



Amélioration des protocoles de mesure des performances des dispositifs de traitement des eaux de ruissellement

MOREL Benoît-Pierre¹, DAUTAIS Jean-Pierre²

¹ F2F, SAINTE MERE EGLISE

² JP DAUTAIS, BASSE GOULAIN

Abstract

IMPROVMENT OF PROTOCOLS FOR MEASURING PERFORMANCES OF STORMWATER TREATMENT SYSTEMS

The main targets of stormwater treatment devices are Total Suspended Solids (TSS) and thanks to the bibliography,

Les cibles principales des dispositifs de dépollution des eaux de ruissellement sont les Matières En Suspension (MES), et la bibliographie permet de sélectionner les fractions granulométriques pertinentes à piéger.

Le recensement de l'état de l'art sur les protocoles expérimentaux de mesure des performances des dispositifs de traitement des eaux de ruissellement à travers le monde a permis de mettre en évidence une grande disparité dans la nature des intrants, dans l'échantillonnage et sa représentativité et dans l'affichage des résultats d'essais.

Quatre biais ont été identifiés dans les protocoles existants et, dans le cadre d'une procédure ETV (Vérification des Technologies Environnementales – NF EN ISO 14034) menée entre 2019 et

the relevant particles size fractions to trap are known. The state-of-the-art survey on experimental protocols for measuring performances of stormwater treatment systems around the world revealed a wide disparity in the nature of inputs, in sampling methods and their representativeness and the display of test results.

Four biases have been identified in the existing protocols and, as part of a ETV procedure (Environmental Technology Verification – ISO 14034) conducted between 2019 and 2022, the authors proposed, and have validated at the European level, a protocol aimed at better reproducing the phenomena encountered in situ, to take representative samples consisting of volumetric fractions of the complete water flow, and to modify the calculation and display of the performancial results. The development of a new sampling method with a volume of almost 10% of total test volume, the reduction of the risk of heterogeneity error by the use of complete water units and the timing of sampling to reduce integration errors, completed by carrying out a mass balance by actual weighing without recourse to concentration, the results obtained have been made reliable.

2022, les auteurs ont proposé, et fait valider au niveau européen, un protocole visant à mieux reproduire les phénomènes rencontrés in situ, à prélever des échantillons représentatifs et constitués de fractions volumiques du flux d'eau complet, et à modifier le calcul et l'affichage des résultats performanciels.

La mise au point d'une nouvelle méthode d'échantillonnage d'un volume de presque 10% de volume total d'essai, la réduction des risques d'erreur d'hétérogénéité par l'utilisation de tranches du flux d'eau complet et le cadencement des prélèvements pour réduire les erreurs d'intégration, complétés par la réalisation de bilans massiques par pesées réelles sans recours aux concentrations ont permis de fiabiliser les résultats obtenus.

INTRODUCTION

Au cours de son parcours vers son exutoire, l'eau de pluie se charge de différents polluants, notamment sous forme particulaire. Ces particules vont générer des matières en suspension qui augmentent la turbidité de l'eau.

Selon le rapport de l'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques sur la qualité de l'eau et de l'assainissement en France, la décomposition des matières organiques est, elle aussi, source de pollution et 75% à 85% de la pollution contenue dans l'eau pluviale sont imputables au ruissellement. La pollution est à plus de 90% sous forme solide. Cette caractéristique conditionne les modes de traitement, la pollution solide pouvant être éliminée par aspiration, par filtration et par décantation. La ville réunit toutes les conditions pour contaminer de façon massive l'eau météorite: l'eau ruisselle sur des surfaces souvent imperméables (toitures, chaussées), vulnérables à la corrosion (zinc des gouttières, crochets de plomb des toitures) et/ou très chargées de polluants liés au trafic automobile et à l'activité industrielle.

Le ruissellement va donc constituer une source majeure de polluants particuliers et/ou organiques.

Même en traitant les eaux de ruissellement à la source, l'existence de polluants résiduels est inévitable.

Pour éliminer ces pollutions, les dispositifs de traitement doivent travailler en association avec les solutions de gestion des flux, souvent extensives, et faciliter le fonctionnement et l'entretien de ces dernières. Pour cela, les cibles principales des dispositifs de dépollution des eaux de ruissellement sont les matières particulaires.

Au regard des cibles polluantes, le piégeage de certaines fractions granulométriques doit être privilégié.

Les méthodes d'évaluation des performances des dispositifs de dépollution nécessitent d'être fiabilisées pour informer les usagers de leur limite et faciliter les choix.

Une majeure partie des travaux présentés s'est inscrite dans une démarche de Vérification de Technologies Environnementales (ETV), programme porté au niveau mondial par l'ISO 14034, adossé à la Commission Européenne en Europe, promu par l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) au niveau national, et visant à la vérification des performances d'éco-technologies innovantes. Les revendications performanciels sont vérifiées par un organisme tierce partie. Il existait 6 organismes de vérification en Europe en 2021 pour le traitement de l'eau dont le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) en France.

LA POLLUTION ET LE TRAITEMENT DES EAUX DE RUISSellement

Dans le cadre du programme de Vérification de Technologies Environnementales, la mise en place d'un protocole validé par le Groupe Technique ETV de l'Union Européenne, en l'absence de protocole de tests antérieur, a demandé l'établissement d'un état des lieux de l'existant.

Selon les synthèses bibliographiques réalisées, les eaux de ruissellement contiennent ...

DES POLLUANTS PARTICULAIRES:

- des matières en suspension (MES) qui sont des matières insolubles, fines, minérales ou organiques, biodégradables ou non. Dans le milieu naturel, elles proviennent des effets de l'érosion et des détritiques. Selon Vignoles et al (1995), sur des voiries autoroutières, on note que les



DÉPOLLUTION DES EAUX PLUVIALES AVEC **TRITHON®**



WWW.SIMOP.FR



SOLUTION DE SURVEILLANCE EN CONTINU

Réseaux eau potable



I-CENSE

Disponible juin 2024



Communicante

4G . NB-IoT . LTE-M



Mesures précises

Basées sur les normes en vigueur



Faible maintenance

1 fois par an sans outillage



Autonome

Alimentation par piles
Remplacement annuel



Multiparamètres

6 mesures essentielles en 1 seul point

- Chlore libre
- Turbidité
- Conductivité
- Température
- Débit
- Pression

I-CENSE™ la solution autonome et communicante

EFS - 192, allée des chênes - ZAC du baconnet - Montagny - 69700 • www.efs.fr - sales_env@efs.fr

MES drainées sont minérales à 80% et organiques à 20%.

- des matières organiques (végétaux, excréments) et des substances issues de la chimie (hydrocarbures, pesticides, solvants), ...

DE GRANULOMÉTRIE COMPRISE ENTRE 2 µm ET 20 mm :

- d'après Roesner et al (2020), les polluants urbains sont classables en 7 groupes (figure 1) et distingués par taille et composition, particulaires ou dissous :

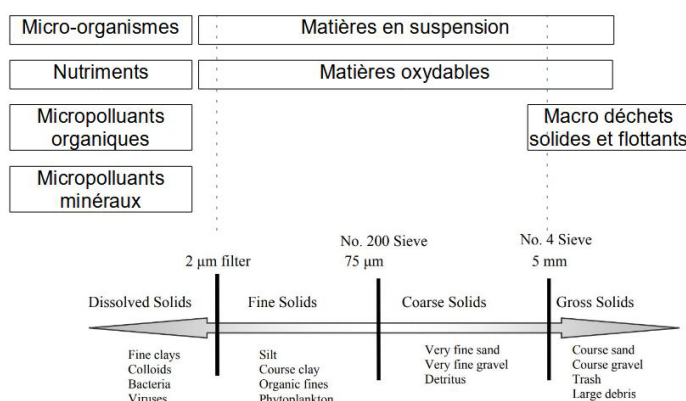


Figure 1. Distinction des 7 groupes de polluants urbains.

Ces groupes de particules et déchets ont des tailles et des comportements différents et peuvent causer des dysfonctionnements dans les différentes catégories d'appareils de traitement. Les cibles des appareils doivent donc être définies :

- Les déchets grossiers et les solides flottants constituent un des risques de dysfonctionnement et nécessitent une prise en charge spécifique afin d'anticiper et d'empêcher les colmatages. Ces solides et flottants sont de nature et d'origines diverses comme précisé dans le **tableau I**.
- Des fractions de polluants dissous ne seront piégés par décantation que s'ils sont sous forme particulaire, c'est-à-dire principalement adsorbés sur les particules.
- Concernant spécifiquement les hydrocarbures, les études, et notamment Hunter et al. (1979), Hoffman et al. (1985), Latimer et al. (1990) et Chebbo (1992) montrent qu'ils sont fixés à plus de 80-85% sur les particules. Ainsi, leur élimination implique une cible essentiellement «Matières

Tableau I. Composition des solides grossiers dans le ruissellement (adapté de Allison et al., 1999).

Groupe de solides grossiers	Caractéristiques
Végétation	Principalement des feuilles d'arbres
Plastiques d'usage personnel	Provenant des piétons et usagers de route (contenant pour breuvages et nourriture)
Plastiques d'usage commercial	Emballage commercial
Papier d'usage personnel	Journaux, revues, contenants pour nourriture, bouts de cigarettes
Papier d'usage commercial	Papier usagé, carton pour emballage
Métaux	Contenants divers
Autres	Autres matériaux divers

Le **tableau II** illustre ces résultats et montre la répartition entre composés aliphatiques et aromatiques.

- Concernant les métaux, le **tableau III** illustre les résultats de Colandini (1997), Ruban (2003) et Moura (2008). On note que 60 à 65% des métaux s'adsorbent sur les particules < 40 µm. La proportion est de l'ordre de 15 à 20% sur les fractions granulométriques de 40 à 315 µm et > 315 µm.

Neupert et al. (2021) a mesuré les proportions de particules recueillies par balayage routier pour les fractions granulométriques 0-10 µm, 10-20µm et 20-63 µm (figure 2). Il en est déduit que la limite de séparation de 20 µm est suffisante pour la détermination de 84% des particules inférieures à 63µm.

Tableau II. Répartition particulaire/dissous des hydrocarbures totaux et composés (Hunter et al. (1979).

	Hydrocarbures totaux	Composés aliphatiques	Composés aromatiques
Particulaire	89.2 %	68.4 %	31.6 %
Dissous	10.8 %	73.9 %	26.1 %
Total	100.0 %	69.6 %	30.4 %

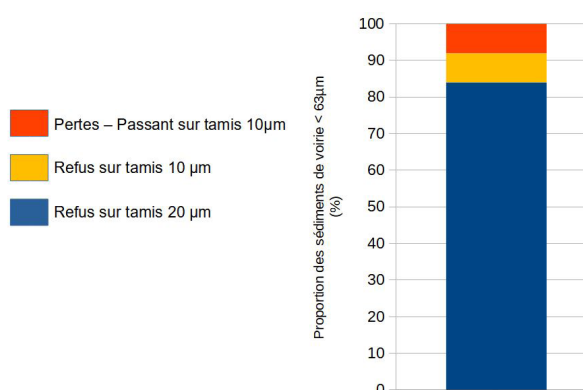


Figure 2. Caractérisation des sédiments déposés sur voirie (8 échantillons).

Tableau III. Concentrations en métaux dans les fractions granulométriques.

Echantillons	Fractions	% pondéral	Cd	Ni	Cr	Cu	Pb	Zn
Wissous	< 40 µm	74.7	5	548	433	464	354	1980
	40-315 µm	19.7	2	67	139	281	272	1607
	> 315 µm	5.6	4	197	202	293	253	1304
Ronchin	< 40 µm	60.4	3	51	116	295	645	1542
	40-315 µm	9.1	4	53	120	372	744	1722
	> 315 µm	30.5	2	35	80	295	428	1030
Cheviré	< 40 µm	57.3	2	40	133	417	406	1933
	40-315 µm	18.7	2	37	116	393	447	2094
	> 315 µm	24.0	2	28	88	402	385	1882
St Joseph	< 40 µm	59.8	2	47	111	178	177	884
	40-315 µm	17.6	<2	28	67	66	85	446
	> 315 µm	22.6	<2	19	32	46	48	337

DE DENSITÉ SUPÉRIEURE OU ÉGALE À 2 :

- Pitt et al. (2017) montre que la densité des particules entraînées dans les eaux pluviales est liée à leur granulométrie. Les valeurs présentées dans le **tableau IV** montrent que les particules les plus grandes ont les densités les plus faibles. Les particules les plus petites sont majoritairement minérales. Dans les eaux de ruissellement, la pollution particulaire et de granulométrie inférieure à 0.7 mm a une densité comprise entre 2.5 et 3.5, favorable à leur décantation.

EN CONCENTRATION MOYENNE D'ENVIRON 200 MG/L :

- Par décantation d'ensemble et d'entraînement, le piégeage des particules est d'autant plus massif que leur concentration est élevée dans les influents.
- Les données concernant les concentrations de polluants sont multiples (Shaver et al, (2007), Gromaire et al, (2013), ASTEE, (2017)). De façon synthétique, on peut considérer que, selon la proportion des surfaces de ruissellement, la moyenne des concentrations en MES, pour un site urbain d'activités mixtes, est comprise

entre 100 et 250 mg/L, comme présenté sur la **figure 3**.

LES PROTOCOLES DE VÉRIFICATION DES PERFORMANCES

Les eaux ruisselées doivent être véritablement dépolluées avant d'être rendues au milieu récepteur. L'étendue du ruissellement et son impact doivent être le plus réduits possible pour que la nature de l'eau ne soit que peu altérée, par dissolution des polluants, avant d'être prise en charge dans des solutions de dépollution permettant ainsi d'optimiser le fonctionnement des ouvrages extensifs de gestion des flux.

Tableau IV. Densité et proportion des solides entraînés en fonction de leur granulométrie.

Maille de tamis (µm)	Densité	% de solides entraînés
Grand matériau organique	0.84	81.2
> 2800	0.66	70.9
1400 – 2800	1.15	57.8
710 – 1400	1.43	42.7
355 – 710	2.56	26.1
180 - 355	2.76	19.4
75 - 180	2.97	20.6
45 - 75	3.30	25.7
< 45	3.46	26.0

RECENSEMENT DES PRINCIPAUX PROTOCOLES UTILES

Des protocoles expérimentaux visant à caractériser les performances des solutions de dépollution existent. Ils sont accessibles, divers, portés à travers le monde par des organismes officiels. Les principaux sont présentés dans le **tableau V**.

Pour autant, les influents définis dans les protocoles, et les performances mesurées en laboratoire via ces protocoles sont-ils représentatifs des observations et des mesures ?

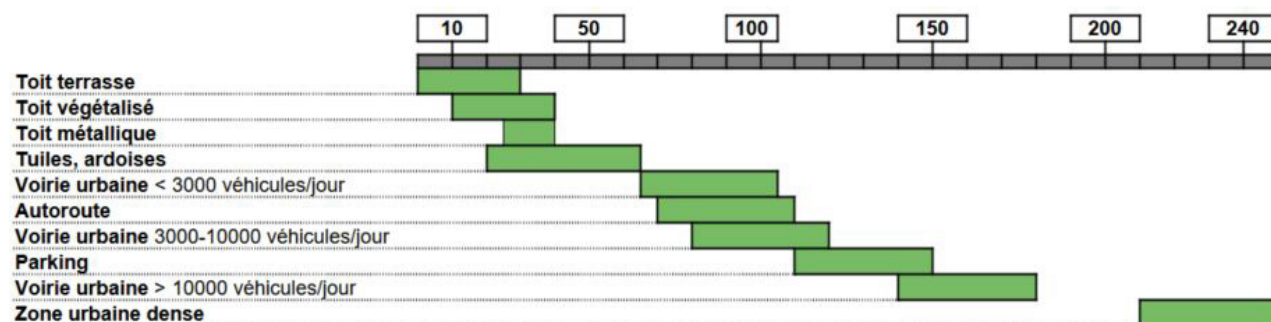


Figure 3. Synthèse bibliographique des concentrations (mg/L) en MES selon les surfaces de ruissellement.

Tableau V. Recensement des principaux protocoles

Pays	Institution	Acquisition des données	Piégeage des MES ?	Vérifications	
				Remise en suspension ?	Impact sur les flottants ?
Australie	Stormwater Australia	Campagne in situ	oui	non	non
Royaume Uni	British Water	Essais en laboratoire	oui	oui	non
	State of new Jersey		oui	oui	non
USA	State of Washington	Données laboratoire + campagne in situ	oui	oui	non
Allemagne	DIBt		oui	oui	oui
Canada	ETV Toronto	Essais en laboratoire	oui	oui	oui
	ETV Québec		oui	oui	oui

MÉTHODES DE TEST

Références

La rédaction du protocole nécessaire au plan d'essais du programme ETV s'est inspirée de normes et protocoles existants et notamment des travaux de :

- l'Association Française de Normalisation,
- du Programme ETV canadien,
- du Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec,
- du Département de la Protection Environnementale du New Jersey,
- du Département de l'Ecologie de l'Etat de Washington.

Le synoptique synthétique des moyens d'essais mis en œuvre est présenté en figure 4 :

Matrice

« Matière en suspension »

En terme de granulométrie :

Dans le protocole mis au point, la distribution des tailles de particules injectées dans le dispositif est représentative de celles observées dans les eaux de ruissellement. Elle présente une fraction fine (< 63 µm) dominante, un D50 entre 50 et 60 µm, un D10 inférieur à 10µm et un D90 de 200 ± 50 µm (D10, D50 et D90 sont les bornes supérieures respectives des tailles des 10, 50 et 90% des particules les plus fines).

De plus, cette distribution est bien graduée avec un coefficient d'uniformité supérieur à 5 et un coefficient de courbure compris entre 1 et 3 (D60 est la borne supérieure des tailles des 60% de particules les plus fines).

C'est le sable SIBELCO C4 qui a été sélectionné. Ses caractéristiques (figure 5) sont très proches de celles du MILLISIL

W4, couramment utilisé dans d'autres protocoles, pour les cibles visées.

En terme de densité :

Dans le protocole mis au point, la densité spécifique moyenne des sédiments est représentative de celle observée dans les eaux pluviales urbaines, et est comprise entre 2,5 et 3. La gamme de densité ne descend pas en dessous de 2 ni ne dépasse 3,5.

Matrices « Eau »

Dans le protocole mis au point, deux matrices « eau » ont été définies :

- Matrice « Eau Brute », pauvre en MES (< 10 mg/L) servant à la préparation de la seconde matrice,
- Matrice « Eaux Pluviales », dopée en matière en suspension (200 mg/L).

	SIBELCO C4		
	Selon fiche technique	Selon mesures CSTB	Millisil W4
D10	8	6	7
D20	17	12	15
D30	29	25	30
D50	41	54	64
D60	72	70	80
D90	160	159	142

Coefficient d'uniformité	9,0	11,7	11,4
Coefficient de courbure	1,5	1,5	1,6

Figure 5. Caractérisation du sable d'essais (granulométrie en µm).

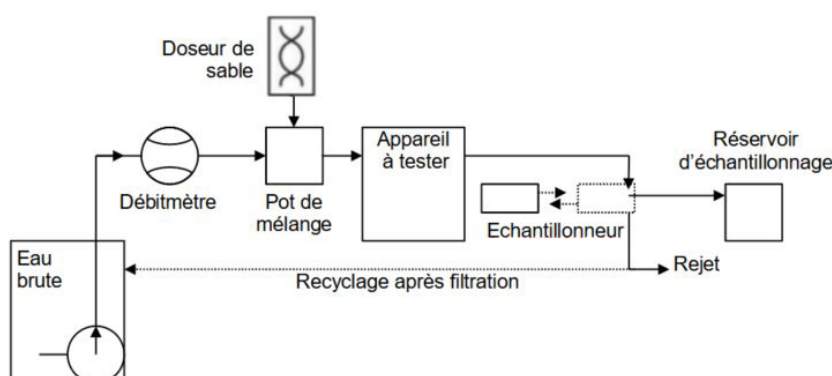


Figure 4. Synoptique des moyens d'essais.

DISCUSSION SUR LES PROTOCOLES RECENSÉS

Les principaux biais identifiés dans les protocoles, lors du début de la démarche ETV, concernaient :

- une concentration des influents trop élevée,
- un échantillonnage non représentatif des effluents,
- des rendements calculés à partir de concentrations, sans bilan massique,
- une expression des résultats peu claire.

La concentration des influents

Il a été décidé que, pour éviter une décantation d'ensemble et d'entraînement, et ainsi ne pas surestimer le piégeage, la concentration des influents en matières en suspension devait rester représentative des mesures in situ et ne pas dépasser 200 mg/L.

A noter qu'un des protocoles recensés prévoit des concentrations d'influents supérieures à 1 g/L.

La représentativité de l'échantillon

On dénombre trois principaux types d'erreurs lors de prélèvements :

- les erreurs d'hétérogénéité,
- les erreurs d'intégration,
- les erreurs de matérialisation.

En cas de travail en concentration, ces types d'erreur sont accentués.

Les erreurs d'hétérogénéité

L'écoulement étant constitué de deux phases non miscibles, une phase liquide et une phase solide non dissoute, on note une hétérogénéité dans sa composition. La **figure 6** illustre le fait qu'un prélèvement partiel du flux à l'aide d'un dispositif d'échantillonnage tel que décrit dans la norme NF EN 858-1 présente un biais dans la représentativité de l'échantillon.

En parallèle, Neupert et al. (2021) a mesuré la différence de collecte des matières en suspension avec un

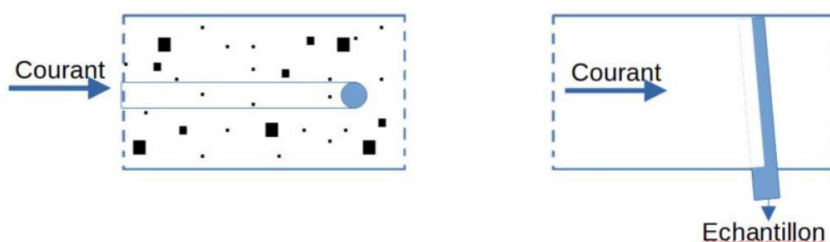


Figure 6. Ségrégation des particules et hétérogénéité de la veine.

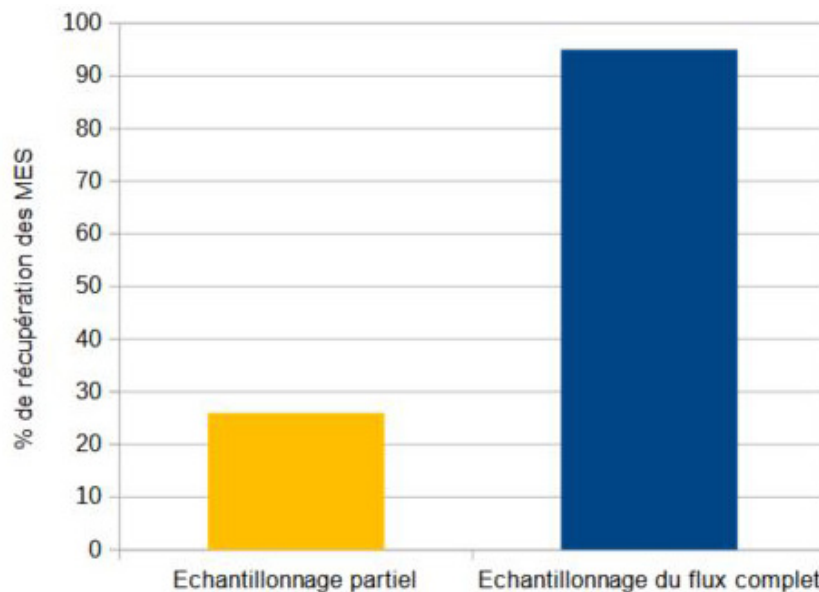


Figure 7. Pourcentage de récupération de MES selon le mode d'échantillonnage.

échantillon réalisé sur une portion du flux et sur le flux complet. La **figure 7** illustre la récupération de 95% des MES par échantillonnage du flux complet alors que l'échantillonnage du flux partiel ne permet d'en récupérer que 26%.

L'analyse établit que la précision des mesures est augmentée d'un facteur 10 dans le cadre du prélèvement en flux complet.

Tous les protocoles recensés prévoient un échantillonnage sur flux partiel.

Les erreurs d'intégration

Les erreurs d'intégration sont liées au fait que les performances des dispositifs de dépollution peuvent varier au cours de l'essai.

Si l'échantillonnage est réalisé régulièrement, à intervalle de temps constant, dès la phase de stabilisation hydraulique terminée et jusqu'à la fin de l'essai, alors, l'échantillon correspondra aux performances moyennes de l'appareil. Dans le cas contraire, l'échantillon ne

correspondra qu'aux performances de l'appareil au moment précis du prélèvement.

Les erreurs de matérialisation

Les erreurs de matérialisation sont liées à la préparation de l'échantillon à analyser.

Si le volume d'eau échantillonné est faible, par exemple 10 litres –plus grand volume d'échantillon prévu dans les protocoles recensés–, que le rendement espéré de l'appareil est de l'ordre de 70% avec une concentration d'influent à 200 mg/L et que la densité des matières en suspension testées est de 2,6, alors la masse de MES collectée est d'environ 0,6 gramme pour un volume de 0,23 ml. Autant un laboratoire travaillant sous ISO 17025 peut probablement s'accommoder d'un tel échantillon, autant, à l'échelle industrielle, lors des travaux de mise au point d'un dispositif par exemple, ce type d'échantillon peut être sujet à des erreurs de manipulation.

De plus, avec un échantillon de matières en suspension suffisant, l'analyse granulométrique peut être faite par tamisage, l'investissement dans un dispositif de tamisage restant mesuré, au lieu de devoir s'engager dans des moyens analytiques plus lourds, tels que la granulométrie par diffraction laser. Enfin, le prélèvement du flux complet, pour des dispositifs de dépollution des eaux de ruissellement, mène généralement

à des volumes d'échantillons élevés. Dès lors, selon Neupert et al. (2021), la filtration à 0.45µm ne peut être réalisée et les méthodes analytiques doivent être adaptées.

Les rendements calculés à partir de concentrations

Avec des faibles volumes d'échantillons d'eau et, a fortiori, de matières en suspension, le travail en bilan massique est, au mieux, peu précis et difficile à établir. Ainsi, le calcul des rendements via la comparaison des concentrations entre l'entrée et la sortie de l'appareil est la seule solution applicable aisément, dans tous les protocoles recensés.

Il est constaté, dans de nombreux rapport d'essais, notamment en Amérique du Nord, que l'utilisation de concentrations pose des problèmes de fiabilité des rendements calculés. La **figure 8** illustre l'affichage de rendements par fractions granulométriques ramenés à 100% alors que les valeurs calculées s'établissaient entre 101 et 171%, du fait des erreurs induites par le travail en concentrations.

Le rendement global, en bas de tableau, est, quant à lui, réalisé par bilan massique et présente une plus grande fiabilité.

L'expression des résultats d'évaluation des performances

C'est le point clé pour la visualisation réelle de la performance, validée par organisme tiers indépendant, selon un protocole adéquat, en respect des limites d'utilisation des appareils de traitement au regard des cibles

Table 1. Removal efficiencies (%) of the [] at specified surface loading rates

Particle size fraction (µm)	Surface loading rate (L/min/m²)						
	40	80	200	400	600	1000	1400
>500	90	58	58	100*	86	72	100*
250 - 500	100*	100*	100	100*	100*	100*	100*
150 - 250	90	82	26	100*	100*	67	90
105 - 150	100*	100*	100*	100*	100*	100*	100
75 - 105	100*	92	74	82	77	68	76
53 - 75	Undefined*	56	100*	72	69	50	80
20 - 53	54	100*	54	33	36	40	31
8 - 20	67	52	25	21	17	20	20
5 - 8	33	29	11	12	9	7	19
<5	13	0	0	0	0	0	4
All particle sizes by mass balance	70.4	63.8	53.9	47.5	46.0	43.7	49.0

* An outlier in the feed sample sieve data resulted in a negative removal efficiency for this size fraction.

* Removal efficiencies were calculated to be above 100%. Calculated values ranged between 101 and 171% (average 128%).

Figure 8. Exemple de rendements > 100% déterminés par le travail en concentrations

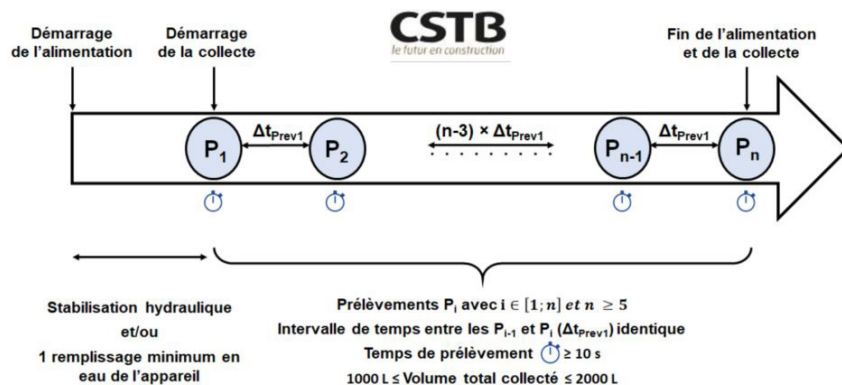


Figure 9. Mode opératoire des prélèvements.

granulométriques, des polluants associés et des rendements recherchés.

En l'absence d'analyse granulométrique, c'est un rendement global de l'appareil qui est généralement annoncé. Cependant, les rendements obtenus ne sont pas homogènes selon les fractions granulométriques et les débits auxquels les essais ont été réalisés.

Les performances de piégeage sur des particules fines sont significativement moins bonnes que sur les particules grossières. Il en est de même pour les performances obtenues pour des forts débits par rapport à des débits plus faibles.

Il est nécessaire de différencier l'expression des résultats pour éviter les amalgames et sans cette précaution, les rendements ne sont pas significatifs.

LA DÉMARCHE D'AMÉLIORATION DES PROTOCOLES

OPTIMISATION

DE L'ÉCHANTILLONNAGE

Par analogie au prélèvement de granulats, les auteurs ont imaginé, par nécessité, une solution simple pour prélever :

- des « tranches » d'eau complètes et dérivées,
- après un temps de conditionnement, mais pendant plusieurs périodes réparties au cours de l'essai,
- pour la constitution d'un échantillon minimum de 1 m³.

L'échantillonnage total réalisé en au moins 5 échantillons de volume homogène collectés, un par un, à intervalle de temps régulier, le premier échantillon étant collecté après stabilisation hydraulique de l'appareil, réduit les erreurs d'intégration, comme l'illustre la **figure 9**.

Les erreurs de matérialisation sont faibles du fait de la quantité prélevée. Ainsi, les prélèvements réalisés ont permis de collecter entre 1 et 2 m³ dans une cuve de stockage.

L'effluent a ensuite été tamisé pour quantifier la performance du système à abattre les fractions granulométriques ciblées.

La proportion collectée d'échantillon est supérieure à 9% du volume total injecté, comme présenté dans le **tableau VI**, gage supplémentaire de sa représentativité.

Les auteurs ont, pour ce faire, inventé un échantillonneur simple qui s'apparente à une « balance manuelle » qui permet de dévier l'ensemble du flux de façon temporaire vers une cuve de réception de l'échantillon, comme présenté en **figure 10**.

Tableau VI. Représentativité des échantillons

Débit traité (L/s)	Volume total moyen injecté (L)	Volume d'échantillon prélevé (L)	Proportion collectée/Volume d'essai
5	14 564	1507	10,3%
10	15 377	1509	9,8%
15	15 594	1538	9,9%
20	15 876	1500	9,4%
25	15 770	1448	9,2%



(a)



(b)

Figure 10. Mise au point du prélèvement du flux complet sur base d'essais industrielle

(a) : rejet des eaux

(b) : détournement du flux complet vers le réservoir d'échantillonnage

Chaque essai, associé à un débit induit par les pluies les plus fréquentes, est, en outre, réalisé trois fois.

AUDIT DE LA BASE D'ESSAIS ET TIERCE PARTIE

Ce protocole d'essais, établi dans le cadre de l'ETV, a été soumis au Groupe Technique ETV de l'Union Européenne et validé en juillet 2021. Il a été mis en œuvre, fin 2021, sur une base d'essais préalablement audité sous COFRAC, au sein d'un laboratoire indépendant travaillant sous assurance qualité et dans le respect des exigences de la norme ISO 17025, ce qui réduit encore les risques d'anomalies de préparation de l'échantillon.

CHOIX DES FRACTIONS GRANULOMÉTRIQUES CIBLÉES

Dans le cadre de l'ETV, seules les particules supérieures à 50 μm ont été ciblées car leur comportement est assez homogène et leur analyse par tamisage est relativement aisée. Ceci a permis aux auteurs, après réalisation, sur base d'essais industrielle, de 6 sessions de tests en 14 mois, en 2019/2020, pour un total de plus de 40 essais, de pouvoir anticiper les performances de l'appareil TRITHON et d'établir les revendications prédictives nécessaires au programme.

En dessous de 50 μm , le comportement des particules, parfois semi-colloïdales,

est peu prévisible. Ces particules ont été étudiées hors ETV, le risque qu'une revendication prédictive les concernant ne soit pas vérifiée étant trop élevé et empêche la publication de la vérification. Les essais ont été sous-traités au CSTB et les analyses granulométriques des particules entre 20 et 50 μm ont été réalisées par diffusion laser.

Malgré les consultations menées par le CSTB pour l'analyse granulométrique de particules de taille inférieure à 20 μm , aucun laboratoire consulté travaillant sous ISO 17025 n'a estimé pouvoir faire une analyse fiable. Ceci ajouté aux conclusions de Neupert et al. (2021) sur la faible proportion des particules plus petites que 20 μm – 16% des particules de taille inférieure à 63 μm dans les matières en suspension de voirie – a permis de décider de ne pas concentrer les efforts sur ces fractions granulométriques peu pertinentes.

EXPRESSION DES PERFORMANCES

Une clarification de l'expression des performances a, en outre, été mise en œuvre en distinguant les rendements :

- par référence/taille d'appareil,
- par débit,
- par fraction granulométrique (indépendante ou cumulée).

Cette expression des performances est synthétisée en **figure 11**.

CONCLUSION

Dans le cadre de l'ETV (Vérification des Technologies Environnementales – NF EN ISO 14034), l'utilisation d'un nouveau banc d'essais industriel et d'un protocole plus exigeant en termes de méthode d'injection des particules

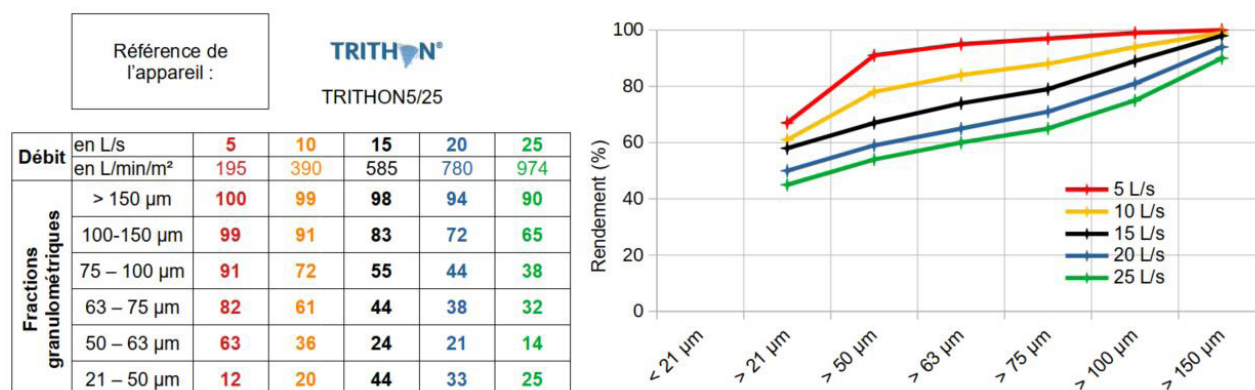


Figure 11. Expression des performances.

témoins et des prélèvements de fractions volumiques du flux d'eau complet, a permis la vérification des performances avec précision :

- d'un nouveau séparateur hydrodynamique (TRITHON – brevet FR1903851), en 2020 et 2021 sur plateforme privée pour mise au point puis au CSTB en 2021 pour vérification (rapport RV-26083039),
- en utilisant un sable témoin bien gradué, le SIBELCO C4, proche du Millisil

W4 pour les cibles définies, par injection volumétrique directe,

- par échantillonnage de grands volumes via un collecteur suspendu,
- avec deux cibles de performances au regard des taux de charges hydrauliques et des fractions granulométriques :
 - > 50µm pour l'ETV,
 - de 20 à 50 µm, pour information, en adaptant l'échantillon à la complexité de filtration.

L'expression précise des résultats est le point clé pour la visualisation réelle de la performance vérifiée par « tiers agréé » et avec l'utilisation de protocoles adéquats. C'est LE moyen d'informer objectivement les usagers des performances et des limites des appareils. Ainsi, depuis 2022, la vérification ETV du dispositif de dépollution TRITHON est disponible sur les sites internet du CSTB, de l'ADEME et de la Commission Européenne. ●



Références bibliographiques

AFNOR (2002) : NF EN 858-1 : Installations de séparation de liquides légers – Partie 1.

ALLISON R., WALKER T., WONG T., WOOTTON R., (1999) : Removal of suspended solids associated pollutants by a CDS gross pollutants trap, Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology.

ASTEE (2017) : Memento Technique – Conception et dimensionnement des systèmes de gestion des eaux pluviales et de collecte des eaux usées.

BRITISH WATER (2017) : Code of practise : Assessment of Manufactured Treatment Devices Designed to Treat Surface Water Runoff.

CERTU (2003) : La ville et son assainissement – Principes, méthodes et outils pour une meilleure intégration dans le cycle de l'eau.

CHEBBO G., BACHOC A. (1992) : Characterization of suspended solids in urban wet weather discharges – Water Science & Technology.

COLANDINI V. (1997) : Effets des structures réservoirs à revêtement poreux sur les eaux pluviales, qualité des eaux et devenir des métaux lourds, Thèse, Université de Pau.

DEPARTMENT OF ECOLOGY STATE OF WASHINGTON (2011) : Technical Guidance Manual for Evaluating Emerging Stormwater Treatment Technologies.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK (2011) : Zulassungsgrundsätze für "Niederschlagswasserbehandlungsanlagen"

DIRECTION DES EAUX USÉES DU MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDELCC) (2017) : Manuel de calcul et de conception des ouvrages municipaux de gestion des eaux pluviales, Québec.

DUAN Z., LAFHAJ Z., BEL HADJ ALI I., DUCELLIER S. (2013) : Valorisation des sédiments fluviaux traités en vue d'une utilisation en génie civil, Revue Paralia – Centre Français du Littoral.

GROMAIRE MC., VEIGA L., GRIMALDI M., AIRES N. (2013) : Outils de bonne gestion des eaux de ruissellement en zones urbaines, LEESU – AESN.

HOFFMAN E., LATIMER J., HUNT C., MILLS G., QUINN J. (1985) : Stormwater runoff from highways - Water, Air, and Soil Pollution.

HUNTER J., SABATINO T., GOMPERS R., MACKENZIE M. (1979) : Contribution of urban runoff to hydrocarbon pollution - Water Pollution Control Federation.

LATIMER J., HOFFMAN E., HOFFMAN G., FASCHING J., QUINN J. (1990) : Sources of petroleum hydrocarbons in urban runoff - Water, Air, and Soil Pollution.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES - QUÉBEC (2016) : Fiche d'information – Gestion des eaux pluviales.

MIQUEL G. (2003) : La qualité de l'eau et de l'assainissement en France, Office Parlementaire d'Évaluation des Choix Scientifiques et Techniques – n°705 Assemblée Nationale / n°215 Sénat.

MOURA P. (2008) : Méthode d'évaluation des performances des systèmes d'infiltration des eaux de ruissellement en milieu urbain, Thèse, INSA Lyon.

NEUPERT JW., LAU P., VENGHAUS D., BARJENBRUCH M. (2021) : Development of a new testing approach for decentralised technical sustainable drainage systems, Water.

NEW JERSEY DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION (2013) : Laboratory Protocol to Assess Total Suspended Solids Removal by a Hydrodynamic Sedimentation Manufactured Treatment Device

PITT R., CLARK S., CAI Y., MORGUECHO R., BATHI J. (2017) : Southeastern United States observations of stormwater pollutant strengths by particle size, University of Alabama.

ROESNER L., PRUDEN A., KIDNER E.

(2020) : Improved protocol for classification and analysis of stormwater borne solids, Water Environment Research Foundation.

RUBAN V., CONIL P., CLOREL B., DURAND C. (2003) : Origine, caractérisation et gestion des boues de l'assainissement pluvial routier et urbain - Point sur les connaissances actuelles et perspectives, Bulletin des laboratoires des Ponts et Chaussées.

SHAVER E., HORNER R., SKUPIEN J., MAY C., RIDLEY G. (2007) : Fundamentals of urban runoff management : technical and institutional issues, The North American Lake Management Society.

STATE OF NEW JERSEY - DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION : NJCAT Verification Database, <http://www.njcat.org/verification-process/technology-verification-database.html>

STORMWATER AUSTRALIA (2018) : Stormwater Quality Improvement Device Evaluation Protocol.

THE CANADIAN ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY VERIFICATION PROGRAM (2013) : Procedure for laboratory Testing of Oil-Grit Separators.

TORONTO AND REGION CONSERVATION AUTHORITY (2014) : Procedure for Laboratory Testing of Oil-Grit Separators.

VIGNOLES M., HERREMANS L., ROGER S. (1995) : Contamination métallique des eaux de ruissellement autoroutières, Water Environment Research Foundation, Miami.