

Mise au point d'un protocole de mesure des performances des dispositifs de traitement des eaux de ruissellement

Development of a protocol for measuring the performance of stormwater treatment systems

Benoit-Pierre MOREL, F2F, bpmorel@f2f.fr

Jean-Pierre DAUTAIS, daujope@gmail.com

RÉSUMÉ

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, l'échantillonnage et sa représentativité et l'affichage des résultats d'essais.

Trois biais ont été identifiés dans les protocoles existants et, dans la cadre d'une procédure ETV menée entre 2019 et 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 de la veine d'eau complète, 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 suppression des risques d'erreur d'hétérogénéité par l'utilisation de tranches d'eau complètes et le cadencement des prélèvements pour réduire les erreurs d'intégration, complétés par la réalisation de bilan massique par pesées réelles sans recours aux concentrations a permis de fiabiliser les résultats obtenus.

ABSTRACT

The state-of-the-art survey on experimental protocols for measuring the performance of stormwater treatment systems around the world revealed a wide disparity in the nature of inputs, sampling and its representativeness and the display of test results.

Three biases have been identified in the existing protocols and, as part of a ETV procedure 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 vein, 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 elimination 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.

MOTS CLÉS

bilan massique ; échantillonnage ; eaux de ruissellement ; pollution particulaire ; protocole expérimental

1 CONTEXTE

Au cours de son parcours vers son exutoire, l'eau de pluie se charge de différents dépôts polluants, notamment sous forme particulaire. Ces particules vont générer des matières en suspension qui augmentent la turbidité de l'eau. 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 éventuels car la pollution solide peut 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 qui sont, pour la plupart, imperméables (toitures, chaussées), très vulnérables à la corrosion (zinc des gouttières, crochets de plomb des toitures) et/ou très chargées de dépôts polluants liés au trafic automobile et à l'activité industrielle. Le ruissellement va donc constituer une source majeure de particules et de matières organiques.

2 PROTOCOLES DE VERIFICATION DES PERFORMANCES DES SOLUTIONS DE DEPOLLUTION : L'ETAT DE L'ART

Même si les bonnes pratiques consistent à traiter les eaux à l'endroit le plus proche de leur point de chute, l'existence d'un ruissellement résiduel est inévitable. Les eaux doivent alors être dépolluées avant d'être rendue au milieu récepteur.

L'étendue du ruissellement doit, dans tous les cas, être réduite pour que la nature de l'eau ne soit pas trop altérée avant d'être prise en charge dans des solutions de dépollution permettant d'optimiser les ouvrages extensifs de gestion des flux.

2.1 Recensement des protocoles utiles

Des protocoles expérimentaux visant à caractériser les performances des solutions de dépollution existent. On les trouve, divers, portés, à travers le monde, par des organismes officiels :

Tableau 1 : Principaux protocoles de mesure des performances des dispositifs de traitement des eaux de ruissellement

Pays	Institution	Acquisition des données	Vérification ...		
			...du piégeage des MES ?	...de la remise en suspension ?	... de l'impact sur les flottants
Allemagne	DIBt	Essais en laboratoire	Oui	Oui	Oui
Australie	Stormwater Australia	Campagne in situ	Oui	Non	Non
Canada	ETV Québec	Essais en laboratoire	Oui	Oui	Oui
	ETV Toronto		Oui	Oui	Oui
Etats Unis	State of New Jersey	Essais en laboratoire	Oui	Oui	Non
	State of Washington	Données laboratoires et campagnes in situ	Oui	Oui	Non
Royaume Uni	British water	Essais en laboratoire	Oui	Oui	Non

NB : Les auteurs ont connaissance d'un protocole allemand porté par la Rhénanie du Nord – Westphalie et d'un autre porté par le ministère de l'Environnement de Corée du Sud, mais les documents les concernant sont assez évasifs.

2.2 Discussion sur les protocoles recensés

Aussi comparables soient-ils, la question réside surtout dans le fait de savoir si les essais définis dans ces protocoles sont représentatifs des observations de terrain.

Tableau 2 : Vérification de la représentativité des protocoles

	Dans les eaux de ruissellement	Dans les protocoles	Représentativité
Granulométrie	50µm < D50 < 100 µm		OK
Concentration	70 à 240 mg/L	Majorité à 200 mg/L	Limite haute
		> 1 g/L (DIBt)	Non - Favorable à l'essai
Densité	de 1,1 à 2,6	2,6	Sable - Limite haute
Echantillonnage	-	< 20 litres prélevés	< 0.2% du volume total injecté
Mesures	-	Bilans massiques sur la base de mesures de concentrations	Aléas liés à : - l'hétérogénéité de la veine liquide - la ségrégation liée au pompage ou au diamètre du tube de prélèvement - la taille et la densité des particules
By-pass	-	Pas de mesure des particules by-passées	Particules by-passées non intégrées dans le bilan performanciel

Les principaux biais identifiés dans les protocoles lors du début de la démarche ETV ont été identifiés comme étant :

- Une concentration supérieure à 200 mg/L,
- Un volume d'échantillonnage trop faible,
- Un travail en concentration en lieu et place de pesées pour faire les bilans massiques.

3 RESOLUTION DES PROBLEMES D'ECHANTILLONNAGE :

Les erreurs d'échantillonnage liées à l'hétérogénéité de la veine liquide, et à la ségrégation liée au diamètre du tube de prélèvement, par exemple, sont à l'origine d'erreurs liées à l'hétérogénéité.

Deux autres types d'erreur contribuent à la non représentativité de l'échantillonnage :

- Les erreurs d'intégration : écoulement différent au cours du temps,
- Les erreurs de matérialisation : préparation de l'échantillon.

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

Par analogie au prélèvement de granulats, les auteurs ont imaginé 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.

Le prélèvement de « tranches » d'eau complètes permet de limiter voire supprimer notamment les erreurs liées à l'hétérogénéité.

L'échantillonnage total réalisé en au moins 5 échantillons de volume homogène collectés 1 à 1 à intervalle de temps régulier, le premier échantillon étant collecté après stabilisation hydraulique de l'appareil, réduit les erreurs d'intégration.

Les erreurs de matérialisation sont faibles du fait de la quantité prélevées. 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 :

Tableau 3 : Représentativité de l'échantillonnage

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%

Chaque essai est, en outre, réalisé trois fois.

Enfin, le protocole d'essai, dans le cadre de l'ETV, a été réalisé sur une base d'essai préalablement audité sous COFRAC, au sein d'un laboratoire 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.

4 TRAVAIL EN BILANS MASSIQUES APRES PESEES :

En travaillant sur un volume d'échantillons de 1 à 2 m³, avec une concentration d'entrée en MES n'excédant pas les 200 mg/L et en supposant un abattement de 80 à 90%, l'échantillon de MES tamisé aura une masse minimum de l'ordre 20g, quantité suffisante pour réaliser un tamisage en vue de la séparation des fractions granulométriques.

Vingt litres d'échantillons mènent au mieux à une collecte de 0.8 g de MES dont l'étude granulométrique est vouée à l'échec. C'est donc le principe d'échantillonnage qui permet cette avancée dans la fiabilité des résultats calculés.

Le travail en concentration aboutit à des abattements parfois supérieurs à 100% comme observés avec certains protocoles existants. Cette évaluation des performances par excès est révolue.

Ainsi, l'expression biaisée des résultats généralement observée dans les protocoles antérieurs (valeur d'abattement des grosses particules annoncée pour les plus fines, rendements sur les petits débits généralisés aux débits élevés, ...) peut être remplacée par une expression claire en 3 parties :

- Des performances par fraction granulométrique
- Des performances par débit
- Des performances pour une taille de dispositif de traitement donnée.

Tableau 4 : Exemple de présentation des performances d'un appareil testé selon le nouveau protocole

Fractions granulométriques	Débit d'alimentation en L/s									
	3	5	6	10	9	15	12	20	15	25
> 21 µm	67%		61%		58%		50%		45%	
> 50µm	91%		78%		67%		59%		54%	
> 63µm	95%		84%		74%		65%		60%	
> 75 µm	97%		88%		79%		71%		65%	
> 100µm	99%		94%		89%		81%		75%	
> 150 µm	100%		99%		98%		94%		90%	

Références des appareils vérifiés par l'ETV : [TRITHON3/15](#) et [TRITHON5/25](#)

BIBLIOGRAPHIE

Deutsches Institut für Bautechnik (2011); *Zulassungsgrundsätze für "Niederschlagswasserbehandlungsanlagen"*

Toronto and Region Conservation Authority (2014); Procedure for Laboratory Testing of Oil-Grit Separators

Bouchard-Valentine, M. (2017); Manuel de calcul et de conception des ouvrages municipaux de gestion des eaux pluviales

New Jersey Department of Environmental Protection (2013); Laboratory Protocol to Assess Total Suspended Solids Removal by a Hydrodynamic Sedimentation Manufactured Treatment Device

Department of Ecology State of Washington (2011); Technical Guidance Manual for Evaluating Emerging Stormwater Treatment Technologies

British Water; Code of practise : Assessment of Manufactured Treatment Devices Designed to Treat Surface Water Runoff

Stormwater Australia; Stormwater Quality Improvement Device Evaluation Protocol