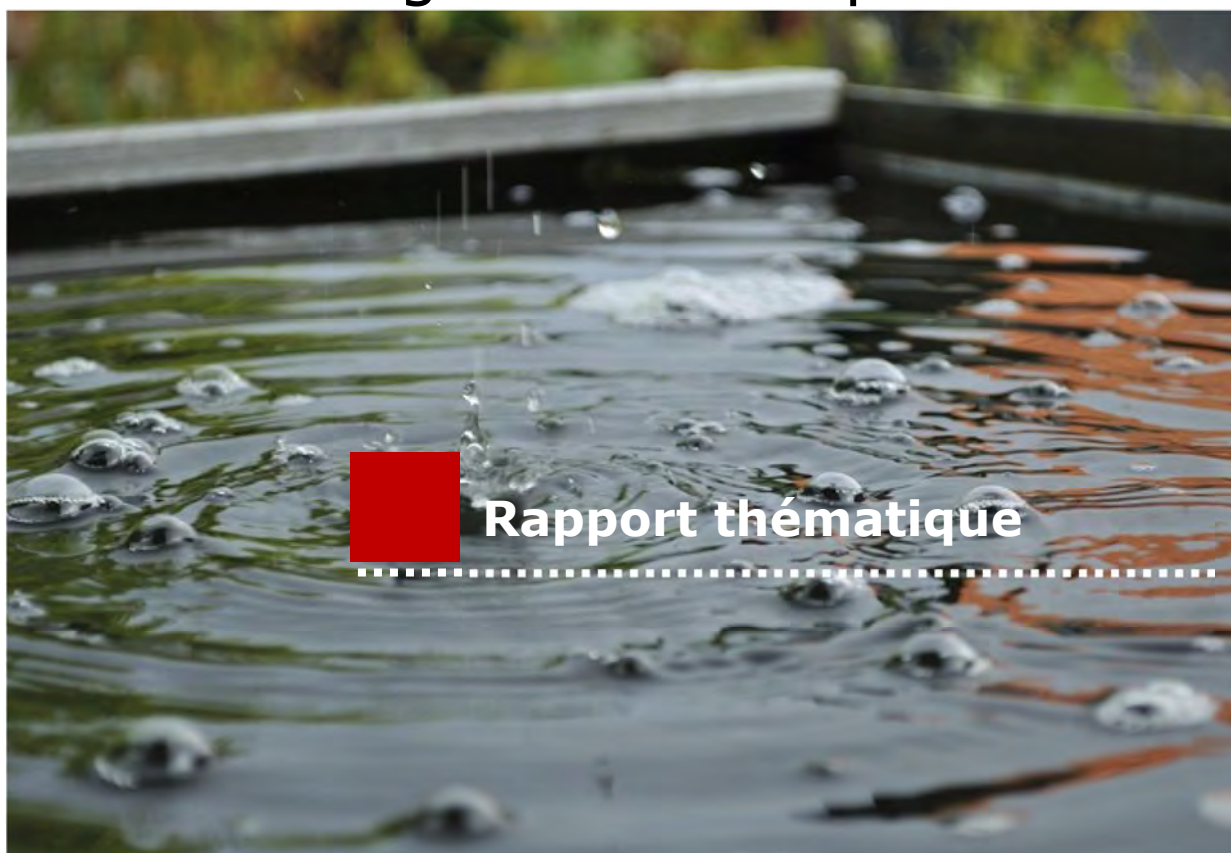


PROJET VILLE PERMÉABLE

Météorologie : réflexions sur le suivi
des ouvrages des eaux pluviales



Rapport thématique

Edition : Novembre 2017

Sommaire

1. PRÉAMBULE	6
1.1 Contexte de l'étude.....	6
1.2 Investigations	7
1.3 Plusieurs types de métrologie.....	7
2. BILAN DES INVESTIGATIONS MENÉES SUR LES OUVRAGES HYDRAULIQUES EXISTANTS	9
2.1 Ouvrages linéaires à Porte des Alpes : comment fonctionnent-ils après 15 ans de mise en service ?	9
2.1.1. Noue du cours du 3ème Millénaire.....	9
2.1.2. Tranchée drainante rue de l'Aviation.....	17
2.2 Bilan écologique des lacs de Porte des Alpes : la gestion des eaux pluviales au service de la biodiversité	22
2.3 Mesures de perméabilité : comment évolue l'état de colmatage des enrobés poreux ?	27
2.4 Mesures de pollution dans la tranchée de l'avenue de l'Ain : comment évolue une chaussée à structure réservoir ?	31
2.5 Mesures de températures : les techniques alternatives végétalisées au service du bien-être en ville	32
2.6 Suivi tensiométrique	36
3. TECHNOLOGIES DISPONIBLES POUR LE SUIVI DES OUVRAGES HYDRAULIQUES	37
3.1 Mesurer la perméabilité	38
3.1.1. La perméabilité du sol	38
3.1.2. La perméabilité d'un revêtement (poreux).....	39
3.2 Topologie du site	40
3.3 Prélèvements	41
3.3.1 Prélèvements de sol	41
3.3.2 Prélèvement par temps de pluie.....	42
3.3.3 Prélèvement dans la nappe	44

3.4 Observations visuelles	44
3.4.1 Observation en temps réel.....	44
3.4.2 Inspection télévisée.....	45
3.5 Mesures hydrauliques	46
3.5.1 Mesurer le débit	46
3.5.2 Suivi des hauteurs d'eau	47
3.6 Suivi tensiométrique	48
ANNEXES	50

Table des figures

Figure 1 : Localisation des noues, cours du 3ème Millénaire.....	9
Figure 2 : Localisation des regards sur la noue étudiée.....	11
Figure 3 : Schéma d'implantation des sondages et des essais de perméabilité.....	13
Figure 4 : Détail des couches de prélèvement	14
Figure 5 : Prélèvements de surface et en profondeur	15
Figure 6 : Localisation de la tranchée étudiée, rue de l'Aviation	17
Figure 7 : Plan général de la tranchée rue de l'Aviation	18
Figure 8 : Schéma d'implantation des sondages	19
Figure 9 : Réalisation d'un sondage à la pelle mécanique sur la tranchée rue de l'Aviation	21
Figure 10 : Photos des lacs étudiés à Porte des Alpes.....	23
Figure 11 : Points de mesure au drainomètre sur la rue François Jacob (Crédit image : Grand Lyon)	30
Figure 12 : Localisation de la chaussée à structure réservoir sur l'avenue de l'Ain.....	31
Figure 13 : Curage par camion à haute pression (Crédit photos : Grand Lyon)	32
Figure 14 : Thermomètre infrarouge Kiray 100 (crédit photo : Cyprien Jolivet).....	33
Figure 15 : Résultats des mesures de température sur l'allée du Bon Lait (crédit image : Cyprien Jolivet)	33
Figure 16 : Suivi tensiométrique durant 31 semaines sur 5 arbres en tranchées drainantes à Vaulx-en-Velin	36
Figure 17 : Réservoir gradué et cellule d'injection utilisés pour l'essai Porchet.....	38
Figure 18 : Méthode du double anneau.....	39
Figure 19 : Drainomètre	40
Figure 20 : Niveau à lunettes	41
Figure 21 : Préleveurs automatiques.....	43
Figure 22 : Schéma d'un piézomètre.....	44
Figure 23 : Observation par caméra.....	45
Figure 24 : Périscope	46
Figure 25 : Débitmètre dans un réseau de collecte	47
Figure 26 : Tensiomètres.....	49

Table des tableaux

Tableau 1 : Résultats des analyses CARSO sur la noue du Cours du 3 ^{ème} Millénaire	16
Tableau 2 : Résultats des analyses CARSO sur la tranchée de la rue de l'Aviation	21
Tableau 3 : Résultats des mesures de concentration d'Azote	24
Tableau 4 : Résultats des mesures de concentration en phosphate	24
Tableau 5 : Résultats des mesures de chlorophylle a effectuées à la sonde spectrofluorimétrique en 2010	25
Tableau 6 : Evolution de l'Indice Olygochètes de Bioindication Lacustre (IOBL) sur le plan d'eau 2.....	25
Tableau 7 : Evolution de l'abondance relative des groupes algaux	25
Tableau 8 : Dénombrement des espèces de poisson.....	26
Tableau 9 : Importance des végétaux aquatiques	26
Tableau 10 : Différentes catégories d'ouvrages concernées par la métrologie étudiée ...	37

Table des annexes

Annexe 1 : Paramètres testés lors des prélèvements de sol à Porte des Alpes	50
Annexe 2 : Résultats des analyses de sédiments dans la noue et la tranchée à Porte des Alpes	51
Annexe 3 : Seuils imposés par l'article II de l'arrêté du 12 décembre 2014 (déchets inertes non dangereux)	55
Annexe 4 : Résultats des analyses granulométriques par IMS RN sur la noue du cours du 3 ^{ème} Millénaire.....	56
Annexe 5 : Répartition granulométrique par IMS RN sur la tranchée de la rue de l'Aviation	58
Annexe 6 : Résultats des analyses réalisées dans la structure réservoir de l'avenue de l'Ain	60

1. Préambule

1.1 Contexte de l'étude

Sur le territoire de la Métropole de Lyon, les techniques alternatives de gestion des eaux pluviales se multiplient depuis une vingtaine d'année. Le projet Ville Perméable. Ayant depuis longtemps dépassé le stade expérimental, elles contribuent à l'aménagement d'une ville attractive et résiliente. Afin d'amplifier leur mise en œuvre dans un cadre sécurisé, le projet Ville Perméable du Grand Lyon a pour vocation de promouvoir une culture commune dans les services de la Métropole en faveur de la « désimperméabilisation » des espaces urbains. Pour ce faire, le projet s'appuie sur **une évaluation technico-économique des expériences passées très rigoureuse, des résultats de recherche validés, des éléments de maîtrise des coûts et des bénéfices annexes** de ces techniques alternatives.



Dans un objectif de mutualisation des connaissances, le présent document vise à rassembler les retours d'expérience relatifs à la métrologie des ouvrages, apportant des informations quant à la pérennité et au fonctionnement des techniques alternatives de gestion des eaux pluviales existantes sur le territoire de la Métropole. Il présente des éléments de réflexions quant aux différents types de métrologie pouvant être mis en œuvre selon les paramètres recherchés ainsi que sur leur cadre d'intervention.

1.2 Investigations

Depuis 2014, plusieurs investigations de terrains ont été réalisées sur le territoire de la Métropole de Lyon et notamment :

- A Porte des Alpes, Saint Priest : noues enherbées du cours du 3^{ème} Millénaire et tranchée drainante de la rue de l'Aviation ;
- Sur l'avenue de l'Ain, Rillieux : chaussée à structure réservoir sous revêtement non poreux ;
- Sur plusieurs enrobés poreux du territoire.

La métrologie réalisée sur ces secteurs dans le cadre d'études de recherche a permis de consolider les connaissances relatives au fonctionnement des techniques alternatives.

1.3 Plusieurs types de métrologie

La métrologie, à savoir l'ensemble des techniques permettant d'effectuer des mesures, s'inscrit dans plusieurs contextes :

- **L'exploitation des ouvrages hydrauliques** : ce type de métrologie intervient de manière régulière et vise à **surveiller le bon fonctionnement des ouvrages**.
- **La maintenance des ouvrages hydrauliques** : les opérations de maintenance sont souvent complexes et coûteuses. Elles interviennent principalement en cas de pollution accidentelle, de dysfonctionnement visible ou de changement de gestionnaire. Dans de tels cas, la métrologie peut intervenir en amont de l'opération pour **s'assurer de sa nécessité**, et en aval pour **vérifier la bonne remise en état de l'ouvrage**.
- **La recherche** : un certain nombre de sites sur le territoire de la Métropole de Lyon font déjà l'objet d'investigations poussées dans le cadre de projet de recherche via l'OTHU ou d'autres programmes. Les informations issues de ces recherches sont précieuses et font l'objet d'un travail d'appropriation par les opérationnels. Elles permettent de mieux comprendre le fonctionnement des techniques alternatives, mais également de répondre à d'autres questions comme l'impact du salage hivernal sur les végétaux, le rôle des arbres dans la lutte contre les îlots de chaleur, le besoin en eau des végétaux, etc.
- **Les études amont** : pour la révision de schémas directeurs, la prévision de travaux, etc. la métrologie intervient souvent pour appréhender le fonctionnement actuel des ouvrages hydrauliques, ce qui permet de vérifier leur capacité à une évolution de la charge hydraulique ou polluante.

Type de métrologie	Rôle	Fréquence
Pour l'exploitation des ouvrages	Contrôler l'état d'un ouvrage	Régulière (tous les 5 ans par exemple)
Pour la maintenance des ouvrages	Vérifier la nécessité d'une opération de maintenance Contrôler le fonctionnement de l'ouvrage suite à un événement exceptionnel, un dysfonctionnement ou une opération de maintenance	Ponctuelle (lorsque nécessaire, à la suite d'un événement exceptionnel ou d'une plainte)
Pour la recherche	Améliorer les connaissances relatives aux connaissances du fonctionnement des ouvrages d'eau pluviale et leur impact sur le milieu récepteur	Pendant une période continue dans le cadre de recherches
Pour des études	Appréhender le fonctionnement des ouvrages en vue d'une réflexion sur la gestion future des eaux pluviales	Pendant une période continue et courte dans le cadre d'études

2. Bilan des investigations menées sur les ouvrages hydrauliques existants

2.1 Ouvrages linéaires à Porte des Alpes : comment fonctionnent-ils après 15 ans de mise en service ?

Dans le cadre du Groupe de Travail « Ville Perméable », il a été choisi de réaliser des investigations sur les noues et tranchées drainantes du Parc Technologique de Portes des Alpes. Il s'agit en effet de sites relativement anciens, en service depuis plus de 15 ans, sur lesquels il a paru nécessaire de vérifier l'état de vieillissement des ouvrages et leur bon fonctionnement.

2 ouvrages ont été retenus pour les expérimentations :

- La noue enherbée du cours du 3^{ème} millénaire (sud),
- La tranchée drainante de la rue de l'aviation (partie aval).

Les investigations ont porté sur le **fonctionnement hydraulique** (capacité de rétention et capacité d'infiltration) et **l'accumulation des polluants dans les sols**.

2.1.1. Noue du cours du 3^{ème} Millénaire

Localisation



Figure 1 : Localisation des noues, cours du 3^{ème} Millénaire

L'étude porte sur les noues végétalisées du cours du 3^{ème} Millénaire puisque les noues platelées ont subi trop de modifications depuis leur conception.

A ce titre on rappelle que ces modifications n'ont pas fait l'objet d'un récolement tracé et qu'une partie de l'information s'est perdue au fil des ans. Le bilan des pratiques à l'issue de la phase 1 du projet Ville Perméable mettant en avant ce déficit de capitalisation patrimoniale, il a été décidé d'accompagner les investigations hydrauliques d'un récolement global des ouvrages de gestion des eaux pluviales du Parc Technologique, en parallèle des investigations décrites dans le présent rapport.

Objectifs :

- Compléter la connaissance du patrimoine de gestion des eaux pluviales → **RELEVES TOPOGRAPHIQUES pour intégration dans le SIG ;**
- Evaluer la capacité de la noue à collecter, tamponner voire infiltrer les eaux pluviales et vérifier que le réseau est strictement séparatif → **SUIVI DES DEBITS ;**
- Approcher la durée de vie de l'ouvrage via une analyse de son état structurel, analyser l'accumulation des polluants dans l'ouvrage, traduisant son efficacité de « filtre » mais aussi un éventuel risque → **COUPES ET ANALYSE GRANULOMETRIQUES, MESURES DE POLLUTION DANS LES SOLS ;**

Ces campagnes de mesures permettent d'évaluer le fonctionnement d'une noue végétalisée en termes de capacité de rétention et de traitement des eaux pluviales.

A. Caractériser la géométrie de l'ouvrage

A la différence des ouvrages classiquement levés en assainissement, le récolement concerne ici une partie tuyau et une partie topographique. L'objectif est d'intégrer ces 2 informations afin d'obtenir un récolement complet de l'ouvrage.

Sur les noues du cours du 3^{ème} Millénaire, l'opération a été l'occasion de compléter les données de récolement non réalisées à l'époque. Un cabinet de géomètre expert a été missionné pour cette opération. Son intervention s'est réalisée en présence de SUEZ Consulting mais dans les autres cas, un appui du service gestionnaire est indispensable.

Les campagnes de mesures peuvent être l'occasion de compléter les données de recellement éventuellement manquantes.

B. Analyser le fonctionnement hydraulique de la noue

L'objectif hydraulique de cette noue est de collecter les eaux pluviales du domaine public, c'est-à-dire la voirie adjacente, de les tamponner puis de les restituer à débit réduit au réseau strictement pluvial, qui aboutit dans les lacs. Dans ce cas précis, on ne connaissait pas la part d'eau infiltrée, évaporée et celle rejetée dans le lac.

Afin d'évaluer le fonctionnement hydraulique de cet ouvrage, une campagne de suivi des débits en continu a été lancée pendant 1 mois (prolongeable en cas d'absence de pluie) sur le regard RV 16 (réseau strictement pluvial).

Le regard RV16 correspond à l'exutoire de la noue, sans apport des parcelles voisines. Le drain y est accessible.

**Le choix du regard où sont effectuées les mesures est important :
il doit être représentatif de ce que l'on souhaite mesurer.**

Nota : pour les noues non drainées il est possible d'envisager d'autres types de mesure sur la capacité à infiltrer les eaux pluviales.



La noue est représentée en orange, le réseau pluvial strict en bleu.

Figure 2 : Localisation des regards sur la noue étudiée

En complément et afin de vérifier l'absence de branchements des eaux pluviales ou parasites sur le réseau d'eaux usées du parc technologique, une campagne de mesure sur les réseaux eaux usées strictes a été réalisée par Hydratec sur un mois prolongeable. En parallèle de ces suivis, les données de pluviométries ont été récupérées sur les pluviomètres les plus proches du réseau du Grand Lyon, à un pas de temps similaire à ceux des enregistrements de débit.

C. Définir l'état structurel de la noue et sa capacité à retenir des polluants

Quelles opérations ont été réalisées ?

- Coupe et une analyse granulométrique de l'ouvrage.
- Prélèvements de sol et analyse de polluants

Objectifs :

- Vérifier in situ des résultats de recherche (notamment de l'OTHU) qui concluent sur l'accumulation des polluants dans les premières couches voire en fond de noue ;
- Définir le colmatage de l'ouvrage.

Cette investigation a été réalisée le 08 février 2016 par la société IMSRN, sous la surveillance de SUEZ Consulting. Les analyses de pollutions sont réalisées par le laboratoire CARSO.

MISE EN ŒUVRE

Afin de dresser la coupe de la noue, deux sondages, S1 et S2, ont été réalisés selon l'implantation présentée en figure 3, avec une profondeur respective de 30 cm et 1,10 m. Le sondage S3 (30 cm) correspond à un secteur témoin dans le mail central.

S1 et S3 ont été réalisés manuellement, tandis que S2 a été creusé à la pelle mécanique.



Figure 3 : Schéma d'implantation des sondages et des essais de perméabilité

Les couches homogènes avaient été déterminées au préalable à partir des plans projet des noues, ajustées sur site, comme illustrées sur la figure n°4 :

- Zone 1 : Sédiment déposée dans la noue depuis sa mise en œuvre – environ 1 cm (observation in situ) ;
- Zone 2 : Végétation (herbe) et terre végétale associée – en théorie 30 cm
- **1^{ère} couche de géotextile** ;
- Zone 3 : Massif drainant, a priori assez fin – en théorie 20 cm ;
- **2^{ème} couche de géotextile** (3 épaisseurs) ;
- Zone 4 : massif filtrant, matériel a priori assez grossier – en théorie 120 cm
- Le secteur témoin situé dans le mail central sert de référence pour les mesures de polluants, avec prélèvement d'un échantillon à 25 cm environ. Cette zone ne reçoit que les eaux pluviales qui y tombent.

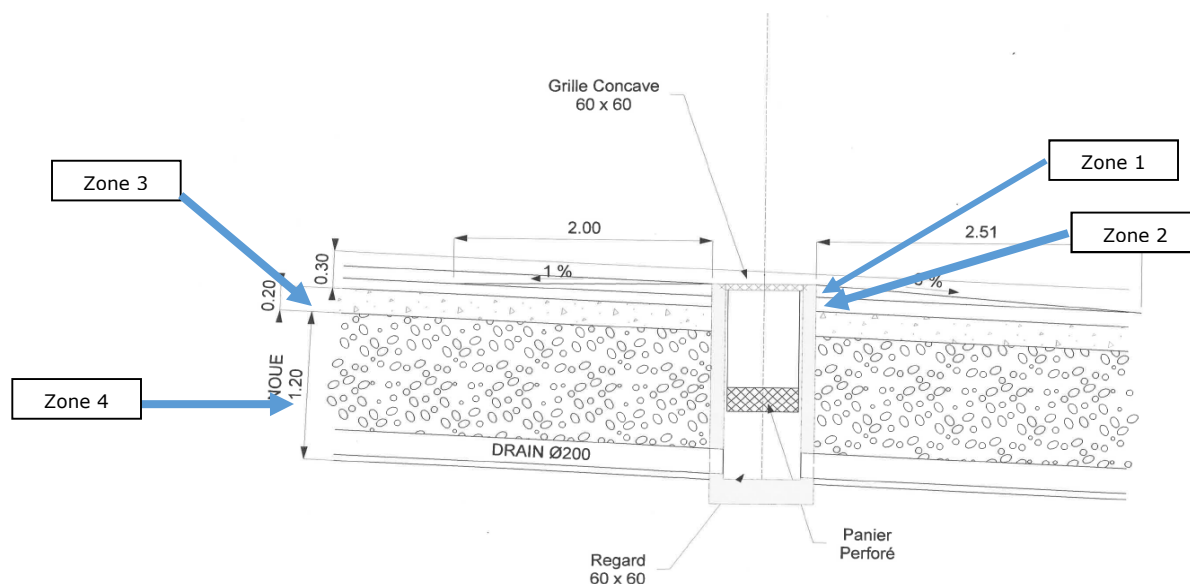


Figure 4 : Détail des couches de prélèvement

Prélèvements pour l'analyse granulométrique :

	<u>G1</u>	<u>G2</u>	<u>G3</u>
Profondeur	0,25 m	0,65 m	1,10 m
Nature	Graves	Graves	Graves

Le fond du massif drainant avec le drain situé à environ 130 cm n'a pas pu être atteint à cause d'éboulements. Il aurait fallu blinder la zone sondée pour pouvoir poursuivre en sécurité cette investigation.

A noter : selon les plans projets, la couche G1 aurait dû correspondre à une couche de terre végétale avec une granulométrie fine. Deux hypothèses sont alors possibles : soit il y a une différence entre ce qui était prévu en phase projet et ce qui a été exécuté pendant les travaux, soit les fines se sont déplacées en profondeur.

Prélèvements pour l'analyse de pollutions

	<u>E1 surface</u>	<u>E1 sédiment</u>	<u>E2 terre végétale</u>	<u>E2 bis terre végétale</u>	<u>E2 fond</u>
Profondeur	0,05 m	0,10 m	0,10 m	0,15 m	1,10 m
Sondage	S1	S1	S2	S2	S2

Nature	Limons sableux	Limons sableux	Limons	Limons	Graves
---------------	----------------	----------------	--------	--------	--------

SUEZ Consulting a fourni la liste des paramètres à analyser ainsi que leur seuil de détection avec la validation de l’OTHU. Cette liste est disponible en annexe

Les prélèvements ont été réalisés dans des bocaux de verre pour ne pas contaminer les échantillons ; les paramètres étudiés avaient fait l’objet d’échange avec les chercheurs de l’OTHU. Le laboratoire agréé CARSO avait également été contacté au préalable pour s’assurer des seuils de détection les plus bas possible.

La noue a fait l’objet d’une remise en état à l’identique à l’exception du géotextile partiellement déchiré.

Ce type d’opération s’avère assez destructrice et ne doit donc pas être réalisée de manière systématique. Elle peut s’effectuer ponctuellement afin de vérifier l’état de colmatage de l’ouvrage et sa capacité à accumuler les polluants.



Figure 5 : Prélèvements de surface et en profondeur

Résultats

L'état structurel de la noue et du massif drainant s'est avéré très bon. La capacité de drainage des zones 3 et 4 n'a pas du tout été colmatée par des fines : les 2 zones de géotextiles (soit au total 4 couches) ont bien joué leur rôle.

Dans ces conditions, les prélèvements ont mis en avant très peu de matériaux fins pour réaliser des analyses de polluant dans la couche 3 et surtout 4.

Globalement, les polluants sont plus importants dans la noue que sur le témoin, principalement dans les sédiments déposés en surface et dans les 20 premiers centimètres ici de terre végétale.

Le détail des résultats des analyses est présenté en annexe. Les principaux éléments sont répertoriés dans le tableau ci-dessous et comparé avec l'analyse de sédiments réalisée dans le deuxième plan d'eau :

Tableau 1: Résultats des analyses CARSO sur la noue du Cours du 3^{ème} Millénaire

Paramètre	Zone 1 – sédiment de surface	Zone 1 bis – Sédiments de surface	Zone 2 - terre végétale	Zone 2 bis - terre végétale	Zone 3 et 4 massif drainant	Témoin	Sédiments du 2 ^{ème} plan d'eau
Matière organique (% MS)	2.6	7.68	3.32	7.16	NM	4.36	10.9
Azote total (gN/kg)	<1	3.2	1.5	3	NM	1.6	4.8
Phosphore total (gP/kg)	502	549	403	811	NM	705	1100
Zinc total (mg/kg)	130.1	112.4	47.6	74.8	NM	58.8	330.8
HAP totaux (µg/kg)	295	353	107	244	NM	137	1541

Les concentrations mesurées dans les sédiments du plan d'eau sont plus élevées que dans ceux de la noue.

En profondeur, les polluants sont sous le seuil de détection : cette analyse démontre que les polluants sont bien piégés dans les 1^{ers} cm du sol.

D'autre part, les sédiments présents dans les différentes couches de la noue du 3^{ème} Millénaire peuvent être considérés comme des déchets inertes non dangereux au regard des seuils imposés par l'article II de l'arrêté du 12 décembre 2014 (cf. annexe 3). A ce titre, un réemploi des matériaux en fin de vie pourrait être considéré (après analyses).

Les analyses granulométriques réalisées par IMS RN (présentées en annexe) montrent une très faible présence de fines à partir de 25 cm de profondeur. A priori, l'ouvrage fonctionne donc correctement.

2.1.2. Tranchée drainante rue de l'Aviation

Une campagne de mesure est réalisée sur la tranchée drainante présente sur la rue de l'Aviation, avec des objectifs similaires à ceux évoqués pour la noue du cours du 3^{ème} Millénaire.



Figure 6 : Localisation de la tranchée étudiée, rue de l'Aviation

A. Caractériser la géométrie de l'ouvrage

L'opération a été l'occasion de compléter les données de récolement non réalisée à l'époque sur les tranchées. Un cabinet de géomètre expert a été missionné pour cette opération. L'assistance du service exploitation a été indispensable pour effectuer le repérage des grilles dans les noues et de leur ouverture afin de de permettre le relevé de la profondeur des regards.

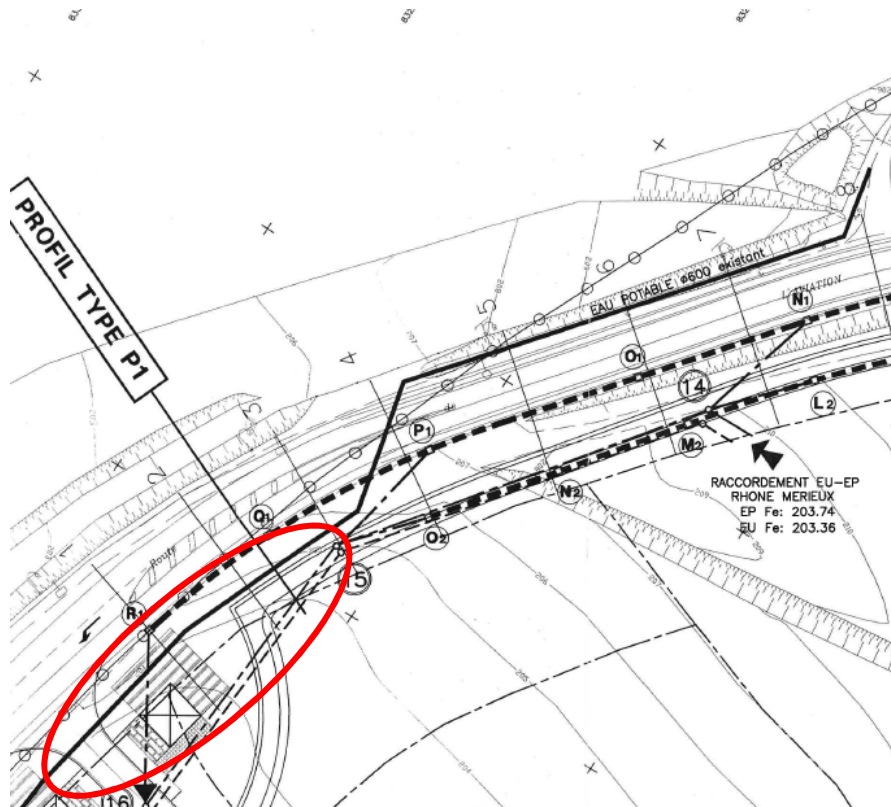


Figure 7 : Plan général de la tranchée rue de l'Aviation

B. Analyser le fonctionnement hydraulique de la tranchée

L'objectif hydraulique de cette tranchée est de collecter les eaux pluviales du domaine public, c'est-à-dire la voirie adjacente, de les tamponner puis de les restituer à débit réduit au réseau strictement pluvial, qui aboutit dans les lacs.

Afin d'évaluer le fonctionnement hydraulique de cet ouvrage, une campagne de suivi des débits en continu sur un point pendant 1 mois (prolongeable en cas d'absence de pluie), à la sortie de l'ouvrage.

C. Définir l'état structurel de la tranchée et sa capacité à retenir des polluants

Quelles opérations ont été réalisées ?

- Coupe et une analyse granulométrique de l'ouvrage.
- Prélèvements de sol et analyse de polluants

Objectifs :

- Vérifier in situ des résultats de recherche (notamment de l'OTHU) qui concluent sur l'accumulation des polluants dans les premières couches voire en fond de tranchée ;
- Définir le colmatage de l'ouvrage.

Cette investigation a été réalisée le 08 février 2016 par la société IMSRN, sous la surveillance de SAFEGE. Les analyses de pollutions sont réalisées par le laboratoire CARSO.

Mise en œuvre

Afin de dresser la coupe de la noue, deux sondages, S4 et S5, ont été réalisés selon l'implantation présentée en figure 10, avec une profondeur respective de 1,30 m et 1,40 m. Ils ont été creusés à la pelle mécanique. L'arrêt du sondage est dû à l'atteinte du fond de tranchée pour S4 et un éboulement pour S5.



- sondages
- essais de perméabilité
- tronçon d'ouvrage

Figure 8 : Schéma d'implantation des sondages

Prélèvements pour l'analyse granulométrique dans le sondage S4

	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13
Profondeur	0,05 m	0,15 m	0,25 m	0,40 m	0,50 m	0,60 m	0,70 m	0,90 m	1,10 m	1,30 m
Nature	Limons graveleux	Sable limono-graveleux	Sable graveleux	Graves	Graves	Graves	Graves	Graves	Graves	Graves

Le fond du massif drainant situé à environ 140 cm n'a pas pu être atteint à cause d'éboulements. Il aurait fallu blinder la zone sondée pour pouvoir poursuivre en sécurité cette investigation.

Prélèvements pour l'analyse de pollutions dans le sondage S4

	E3	E4A	E4B	E4C
Profondeur	0,05 m	0,30 m	1,10 m	1,30 m
Nature	Limons sablo-graveleux	Graves	Graves	Graves

Les prélèvements et leurs analyses ont été réalisés dans les mêmes conditions que ceux de la noue.

La tranchée a fait l'objet d'une remise en état à l'identique à l'exception du géotextile qu'il avait fallu découper.

Ce type d'opération s'avère assez destructrice et ne doit donc pas être réalisée de manière systématique. Elle peut s'effectuer ponctuellement afin de vérifier l'état de colmatage de l'ouvrage et sa capacité à accumuler les polluants.



Figure 9 : Réalisation d'un sondage à la pelle mécanique sur la tranchée rue de l'Aviation

Résultats

Les analyses granulométriques réalisées par IMS RN (présentées en annexe) montrent une très faible présence de fines en profondeur. A priori, l'ouvrage fonctionne donc correctement.

Le détail des résultats des analyses est présenté en annexe. Les principaux éléments sont répertoriés dans le tableau ci-dessous et comparé avec l'analyse de sédiments réalisée dans le deuxième plan d'eau :

Tableau 2 : Résultats des analyses CARSO sur la tranchée de la rue de l'Aviation

Paramètre	E3	E4-A	Témoin	Sédiments du 2 ^{ème} plan d'eau
Matière organique (% MS)	2,61	NM	4.36	10.9
Azote total (gN/kg)	<1	NM	1.6	4.8
Phosphore total (gP/kg)	697	NM	705	1100
Zinc total (mg/kg)	47,6	112.4	58.8	330.8
HAP totaux (µg/kg)	325	353	137	1541

Les concentrations mesurées dans les sédiments du plan d'eau sont plus élevées que dans ceux de la noue.

En profondeur, les polluants sont sous le seuil de détection : cette analyse démontre que les polluants sont bien piégés dans les 1^{ers} cm du sol.

D'autre part, les sédiments présents dans les différentes couches de la tranchée de la rue de l'Aviation peuvent être considérés comme des déchets inertes non dangereux au regard des seuils imposés par l'article II de l'arrêté du 12 décembre 2014 (cf. annexe 2). A ce titre, un réemploi des matériaux en fin de vie pourrait être considéré (après analyses).

2.2 Bilan écologique des lacs de Porte des Alpes : la gestion des eaux pluviales au service de la biodiversité

NB : le présent paragraphe s'appuie sur le rapport « Bilan écologique des installations de gestion des eaux pluviales du parc technologique de Porte des Alpes », réalisé par le Grand Lyon en octobre 2010 et en été 2016.

Des mesures portant sur le bilan quantitatif et qualitatif des eaux du lac Feuilly (amont de la zone) devaient être réalisées en 2015. Elles ont été abandonnées à cause d'une hauteur d'eau trop importante bloquant l'accessibilité aux ouvrages. Un bilan écologique des 3 lacs de Porte des Alpes est prévu pour le mois de septembre 2016 par le GREBE : une campagne de mesure estivale sera réalisée, visant à analyser les paramètres physico-chimiques et hydrobiologiques des plans d'eau. Cette opération permettra de caractériser l'état écologique des lacs, de déterminer l'origine des éventuels dysfonctionnements, d'établir une comparaison avec les situations antérieures (1999, 2006 et 2010) ainsi que de proposer des actions correctives et préventives.



1 – Plan d'eau 1 – 27 avril 2010
 2 – Plan d'eau 1 – 20 juillet 2010
 3 – Plan d'eau 2 – 20 juillet 2010
 4 – Plan d'eau 2 – 20 juillet 2010
 5 – Plan d'eau 3 – 20 juillet 2010
 6 – Plan d'eau 3 – 20 juillet 2010

Figure 10 : Photos des lacs étudiés à Porte des Alpes

En 2010 et en 2016, le bilan écologique des lacs (réalisé par le GREBE) s'est appuyé sur les mesures des éléments suivants :

- Paramètres mesurés sur place (lors des pêches au filet) : température, pH, oxygène dissous, conductivité et transparence (mesurée à l'aide d'un disque de Secchi) ;
- Paramètres mesurés en laboratoire : concentration en ions ammonium, nitrites, nitrates, azote, phosphore, orthophosphates, carbone organique et silice, en chlorophylle a et en phéopigments. Caractérisation des matières en suspension minérales et organiques ;
- Indicateurs de qualité hydrobiologique : phytoplanctons (mesurés à la sonde spectrofluorimétrique), oligochètes (recensement à partir d'un échantillon de sédiment), végétaux (recensement à partir d'une embarcation) et poissons (utilisation de filets maillants).

Chaque paramètre est étudié à partir d'un point défini : le plus profond. Les mesures de terrain (température, pH, etc.) ont été réalisées selon un profil vertical de la surface vers le fond du plan d'eau. Les paramètres de laboratoire ont été mesurés à partir d'un

échantillon moyen constitué des prélèvements élémentaires en plus ou moins grand nombre selon la profondeur des plans d'eau (1 à 5 prélèvements selon les cas). Des prélèvements d'eau y ont été faits sur l'ensemble de la colonne d'eau afin d'obtenir des valeurs moyennes représentatives de l'ensemble du profil.

Ce type d'opération est réalisée tous les 5 ans environ afin de suivre l'évolution de l'état écologique d'un point d'eau et de vérifier l'atteinte des objectifs fixés.

Ces analyses ont permis de déterminer l'état général des lacs :

- Les eaux présentent une richesse en nutriments élevée susceptible de générer des biomasses végétales importantes. Elles correspondent à un niveau eutrophe.

Tableau 3 : Résultats des mesures de concentration d'Azote

	PE1	PE2	PE3
22/08/2006	0,6 mg/l	1,2 mg/l	1 mg/l
20/07/2010	1,8 mg/l	2,3 mg/l	2,7 mg/l
01/09/2016	< 1 mg/l	< 1 mg/l	< 1 mg/l
07/02/2017	< 1 mg/l	< 1 mg/l	< 1 mg/l

PE : Plan d'Eau

Tableau 4 : Résultats des mesures de concentration en phosphate

	Ptot PE1	Ptot PE2	Ptot PE3	PO4 PE2
22/08/2006	0,1 mg/l P	0,1 mg/l P	0,02 mg/l P	< 0,05 mg/l
20/07/2010	0,05 mg/l p	0,07 mg/l P	0,1 mg/l P	< 0,02 mg/l
01/09/2016	0.047 mg/l p	0.036 mg/l p	0.031mg/l p	< 0,01 mg/l
07/02/2017	0,029 mg/l p	0,040 mg/l p	0,036 mg/l p	0,01 mg/l

- Le phytoplancton est plus abondant en 2010 qu'en 2006 par la réduction des herbiers aquatiques. Les espèces présentes correspondent à un milieu mésotrophe à eutrophe ;

Tableau 5 : Résultats des mesures de chlorophylle a effectuées à la sonde spectrofluorimétrique en 2010 et 2016

2010

	Chlorophycées	Cyanobactéries	Diatomées	Cryptophycées	Total
PE1	16,1	0,09	2,8	2,4	21,4
PE2	14,6	1,5	2,1	3,5	21,6
PE3	38,7	0	5,4	0	44

2016

	Chlorophycées	Cyanobactéries	Diatomées	Cryptophycées	Total
PE1	22,10	5,53	6,87	1,03	35,54
PE2	16,30	7,67	1,39	0,81	26,17
PE3	3,79	1,46	1,39	1,84	8,48

- La densité des Oligochètes est meilleure en 2010 qu'en 2006 et 2016. En l'absence d'espèces sensibles à la pollution organique et toxique, la qualité du sédiment serait mauvaise ;

Tableau 6 : Evolution de l'Indice Olygochètes de Bioindication Lacustre (IOBL) sur le plan d'eau 2

	22/08/06	20/07/10	01/09/16
IOBL	5,7	9,3	5,8
Densité total	7	125	18
Nombre d'espèces	3	3	2

- L'absence de prolifération d'algues filamenteuses constitue une situation satisfaisante d'un point de vue écologique ;

Tableau 7 : Evolution de l'abondance relative des groupes algaux

GRUPE ALGAUX	Abondance relative 2006 (%)	Abondance relative 2010 (%)	Abondance relative 2016 (%)
• Desmidiées (Conjuguées)	2,29	0,14	0
• Diatomées	33,01	2,17	29,59
• Chrysophycées	6,49	28,36	0
• Dynophycées + Cryptophycées	6,64	2,19	8,61
• Chlorophycées (sauf desmidiées)	37,98	62,66	56,70
• Cyanobactéries	12,40	3,18	5,1
• Eugléniens	0,20	0,87	0
TOTAL	100,00	100,00	100,00

- La faune piscicole est typique de plans d'eau peu profonds et riches en végétation aquatique ;

Tableau 8 : Dénombrement des espèces de poisson en 2016

	Code	Plan d'eau 1	Plan d'eau 2	Plan d'eau 3	Total
ablette	ABL	14	3		17
black-bass	BBG			8	8
brème bordelière	BRB	23			23
brème commune	BRE	11	2		13
brochet	BRO		2		2
gardon	GAR	94	77	8	179
perche commune	PER	63	52	8	123
perche soleil	PES	2	1	100	103
rotengle	ROT	42	8	7	57
sandre	SAN		1		1
silure	SIL			1	1
écrevisse de Louisiane	PCC		1		
Total		249	147	132	528

- L'état écologique est bon vis-à-vis du compartiment végétal.

Tableau 9 : Importance des végétaux aquatiques

TYPE	ESPECE	STATUT	IMPORTANCE DU RECOUVREMENT								
			Plan d'eau 1			Plan d'eau 2			Plan d'eau 3		
			22/08/06	20/07/10	1/09/16	22/08/06	20/07/10	1/09/16	22/08/06	20/07/10	1/09/16
	<i>Acore calamus</i>	allochtone. Naturalisée depuis le 16 ^e siècle	0	0	0	0	0	0	+	+	+
	<i>Eleocharis palustris</i>	scirpe des marais	0	0	+	0	0	0	0	0	0
	<i>Ludwigia grandiflora</i>	Allochtone et invasive. Origine américaine	0	+	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Phragmites australis</i>	autochtone	+	++	++	++	++	+++	+++	+++	+++
	<i>Pontederia cordata</i>	allochtone. Originaire d'Amérique du Nord. Naturalisée localement en Europe	++	+	+	+	+	0	0	0	0
	<i>Schoenoplectus lacustris</i> (<i>Scirpus lacustris</i>)	autochtone	++	+	+	+	0	1	+	0	0
	<i>Typha sp. (latifolia et angustifolia)</i>	autochtone	+++	+++	+++	+++	++	++	+++	++	++
	<i>Nymphoides peltata</i>	autochtone	+++	+++	+++	+++	+++	+++	0	0	0
	<i>Nuphar lutea</i>	autochtone	+	+	+	0	0	0	0	0	0
	<i>Nymphaea alba</i>	autochtone	0	++	++	0	+	+	0	0	0
	<i>Nymphaea sp (marliacea « rosea », « attraction »)</i>	allochtone (espèces ornementales)	++	++	++	++	++	++	0	0	0
	<i>Myriophyllum spicatum</i>	autochtone	+++	0	0	+++	0	++	++	+	0
	<i>Ceratophyllum demersum</i>	autochtone	0	0	0	0	0	0	+++	0	++
	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	allochtone (espèce invasive)	++	0	0	+	+	0	0	0	0

+ espèce peu fréquente
 ++ espèce fréquente
 +++ espèce abondante

Afin de tendre vers un bon état écologique, il avait été établi la nécessité de réduire les apports en nutriments par l'entretien des végétaux. Le contrôle des espèces invasives (Myriophylle du Brésil et Jussie pour les plantes, Carassins dorés pour les poissons) devait également être instauré depuis 2010. Les analyses réalisées en 2016 ont montré l'atteinte de ces objectifs : les Carassins ont disparu et le risque de prolifération des plantes invasives est considéré comme nul.

Bien que le développement des végétaux demande un entretien plus important, les lacs de Porte des Alpes répondent pleinement aux objectifs de la Ville Perméable : par une gestion des eaux pluviales au plus près de la nature, ces ouvrages participent au développement de la biodiversité.

2.3 Mesures de perméabilité : comment évolue l'état de colmatage des enrobés poreux ?

Sur le Grand Lyon, plusieurs sites ont fait l'objet de mesures de perméabilité au drainomètre. L'appareil fixé à l'arrière d'un véhicule comporte un cylindre plaqué au sol à l'aide d'un vérin. Il est rempli de 5 l d'eau. Une fois la trappe ouverte, elle s'écoule et le drainomètre mesure le temps entre 2 capteurs, correspondant à 4 l d'eau.

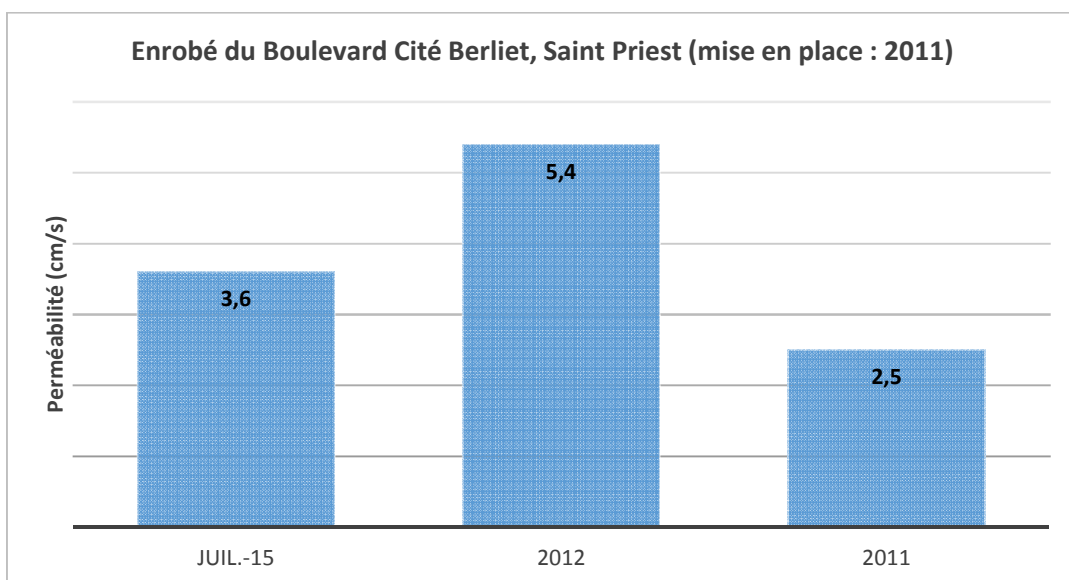
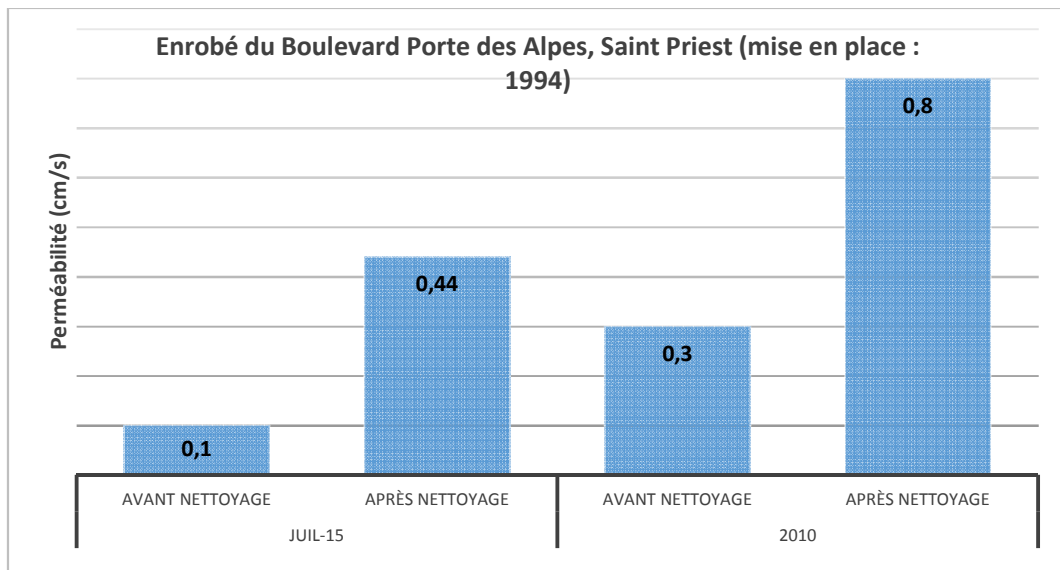
Il est à noter que cette méthode ne donne pas exactement la capacité du revêtement à infiltrer une pluie. Elle en apporte cependant une bonne approche.

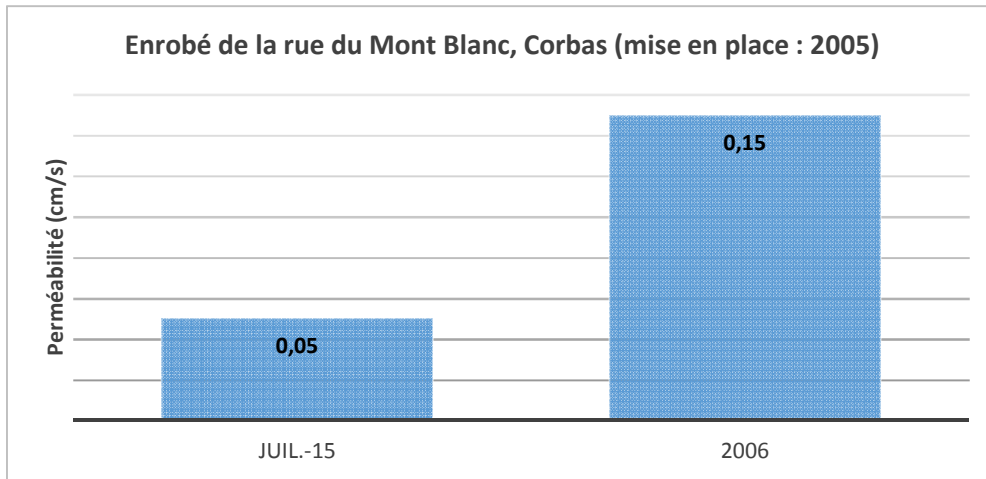
Ce type d'opération est réalisé en fin de chantier afin de vérifier que la perméabilité de l'enrobé est conforme à la théorie. Ensuite, ce test doit être réalisé régulièrement (tous les 2 à 5 ans), permettant de prévoir la nécessité d'un décolmatage si la perméabilité devient trop faible.

Même colmaté, un revêtement poreux est toujours capable d'infiltrer.

Il a déjà été prouvé qu'un enrobé poreux colmaté à 95 % peut toujours infiltrer la plupart des pluies. A titre d'exemple, un béton poreux d'une perméabilité initiale de 1 cm/s et colmaté à 99,9 % possèdera une capacité d'infiltration de 360 mm/h, ce qui correspond à 2 fois la plus forte intensité moyenne mesurée à Lyon sur une durée de 6 minutes !

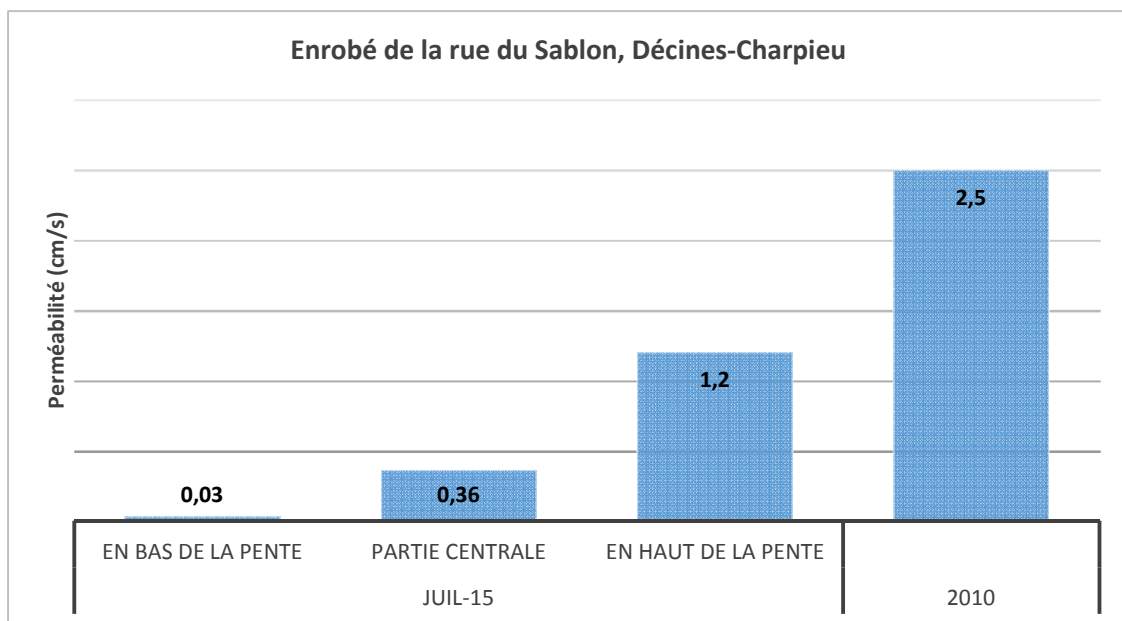
Les investigations menées sur des enrobés poreux à Saint Priest et Corbas confirme ces éléments :





Bien que les enrobés poreux se colmatent avec le temps, ils sont toujours en capacité d'infiltrer les eaux pluviales.

Les enrobés poreux en pente se colmatent plus facilement



Lors de la mise en œuvre d'un revêtement poreux, il est important de vérifier que la pente est faible : si elle est trop élevée, les fines seront entraînées par les eaux pluviales et colmateront plus rapidement le matériau en bas de pente.

Zoom sur les tests de perméabilité sur la rue François Jacob, Villeurbanne

En août 2015, la perméabilité de la rue François Jacob à Villeurbanne (enrobé poreux mis en œuvre en septembre 2014) a été mesurée. Les tests ont alors révélé une hétérogénéité de la perméabilité de l'enrobé :



Figure 11 : Points de mesure au drainomètre sur la rue François Jacob (Crédit image : Grand Lyon)

Les points 1 et 4 présentent une vitesse de percolation en dessous des seuils de mesure. La perméabilité au point 3 est faible avec 0,1 cm/s, tandis que celle des points 2 et 5 est correcte (entre 0,7 et 0,8 cm/s).

Suite à ces résultats, il a été décidé de réitérer une série d'essais d'infiltration avant et après un nettoyage sous pression à 250 bars, sans aspiration. Les résultats révèlent la nette amélioration de la vitesse de percolation après le nettoyage de la voirie avec un passage de 0,01 à 0,29 cm/s. Bien que cette valeur reste en dessous des performances indiquées par la fiche technique, la perméabilité est suffisante pour infiltrer les eaux pluviales lors de gros orages, tant que l'entretien de la chaussée est régulier (nettoyage par balayeuse toutes les 2 ou 3 semaines et sous haute pression 250 bars 2 fois par an).



Figure 13 : Curage par camion à haute pression (Crédit photos : Grand Lyon)

Au cours de l'aspiration, des éléments grossiers comme des cailloux ont été récupérés, ce qui témoigne d'une mauvaise décantation dans les chambres précédentes. De plus, de l'eau stagnante localisée entre la structure réservoir et les vortex a été aspirée et analysée. Malgré un nettoyage régulier (curage 1 fois par an depuis 2012), la présence de boue révèle que tous les sédiments ne sont pas piégés dans les puisards en amont de la structure réservoir. Il faut les surveiller et les curer régulièrement.

L'analyse des prélèvements montre une faible présence d'eaux usées ainsi que d'hydrocarbures (cf. annexe). Cette pollution résulterait du débordement du réseau unitaire dans la chambre du Vortex (présence d'eaux usées) et du mauvais entretien des puisards en amont (présence d'hydrocarbures).

Il est essentiel de communiquer aux gestionnaires la présence des ouvrages, leur fonctionnement et leurs modalités ainsi que fréquence d'entretien, d'autant plus lorsqu'ils sont enterrés. L'entretien des puisards amont permettent de protéger la structure réservoir et de limiter des opérations de maintenance plus coûteuses.

2.5 Mesures de températures : les techniques alternatives végétalisées au service du bien-être en ville

En 2015, Cyprien Jolivet a réalisé une étude sur les températures de différentes surfaces du milieu urbain à Lyon, dans le cadre de son stage. Les mesures sont effectuées grâce à un thermomètre infrarouge, qui capte l'énergie thermique ou radioactive émise par l'objet visé et la convertie en degrés.



Figure 14 : Thermomètre infrarouge Kiray 100 (crédit photo : Cyprien Jolivet)

Les mesures sont réalisées à différentes heures de la journée et sur différents espaces afin de pouvoir rendre compte de l'évolution des températures en fonction du temps et des matériaux.

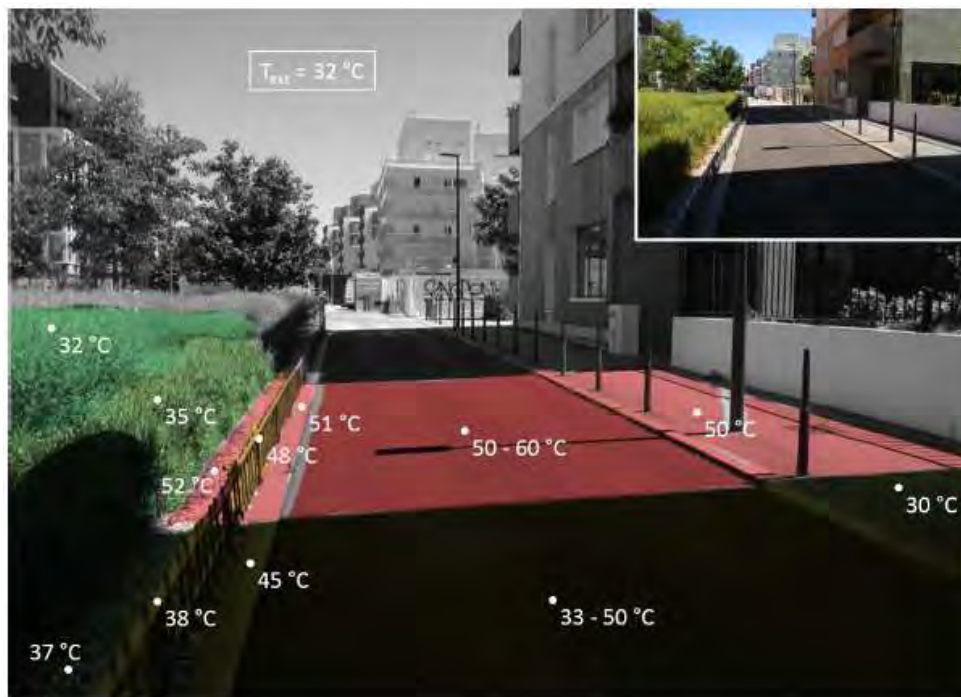


Figure 15 : Résultats des mesures de température sur l'allée du Bon Lait (crédit image : Cyprien Jolivet)

Cette opération a confirmé la capacité des surfaces minérales à emmagasiner de la chaleur, ainsi que le rôle notable de l'ombre en termes de rafraîchissement.

Ce type de mesure est utile pour comprendre et suivre l'évolution des îlots de chaleur. Elle se réalise dans le cadre de projet de recherche. Il serait intéressant de réaliser ces mesures sur des revêtements poreux afin de vérifier si leur capacité à faire circuler l'eau et l'air limite bien de façon notable l'emmagasinement de chaleur.

La chaleur emmagasinée par les surfaces urbaines permet d'introduire la notion de « bien-être en Ville » auquel peuvent participer les techniques alternatives : plusieurs ouvrages de surface (type noue, jardins de pluie, revêtement poreux, etc.) permettent de lutter contre les îlots de chaleur en favorisant la circulation de l'eau et de l'air. D'autre part, l'implantation d'arbres apporte de l'ombre et réduit considérablement l'accumulation de chaleur. En plus de ces bienfaits, les ouvrages végétalisés participent à l'amélioration du cadre de vie des habitants par l'apport d'une plus-value paysagère.

Ainsi, il est fortement conseillé de considérer les bénéfices de son aménagement en termes de « bien-être » : quel est le ratio surface perméable/ surface imperméabilisée ? Quelle est la surface d'ombrage ? Y a-t-il une valorisation paysagère ? Dans l'étude portant sur le coût global de la gestion des eaux pluviales d'une voirie (Grand Lyon, 2016), un indice de « bien-être en ville » a été proposé, reprenant ces éléments :

BE = surface perméable x facteur de plus-value paysagère + surface ombragée

Le facteur de plus-value paysagère compris entre 0 et 1,5 est totalement arbitraire. Pour l'étude en question, il a été considéré en facteur 1 pour une fosse d'arbre, 0 pour un enrobé imperméable et 1,3 pour un jardin de pluie.

La valeur de BE est ensuite comparée à la surface totale de l'aménagement afin de qualifier le bien-être en ville (bon s'il est supérieur à 20 %, mauvais s'il est inférieur à 15 %).

L'indice ci-dessus n'est qu'une proposition faite pour une étude particulière. Elle peut cependant alimenter les réflexions pour dans d'autres cadres. Dans tous les cas, compte tenu des problématiques actuelles, il est important de considérer et d'exploiter les bénéfices que peuvent apporter les techniques alternatives de gestion des eaux pluviales.

Pour aller plus loin ↓

- Grand Lyon. « Éléments sur la pollution des eaux pluviales – l'impact du changement climatique sur la gestion des eaux pluviales ». 2016
- Grand Lyon. « Réflexions sur le coût global de la gestion des eaux pluviales d'une voirie ». 2016

2.6 Suivi tensiométrique

Au niveau de la ZAC Hôtel de Ville, à Vaulx-en-Velin, plusieurs mesures tensiométriques ont été réalisées en 2015 auprès d'espaces végétalisés : noues, fosses d'arbres et jardins de pluie, afin de suivre l'humidité du sol et l'activité racinaire. Ces mesures permettent de déterminer les besoins en eau des arbres et leur capacité à infiltrer les eaux pluviales. Des sondes tensiométriques ont été disposées de manière identique sur chacune des fosses (2 par arbre témoin, à côté de la motte et à environ 40 cm de l'arbre) : une à 25 cm de profondeur, l'autre à 75 cm. Les mesures sont prises sur plusieurs semaines. Les relevés sont effectués manuellement à l'aide d'un boîtier électronique de lecture. Ils peuvent aussi être automatiques grâce à une centrale d'acquisition.

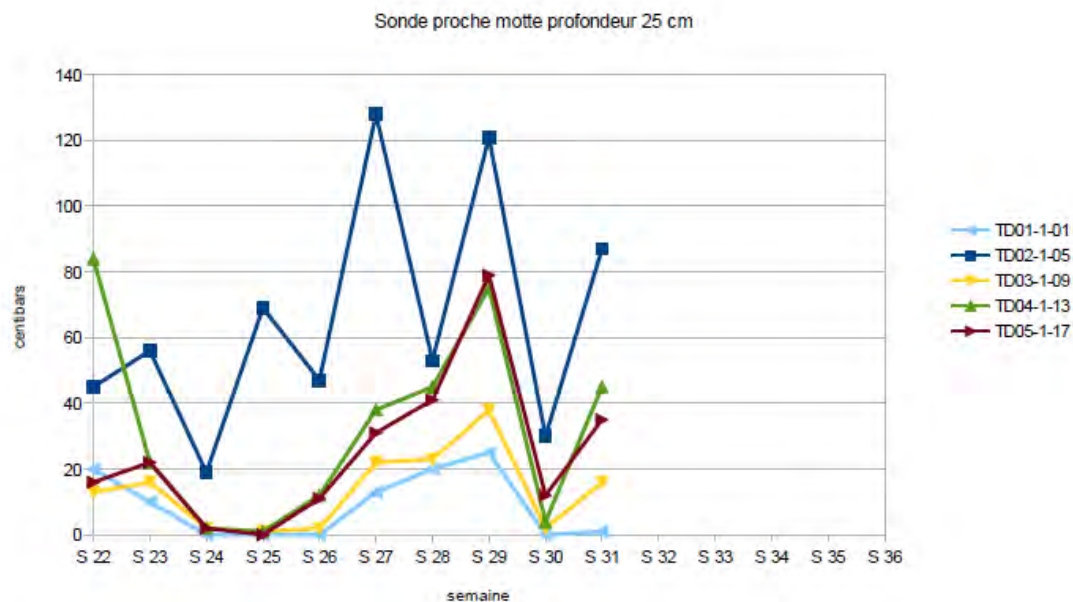


Figure 16 : Suivi tensiométrique durant 31 semaines sur 5 arbres en tranchées drainantes à Vaulx-en-Velin

Pour une tension comprise entre 0 et 10 centibars, l'eau dans le sol sera considérée en excès (risque d'asphyxie pour l'arbre). Pour une tension > 80 centibars, le sol est asséché (manque d'eau pour l'arbre).

Il est important de garder à l'esprit qu'un arbre sous ou suralimenté en eau sera en mauvaise santé. La quantité nécessaire au bon développement du végétal dépend de l'espèce de l'arbre. Si cette dernière est adaptée au milieu, une alimentation par les eaux pluviales favorisera son bon développement, au plus proche de son cycle naturel.

3. Technologies disponibles pour le suivi des ouvrages hydrauliques

Les campagnes de mesure réalisées sur les ouvrages de la Métropole de Lyon sont un bon exemple de ce qui peut être fait en matière de métrologie. Néanmoins, d'autres méthodes existent afin de réaliser un suivi du fonctionnement des techniques alternatives et de compléter les données SIG. Obtenir une meilleure connaissance de leur évolution au cours du temps permet d'appréhender leur vieillissement et leur adaptation à l'environnement.

Avant de débiter l'état des lieux des différents types de métrologie, il est essentiel de rappeler sur quelles catégories d'ouvrages ils seront mis en œuvre :

Tableau 10 : Différentes catégories d'ouvrages concernées par la métrologie étudiée

Catégories d'ouvrages	Exemples
Ouvrages à surface libre	Noues
	Jardins de pluie
Ouvrages enterrés	Puits d'infiltration
	Tranchée d'infiltration
	Chaussée réservoir
	Bassin enterré
Revêtement poreux et drainant	Béton poreux
	Pavés enherbés
	Pavés poreux

Réaliser des mesures sur des ouvrages n'est utile que si elles sont exploitées par la suite. Il n'est pas nécessaire de réaliser des campagnes systématiques sur tous les ouvrages. Mieux vaut se concentrer sur des sites pilotes et savoir précisément quelle information est recherchée.

3.1 Mesurer la perméabilité

3.1.1. La perméabilité du sol

Objectifs : Déterminer la capacité du sol à infiltrer les eaux pluviales.

Dans quel cas mettre en œuvre cette technique ?

- Avant la mise en place d'un ouvrage hydraulique, pour vérifier si le sol est apte à infiltrer ;
- A la réception de l'ouvrage hydraulique de surface (type noue, jardin de pluie, bassin d'infiltration, etc.), pour vérifier que la perméabilité est conforme à la valeur attendue ;
- Après une longue mise en service, pour contrôler le bon fonctionnement de l'ouvrage hydraulique de surface et la nécessité ou non d'un décolmatage ;
- Après un événement exceptionnel (accident, pluie intense) pour s'assurer de l'état de fonctionnement de l'ouvrage hydraulique de surface et donc de la nécessité ou non d'un décolmatage ;
- Dans le cadre de recherches, pour analyser l'évolution de la perméabilité des ouvrages hydrauliques de surface.

Matériel et méthode

L'essai Porchet : un trou de diamètre déterminé (au moins 15 cm) est creusé sur une profondeur de 70 cm. Pendant au moins 4 h (jusqu'à saturation du sol) il est rempli avec de l'eau dont la hauteur est maintenue constante (25 cm par exemple). Au bout de cette durée, la quantité d'eau pour maintenir la hauteur constante est mesurée pendant 10 min. La capacité d'infiltration se calcule alors en multipliant le volume d'eau rajouté en 10 min par un facteur 6 (pour parvenir à 1 h) et la surface mouillée.

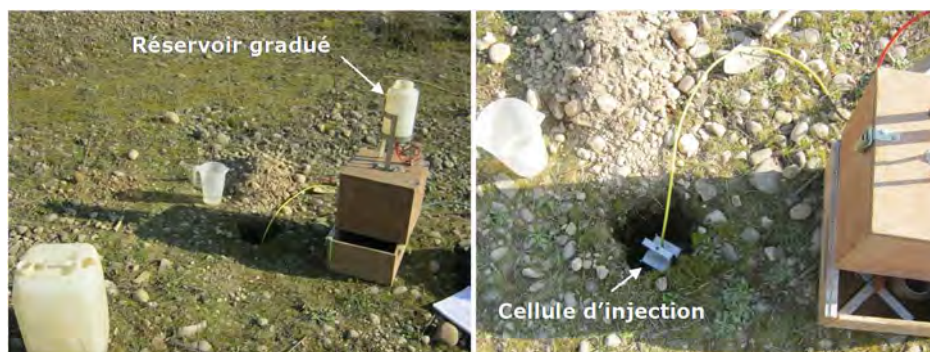


Figure 17 : Réservoir gradué et cellule d'injection utilisés pour l'essai Porchet

La méthode du double anneau : deux cylindres concentriques sont enfoncés dans le sol à 3 cm de profondeur. Les deux cylindres sont remplis d'eau et le chronomètre

est démarré. Toutes les minutes, la hauteur d'eau dans le cylindre interne est mesurée, jusqu'à saturation du sol. Ceci permet d'obtenir une capacité d'infiltration en mm/h. Pour plus de fiabilité, l'opération doit être effectuée à plusieurs reprises et à plusieurs endroits.



Figure 18 : Méthode du double anneau

Avantages et inconvénients

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ■ Méthodes peu coûteuses 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ces méthodes ne donnent la capacité d'infiltration qu'en un point donné → nécessité de répéter l'opération à plusieurs emplacements

3.1.2. La perméabilité d'un revêtement (poreux)

Objectifs : Déterminer la capacité d'un revêtement à infiltrer les eaux pluviales.

Dans quel cas mettre en œuvre cette technique ?

- A la réception du revêtement poreux, pour vérifier que la perméabilité est conforme à la valeur attendue ;
- Régulièrement (tous les 5 ans environ), pour contrôler l'état de colmatage du revêtement et donc la nécessité ou non d'un décolmatage ;
- Après un événement exceptionnel (accident, pluie intense) ou une longue mise en service pour contrôler l'état de colmatage du revêtement et donc la nécessité ou non d'un décolmatage ;

- Dans le cadre de recherches, pour analyser l'évolution du colmatage des revêtements poreux.

Matériel et méthode

Avec un drainomètre : l'appareil fixé à l'arrière du véhicule comporte un cylindre plaqué au sol à l'aide d'un vérin. Il est rempli par 5 l d'eau. Une fois la trappe ouverte, l'eau s'écoule et l'appareil mesure le temps nécessaire à l'infiltration de 4 l d'eau.



Figure 19 : Drainomètre

Avantages et inconvénients

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ■ Méthode fiable 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Cette méthode ne donne la capacité d'infiltration qu'en un point donné → nécessité de répéter l'opération à plusieurs emplacements ■ Matériel un peu coûteux

3.2 Topologie du site

Objectifs : Dimensionner un ouvrage hydraulique. Vérifier que la topologie du site permette le bon fonctionnement de l'ouvrage.

Dans quel cas mettre en œuvre cette technique ?

- Avant la mise en place d'un ouvrage hydraulique, pour pouvoir l'adapter au terrain ;
- A la réception de l'ouvrage hydraulique, pour vérifier que la topologie après travaux est conforme à ce qui est attendu ;
- Tous les 5 ans environ, pour contrôler le bon fonctionnement de l'ouvrage hydraulique malgré le déplacement de particules solides lors d'événements pluvieux ;
- Après un événement exceptionnel (accident, pluie intense) pour s'assurer que la topologie du site n'a pas été affectée.

Matériel et méthode

La méthode du niveau à lunettes et/ou GPS : un semis de points représentant les attitudes en différents endroits du terrain est réalisé. Il en résulte des courbes de niveau qui vont permettre de représenter les pentes du site.



Figure 20 : Niveau à lunettes

Avantages et inconvénients

Le matériel, bien que pouvant être coûteux, permet d'obtenir rapidement des mesures fiables.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ■ Rapidité des mesures ■ Fiabilité des mesures 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Matériel pouvant être coûteux

3.3 Prélèvements

3.3.1 Prélèvements de sol

Objectifs : Analyser les concentrations des polluants dans le sol.

Dans quel cas mettre en œuvre cette technique ?

- Avant la mise en place d'un ouvrage hydraulique, pour déterminer les contraintes d'infiltration liées à la pollution ;
- Après un événement exceptionnel (accident, pluie intense) ou une longue mise en service pour contrôler l'état de pollution du sol et la nécessité d'effectuer ou non une opération de maintenance sur l'ouvrage hydraulique ;
- Dans le cadre de recherches, pour analyser la capacité épuratrice d'un sol par exemple ;
- Dans le cadre d'études, en prévision d'un schéma directeur par exemple.

Matériel et méthode

Prélèvements : Des forages sur environ 40 cm sont réalisés dans le sol. Des échantillons de sol sont prélevés à différentes profondeurs.

Pour la mesure des polluants dans un ouvrage hydraulique de surface (de type noue, jardin de pluie, bassin d'infiltration, etc.), il faut également penser à un échantillon témoin issu d'un sol extérieur à l'ouvrage afin de pouvoir comparer les concentrations des substances chimiques analysées.

Les échantillons sont envoyés en laboratoire, avec une liste d'éléments à chercher : il s'agira principalement des métaux lourds (plomb, zinc, cuivre, etc.), des hydrocarbures (HAP) et des polluants caractéristiques de l'occupation historique du sol. Le service Etude et Expertise de la Direction du Foncier et de l'Immobilier de la Métropole pourra valider si la liste des éléments à analyser est suffisante et nécessaire.

Avantages et inconvénients

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">■ Cette méthode permet de s'assurer de la composition du sol à plusieurs profondeurs■ Ce type de prélèvement permet également d'analyser la granulométrie du sol	<ul style="list-style-type: none">■ Cette méthode ne donne la capacité d'infiltration qu'en un point donné → nécessité de répéter l'opération à plusieurs emplacements■ Compte tenu de la sensibilité des mesures en laboratoires, plusieurs échantillons de sol à une même profondeur sont nécessaires■ Il faut remettre le sol en état après les forages

3.3.2 Prélèvement par temps de pluie

Objectifs : Déterminer la qualité de l'eau avant et après décantation dans un ouvrage hydraulique.

Dans quel cas mettre en œuvre cette technique ?

- A la réception de l'ouvrage hydraulique, pour s'assurer que l'ouvrage hydraulique fonctionne conformément à ce qui est attendu ;
- Après un événement exceptionnel (accident, pluie intense) ou une longue mise en service pour s'assurer que l'ouvrage hydraulique fonctionne correctement ;

- Dans le cadre de recherches, pour analyser l'efficacité de l'abattement de la pollution par un ouvrage hydraulique.

Matériel et méthode

Préleveurs automatiques : Ces appareils sont placés en amont et en aval d'un ouvrage hydraulique. Un échantillon témoin doit être prévu afin de pouvoir comparer les mesures entre elles. Par temps de pluie, 24 flacons de 1 l sont prélevés (un par heure). Les échantillons sont ensuite analysés en laboratoire. Les concentrations en matières en suspension (MES) sont alors recherchées afin de caractériser l'efficacité de la décantation.



24 flacons de 1 L

Figure 21 : Préleveurs automatiques

Avantages et inconvénients

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ■ Fiabilité des mesures 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Cette méthode nécessite une pluie relativement intense → mobilisation du matériel en attendant

- Après un événement exceptionnel (accident, pluie intense) ou une longue mise en service pour s'assurer que l'ouvrage fonctionne correctement ;
- Dans le cadre d'études, en prévision d'un schéma directeur par exemple.

Matériel et méthode

Caméra et/ou visites de terrain

+ pluviomètre : Le fonctionnement de l'ouvrage hydraulique est visuellement observé par temps de pluie. Images à l'appui, l'enregistrement de la caméra ou la prise de photos permettent d'obtenir un rendu visuel et exploitable du fonctionnement de l'ouvrage pour une pluie donnée.

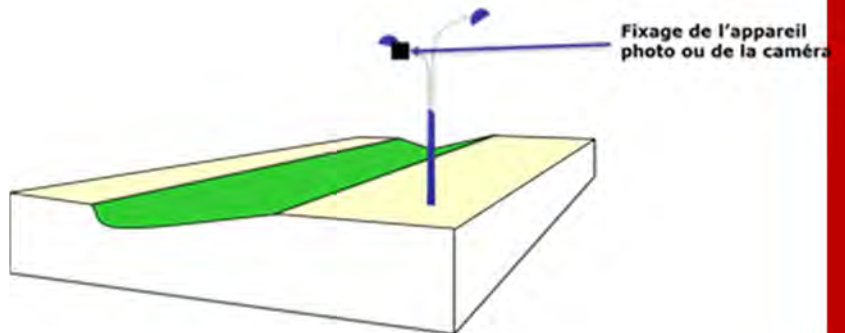


Figure 23 : Observation par caméra

Avantages et inconvénients

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ■ Cette observation permet d'identifier rapidement (dès qu'il pleut) les éventuels dysfonctionnements 	<ul style="list-style-type: none"> ■ La période d'observation peut être longue (entre 6 mois et un an) puisqu'il faut vérifier le fonctionnement de l'ouvrage pour plusieurs événements pluvieux ■ La mobilisation du matériel et la sollicitation à tout moment d'un agent de terrain peuvent être coûteuses et contraignantes

3.4.2 Inspection télévisée

Objectifs : Observer le fonctionnement des équipements inaccessibles à échelle humaine.

Dans quel cas mettre en œuvre cette technique ?

- A la réception de l'ouvrage hydraulique, pour s'assurer que tous les équipements fonctionnent conformément à ce qui est attendu ;
- Après un événement exceptionnel (accident, pluie intense) ou une longue mise en service pour contrôler l'état des équipements ;
- Dans le cadre d'études, en prévision d'un schéma directeur par exemple.

Matériel et méthode

Méthode ITV ou utilisation d'un périscope : Ces appareils permettent d'accéder à des équipements inaccessibles comme des drains, et de retranscrire l'image enregistrée.



Figure 24 : Périscope

Avantages et inconvénients

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ■ Cette observation permet d'identifier rapidement les éventuels dysfonctionnements ■ Les appareils permettent de visualiser le fonctionnement d'équipements usuellement inaccessibles 	<ul style="list-style-type: none"> ■ La méthode ITV est relativement coûteuse

3.5 Mesures hydrauliques

3.5.1 Mesurer le débit

Objectifs : Vérifier la charge d'eau reçue par l'ouvrage hydraulique.

Dans quel cas mettre en œuvre cette technique ?

- A la réception de l'ouvrage hydraulique, pour s'assurer que l'ouvrage hydraulique fonctionne conformément à ce qui est attendu ;

- Après un événement exceptionnel (accident, pluie intense) ou une longue mise en service pour s'assurer que l'ouvrage hydraulique fonctionne correctement ;
- Suite à une plainte ou à l'identification d'un dysfonctionnement (mauvais raccordement par exemple) ;
- Dans le cadre d'études, en prévision d'un schéma directeur par exemple, pour déterminer les capacités de l'ouvrage hydraulique.

Matériel et méthode

Débitmètre : L'appareil est placé dans le réseau de collecte ou dans le drain. Il mesure les débits de façon automatique, selon les paramètres imposés par l'utilisateur.

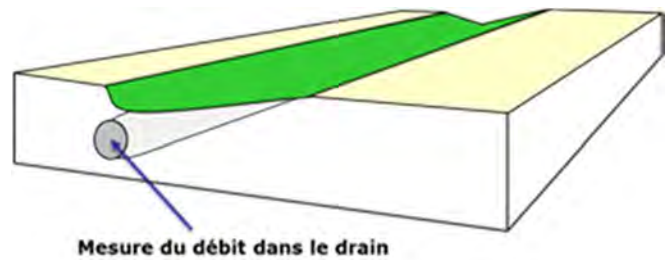


Figure 25 : Débitmètre dans un réseau de collecte

Avantages et inconvénients

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ■ Cette observation permet d'identifier rapidement (dès qu'il pleut) les éventuels dysfonctionnements ■ Mesures automatiques 	<ul style="list-style-type: none"> ■ La période d'observation peut être longue (sur au moins une semaine), dans l'attente d'un épisode pluvieux ■ Cette méthode peut être relativement coûteuse selon la durée de la campagne de mesure

3.5.2 Suivi des hauteurs d'eau

Objectifs : Vérifier la charge d'eau reçue par l'ouvrage hydraulique.

Dans quel cas mettre en œuvre cette technique ?

- A la réception de l'ouvrage hydraulique, pour s'assurer que l'ouvrage hydraulique fonctionne conformément à ce qui est attendu ;
- Après un événement exceptionnel (accident, pluie intense) ou une longue mise en service pour s'assurer que l'ouvrage hydraulique fonctionne correctement ;
- Suite à une plainte ou à l'identification d'un dysfonctionnement (mauvais raccordement par exemple) ;

- Dans le cadre d'études, en prévision d'un schéma directeur par exemple, pour déterminer les capacités de l'ouvrage hydraulique.

Matériel et méthode

Echelle de hauteur : Un agent de terrain descend dans le regard et mesure les niveaux d'eau. Cette opération peut être reconduite sous différentes conditions climatiques afin de s'assurer du fonctionnement de l'ouvrage.

Sondes de hauteur d'eau : Les sondes sont positionnées dans les regards et prélèvent automatiquement les hauteurs d'eau selon la fréquence imposée par l'utilisateur.

Avantages et inconvénients

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ■ Cette observation permet d'identifier rapidement (dès qu'il pleut) les éventuels dysfonctionnements ■ La sonde permet d'obtenir des mesures automatiquement 	<ul style="list-style-type: none"> ■ La période d'observation peut être longue (jusqu'à 6 mois) lorsqu'il faut vérifier le fonctionnement de l'ouvrage pour plusieurs événements pluvieux ■ Cette méthode peut être relativement coûteuse selon la durée de la campagne de mesure

3.6 Suivi tensiométrique

Objectifs : Vérifier la présence de sels dans le sol et son impact sur la végétation. Analyser les besoins en eau et l'activité des végétaux.

Dans quel cas mettre en œuvre cette technique ?

- Dans le cadre de recherches, pour en apprendre plus sur la vulnérabilité et les besoins nutritionnels des végétaux.

Matériel et méthode

Tensiomètres : Pour une analyse sur plusieurs végétaux (par exemple sur une suite d'arbres d'alignement), un même schéma de disposition doit être conservé : 2 tensiomètres au moins sont placés à des profondeurs différentes (maximum 75 cm). Il faut également songer à équiper un sol témoin. Les mesures sont prises en continu sur une période plus ou moins longue. Les relevés sont effectués manuellement à l'aide d'un boîtier électronique de lecture. Ils peuvent aussi être automatiques grâce à une centrale d'acquisition.



Mise en place d'une série de tensiomètres à des profondeurs différentes.

Figure 26 : Tensiomètres

Avantages et inconvénients

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ■ Mesures automatiques 	<ul style="list-style-type: none"> ■ La campagne de mesure peut être longue selon les objectifs fixés

Annexes

Annexe 1 : Paramètres testés lors des prélèvements de sol à Porte des Alpes

Référence EUOFINS			
Référence Client :			
Tests	Paramètres	Unités	LQ
Matière sèche (Boue ; Sédiment - NF EN 12880)	Matière sèche	% P.B	0.1
Refus Pondéral à 2 mm	Refus pondéral à 2 mm	% P.B	1
COT (Sédiments) par combustion sèche	Carbone Organique Total par Combustion	mg/kg MS	1000
Arsenic (As)	Arsenic	mg/kg MS	1
Cadmium (Cd)	Cadmium	mg/kg MS	0.4
Chrome (Cr)	Chrome	mg/kg MS	5
Cuivre (Cu)	Cuivre	mg/kg MS	5
Nickel (Ni)	Nickel	mg/kg MS	1
Plomb (Pb)	Plomb	mg/kg MS	5
Zinc (Zn)	Zinc	mg/kg MS	5
Mercuré (Hg)	Mercuré	mg/kg MS	0.1
Hydrocarbures totaux (4 tranches) (C10-C40)	Indice Hydrocarbures (C10-C40)	mg/kg MS	15
	HCT (nC10 - nC16) (Calcul)	mg/kg MS	
	HCT (nC16 - nC22) (Calcul)	mg/kg MS	
	HCT (nC22 - nC30) (Calcul)	mg/kg MS	
	HCT (nC30 - nC40) (Calcul)	mg/kg MS	
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (16 HAPs)	Naphtalène	mg/kg MS	0.002
	Acénaphthylène	mg/kg MS	0.002
	Acénaphthène	mg/kg MS	0.002
	Fluorène	mg/kg MS	0.002
	Phénanthrène	mg/kg MS	0.002
	Anthracène	mg/kg MS	0.002
	Fluoranthène	mg/kg MS	0.002
	Pyrène	mg/kg MS	0.002
	Benzo(a)anthracène	mg/kg MS	0.002
	Chrysène	mg/kg MS	0.002
	Benzo(a)fluoranthène	mg/kg MS	0.002
	Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	0.002
	Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	0.002
	Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg MS	0.002
	Benzo(ghi)Pérylène	mg/kg MS	0.002
Indeno(1,2,3-cd)Pyrène	mg/kg MS	0.002	
Somme des HAP	mg/kg MS	0.05	
Alkylphénols	4-tert-octylphénol	ng/gMH	
Alkylphénols	4-nonylphénol	ng/gMH	

Annexe 2 : Résultats des analyses de sédiments dans la noue et la tranchée à Porte des Alpes

Noue cours du 3^{ème} Millénaire

Préparation	Zone 1 – sédiment de surface	Zone 1 bis – Sédiments de surface	Zone 2 - terre végétale	Zone 2 bis - terre végétale	Zone 3 et 4 massif drainant	Témoïn	Unités
Profondeur	0.05	0.1	0.1	0.15	Jusqu'à 1.10 m	0.25	m
Refus de tamisage à 2 mm	46.2	11.3	18	73.4		32.4	%
Refus de tamisage à 200 µm	-	-	-	-		-	%

Azote

Azote total (N)	<1	3.2	1.5	3	NM	1.6	g/kg MS
-----------------	----	-----	-----	---	----	-----	---------

HAP

Acénaphthylène	<10	<10	<10	<10	NM	<10	µg/kg MS
Fluoranthène	38	39	16	38	NM	20	µg/kg MS
Benzo (b) fluoranthène	35	46	16	32	NM	16	µg/kg MS
Benzo (k) fluoranthène	14	16	<10	13	NM	<10	µg/kg MS
Benzo (a) pyrène	26	25	10	21	NM	12	µg/kg MS
Benzo (ghi) pérylène	33	58	15	24	NM	13	µg/kg MS
Indéno (1,2,3 cd) pyrène	24	31	11	21	NM	11	µg/kg MS
Anthracène	<10	<10	<10	<10	NM	<10	µg/kg MS
Acénaphthène	<10	<10	<10	<10	NM	<10	µg/kg MS
Chrysène	31	34	13	27	NM	14	µg/kg MS
Dibenzo (a,h) anthracène	<10	14	<10	<10	NM	<10	µg/kg MS
Fluorène	<10	<10	<10	<10	NM	<10	µg/kg MS
Naphtalène	14	10	<10	<10	NM	<10	µg/kg MS
Pyrène	33	35	14	31	NM	16	µg/kg MS
Phénanthrène	25	28	12	22	NM	13	µg/kg MS
2-méthyl fluoranthène	<10	<10	<10	<10	NM	<10	µg/kg MS
Benzo (a) anthracène	22	17	<10	15	NM	22	µg/kg MS

Analyses physicochimiques de base

	Zone 1 – sédiment de surface	Zone 1 bis – Sédiments de surface	Zone 2 - terre végétale	Zone 2 bis - terre végétale	Zone 3 et 4 massif drainant	Témoin	Unités
Matières sèches	87.3	74.7	82.8	78.1	NM	84.6	%
pH sur extrait aqueux 1/5	8	7.3	7.5	8	NM	7.8	-
Température de mesure	18.6	18	19	18.6	NM	19.8	°C
Humidité	12.7	25.3	17.2	21.9	NM	15.4	% MB
Matières organiques	2.6	7.68	3.32	7.16	NM	4.36	% MS
Carbone total	8.7	39.5	17	34.4	NM	16	g/kg MS
Indice hydrocarbures	32	120	<25	44	NM	<25	mg/kg MS

Métaux

Minéralisation HCl/HNO3	-	-	-	-	NM	-	mg/kg MS
Arsenic total	10	5.3	6.5	13.1	NM	14.1	mg/kg MS
Cadmium total	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	NM	<0.5	mg/kg MS
Chrome total	24.5	20.1	16	27.8	NM	27.2	mg/kg MS
Cuivre total	23	38.7	15.5	22.2	NM	14.6	mg/kg MS
Mercure total	0.04	0.0029	0.035	0.056	NM	0.045	mg/kg MS
Nickel total	19	13.4	12.5	25.8	NM	24.6	mg/kg MS
Plomb total	108	18.2	15.5	26.3	NM	26.1	mg/kg MS
Zinc total	130.1	112.4	47.6	74.8	NM	58.8	mg/kg MS
Phosphore total (P)	502	549	403	811	NM	705	mg/kg MS

Dérivés du phénol

Alkylphénols

4-tert octylphénol	<100	<100	<100	<100	NM	<100	µg/kg MS
4-nonylphénols ramifiés	<100	<100	173	173	NM	<100	µg/kg MS

NM : Non Mesurable

Tranchée rue de l'Aviation

Préparation	E3	E4-A	Témoin	Unités
Profondeur	0.05	0.3	0.25	m
Refus de tamisage à 2 mm (%)	9.2	N.M	32.4	%
Refus de tamisage à 200 µm (%)	-	N.M	-	%

Forme de l'azote

Azote total (N)	<1	N.M	1.6	g/kg MS
-----------------	----	-----	-----	---------

HAP

Acénaphthylène	<10	N.M	<10	µg/kg MS
Fluoranthène	49	N.M	20	µg/kg MS
Benzo (b) fluoranthène	35	N.M	16	µg/kg MS
Benzo (k) fluoranthène	15	N.M	<10	µg/kg MS
Benzo (a) pyrène	30	N.M	12	µg/kg MS
Benzo (ghi) pérylène	21	N.M	13	µg/kg MS
Indéno (1,2,3 cd) pyrène	25	N.M	11	µg/kg MS
Anthracène	<10	N.M	<10	µg/kg MS
Acénaphthène	<10	N.M	<10	µg/kg MS
Chrysène	37	N.M	14	µg/kg MS
Dibenzo (a,h) anthracène	10	N.M	<10	µg/kg MS
Fluorène	<10	N.M	<10	µg/kg MS
Naphtalène	<10	N.M	<10	µg/kg MS
Pyrène	40	N.M	16	µg/kg MS
Phénanthrène	32	N.M	13	µg/kg MS
2-méthyl fluoranthène	<10	N.M	<10	µg/kg MS
Benzo (a) anthracène	31	N.M	22	µg/kg MS

Analyses physicochimiques de base

	E3	E4-A	Témoin	Unités
Matières sèches	84.6	N.M	84.6	%
pH sur extrait aqueux 1/5	7.8	N.M	7.8	-
Température de mesure	18.6	N.M	19.8	°C
Humidité	15.5	N.M	15.4	% MB

Matières organiques	2.61	N.M	4.36	% MS
Carbone total	7.5	N.M	16	g/kg MS
Indice hydrocarbures	<25	N.M	<25	mg/kg MS

Métaux

Minéralisation HCl/HNO3	-	N.M	-	mg/kg MS
Arsenic total	13.6	N.M	14.1	mg/kg MS
Cadmium total	<0.5	N.M	<0.5	mg/kg MS
Chrome total	26.7	N.M	27.2	mg/kg MS
Cuivre total	10.7	N.M	14.6	mg/kg MS
Mercure total	0.039	N.M	0.045	mg/kg MS
Nickel total	23.3	N.M	24.6	mg/kg MS
Plomb total	17	N.M	26.1	mg/kg MS
Zinc total	47.6	N.M	58.8	mg/kg MS
Phosphore total (P)	697	N.M	705	mg/kg MS

Dérivés du phénol

Alkylphénols

4-tert octylphénol	<100	N.M	<100	µg/kg MS
4-nonylphénols ramifiés	<100	N.M	<100	µg/kg MS

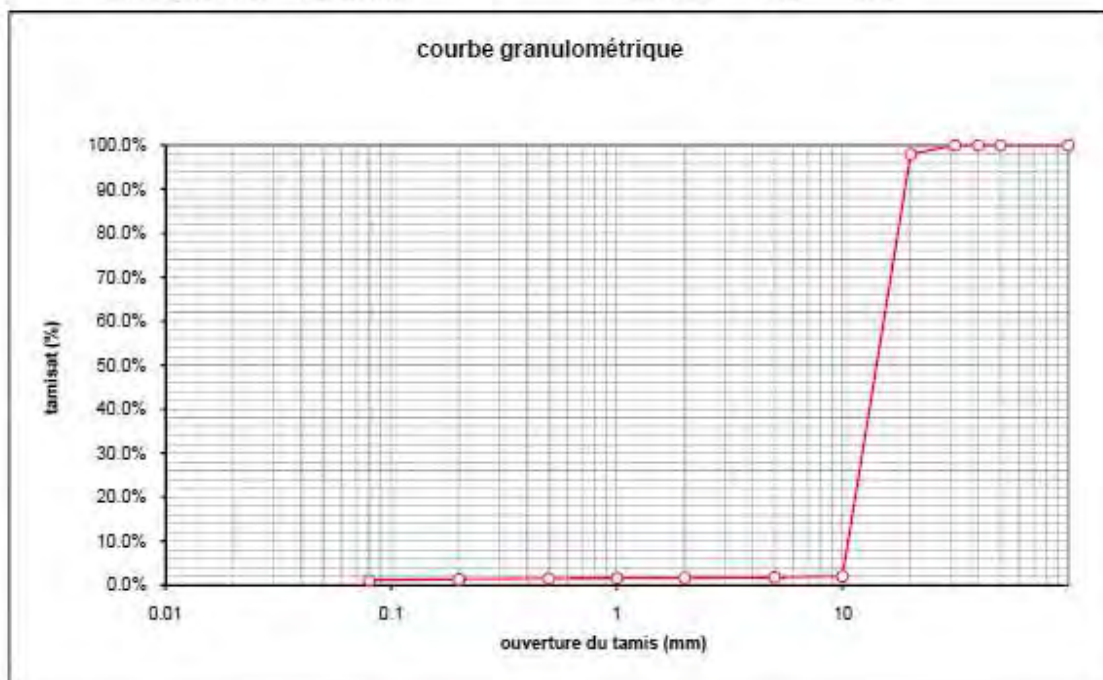
NM : Non Mesurable

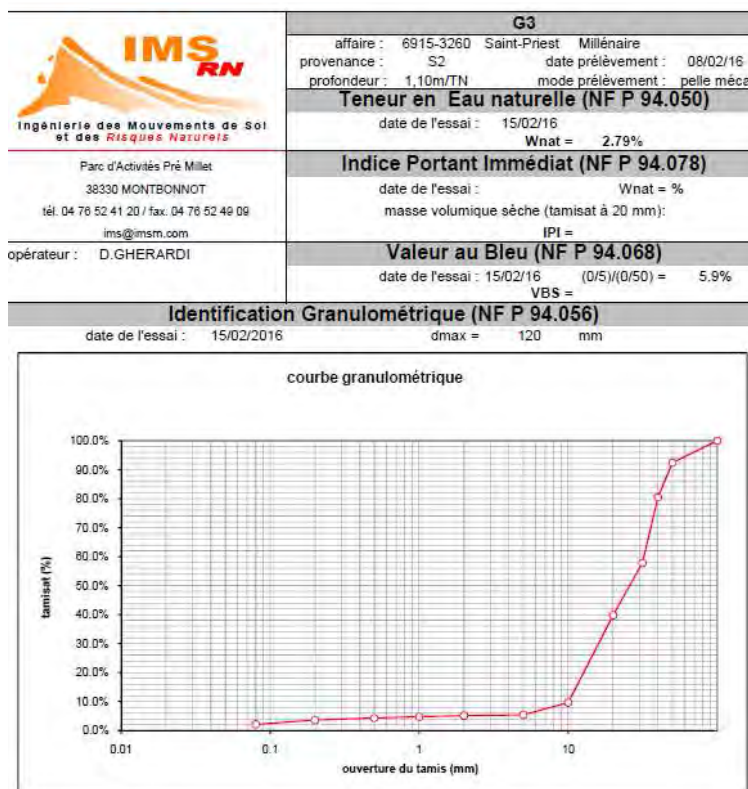
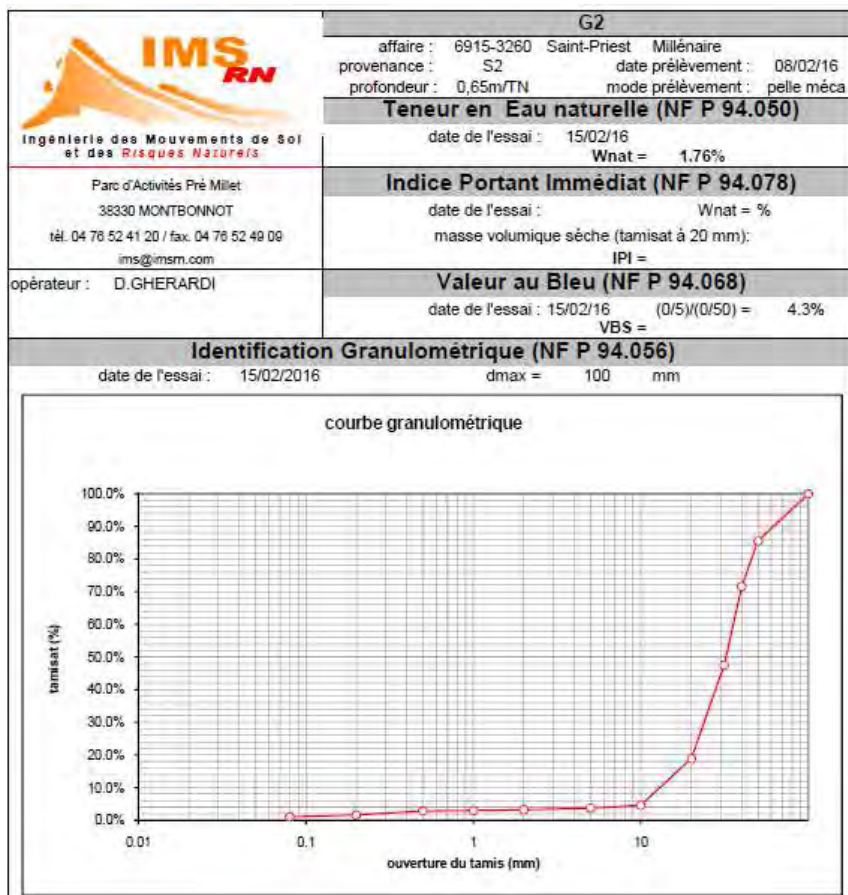
Annexe 3 : Seuils imposés par l'article II de l'arrêté du 12 décembre 2014 (déchets inertes non dangereux)

PARAMÈTRE	VALEUR LIMITE À RESPECTER exprimée en mg/kg de déchet sec
COT (carbone organique total)	30 000 (1)
BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes)	6
PCB (polychlorobiphényles 7 congénères)	1
Hydrocarbures (C10 à C40)	500
HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques)	50

Annexe 4 : Résultats des analyses granulométriques par IMS RN sur la noue du cours du 3ème Millénaire

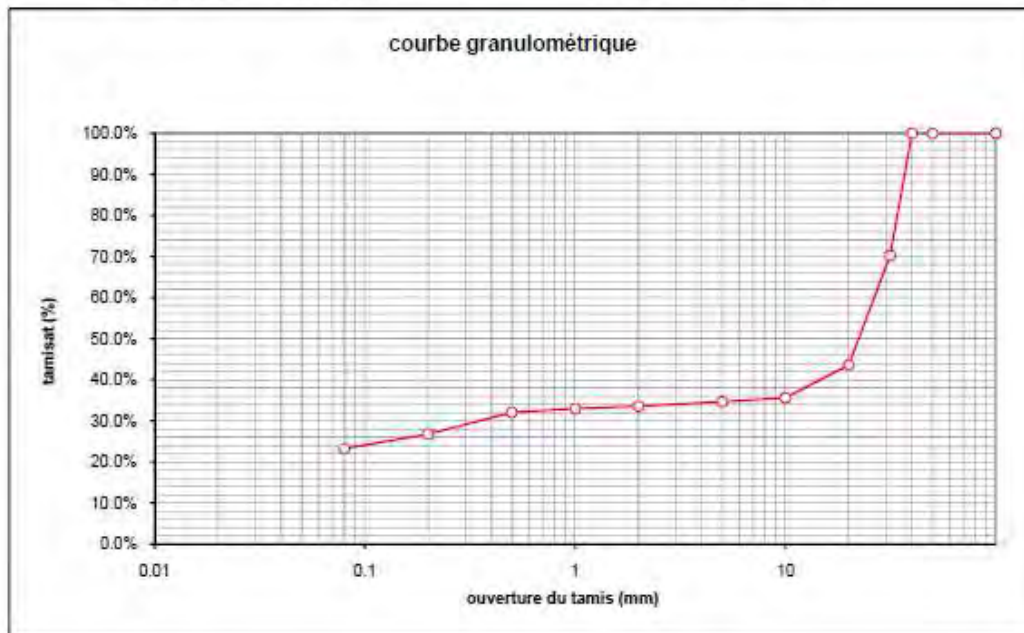
 <p>Parc d'Activités Pré Millet 38330 MONTBONNOT tél. 04 78 52 41 20 / fax. 04 78 52 49 09 ims@imsm.com</p> <p>opérateur : D.GHERARDI</p>	G1
	affaire : 6915-3260 Saint-Priest Millénaire provenance : S2 date prélèvement : 08/02/16 profondeur : 0,25m/TN mode prélèvement : pelle méca
	Teneur en Eau naturelle (NF P 94.050)
	date de l'essai : 15/02/16 Wnat = 1.73%
	Indice Portant Immédiat (NF P 94.078)
	date de l'essai : Wnat = % masse volumique sèche (tamisat à 20 mm): IPI =
	Valeur au Bleu (NF P 94.068)
	date de l'essai : 15/02/16 (0/5)/(0/50) = 1.7% VBS =
Identification Granulométrique (NF P 94.056)	
date de l'essai : 15/02/2016 dmax = 25 mm	



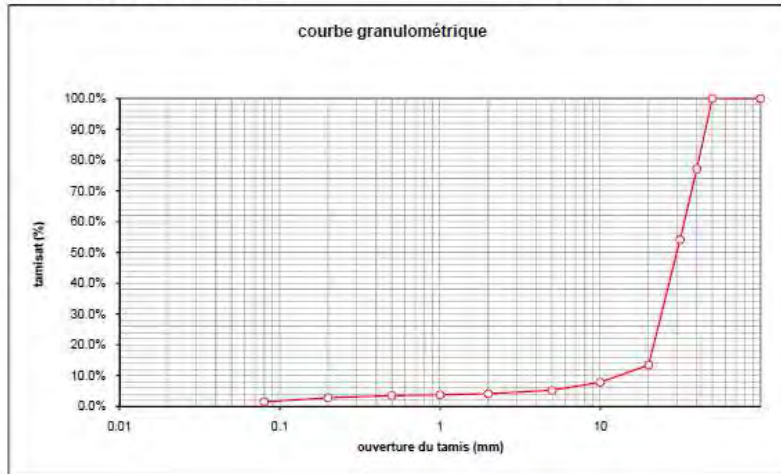


Annexe 5 : Répartition granulométrique par IMS RN sur la tranchée de la rue de l'Aviation

 <p>IMS RN Ingénierie des Mouvements de Sol et des Risques Naturels</p>	G4
	affaire : 6915-3260 Saint-Priest Aviation provenance : S4 date prélèvement : 08/02/16 profondeur : 0,05m/TN mode prélèvement : pelle méca
Parc d'Activités Prè Millet 38330 MONTBONNOT tél. 04 76 52 41 20 / fax. 04 76 52 49 09 ims@imsm.com	Teneur en Eau naturelle (NF P 94.050)
	date de l'essai : 15/02/16 Wnat = 8.70%
opérateur : D.GHERARDI	Indice Portant Immédiat (NF P 94.078)
	date de l'essai : Wnat = % masse volumique sèche (tamisat à 20 mm): IPI =
	Valeur au Bleu (NF P 94.068)
	date de l'essai : 15/02/16 (0/5)/(0/50) = 34.6% VBS =
Identification Granulométrique (NF P 94.056)	
date de l'essai : 15/02/2016 dmax = 35 mm	



 <p>IMS RN Ingénierie des Mouvements de Sol et des Risques Naturels</p> <p>Parc d'Activités Prê Millet 38330 MONTBONNOT tél. 04 76 52 41 20 / fax. 04 76 52 49 09 ims@msrn.com</p> <p>opérateur : D.GHERARDI</p>	G11-G12
	affaire : 6915-3260 Saint-Priest Aviation provenance : S4 date prélèvement : 08/02/16 profondeur : 0,90-1,10m/TN mode prélèvement : pelle méca
	Teneur en Eau naturelle (NF P 94.050)
	date de l'essai : 15/02/16 Wnat = 2.24%
	Indice Portant Immédiat (NF P 94.078)
	date de l'essai : Wnat = % masse volumique sèche (tamisat à 20 mm): IPI =
	Valeur au Bleu (NF P 94.068)
	date de l'essai : 15/02/16 (0/5)/(0/50) = 5.3% VBS =
Identification Granulométrique (NF P 94.056)	
date de l'essai : 15/02/2016 dmax = 45 mm	



Annexe 6 : Résultats des analyses réalisées dans la structure réservoir de l'avenue de l'Ain

GRANDLYON
la métropole

Page 1 sur 1

Métropole de Lyon - DUCV - Direction de l'eau

Laboratoire

Adresse postale : 20 rue du lac - CS 33569 - 69505 Lyon Cedex 03

Tél : 04 78 86 63 50

E-mail : eaulabo@grandlyon.com

RAPPORT D'ESSAI

Les données concernant la réception, la conservation, le traitement analytique de l'échantillon et les incertitudes de mesure associées sont consultables au laboratoire.

Le rapport établi ne concerne que les échantillons soumis à l'essai.

La reproduction de ce rapport d'essais n'est autorisée que sous la forme d'un fac-similé photographique intégral.

Les rapports d'essai des analyses sous traitées sont disponibles sur demande au laboratoire

Numéro d'échantillon : 150601001			
Demandeur :	Eau / ESX / Gest Patr Prox / Site Eglantines	Nom :	CAYRE, Yann
Produit :	Eau (pluviale, pluie, infiltration)		
Finalité :	Recherche d'origine		
Industriel :	-		
Galerie :	-		
Site :	Réseau d'eau pluviale		
Point d'acquisition :	Réseau pluviale divers		
Adresse de prélèvement :	avenue de l'ain angle rue des contaminés		
Commune :	69140	RILLIEUX LA PAPE	
Date et heure de prélèvement :	01/06/2015 15:15:00	Date de réception :	01/06/2015 15:16:55
Le prélèvement n'est pas sous la responsabilité du laboratoire			

Commentaires :

Prélèvement N1

Numéro d'échantillon : 150601001					
DATE ANALYSE	PARAMETRES ANALYSES	RESULTATS	UNITES	METHODES	COMMENTAIRES
02/06/2015	pH	7,4	unités pH	(EP)-NF EN ISO 10523 (pH)	
02/06/2015	Température de lecture du pH	22,8	T°C	Thermométrie	
02/06/2015	Conductivité compensée à 25°C	294	µS/cm à 25°C	(EP)- NF EN 27 888 (cond)	
03/06/2015	Azote amoniacal	2,9	mg/l N-NH4	Entraînement à la vapeur NF T 90-015-1 (NH4)	
02/06/2015	Dureté	13,0	°F	Titrimétrie NF T 90-003 (DH)	
03/06/2015	Chlorures	5,9	mg/l Cl	(EP)-Chromatographie NF EN ISO 10304-1 (Cl)(LQ:5)	
05/06/2015	Azote Kjeldahl	5,5	mg/l N	Distillation NF EN 25 663 (NTK)	
19/06/2015	Indice Hydrocarbure C10-C40	0,40	mg/l	NF EN ISO 9377-2 (IHC C10-C40) (LQ:0,1 mg/l) - Analyse sous-traitée -	

Date d'émission du rapport d'essai : 26/06/15

BLANC FRANCOISE

Technicien de laboratoire - signataire

GRANDLYON
la métropole

Métropole de Lyon - DUCV - Direction de l'eau

Laboratoire

Adresse postale : 20 rue du lac - CS 33569 - 69505 Lyon Cedex 03

Tél : 04 78 86 63 50

E-mail : eaulabo@grandlyon.com

AVIS ET INTERPRETATIONS

Numéro d'échantillon : 150601001

Présence d'eaux usées en faible quantité

Trace d'hydrocarbure.

Date d'émission : 26/06/15

BLANC FRANCOISE

Technicien de laboratoire - signataire



Métropole de Lyon - DUCV - Direction de l'eau

Laboratoire

Adresse postale : 20 rue du lac - CS 33569 - 69505 Lyon Cedex 03

Tél : 04 78 86 63 50

E-mail : eaulabo@grandlyon.com

RAPPORT D'ESSAI

Les données concernant la réception, la conservation, le traitement analytique de l'échantillon et les incertitudes de mesure associées sont consultables au laboratoire.

Le rapport établi ne concerne que les échantillons soumis à l'essai.

La reproduction de ce rapport d'essais n'est autorisée que sous la forme d'un fac-similé photographique intégral.

Les rapports d'essai des analyses sous traitées sont disponibles sur demande au laboratoire

Numéro d'échantillon : 150601003

Demandeur :	Eau / ESX / Gest Patr Prox / Site Eglantines	Nom :	CAYRE, Yann
Produit :	Eau (pluviale, pluie, infiltration)		
Finalité :	Recherche d'origine		
Industriel :	-		
Galerie :	-		
Site :	Réseau d'eau pluviale		
Point d'acquisition :	Réseau pluviale divers		
Adresse de prélèvement :	AVENUE DE L'AIN ANGLE DES CONTAMINES		
Commune :	69140	RILLIEUX LA PAPE	
Date et heure de prélèvement :	01/06/2015 15:16:00	Date de réception :	01/06/2015 15:20:41
Le prélèvement n'est pas sous la responsabilité du laboratoire			

Commentaires :

Prélèvement N 2

Numéro d'échantillon : 150601003

DATE ANALYSE	PARAMETRES ANALYSES	RESULTATS	UNITES	METHODES	COMMENTAIRES
02/06/2015	pH	7,6	unités pH	(EP)-NF EN ISO 10523 (pH)	
02/06/2015	Température de lecture du pH	22,7	T°C	Thermométrie	
02/06/2015	Conductivité compensée à 25°C	300	µS/cm à 25°C	(EP)- NF EN 27 888 (cond)	
03/06/2015	Azote amoniacal	3,9	mg/l N-NH4	Entraînement à la vapeur NF T 90-015-1 (NH4)	
02/06/2015	Dureté	13,2	°F	Titrémie NF T 90-003 (DH)	
03/06/2015	Chlorures	< 5,0	mg/l Cl	(EP)- Chromatographie NF EN ISO 10304-1 (Cl)(LQ:5)	
05/06/2015	Azote Kjeldahl	6,8	mg/l N	Distillation NF EN 25-663 (NTK)	
19/06/2015	Indice Hydrocarbure C10-C40	< 0,10	mg/l	NF EN ISO 9377-2 (IHC C10-C40) (LQ:0,1 mg/l) - Analyse sous-traitée -	

Date d'émission du rapport d'essai : 26/06/15

BLANC FRANCOISE

Technicien de laboratoire - signataire

GRANDLYON
la métropole

Métropole de Lyon - DUCV - Direction de l'eau

Laboratoire

Adresse postale : 20 rue du lac - CS 33569 - 69505 Lyon Cedex 03

Tél : 04 78 86 63 50

E-mail : eaulabo@grandlyon.com

AVIS ET INTERPRETATIONS

Numéro d'échantillon : 150601003

Présence d'eau usées en faible quantité.

Absence d'hydrocarbure.

Date d'émission : 26/06/15

BLANC FRANCOISE

Technicien de laboratoire - signataire