



SAGE

systèmes aquatiques et gestion de l'eau

Parcours professionnel

Septembre 2016

MEMOIRE DE STAGE DE MASTER

Yasmin COPANOGLU

**MAITRISE A LA SOURCE DES EAUX DE RUISSELLEMENT URBAIN PAR
SYSTEMES DE FILTRATION INTEGRES A LA VILLE : LE CAS DES FILTRES
PLANTES HORIZONTAUX A ROSNY-SOUS-BOIS**

Présentation du mémoire le 22/09/2016 à 15h00

seine-saint-denis
LE DÉPARTEMENT

Stage effectué à Direction de l'Eau et de
l'Assainissement du Conseil Départemental de la
Seine-Saint-Denis

Service Hydrologie Urbaine et Environnement
Bureau Liaison et Aménagement Urbanisme

Du 07 mars au 31 août 2016

université
**PARIS
DIDEROT**
PARIS 7



UPEC
Connaissance - Action
UNIVERSITÉ
PARIS-EST CRÉTEIL
VAL DE MARNE

FICHE DE SYNTHÈSE

- Type de stage : Professionnel
- Année : 2016
- Auteur (Nom, prénom) : Copanoglu, Yasmin
- Formation : 1ère année Master Sciences et Génie de l'Environnement, 2ème année Master Systèmes Aquatiques et Gestion de l'Eau
- Titre du rapport : Maîtrise à la source des eaux de ruissellement urbain par systèmes de filtration intégrés à la ville : le cas des filtres plantés horizontaux à Rosny-sous-Bois
- Organismes d'accueil : Direction de l'Eau et de l'Assainissement du Conseil Départemental de la Seine-Saint-Denis
- Pays d'accueil : France
- Responsable de stage : Mme. Karine Desboeufs
- Tuteur de stage : M. Julien Paupardin
- Superviseur : Mme. Marie Christine Gromaire
- Professeur encadrant : M. Martin Seidl
- Thème : Hydrologie urbaine
- Mots clés : Eaux pluviales ; projet Roulépur ; solutions innovantes ; maîtrise à la source ; micropolluants ; efficacité ; filtres plantés

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier en premier lieu mon maître de stage **Julien Paupardin**, chargé d'études du Bureau de Liaison avec l'Aménagement et l'Urbanisme sous la responsabilité de **Ronan Quillien**, pour m'avoir permis de réaliser ce stage au sein de Direction de l'Eau et de l'Assainissement du Conseil Départemental de la Seine-Saint-Denis tout au long de ces six mois.

J'adresse également mes remerciements à mes professeurs, **M. Martin SEIDL** et **Mme. Marie-Christine Gromaire**, de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. Sachant répondre à toutes mes interrogations, leur écoute et leurs conseils m'ont permis de mieux appréhender mes missions.

D'une façon plus générale, je remercie l'ensemble de la **DEA** et du **SHUE** (Service Hydrologie Urbaine et Environnement) sous la direction de **M. Bernard BREUIL** pour l'intérêt qu'ils m'ont porté tout au long de mon stage.

Un grand merci aux **équipes terrain** qui m'ont permis de réaliser les interventions sur le site d'étude ainsi qu'à **Fabien Desetables** du Bureau Avant-Projets et Mesures pour sa disponibilité.

Toutes ces personnes ont contribué, par leur disponibilité et leur coopération professionnelle, à rendre mon expérience plus enrichissante.

RESUME

La maîtrise des eaux pluviales, longtemps considérées comme propres et ne nécessitant pas de traitement avant d'être rejetées au milieu naturel, constitue aujourd'hui un enjeu majeur. Les ouvrages enterrés, le plus souvent mis en place pour remédier à cette pollution, souffrent d'un entretien insuffisant compromettant à long terme leur efficacité. Ce stage se place dans le cadre du projet Roulépur qui a pour objectif l'évaluation de solutions innovantes pour une maîtrise à la source de la contamination en micro-polluants des eaux de ruissellement de voiries et parkings urbains. La majeure partie de ce mémoire se focalise sur la mise en place d'une méthodologie permettant d'évaluer l'efficacité des ouvrages de filtres plantés à écoulement sous-surfacique horizontal dans la ville de Rosny-sous-Bois (93).

ABSTRACT

Although they have been considered for a long time as clean and do not required a treatment before release back to the environment, stormwater management is nowadays a major issue. The buried systems, which are often implemented for this pollution remediation, are subjects to inadequate maintenance which compromises their long-term efficiency. This internship takes place in the Roulepur project framework whose objective are the evaluation of the efficiency of SUDS for micropollutant management. Most of this report focuses on the development of a methodology to access the effectiveness of horizontal subsurface flow wetlands in the city of Rosny-sous-Bois (93).

Mots clés : Eaux pluviales ; projet Roulépur ; solutions innovantes ; maîtrise à la source ; micropolluants ; efficacité ; filtres plantés

TABLE DES MATIERES

Fiche de synthèse	1
Remerciements	2
Resumé	3
Abstract	3
Liste des tableaux	7
Liste des figures	8
Abbréviations	9
1. Introduction	10
2. Contexte et genèse du sujet	10
2.1. Le département de la Seine-Saint-Denis	10
2.2. Le projet ROULEPUR	11
2.3. Missions réalisées au sein de la collectivité d'accueil	12
3. Etat des lieux de la dépollution des eaux pluviales urbaines par méthode de filtration	14
3.1. Sources de contaminants dans le ruissellement urbain	14
3.2. Caractérisation des différents polluants contenus dans les eaux de ruissellement urbain ..	15
3.3. Différentes procédures dites « naturelles » utilisées pour traiter les micropolluants dans l'eau	16
3.4. Principales études de laboratoire sur les filtres plantés et leurs résultats	19
3.5. Conclusion	22
4. Suivi de l'efficacité d'un ouvrage de traitement à l'amont des eaux pluviales en milieu urbain : les filtres plantés à écoulement horizontal de Rosny-sous-Bois	23
4.1. Présentation du site d'étude	23
4.2. Gestion du site : collecte et transfert des données pour le suivi hydraulique des dispositifs	25
4.2.1. Données pluviométriques	26
4.2.2. Données de hauteur, de vitesse et de débit	27
.....	31
4.3. Méthodologie mise en place pour le suivi de l'efficacité épuratoire des dispositifs	34
4.3.1. Organisation	34
4.3.2. Instrumentation : difficultés rencontrées, solutions apportées et propositions d'action	36
4.4. Evaluation de l'accumulation des polluants dans le substrat	38

5.	Premiers resultats sur l'analyse du fonctionnement hydraulique	39
5.1.	Données de mesures : une fiabilité du débitmètre électromagnétique remise en question	39
5.2.	Analyses des données disponibles	41
5.2.1.	Comportement du filtre lors d'un évènement pluvieux : hydrogrammes	41
5.2.2.	Comportement du filtre lors d'un évènement exceptionnel ou lors d'un regroupement d'évènements pluvieux	45
5.2.3.	Calcul et vérification du coefficient de ruissellement du bassin versant	46
5.2.4.	Temps de vidange du filtre	46
5.3.	Problèmes de mesures liés à la sédimentation	47
6.	Conclusion	49
6.1.	Bilan général sur le mémoire et sur le stage	49
6.2.	Bilan personnel et perspectives professionnelles	49
	Bibliographie.....	50
	Sites web consultés	50
	Thèses.....	50
	Articles.....	50
	Livres.....	51
	Guides techniques	51
	Annexes	52
	Annexe 1 : Organigramme de la DEA	53
	Annexe 2 : Descriptif des quatre solutions innovantes étudiées dans le cadre du projet ROULEPUR	54
	Annexe 3 : Avant-propos du rapport d'étude pour la DEA	55
	Annexe 4 : Principe de fonctionnement du séparateur hydrocarbures (source : CNIDEP)	56
	Annexe 5 : Carte des zones d'infiltration en Seine-Saint-Denis (source DEA)	57
	Annexe 6 : Stations pluviométriques à proximité du site d'étude	58
	Annexe 7 : Evènements pluvieux et leurs caractéristiques depuis la mise en place de l'instrumentation.....	59
	Annexe 8 : Relation hauteur-débit du vortex Point 211	67
	Annexe 9 : Relation hauteur-débit du déversoir triangulaire à l'aval des filtres plantés – point 198	70
	Annexe 10 : Fiche rapatriement des données pour la DEA.....	72
	Annexe 11 : Exemple de demande de travail effectuée aux équipes avant chaque intervention ...	73
	Annexe 12 : Tableau de bord des interventions effectuées sur le site depuis le début su stage	74

Annexe 13 : Exemple de compte-rendu d'une visite terrain à effectuer à la suite de chaque intervention	77
Annexe 14 : Fiche terrain pour les équipes prélèvement	81
Annexe 15 : Relève de la mémoire du préleveur à l'amont	83
Annexe 16 : Calculs statistiques pour le choix du pas de temps de prélèvement à l'amont	84
Annexe 17 : Modèle d'échantillonnage pour le substrat	85
Annexe 18 : Polluants à analyser dans le cadre du projet Roulépur	88
Annexe 19 : Résultats des analyses des échantillons de substrat	89
Annexe 20 : Tests statistiques pour vérifier la validité d'une régression linéaire	92
Annexe 21 : Tableau de suivi du niveau d'ensablement dans la canalisation $\Phi 600$ au point 197 à l'amont des filtres	94

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Ordre de grandeur des concentrations moyennes pour differentes types de voiries (source : AESN 2013)	15
Tableau 2 - Proportion de polluants sous forme particulaire dans les eaux de ruissellement (source : AESN)	16
Tableau 3 - Procédés de dépollution considérés comme « naturels »	17
Tableau 4 - Principales études sur la méthode de dépollution des EP par des ouvrages de filtres plantés (caractéristiques du système / objectifs / résultats)	19
Tableau 5 - Caractéristiques des points de mesure et de prélèvement sur le site	27
Tableau 6 - Plages et types de données disponibles dans les differents points de mesure	32
Tableau 7 - Caractéristiques des évènements hydrauliques du filtre	41

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Graphique en secteur : répartition des missions au cours du temps durant le stage	13
Figure 2 – Source de contaminants dans le ruissellement urbain (source : AESN 2013).....	15
Figure 3 - Toiture végétalisée (source : ECOVEGETAL.FR).....	18
Figure 4 - Parking végétalisé (source : ECOVEGETAL.FR)	18
Figure 5 - Filtres à sable plantés (source : DEA)	18
Figure 6 - Bassin versant alimentant les filtres (source : DEA).....	23
Figure 7 - VUE AERIENNE DES DISPOSITIFS DE STOCKAGE (BLEU) ET DES DISPOSITIFS DE DEPOLLUTION (ROUGE) (SOURCE : DEA)	23
Figure 8 - Trajet de l'eau à travers les ouvrages (source : DEA)	24
Figure 9 - Schéma du filtre vu de haut : trajet de l'eau à travers les différentes couches de matériaux (dimensions en m)	25
Figure 10 - Points de mesure et de prélèvement en entrée et en sortie des ouvrages sur le site (source : DEA)	27
Figure 11 - trajet des données depuis les instruments jusqu'à la DEA	31
Figure 12 - Différents modèles de préleveurs (dans l'ordre : Cuillère/soupape, Tarière de type "Riverside" et Tarière pour sols caillouteux).....	38
Figure 13 - Hydrogramme : comportement du filtre lors d'une pluie courante	39
Figure 14 - Exemple de données de hauteur, de vitesse et de débit mesurées par le débitmètre électromagnétique	40
Figure 15 - Défauts de mesure du débitmètre à l'amont.....	41
Figure 16 - Graphique : temps de vidange du filtre en fonction de la hauteur maximale atteinte en amont	47
Figure 17 - Géométrie des différents seuils (source : www.graie.org)	48

ABBREVIATIONS

ACV : Analyse du Cycle de Vie

AUDACE : Assainissement Urbain Départemental et Actions Concertés pour l'Eau

BLAU : Bureau Liaison Aménagement et Urbanisme

BV : Bassin versant

CEREMA : Centre d'Etudes et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement

DBO5 : Demande biologique en oxygène sur 5 jours

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

DCO : Demande chimique en oxygène

DEA : Direction de l'eau et de l'assainissement

DICT : Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux

EP : Eaux pluviales

FH : Filtres horizontaux

FV : Filtres verticaux

GLIP : Groupe de Liaison Inter-Projet

GRAIE : Groupe de recherche Rhône-Alpes sur les Infrastructures et l'Eau

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

HC : Hydrocarbures

HCT : Hydrocarbures Totaux

LEESU : Laboratoire Eau Environnement et Systèmes Urbains

MES : Matières en suspension

MO : Matière organique

NQE : Norme Qualité Environnementale

ONEMA : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques

OPUR : Observatoire des Polluants URbains

PME : Petites et Moyennes Entreprises

RUTP : Rejets Urbains de Temps de Pluie

SEGTEUP : Système Extensif de Gestion et de Traitement des Eaux Urbaines en temps de Pluie

SHUE : Service Hydrologie Urbaine et Environnement

SILVHY : Système Informatique de Lecture et de Validation Hydraulique

STEP : STation d'Épuration

SUDS : Sustainable Urban Drainage System

1. INTRODUCTION

La réduction des micropolluants dans l'eau est aujourd'hui un enjeu essentiel pour la qualité des milieux aquatiques. Dans son plan d'action, la Directive Cadre sur l'Eau (DCE 2000) inclut une réduction voire une suppression d'une liste cible de micropolluants afin de garantir le retour au bon état écologique des masses d'eau. Ceci s'avère impossible sans le traitement des eaux pluviales qui sont l'un des principaux vecteurs de contamination diffuse des milieux aquatiques en micropolluants.

Les stations d'épurations ne sont actuellement pas ou peu conçues pour traiter les micropolluant. De plus, une surface imperméabilisée génère des volumes d'eau de quatre à vingt fois supérieurs à une surface naturelle¹, le réseau se retrouve rapidement en charge et crée un risque d'inondation. Une gestion à l'amont s'avère donc indispensable.

Par définition, les techniques alternatives, basées sur une infiltration partielle ou totale des eaux pluviales, permettent la collecte de ces eaux, leur stockage temporaire et une évacuation à faible débit de ces eaux traitées ou non vers le milieu récepteur. Mais ces techniques de traitement sont-elles réellement adaptées à la gestion à l'amont des eaux pluviales ? Ce stage a pour but de répondre à cette problématique principale par l'étude et le suivi d'un ouvrage en particulier : des systèmes de filtres à sable plantés à écoulement sous-surfacique horizontal.

2. CONTEXTE ET GENESE DU SUJET

2.1. Le département de la Seine-Saint-Denis

A sa création, en 1967, le Conseil Départemental de la Seine-Saint-Denis a reçu les biens et obligations en matière d'assainissement d'une partie de l'ancien département de la Seine, ainsi que ceux des anciens syndicats intercommunaux de l'Est du territoire de la Seine-Saint-Denis. En 1987, le Conseil Départemental crée la Direction de l'Eau et de l'Assainissement afin d'assumer directement et totalement les missions qui relèvent de sa compétence en matière d'eau, d'assainissement et d'environnement. La DEA maîtrise donc totalement les missions de conception, de construction, de gestion, d'exploitation et de réhabilitation du réseau départemental d'assainissement.

En novembre 2003, l'Assemblée Départementale a approuvé le schéma « Assainissement Urbain Départemental et Actions concertées pour l'Eau » (AUDACE) qui fixait, à échéance de dix ans, les lignes directrices des interventions du département dans le domaine de l'eau sur le territoire de la Seine-Saint-Denis. Avec la proposition de nouveaux projets et engagements ainsi que l'ajustement des grands axes de l'activité de la DEA permettant d'accompagner l'évolution de la ville en lien avec les projets du grand Paris, le schéma AUDACE a été actualisé pour la période 2014-2023 définissant ainsi le cadre stratégique de la gestion de l'eau et de l'assainissement sur le territoire pour cette même période.

Le Grand Paris est un projet visant à transformer l'agglomération parisienne en une grande métropole mondiale et européenne, afin d'améliorer le cadre de vie des habitants, de corriger les inégalités

¹ Source : AESN 2002

territoriales et de construire une ville durable². En d'autres termes, les villes de demain seront constituées de surfaces de plus en plus imperméabilisées, auront une demande croissante en énergie et en eau, consommeront plus et produiront plus de pollution.

L'organisation des actions du département, s'appuie donc sur quatre orientations qui sont les suivantes :

- Assurer la pérennité du patrimoine départemental d'assainissement
- Lutter contre les inondations
- Maîtriser la qualité des rejets aux milieux aquatiques
- Développer une gestion solidaire de la ressource en eau et renforcer sa présence en ville

Le Bureau Liaison avec l'Aménagement et l'Urbanisme (BLAU) du Service Hydrologie Urbaine et Environnement de la DEA, au sein duquel se déroule ce stage, contribue à mettre en œuvre les objectifs du schéma AUDACE en agissant en amont des réseaux publics d'assainissement sur la maîtrise des apports en temps de pluie. Le BLAU prescrit des débits de rejets en eaux pluviales et assure un rôle de conseil et d'expert en aidant à la mise en place de techniques efficaces et pérennes tant sur la maîtrise de ces débits que sur la gestion de la qualité des eaux pluviales.

Un organigramme de la DEA se trouve en annexe 1.

2.2. Le projet ROULEPUR

Le projet de recherche ROULEPUR, retenu dans le cadre de l'appel à projets « Innovations et changements de pratiques : micropolluants des eaux urbaines » lancé par l'ONEMA, a pour but l'évaluation de solutions innovantes de gestion à la source des micropolluants dans les eaux en provenance de voiries et de parkings. Ce projet, coordonné par le LEESU, comporte plusieurs tâches dont les objectifs sont les suivants : diagnostiquer la composition chimique des eaux et leur toxicité, identifier les sources primaires de contamination, évaluer in-situ l'efficacité de plusieurs solutions innovantes de traitement à la source de technicités différentes, analyser les performances globales de ces solutions (ACV) et leur durabilité (maintenance, vieillissement), évaluer l'acceptabilité sociale et technique et enfin déterminer le coût global et le potentiel de diffusion des solutions proposées en fonction du contexte local.³

PARTENAIRES		
Etablissements de recherche :	Collectivités territoriales :	PME :
▪ Ecole de Ponts ParisTech – LEESU ▪ CEREMA – DTerIF ▪ Univ. Bordeaux – UMR EPOC	▪ Ville de Paris ▪ CD 93 ▪ CD 77	▪ St Dizier Environnement ▪ Ecovegetal

² Source : <https://www.societedugrandparis.fr/#actualites>

³ Source : <https://leesu.univ-paris-est.fr/Présentation-du-Programme-Roulepur.html>

Quatre dispositifs présentant des niveaux différents de technicités et adaptées à des contextes différents ont été sélectionnés. Un descriptif simplifié de chacun des ouvrages se trouve en annexe 2. Une étude comparative des résultats sera réalisée par la suite.

Dans le cadre des objectifs définis par le schéma AUDACE, la Direction de l'Eau et de l'Assainissement souhaite améliorer ses performances dans la gestion des eaux de pluie à l'amont. La collectivité a été chargée d'évaluer l'efficacité des dispositifs de filtres plantés horizontaux non infiltrant situés dans la ville de Rosny-sous-Bois par la mise en œuvre d'une instrumentation et d'une campagne de mesure.

2.3. Missions réalisées au sein de la collectivité d'accueil

Les principales missions qui m'ont été attribuées au sein de la collectivité se divisent en trois axes qui sont les suivants :

1^{er} axe : Recherche bibliographique sur l'état de l'art des techniques de traitement des eaux pluviales en milieu urbain basées sur un complexe filtrant « sol/substrat/végétation » (conception, retour sur le suivi, exploitation).

2^{ème} axe : Suivi des filtres plantés de Rosny-sous-Bois pour évaluer leur efficacité (mise en place et suivi de l'instrumentation, collecte et traitement des données, prélèvements et analyses de l'eau et du substrat).

3^{ème} axe : Réalisation d'un guide opérationnel apportant des préconisations ciblées (conception/suivi/exploitation) sur les filtres plantés de Rosny-sous-Bois et de manière plus générale pour toutes les techniques de traitement des eaux pluviales en milieu urbain basées sur un complexe filtrant « sol/substrat/végétation ». Ce guide a pour objectif de formaliser les choses pour la continuité du suivi des filtres plantés de Rosny et de donner les informations nécessaires pour une éventuelle réitération de l'expérience de suivi métrologique sur un nouvel ouvrage de ce type ou encore d'apporter des recommandations au titre de maîtrise d'ouvrage pour la conception, le dimensionnement et l'entretien.

Pour une compréhension simplifiée, le travail a été débuté en choisissant d'adopter une mise en page sous forme de plusieurs fiches. Mais par la suite, au regard des nombreuses hypothèses qui subsistent et subsisteront encore après le stage, un guide nous a semblé peu pertinent à ce jour. En effet, un guide doit décrire un état existant fini en matière d'instrumentation, d'organisation, de procédure analytique (...) et doit apporter des recommandations générales pour permettre de conseiller les aménageurs et les collectivités dans leur conception, suivi et maintenance.

Le retour d'expérience, les observations, les différents entretiens et le travail avec les équipes opérationnelles ont permis la réalisation d'un rapport d'étude comprenant une note de synthèse. Ce rapport est une base nécessaire pour la poursuite du projet et pour la construction du guide. Il se présente sous la forme d'un classeur dont l'introduction est disponible en annexe 3.

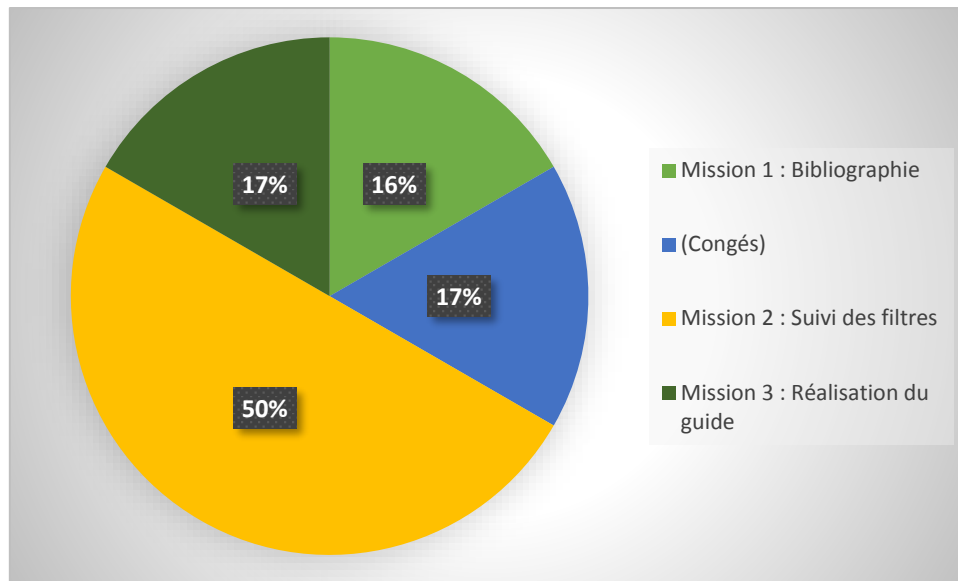


FIGURE 1 - GRAPHIQUE EN SECTEUR : REPARTITION DES MISSIONS AU COURS DU TEMPS DURANT LE STAGE

Le travail bibliographique a été réalisé au cours du premier mois de mon stage afin d'acquérir les connaissances nécessaires pour débiter le suivi des ouvrages. La collecte et le traitement des données, qui font partie de la deuxième mission de ce stage, se sont principalement déroulés durant les mois d'avril, de mai et de juin. Cependant, en raison des délais d'attente, les interventions permettant la finalisation de l'instrumentation sur le site ont eu lieu à des dates réparties sur toute la durée du stage. Globalement, cinquante pourcents du temps a donc été consacré au suivi des filtres dont la plus grande partie concerne l'organisation. Pour finir, les différentes étapes qui ont mené à la réalisation du rapport d'étude comme décrit précédemment se sont déroulés au cours du dernier mois de ce stage.

3. ETAT DES LIEUX DE LA DEPOLLUTION DES EAUX PLUVIALES URBAINES PAR METHODE DE FILTRATION

L'état des lieux des connaissances dans le domaine de la dépollution des eaux pluviales par méthode de filtration a été abordée par consultation de publications scientifiques sur le sujet. Les sources bibliographiques disponibles sont indiquées à la fin de ce mémoire.

Pour cette synthèse bibliographique, par manque de temps et pour se rapprocher le plus possible de notre sujet d'étude, il a été préférable de prioriser les ouvrages de filtration comportant une double fonctionnalité, intégrés dans un milieu urbain et traitant uniquement les eaux pluviales.

J'ai réalisé cette synthèse bibliographique avant de débiter le suivi des ouvrages de dépollution pour répondre à plusieurs interrogations qui facilitait mon travail par la suite :

- **Caractériser les différents polluants contenus dans les eaux de voiries :** Quelles sont les sources de contaminants dans le ruissellement urbain ? Quel type de pollution retrouvons nous dans les eaux pluviales ?
- **Citer les différentes procédures déjà utilisées pour traiter les micropolluants dans l'eau :** Qu'est-ce qu'une technique alternative et pourquoi prioriser ce type d'ouvrage aujourd'hui ? Quels procédés peuvent être considérés comme naturels ? A quoi ont mené les études sur les systèmes de filtration précédemment réalisées ? Quels ont été les principaux dysfonctionnements détectés ?

Les effets de plusieurs techniques alternatives ont déjà été étudiées, connaître les principaux freins rencontrés lors de précédentes études nous permettra de ne pas répéter les mêmes erreurs. De plus, nous pourrons par la suite, par le suivi hydraulique et qualitatif de nos aménagements, comparer nos résultats en termes d'efficacité.

3.1. Sources de contaminants dans le ruissellement urbain

En fonction de la nature du bassin versant et de ses activités (industrielles, résidentielles, commerciales, tertiaires...), un grand nombre de sources de pollution peut être défini :

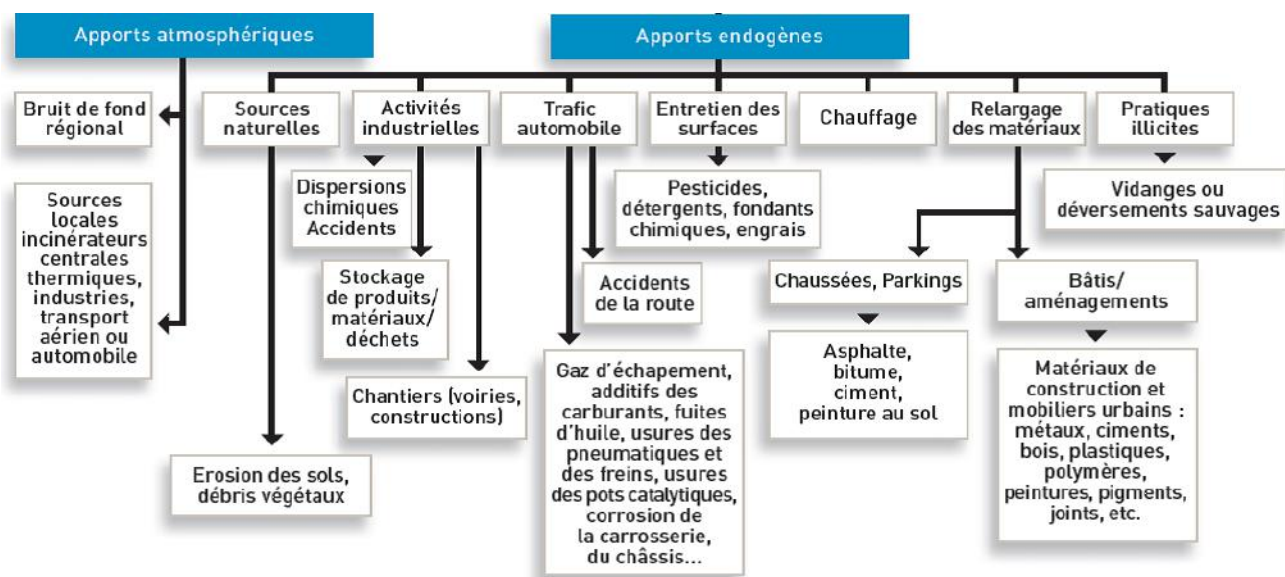


FIGURE 2 – SOURCE DE CONTAMINANTS DANS LE RUISSELLEMENT URBAIN (SOURCE : AESN 2013)

D'après nos observations sur le bassin versant où se situe les filtres, de nombreux travaux de construction sont en cours. Les eaux prélevées risquent d'être fortement contaminées par des polluants issus de relargage de matériaux (ciment, sable ou peinture).

3.2. Caractérisation des différents polluants contenus dans les eaux de ruissellement urbain

Il est difficile de donner des exemples de référence en termes de contamination des eaux de ruissellement. Néanmoins, et à titre indicatif, il est intéressant d'observer les ordres de grandeurs des concentrations moyennes de polluants sous forme particulaire dans les eaux de ruissellement (tableau 2) et en fonction du type de voirie (tableau 1). Comme nous l'indiquent les tableaux suivants, la pollution de ces eaux de ruissellement, mesurée au cours de multiples campagnes, est importante en concentration en métaux lourds, en matière en suspension et en hydrocarbures totaux :

TABEAU 1 - ORDRE DE GRANDEUR DES CONCENTRATIONS MOYENNES POUR DIFFERENTES TYPES DE VOIRIES (SOURCE : AESN 2013)

Polluants (Concentration totale mesurée max – min moyenne)	Concentrations				
	Voiries urbaine			Autoroutes	Parkings
	Trafic faible (<3000 véhicules/jr)	Trafic moyen (3000 à 10000 véhicules/jr)	Trafic fort (>10000 véhicules/jr)		
MES (mg/L)	11,7 – 117 84,5	59,8 – 240 99	69,3 – 260 160	41,3 – 762 92	98 – 150 129
DCO (mg/L)	70 – 368 120			107	50 – 199 70
Cd (µg/L)	0,4 – 1,4	0,4 – 13,8		3,0 – 3,7	1,2

	0,5	1,9		3,4	
Cu (µg/L)	47 – 75,9 60,4	51,7 – 103,8 97	65,6 – 143,5 90	16,1 – 120 40	6 – 80 43
Pb (µg/L)	25 – 535 170			2,4 – 224 100	15,4 – 137 78,5
Zn (µg/L)	129,3 – 1956 407			70 – 660 119	125 – 526 281
HA (µg/L)	393 – 1359 813			-	
HAP (µg/L)	0,16 – 4,5 0,22			11,7 – 117 84,5	
Hct (µg/L)	160 – 2277 1402	4000 – 11000 4170		21,8 – 4760 2391	150 – 1000 160

TABLEAU 2 - PROPORTION DE POLLUANTS SOUS FORME PARTICULAIRE DANS LES EAUX DE RUISSELLEMENT (SOURCE : AESN)

DCO	Cadmium	Cuivre	Plomb	Zinc	HAP
30 à 80%	30 à 80%	30 à 80%	>à 80%	30 à 80%	>A 80 %

D'après nos observations sur le site, les filtres plantés de Rosny se trouvent dans la catégorie « trafic faible ». Selon les tableaux précédents, nous pouvons donc nous attendre à avoir environ une centaine de mg/L de MES dans les eaux prélevées.

3.3. Différentes procédures dites « naturelles » utilisées pour traiter les micropolluants dans l'eau

Durant les vingt dernières années, les séparateurs à hydrocarbures, ouvrages de traitement dits industriels, ont principalement été mis en œuvre pour le traitement des eaux pluviales. Leur fonctionnement est décrit dans l'annexe 4. Pourtant, ces types de systèmes ne sont pas toujours adaptés au niveau et à la nature de la contamination des eaux de ruissellement : ils ne peuvent pas retenir toutes les particules décantables contenues dans les eaux pluviales. De plus, la plupart de ces systèmes garantissent 5mg/L d'hydrocarbures en sortie. Or il est déjà rare d'observer de telles quantités en entrée (Esser, 2004). Le séparateur à hydrocarbures est par conséquent largement reconnu aujourd'hui comme inapproprié pour une pollution chronique routière ou de zone d'activité (Graie, Chocat, 2004). Ce traitement est, certes, efficace pour les pollutions élevées mais la filtration est une technique de traitement plus adaptée à la pollution des eaux pluviales qui est essentiellement sous forme particulaire.

Les ouvrages enterrés souffrent d'un entretien insuffisant. Les stratégies de gestion des eaux pluviales dans les opérations d'aménagement urbains ont particulièrement évolué ces dernières années : les solutions techniques de proximité, qui respectent le cheminement naturel de l'eau, sont aujourd'hui mises en valeur par rapport à la pose de canalisation et à un traitement reporté sur l'aval. C'est ce qu'on appelle une technique alternative.

Selon l'étude des dispositifs naturels de dépollution des eaux pluviales établie par l'agence Composante Urbaine en mars 2008, cinq procédés de dépollution peuvent être considérés comme

« naturels ». Le tableau ci-dessous regroupe ces différentes techniques, les polluants concernés pour chacun d’eau ainsi que leurs avantages et inconvénients :

TABEAU 3 - PROCEDES DE DEPOLLUTION CONSIDERES COMME « NATURELS »

	Polluants concernés	Avantages / Inconvénients
Décantation	MES Hydrocarbures Métaux lourds sous forme particulaire	La pollution des eaux de ruissellement est essentiellement sous forme particulaire, ce procédé est donc adapté à la dépollution. / Les temps de séjour varient en fonction des débits entrants et des volumes à traiter. Il faudrait des volumes de stockage assez important.
Filtration	Pollution particulaire	Adapté car la pollution urbaine est particulaire. / Colmatage du filtre.
Dégradation par les micro-organismes	MO Nutriments HAP Métaux lourds	Aucun apport énergétique est nécessaire. / Les métaux ne sont pas dégradés mais juste piégés de manière plus ou moins durable. Le rendement varie selon les conditions du milieu. Les sous-produits de dégradation peuvent être plus dangereux. Il est difficile de maîtriser ces processus.
Phytoremédiation	Métaux lourds Nutriments	Coûts moins élevés. Intérêts paysagers. Pas d’apport énergétique externe. / Extraction limitée de polluants. Influence du milieu de vie donc rendement varié selon les saisons.
Stérilisation par les UV	Micro-organismes contenus dans l’eau	/ Seul les micro-organismes contenus dans l’eau sont concernés. Les UV n’agissent que sur une hauteur d’eau limitée.

Les formes que peuvent prendre les dispositifs de filtration sont nombreuses, en voici quelques-unes utilisées en milieu urbain :

- **Les noues /Bandes enherbées :**

Elles désignent des fossés ouverts, peu profonds et d’emprise large, servant au recueil, à la rétention et/ou à l’infiltration des EP. Elles sont généralement installées entre une zone de production de pollution (route) et une rivière. Elles constituent ce qu’on appelle une zone « tampon ». Leur intégration paysagère est simple compte tenu de son profil. Son entretien s’assimile à celui d’un espace vert.

- **Les fossés :**

Les fossés désignent des ouvrages linéaires à ciel ouvert de faible largeur et servant au recueil des eaux pluviales, à leur rétention et à leur évacuation par infiltration ou rejet dans un cours d’eau ou un réseau. Ils sont souvent utilisés le long des chemins départementaux.

- **Les toitures végétalisées :**

Ces dispositifs assurent une infiltration et un stockage temporaire des eaux pluviales, avec une restitution à faible débit vers l'exutoire. Ces techniques agissent comme des « éponges » et s'intègrent bien dans les zones urbaines car elles ne nécessitent pas d'espace foncier.



FIGURE 3 - TOITURE VEGETALISEE (SOURCE : ECOVEGETAL.FR)

- **Les bassins d'infiltration :**

Ils désignent des ouvrages de plusieurs mètres, voire plusieurs dizaines de mètres de profondeur évacuant les EP directement vers le sol. Cette technique, réalisable seulement si la perméabilité du sol le permet, s'intègre bien dans le tissu urbain du fait de sa faible emprise au sol.

- **Les parkings perméables ou végétalisés :**

Ces techniques, qui créent une possibilité d'infiltration dans les zones imperméables, sont très facilement intégrables dans le tissu urbain.



FIGURE 4 - PARKING VEGETALISE (SOURCE : ECOVEGETAL.FR)

- **Les jardins de pluie :**

Ces aménagements paysagers sont destinés à stocker, infiltrer ou ralentir les eaux de ruissellement provenant de surfaces imperméabilisées, telles que toitures, terrasses, places, allées et trottoirs. Les jardins de pluie alimentent les nappes, luttent contre les inondations et l'érosion, rafraîchissent la ville et favorisent la biodiversité.

- **Les filtres à sable plantés (à écoulement vertical ou horizontal) :**

Ces dispositifs incluent les trois étapes de traitement suivantes : ralentir le ruissellement pour favoriser la décantation, faire transiter les eaux par un substrat filtrant (simple couche de terre ou succession de couches de sable) pour retenir les polluants, fixer voire dégrader les polluants à l'aide des plantes et des micro-organismes associés au dispositif. Son entretien s'assimile à celui d'un espace vert.



FIGURE 5 - FILTRES A SABLE PLANTES (SOURCE : DEA)

3.4. Principales études de laboratoire sur les filtres plantés et leurs résultats

Le tableau suivant résume les résultats des études menées sur les systèmes de filtration. J'ai choisi dans cette partie de ne m'intéresser principalement qu'aux dispositifs de filtres plantés pour se rapprocher le plus possible de nos ouvrages d'étude. Ce travail permettra par la suite de comparer nos résultats en termes d'efficacité mais également de trouver des solutions aux éventuels problèmes rencontrés lors du suivi et de l'instrumentation des filtres horizontaux de Rosny-sous-Bois.

Je ne me suis intéressée qu'au systèmes à échelle réelle car de récentes études ont supposé que les recherches menées en laboratoires sur des colonnes de filtration ne reproduisaient pas tout à fait les conditions réelles nécessaires. La plupart des documents consultés ne présentent malheureusement peu ou pas de résultat concernant l'efficacité hydrologique (décalage des flux, réduction du débit, volume de stockage...). L'aspect épuratoire est généralement plus mis en avant.

TABLEAU 4 - PRINCIPALES ETUDES SUR LA METHODE DE DE POLLUTION DES EP PAR DES OUVRAGES DE FILTRES PLANTES (CARACTERISTIQUES DU SYSTEME / OBJECTIFS / RESULTATS)

Référence bibliographique	Type de système et projet	Objectifs et résultats
Valérie Giroud <i>et al</i> , 2007	° Filtres plantés de roseaux à écoulement vertical associés à des bassins de rétention à l'aval et à une décantation à l'amont mis en place en 2002 à Neydens (frontière Franco-Suisse) ° Eaux de ruissellement issus d'une route nationale (18.000véhicules/jours) et d'un parking ° 2600 m² de filtres et de bassins ° Collecte un BV de 2,8 ha dont 20000 m² de voiries, coefficient de ruissellement 0,71	Objectif : Les filtres plantés de roseaux ont été largement utilisés pour le traitement des EU. Ici alternative pour le traitement des EP. Premières notions d'efficacité sur le procédé car très peu de résultats, voire aucun, ne sont disponibles à ce jour concernant l'efficacité des FP de roseaux pour le traitement des EP. Résultats : Suivi météorologique par temps de pluie (> 10 mm) entre mai et septembre 2004 : + abattements de la pollution très significatifs (95% MES, 82% HAP, et jusqu'à 81 % métaux lourds), réduction considérable des risques d'inondation à l'aval. + Grande importance du bassin de sédimentation placé à l'amont du filtre. -rendements épuratoires faible pour les pluies de faible intensité

P. Molle <i>et al</i>, 2010 J-Y. Toussaint <i>et al</i>, 2013 Guide Technique du programme de recherche SEGTEUP, version novembre 2013	– Projet SEGTEUP : Filtres plantés de roseaux à écoulement vertical avec mise en place d’une réserve hydrique en fond de filtre pour assurer une fourniture en eau aux roseaux et mise en place d’une aération intermédiaire au-dessus de cette réserve ° Expérimentations menées en pilotes semi-industriels afin de comparer 9 différentes conceptions. ° Surface unitaire : 20 m² installé dans le département du Rhône (69) ° Mise en place d’un bassin de stockage des EP de 200 m³ afin de reproduire de manière identique les différents épisodes pluvieux sur l’ensemble des pilotes. ° Absence de prétraitement ° Mise en évidence de la variabilité spatiale par la prise en compte de 4 stations pluviométriques représentatives de 4 régions françaises identifiées comme potentiellement différentes en termes de climat	Objectifs : développer, optimiser et valider un procédé de traitement extensif des EP, réaliser une analyse approfondie de ses performances en termes de tampon hydraulique et d’épuration des polluants en comparant différents dimensionnements, définir des règles d’adaptation du dimensionnement des ouvrages aux différents hydrogrammes rencontrés sur le territoire Français, mettre en évidence des lois d’infiltration, obtenir des résultats permettant de généraliser des données. Résultats : + Aucune différence n’a été observée sur l’efficacité de filtration suivant les granulométries des matériaux utilisées + Le rendement de filtration dépend principalement de la concentration en MES en entrée car les micropolluants sont liés aux particules + La charge hydraulique appliquée n’a pas d’effets notable sur la filtration + Plus les concentrations en entrées sont élevées, plus les rendements seront importants -Les performances sur la fraction dissoute est négligeable ° Mise en évidence de l’impact de la nature et de la taille des matériaux sur les performances de rétention (grande importance du zéolite) ° La filtration est le principal mécanisme de rétention des HAP
---	--	---

P. Branchu <i>et al</i>, 2016	-Projet SEGTEUP prolongé aujourd’hui par le projet ADEPTE ° 3 filtres verticaux et 1 filtre horizontal mis en œuvre entre 2009 et 2012 ° Milieu urbain et péri-urbain, occupations du sol différentes, contextes hydroclimatiques différents ° Présence d’ouvrages complémentaires (désableur, bassin de décantation et lagune)	Objectif : donner des clés de dimensionnement et d’exploitation pour le développement à grande échelle des filtres plantés en assainissement pluvial Résultats : Pas de résultats pour le moment sur le filtre horizontal + Résultats similaires pour l’eau issu d’un réseau séparatif et pour la SRUTP + Abattement de la pollution très significatif (>95% MES et peu soumis à variation, 60% DCO, réduction de la concentration en ammonium, augmentation de la concentration en nitrates) -Difficulté de l’instrumentation ° Grande importance des ouvrages complémentaires ° Plus la concentration est forte en entrée, plus l’efficacité épuratoire est forte
--------------------------------------	--	---

3.5. Conclusion

Les ruissellements de temps de pluie sont, en termes de charge hydraulique et polluante, très hétérogènes d'un évènement à un autre. Cette hétérogénéité est liée au site (nature des revêtements et des accotements, densité du trafic, taille de bassin versant...) et à la nature de la pluie (volume, fréquence, intensité, type de précipitation). (V.Giroud, 2007) Lors de l'évaluation de l'efficacité épuratoire, nous nous intéresserons donc principalement à l'abattement de la pollution basée sur les flux plutôt que sur les concentrations.

A ce jour, les filtres plantés de roseaux à écoulement vertical, déjà utilisés pour la dépollution des eaux usées, constituent le procédé le plus développé en France pour la gestion des eaux pluviales. Ces systèmes peuvent accepter une charge hydraulique plus importante lorsqu'ils sont à écoulement vertical. Retenons donc que ce type d'ouvrage est plus sensible aux variations de charge hydrauliques et au colmatage lorsqu'il est à écoulement horizontal, ce qui est notre cas dans cette étude.

D'après les études précédentes, l'abattement de la pollution par ce type d'ouvrage est très significatif mais les rendements restent moindres pour les pluies de faible intensité. Ce qui nous entraîne, durant ce stage, à comparer le comportement des filtres horizontaux de Rosny-sous-Bois pour différents types d'évènements pluvieux.

Le fonctionnement des procédés naturels de dépollution basés sur un complexe filtrant est affecté à long terme par le colmatage réduisant leur performance hydraulique. De nombreuses questions subsistent concernant leurs performances techniques sur le long terme.

L'instrumentation des sites d'étude constitue une étape clé du processus de caractérisation des performances épuratoires. La première difficulté réside dans le fait que la majorité des ouvrages ne sont pas prévus dès leur phase d'étude pour l'instrumentation. Un choix de capteur doit être réalisé en fonction des gammes de débit attendus (P. Branchu, 2016).

Au-delà des frontières, les systèmes de biorétention, également connus sous le nom de biofiltres ou de jardin de pluie, sont les techniques les plus utilisées aux Etats-Unis pour la gestion des eaux pluviales. Ces ouvrages, qui se définissent même comme étant « les meilleures techniques de gestion des EP », se sont largement répandus (Sam A. Trowsdale, 2011). Les filtres plantés de roseaux sont utilisés pour le traitement et la rétention d'eau pluviales notamment en Australie, en Angleterre et en Allemagne (Esser, 2004).

4. SUIVI DE L'EFFICACITE D'UN OUVRAGE DE TRAITEMENT A L'AMONT DES EAUX PLUVIALES EN MILIEU URBAIN : LES FILTRES PLANTES A ECOULEMENT HORIZONTAL DE ROSNY-SOUS-BOIS

4.1. Présentation du site d'étude

Les ouvrages d'infiltration auxquels nous nous intéressons sont des dispositifs recevant les eaux de ruissellement d'un petit bassin versant de 0,341 hectares (bassin versant n°1 sur la figure 6) et situé à Rosny-sous-Bois (93110) à l'angle de la rue Lavoisier et de la rue Missak Manoukian, où la constitution du sol ne présente pas de capacité d'infiltration (voir [Annexe 5](#)).

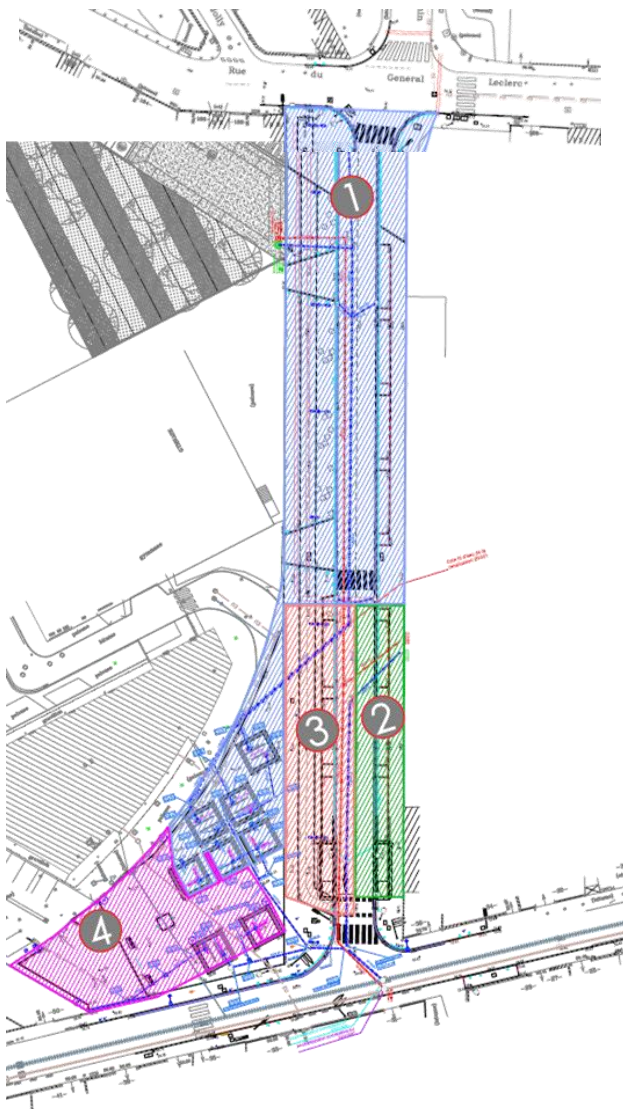


FIGURE 6 - BASSIN VERSANT ALIMENTANT LES FILTRES
(SOURCE : DEA)



FIGURE 7 - VUE AERIENNE DES DISPOSITIFS DE STOCKAGE
(BLEU) ET DES DISPOSITIFS DE DEPOLLUTION (ROUGE) (SOURCE
: DEA)

Les objectifs des dispositifs en termes de gestion des eaux pluviales diffèrent en fonction du type d'évènement pluvieux :

- Forte pluie : La réduction du pic de crue et du volume rejeté dans le milieu naturel, maîtrise du risque d'inondation, sécurité des biens et des personnes
- Faible pluie : L'abattement de la pollution et de ses impacts sur le milieu récepteur

Afin d'assurer les objectifs de gestion pour toutes les catégories de pluies, il convient de prendre en compte une double fonctionnalité dès la conception de l'ouvrage (MC Gromaire *et al*, AESN 2013).



FIGURE 8 - TRAJET DE L'EAU A TRAVERS LES OUVRAGES (SOURCE : DEA)

Les bassins de dépollution traitent les eaux de voiries et de trottoirs via le réseau de collecte situé sous la chaussée. Une canalisation $\Phi 600$ (de diamètre 600 mm) située à l'amont des trois bassins se divise en trois canalisations $\Phi 200$ qui alimentent chaque bassin de dépollution.

Des drains $\Phi 200$ permettent de diffuser les eaux à traiter dans la première couche de substrat. Pour une meilleure compréhension, nous avons réalisé un schéma représentant le filtre vu de haut : Des cloisons perpendiculaires à l'écoulement naturel de l'eau conditionnent les eaux à traverser horizontalement toutes les couches de granulométrie différentes (graviers 6-20 mm, gravillons 4-8 mm, sable grossier 2-4 mm, sable fin 0,1-2 mm puis gravillons 4-8 mm). Les eaux ainsi filtrées sont ensuite captées par des drains connectés à un regard avec tampon, pour être dirigées vers le réseau séparatif.

Le regard d'alimentation de chaque bassin de dépollution est équipé d'une grille afin de permettre une surverse à ciel ouvert dans le bassin en cas de fort événement pluvieux. Les eaux surversées s'infiltrent ensuite pour être filtrées.

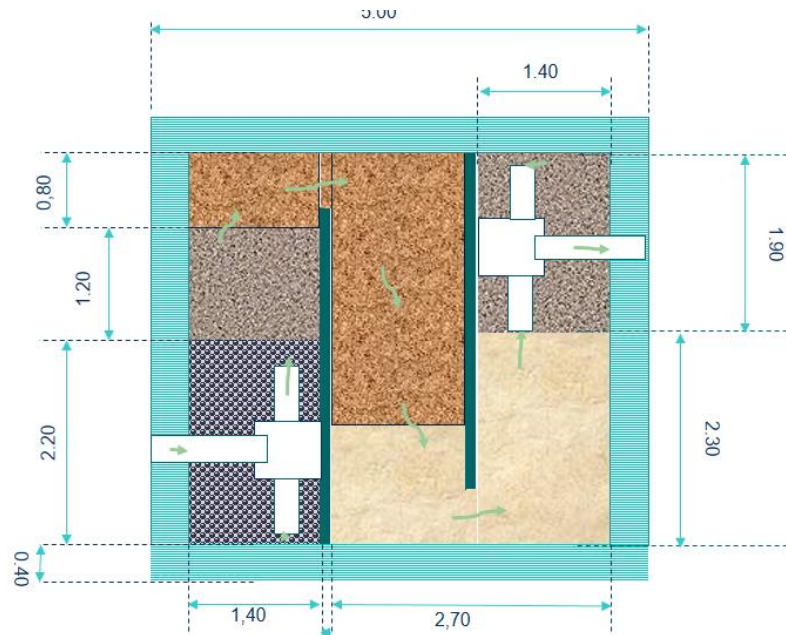


FIGURE 9 - SCHEMA DU FILTRE VU DE HAUT : TRAJET DE L'EAU A TRAVER LES DIFFERENTES COUCHES DE MATERIAUX (DIMENSIONS EN M)

Par l'étude de ces dispositifs présentés précédemment, je vais tenter d'apporter des réponses aux interrogations suivantes afin de répondre à ma problématique de départ :

- Efficacité hydrologique : le système est-il efficace en termes d'abattement de débit ou de volume ?
- Efficacité épuratoire : quel est le rendement de dépollution de ces ouvrages ? Les structures d'infiltration piègent-elles correctement les polluants ?
- Est-ce que les plantes accumulent réellement les polluants ? Devons-nous remettre en question la solution de la phytoremédiation ?
- Comment se comporte le substrat avec le temps ?

4.2. Gestion du site : collecte et transfert des données pour le suivi hydraulique des dispositifs

Nous avons fait le choix de traiter toutes les données depuis la mise en service de l'instrumentation jusqu'à la fin du stage : du 23 janvier au 31 août 2016. Cette étape a sans doute été la plus difficile lors de ce stage. En effet, la récupération des données est assez chronophage et dépend de la disponibilité de chaque agent impliqué dans le projet.

4.2.1. Données pluviométriques

Nous avons eu accès aux données au pas de temps de la minute de trois pluviomètres à auget situés à proximité du site d'étude⁴ via le logiciel de météorologie SILVHY accessible uniquement à la DEA. La hauteur de basculement de l'auget est de 0,2mm et chaque basculement est horodaté, ce qui permet de travailler par la suite à pas de temps fixe ou variable selon les besoins.

En général, la précipitation commence avant le premier basculement d'auget enregistré après une période de précipitation nulle d'une durée suffisante pour séparer deux évènements. Mais nous avons fixé arbitrairement le début de l'évènement à l'instant du premier basculement survenant après une période de précipitation nulle.

Nous avons commencé par séparer les différents évènements pluvieux pour les trois stations. On considère généralement que deux précipitations sont indépendantes si les effets résultants de la première ont cessé avant le début de la deuxième. Ce temps d'intervalle dépend donc des caractéristiques du bassin versant étudié. Notre bassin versant comprend des ouvrages retardant les écoulements, les effets consécutifs à une précipitation peuvent durer alors plusieurs heures voire dizaines d'heures et ceci conduit à choisir une durée de précipitation nulle très longue comme par exemple le temps de vidange du filtre pour distinguer les évènements pluvieux. Ce temps de vidange, comme on pourra le constater dans les parties suivantes de ce rapport, est très long et entraîne des regroupements importants de précipitation si on le considère comme durée de précipitation nulle entre deux évènements indépendants.

Avec plusieurs agents du Bureau Télégestion et Mesures (Service Gestion des Eaux), nous avons réalisé des simulations de scénarios sur le logiciel NIAGARA qui regroupe les données de capteurs de hauteur d'eau dans les différents bassins versant de la Seine-Saint-Denis. Nous en sommes arrivés à la conclusion qu'en moyenne quatre heures permettaient le retour aux conditions de temps sec sur le bassin versant où sont situés les filtres. J'ai donc pris cette durée-là comme intervalle pour espacer deux évènements pluvieux. Les tableaux en annexe 7 présentent les caractéristiques des différents évènements pluvieux depuis la mise en service de l'instrumentation sur les ouvrages.

La formule suivante a été utilisée pour calculer le volume ruisselé sur le bassin versant durant un évènement pluvieux :

$$V_{BV} = S_{BV} * C_r * H_{pluie}$$

V_{BV} : Volume théorique d'eau ruisselée sur le bassin versant

$S_{BV} = 3410 \text{ m}^2$: Surface du bassin versant (source : DEA)

$C_r = 0,85$: coefficient de ruissellement utilisé pour le calcul du volume théorique ruisselé sur le bassin versant (source : DEA)

H_{pluie} : hauteur de la précipitation

Suite à la comparaison des données de pluie des trois stations, il a été décidé que la pluviométrie de la station Neuilly-Plaisance correspondait le mieux à celle sur le site d'étude. Nous avons validé cette

⁴ Une carte des différentes stations se trouve en annexe 6.

hypothèse grâce aux images radars consultables via le bureau Télégestion et Mesures. Pour la suite du traitement des données, j'ai donc travaillé avec cette station-là, ce qui écartait également le risque de maximiser ou minimiser une donnée par un « moyennage » sur les trois stations.

Ces données pluviométriques permettent de comparer le comportement du filtre pour des événements pluvieux différents mais également de calculer un taux de recouvrement des prélèvements sur une pluie.

4.2.2. Données de hauteur, de vitesse et de débit

Le schéma ci-dessous indique les trois points de mesure sur le site :

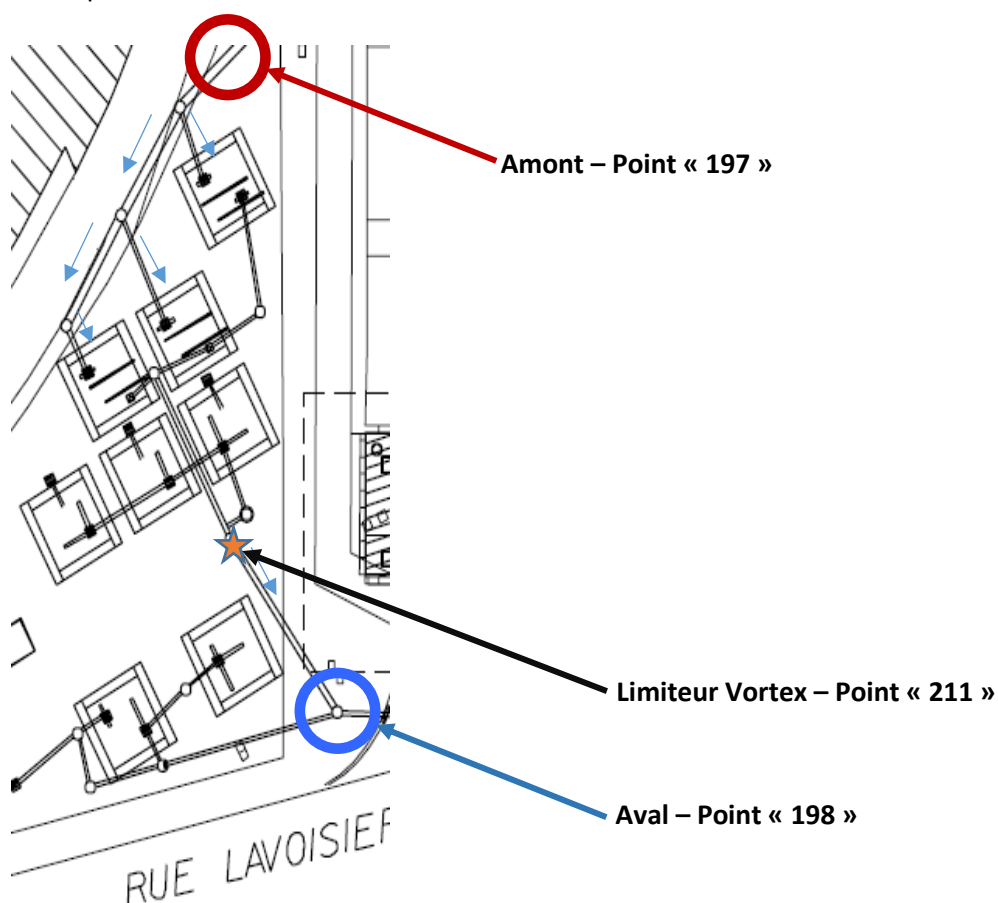


FIGURE 10 - POINTS DE MESURE ET DE PRELEVEMENT EN ENTREE ET EN SORTIE DES OUVRAGES SUR LE SITE (SOURCE : DEA)

TABEAU 5 - CARACTERISTIQUES DES POINTS DE MESURE ET DE PRELEVEMENT SUR LE SITE

Site & n° du point DEA	Lieu de l'instrumentation	Type de l'instrumentation	Gamme de mesure et précision	Données de mesure à récupérer
Amont, point n° <u>197</u>	Entré filtre à sable : canalisation Φ 600	Débitmètre électromagnétique (Tidaflux 2300 K, Krohne, Allemagne) Alimentation continue	Gamme de débit : -10 à 90L/s pour des écoulements	H, V, Q

			compris entre 10% et 100% du diamètre de la canalisation Précision : incertitude <1%	
Limiteur vortex, point n° 211	Amont du vortex	Limiteur de débit Vortex, mesure de hauteur Alimentation sur batterie, déclenchement à partir de 13 cm de hauteur	Gamme de débit : jusqu'à 3,4 L/s	H
Aval, point n° 198	Sortie filtre à sable : canalisation Ø 180	Déversoir triangulaire angle 53° (obturateur déversoir, Hydreka, France) associé à un débitmètre bulle à bulle pour la mesure de hauteur (Sigma 950, Hydreka, France) Alimentation sur batterie	Incertitude : 0,007%	H

- **Point 197 amont :** C'est la première fois que la DEA met en place un débitmètre électromagnétique. Cette méthode innovante permet d'effectuer des mesures sans la nécessité d'avoir une canalisation en charge : le dispositif fonctionne en conduite partiellement remplie (à partir de 10% de remplissage), un seuil a été mis en place pour garantir un niveau de remplissage suffisant.

La vitesse d'écoulement v ainsi que la section mouillée A permettent d'obtenir le débit Q selon la loi suivante :

$$Q(t) = v(t) * A(t)$$

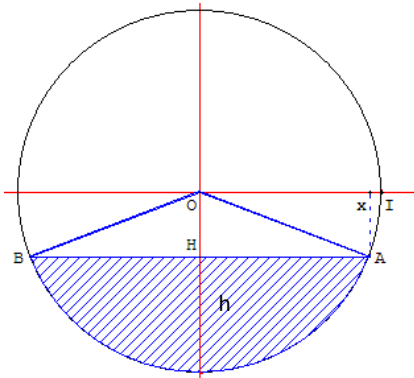
Q : débit en m^3/s

$v(t)$: vitesse d'écoulement en m/s

$A(t)$: section mouillée dans la canalisation en m^2 , nous avons $A = f(h)$

h : hauteur de l'eau dans la canalisation en m

R : rayon du disque en m



La section mouillée du cercle $A = S_{\text{disque}} - S_{\text{triangle OAB}}$
 Soit $A = \pi R^2 - \frac{1}{2} (R-h) * c$
 La longueur de la corde c (segment [BA]) est calculée à partir de la relation de Pythagore : $c = 2\sqrt{h(2R - h)}$
 Nous avons donc $A(h) = \pi R^2 - \frac{1}{2} (R-h) * 2\sqrt{h(2R - h)}$

- **Point 211 vortex :** Nous avons ici un limiteur de débit à ne pas confondre avec un régulateur de débit où quelque soit le débit d'entrée on obtient un débit constant en sortie. La récupération des données de hauteur est identique à celle du point 197. Une relation hauteur-débit fournie par le constructeur est ensuite utilisée à l'aide du logiciel SILVHY pour calculer le débit en amont du vortex. Elle se trouve en annexe 8.

La régulation du débit peut également se calculer théoriquement par la formule de Bernouilli :

$$Q = KS\sqrt{2gh}$$

Q : débit en m^3/s

K : coefficient défini par la forme de l'orifice de calibration $K = 0,62$ dans le cas d'un orifice circulaire en mince paroi

S : section de passage en m^2

g : accélération de la pesanteur $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

h : hauteur d'eau en amont du vortex

- **Point 198 aval :** l'équipe prélèvement est chargée de la récupération sur place des données de hauteur. Il faut récupérer les données brutes relevées avant qu'elles soient transmises au Bureau Etudes Avant-projets et Mesures pour validation. La mise en place d'un déversoir triangulaire⁵ permet le calcul du débit avec la géométrie de la canalisation. Une relation hauteur-débit (annexe 9), fournie par le constructeur, est utilisée pour le calcul du débit. Nous pouvons également calculer le débit avec une deuxième méthode trouvée dans la littérature⁶ :

$$Q = C_d * \frac{8}{15} * tg\left(\frac{\alpha}{2}\right) * \sqrt{2g} * y^{\frac{5}{2}}$$

y : épaisseur de la lame d'eau

α : angle d'échancrure en radian

C_d : coefficient de débit à caler

Afin d'obtenir toutes ces données hydrauliques brutes (sans transformation qu'implique le trajet), il a fallu récupérer les données sur place depuis l'instrument. Pour cela, la fiche « rapatriement des données » mise en place à la DEA a été changée pour cette étude. Elle se trouve en annexe 10. La récupération des données nécessite de travailler avec plusieurs agents dans des bureaux et des services différents⁷ :

AQ : (Service Gestion des Eaux – Bureau Télégestion et Mesures)

HB : (Service Gestion des Eaux – Bureau Télégestion et Mesures)

⁵ Les seuils à géométrie triangulaires sont déconseillés pour cause d'obstruction facile, ce qu'on a pu constater sur le terrain. Cela nécessite un entretien fréquent.

⁶ Document de travail fiche n°6 : calcul du débit à partir de la hauteur d'eau. Source : GRAIE-
<http://www.graie.org>

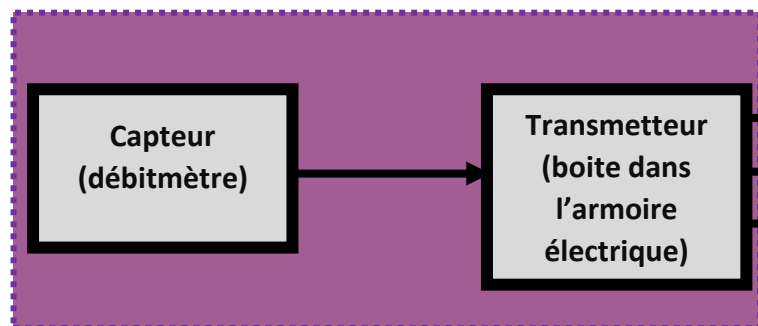
⁷ Les demandes sont à effectuer en général une à deux semaines à l'avance.

FD : (Service Hydrologie Urbaine et Environnement – Bureau Etudes Avant-projets et Mesures)
E-M : Equipe Mesure (Service Hydrologie Urbaine et Environnement – Bureau Qualité des Eaux)
E-Q : Equipe Prélèvement (Service Hydrologie Urbaine et Environnement - Bureau Qualité des Eaux)

La figure suivante retrace le trajet des données depuis les instruments jusqu'à la DEA :

197 amont

Débitmètre électromagnétique Khrono (HB, AQ, E-M))



H
v
Q

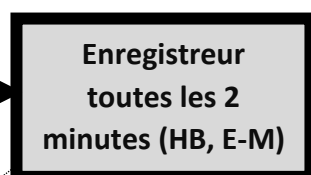
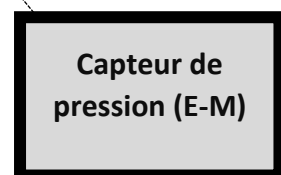
Signal analogique 4 – 20 mA (4 = 0 % et 20 = 100 %)
h : 0m(4mA) à 0,567m (20mA)
v : -0,02 m/s (4mA) à 1,8 m/s (20mA)
Q : -10L/s (4mA) à 90L/s (20mA)
Une règle de 3 est utilisée pour la conversion

Récupération des données brutes, (sans transformation) **manuellement**. Il y a conservation des données brutes 1 semaine dans l'enregistreur et 2 mois dans le serveur.

GSM

Vérification et entretien tous les 2 ans

211 Vortex

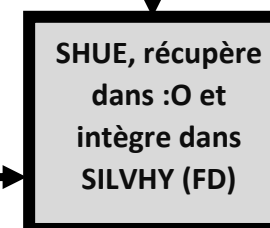
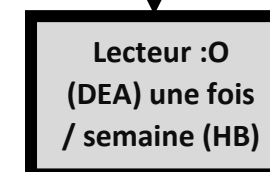
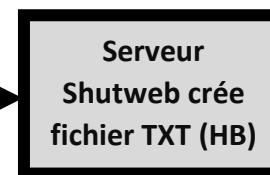


Enregistrement toutes les deux minutes car alimentation faite ici avec batterie
L'enregistreur alimente le capteur de type passif pour qu'il lui fournisse les données
2minutes = 1 an durée de vie batterie

GSM

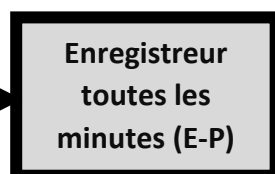
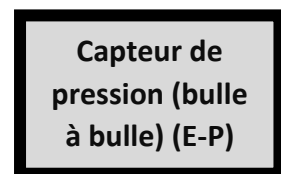
Pt 211 : problème au niveau du serveur pour le rapatriement des données à distance. Récupération des données sur place

Le serveur met les données sous format spécifique pour le pôle validation : 4 digits
h : m et NGF ; v : m/s ; Q : L/s (avec 2 chiffres après la virgule maximum)



Données validées

198 AVAL



Récupération de la mémoire sur place par les équipes terrain lors des interventions sur site (E-P)

FIGURE 11 - TRAJET DES DONNEES DEPUIS LES INSTRUMENTS JUSQU'A LA DEA

Le tableau suivant regroupe les plages de données que j'ai pu obtenir depuis la mise en place de l'instrumentation le 23 janvier 2016 :

TABLEAU 6 - PLAGES ET TYPES DE DONNEES DISPONIBLES DANS LES DIFFERENTS POINTS DE MESURE

	Amont : point 197	Amont du Vortex : point 211	Aval : point 198
Plages et types de données récupérées :	Hauteur, Vitesse, Débit 23/02/16 20 :03 → 03/06/16 23 :59	Hauteur -19/02/16 11 :05 → 03/03/16 10 :07	Hauteur -08/12/15 11 :15 → 01/03/16 15 :35
		-22/03/16 08 :54 → 11/05/16 11 :17	-02/03/16 21 :20 → 01/04/16 10 :10
		-18/05/16 à 05 :56 → 13/06/16 20h47	-10/05/16 21 :55 → 24/05/16 10 :10
			-31/05/16 06 :35 → 13/06/16 18 :50
Plages communes aux trois points :	-23/02/16 20 :03 → 01/03/16 15 :35 -22/03/16 08 :54 → 01/04/16 10 :10 -18/05/16 05 :56 → 24/05/16 10 :10 -31/05/16 06 :35 → 03/06/16 23 :59		

Comme nous pouvons le constater grâce au tableau précédent, depuis la mise en service des instruments de mesure le 23 janvier 2016, il y a un taux d'indisponibilité des données supérieur à 50%. En raison de nombreux dysfonctionnement expliqués par la suite, les plages où nous obtenons des données pour les trois points de mesure sont assez courtes. Il faudrait mettre en place une fréquence de rapatriement des données qui se fera manuellement et simultanément pour les trois points de mesures.

Amont du Vortex, point 211 : Un problème a eu lieu lors de la récupération des données du point 211 (vortex) : de nombreuses plages sont indisponibles car elles n'ont pas été récupérées à temps et ceci a entraîné leur suppression dans la mémoire interne.

Aval, point 198 : En raison d'un défaut de batterie à l'aval, de nombreuses plages de données n'ont pas été enregistrées. Ce problème a été constaté très tardivement car la batterie se trouvait dans une caisse de protection. Celle-ci a donc été changée et la vérification systématique de son fonctionnement a été ajoutée dans les fiches protocoles transmises aux équipes terrains. Lors de la dernière intervention sur le terrain, nous avons constaté sur la relève de la mémoire du débitmètre que la batterie de remplacement n'a fonctionné que quelques heures et s'est éteinte. Il n'y a donc aucune mesure à partir du 13 juin. Il s'est avéré, qu'étant anciennes, toutes les batteries de la DEA sont susceptibles d'être défectueuses. Pour remédier à ce problème, plusieurs solutions sont réalisables telles que brancher le débitmètre à une alimentation continue comme à l'amont ou racheter des batteries neuves. Si le transfert des données se faisait à distance comme pour les autres points de mesure (GSM), un éventuel dysfonctionnement aurait été constaté plus rapidement. Le déplacement des agents responsables se fait sur demande et les délais ne sont pas négligeables. Parmi les données de hauteur récupérées au point 198 (aval), nous retrouvons des données aberrantes telles que des hauteurs dans le déversoir supérieur à 90 cm. On remarque que ces données apparaissent à partir de la fin du mois de mai, soit en période de pluies exceptionnelles. Si ces valeurs

ne sont pas dues à la batterie, il est possible que la mesure de hauteur par le bulle-à-bulle ait eu un dysfonctionnement en raison de la pression dans la canalisation.

Une réunion entre les différents bureaux concernés (BLAU-BQE-BEAM) a été prévue afin de coordonner les méthodes de rapatriements et de calcul des données mais n'a pas pu être réalisée au cours du stage en raison des emplois du temps respectifs.

Le tableau suivant résume les difficultés rencontrées lors de la collecte et du traitement des données :

	Difficulté rencontrée :	Cause(s), origine(s) :	Solution(s) apportée(s) :	Proposition(s) d'action(s) :
Amont	Données ne comportant pas suffisamment de chiffres significatifs	Etape de validation (mettre les données en normes NGF et sous 4 digits)	Récupérer les données sur le serveur SHUTWEB	
	Données identiques	Le serveur effectue les mêmes manipulations que le pôle validation	Récupérer les données sur place manuellement	
	$Q = 0$ car $v = 0$ en période de pluie	Chute de la vitesse en dessous de la limite de détection du débitmètre	Traitement des données de hauteur	
Vortex	Délais d'attente pour la récupération des données = données perdues	Mauvaise organisation autour du rapatriement des données		Mettre en place une fréquence de rapatriement fixe !!
Aval	Données manquantes sur de longues périodes	Défaut de la batterie	Changement de la batterie	
	Données absentes depuis le changement de la batterie	Dysfonctionnement de la batterie de remplacement Batteries présentes à la DEA anciennes	Changement de la batterie	-Brancher le débitmètre à une alimentation continue -Effectuer un transfert des données à distance pour constater plus rapidement les problèmes

4.3. Méthodologie mise en place pour le suivi de l'efficacité épuratoire des dispositifs

4.3.1. Organisation

Afin de finaliser l'instrumentation sur le site pour évaluer l'efficacité épuratoire des filtres, j'ai eu à réaliser plusieurs interventions à l'aide des différentes équipes terrain de la DEA. Pour ceci, j'ai d'abord été convoquée et suivi une formation au pôle QSE (Qualité, Sécurité, Environnement) de la DEA.

Le schéma à la suite présente l'organisation pour la réalisation d'une intervention suite à une prise de décision.

1 : Selon l'intervention, une demande d'emprunt du matériel nécessaire doit être faite. Elle est effectuée sur place et le matériel est récupérée en même temps s'il est disponible.

2 : Accès à la cartographie et au SIG de la DEA.

3 : Sur le site d'étude des filtres plantés, les équipes prélèvements sont chargées d'effectuer la relève de la mémoire du débitmètre à l'aval (ce qui devrait se faire par l'équipe mesure normalement), de mettre en place, récupérer ou réparer les instruments et de mettre en place les moyens nécessaires pour une campagne de prélèvement. Avant chaque intervention, une demande de travail doit être effectuée auprès du contrôleur des différentes équipes. Une « demande de travail » est à rédiger et à déposer dans son casier. Une copie est envoyée par mail à tous les chefs d'équipes. Un exemple de cette demande est donné en annexe 11. Les équipes réalisent leur emploi du temps chaque vendredi après-midi pour la semaine qui suit. La date de l'intervention sera donc donnée selon leurs disponibilités, ce qui est contraignant pour le suivi du projet qui nécessite une mobilisation constante des agents et une anticipation des demandes d'intervention.

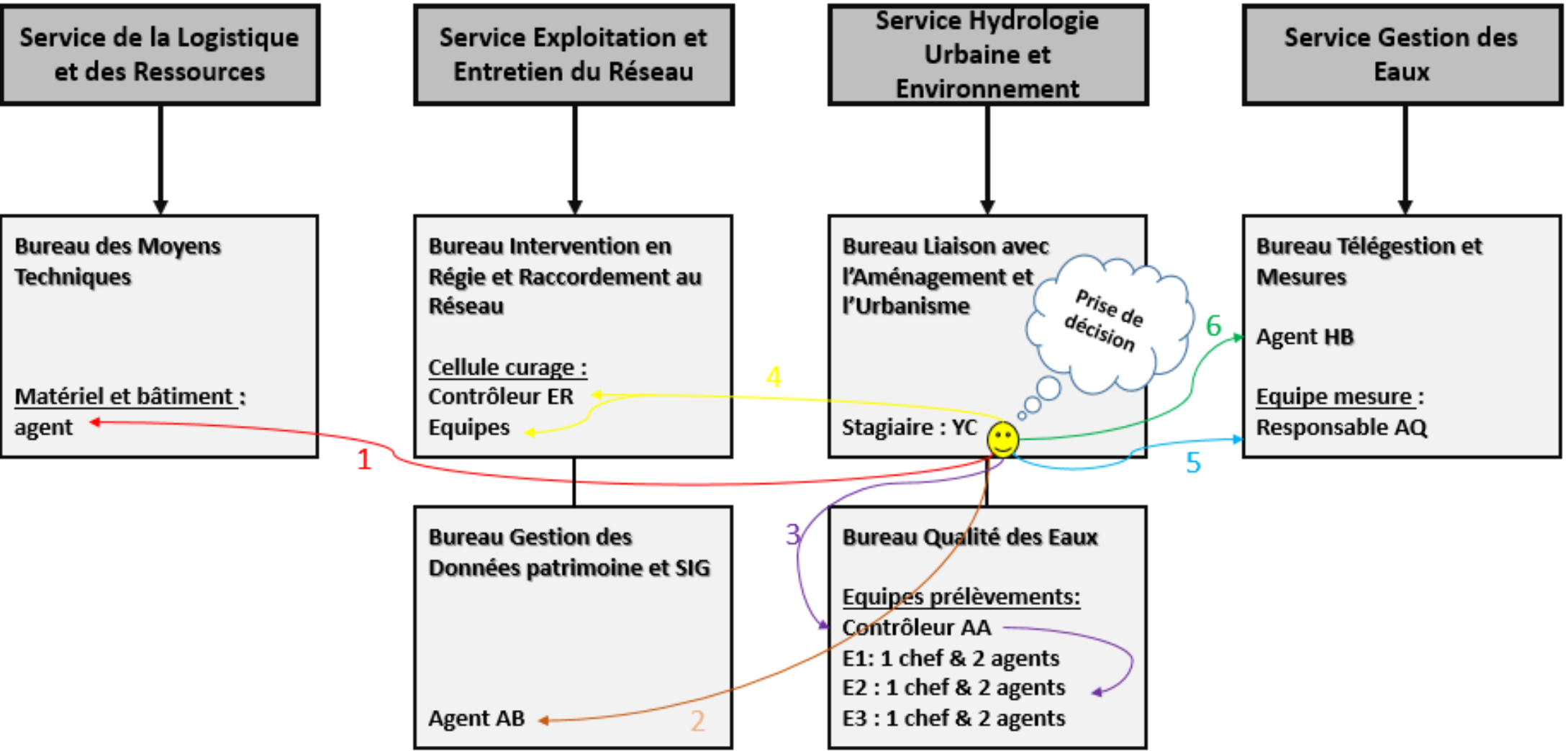
Le tableau de bord en annexe 12 regroupe toutes les interventions que j'ai pu réaliser sur le site d'étude au cours de mon stage. A la suite de chaque intervention, j'ai eu à rédiger un compte-rendu de visite à déposer sur le serveur de la DEA, un exemple de celui-ci est mis en annexe 13.

Une première fiche de terrain (annexe 14) a été réalisée et transmise aux équipes terrain. Cette fiche présente le protocole expérimental à suivre pour la mise en place d'une campagne de prélèvement après le stage. Le protocole indiqué dans cette fiche n'est pas fixe, il a déjà changé à plusieurs reprises et évoluera au cours du temps suite au retour d'expérience en concertation avec les équipes

4 : Lorsqu'il est nécessaire, une demande de curage doit être effectuée auprès du contrôleur de la cellule curage par téléphone. Les tests hydrauliques sur le site se font également avec l'hydrocureuse de la cellule curage. Suite au retour d'expérience, il est essentiel que les demandes soient anticipées de plusieurs semaines.

5 : Les travaux de câblage et les problèmes électriques de l'instrumentation sont réglés par le responsable de l'équipe mesure.

6 : La récupération des données brutes sur les points amont et vortex se fait sur demande directement auprès de l'agent concerné. La demande est réalisée selon la disponibilité et représente des délais non négligeables qui peut causer l'effacement des données dans la mémoire interne de l'appareil.



4.3.2. Instrumentation : difficultés rencontrées, solutions apportées et propositions d'action

De nombreux problèmes sont survenus concernant l'instrumentation des ouvrages. Dans cette partie, je vais décrire chronologiquement l'évolution de l'instrumentation : les problèmes que l'on a rencontré lors de ce stage, les solutions que l'on a trouvées ainsi que les propositions d'action pour l'avenir.

	Difficulté rencontrée :	Cause(s), origine(s) :	Solution(s) apportée(s) :
Amont	Problème d'aspiration du préleveur	Hauteur d'eau insuffisante dans la canalisation	Abaissement du niveau de la crépine de prélèvement
	Problème au niveau des électrodes du préleveur	Fort niveau de sédimentation ?	Nettoyage du préleveur & curage dans la canalisation
	Problème au niveau des électrodes du préleveur (persiste)	Panne du préleveur ?	Remplacement du préleveur
	Problème au niveau des électrodes du préleveur (persiste)	Reflux d'eau dans le préleveur ?	Surélévation du tuyau de prélèvement
	Faible recouvrement de la pluie par les prélèvements	Asservissement lié au débit et débit presque toujours nul selon le débitmètre électromagnétique	Changement du mode d'asservissement : choix d'un asservissement à la hauteur, prélèvements entre deux seuils et à pas de temps fixe
Aval	Le préleveur ne rentre pas dans le regard avec ses branchements (réfrigération)		Bricolage sur le préleveur & agrandissement du regard

A l'amont :

En amont, un préleveur multiflacon réfrigéré (Bülher 1029) asservi au débitmètre électromagnétique permet le prélèvement d'échantillons proportionnel au débit d'entrée selon un programme que l'on choisit. On y alterne des flacons d'un litre en verre et en plastique selon la campagne.

Malgré un débit présent lors d'un essai de prélèvement réalisé à l'aide d'une hydrocureuse au début du stage, la hauteur d'eau dans la canalisation était insuffisante pour permettre un prélèvement. Ceci a créé un problème au niveau du préleveur qui affichait « erreur aspiration ». La première solution a été de procéder à un abaissement de la crépine du niveau de 10 cm à un niveau de 8,5 cm du bas de la canalisation. Par la suite, un autre problème est survenu. Lors d'un événement pluvieux, le nombre de prélèvement a dépassé le maximum autorisé, un des flacons a débordé, la caisse du préleveur s'est retrouvée pleine d'eau et l'interrupteur ne fonctionnait plus. Le préleveur affichait « erreur électrodes ». L'hypothèse retenue a été que ce problème était dû au fort niveau de sédimentation dans la canalisation qui, par passage dans le préleveur, a créé une panne au niveau des électrodes dans le bol de prélèvement. La solution envisagée à ce jour a été de nettoyer le préleveur et de le remettre en marche après un curage dans la canalisation. Ceci n'a pas remédié au problème qui a persisté par la suite. Le préleveur a dû être remplacé. La rapidité de l'augmentation du niveau de sédimentation

est sûrement dû au chantier à proximité du site, nous avons d'ailleurs trouvé de la laitance (morceaux de ciment mouillé) lors du curage des canalisations. Nous avons mis en place une fréquence de curage mais en raison de la baisse d'effectif au niveau du service concerné et la forte sollicitation des agents pour parvenir aux objectifs annuels fixés, il y a eu beaucoup d'attente après chaque demande d'intervention. A ce jour, nous supposons que la raison de ce dysfonctionnement est le reflux de l'eau dans le préleveur lorsque la canalisation est en charge. En effet, la mémoire du préleveur n'affiche pas de prélèvements effectués et le problème a eu lieu durant les événements pluvieux exceptionnels du mois de mai. La solution a été de surélever le préleveur pour remédier à ce problème (seul le tuyau a été surélevé pour éviter de casser l'instrument).

L'asservissement du préleveur étant relié au débit, et celui-ci ayant presque toujours une valeur nulle selon le débitmètre, nous n'avons pas obtenu un bon recouvrement de la pluie lors des campagnes tests mis en place. Ce que l'on peut constater sur les différentes relèves de la mémoire du préleveur que j'ai pu effectuer. Prenons pour exemple les relevés des prélèvements effectués sur la pluie du 26 et 27 mars 2016 qui se trouve en annexe 15 :

D'après les caractéristiques des événements pluvieux étudiés précédemment, un volume d'environ 30 m³ devait traverser le filtre ce jour-là. Le préleveur, asservi au débitmètre, était censé prélever 215 mL tous les 200 L passés selon le programme pré-actionné. Ce volume passant est calculé à partir du débit relevé par le débitmètre, or rappelons que la vitesse relevée a presque toujours une valeur nulle. Nous n'avons donc pas obtenu un prélèvement tous les 200L passés. Le taux de recouvrement de la pluie est donc très inférieur à celui qu'on aurait pu obtenir. Pour la plupart des pluies, il n'y a pas du tout eu de prélèvement car ceux-ci étaient proportionnels au débit. Nous avons donc finalement opté pour un asservissement à la hauteur⁸, ce qui nécessitait des travaux de câblages supplémentaires. Nous avons donc actuellement le déclenchement du préleveur à un seuil de 10 cm, l'arrêt à un seuil de 9 cm⁹ et un prélèvement à pas de temps fixe.

Pour le choix du pas de temps, nous avons réalisé une étude statistique des durées de « mise en eau » entre les deux seuils de la canalisation au point 197 pour les événements simples (sans accumulation d'événements pluvieux). Les calculs statistiques se trouvent dans l'annexe 16. Nous avons choisi un pas de temps de sept minutes. Toutefois, les calculs sont à refaire car le nombre d'événement pris en compte est trop faible pour une étude statistique : en effet, les pluies de faible intensité ne dépassent pas les seuils programmés.

A l'aval :

A l'aval, nous avons un préleveur monoflacon réfrigéré (AS950) ou nous devons également alterner flacons en verre et en plastique.

Au début du stage, il manquait juste le câble d'asservissement entre le débitmètre et le préleveur. En raison des contraintes de marché, la livraison de ce câble a pris beaucoup de retard. Nous l'avons reçu à la fin du mois d'avril. Suite à la réception du câble, nous avons constaté que le préleveur ne rentrait pas dans le regard à cause du câble de la réfrigération. Nous aurions dû mesurer les dimensions du préleveur et ses branchements avant de prévoir la pose sur terrain. Nous avons deux solutions réalisables : effectuer un bricolage sur le préleveur ou agrandir le regard. Le bricolage sur le préleveur étant irréversible et pouvant induire des dysfonctionnements au niveau de la réfrigération, nous avons

⁸ Ce mode d'asservissement permet la réalisation d'un pollutogramme. Nous n'avons pas pu choisir des seuils identiques.

⁹ La tige de prélèvement se trouve à une hauteur de 8,5 cm du bas de la canalisation

préféré agrandir le regard. En raison des délais de la DICT, les travaux n'ont pas pu être réalisés avant la fin du mois de juin.

4.4. Evaluation de l'accumulation des polluants dans le substrat

Les polluants peuvent se retrouver au niveau du substrat, des végétaux, de l'eau et de la terre végétale. La localisation et le nombre de points de prélèvements doivent permettre d'assurer la représentativité de l'échantillonnage sur la zone étudiée. L'analyse du substrat dans les filtres plantés a plusieurs objectifs qui sont les suivants :

- Evaluer avec plus de précision les polluants piégés par le filtre
- Avoir une connaissance de la répartition de la pollution dans l'ouvrage. Obtenir un profil de décroissance des polluants le long du filtre. Quelles sont les couches qui stoppent le mieux les polluants ?
- Evaluer le taux de colmatage qui a des conséquences sur l'efficacité du filtre

Pour réaliser ces analyses, un protocole expérimental a été mis en place ([annexe 17](#)). L'échantillonnage sur le site a été réalisé sur un seul filtre. Nous avons dû attendre un temps sec pour réaliser les prélèvements car le carotteur ne prélevait pas le sable mouillé. (Le tableau en [annexe 18](#) regroupe les polluants à analyser dans le cadre du projet ROULEPUR.)

L'échantillonnage a pu être réalisé sur deux points seulement et sur quatre profondeurs. En effet, l'humidité présente en profondeur du filtre n'a pas permis de prélever l'intégralité et le matériel disponible ne permettait pas d'extraction dans le sable grossier. Il existe plusieurs types de préleveurs, mais je pense que le plus adapté au sable grossier serait l'échantillonneur « cuillère/soupape » comportant un clapet anti-retour :

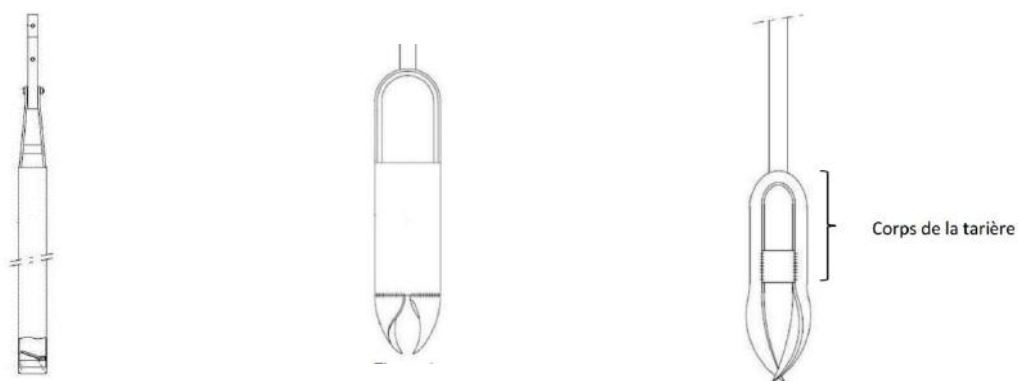


FIGURE 12 - DIFFERENTS MODELS DE PRELEVEURS (DANS L'ORDRE : CUIILLERE/SOUPAPE, TARIERE DE TYPE "RIVERSIDE" ET TARIERE POUR SOLS CAILLOUTEUX)

Les premiers résultats des analyses de métaux nous sont parvenus après le stage, ils sont disponibles en [annexe 19](#). D'après les résultats, on observe seulement une évolution de la concentration en Zinc qui a tendance à augmenter en profondeur du filtre. Cette pollution est susceptible de provenir des ruissellements de toitures des habitations à proximité. Les autres composés analysés n'évoluent pas selon la profondeur de l'échantillonnage ou le point de prélèvement : nous pouvons émettre ici deux hypothèses à ce phénomène

- Ces concentrations présentent la composition chimique du sable
- La capacité de rétention des métaux du sable est faible

5. PREMIERS RESULTATS SUR L'ANALYSE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE

Aucune campagne de prélèvement n'a pu être réalisée au cours de ce stage en raison des dysfonctionnements rencontrés durant l'instrumentation. Dans cette partie, nous ne présenterons donc pas de résultats sur l'efficacité épuratoire.

5.1. Données de mesures : une fiabilité du débitmètre électromagnétique remise en question

Lors du traitement des données validées du débitmètre, nous avons constaté que les résultats des calculs du volume entrant dans le filtre étaient très inférieurs au volume théorique ruisselé sur le bassin versant mais également très inférieurs à celui sortant du filtre, ce qui est incohérent. Le graphique ci-dessous en est un exemple :

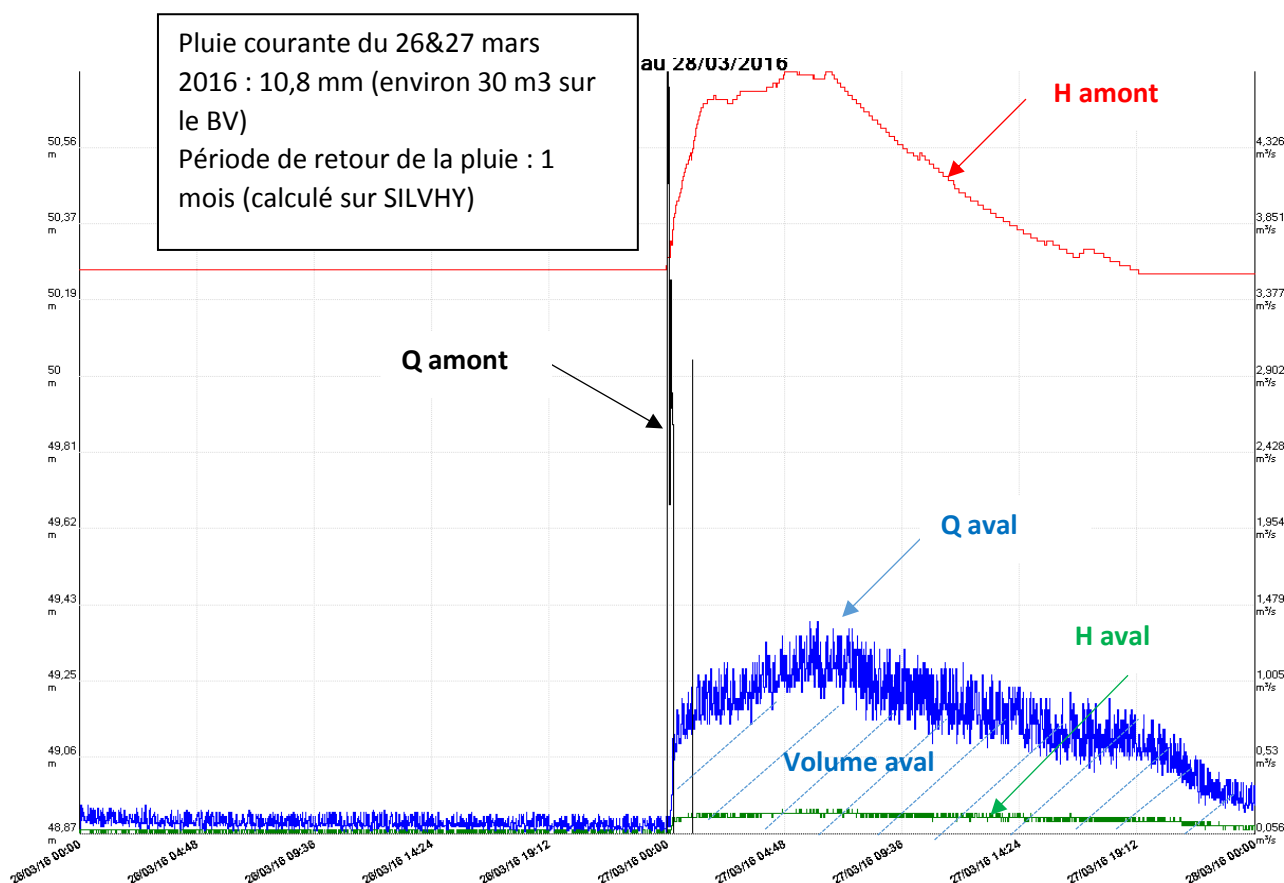
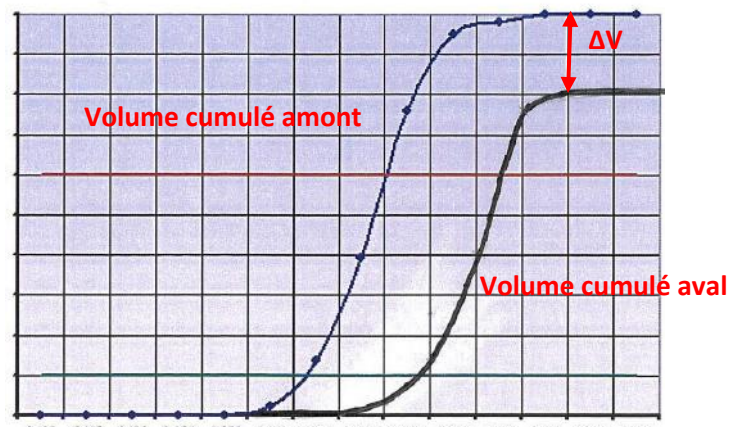


FIGURE 13 - HYDROGRAMME : COMPORTEMENT DU FILTRE LORS D'UNE PLUIE COURANTE

Nous observons bien une diminution de la charge en sortie du filtre. Les données de débit « nulle » à l'amont ne nous ont pas permis de calculer le volume stocké dans les filtres suite à un événement pluvieux, soit l'abattement de volume :



Les données utilisées pour réaliser le graphique précédent correspondent à celles validées par le Bureau Etudes, Avant-Projets et Mesures comme il est indiqué dans le schéma du trajet des données. La première hypothèse retenue a été que le problème provenait de l'étape de validation qui créaient une perte de données en dessous d'un certain seuil.

Pourtant, même après l'étude des données « brutes », le problème persiste. Certes, les données de hauteur récupérées sont plus fiables, précises et exploitables mais les données de vitesse et de débit à l'amont restent identiques : elles ont une valeur « nulle » pour presque tous les événements. Le filtre agissant comme un tampon, les vitesses sont alors peut-être trop faibles voire inférieures à la limite de détection pour être mesurées. Lorsque l'on regarde les données de mesure numériquement, on constate qu'il n'y a pas de débit inférieur à 1L/s, les données passent instantanément de la valeur seuil à un débit supérieur ou égal à 1L/s, on retrouve le même phénomène pour la vitesse :

	A	B	C	D	
1	Date et heure	Hauteur à l'amont (m)	Vitesse à l'amont (m/s)	Débit à l'amont (L/s)	H.
2360	02/03/2016 15:18	0,069	0,002	0,02	
2361	02/03/2016 15:19	0,069	0,002	0,02	
2362	02/03/2016 15:20	0,069	0,002	0,01	
2363	02/03/2016 15:21	0,069	0,002	0,01	
2364	02/03/2016 15:22	0,069	0,002	0,02	
2365	02/03/2016 15:23	0,069	0,002	0,015	
2366	02/03/2016 15:24	0,069	0,002	0,01	
2367	02/03/2016 15:25	0,092	0,177	5,022	
2368	02/03/2016 15:26	0,114	0,22	8,036	
2369	02/03/2016 15:27	0,116	0,202	8,045	
2370	02/03/2016 15:28	0,116	0,183	7,073	
2371	02/03/2016 15:29	0,136	0,136	6,281	
2372	02/03/2016 15:30	0,161	0,111	6,543	
2373	02/03/2016 15:31	0,192	0,073	5,466	
2374	02/03/2016 15:32	0,217	0,06	4,789	
2375	02/03/2016 15:33	0,24	0,042	4,097	
2376	02/03/2016 15:34	0,257	0,033	3,682	
2377	02/03/2016 15:35	0,275	0,002	2,461	
2378	02/03/2016 15:36	0,303	0,002	0,015	
2379	02/03/2016 15:37	0,32	0,002	1,255	
2380	02/03/2016 15:38	0,337	0,002	0,01	
2381	02/03/2016 15:39	0,355	0,002	0,015	
2382	02/03/2016 15:40	0,355	0,002	0,015	
2383	02/03/2016 15:41	0,369	0,003	0,025	
2384	02/03/2016 15:42	0,383	0,002	0,015	
2385	02/03/2016 15:43	0,397	0,003	0,02	

Valeur de temps
sec, valeur « 0 »

Données de débit
associées à des
vitesses nulles !

FIGURE 14 - EXEMPLE DE DONNEES DE HAUTEUR, DE VITESSE ET DE DEBIT MESUREES PAR LE DEBITMETRE ELECTROMAGNETIQUE

Sur certains évènements, nous avons des données de vitesse sans aucune variation de la hauteur qui reste à sa valeur seuil comme on peut le voir sur le graphique suivant :

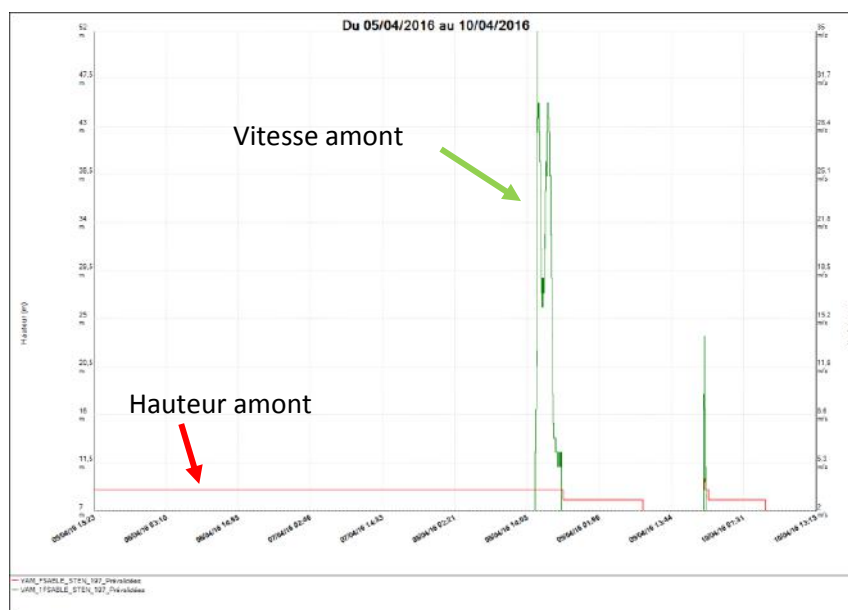


FIGURE 15 - DEFAUTS DE MESURE DU DEBITMETRE A L'AMONT

Ceci nous mène à nous interroger sur la fiabilité du débitmètre électromagnétique, il faudrait peut-être essayer une autre méthode de mesure telle que la méthode volumétrique à l'aide d'un auget. Cette méthode, qui a été utilisée dans le cadre du projet Trafipollu, est généralement pratiquée pour les débits très faibles mais nécessite un dénivelé. Elle permet de déterminer le débit à partir du temps nécessaire pour remplir l'eau d'un récipient d'une contenance déterminée. Il reste à voir cependant si des méthodes alternatives peuvent être mises en place dans notre système.

5.2. Analyses des données disponibles

5.2.1. Comportement du filtre lors d'un évènement pluvieux : hydrogrammes

Le tableau suivant regroupe quelques évènements hydrauliques observés au mois de mars à partir des données disponibles ainsi que leurs caractéristiques. (Si on compare le tableau des évènements hydrauliques avec celui des évènements pluvieux sur le bassin versant, on remarque que certains évènements pluvieux sont « invisibles » pour le débitmètre électromagnétique : ces pluies correspondent généralement aux pluies de très faible intensité et de hauteur inférieure à 3mm.)

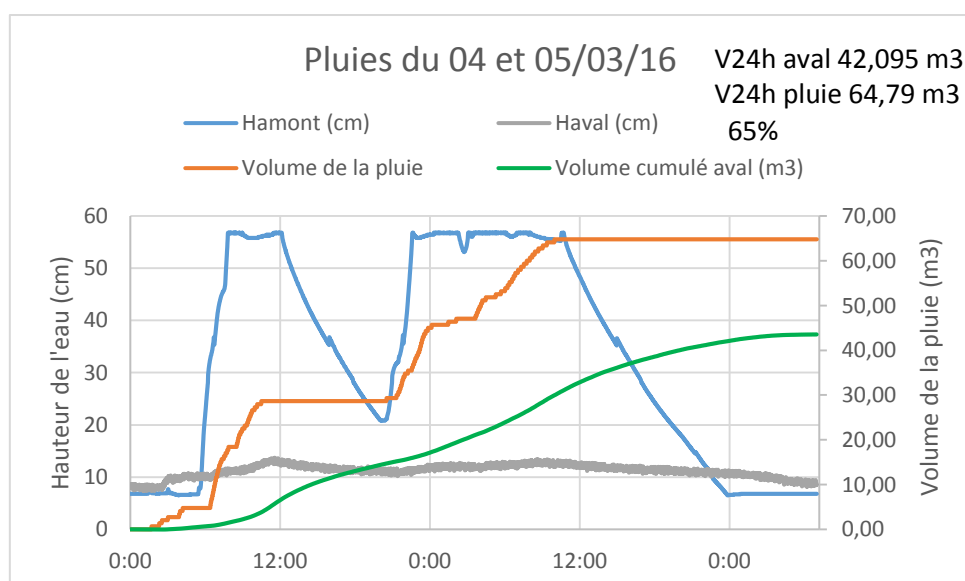
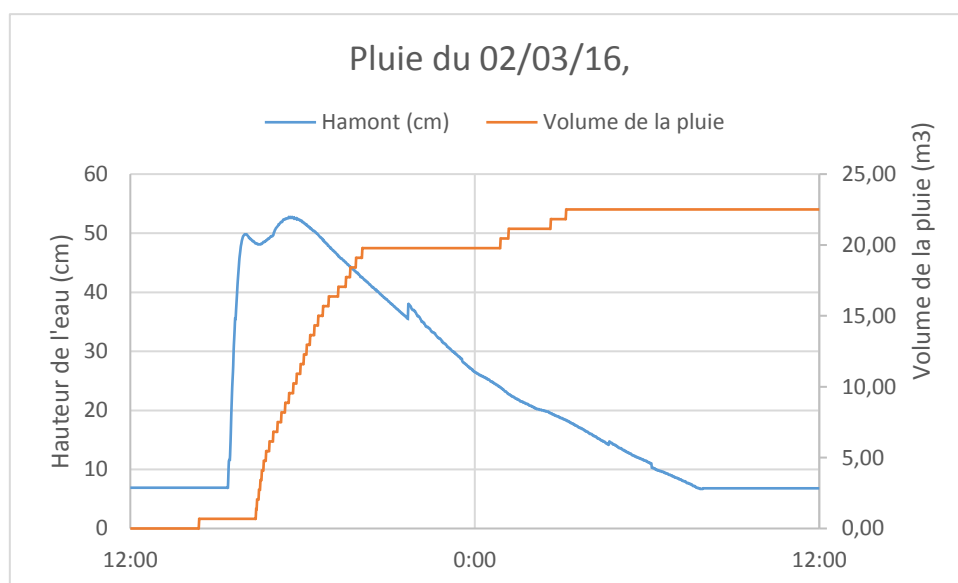
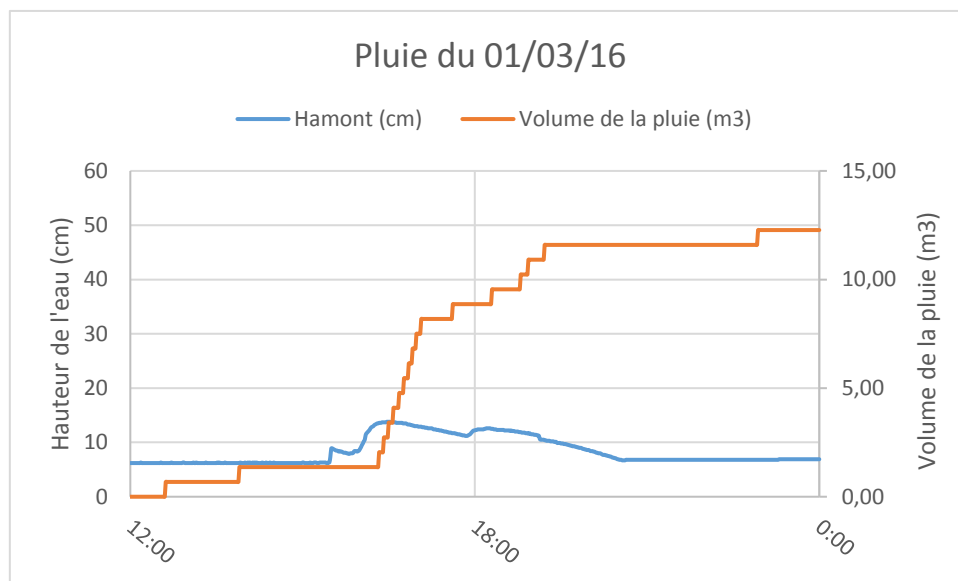
TABLEAU 7 - CARACTERISTIQUES DES EVENEMENTS HYDRAULIQUES DU FILTRE

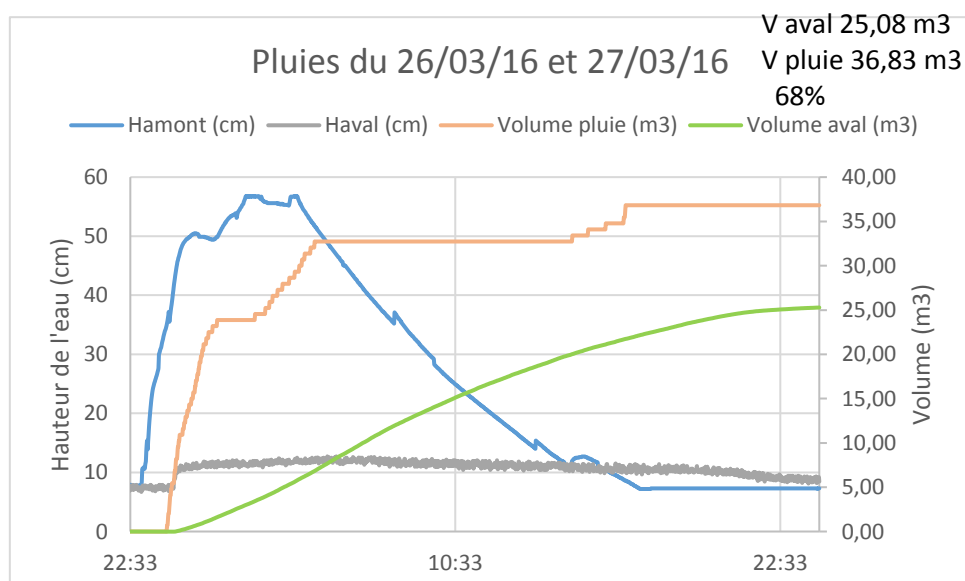
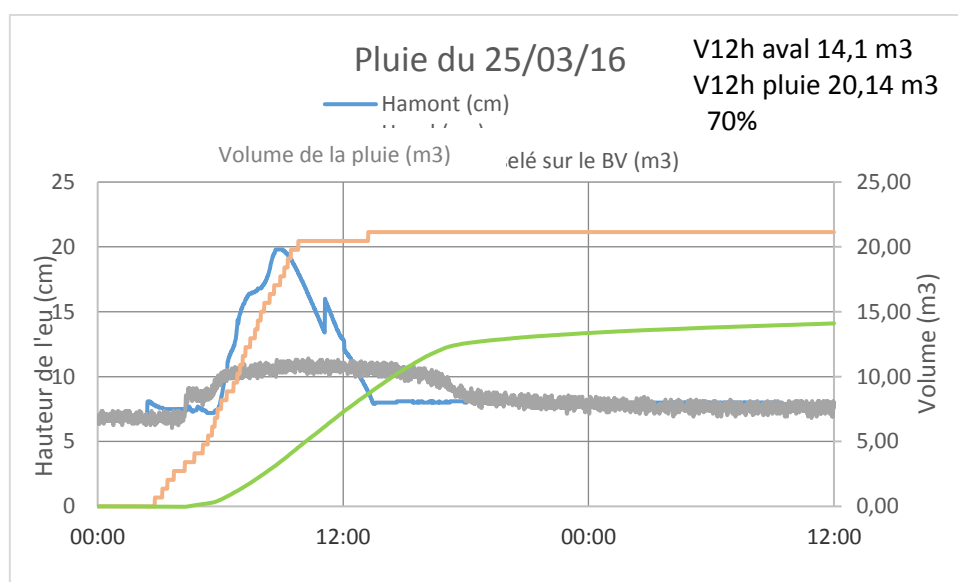
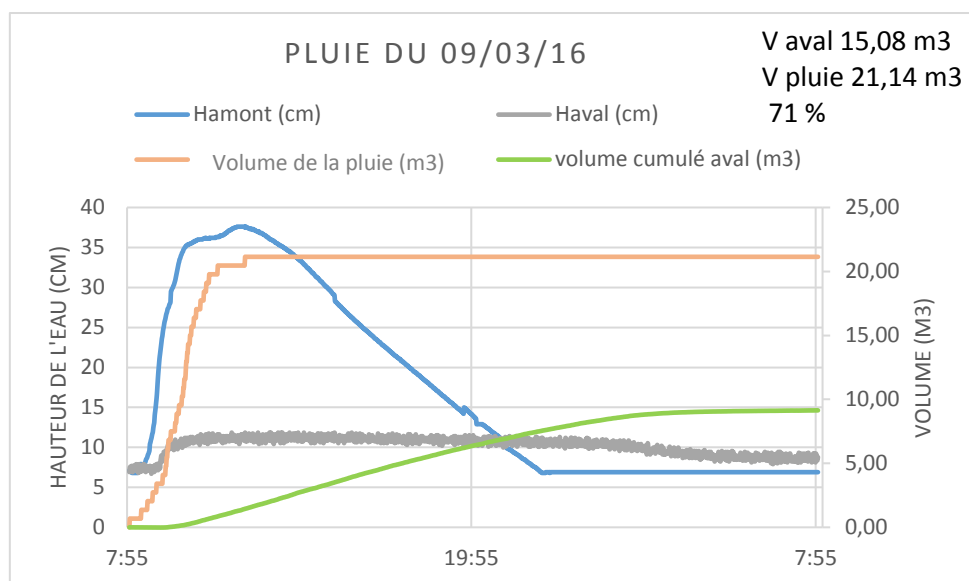
Evènement pluvieux correspondant et ses caractéristiques ¹⁰	Hauteur maximale atteinte dans la canalisation à l'amont (cm)	Temps de vidange	Volume sortant du filtre (calculé à partir de Q à partir	Volume sortant du filtre (calculé à partir de Q vortex) (m3)
--	---	------------------	--	--

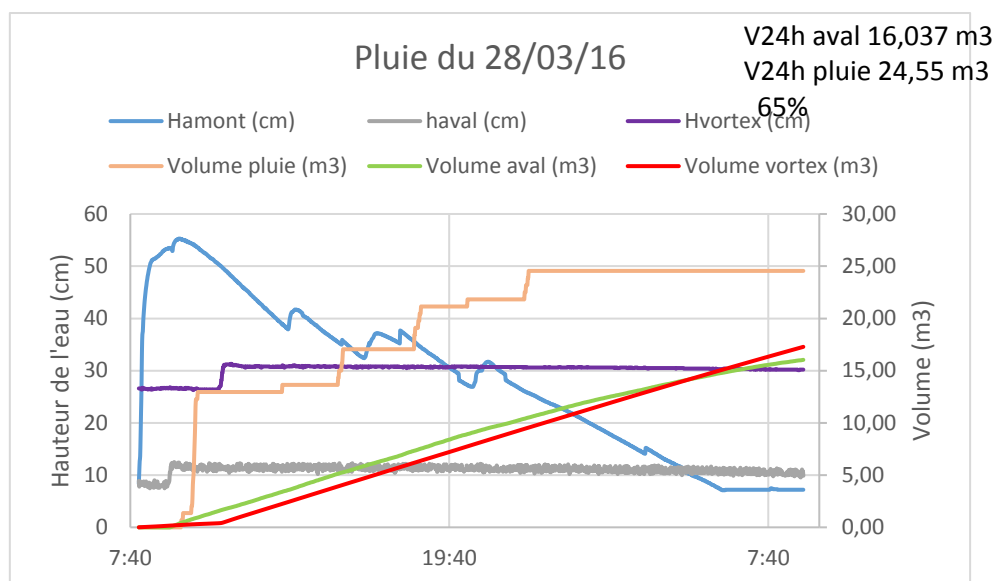
¹⁰ Données présentes en annexe 7 (nous rappelons que la pluviométrie de la station Neuilly-Plaisance a été prise en compte)

			de Qaval) (m3)	
Pluie du 01/03/16 Durée : 06 :36 Hauteur : 3,4mm Volume total ¹¹ de la pluie : 12,28m3	12,6	02 :12	Pas de données //	Pas de données //
Pluie du 02/03/16 Durée : 05 :41 Hauteur : 5,8mm Volume total de la pluie : 22,51m3	52,7	14 :04	Pas de données //	Pas de données //
Pluies du 04/03/16 & 05/03/16 Volume total de la pluie : 64,79m3	Charge complète	12 :52	42,095	Pas de données //
Pluie du 09/03/16 Durée : 04 :01 Hauteur : 6,2 mm Volume total de la pluie : 21,14m3	3,76	10 :15	15,08	Pas de données //
Pluie du 25/03/16 Durée : 07 :01 Hauteur : 6mm Volume total de la pluie : 20,14m3	19,8	04 :26	14,1	Pas de données //
Pluies du 26/03/16 & 27/03/16 Volume total de la pluie : 36,83m3	56,8	12,29	25,08	Pas de données //
Pluie du 28/03/16 Durée 13 :04 Hauteur : 7,2 mm Volume total de la pluie : 24,55m3	55,3	20 :23	16,037	17,294

¹¹ Nous ne prendrons pas en compte ici le coefficient de ruissellement donné par la littérature (0,85). Nous tenterons de le calculer à partir des résultats obtenus.







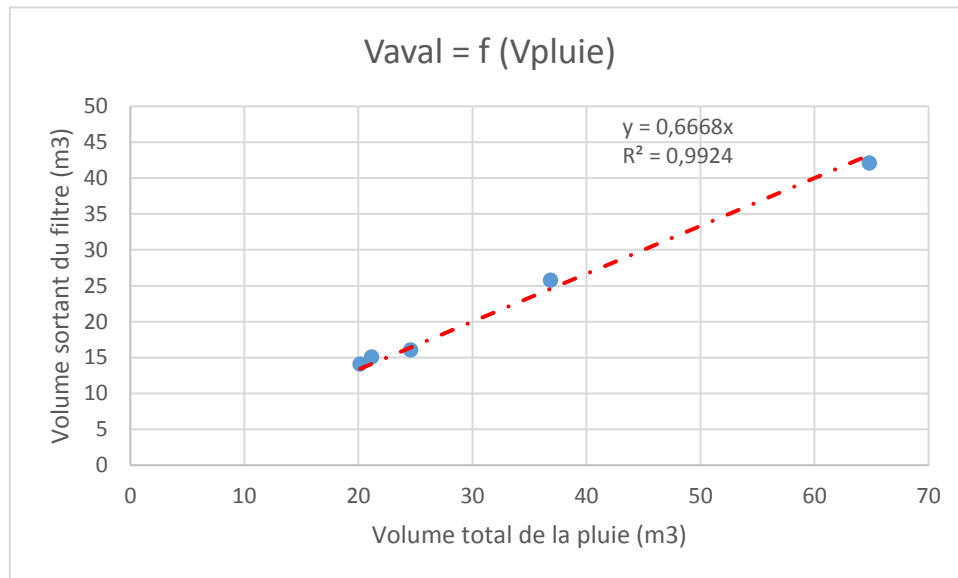
On remarque parfois un décalage entre le début de l'évènement pluvieux et la réaction du filtre qui peut commencer avant la pluie. Pour évaluer le volume passant par le filtre, nous aurions pu émettre l'hypothèse que le volume ruisselé sur le bassin versant (calculé théoriquement précédemment) est égal au volume d'eau traversant le filtre, mais il est possible qu'en raison de la distance, les pluviomètres consultés ne soient pas assez représentatifs de ce qu'il se passe au niveau du bassin versant où sont situés les filtres. Il faudrait installer un pluviomètre sur le site d'étude, mais ceci s'est avéré impossible en raison de la hauteur des immeubles à proximités des filtres qui ne convient pas aux normes imposées par MétéoFrance (il faudrait que la distance entre le pluviomètre et un obstacle soit trois fois supérieure à la hauteur de cet obstacle). Néanmoins, l'installation d'un pluviomètre ponctuel durant l'étude permettrait tout de même de diminuer les incertitudes obtenues actuellement.

Les données du vortex en mars (absentes) n'ont pas permis de vérifier la corrélation entre le débit de celui-ci et le débit à l'aval (point 198).

5.2.2. Comportement du filtre lors d'un évènement exceptionnel ou lors d'un regroupement d'évènements pluvieux

Pour ces types d'évènements pluvieux, comme nous pouvons le constater dans les graphiques précédents, la canalisation se retrouve en pleine charge. Il est nécessaire de rajouter un capteur de mesure de hauteur d'eau par pression à l'amont. La mesure de hauteur d'eau associée au débitmètre ne mesure que le taux de remplissage de la canalisation. Lorsque celle-ci est pleine, cette mesure plafonne et ne donne plus d'indication de la charge hydraulique en entrée du filtre (pression) et ne permet pas d'évaluer le niveau d'eau atteint au niveau de la grille en entrée du filtre (et donc d'identifier s'il y a eu stockage en surface).

5.2.3. Calcul et vérification du coefficient de ruissellement du bassin versant



La courbe ci-dessus, où on a le volume sortant du filtre en fonction du volume total de la pluie (sans prendre en compte le coefficient de ruissellement donné par la littérature) nous donne une indication du coefficient de ruissellement réel du bassin versant qui est d'environ 0,7. Celui donné dans la littérature est de 0,85. Pour moins d'incertitude, ce coefficient doit être vérifié pour tous les événements dont les données sont disponibles. Nous pouvons également estimer ce coefficient avec les informations géographiques sur le bassin versant.

5.2.4. Temps de vidange du filtre

Le temps de vidange a été calculé à partir de la hauteur d'eau dans la canalisation à l'amont, il correspond à la durée entre la hauteur maximale atteinte et le retour à la hauteur « 0 ». Ce temps est assez long et entraîne le regroupement de plusieurs événements pluvieux : il se peut qu'avant que la canalisation ait eu le temps de se vider, elle se remplit de nouveau et se retrouve complètement en charge (Pluies du 04/03/16 ou par exemple).

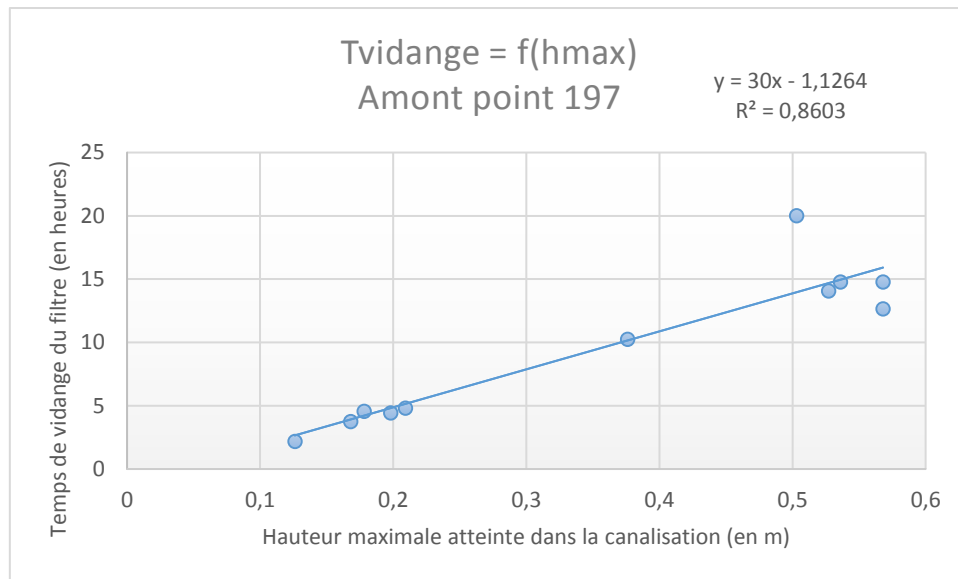
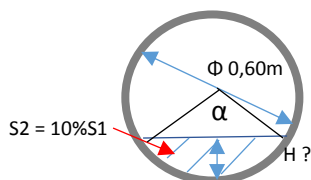


FIGURE 16 - GRAPHIQUE : TEMPS DE VIDANGE DU FILTRE EN FONCTION DE LA HAUTEUR MAXIMALE ATTEINTE EN AMONT

Le graphique ci-dessus représente le temps de vidange du filtre en fonction de la hauteur maximale atteinte dans la canalisation. C'est une courbe à tendance linéaire. La validité de la régression a été vérifiée à l'aide d'un test statistique (test R^2 , calculs en annexe 20). Quel que soit l'intensité de l'évènement pluvieux, le filtre impose une vitesse de percolation constante, ce qui est comparable à un débit de fuite. Cette « vitesse de vidange » constante est dû soit à l'obstacle hydraulique créé par le filtre ou bien au limiteur vortex.

5.3. Problèmes de mesures liés à la sédimentation

Les ouvrages ne sont pas équipés de dispositifs de prétraitement mais l'obstacle créé par les filtres entraîne un ralentissement de l'eau et favorisent donc la décantation. Dans les données de hauteur relevé sur le débitmètre à l'amont, on remarque que la hauteur présente un niveau seuil dans les alentours de 6cm. Nous avons supposé en premier lieu que cette hauteur correspondait à celle du seuil mis en place pour assurer les 10% de remplissage de la canalisation, mais d'après les calculs ci-dessous, ce n'est pas le cas :



$$\begin{aligned}
 R &= 30 \text{ cm} \rightarrow S1 = 2827,43 \text{ cm}^2 \\
 S2 &= 10\% S1 = 282,74 \text{ cm}^2 \\
 S2 &= \pi R^2 \frac{\alpha}{360} - \frac{1}{2} R^2 \sin(\alpha) = 282,74 \text{ cm}^2 \\
 7,8539\alpha - 450\sin(\alpha) &= 282,74 \text{ cm}^2 \\
 \alpha &= 90,024^\circ \\
 h &= 8,79 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

De plus, ce niveau « 0 » (valeur de temps sec) augmente après chaque évènement pluvieux. Nous pouvons supposer que cette hauteur est une indication du niveau de sédimentation dans la canalisation car il diminue après un curage. Cependant, il n'est pas tout à fait en accord avec les relevés

du niveau d'ensablement effectués lors des interventions sur terrain¹². Le 8 avril 2016, le niveau « 0 » est passé de 9,3cm à 6,5 cm après un curage. Le niveau a diminué de 3,2 cm mais la relève du niveau de sédimentation avant le curage était de plus de 7 cm. Nous pouvons donc également supposer que c'est la sédimentation qui entraîne des défauts de mesure.

La forte augmentation du niveau de sédimentation dans la canalisation à l'amont des filtres a eu un impact sur l'instrumentation. Cette sédimentation rapide a conduit à une gestion plus poussée de l'ouvrage, soit à une amélioration de la maintenance et de l'efficacité du filtre. Mais le curage n'est pas une solution permanente, il faut envisager une meilleure solution pour remédier aux difficultés générées par l'ensablement. Effectivement, le curage systématique n'est pas forcément souhaitable car il modifie le fonctionnement du système par rapport à son usage normal et ceci peut avoir des répercussions sur la représentativité des concentrations et efficacités mesurées. Plusieurs solutions ont été proposées lors des réunions du GLIP¹³ comme par exemple l'ajout d'un venturi, d'un désableur ou d'un ajutage dans la canalisation. En raison de nombreuses contraintes telles que le manque de temps et de budget, ces solutions n'ont pas pu être réalisées au cours de mon stage.

A l'aval, nous avons récupéré des données de débit en période sèche. L'obstruction du déversoir est sûrement la raison de ces biais de mesure. Comme il a été indiqué dans les parties précédentes de ce mémoire, les seuils à géométrie triangulaire et proportionnels sont déconseillés pour cause d'obstruction facile. Il existe d'autres géométries de seuil que l'on peut installer en réseau d'assainissement :

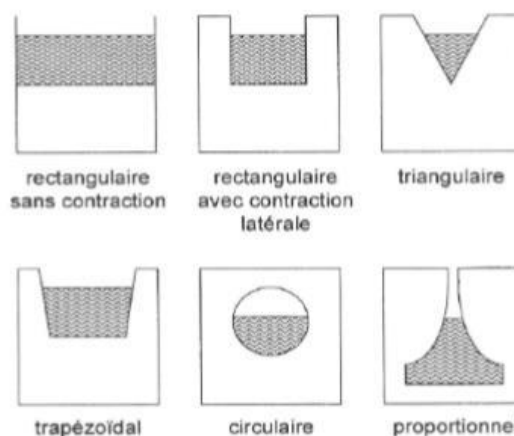


FIGURE 17 - GEOMETRIE DES DIFFERENTS SEUIL (SOURCE : WWW.GRAIE.ORG)

¹² Le tableau de suivi du niveau d'ensablement dans la canalisation $\Phi 600$ au point 197 AMONT est disponible en [annexe 21](#)

¹³ Les réunions du GLIP (groupe de liaison inter-projets) portent sur les performances des ouvrages de gestion des EP au sein des trois projets coordonnés : ROULEPUR, MICROMEGAS et MATRIOCHKAS. Au cours de ces réunions, plusieurs thèmes sont abordés tels que l'instrumentation réalisée, la méthodologie adoptée ou encore les critères d'évaluation de l'efficacité hydrologique.

6. CONCLUSION

6.1. Bilan général sur le mémoire et sur le stage

Durant ce stage, je me suis retrouvée face à des exigences scientifiques confrontées à des contraintes de terrain. En raison des freins rencontrés lors de l'instrumentation, tous les objectifs fixés n'ont pas pu être atteints. Cependant, l'instrumentation a été finalisée permettant ainsi de débiter rapidement une campagne de prélèvement. La deuxième mission, qui était le suivi de l'efficacité hydrologique et épuratoire du filtre a donc finalement été la mise en place des moyens pour ce suivi.

L'organisation autour de cette étude n'est pas claire et est à revoir, elle a constitué l'étape la plus difficile lors de ce stage. Celle-ci nécessite de travailler avec de nombreux services et bureaux différents pour une même tâche : prenons pour exemple la récupération des données sur le filtre qui dépend de trois bureaux différents ou encore une équipe « prélèvement » chargée de récupérer les données sur un des points de mesure sur le site. De plus, les délais impliqués par les demandes de travail ne sont pas négligeables pour l'avancement du projet qui nécessite une mobilisation constante des équipes terrain notamment lors d'une campagne de prélèvement ou concernant le rapatriement des données. Le système administratif et organisationnel complexe ne permet pas l'avancée rapide du projet.

L'absence d'entretien de ce type d'ouvrage conduit rapidement à les rendre inefficaces, ce qui a été le cas lors de ce stage car le curage des canalisations n'avait pas été fait précédemment. En effet, nous avons pu trouver des matériaux en provenance des chantiers à proximités dans les regards qui risquent de boucher les filtres. Un ouvrage compris est un ouvrage entretenu et ceci nécessite une sensibilisation autour de ces dispositifs. Ceci permettrait de protéger l'ouvrage de certaines pratiques et de prévenir les riverains des éventuels dangers. Des panneaux pédagogiques explicatifs peuvent être installés à proximité des filtres tel qu'il a été lors du projet SEGTEUP. L'information peut également être diffusée lors de réunions ou dans des journaux ou plaquettes par exemple.

Avant la mise en place des ouvrages et de son instrumentation, les contraintes de maintenance et de gestion (organisation) doivent être définies. Dans le rapport d'étude destiné à la DEA (troisième mission de ce stage), une partie est consacrée aux recommandations et préconisations pour la poursuite du projet.

A la suite de l'étude, il serait intéressant de s'interroger sur la revalorisation des eaux ainsi traitées, pourraient-elles servir à arroser les plantes sur le filtre ou les espaces verts à proximité ?

6.2. Bilan personnel et perspectives professionnelles

Travailler en équipe a été un réel apprentissage car ceci demande de concilier les volontés de tous les membres d'un projet. Ce stage a été très enrichissant et la gestion de ce projet m'a offert une excellente préparation pour mon insertion professionnelle. J'ai pu confronter mes connaissances théoriques avec une mise en situation professionnelle et ceci m'a permis de développer mon sens de l'autonomie et de la réflexion.

BIBLIOGRAPHIE

Sites web consultés

www.eaufrance.fr/comprendre/la-politique-publique-de-l-eau/la-directive-cadre-sur-l-eau

www.onema.fr/LUTTE-CONTRE-LES-MICROPOLLUANTS

www.irstea.fr/toutes-les-actualites/departement-eaux/micropolluants-eaux-usees-stations-epuration-armistiq

<http://www.lagazettedescommunes.com/416362/jardins-de-pluie-une-dimension-ecologique-et-paysagere/>

http://www.territoires-ville.cerema.fr/IMG/pdf/Les-multiples-vertus-des-jardins-de-pluie_cle6af988.pdf

<http://www.jardinsdefrance.org/jardins-de-pluie/>

<http://parking.ecovegetal.com/fr/solutions/parking>

<http://www.adepte-pluvial.org/>

Thèses

Adèle Bressy. Flux de micropolluants dans les eaux de ruissellement urbaines : effets de différents modes de gestion des eaux pluviales. Thèse soutenue en 2010. Consultable sur <https://leesu.univ-paris-est.fr>

Carolina Gonzales-Merchan. Amélioration des connaissances sur le colmatage des systèmes d'infiltration d'eaux pluviales. Thèse soutenue en 2012. Consultable sur <http://theses.insa-lyon.fr>

Julien Fournel. Systèmes extensifs de gestion et de traitement des eaux urbaines de temps de pluie. Thèse soutenue en 2012. Consultable sur www.biu-montpellier.fr

Articles

Sam A. Trowsdale *et al.* Urban stormwater using bioretention. *Journal of Hydrology*, 2011. P167-174. [Consultable sur ScienceDirect]

K. Zhang *et al.* The validation of stormwater biofilters for micropollutant removal using in situ challenge tests. *Ecological Engineering*, 2014. P1-10. [Consultable sur ScienceDirect]

I. Mangangka *et al.* Performance characterisation of a stormwater treatment bioretention basin. *Journal of Environmental Management*, 2015. P173-178. [Consultable sur ScienceDirect]

M. Ryciewicz-Borecki *et al.* Bioaccumulation of copper, lead, and zinc in six macrophyte species grown in simulated stormwater bioretention systems. *Journal of Environmental Management*, 2016. P267-275. [Consultable sur ScienceDirect]

D. Esser *et al.* Les filtres plantés de roseaux : application au traitement d'eaux pluviales. Congrès Novatech, 2004.

Valérie Giroud *et al.* Les filtres plantés de roseaux pour le traitement des eaux pluviales : notions d'efficacité. Congrès Novatech, 2007.

P. Molle *et al.* Traitement des eaux urbaines de temps de pluie par filtres plantés de roseaux à écoulement vertical : approche globale du projet de recherche SEGTEUP. Congrès Novatech, 2010.

B. E. Hatt *et al.* Rétention par filtres des métaux lourds dans les eaux de ruissellement : analyse de courbes de rupture. Congrès Novatech, 2010.

K. Bratières *et al.* Conductivité hydraulique et rendement épuratoire de filtres de biorétention à base de sable. Congrès Novatech, 2010.

JY. Toussaint *et al.* Ingénierie et perception sociale : synergie entre opérateur et scientifiques pour la validation d'une filière extensive de traitement des surverses de DO. Congrès Novatech, 2013.

N. Duclos, P. Molle *et al.* Les massifs filtrant plantés pour traiter les micropolluants issus des eaux de ruissellement urbain de trois bassins versants résidentiels. Congrès Novatech, 2013.

V. Giroud *et al.* Gestion des eaux pluviales, usages et zone humide urbaine : parc Ouagadougou de Grenoble. Congrès Novatech, 2013.

N. Duclos *et al.* Restauration d'un cours d'eau urbain associant la création d'un corridor écologique et le traitement des eaux pluviales de trois bassins versants résidentiels urbains. Congrès Novatech, 2013.

P. Branchu *et al.* Evaluation du fonctionnement épuratoire de filtres plantés de roseaux pour le traitement de rejets urbains par temps de pluie : le projet ADEPTE. Congrès Novatech, 2016.

HYDROPLUS, le magazine des professionnels de l'eau et de l'assainissement. Dépollution des eaux pluviales. Numéro 232. P 42 à 49.

Livres

Jean Rodier. L'analyse de l'eau. 9^{ème} édition entièrement mise à jour. Editions Dunod.

Edith Floret-Miguet. Quelles stratégies pour limiter les transferts de pollution des rejets urbains par temps de pluie. Transfert des polluants dans les hydrosystèmes, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. P 103 à 114.

Christian Roux. Exploitation de données pluviométriques en zone urbaine : cas de la Seine-Saint-Denis. Mesures et Environnement. Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. P 113 à 128.

Guides techniques

Etude des dispositifs naturels de dépollution des eaux pluviales. Composante Urbaine. Mars 2008.

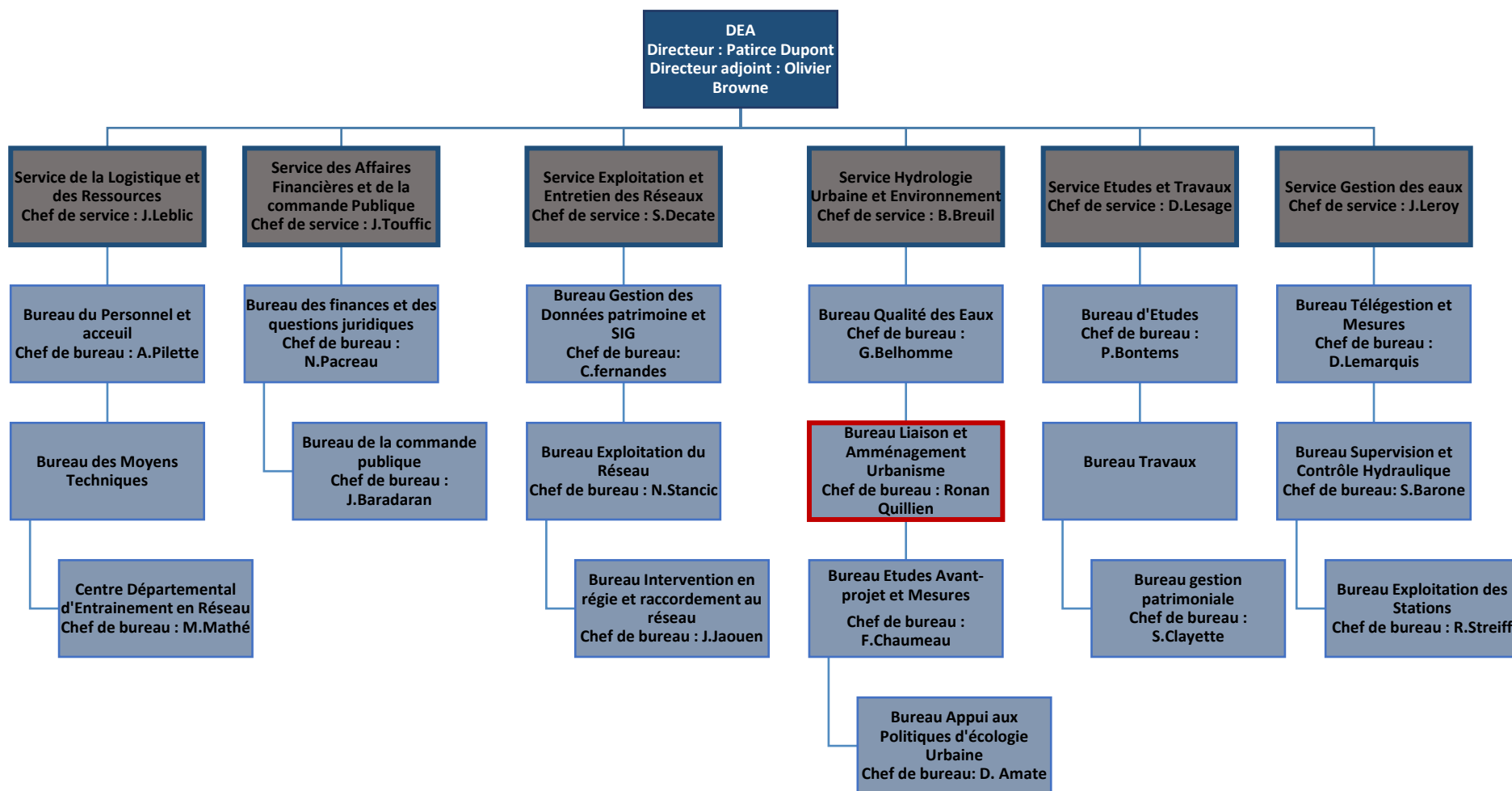
Outils de bonne gestion des eaux de ruissellement en zones urbaines, document d'orientation pour une meilleure maîtrise des pollutions dès l'origine du ruissellement. Agence de l'Eau Seine Normandie-LEESU-Composante Urbaine. Mars 2013.

Gestion et traitement des eaux pluviales. Les classeurs de Techni.Cités.

Programme de recherche SEGTEUP, guide technique, version novembre 2013. Consultable sur <http://www.graie.org/segteup/spip.php?article45>

ANNEXES

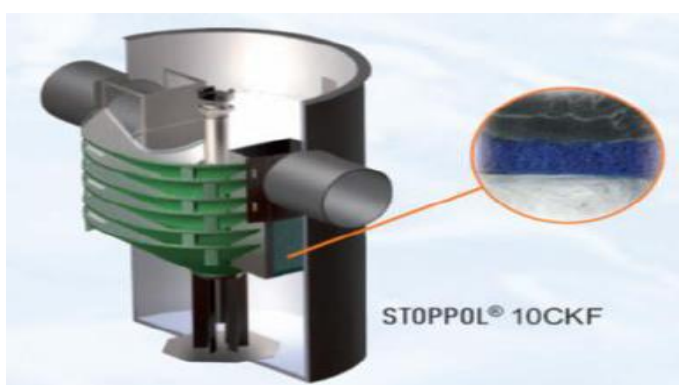
Annexe 1 : Organigramme de la DEA



Annexe 2 : Descriptif des quatre solutions innovantes étudiées dans le cadre du projet ROULEPUR¹⁴



*Parking perméabilisé à Villeneuve-le-Roi (Val de Marne), développé par la société Ecovégétal
Proximité de l'aéroport d'Orly – surface : 1278m²
Site en cours d'instrumentation :
- mesure du débit : augets
- prélèvements : (monoflacons réfrigérés)*



*STOPPOL® à Paris, développé par St Dizier
Environnement
Eaux de voiries à très forte circulation surface BV :
1040m²
Fonctions : dégrillage, décantation, filtration par absorption ou adsorption par le filtre
- 3 mesures de débit seulement à l'aval car non modifié : augets basculant de 5L + débitmètre à corrélation d'échos + piezomètre avec loi hauteur/débit
- prélèvements : préleveur monoflacon réfrigéré*



*Bandes enherbées et fossés filtrants et infiltrants à
Compans (Seine-et-Marne)
Eaux de voiries, proximité de l'aéroport CDG
- mesure du débit : augets basculant
- prélèvements : préleveur monoflacon réfrigéré*

¹⁴ Un descriptif complet des ouvrages est décrit dans l'article « Mesurer l'efficacité des techniques alternatives pour la maîtrise des flux polluants : un challenge métrologique. Le cas de quatre dispositifs innovants suivis dans le cadre du projet roulépur » (Novatech, 2016)

Annexe 3 : Avant-propos du rapport d'étude pour la DEA

Le projet de recherche ROULEPUR, retenu dans le cadre de l'appel à projets « Innovations et changements de pratiques : micropolluants des eaux urbaines » lancé par l'ONEMA, a pour but l'évaluation de solutions innovantes de gestion à la source des micropolluants dans les eaux en provenance de voiries et de parkings. Ce projet, coordonné par le LEESU, comporte plusieurs tâches dont les objectifs sont les suivants : diagnostiquer la composition chimique des eaux et leur toxicité, identifier les sources primaires de contamination, évaluer in-situ l'efficacité de plusieurs solutions innovantes de traitement à la source de techniques différentes, analyser les performances globales de ces solutions (ACV) et leur durabilité (maintenance, vieillissement), évaluer l'acceptabilité sociale et technique et enfin déterminer le coût global et le potentiel de diffusion des solutions proposées en fonction du contexte local.

Dans le cadre des objectifs définis par le schéma AUDACE, la Direction de l'Eau et de l'Assainissement souhaite améliorer ses performances dans la gestion des eaux de pluie à l'amont. La collectivité a été chargée, dans le cadre du projet Roulepur, d'évaluer l'efficacité des dispositifs de filtres plantés horizontaux non infiltrant situés dans la ville de Rosny-sous-Bois par la mise en œuvre d'une instrumentation et d'une campagne de mesure.

Au regard des nombreuses hypothèses qui subsistent à ce jour, l'objectif de réalisation d'un guide opérationnel apportant des préconisations ciblées (en matière de conception/suivi/exploitation) sur les ouvrages étudiés n'a pas pu être réalisé. Afin de permettre la continuité du suivi de l'efficacité du filtre mais également dans le but de réitérer l'expérience de suivi métrologique, la réalisation d'un classeur a semblé plus pertinent. Celui-ci est une base nécessaire pour la poursuite du projet et pour la construction du guide.

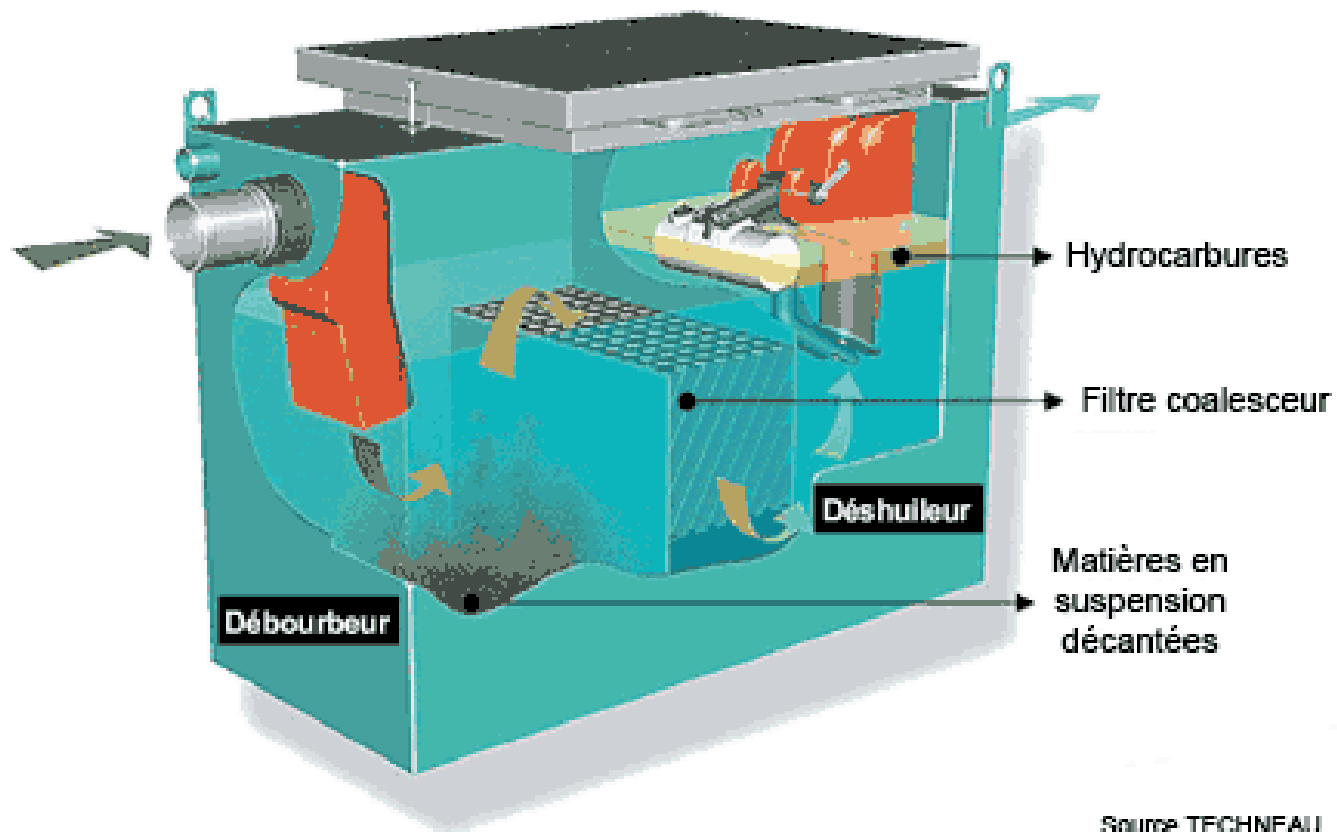
Ce classeur permet de recenser tout le travail bibliographique effectué pour cette étude, le raisonnement et la méthodologie adoptée pour le suivi des ouvrages, les résultats obtenus à ce jour ainsi qu'une partie apportant des recommandations.

Il est composé de six intercalaires :

- 1- Synthèse bibliographique – bibliographie complète et vérifiée
- 2- Cahier de bord et comptes rendus de chaque intervention effectuée sur le site
- 3- Méthodologie pour le suivi de l'efficacité hydrologique – Protocoles et fiches terrain mis en place - résultats disponibles à ce jour
- 4- Méthodologie pour le suivi de l'efficacité épuratoire – Protocoles et fiches terrains mis en place - résultats disponibles à ce jour
- 5- Propositions d'actions – recommandations
- 6- Comptes rendus de réunions – Adresses et numéro utiles

Le contenu de ce classeur est amené à évoluer avec le retour d'expérience. Il est préférable d'ajouter une fiche plutôt que de la remplacer ou de la modifier. Les documents doivent également être répertoriés sur le serveur sous : O:\2_SHUE\3_BLAU\21_Filtres Plantés Rosny Projet Roulepur YC

Annexe 4 : Principe de fonctionnement du séparateur hydrocarbures (source : CNIDEP)



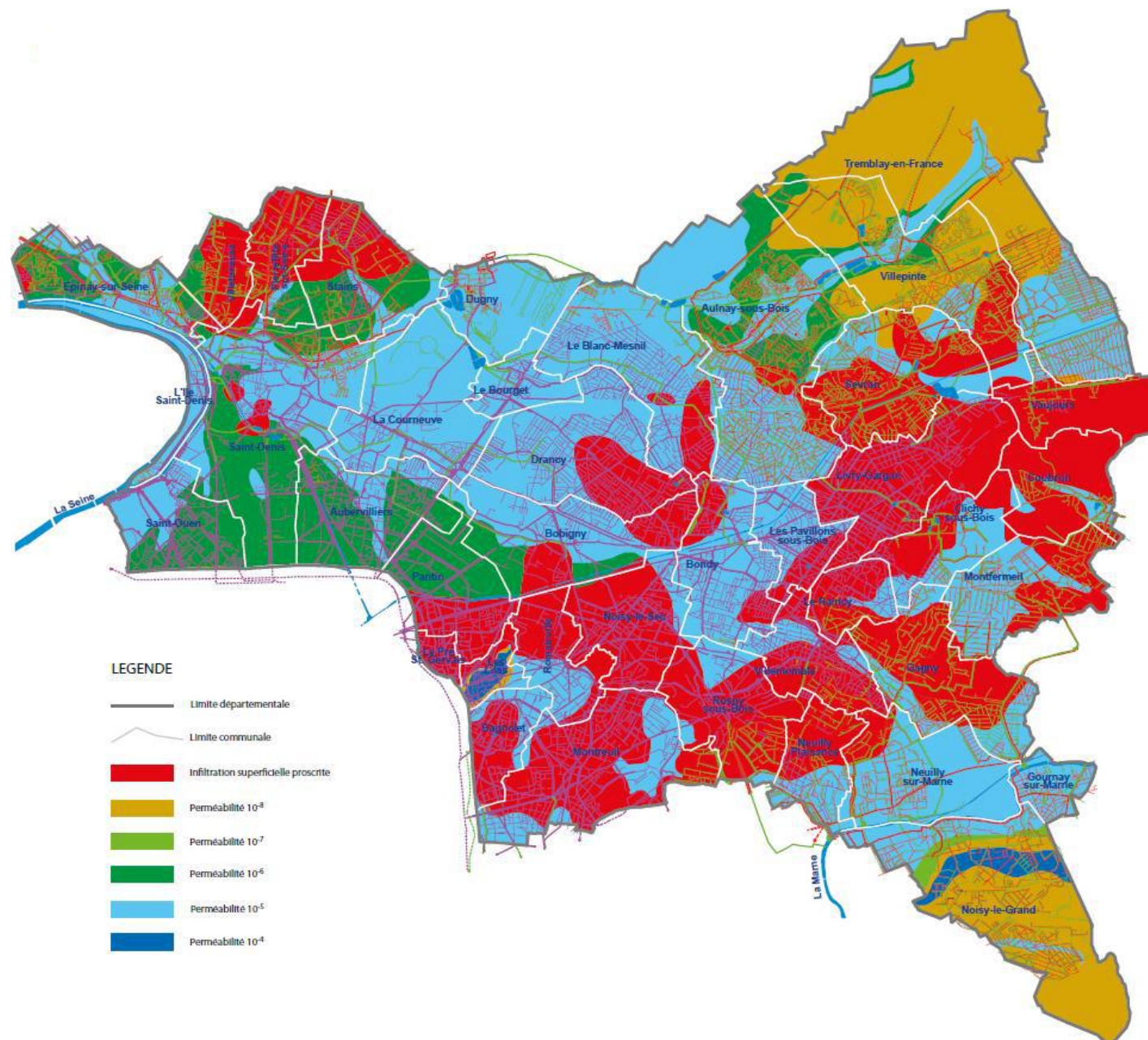
Source TECHNEAU

Un séparateur à hydrocarbures est généralement enterré afin de recueillir les effluents chargés en hydrocarbures. Il est composé de deux compartiments :

- Le débourbeur : il sert à décanter les matières en suspension
- Le déshuileur : il sert à séparer les gouttelettes d'hydrocarbures de l'eau. Celles-ci ont préalablement coalescé à travers un filtre afin de former un film d'hydrocarbure homogène plus facile à piéger

Pour un bon entretien du dispositif, une vidange annuelle voir bi-annuelle de ces deux compartiments est nécessaire.

Annexe 5 : Carte des zones
d'infiltration en Seine-Saint-Denis
(source DEA)



Annexe 6 : Stations pluviométriques à proximité du site d'étude



- 1 : DEA (à 2,9 km)
- 2 : Neuilly-Plaisance
- 3 : Montreuil (Jardin-Ecole)

Annexe 7 : Evènements pluvieux et leurs caractéristiques depuis la mise en place de l'instrumentation

Fin janvier/février :

STATION																	
Rosny-sous-Bois					Neuilly-Plaisance					Jardin-Ecole Montreuil					Moyenne hauteur 3 stations	Ecarttype/moyenne 3 stations	Volume moyen sur BV
Début	Fin	Durée / Intensité ?	Hauteur pluie (mm)	Volume BV (m3)	Début	Fin	Durée / Intensité ?	Hauteur pluie (mm)	Volume BV (m3)	Début	Fin	Durée / Intensité ?	Hauteur pluie (mm)	Volume BV (m3)			
30/01/2016 11:03	30/01/2016 16:13	05:10	10,8	31,3	30/01/2016 10:58	30/01/2016 16:30	05:32	10,4	30,1	30/01/2016 10:28	30/01/2016 16:23	05:55	10,4	30,1	10,5	2%	30,5
31/01/2016 06:20	31/01/2016 11:21	05:01	2	5,8	31/01/2016 06:03	31/01/2016 11:30	05:27	2,4	7,0	31/01/2016 07:43	31/01/2016 10:42	02:59	2	5,8	2,1	11%	6,2
02/02/2016 15:24	02/02/2016 17:53	02:29	2	5,8	02/02/2016 15:03	02/02/2016 17:55	02:52	2,2	6,4	02/02/2016 15:28	02/02/2016 18:11	02:43	4,2	12,2	2,8	43%	8,1
03/02/2016 15:38	03/02/2016 16:42	01:04	1,8	5,2	03/02/2016 13:44	03/02/2016 16:02	02:18	1,6	4,6	03/02/2016 13:30	03/02/2016 16:41	03:11	2,6	7,5	2,0	26%	5,8
07/02/2016 02:22	07/02/2016 04:07	01:45	3,2	9,3	07/02/2016 02:11	07/02/2016 04:17	02:06	3,4	9,9	07/02/2016 02:28	07/02/2016 04:16	01:48	3,8	11,0	3,5	9%	10,0
08/02/2016 13:19	08/02/2016 18:04	04:45	3,2	9,3	08/02/2016 13:33	08/02/2016 18:06	04:33	2,8	8,1	08/02/2016 13:33	08/02/2016 18:09	04:36	3	8,7	3,0	7%	8,7
09/02/2016 06:14	09/02/2016 12:54	06:40	9,8	28,4	09/02/2016 05:55	09/02/2016 12:55	07:00	7,8	22,6	09/02/2016 06:19	09/02/2016 12:54	06:35	6,8	19,7	8,1	19%	23,6
09/02/2016 18:42	10/02/2016 00:08	05:26	3	8,7	09/02/2016 18:44	09/02/2016 22:43	03:59	3	8,7	09/02/2016 16:00	09/02/2016 22:38	06:38	3,2	9,3	3,1	4%	8,9
13/02/2016 07:00	13/02/2016 22:53	15:53	12	34,8	13/02/2016 07:05	14/02/2016 01:28	18:23	13,4	38,8	13/02/2016 06:39	13/02/2016 22:52	16:13	12,6	36,5	12,7	6%	36,7

22/02/2 016 18:04	23/02/2 016 08:16	14:12	6,8	19,7	22/02/2 016 18:06	23/02/2 016 09:37	15:31	7,4	21,4	22/02/2 016 16:52	23/02/2 016 09:08	16:16	8,6	24,9	7,6	12%	22,0
-------------------------	-------------------------	-------	-----	------	-------------------------	-------------------------	-------	-----	------	-------------------------	-------------------------	-------	-----	------	-----	-----	------

Mars :

STATION																	
Rosny-sous-Bois					Neuilly-Plaisance					Jardin-Ecole Montreuil					Moyenne 3 stations	ecartype/moy	Volume moyen sur BV
Début	Fin	Durée (h)	Hauteur pluie (mm)	Volume BV (m3)	Début	Fin	Durée (h)	Hauteur pluie (mm)	Volume BV (m3)	Début	Fin	Durée (h)	Hauteur pluie (mm)	Volume BV (m3)			
01/03/2016 12:23	01/03/2016 20:26	08:03	3,4	9,9	01/03/2016 12:37	01/03/2016 19:13	06:36	3,4	9,9	01/03/2016 12:15	01/03/2016 18:56	06:41	3,6	10,4	3,5	3%	10,0
02/03/2016 14:19	02/03/2016 21:17	06:58	5,2	15,1	02/03/2016 14:24	02/03/2016 20:05	05:41	5,8	16,8	02/03/2016 16:21	02/03/2016 18:39	02:18	5,8	16,8	5,6	6%	16,2
04/03/2016 02:00	04/03/2016 10:15	08:15	7,8	22,6	04/03/2016 01:42	04/03/2016 10:30	08:48	8,4	24,3	04/03/2016 01:39	04/03/2016 10:18	08:39	9,2	26,7	8,5	8%	24,5
04/03/2016 20:26	05/03/2016 09:56	13:30	11,4	33,0	04/03/2016 20:32	05/03/2016 09:23	12:51	10,4	30,1	04/03/2016 20:59	05/03/2016 09:46	12:47	11,6	33,6	11,1	6%	32,3
09/03/2016 08:22	09/03/2016 11:32	03:10	5,4	15,7	09/03/2016 08:01	09/03/2016 12:02	04:01	6,2	18,0	09/03/2016 06:13	09/03/2016 11:54	05:41	6,2	18,0	5,9	8%	17,2
25/03/2016 02:39	25/03/2016 09:48	07:09	5,6	16,2	25/03/2016 02:48	25/03/2016 09:49	07:01	6	17,4	25/03/2016 02:38	25/03/2016 10:37	07:59	6,4	18,6	6,0	7%	17,4
26/03/2016 23:56	27/03/2016 05:25	05:29	10,6	30,7	26/03/2016 23:55	27/03/2016 05:22	05:27	9,6	27,8	26/03/2016 23:55	27/03/2016 05:17	05:22	11,6	33,6	10,6	9%	30,7
27/03/2016 15:54	27/03/2016 17:31	01:37	3,4	9,9	27/03/2016 14:53	27/03/2016 16:51	01:58	1,2	3,5	27/03/2016 14:53	27/03/2016 16:46	01:53	1,6	4,6	2,1	57%	6,0
28/03/2016 09:32	28/03/2016 22:40	13:08	9,8	28,4	28/03/2016 09:36	28/03/2016 22:40	13:04	7,2	20,9	28/03/2016 09:35	28/03/2016 22:37	13:02	8	23,2	8,3	16%	24,2
29/03/2016 16:35	29/03/2016 23:40	07:05	2,6	7,5	29/03/2016 16:31	29/03/2016 23:32	07:01	3	8,7	29/03/2016 16:27	29/03/2016 23:25	06:58	3,6	10,4	3,1	16%	8,9

30/03/2 016 07:11	30/03/2 016 17:12	10:0 1	4,4	12,8	30/03/2 016 06:35	30/03/2 016 17:48	11:1 3	5,2	15,1	30/03/2 016 06:30	30/03/2 016 20:08	13:3 8	6,8	19,7	5,5	22%	15,8
31/03/2 016 06:23	31/03/2 016 18:14	11:5 1	22,4	64,9	31/03/2 016 06:04	31/03/2 016 18:30	12:2 6	25	72,5	31/03/2 016 06:08	31/03/2 016 18:21	12:1 3	24,2	70,1	23,9	6%	69,2

Avril :

STATION																	
Rosny-sous-Bois					Neuilly-Plaisance					Jardin-Ecole Montreuil					Moyen ne 3 station s	Ecartty pe / moyen ne 3 station s	Volu me moye n sur BV
Début	Fin	Durée / Intens ité ?	Volu me pluie (mm)	Volu me BV (m3)	Début	Fin	Durée / Intens ité ?	Volu me pluie (mm)	Volu me BV (m3)	Début	Fin	Durée / Intens ité ?	Volu me pluie (mm)	Volu me BV (m3)			
02/04/2 016 20:13	03/04/2 016 04:27	08:14	1,8	5,2	02/04/2 016 19:56	03/04/2 016 01:13	05:17	1,8	5,2	02/04/2 016 18:42	03/04/2 016 00:42	06:00	2,2	6,4	1,9	12%	5,6
04/04/2 016 02:21	04/04/2 016 08:53	06:32	3	8,7	04/04/2 016 02:20	04/04/2 016 05:13	02:53	3	8,7	04/04/2 016 02:18	04/04/2 016 05:09	02:51	3,4	9,9	3,1	7%	9,1
09/04/2 016 17:09	09/04/2 016 20:38	03:29	2,8	8,1	09/04/2 016 17:03	09/04/2 016 19:12	02:09	1,6	4,6	09/04/2 016 17:53	09/04/2 016 19:04	01:11	1,4	4,1	1,9	39%	5,6
11/04/2 016 10:13	11/04/2 016 17:30	07:17	4,6	13,3	11/04/2 016 10:12	11/04/2 016 17:43	07:31	3,8	11,0	11/04/2 016 10:06	11/04/2 016 17:37	07:31	6	17,4	4,8	23%	13,9
13/04/2 016 03:21	13/04/2 016 07:51	04:30	3,2	9,3	13/04/2 016 03:21	13/04/2 016 09:39	06:18	2	5,8	13/04/2 016 03:12	13/04/2 016 06:59	03:47	4,8	13,9	3,3	42%	9,8
14/04/2 016 17:11	14/04/2 016 20:33	03:22	3,2	9,3	14/04/2 016 17:18	14/04/2 016 20:45	03:27	1,8	5,2	14/04/2 016 17:05	14/04/2 016 20:40	03:35	4,4	12,8	3,1	42%	9,1
15/04/2 016 15:18	15/04/2 016 15:29	00:11	3,4	9,0	15/04/2 016 15:27	15/04/2 016 15:35	00:08	2,6	7,6	15/04/2 016 15:20	15/04/2 016 15:29	00:09	2,4	6,9	2,8	19%	8,1
24/04/2 016 12:18	24/04/2 016 15:40	03:22	3,8	11,0	24/04/2 016 12:26	24/04/2 016 15:50	03:24	4,2	12,2	24/04/2 016 12:27	24/04/2 016 15:49	03:22	4	11,6	4,0	5%	11,6
25/04/2 016 18:58	25/04/2 016 20:26	01:28	0,8	2,3	25/04/2 016 19:02	25/04/2 016 21:49	02:47	1	2,9	25/04/2 016 19:04	25/04/2 016 20:43	01:39	1,8	5,2	1,2	44%	3,5

26/04/2 016 02:38	26/04/2 016 03:41	01:03	1,8	5,2	26/04/2 016 02:57	26/04/2 016 04:11	01:14	1,8	5,2	26/04/2 016 02:38	26/04/2 016 03:44	01:06	2	5,8	1,9	6%	5,4
26/04/2 016 15:13	26/04/2 016 21:46	06:33	1,4	4,1	26/04/2 016 15:26	26/04/2 016 22:08	06:42	1,2	3,5	26/04/2 016 15:07	26/04/2 016 21:48	06:41	1,2	3,5	1,3	9%	3,7
29/04/2 016 19:32	29/04/2 016 22:07	02:35	2	5,8	29/04/2 016 19:35	29/04/2 016 22:16	02:41	1,6	4,6	29/04/2 016 19:26	29/04/2 016 22:12	02:46	2	5,8	1,9	12%	5,4

Mai :

STATION																	
Rosny-sous-Bois					Neuilly-Plaisance					Jardin-Ecole Montreuil					Moyenne 3 stations	Ecart type/moyenne 3 station	Volume moyen BV
Début	Fin	Durée / Intensité ?	Hauteur pluie (mm)	Volume BV (m3)	Début	Fin	Durée / Intensité ?	Hauteur pluie (mm)	Volume BV (m3)	Début	Fin	Durée / Intensité ?	Hauteur pluie (mm)	Volume BV (m3)			
03/05/2016 02:36	03/05/2016 03:02	00:26	1,6	4,6376	03/05/2016 02:45	03/05/2016 03:06	00:21	1,4	4,0579	03/05/2016 02:35	03/05/2016 03:03	00:28	1	2,8985	1,3	23%	3,864666667
09/05/2016 21:26	10/05/2016 05:52	08:26	5,2	15,0722	09/05/2016 21:17	10/05/2016 03:48	06:31	3,8	11,0143	09/05/2016 21:18	10/05/2016 06:16	08:58	6	17,391	5,0	22%	14,4925
10/05/2016 15:10	10/05/2016 21:51	06:41	10	28,985	10/05/2016 14:47	10/05/2016 21:49	07:02	15,2	44,0572	10/05/2016 14:58	10/05/2016 21:40	06:42	8,2	23,7677	11,1	33%	32,26996667
11/05/2016 13:56	11/05/2016 16:46	02:50	9,4	27,2459	11/05/2016 13:22	11/05/2016 16:50	03:28	6,6	19,1301	11/05/2016 13:36	11/05/2016 16:49	03:13	8	23,188	8,0	18%	23,188
12/05/2016 22:07	12/05/2016 23:09	01:02	0,6	1,7391	12/05/2016 22:53	12/05/2016 23:25	00:32	2,2	6,3767	12/05/2016 21:16	12/05/2016 23:35	02:19	0,6	1,7391	1,1	82%	3,284966667
13/05/2016 17:24	13/05/2016 17:45	00:21	2,6	7,5361	13/05/2016 15:09	13/05/2016 17:42	02:33	3,6	10,4346	13/05/2016 17:29	13/05/2016 17:34	00:05	0,4	1,1594	2,2	74%	6,3767
18/05/2016 15:56	18/05/2016 17:18	01:22	1,8	5,2173	18/05/2016 15:57	18/05/2016 18:19	02:22	3,8	11,0143	18/05/2016 15:54	18/05/2016 18:15	02:21	2,8	8,1158	2,8	36%	8,1158
18/05/2016 21:58	19/05/2016 13:26	15:28	9,4	27,2459	18/05/2016 22:09	19/05/2016 14:37	16:28	8,6	24,9271	18/05/2016 22:18	19/05/2016 13:25	15:07	7,6	22,0286	8,5	11%	24,73386667
22/05/2016 01:57	22/05/2016 03:54	01:57	9,2	26,6662	22/05/2016 02:01	22/05/2016 05:05	03:04	10,8	31,3038	22/05/2016 01:55	22/05/2016 04:56	03:01	11,2	32,4632	10,4	10%	30,1444
22/05/2016 08:23	23/05/2016 12:35	04:12	36	104,346	22/05/2016 08:32	23/05/2016 12:53	04:21	36,8	106,6648	22/05/2016 08:21	23/05/2016 13:55	05:34	38,6	111,8821	37,1	4%	107,6309667

23/05/2 016 17:09	23/05/2 016 21:16	04:07	2,6	7,536 1	23/05/2 016 17:05	23/05/2 016 18:48	01:43	1,6	4,637 6	23/05/2 016 17:33	23/05/2 016 21:26	03:53	2	5,797	2,1	24%	5,99023 3333
28/05/2 016 13:49	28/05/2 016 16:50	03:01	2,4	6,956 4	28/05/2 016 14:58	28/05/2 016 16:50	01:52	2	5,797	28/05/2 016 13:43	28/05/2 016 16:43	03:00	4,4	12,75 34	2,9	44%	8,50226 6667
29/05/2 016 20:12	30/05/2 016 01:44	05:32	8,8	25,50 68	29/05/2 016 20:12	30/05/2 016 01:39	05:27	10	28,98 5	29/05/2 016 20:15	30/05/2 016 02:25	06:10	10	28,98 5	9,6	7%	27,8256
30/05/2 016 06:41	31/05/2 016 21:02	14:21	56,8	164,6 348	30/05/2 016 06:37	01/06/2 016 00:52	18:15	59,6	172,7 506	30/05/2 016 06:40	31/05/2 016 23:47	17:07	65,8	190,7 213	60,7	8%	176,035 5667

Juin :

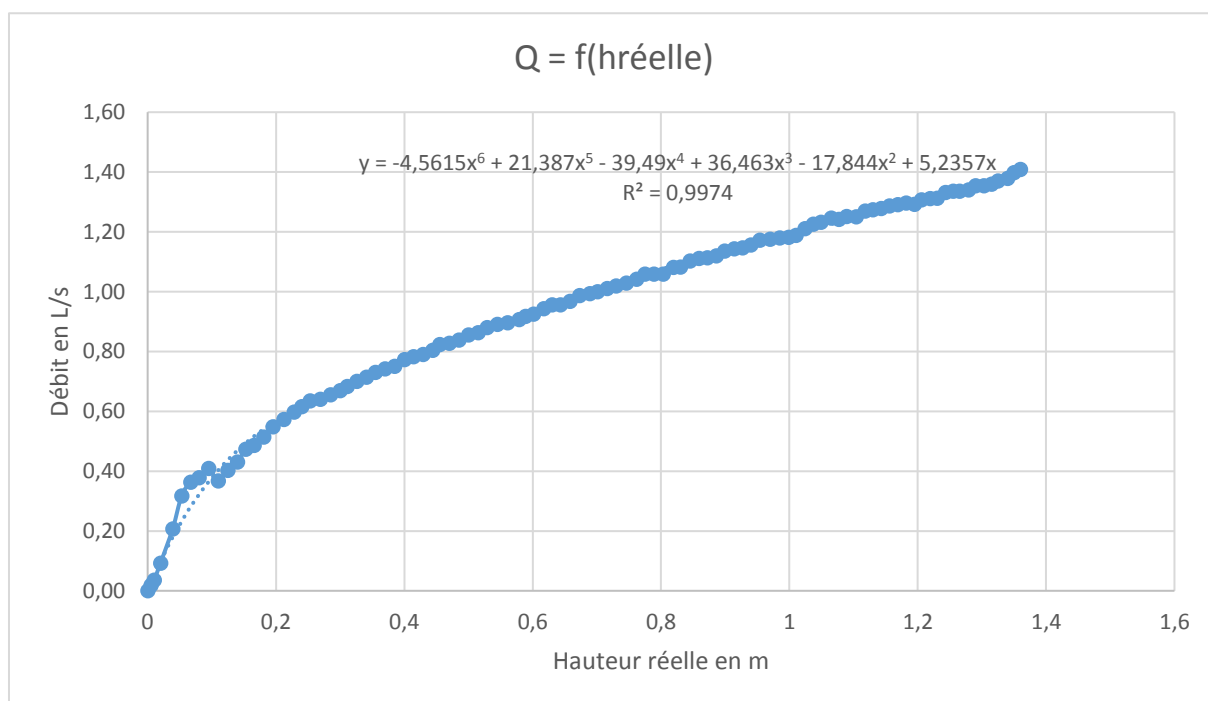
STATION																	
Rosny-sous-Bois					Neuilly-Plaisance					Jardin-Ecole Montreuil					Moyenne hauteur 3 stations	Ecarttype/moyenne 3 stations	Volume moyen sur BV
Début	Fin	Durée / Intensité ?	Hauteur pluie (mm)	Volume BV (m3)	Début	Fin	Durée / Intensité ?	Hauteur pluie (mm)	Volume BV (m3)	Début	Fin	Durée / Intensité ?	Hauteur pluie (mm)	Volume BV (m3)			
01/06/2 016 20:44	02/06/2 016 04:34	07:50	10,2	29,6	01/06/2 016 20:05	02/06/2 016 04:56	08:51	15,4	44,6	01/06/2 016 19:59	02/06/2 016 04:41	08:42	11,2	32,5	12,3	22%	35,6
12/06/2 016 12:34	12/06/2 016 20:27	07:53	9	26,1	12/06/2 016 12:39	12/06/2 016 20:23	07:44	8,6	24,9	12/06/2 016 12:16	13/06/2 016 00:11	11:55	9	26,1	8,9	3%	25,7
16/06/2 016 14:15	16/06/2 016 18:15	04:00	12,8	37,1	16/06/2 016 14:30	16/06/2 016 18:48	04:18	9	26,1	16/06/2 016 14:16	16/06/2 016 18:25	04:09	8,6	24,9	10,1	23%	29,4
17/06/2 016 13:07	17/06/2 016 18:44	05:37	4,8	13,9	17/06/2 016 14:05	17/06/2 016 18:46	04:41	4	11,6	17/06/2 016 13:57	17/06/2 016 18:39	04:42	3,6	10,4	4,1	15%	12,0
20/06/2 016 10:45	20/06/2 016 19:57	09:12	19,2	55,7	20/06/2 016 10:50	20/06/2 016 20:13	09:23	19,8	57,4	20/06/2 016 10:40	20/06/2 016 20:28	09:48	18,8	54,5	19,3	3%	55,8

Annexe 8 : Relation hauteur-débit du vortex Point 211

Hauteur mesurée (m)	Volume (L)	Temps (s)	Débit (L/s)	Hauteur réelle (m)
1,49	24,4	17,32	1,41	1,36
1,48	23,9	17,09	1,40	1,35
1,47	22,3	16,17	1,38	1,34
1,455	22,3	16,28	1,37	1,325
1,445	22,4	16,48	1,36	1,315
1,433	22	16,25	1,35	1,303
1,42	23	16,98	1,35	1,29
1,409	23	17,16	1,34	1,279
1,395	23	17,22	1,34	1,265
1,385	21,9	16,39	1,34	1,255
1,373	23,3	17,5	1,33	1,243
1,36	23	17,53	1,31	1,23
1,349	22,8	17,38	1,31	1,219
1,336	23	17,59	1,31	1,206
1,325	24,1	18,65	1,29	1,195
1,312	24,6	18,97	1,30	1,182
1,299	25	19,37	1,29	1,169
1,286	24,8	19,28	1,29	1,156
1,273	24,4	19,09	1,28	1,143
1,26	25	19,62	1,27	1,13
1,248	24,8	19,53	1,27	1,118
1,234	25,3	20,23	1,25	1,104
1,219	25,1	20,06	1,25	1,089
1,207	24,4	19,65	1,24	1,077
1,195	24,9	19,99	1,25	1,065
1,179	25	20,28	1,23	1,049
1,167	25	20,4	1,23	1,037
1,154	24,4	20,16	1,21	1,024
1,14	25,1	21,12	1,19	1,01
1,129	25,5	21,58	1,18	0,999
1,115	25,5	21,61	1,18	0,985
1,1	25,7	21,86	1,18	0,97
1,084	25	21,33	1,17	0,954
1,07	25,1	21,7	1,16	0,94
1,057	25,1	21,9	1,15	0,927
1,044	25,1	21,95	1,14	0,914
1,029	25	22	1,14	0,899
1,016	25,5	22,78	1,12	0,886
1,002	24,5	22	1,11	0,872
0,989	25,1	22,59	1,11	0,859

0,975	25	22,68	1,10	0,845
0,96	25,5	23,56	1,08	0,83
0,949	25	23,13	1,08	0,819
0,933	25	23,6	1,06	0,803
0,919	25,7	24,28	1,06	0,789
0,905	25	23,62	1,06	0,775
0,892	25,1	24,09	1,04	0,762
0,876	26	25,28	1,03	0,746
0,86	25,4	24,93	1,02	0,73
0,846	25,6	25,32	1,01	0,716
0,831	25,7	25,71	1,00	0,701
0,819	25,7	25,87	0,99	0,689
0,803	24,7	25,03	0,99	0,673
0,788	25,5	26,35	0,97	0,658
0,773	25,3	26,46	0,96	0,643
0,76	24,7	25,84	0,96	0,63
0,747	26	27,56	0,94	0,617
0,731	25,1	27,12	0,93	0,601
0,719	26	28,32	0,92	0,589
0,709	25,9	28,55	0,91	0,579
0,691	25,1	28	0,90	0,561
0,675	25,9	29,08	0,89	0,545
0,659	26,3	29,88	0,88	0,529
0,645	26	30,14	0,86	0,515
0,63	26,4	30,84	0,86	0,5
0,615	25,5	30,4	0,84	0,485
0,6	25,1	30,34	0,83	0,47
0,585	25,8	31,34	0,82	0,455
0,574	24,6	30,59	0,80	0,444
0,559	25,3	32	0,79	0,429
0,544	25,3	32,32	0,78	0,414
0,53	25,2	32,59	0,77	0,4
0,515	25,6	34,1	0,75	0,385
0,5	25,3	34,11	0,74	0,37
0,485	26,1	35,76	0,73	0,355
0,471	25,3	35,43	0,71	0,341
0,456	25,3	36,14	0,70	0,326
0,441	25,2	36,87	0,68	0,311
0,43	25,7	38,37	0,67	0,3
0,415	25,2	38,43	0,66	0,285
0,399	25,8	40,28	0,64	0,269
0,383	25,3	39,81	0,64	0,253
0,37	25,5	41,38	0,62	0,24
0,358	25,1	42,02	0,60	0,228
0,342	25,4	44,37	0,57	0,212

0,325	25,5	46,37	0,55	0,195
0,311	23,9	46,49	0,51	0,181
0,296	25,2	51,87	0,49	0,166
0,283	25,3	53,48	0,47	0,153
0,27	25,7	59,71	0,43	0,14
0,255	25,6	63,58	0,40	0,125
0,24	25	68,09	0,37	0,11
0,225	25,9	63,32	0,41	0,095
0,21	24,6	65,06	0,38	0,08
0,197	26,2	72,16	0,36	0,067
0,183	25,6	80,61	0,32	0,053
0,169	25,6	123,52	0,21	0,039
0,15	18,5	200,13	0,09	0,02
0,14	7,5	207	0,04	0,01
0,135	3,74	200,03	0,02	0,005
0,13	0		0,00	0



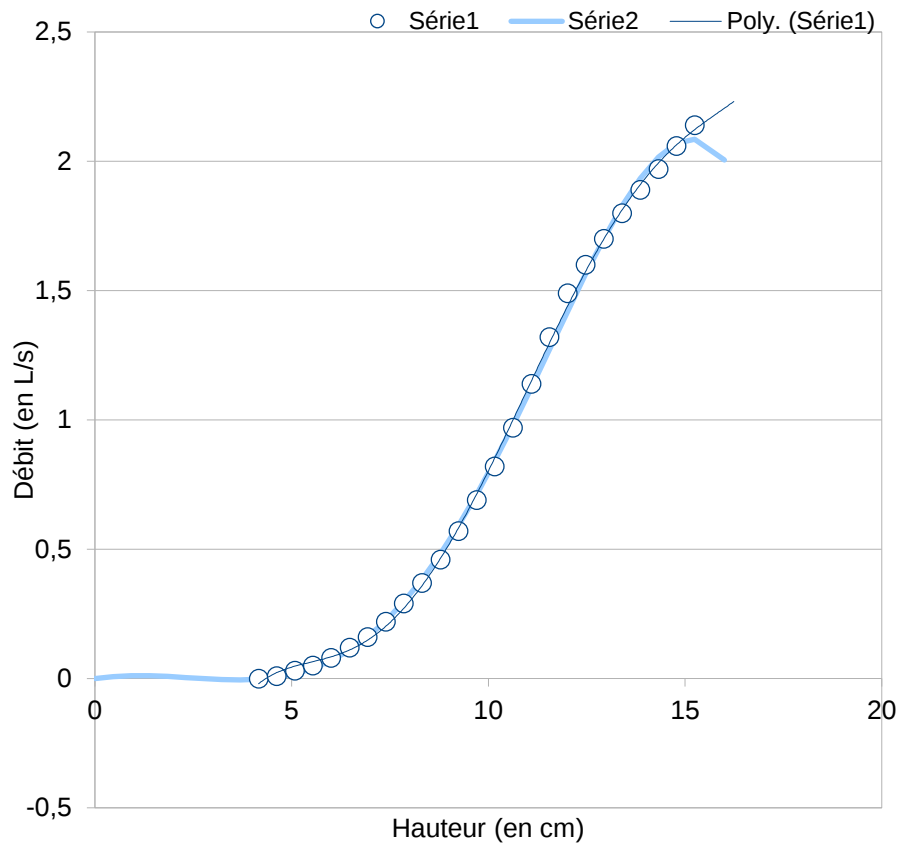
**Lors des conversions, il faut prendre en compte une ligne de base
« offset » (moyenne des hauteurs durant un temps sec)**

Annexe 9 : Relation hauteur-débit du déversoir triangulaire à l'aval des filtres plantés – point 198

Hauteur (cm)	Débit (L/s)
0	0
0,46	0
0,92	0
1,39	0
1,85	0
2,31	0
2,77	0
3,23	0
3,69	0
4,16	0
4,62	0,01
5,08	0,03
5,54	0,05
6	0,08
6,47	0,12
6,93	0,16
7,39	0,22
7,85	0,29
8,31	0,37
8,78	0,46
9,24	0,57
9,7	0,69
10,16	0,82
10,62	0,97
11,09	1,14
11,55	1,32
12,01	1,49
12,47	1,6
12,93	1,7
13,4	1,8
13,86	1,89
14,32	1,97
14,78	2,06
15,24	2,14

$$Q \left(\frac{L}{s} \right) = -0,000012762 * h^5 + 0,000234 * h^4 + 0,0006144 * h^3 - 0,01095 * h^2 + 0,02116 * h$$

Il faut ajouter une ligne de base h0 : moyenne des hauteurs sur 4h de temps sec avant l'évènement pluvieux – 4,16



ACQUISITION / TELETRANSMISSION / VALIDATION DES DONNEES

12/08/2016

Rapatriement des mesures pluviométriques

- ✚ Fréquence : toutes les 4h via SHUTWEB
- ✚ Concaténation de chaque rapatriement toute les 4h dans un fichier semaine, transmis par le SGE/BTM hebdomadairement le mercredi sous O:\2_SHUE\MESURES.FIC\STEN\XX avec XX le nom du site pluviométrique ou hydro et un numéro
- ✚ JP pourra consulter SILVHY afin de visualiser les données et de les exporter pour exploitation

Rapatriement des mesures en amont (197 AM_FSABLE)

- ✚ Fréquence : à chaque passage d'un agent du BTM : H.B qui mettra à disposition un fichier de format .csv (hauteur, vitesse, débit) avec horodate à chaque ligne sous O:\2_SHUE\MESURES.FIC\STEN\197
- ✚ JP consultera directement ce fichier et pourra exporter les données pour exploitation.

Rapatriement des mesures en aval (211 AV_FSABLE)

- ✚ Idem que le point 197

Rapatriement des mesures en aval (198 AV_FSABLE)

- ✚ Fréquence : à chaque passage de l'équipe prélèvement
- ✚ A.A ou l'équipe prélèvement mettra à disposition un fichier de format .csv (hauteur, débit, volume) avec horodate à chaque ligne

Validation des mesures

- ✚ Fréquence : mensuelle ou à la demande (prévenir le BEAM une semaine à l'avance) sous réserve de la disposition des données
- ✚ Le calcul de débit de la section 198 AV_FSABLE provient d'une loi de déversoir triangulaire appliquée par F.D.
- ✚ Le calcul de débit de la section 211 AV_FSABLE provient d'une loi hauteur/débit

Pas de temps d'enregistrement

- ✚ 197 AM_FSABLE : Enregistrement sur pas de temps fixé à 1 minute
- ✚ 198 AV_FSABLE : Pas de temps fixé à 1 minute
- ✚ 211 AV_FSABLE : Pas de temps fixé à 1 minute

Annexe 11 : Exemple de demande de travail effectuée aux équipes avant chaque intervention

	DEA	Demande de travail pour l'équipe prélèvement
--	------------	---

DESCRIPTION DE LA DEMANDE		
Demandeur secteur : SHUE-BLAU	Type de la demande (*) : EP	Degré d'urgence (**): Avant le 20 juin
Pour le compte de : Yasmin Copanoglu	Date de la demande : 10/06/16	Météo requise : Temps sec
Présence du demandeur: OUI ☒ NON	Réalisation de photo : OUI ☒ NON	Réalisation d'un plan : OUI NON ☒
Contexte : Filtres plantés Rosny-sous-Bois Points 197 et 198 Matériels : - Récupérer le matériel présent en bas du regard à l'aval en vue des travaux qui seront effectués entre le 20 et le 30 juin - Effectuer une relève de la mémoire à l'aval - Vérifier le fonctionnement du préleveur amont depuis son changement et la mise en place du programme d'essai - Relever la position de la tige à 10 cm		

Motif de non-planification :

COMPTE RENDU DE TERRAIN		
Responsable du travail :	Date de réalisation :	Autres intervenants :
Intervention ultérieure :	Nom du rédacteur :	VISA :
OUI ☐ NON ☐		
<u>Compte rendu de travail :</u>		

* EI = Enquête indus , ET = étude, VO = visite d'ouvrage, ER = enquête réseau, IM =installation de matériel, SL = Suivi lourd, EP = Enquête pollution.

** 0 = dans les deux jours, 1 = dans la semaine en cours, 2 = à programmer au prochain planning, 3 = dans les 15 jours, 4 = dans les 3 semaines, 5 = dans le mois, 6 = dans le trimestre.

Annexe 12 : Tableau de bord des interventions effectuées sur le site depuis le début du stage

Date	Intervention Réalisée	Observations et problèmes rencontrés	A faire pour la prochaine visite
07 mars 2016	Première visite du terrain		
16 mars 2016	Point 197 : Test hydrocureuse pour la vérification du fonctionnement du préleveur. Envoie de 7 m3 d'eau à un débit de 3 L/s. Point 198 : Relève de la mémoire du préleveur	Point 197 : Problème de prélèvement « erreur d'aspiration » à cause du niveau d'eau insuffisant	Point 197 : Prévoir un abaissement de la crépine de prélèvement en trouvant un juste milieu entre le risque d'ensablement, le risque d'échantillonner une eau très chargée et le risque de ne rien prélever du tout.
29 mars 2016	Point 197 : Abaissement de la tige de prélèvement de 10 cm à 8,5 cm Relève de la mémoire Point 198 : Relève de la mémoire	Point 197 : Sédimentation dans la canalisation est à un niveau de 6,5 cm	Point 197 : Prévoir un curage dans la canalisation Prévoir un essai avec l'hydrocureuse et la trappe ouverte pour observer le fonctionnement de la crépine ainsi abaissée et noter les éventuels dysfonctionnements
08 avril 2016	Point 197 : Curage dans la canalisation Relève de la mémoire Nettoyage de la caisse et des flacons Redémarrage d'un programme	Point 197 : Date et heures non correctes sur le préleveur Affichage « erreur électrodes » présent depuis plusieurs jours Débordement d'un flacon, caisse pleine d'eau	Point 197 : Trouver une solution au dysfonctionnement du préleveur Point 198 : Mettre en place le câble d'asservissement entre le débitmètre et le préleveur
26 avril 2016	Point 197 : Correction de la date et de l'heure sur le préleveur Relève de la mémoire Point 198 : Mise en place du câble d'asservissement entre le débitmètre et le préleveur à l'aval Correction de l'heure sur le débitmètre aval Synchronisation des horodates Relève de la mémoire aval	Point 197 : Longue période d'erreur d'aspiration à l'amont Niveau de sédimentation arrivé à 2cm ! Interrupteur du préleveur ne fonctionne pas Point 198 : Impossible de faire passer le préleveur à l'aval avec son branchement car le regard est trop petit	Point 197 : Nettoyage du Bülher avec la méthode donnée par Mohamed Saad. Créer un suivi du niveau de sédimentation dans la canalisation Point 198 : Trouver une solution afin de faire passer le préleveur avec son branchement

11 mai 2016	-Aucune intervention n'a pu être réalisée en raison de l'orage qui a débuté à notre arrivée sur le site-	Point 197 : Problème « erreur électrodes » réapparu. Un seul flacon a débordé, caisse pleine d'eau. Le préleveur prélève sans arrêt de l'eau Interrupteur ne fonctionne plus Chutes de tension récurrentes	Point 197 : Réparer ou remplacer préleveur
24 mai 2016	Point 198 : Récupération du préleveur à l'aval pour trouver une alternative de branchement au LEESU	Point 197 : La sédimentation est arrivée à un niveau de 6 cm	Point 197 : Organiser un curage Mettre en place une solution permanente pour le problème de sédimentation
10 juin 2016	Point 198 : DICT pour agrandissement du regard car bricolage sur le préleveur est irréversible et peut créer des dysfonctionnements		
14 juin 2016	Point 198 : Récupération du matériel pour permettre les travaux d'agrandissement du tampon		
24 juin 2016	Point 197 : Curage de la canalisation effectué	Point 197 : le niveau de sédimentation augmente très rapidement Préleveur en défaut électrode, caisse pleine d'eau Chutes de tension récurrentes	Point 197 : Il faut trouver une solution pour le défaut électrode du préleveur & augmenter la tension qui est actuellement de 12,1 V
27 juin 2016	Point 198 : Agrandissement du tampon aval de 60 à 80 cm de diamètre		
29 juin 2016	Point 198 : Réinstallation des instruments Mise en marche du débitmètre		Point 198 : Effectuer une demande pour la pose d'échelons afin de faciliter la descente des équipes
11 juillet 2016	Point 197 : Eteindre le préleveur jusqu'à trouver une solution pour le défaut électrode	Point 197 : Sédiment dans la canalisation à un niveau de 2 cm	

	Nettoyage de la caisse pleine d'eau <u>Point 198 :</u> Changement des batteries du débitmètre et remise en marche		
10 août 2016	<u>Point 197 :</u> Travaux pour l'asservissement à la hauteur : pose du relais et sélection de la côte : on a pris 9 cm car la crépine de prélèvement est à 8,5 cm <u>Point 211 :</u> Relève de la mémoire <u>Point 198 :</u> Relève de la mémoire	<u>Point 211 :</u> Il est nécessaire de faire un relevé manuel car le Frog ne transmet plus ses données en temps réel (défaut)	<u>Point 197 :</u> Actionner un programme pour tester le fonctionnement de l'asservissement par rapport à la hauteur. <u>Point 198 :</u> Actionner un programme et démarrer une campagne test
31 août 2016	<u>Point 197 :</u> Surélévation du tuyau de prélèvement du préleveur Surélévation du préleveur risquée <u>Point 198 :</u> Relève de la mémoire du débitmètre Changement de la batterie car dysfonctionnement de celle-ci	<u>Point 197 :</u> Sédimentation à un niveau de 4 cm <u>Point 198 :</u> La batterie mise en place dernièrement a également eu un dysfonctionnement, aucune donnée n'est disponible (seulement quelques heures le 29 juin)	<u>Point 197 :</u> Démarrer campagne test et campagne blanc Si les chutes de tension persistent, il faudra remonter la tension <u>Point 198 :</u> Acheter des nouvelles batteries car celles à la DEA sont assez anciennes et peuvent toutes présenter un dysfonctionnement Démarrer campagne test et campagne blanc

Annexe 13 : Exemple de compte-rendu d'une visite terrain à effectuer à la suite de chaque intervention

Contexte :

Cette intervention s'inscrit dans le cadre de l'instrumentation des filtres plantés de Rosny-Sous-Bois (rue Missak Manoukian – rue Lavoisier).

seine-saint-denis LE DEPARTEMENT	DEA	Compte rendu	SHUE/BLAU
Compte rendu de la visite – abaissement de la tige de prélèvement à l'amont 29/03/2016¹⁵			29 mars 2016
Rédacteur : Yasmin COPANOGLU			
Personnes présentes : - Yasmin COPANOGLU (DEA-SHUE- stagiaire) - Equipe prélèvement (Loucif Bensahlem, Régis Dubois, Thierry Baudoux)			
Diffusion : SHUE-SGE			

description du site est apportée dans le document suivant pour information :

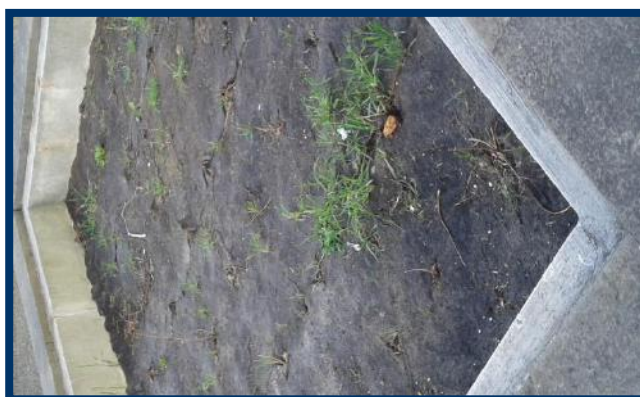
O:\2_SHUE\3_BLAU\7_JPaupardin\1_Etudes\2_biofiltration\CR\description site de Rosny sous Bois

Objectif de la visite :

Cette intervention a pour but de rabaisser la crépine de prélèvement dans la canalisation phi 600 au point 197 amont.

Etat actuel du filtre :

Comme on peut le voir sur les photos ci-dessous, les filtres sont actuellement recouverts d'une toile de jute. Des plantations ont été réalisées mais il n'y a toujours pas de pousse à cette date.



Interventions réalisées :

L'intervention a été réalisée à l'intérieur de la canalisation phi 600 où se trouve la crépine de prélèvement.

Avant intervention, la tige était à une hauteur de 10 cm du bas de la canalisation et fortement ensablée (photo a, b et c). Nous avons constaté une forte sédimentation dans la canalisation d'environ 6,5 cm (photo D). La crépine a été nettoyée et abaissée à un niveau de 8,5 cm (photo e).

¹⁵ O:\2_SHUE\3_BLAU\7_JPaupardin\1_Etudes\2_Qualité\2_AAP – ONEMA – Filtres plantés Rosny\2_CR\0_Interne

A



B



C



D



E

Suite à l'abaissement de la crépine, nous avons fait un essai avec le préleveur. Le fonctionnement est correct. La tige ne prélève pas les sédiments au fond de la canalisation. De plus, nous avons pu observer que tous les flacons dans le préleveur étaient pleins suite aux pluies précédentes (photo f et g).



F



G

Une relève du débitmètre à l'aval au point 198 aval a été effectuée (photo h et i). Cette relève contient les données depuis le 16 mars dernier dont les données de l'essai effectué avec l'hydrocureuse ce même jour.



H

I



Faire :

- Prévoir un curage du phi 600 pour nettoyer la sédimentation qui a atteint un niveau de plus de 6 cm & trouver une solution au problème de forte sédimentation (NE PAS DEBUTER DE CAMPAGNE AVANT CURAGE)
- Prévoir un essai avec l'hydrocureuse et la canalisation phi 600 ouverte pour observer le fonctionnement de la crépine abaissée et détecter des éventuels problèmes
- Installer le câble d'asservissement entre le préleveur et le débitmètre aval à sa livraison

FICHE TERRAIN POUR LES EQUIPES PRELEVEMENTS



AMONT (197 AM_FSABLE)

AVAL (198 AV_FSABLE)

EVENEMENT A ECHANTILLONNER

Quantité	Unité	Description
900 et 1000	mL	Volume nominal d'un échantillon verre et plastique
215	mL	Volume par prélèvement verre ou plastique
860	mL	Volume total pour un échantillon verre ou plastique (4 prélèvements)
48		Nombre de prélèvements total (12 échantillons)
3	mL	Pluie min échantillonnée
Volume prélevé (3mm)	L	$\frac{3 \text{ mm} * 3410 \text{ m}^2}{0,2 \text{ m}^3} = 51 \text{ prélèvements} = 51 * 215 \text{ mL} = 10,1 \text{ L (12 flacons)}$
9	mm	Pluie max échantillonnée
Volume prélevé (9mm)		$\frac{9 \text{ mm} * 3410 \text{ m}^2}{0,6 \text{ m}^3} = 51 \text{ prélèvements} \dots 10 \text{ L et 12 flacons}$
0,1	m ³	Volume cumulé pour l'impulsion du débitmètre électromagnétique
0,2	m ³	Volume cumulé pour l'impulsion avec diviseur 2

PROCEDURE

1. Relève du préleveur multiflacon + observations et/ou modification (FICHE)
2. Récupération des échantillons à l'aide du plateau :

Si V < 3L (moins de 4 flacons pleins)	Si V ≥ 3L amont + 3L aval	Si V = 10 L
Pas de conditionnement, nettoyage immédiat à l'eau des flacons usés et stockage. Retour du nombre de flacons usés sur la FICHE	Conditionnement des flacons ° Numéroté tous les flacons dans l'ordre ° Membrane téflon ° Glacière et l'étiqueter	Conditionnement des flacons //

3. Selon les observations : nettoyage de distributeur et du bol de prélèvement Bülher – remplacement du tube de prélèvement
4. Nettoyer systématiquement le colmatage au niveau du point 198 (déversoir triangulaire)
5. Remise du matériel prêt pour une nouvelle campagne : flacons neufs, mettre un jeu de membrane dans l'embase
6. Récupération de la mémoire du préleveur à la main (FICHE Acquisition / Télétransmission / Validation des données sous O:\2_SHUE\3_BLAU\7_JPaupardin\1_Etudes\2_Qualité\2_AAP – ONEMA – Filtres plantés Rosny\4_Prélèvement et débit\5_protocoles)
 Procédure pour récupération de la mémoire du préleveur amont à la main (FICHE) :
 -Appuyer sur ESC
 -Flèche haut/bas jusqu'au menu « MEMOIRE »
 -Appuyer sur ENT 1 fois pour sélectionner « AFFICHER » et 1 fois pour valider le choix
7. Vérification de l'heure des instruments avec le central
8. Relancer le programme différé pour dimanche 00h00
9. Retour à la DEA : mise au frigo des échantillons, stockage des flacons usés
10. Si campagne fructueuse : récupération et retour immédiat au LEESU JP ou YC
11. Aide au conditionnement/analyse des échantillons si possible YC

EVENEMENT A ECHANTILLONNER

Quantité	Unité	Description
16 (17 ?)	L	Volume nominal d'un échantillon verre et plastique
150	mL	Volume par prélèvement verre ou plastique
68		Nombre de prélèvements total
3	mm	Pluie min échantillonnée
Volume prélevé (3mm)	L	20 % d'abattement de volume entre amont et aval → arbitraire $\frac{80\% * 3 \text{ mm} * 3410 \text{ m}^2}{0,3 \text{ m}^3} = 28 \text{ prélèvements} = 28 * 150 \text{ mL} = 4 \text{ L}$
10	mm	Pluie max échantillonnée
Volume prélevé (10 mm)		$\frac{80\% * 10 \text{ mm} * 3410 \text{ m}^2}{0,3 \text{ m}^3} = 11' \text{ prélèvements} = 114 * 150 = 17 \text{ L}$
0,3	m ³	Volume cumulé pour impulsion

PROCEDURE

- ➔ Idem amont sauf que le préleveur est un sigma AS950 **monoflacon**
- ➔ Récupération des données débit et prélèvement se fait par transfert numérique
- ➔ 3 fichiers (.csv) (hauteur, débit, volume) sur O:\2_SHUE\MESURES.FIC\STEN (dossiers 197, 198 et 211)
- ➔ Pas de temps : **1 minute**
- ➔ Mettre en mémoire tournante (WRAP MEMORY MODE)

REMARQUES GENERALES

° Flacons verre/hydrocarbures et plastique/métaux

Pluviométrie (mm)	Diviseur d'impulsion à choisir (AMONT)
1	Pas d'échantillonnage
2	//
3	1
4	2/3
5	3
6	4
7	4/5
8	5
9	6

Etiquetage :

Nom du site
 Jour de la pluie
 Nature de l'échantillon (Amont : E et Aval : S)
 Exemple : ROSNY/150216/E

PLANNING SEMAINE

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche	
Déclenchement du préleveur							00h00	Possible
Prélèvement équipe et retour au LEESU				14h00				Pas possible

RECEPTION DES PRELEVEMENTS AU LEESU

24h/36h max à compter de la fin de l'évènement pluvieux pouvant correspondre au premier prélèvement amont.

Au-delà, les échantillons ne seront pas gardés. Gestion du stock des flacons d'échantillonnage par JP ou YC.

PROCEDURE BLANC

En attente, réunion à venir avec Emilie Caupos et David Ramier

FREQUENCE D'ENTRETIEN

- Changer batterie aval toutes les deux semaines (batterie pour la tête) / Changer batterie aval (embase) à chaque prélèvement (durée de vie 5 jours)
Curage canalisation amont une fois tous les deux mois : niveau d'ensablement = + 1 cm / 10 jours
Pour la partie réfrigérée du préleveur aval, JP ou YC fera le branchement sur batterie spécifique (si évènement pluvieux significatif : environ 3 mm)
- Nettoyer systématiquement le déversoir point 198 aval

NUMEROS ET ADRESSES UTILES

Livraison au LEESU : Université Paris-Est Créteil, 61 avenue du Général de Gaulle 94010, Créteil cedex. Tél pro de Damien Lherm : 01 45 17 13 29/Fax : 01 45 17 16 27 – damien.lherm@leesu.enpc.fr

LEESU : Tél pro Martin Seidl (réfèrent chercheur) : 01 64 15 39 75, tél pro de David Ramier (réfèrent chercheur métrologie) : 06 60 39 47 91, tél pro de Mohamed Saad (technicien pour le Bülher) : 01 64 15 37 57

DEA : Tél pro/perso Julien Paupardin : 01 43 93 68 57 – 06 03 79 05 37 – 06 31 35 23 99 ; Tél pro Athmane Abbassi : 01 43 93 68 34 – 06 21 39 02 26 ; Tél pro Thierry Baudoux : 06 03 22 62 44 ; Tél pro Frederick Vandellannoote (suppléant DEA) : 01 43 93 68 64 (Laurence)

ATTENTION

L'embase du préleveur Bülher est fragile. Ne pas pencher car l'embase se comporte comme un frigo.

Flacons verre fragiles, attention à la manipulation.

Tête des préleveurs : débrancher avant toute manipulation.

Ne pas de contaminer les échantillons : PAS DE CIGARETTE

Pas de prélèvement le vendredi et le mois d'août.



Annexe 15 : Relève de la mémoire du préleveur à l'amont



SEINE-SAINT-DENIS
LE DÉPARTEMENT

RELEVÉ DU PRÉLEVEUR

Date du relevé : **29/03/16**

Nombre de flacons : **12**

Heure montre : **15h17**

Personnel d'intervention : **Equipe prelev. heures & dates so'elles!!!**
Y. Capanoglu

N° de préleveur : **Bülher omon pt 197**

Nom ou N° du Point : **197 omon**

Heure du préleveur : **14h27**

Echantillonnage multiplexé? ☐

10 jours de calage Bülher - 10 jours sidel

10 jours de calage Bülher - 10 jours sidel

Flacon	Date/Heure prélèvement	V _{prélèvement}	Type d'anomalie	Désactivé	Activé
1	25/03/16: 1) 08h44 2) 10h41 27/03/16: 3) 01h05 4) 01h07				
2	27/03/16: 1) 01h03 2) 01h10 3) 01h11 4) 01h12				
3	27/03/16: 1) 01h14 2) 01h15 3) 01h17 4) 01h18				
4	27/03/16: 1) 01h20 2) 01h21 3) 01h23 4) 01h24				
5	27/03/16: 1) 01h25 2) 01h26 3) 01h28 4) 01h29				
6	27/03/16: 1) 01h31 2) 01h32 3) 01h33 4) 01h35				
7	27/03/16: 1) 01h37 2) 01h38 3) 01h39 4) 01h40				
8	27/03/16: 1) 03h05 2) 04h28 3) 08h21 4) 15h21				
9	27/03/16: 1) 16h52 2) 16h55 28/03/16: 3) 10h02 4) 10h03				
10	28/03/16: 1) 12h02 2) 12h03 3) 12h48 4) 13h23				
11	28/03/16: 1) 14h01 2) 14h02 3) 14h22 4) 14h29				
12	28/03/16: 1) 14h58 2) 15h39 3) 16h05 4) 16h52				
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					

Désactivation finale (date et heure) : **Demarrage programme: 16 mars à 10h49 (1er visite)**

Observation ou modification : **Fin programme: 28 mars 16h52**

• Exécution aspiration du 16 mars au 25 mars + 27 mars à 18h31 + 28 mars à 05h29

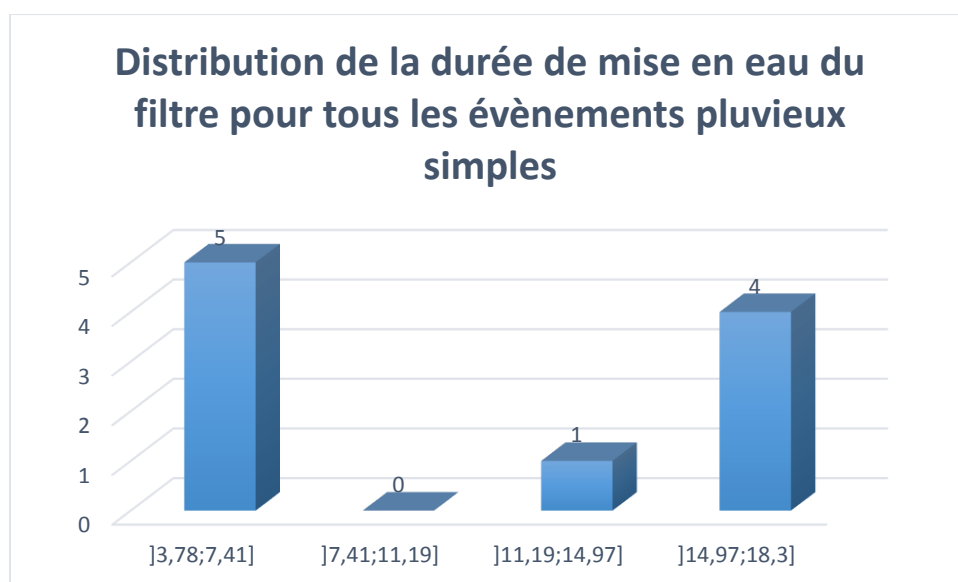
• chute de tension 28 mars à 10h16 et reprise programme 10h17 + 28 mars 11h41 et RP 11h42

Annexe 16 : Calculs statistiques pour le choix du pas de temps de prélèvement à l'amont

Evènement hydraulique entre les deux seuils de prélèvement

Début à 10 cm	Fin à 9 cm	Durée (hh :mm)	Durée (h)
01/03/2016 16:04	01/03/2016 19:51	3:47	3,78
02/03/2016 15:26	03/03/2016 06:51	15:25	15,42
09/03/2016 08:43	09/03/2016 21:35	12:52	12,87
25/03/2016 06:15	25/03/2016 13:11	6:56	6,93
26/03/2016 23:00	27/03/2016 16:43	17:43	17,72
04/04/2016 02:23	04/04/2016 09:26	7:03	7,05
11/04/2016 15:15	11/04/2016 19:36	4:21	4,35
24/04/2016 13:31	24/04/2016 18:08	4:37	4,62
10/05/2016 13:58	11/05/2016 08:16	18:18	18,3
11/05/2016 12:38	12/05/2016 06:52	18:14	18,23

Avec la formule de Sturge : nombre de classes $1 + 3,222\log(n) = 4$



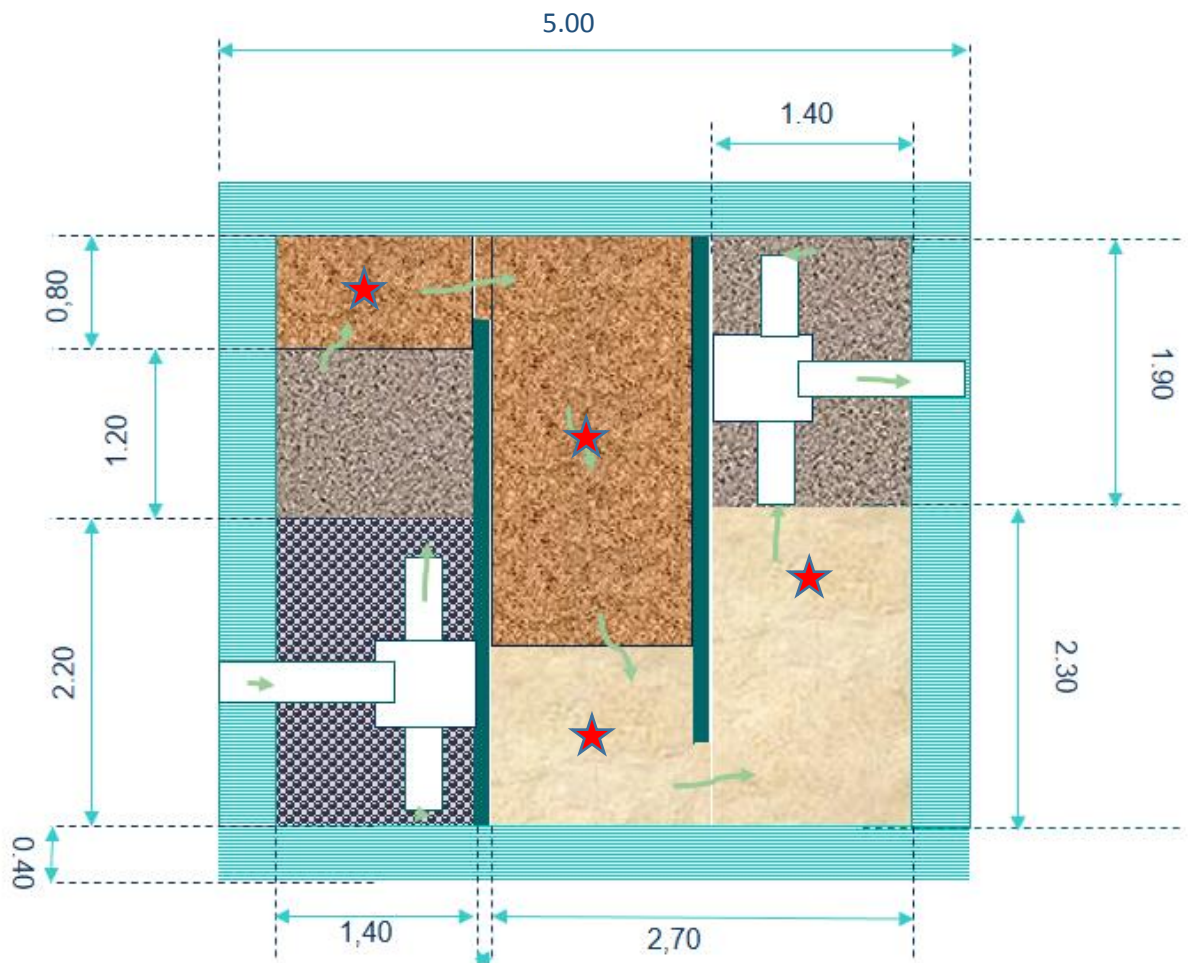
La majorité des évènements se trouvent dans la première classe qui a pour moyenne une durée de 5 heures et 35 minutes (5,59h). Nous devons faire 48 prélèvements : ce qui revient à effectuer un prélèvement toutes les 7 minutes.

Modèle d'échantillonnage :

Un échantillonnage en 4 zones dans le sable s'avère adapté pour ce type de filtre en allant de la zone fortement sollicitée à la zone peu sollicitée.

- ➔ Retirer la couche de terre végétale de 30 cm sur une zone de 20 cm x 20 cm
- ➔ Découper le géotextile pour éviter de le trouser et la remettre en place après l'échantillonnage
- ➔ Faire une carotte sur l'ensemble de la hauteur du filtre, entre le fond et le géotextile.
Hauteur du sable calculée d'après les données : 1m40 (hauteur des filtres) – 30 cm (couche de terre végétale) – 17 cm (hauteur d'eau maximale à ciel ouvert dans le bassin) – 3 cm (paillage) = 90 cm : **A revoir et à vérifier sur place dans le regard car données manquantes sur les plans**
- ➔ L'échantillonnage se fera sur 4 profondeurs sur le filtre le plus chargé et 3 sur les deux autres





Conditionnement et conservation de l'échantillon :

Les matériaux utilisés lors de l'échantillonnage et du pré-traitement doivent être non-contaminants vis-à-vis des substances à analyser. Le matériel doit être « propre » et rincé entre chaque utilisation avec de l'eau ultrapure.

	HAP :	Métaux :
Type de conteneur :	Verre / Téflon	Plastique (lavé au préalable avec de l'acide)

Il faut diviser chaque échantillon prélevé, qui correspond à une profondeur, en 4 sous échantillons :

Métaux fluo X	Extraction MO	HAP	Métaux IFFSTAR
-Remplir les flacons à moitié (~100g) -Faire sécher à l'étuve à 40° pendant une semaine -Broyage et tamisage à 2mm (ou selon la granulométrie du sable si grossier)	-Remplir les flacons à moitié // protocole ?	-200g dans les sachets prévus à cet effet	-Transvaser le poids restant (l'idéal est d'avoir une quantité de sol brut comprise entre 500g et 1kg) dans les sachets en PE donnés par l'IFSTTAR, les étiqueter et les envoyer à l'IFSTTAR

**-Ces échantillons
doivent être analysés
à Trappes**

dans une glacière par
le transporteur TNT(ne
pas oublier d'ajouter
des pins de glaces)

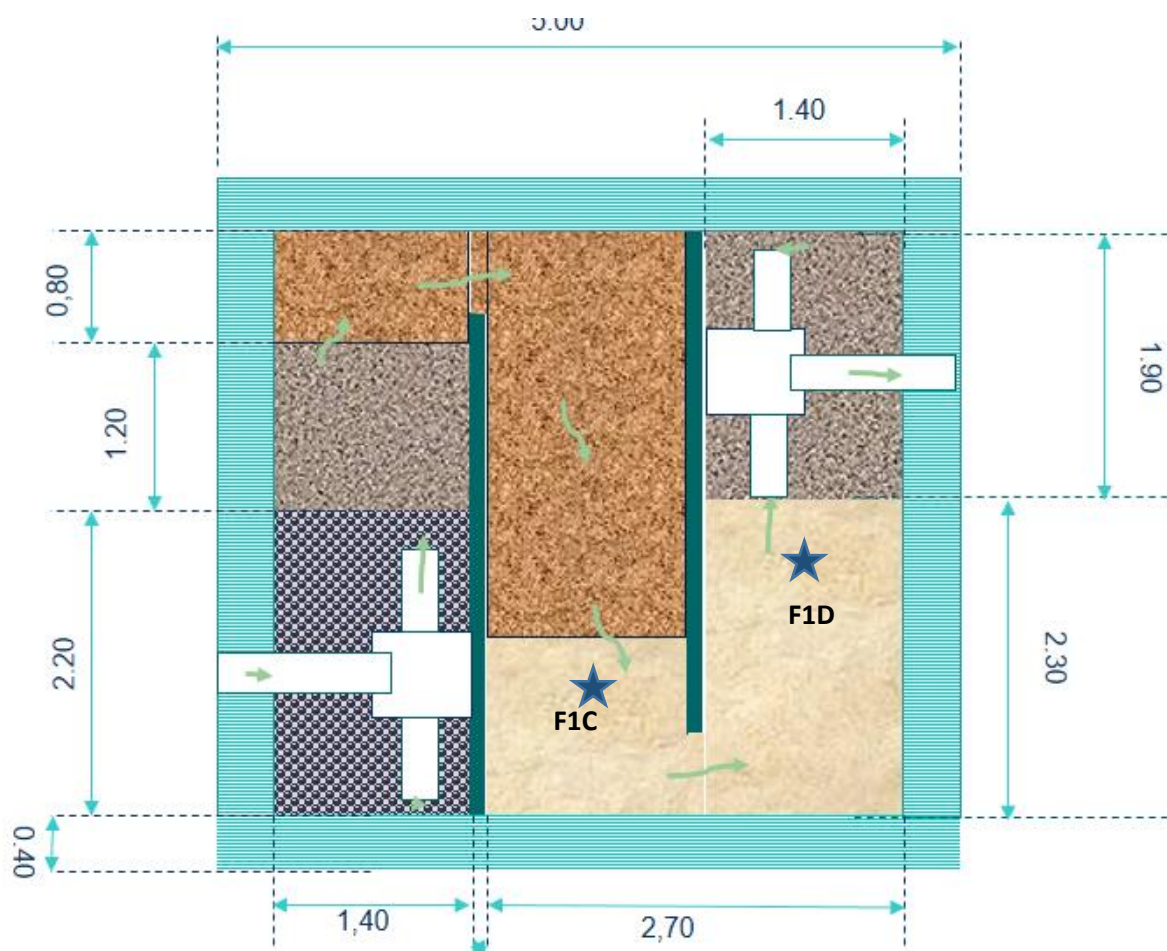


**Les échantillons pourront être stockés jusqu'à 2 mois,
congelés et lyophilisés, à l'abri de l'air et de la lumière afin
de pouvoir faire des analyses complémentaires si nécessaire.**

Annexe 18 : Polluants à analyser dans le cadre du projet Roulépur

Paramètres globaux	Métaux	HAP et HC	Phtalates	APs
MES	Arsenic As	C10-C40 hydrocarbures totaux		BisphénolA
Carbone organique	Cadmium Cd	1methyl NAPHTALENE		Nonylphenol-1-Carboxylé (NPEC1)
NK	Cobalt Co	2methyl NAPHTALENE		4-tert-octylphénol (OP)
NH4	Chrome Cr	ACENAPHTENE		Octylphénol-mono-éthoxylé (OP1EO)
NO2	Cuivre Cu	ACENAPHTYLENE		Octylphénol-di-éthoxylé (OP2EO)
NO3	Nickel Ni	ANTHRACENE		Nonylphénol (NP)
Ptot	Plomb Pb	BENZO(a)ANTHRACENE		Nonylphénol-mono-éthoxylé (NP1EO)
PO4	Vanadium V	BENZO(a)PYRENE		Nonylphénol-di-éthoxylé (NP2EO)
	Zinc Zn	BENZO(b)FLUORANTHENE		
	Aluminium Al	BENZO(ghi)PERYLENE		
	Fer Fe	BENZO(k)FLUORANTHENE		
	Manganese Mn	CHRYSENE		
	Molybdène Mo	CORONENE		
	Phosphore P	DIBENZO(ah)ANTHRACENE		
	Strontium Sr	FLUORANTHENE		
	Titane Ti	FLUORENE		
	Sodium Na	INDENO(1,2,3-cd)PYRENE		
	Potassium K	NAPHTALENE		
	Magnésium Mg	PHENANTHRENE		
	Calcium Ca	PYRENE		
	Baryum Ba			
	Silice Si			

Annexe 19 : Résultats des analyses des échantillons de substrat



N° d'ordre	Al	As	Ba	Ca	Co	Cr	Cu	Fe
Unité	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
LQ mg/kg	20,0	1,0	1,0	20,0	0,4	1,0	0,4	1,0
Méthode	ICP OES	ICP OES	ICP OES	ICP OES	ICP OES	ICP OES	ICP OES	ICP OES
Rosny sous Bois/160626/F1C/0- 35 cm	1911	5,3	14	367734	0,22	9,8	4,8	2,2
Rosny sous Bois/160626/F1C/35- 55 cm	1800	3,4	13	365934	0,22	7,9	4,7	2,0
Rosny sous Bois/160626/F1C/55- 84 cm	1380	6,8	14	343132	0,22	3,5	4,2	2,3
Rosny sous Bois/160626/F1C/84- 98 cm	1831	3,6	14	364949	0,24	2,6	4,7	2,5
Rosny sous Bois/160626/F1D/0- 37 cm	1841	3,6	15	376502	0,23	2,0	4,4	1,9
Rosny sous Bois/160626/F1D/37- 58 cm	1860	3,5	13	372380	0,22	2,6	4,6	2,0

Rosny sous Bois/160626/F1D/58- 80 cm	1946	3,4	14	365601	0,21	5,0	4,9	1,9
Rosny sous Bois/160626/F1D/80- 98 cm	1793	3,0	13	375984	0,24	2,1	4,3	8,6

N° d'ordre	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P
Unité	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
LQ mg/kg	20,0	1,0	2,0	0,2	0,4	20,0	1,0	20,0
Méthode	ICP OES	ICP OES	ICP OES	ICP OES	ICP OES	ICP OES	ICP OES	ICP OES
Rosny sous Bois/160626/F1C/0- 35 cm	2224	731	1475	139	<LQ	172	3,7	323
Rosny sous Bois/160626/F1C/35- 55 cm	2170	694	1449	139	<LQ	171	3,7	285
Rosny sous Bois/160626/F1C/55- 84 cm	2235	721	1414	132	5,9	162	3,5	284
Rosny sous Bois/160626/F1C/84- 98 cm	2508	662	1463	138	<LQ	165	3,9	334
Rosny sous Bois/160626/F1D/0- 37 cm	2326	690	1488	138	<LQ	169	4,0	264
Rosny sous Bois/160626/F1D/37- 58 cm	2539	711	1477	139	<LQ	164	4,1	274
Rosny sous Bois/160626/F1D/58- 80 cm	2439	775	1472	138	<LQ	185	3,4	283
Rosny sous Bois/160626/F1D/80- 98 cm	2166	674	1469	138	<LQ	164	3,3	254

N° d'ordre	Pb	Sr	Ti	V	Zn	Si		
Unité	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
LQ mg/kg	1,0	0,2	0,4	0,4	1,0	200,0		
Méthode	ICP OES	ICP OES	ICP OES	ICP OES	ICP OES	ICP OES		
Rosny sous Bois/160626/F1C/0- 35 cm	3,9	396	91	7,1	11,5	38395		
Rosny sous Bois/160626/F1C/35- 55 cm	2,5	397	75	6,7	10,9	38398		
Rosny sous Bois/160626/F1C/55- 84 cm	3,6	386	87	6,7	12,1	39882		
Rosny sous Bois/160626/F1C/84- 98 cm	2,7	397	80	7,1	13,4	37683		
Rosny sous Bois/160626/F1D/0- 37 cm	2,1	400	83	6,8	10,7	36904		

Rosny sous Bois/160626/F1D/37- 58 cm	2,3	396	82	6,9	11,2	38022		
Rosny sous Bois/160626/F1D/58- 80 cm	2,4	401	81	6,8	11,2	39582		
Rosny sous Bois/160626/F1D/80- 98 cm	2,1	395	77	6,5	14,8	37704		

Annexe 20 : Tests statistiques pour vérifier la validité d'une régression linéaire

Nous avons utilisé dans ce cas le test R^2

H_0 : régression non significative

H_1 : régression significative $R^2=1$

Si $-t_{bil,\alpha}^{n-2} \leq \frac{|R|\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}} \leq t_{bil,\alpha}^{n-2}$ alors on accepte l'hypothèse H_0

h max (m)	0,126	0,168	0,178	0,198	0,209	0,37-	0,503	0,527	0,536	0,568	0,568
t vidange (h)	2,2	3,75	4,57	4,43	4,83	10,25	20,02	14,07	14,75	14,77	12,65

$$R^2 = 0,8603$$

$$y = 30x - 1,1264$$

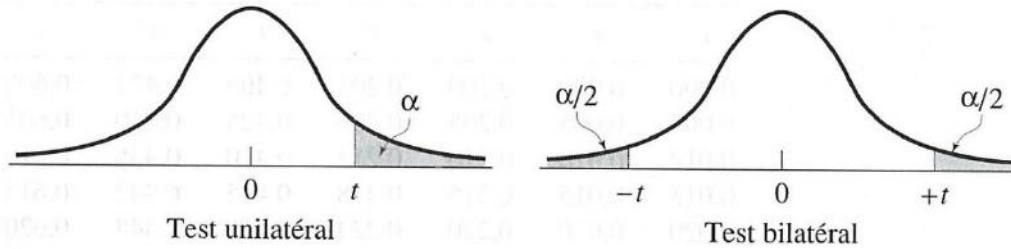
$$n = 11$$

$$t_{bil,0,05}^{11-2} = 2,228 \text{ (d'après la table de Student suivante)}$$

$$\frac{|R|\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}} = 7,8474$$

L'hypothèse est bien vérifiée, on accepte H_1 à 95%, la régression est significative.

Table t : points de pourcentage supérieurs de la distribution t



Seuil de signification pour le test unilatéral									
	.25	.20	.15	.10	.05	.025	.01	.005	.0005
Seuil de signification pour le test bilatéral									
dl	.50	.40	.30	.20	.10	.05	.02	.01	.001
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	636.620
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	31.599
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.924
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.869
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.408
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587
11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437
12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	4.318
13	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221
14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	4.140
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073
16	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015
17	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850
21	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.819
22	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792
23	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.768
24	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745
25	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.725
26	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.707
27	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.690
28	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.674
29	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.659
30	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.646
40	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.551
50	0.679	0.849	1.047	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	3.496
100	0.677	0.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	3.390
∞	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.291

Annexe 21 : Tableau de suivi du niveau d'ensablement dans la canalisation Φ 600 au point 197 à l'amont des filtres

Date :	Niveau d'ensablement & curage si effectué :
29 mars 2016	6,5 cm
08 avril 2016	Curage effectué 0 cm
26 avril 201624 mai 2016	2 cm
24 mai 2016	Entre 4 et 6 cm au plus bas au plus haut
14 juin 2016	Curage effectué 0 cm
11 juillet 2016	2 cm
31 août 2016	4 cm