs pour les liquides légers**  
 Il s'agit principalement de séparateurs qui existent déjà sur les ouvrages types B ou K. Ils n'ont en fait pas d'efficacité comme rétention ou épuration. Une modification, par exemple en y ajoutant des lamelles pourrait favoriser leur utilisation comme bassins de sédimentation. Des données pour une combinaison des installations de rétention et d'épuration avec les séparateurs pour liquides légers sont décrites ci-dessous.  
 Des bassins de sédimentation sont dans tous les cas appropriés comme séparateurs pour liquides légers.  
 Chaque bassin de rétention est en même temps un séparateur pour les liquides légers.  
 Les installations d'épuration sans un ouvrage d'entrée avec volume de rétention peuvent souvent être utilisées comme installations de retenue pour les liquides légers.
- **Rapport de recherche VSS 2002/201; Unfälle beim Transport wassergefährdender Flüssigkeiten**  
 Ce rapport contient des descriptions et des statistiques sur les accidents avec leur incidence, les mesures prévisionnelles ainsi que l'assainissement du sol..

Des mesures supplémentaires pour les installations RFB sont en général peu onéreuses. Les mesures les plus courantes de protection accident et incendie sont :

- Réalisation de parois plongeantes à la sortie des bassins
- Clapets au lieu de vannes comme organes de fermeture rapides lors d'accidents
- Inscriptions compréhensibles sur les appareils de sécurité
- Un système clair de conduites

## 20.3 Bassins en béton

### Mise en place

Les bassins en béton seront réalisés en général seulement dans des cas spéciaux et spécialement s'il y a manque de place ou bien si les coûts de terrain sont élevés. Leur coût est en général plus élevé que celui des bassins en terre. Une combinaison bassin en béton et en terre peut être intéressante.

### Réalisation

Les bassins en béton sont à laisser ouverts. Cela simplifie l'exploitation et l'entretien (vidange des boues, etc.).

## 20.4 Bassins en terre

### Pentes des talus

La directive RAS, Teil Entwässerung [7], donne les indications suivantes au sujet des talus :

- Tenir compte de la possibilité de pouvoir ressortir du bassin
- Pour des talus sans aménagements de surface (pavés, etc.) :
  - Si la profondeur de l'eau est inférieure à 1.30m, les talus de plus de 1:2 seront pourvus moyens de sortie.
  - Si la profondeur de l'eau est de plus de 1.30m, la pente des talus sera aussi au plus de 1:2.

## 20.5 Clôtures

Il faut éviter le risque de noyade des enfants en posant une clôture. En principe une barrière avec des poteaux en bois et des fils de fer suffit.

## 20.6 Aide à la sortie des petits animaux

Les bases pour la protection des amphibiens se trouvent dans la norme SN 640 699 [39].

## 20.7 Chemins d'entretien

Un chemin d'entretien est à réaliser le long des bassins de sédimentation resp. des RFB. La largeur de ce chemin doit être de 3.0m. Il est à pouvoir d'un revêtement bitumineux ou d'une couche de couverture argileuse selon la norme SN 640 744, [41]

## 20.8 Protection du paysage

- L'emplacement du SETEC doit être choisi de façon à ce qu'il s'intègre bien à l'environnement et au paysage.
- En pleine nature des talus engazonnés sont souhaitables. En zone urbaine des bassins en béton sont envisageables.
- Dans un terrain en pente, des murs en gabions sont bien perçus.

## 20.9 Contrôles avant et lors de la réalisation

Il est très important qu'un projet d'installation de traitement ou d'épuration des eaux de chaussée soit suivi et documenté dès le début et jusqu'à la remise de l'ouvrage. A ce sujet, le document [12] donne des instructions intéressantes.

Il s'agit notamment de prévoir :

- Un cahier des charges et conditions dans la phase projet fixant :
  - les données de base (débits à traiter, type d'eau, etc.)
  - les exigences du maître de l'ouvrage (matériaux, délais, etc.)
- Un document concernant le projet approuvé avec :

- les caractéristiques définies
- le filtre retenu avec la composition du filtre, les épaisseurs, le drainage, etc.
- les autres éléments nécessaires à un tel projet selon les exigences SIA, VSS et OFROU
- Les documents issus des contrôles durant les travaux et décrits ci-avant et dont le plan qualité comprenant, pour les contrôles fait lors de la réalisation les éléments suivants :
  - surveillance de la pose de l'étanchéité selon les normes
  - examen de l'étanchéité après sa pose
  - pour pose sur sol cohérent : granulométrie notamment taux d'argile, compactage, taux d'infiltration
  - examen du matériel filtrant (filtre) (granularité, k, teneur en carbonate)
  - clôture de la zone du filtre jusqu'à sa réception
  - examen des roseaux et de leur manipulation
- Finalement les contrôles comprennent les analyses des matériaux et les autres examens ainsi que la documentation. La direction du chantier est responsable. Elle doit informer les auteurs du projet des résultats obtenus.
- Enfin un plan d'entretien et de surveillance est à établir. Il prévoit au minimum :
  - un plan d'alarme avec comportement lors d'accidents
  - une documentation de l'installation et règles de fonctionnement
  - les plans de construction et de principes de sécurité

## 21 Exploitation et entretien

En principe la végétation du filtre ne nécessite pas de fauchage. Seul un ramassage des déchets peut être nécessaire périodiquement. Un programme d'entretien et d'exploitation détaillé doit être établi par la direction du projet avec le maître de l'ouvrage. Ce programme comprendra les contrôles lors de la mise en service et la remise des documents du projet et de la réalisation.

Certains aspects concernant la problématique de l'exploitation et de l'entretien ont déjà été traités dans la cadre de ce rapport. Comme déjà signalé, des données précises et documentées manquent à ce jour, notamment au sujet des coûts. L'étude [5] fournit quelques données et expériences. Celles-ci figurent dans le présent rapport et dans la bibliographie [28], [40], etc.

## 22 Conclusion

Les études menées dans le cadre de ce mandat de recherche ont permis d'une part, sur la base de la littérature, des publications récentes et de visites, l'étude de très nombreuses installations de traitement ou d'épuration des eaux de chaussée et de définir les conditions et les bases de planification et de réalisation des divers systèmes d'épuration. Elles ont conduit d'autre part à proposer une piste de réflexion pour le choix des installations appropriées et correspondant aux exigences de la législation et notamment aux Instructions de l'OFEV de 2002.

Le présent rapport apporte des précisions techniques utiles aux ingénieurs praticiens et décrit selon les expériences récentes, les divers ouvrages proposés soit les ouvrages de prétraitements, de rétention et les installations de traitement et d'épuration notamment les bassins de rétention et de filtration (RFB) avec filtres en terre engazonnés, en sable, en gravillons (splitt) avec et sans plantation de roseaux.

Des renseignements importants ont été collectés pour la réalisation délicate des divers filtres et leur végétalisation notamment avec des roseaux.

Le dimensionnement hydraulique a lui aussi été traité de manière à ce que le praticien ait les précisions nécessaires au sujet des méthodes à appliquer.

Il faut reconnaître cependant que tous les problèmes n'ont pas pu être traités de manière définitive et que certains points font ou devront faire l'objet de recherches. Les nombreuses installations réalisées ou en cours de réalisation devraient être suivies de manière précise afin de recenser les données et résultats importants. Ces informations serviront non seulement à la mise en place de nouvelles installations mais surtout à la modification des ouvrages existants dont l'efficacité est souvent insuffisante.

Sur la base de ce rapport de recherche, il est prévu l'établissement de la norme SN 640 361. Le rapport contient toutes les indications et données nécessaires à cet effet. Ce travail devra être réalisé d'entente avec l'OFROU respectivement l'OFEV car une Directive spécifique [3] est en cours de préparation.

## Annexes

<b>I</b>	<b>Tableau "admissibilité de l'infiltration" .....</b>	<b>111</b>
<b>II</b>	<b>Dimensionnement d'une installation de rétention .....</b>	<b>112</b>

# I Tableau "admissibilité de l'infiltration"

Secteur de protection des eaux	Vulnérabilité des eaux souterraines	Type de surface dont les eaux doivent être évacuées								
		Surfaces de toits			Surfaces de parking dans les zones urbanisées			Surfaces de trafic		
AU, ZU, S1-S3, autres secteurs selon la carte de protection des eaux	Dépend de la structure du sol et de la nature du sous-sol	Toits végétalisés sans matériaux contenant des pesticides, toits en matériaux inertes, toits en verre <sup>a</sup> , toits en terrasses, tuiles	Toits en matériaux surtout inertes, avec des parties usuelles non enduites en Cu, Zn, Sn, Cr, Ni ou Pb	Surfaces de toits avec des revêtements importants enduits en Cu, Zn, Sn, Cr, Ni ou Pb $A_{\text{métal}} > 50 \text{ m}^2/\text{installation}$	Accès aux maisons <sup>a</sup> , places devant l'entrée <sup>a</sup> , terrasses <sup>a</sup> , places de parking privées <sup>a</sup>	Surfaces de travail, places de transbordement et d'entreposage sans transbordement de liquides pouvant polluer les eaux	Surfaces de travail, places de transbordement et d'entreposage avec un fort potentiel de pollution	Chemins piétonniers, pistes cyclables, chemins agricoles, certaines routes de desserte	Parkings publics, routes de desserte et collectives, certaines routes de raccordement	Routes de grand trafic et à grande capacité, certaines routes de raccordement
		Classe de pollution des eaux pluviales								
		faible	moyenne*	élevée	faible	moyenne	élevée	faible	moyenne	élevée
Autres secteurs	faible	+	+	●	+	+	+	+	+	+
	moyenne	+	+	●	+	+	+	+	+	+
	élevée	+	+	●	+	○	○	+	○	○
	très élevée	+	○	-	○	○	○	○	○	○
Secteur A <sub>u</sub>	faible	+	+	●	+	+	+	+	+	+
	moyenne	+	+	●	+	+	○	+	+	○
	élevée	+	+	-	○ <sup>b</sup>	○	○	○ <sup>b</sup>	○	○
	très élevée	+	○	-	○	○	○	○	○	○
Aire d'alimentation Z <sub>u</sub>	faible/moyenne	+	+	●	+	+	○	+	+	○
	élevée/très élevée	+	○	-	○ <sup>b</sup>	○	○	○ <sup>b</sup>	○	○
S3	faible/moyenne	+	+	-	- <sup>b</sup>	-	-	- <sup>b</sup>	-	-
	élevée/très élevée	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Périmètre de prot./S2/S1	non significative	-	-	-	-	-	-	-	-	-

+	Infiltration admissible
○	Infiltration admissible seulement avec mesure de traitement
●	Infiltration admissible seulement avec traitement par adsorbant artificiel
-	Infiltration non-admissible

\* Si Amétal > 20 m<sup>2</sup> (par installation), une mesure de traitement technique par adsorbant artificiel est recommandée pour protéger la couche filtrante ou le sol.

a Si des travaux de nettoyage ont lieu sur ces surfaces, les critères d'admissibilité de la classe de pollution «élevée» s'appliquent (de même que pour les surfaces de travail, les places de transbordement et d'entreposage à fort potentiel de pollution).

b L'infiltration superficielle à la source sans traitement préalable est admissible pour les dalles ajourées, les graviers engazonnés, les chemins non revêtus, etc. à la condition que les surfaces imperméables (p. ex. surfaces de roulement sur les aires de stationnement) ne prédominent pas.

## Prescriptions à respecter

Une surface d'infiltration doit être déclarée et exploitée comme installation ou partie d'installation:

- si les valeurs indicatives de l'OSol sont dépassées,
- si les taux d'accumulation de substances nocives en cas d'infiltration sont élevés (év. interdiction d'utilisation du matériel végétal comme nourriture ou fourrage),
- si le rapport entre la surface d'évacuation des eaux et celle d'infiltration est > 5:1.

En cas d'infiltration dans les bas-côtés de surfaces de circulation, il faut prévoir:

- Restriction de la surface d'infiltration à la bande de pollution (cf. chapitre 3.4.2),
- Si nécessaire, interdiction d'utilisation du matériel végétal comme nourriture ou fourrage.

Les instructions de l'OFEFP «Protection des eaux lors de l'évacuation des eaux des voies de communication» s'appliquent aux installations ferroviaires et aux aéroports.

## II Dimensionnement d'une installation de rétention

Pour tenter de cerner le problème du dimensionnement d'une installation de rétention, les calculs suivants ont été effectués :

1. Calcul des volumes nécessaires selon les courbes d'intensité des pluies VSS 640 350, Jura, avec un débit de sortie réglé à 20l/s et différentes surfaces des bassins versants (1.5 ha<sub>red</sub>, 2.5ha, 5.0ha, 7.5ha et 10 ha<sub>red</sub>) et calcul des volumes pour T=1, 2, 5, 10 et 20 ans.

- Résultats pour un bassin de (4.9) 5.0 hared (capacité d'infiltration du filtre 1.5l/min\*m<sup>2</sup>, surface de rétention ou d'infiltration 800m<sup>2</sup>).

Données pluviométriques (selon VSS 640 350)

Région : Jura Surface réduite du BV [ha<sub>red</sub>] : 4.9

$$i = \frac{a_T}{t + b_T}$$

} Intensité de pluie pour une durée et une période déterminée (Formule de Talbot)

Capacité d'infiltration d'infiltration

Capacité d'infiltration [l/min\*m<sup>2</sup>] : 1.5 Facteur de sécurité [-] : 1 Surface d'infiltration [m<sup>2</sup>] : 800

Capacité d'infiltration [l/s] : 20

Calcul hydraulique

	T=1 an	T=2 ans	T=5 ans	T=10 ans	T=20 ans
aT [-]	21.49	25.92	31.66	36.07	40.48
bT [-]	0.193	0.191	0.187	0.186	0.185

t [min]	Pluviométrie										Infiltration
	i [l/s*ha <sub>r</sub> ]	V [m <sup>3</sup> ]	i [l/s*ha <sub>r</sub> ]	V [m <sup>3</sup> ]	i [l/s*ha <sub>r</sub> ]	V [m <sup>3</sup> ]	i [l/s*ha <sub>r</sub> ]	V [m <sup>3</sup> ]	i [l/s*ha <sub>r</sub> ]	V [m <sup>3</sup> ]	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	216	318	263	386	326	479	372	547	419	616	6
10	166	488	201	592	249	732	284	836	320	941	12
20	114	667	137	808	169	995	193	1135	217	1277	24
40	69	817	84	988	103	1212	118	1383	132	1554	48
60	50	883	61	1067	74	1308	85	1491	95	1675	72
80	39	921	47	1112	58	1362	66	1552	74	1743	96
160	21	983	25	1186	31	1451	35	1654	39	1856	192

### Pré-dimensionnement d'une installation de rétention

Selon directive VSA - Evacuation des eaux pluviales, édition 2002 et norme VSS 640 350

Bassin RC H18 - Ouest

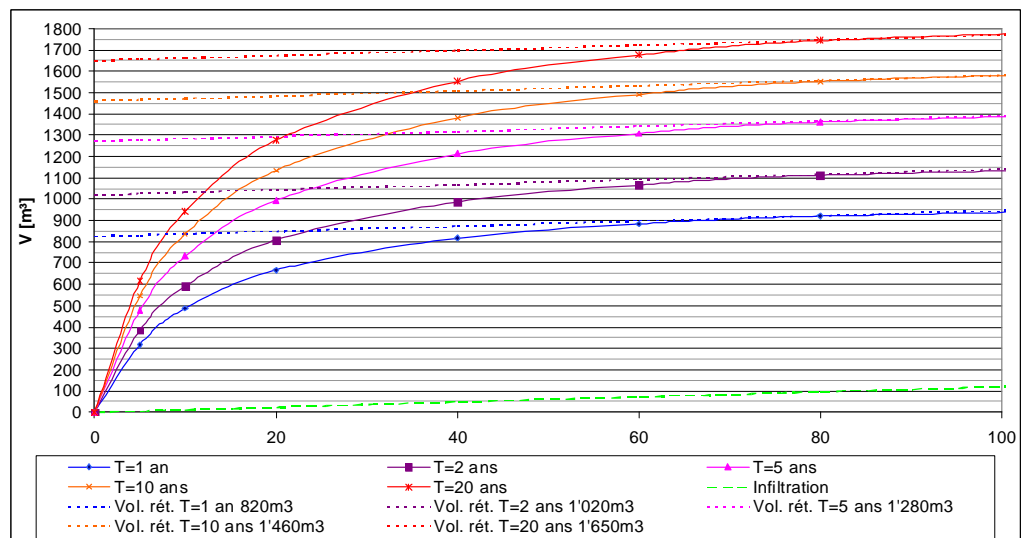


Tableau II.1 : Calcul des volumes selon les courbes d'intensité

Les résultats sont rassemblés sur le graphique 1 (pg.3) en vert

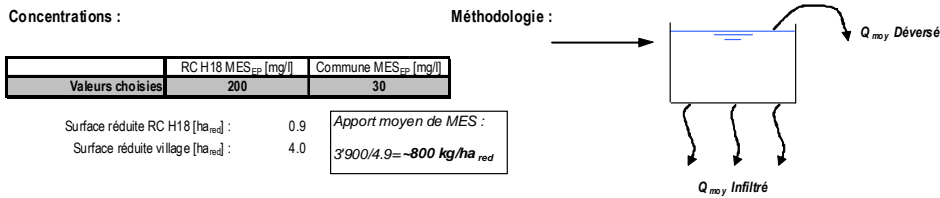
2. Calcul des volumes nécessaires selon les courbes d'intensité des pluies VSS 640 350, Jura avec des débits de sortie réglés à 6.25l/sec pour 1.5 hared, 10l/sec. pour 2.5 hared , 20l/sec. pour 5.0 hared , 30l/sec. pour 7.5 hared , 40l/sec. pour 10hared et calcul des volumes pour T=1, 2, 5, 10 et 20 ans.

➤ Les résultats sont rassemblés sur le graphique 2 en violet

3. Calcul des volumes nécessaires en utilisant une simulation continue avec des données pluviales mesurées sur 25 ans (1981-2006) et en admettant une charge polluive (MES) traitée à 90%. Le débit sortant a été admis à 25l/sec. et 20l/sec. pour 1.5 ha<sub>red</sub>, 10 et 20 l/sec. pour 2.5ha, 20l/sec. pour 5.0ha, 20 et 30 l/sen. Pour 7.5ha et 20 et 40 l/sec. pour 10.0ha.

➤ Le tableau 2 suivant donne les hypothèses faites et les résultats obtenus pour le cas ou Fred=5.0hared et Qab= 10, 20 et 40 l/sec.

### Evaluation du volume du bassin de rétention/infiltration Bassin "RC H18 - Ouest" (période 1981-2006)



Résultats des simulations : Période 1981-2006

Bassin de rétention/infiltration	Production MES*			Infiltration				Déversement									
	Bassin V <sub>max</sub> [m <sup>3</sup> ]	Q <sub>ab</sub> [l/s]	1.5 l/s·m <sup>2</sup>	MES RC H18 [kg/an]	MES com. [kg/an]	MESTOT [kg/an]	Débit moy* [l/s]	Fréquence* [%]	Durée [j/an]	Volume* [m <sup>3</sup> /an]	MES* [kg/an]	% annuel non dév.	Débit moy* [l/s]	Fréquence* [%]	Durée [h/an]	Volume* [m <sup>3</sup> /an]	MES* [kg/an]
160	10.0	10.0	1.5	2'290	1'610	3'900	2.69	44.09	160	37'497	1'806	46.3%	21.01	6.57	573	43492	2'094
360	10.0	10.0	1.5	2'290	1'610	3'900	3.79	44.09	160	52'780	2'541	65.2%	28.19	3.18	277	28213	1'359
650	10.0	10.0	1.5	2'290	1'610	3'900	4.43	44.09	160	61'620	2'967	76.1%	28.55	2.16	188	19'375	933
1'145	10.0	10.0	1.5	2'290	1'610	3'900	4.99	44.28	161	69'790	3'360	86.2%	28.83	1.24	108	11'205	540
2'100	10.0	10.0	1.5	2'290	1'610	3'900	5.30	45.43	165	75'987	3'659	93.8%	29.87	0.53	46	5'011	241
160	20.0	20.0	3.0	2'290	1'610	3'900	3.70	44.09	160	51'521	2'481	63.6%	25.84	3.62	316	29472	1'419
360	20.0	20.0	3.0	2'290	1'610	3'900	4.60	44.09	160	64'000	3'082	79.0%	37.53	1.44	126	16'998	818
650	20.0	20.0	3.0	2'290	1'610	3'900	5.06	44.09	160	70'441	3'392	87.0%	39.89	0.84	73	10'558	508
1'145	20.0	20.0	3.0	2'290	1'610	3'900	5.43	44.09	160	75'570	3'639	93.3%	39.29	0.44	38	5'429	261
2'100	20.0	20.0	3.0	2'290	1'610	3'900	5.66	44.09	160	78'764	3'792	97.2%	38.48	0.18	16	2'237	108
160	40.0	40.0	6.0	2'290	1'610	3'900	4.66	44.09	160	64'814	3'121	80.0%	1.53	33.72	2941	16'179	779
360	40.0	40.0	6.0	2'290	1'610	3'900	5.22	44.09	160	72'660	3'498	89.7%	53.45	0.50	44	8'341	402
650	40.0	40.0	6.0	2'290	1'610	3'900	5.49	44.09	160	76'434	3'680	94.4%	54.93	0.27	24	4'568	220
1'145	40.0	40.0	6.0	2'290	1'610	3'900	5.68	44.09	160	78'979	3'803	97.5%	51.47	0.13	11	2'023	97
2'100	40.0	40.0	6.0	2'290	1'610	3'900	5.78	44.09	160	80'415	3'872	99.3%	42.75	0.04	3	588	28

\*: Données issues de la modélisation hydraulique continue

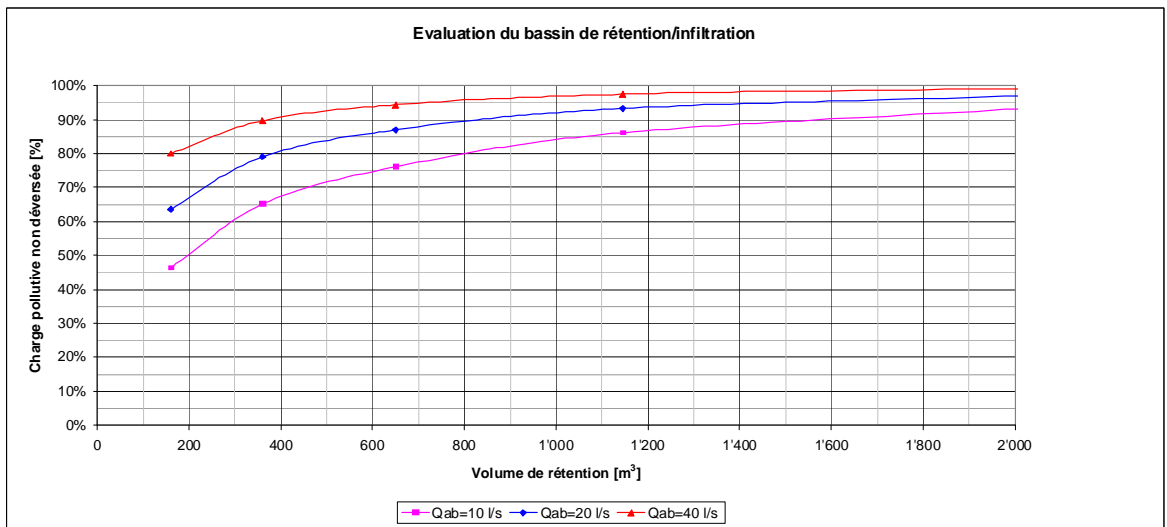


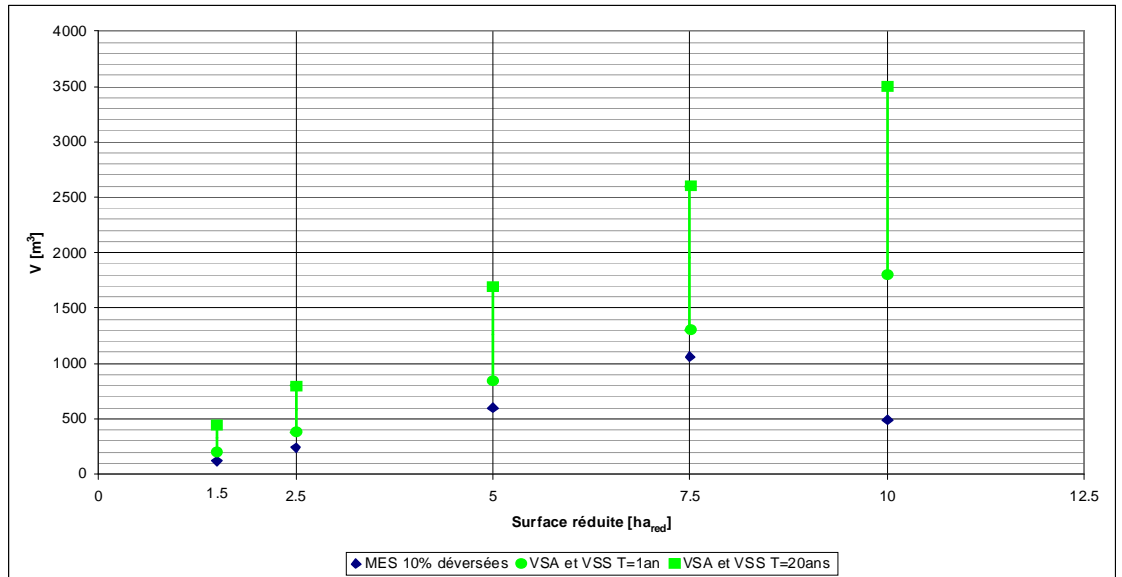
Tableau II.2 : Calcul des volumes selon une simulation continue

A noter que la production ou le dépôt des MES a été calculée de manière très simplifiée puisque l'on a admis une répartition simplement proportionnelle aux débits infiltrés et déversés. L'effet de décantation dans le bassin est ainsi négligé ce qui signifie que les MES retenues dans le bassin seront en réalité beaucoup plus importantes (50%?). cela signifie aussi que le rendement de 90% retenu pour le volume du bassin sera plus élevé. Le graphique 3 qui suit résume l'ensemble des résultats obtenus.

### Pré-dimensionnement d'une installation de rétention

Comparaison méthode VSA et norme VSS avec MES déversés

**Q<sub>ab</sub> = 20 l/s**

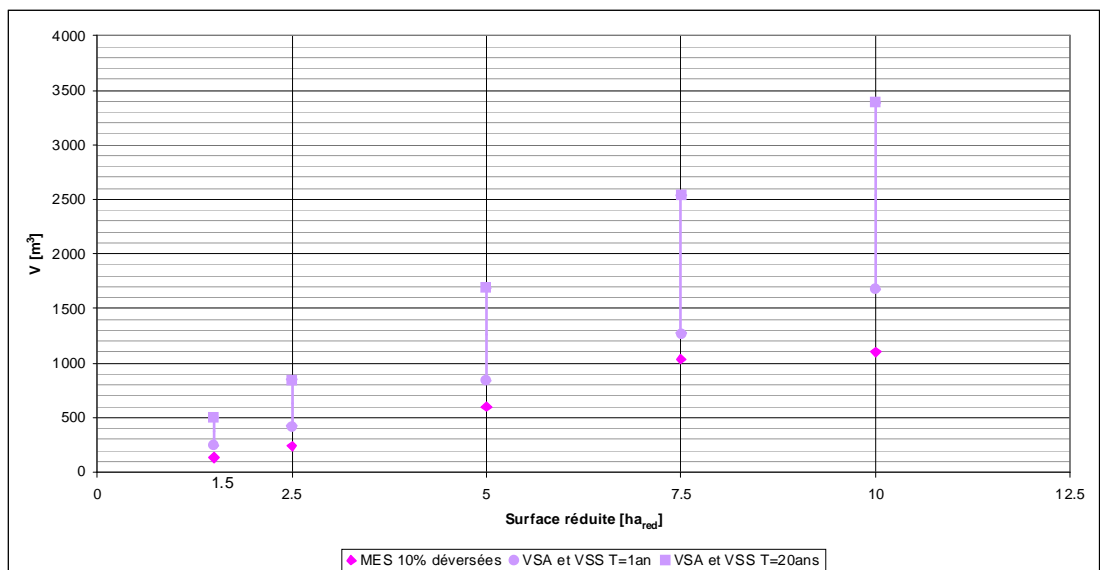


Graphique II. 1 : Les volumes calculés selon 1. pour T=1 et T=20 ans sont indiqués en vert  
Les volumes calculés selon 3. sont en bleu (points)

### Pré-dimensionnement d'une installation de rétention

Comparaison méthode VSA et norme VSS avec MES déversés

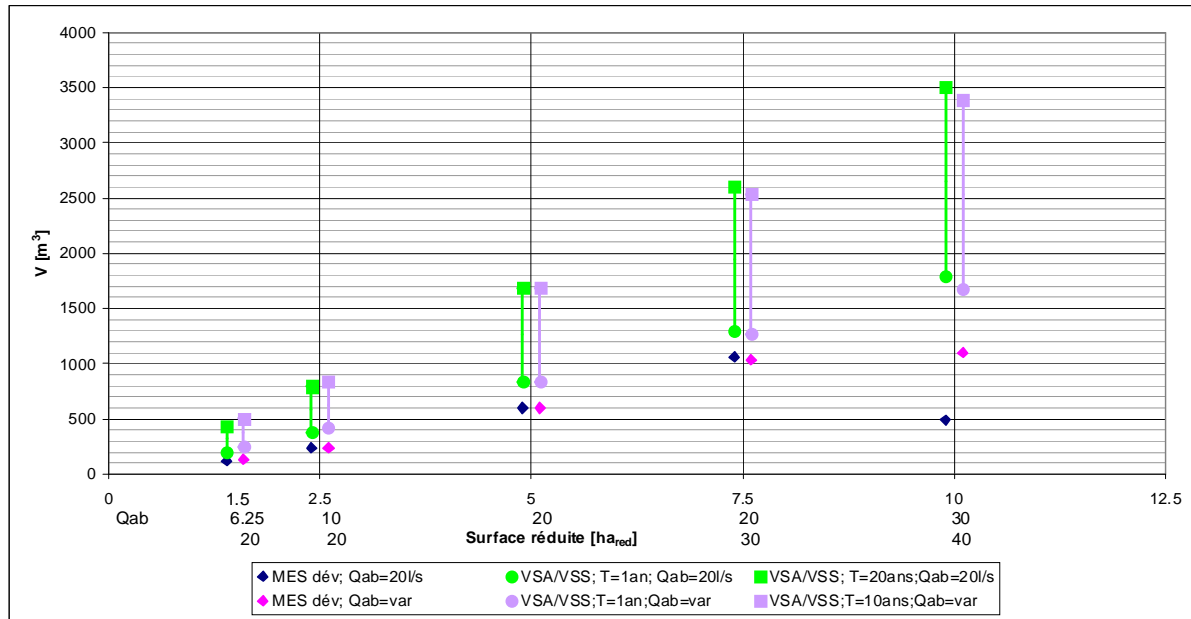
**Q<sub>ab</sub>=variable**



Graphique II.2 : Les volumes selon 2. pour T=1 et T=20 ans sont indiqués en violet  
Les volumes selon 3 sont en rose (points)

## Pré-dimensionnement d'une installation de rétention

Comparaison méthode VSA et norme VSS avec MES déversées (simulation continue)



Graphique II.3 : Résultats des divers calculs selon courbes d'intensité des pluies et simulation continue (superposition des graphiques 1 et 2)

**Les conclusions** suivantes peuvent être tirées :

- Les volumes calculés avec les courbes d'intensités VSS sont toujours plus élevés que ceux calculés selon la simulation continue.
- Pour  $T=1$  an les différences de volume calculées selon les 2 méthodes pour des surfaces réduites jusqu'à 7.5ha sont relativement faibles.
- Le volume des bassins est d'environ  $1'000m^3$  jusqu'à une surface réduite de 7.5 ha
- Les solutions avec simulation continue étant plus proches de la réalité, on peut admettre que le dimensionnement d'un bassin avec les courbes d'intensité VSS peut être fait à l'aide des diagrammes VSA (figure 8.7) jusqu'à un volume de  $1000 m^3$ , au delà un calcul par simulation continue doit être envisagé.
- Les calculs ci-dessus ayant été fait pour la région Jura, un contrôle devrait être fait avant une application pour les autres régions.
- Les volumes calculés varient avec le débit spécifique ( $Q_{ab}$ , infiltration ou écoulement régulé). Pour les  $Q_{ab}$  retenus, les volumes varient pour la méthode des intensités de pluies de 140 à 180  $m^3/ha_{red}$  et avec la simulation continue de 100 à 140  $m^3/ha_{red}$ .
- Les surfaces de bassins nécessaires varient de 0.8 à 5.2% par rapport à la surface réduite du bassin versant. La surface déterminante du bassin sera en général celle résultant du dimensionnement hydraulique de la surface du filtre.



## Abréviation

Concept	Signification
LEaux	Loi fédérale sur la protection des eaux
SETEC	Système d'Épuration et de Traitement des Eaux de Chaussée
OFEV	Office fédéral de l'environnement (anciennement OFEFP)
OFROU	Office fédéral des routes
RFB	Installation de traitement et d'épuration (Retentions-Filter-Becken)
OEaux	Ordonnance sur la protection des eaux
OSol	Ordonnance sur les atteintes portées aux sols
SABA	Strassenabwasserbehandlungsanlage
VSS	Association suisse des professionnels de la route des transports
VSA	Association suisse des professionnels de la protection des eaux (Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute)
RGD	Route à grand débit
RP	Route principale
RL	Route de liaison
RC	Route cantonale
RD	Route de distribution
MES	Matières en suspension
Zn	Zinc
Cu	Cuivre
t	Durée de pluie
Z et T	Temps de retour
$\Psi$	Coefficient d'écoulement
$A_{\text{FRED}}$	Surface réduite de route
vhc/j	Véhicules par jour
CEC	Capacité d'échange des cations
OPAM	Ordonnance sur la protection contre les accidents majeurs
STORM	Rejets pluviaux urbains dans les eaux de surface (Directive VSA)
ANETZ	Réseau suisse des stations de mesures des pluies au sol

---

<b>Concept</b>	<b>Signification</b>
EAWAG	Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux (Die Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz)
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
STEP	Station d'épuration
BL	Bâle campagne (Basel Land)
FGSV	Die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen

---

## Bibliographie

- 
- [1] OFEFP Instructions, Protection des eaux lors de l'évacuation des eaux des voies de communication, Berne, 2002
- 
- [2] Directive VSA, Evacuation des eaux pluviales, Nov. 2002
- 
- [3] Directive OFROU, Strassenabwasserbehandlung an Nationalstrassen, en préparation
- 
- [4] VSS 2001/201, Evacuation des eaux de chaussée, installations de traitement, comparaison coûts/utilité, 2010
- 
- [5] Mst 21, Studie über den Stand der Technik und Ausarbeitung von Behandlungsanforderungen für SABA, Strassenabwasser, Zürich, 2009
- 
- [6] DAW-M178, Merkblatt Empfehlung für Planung, Bau und Betrieb von Retentionsbodenfiltern zur weitergehenden Regenwasserbehandlung in Misch- und Trennsystem, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, 2005
- 
- [7] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, Richtlinien für die Anlage von Strassen, RAS, Teil: Entwässerung RAS-Ew, Köln, 2005
- 
- [8] Boller M., Steiner M., Langbein St., Bas-côtés des routes existantes, Dübendorf, 2004
- 
- [9] Norme VSS SN 640 347, Pollution des eaux de chaussée
- 
- [10] Ministère bavarois de l'économie des eaux, Munich, Analyses de l'influence des collecteurs des eaux pluviales des localités sur les petits cours d'eau,
- 
- [11] Tiefbauamt des Kantons Zürich BBS, Richtlinie Gewässerschutz an Strassen, in Vorbereitung, 2010
- 
- [12] Dahnen G., Gewässerschutz als Aufgabe des Strassenbetriebes, Strasse und Autobahn, 4.2008
- 
- [13] Wirksamkeit von Entwässerungsbecken im Bereich von Bundesfernstrassen, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn, 2003
- 
- [14] Rossi, Einleitung von Strassenabwasser in Gewässer, EAWAG, 2002
- 
- [15] OFEV ; Lehmann, Strassenentwässerung und Gewässerschutz, Zukünftige Anforderungen im Umgang mit Strassenabwasser, Fachtagung VSA + VSS Strassenabwasser, Bern, 2010
- 
- [16] EPFL et RN Valais, Capacité d'épuration des talus de l'A9, 2004
- 
- [17] DWA, Bilanz eines Verfahrens zur Regenwasserbehandlung, 2009
- 
- [18] CERTU, Techniques alternatives aux réseaux d'assainissement pluvial, 1998
- 
- [19] Norme VSS SN 640 350, Evacuation des eaux de chaussées - Intensité des pluies, décembre 2000
- 
- [20] Norme VSS SN 640 353, Evacuation des eaux de chaussée – Débit, août 2003
- 
- [21] Norme VSS SN 640 357, Evacuation des eaux de chaussée – Dimensionnement des canalisations, août 2003
- 
- [22] VSA, Directive STORM, Rejets pluviaux urbains dans les eaux de surface, Novembre 2007
- 
- [23] Gutmann M. SWR, Kosten-/Nutzenbetrachtung von Strassenentwässerungssystemen, Ökobilanzierung, N° 1313, Mai 2010
- 
- [24] Norme VSS SN 670 119a-NA, EN 13242, Granulats pour matériaux traités aux liants hydrauliques et matériaux non traités utilisés pour les travaux de génie civil et pour la construction de chaussées, Février 2010
- 
- [25] BUWAL, Bodenschutz beim Bauen, Leitfaden Umwelt Nr. 10, Bern, 2001
- 
- [26] FSK - Schweiz. Fachverband für Sand und Kies, Richtlinien für den fachgerechten Umgang mit Böden, Bern, 2001
-

- 
- [27] Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Bodenfilter zur Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem, Siedlungswasserwirtschaft, Karlsruhe, 2002
- 
- [28] Grotehusmann D., Harms R. W., DWA Kommentar zum DWA-Regelwerk, Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Hennef, 2008
- 
- [29] Jobin M., Vuillerat C-A., Evacuation des eaux de route : Etat des lieux, propositions, ouvrages de sécurité, de rétention et d'infiltration, VSS N° 459, septembre 2000
- 
- [30] Hermann E., Schwengeler R., Strassenabwasserbehandlung an der A2 im Kanton Uri, Strasse und Verkehr Nr. 7-8, Zürich, 2008
- 
- [31] Jobin M., Bürkel P., Evacuation des eaux de chaussée par les bas-côtés, VSS N°1284, Mars 2010
- 
- [32] Arbeitsblatt ATV-A 138, Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser, Hennef, 2002
- 
- [33] Merkblatt DWA-M 153, Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, Hennef, 2007
- 
- [34] Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Bodenfilter zur Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem, Siedlungswasserwirtschaft, Karlsruhe, 2002
- 
- [35] Norme VSS, SN 640 581a, Terrassement, sol –Bases, 1998
- 
- [36] Norme VSS, SN 640 582, Terrassement, sol –Inventaire de l'état initial, tri des matériaux terreux manipulés, 1999
- 
- [37] Norme VSS, SN 640583, Terrassement, sol-Emprises et terrassements, entreposage, mesures de protection, remise en place et restitution, 1999
- 
- [38] Bayerisches Landesamt für Umwelt, Versickerung des Niederschlagswassers von befestigten Verkehrsflächen, München, 2005
- 
- [39] Norme VSS, SN 640 699a, Faune et trafic, protection des amphibiens, mesures, 2010
- 
- [40] Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz, Niederschlagswasserbehandlung durch Retentionsbodenfilteranlagen
- 
- [41] Norme VSS SN 640 744, Surface de circulation à superstructure sans liants - Exécution et entretien, 2005
- 
- [42] Strasse und Autobahn, Bemessungsgrundsätze und Erfahrungen beim Entwurf, Bau und Betrieb von Anlagen zur Behandlung, Rückhaltung und Versickerung von Oberflächenwasser Hochbelasteter Strassen, D, 2003
- 
- [43] Koral, Ölrückhaltebecken Typ K, 1994
- 
- [44] Guyer W., Siedlungswasserwirtschaft, Springer, 2007
-

# Clôture du projet



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement,  
des transports, de l'énergie et de la communication DETEC  
Office fédéral des routes OFROU

## RECHERCHE EN MATIERE DE ROUTES DU DETEC

ARAMIS RPT

### Formulaire N° 3 : Clôture du projet

établi / modifié le: 06.06.2011

#### Données de base

Projet N°: VSS 2003/204

Titre du projet: Rétention et traitement des eaux de chaussée

Échéance effective: 22.06.2011

#### Textes:

Résumé des résultats du projet:

Les études menées dans le cadre de ce projet ont permis de rassembler des informations les plus complètes possibles (de Suisse et de l'étranger) sur les installations de traitement et d'épuration des eaux de chaussée, de définir ensuite les conditions et les bases de planification et de réalisation des divers systèmes de traitement envisageables et de proposer une méthode de choix des ouvrages appropriés au cas étudié.

Des précisions techniques et scientifiques utiles aux ingénieurs praticiens sont données au sujet des ouvrages retenus suivants :

- les ouvrages de prétraitement: bassins de sédimentation-décantation, séparateurs à lamelles, filtres en gravillon
- les installations de rétention : bassins de rétention, bassins de rétention-filtration (partie rétention), cuvettes-rigoles, stockage dans le collecteur
- les installations de traitement et d'épuration (RFB) : bassins de rétention-filtration avec filtre en terre et végétation, bassins RFB avec filtre en sable sans et avec roseaux, bassins avec filtre en gravillon (splitt) sans et avec roseaux, cuvettes-rigoles de filtration.

Pour chaque ouvrage, des indications aussi précises que possible sont fournies. Elles concernent le dimensionnement hydraulique, les caractéristiques, la construction des divers filtres y compris la végétalisation. Des règles de planification de la réalisation, une estimation des efficacités ou

rendement des divers ouvrages et des données sur l'exploitation et l'entretien sont aussi élaborées.

Le problème du fonctionnement complexe et délicat des divers filtres a été abordé avec soin.

L'ensemble des ouvrages étudiés permet au projeteur de choisir un système de traitement composé d'un ou plusieurs ouvrages et de réaliser ainsi un SETEC (Système d'Epuraton et de Traitement des Eaux Chaussée).

Le problème délicat du choix du système d'épuration ou de traitement a été abordé de manière systématique. Une méthode relativement simple est proposée. Elle est basée sur des catégories de traitement à réaliser que ce soit pour l'infiltration ou le déversement dans un cours d'eau superficiel. Des tableaux permettent de procéder au choix du système approprié au cas étudié. Dans certains cas une étude coût/utilité est conseillée.

Tous les problèmes n'ont pas pu être traités de manière complète et sûre car les données à disposition et les résultats d'analyses et de contrôles des installations existantes sont souvent lacunaires et disparates. Certains résultats et propositions faites dans ce rapport devraient être confirmés par des travaux de recherches et des suivis d'installations existantes.

Atteinte des objectifs:

Les résultats ci-dessus montrent que les objectifs fixés ont été atteints notamment par :

- la mise à disposition de données techniques des divers ouvrages proposés
- les précisions apportées pour la construction et l'exploitation des divers filtres (terre, sable, gravillon sans et avec végétation)
- respect des Instructions de l'OFEV 2002 pour les ouvrages proposés
- la méthode de choix des installations à réaliser pour chaque cas spécifique et en respectant les exigences concernant l'infiltration et le déversement dans les cours d'eau superficiels.
- la norme SN 640 361 "Rétention et traitement des eaux de chaussée" pourra être établie sur la base du présent rapport

Déductions et recommandations:

Pour les futurs projets et pour les modifications / adaptations à apporter aux installations de traitement et d'épuration des eaux de chaussée, le rapport apporte les éléments scientifiques et pratiques nécessaires.

La méthode proposée pour le choix de l'ouvrage ou des ouvrages adaptés au cas particulier étudié est simple et répond aux Instructions 2002 de l'OFEV (anciennement OFEFP)

Un contrôle et un suivi avec monitoring des installations existantes serait un apport important pour affiner certains éléments constructifs.

Le choix d'un nombre restreint d'ouvrages permettrait des comparaisons de résultats (mesures hydrauliques, contrôle du colmatage, rendement, etc.) avec des coûts raisonnables.

Diverses recherches devraient être soutenues notamment le problème du déversement dans un cours d'eau superficiel (immission) et le traitement d'eaux mixtes dans les installations retenues.

Publications:

Le rapport de recherche peut être distribué aux planificateurs et autorités de surveillance.

Les indications techniques et pratiques ainsi que les tableaux fournis permettent de choisir et d'établir les projets d'installations d'épuration et de traitement des eaux de chaussée

La norme SN640 361 est en cours d'élaboration



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement,  
des transports, de l'énergie et de la communication DETEC  
Office fédéral des routes OFROU

**Appréciation de la commission de suivi:**

*Cette appréciation de la commission de suivi remplace l'ancienne évaluation technique détachée.*

Evaluation:	<p><b>La recherche a atteint les objectifs fixés dans la mesure où les connaissances dans le domaine du traitement des eaux de chaussée sont en pleine évolution et même si ceux-ci étaient multiples, complexes et variés.</b></p> <p><b>La norme SN 640 361 pourra être établie sur cette base. Elle devra éventuellement être révisée au fur et à mesure de l'évolution des connaissances et du suivi des installations existantes.</b></p>
Mise en oeuvre:	<p>Sur la base des points décrits ci-dessus, la Commission d'Experts VSS2.07 (EK 2.07) constate que les objectifs sont entièrement atteints. Elle propose l'acceptation du rapport de recherche et sa publication.</p>
Besoin supplémentaire en matière de recherche :	<p>Il n'y a pas de besoins supplémentaires de recherche en ce qui concerne le rapport.</p> <p>Diverses propositions sont cependant faites au point "Déductions et recommandations"</p>
Influence sur les normes:	<p>La norme prévue SN 640 361 "Rétention et traitement des eaux de chaussée" peut être établie sur la base de ce rapport de recherche.</p>

**Président de la commission de suivi:**

Nom:	RAUCH	Prénom:	Peter
Service ou entreprise :	Sennhäuser, Werner & Rauch AG		
Rue et N°:	Schöneeggstrasse 30		
PA:	8953	Email:	Peter.rauch@swr.ch
Lieu:	Dietikon	Téléphone	043 500 45 45
Canton, pays:	ZH, Suisse	Fax:	043 500 45 01

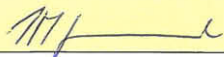
**Signature du président de la commission de suivi:**



**Pour les projets de recherche VSS: Président du domaine de la commission:**

Nom:	JEANNERET	Prénom:	Jean-Marc
------	-----------	---------	-----------

**Signature du président du domaine de la commission:**



## Index des rapports de recherche en matière de route

### Forschungsberichte seit 2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Datum
1336	ASTRA 2007/006	SPIN-ALP: Scanning the Potential of Intermodal Transport on Alpine Corridors <i>SPIN-ALP: Abschätzung des Potentials des Intermodalen Verkehrs auf Alpenkorridoren</i> <i>SPIN-ALP: Estimation du potentiel du transport intermodal sur les axes transalpins</i>	2010
1339	SVI 2005/001	Widerstandsfunktionen für Innerorts-Strassenabschnitte ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten <i>Fonctions de résistance pour des tronçons routiers urbains en dehors de la zone d'influence de carrefours</i> <i>Capacity restraint functions for urban road sections not affected by intersection delays</i>	2010
1325	SVI 2000/557	Indizes charakteristischen d'une cité-Vélo. Méthode d'évaluation des politiques cyclables en 8 indices pour les petites et moyennes communes. <i>Die charakteristischen Indikatoren einer Velostadt. Evaluationsmethode der Velopolitiken anhand von 8 Indikatorgruppen für kleine und mittlere Gemeinden</i> <i>Characteristic indices of a Bike City. Method of evaluation of cycling policies in 8 indices for small and medium-sized communes</i>	2010
1337	ASTRA 2006/015	Development of urban network travel time estimation methodology <i>Temps de parcours en réseau urbain</i> <i>Methodologie für Fahrzeitbewertung in städtischen Strassennetz</i>	2011
1338	VSS 2006/902	Wirkungsmodelle für fahrzeugseitige Einrichtungen zur Steigerung der Verkehrssicherheit <i>Modèles d'impact d'équipements de véhicules pour améliorer la sécurité routière</i> <i>Modelling of the impact of in-vehicle equipment for the enhancement of traffic safety</i>	2009
1341	FGU 2007/005	Design aids for the planning of TBM drives in squeezing ground <i>Entscheidungsgrundlagen und Hilfsmittel für die Planung von TBM-Vortrieben in druckhaftem Gebirge</i> <i>Critères de décision et outils pour la planification de l'avancement au tunnelier dans des conditions de roches poussantes</i>	2011

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Datum
1343	VSS 2009/903	Basistechnologien für die intermodale Nutzungserfassung im Personenverkehr <i>Basic technologies for detecting intermodal traveling passengers</i> <i>Les technologies de base pour l'enregistrement automatique des usagers de moyens de transports</i>	2011
1340	SVI 2004/051	Aggressionen im Verkehr <i>L'agressivité au volant</i> <i>Aggressive Driving</i>	2011
1344	VSS 2009/709	Initialprojekt für das Forschungspaket "Nutzensteigerung für die Anwender des SIS" <i>Projet initial pour le paquet de recherche "Augmentation de l'utilité pour les usagers du système d'information de la route"</i> <i>Initial project for the research package "Increasing benefits for the users of the road and transport information system"</i>	2011
1345	SVI 2004/039	Einsatzbereiche verschiedener Verkehrsmittel in Agglomerationen <i>Application areas of various means of transportation in agglomerations</i> <i>Domaine d'application de different moyen de transport dans les agglomérations</i>	2011
1342	FGU 2005/003	Untersuchungen zur Frostkörperbildung und Frosthebung beim Gefrierverfahren <i>Investigations of the ice-wall grow and frost heave in artificial ground freezing</i> <i>Recherches sur la formation corps gelés et du soulèvement au gel pendant la procédure de congélation</i>	2010
647	AGB 2004/010	Quality Control and Monitoring of electrically isolated post-tensioning tendons in bridges <i>Qualitätsprüfung und Überwachung elektrisch isolierter Spannglieder in Brücken</i> <i>Contrôle de la qualité et surveillance des câbles de précontrainte isolés électriquement dans les ponts</i>	2011
1348	VSS 2008/801	Sicherheit bei Parallelführung und Zusammentreffen von Strassen mit der Schiene <i>Sécurité en cas de tracés rail-route parallèles ou rapprochés</i> <i>Safety measures to manage risk of roads meeting or running close to railways</i>	2011
1349	VSS 2003/205	In-Situ-Abflussversuche zur Untersuchung der Entwässerung von Autobahnen <i>On-site runoff experiments on roads</i> <i>Essai d'écoulements pour l'évacuation des eaux des autoroutes</i>	2011

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Datum
1350	VSS 2007/904	IT-Security im Bereich Verkehrstelematik <i>IT-Security pour la télématique des transports</i> <i>IT-Security for Transport and Telematics</i>	2011
1352	VSS 2008/302	Fussgängerstreifen (Grundlagen) <i>Passage pour piétons (les bases)</i> <i>Pedestrian crossing (basics)</i>	2011
1346	ASTRA 2007/004	Quantifizierung von Leckagen in Abluftkanälen bei Strassentunneln mit konzentrierter Rauchabsaugung <i>Quantification of the leakages into exhaust ducts in road tunnels with concentrated exhaust systems</i> <i>Quantification des fuites des canaux d'extraction dans des tunnels routiers à extraction concentrée de fumée</i>	2010
1351	ASTRA 2009/001	Development of a best practice methodology for risk assessment in road tunnels <i>Entwicklung einer besten Praxis-Methode zur Risikomodellierung für Strassentunnelanlagen</i> <i>Développement d'une méthode de meilleures pratiques pour l'analyse des risques dans les tunnels routiers</i>	2011
1355	FGU 2007/002	Prüfung des Sulfatwiderstandes von Beton nach SIA 262/1, Anhand D: Anwendbarkeit und Relevanz für die Praxis <i>Essai de résistance aux sulfates selon la norme SIA 262/1, Annexe D: Applicabilité et importance pour la pratique</i> <i>Testing sulfate resistance of concrete according to SIA 262/1, appendix D: applicability and relevance for use in practice</i>	2011
1356	SVI 2007/014	Kooperation an Bahnhöfen und Haltestellen <i>Coopération dans les gares et arrêts</i> <i>Coopération at railway stations and stops</i>	2011
1362	SVI 2004/012	Aktivitätenorientierte Analyse des Neuverkehrs <i>Activity oriented analysis of induced travel demand</i> <i>Analyse orientée aux activités du trafic induit</i>	2012
1361	SVI 2004/043	Innovative Ansätze der Parkraumbewirtschaftung <i>Approches innovantes de la gestion du stationnement</i> <i>Innovative approaches to parking management</i>	2012
1357	SVI 2007/007	Unaufmerksamkeit und Ablenkung: Was macht der Mensch am Steuer? <i>Driver Inattention and Distraction as Cause of Accident: How do Drivers Behave in Cars?</i> <i>L'inattention et la distraction: comment se comportent les gens au volant?</i>	2012