

OPTIMISATION DES STRATEGIES D'ECHANTILLONNAGE DES EAUX RESIDUAIRES

La mesure des flux polluants des rejets d'eaux résiduaires d'origines domestique et industrielle conduit à mettre en œuvre des stratégies de prélèvement et d'échantillonnage adaptées aux variations qualitatives et quantitatives de ces rejets.

Au sein de ces stratégies, la fréquence de prélèvement est un des paramètres essentiels à considérer pour assurer une représentativité satisfaisante des échantillons d'eaux prélevés, soumis à un programme d'analyses.

En l'absence de documents normatifs adaptés, les professionnels de la mesure ont développé des pratiques de prélèvement basées sur des connaissances empiriques, reprises dans des documents pratiques tels que le guide AFNOR FD T 90-523-2 ou les prescriptions techniques des Agences de l'eau en matière d'autosurveillance.

L'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse a souhaité évaluer la performance de ces stratégies d'échantillonnage préconisées dans ces documents afin de déterminer celles qui, selon les contextes des rejets industriels et urbains rencontrés, garantiront la représentativité des échantillons moyens et donc l'évaluation la plus fiable possible des flux polluants transportés par les eaux résiduaires.

Il est toutefois évident que la problématique de l'échantillonnage est complexe et sa précision ne dépend pas uniquement de la qualité de la stratégie choisie. D'autres facteurs d'incertitude influencent la représentativité d'un échantillon, par exemple, le positionnement du point de prélèvement, la complexité de l'effluent (particules en suspension, matières flottantes, composés volatils, ...).

Pour cette étude, **l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse** a choisi de travailler en collaboration avec l'équipe « Eaux urbaines » du **LGCIE de l'INSA de Lyon**.



OBJET DE L'ETUDE

Cette étude comporte trois parties :

La première partie, vise à déterminer la (les) stratégie(s) de prélèvement la (les) plus performante(s) pour appréhender, selon la meilleure précision possible, les flux polluants émis par des sites de rejets d'effluents industriels ou domestiques.

Cinq stratégies d'échantillonnage, susceptibles d'être utilisées par les Professionnels de la mesure, sont ainsi évaluées :

- Stratégie n° 1 : asservissement au temps, avec volume de prise fixe,
- Stratégie n°2 : asservissement au temps, avec volume de prise variable asservi au débit instantané,
- Stratégie n°3 : asservissement au temps, avec volume de prise variable asservi au volume écoulé,
- Stratégie n° 4 : asservissement au temps, avec volume de prise fixe et reconstitution de l'échantillon moyen avec plusieurs flacons,
- Stratégie n°5 : asservissement au volume écoulé, avec volume de prise fixe.

La seconde partie, permet d'évaluer les impacts des incertitudes de mesure et des dysfonctionnements des matériels de prélèvement sur la précision des résultats de mesure obtenus.

La troisième partie, a pour objectif de déterminer la stratégie d'échantillonnage la plus adaptée en l'absence d'un dispositif de mesure de débit au niveau du point de prélèvement : cas de figure fréquemment rencontré sur les entrées des ouvrages d'épuration de faible capacité.

METHODOLOGIE

Première partie :

La méthode consiste à comparer les résultats de mesures de flux polluants d'eaux résiduaire déterminés par :

- Un système de mesure en continu d'un ou plusieurs paramètres : DCO, COT, Conductivité, NH₄, etc..., en place sur le rejet, produisant des données **constituant les résultats de référence**. Ces données concernent une vingtaine de sites : stations d'épuration de collectivités locales et rejets d'activités industrielles,
- Un système de mesure composé de dispositifs de mesure de débit et de prélèvement automatique assurant un échantillonnage discontinu, à l'aide desquels seront mis en œuvre les cinq stratégies.

Pour des facilités pratiques, les stratégies de prélèvement ont été simulées numériquement à l'aide d'un logiciel de calcul : MATLAB, très répandu dans les mondes industriel et de la recherche.

Pour chacun des sites, est déterminée la stratégie de prélèvement la plus performante, celle dont l'écart entre le résultat de mesure obtenu à l'aide de la stratégie de prélèvement et le résultat de référence, est le moins important.

Deuxième partie :

Après avoir identifiée la stratégie la plus performante selon le site considéré, sont quantifiés les impacts de dysfonctionnements des dispositifs de prélèvement, susceptibles d'être rencontrés lors d'opérations de mesure, tels que :

- La dégradation du taux de fidélité de reproductibilité des volumes unitaires de prélèvement,
- L'omission de certains prélèvements,
- L'arrêt du préleveur avant la fin de la période de prélèvement.

Troisième partie :

La méthode consiste à comparer les résultats de mesure obtenus à l'aide de la stratégie ressortant comme la plus performante à l'issue de la première partie de l'étude avec d'autres stratégies envisageables en l'absence d'un dispositif de mesure de débit sur le point de prélèvement.

RESULTATS

Première partie :

➤ Comparaison des stratégies d'échantillonnage :

	1	2	3	4	5
Stratégie	Asservissement au temps, avec volume de prise fixe,	Asservissement au temps, avec volume de prise variable asservi au débit instantané,	Asservissement au temps, avec volume de prise variable asservi au volume écoulé,	Asservissement au temps, avec volume de prise fixe et reconstitution de l'échantillon moyen avec plusieurs flacons	Asservissement au volume écoulé, avec volume de prise fixe
Valeur de la médiane (% d'erreur)	6.4	3.5	3.4	1.0	0.5
Valeur de la moyenne (% d'erreur)	8.9	5.2	4.9	1.9	1.0
Valeur du maximum (% d'erreur)	29.8	24.6	17.9	22.2	11.3
Valeur de l'écart type (% d'erreur)	8.4	5.0	4.6	2.9	1.4

Tableau comparatif des 5 stratégies testées sur les 20 sites de rejets, réglées à un prélèvement toutes les 10 minutes en moyenne (6 par heure).

La stratégie n°5 : asservissement au volume écoulé, avec volume de prise fixe, apparaît comme la plus performante. Elle se détache nettement des autres stratégies, quelle que soit la configuration de rejet rencontrée.

Si le pourcentage d'erreur diminue avec un renforcement de la fréquence de prélèvement, il conviendra toutefois de ne pas adopter un rythme de prélèvement trop soutenu, pouvant conduire à :

- un volume global d'échantillon trop important, difficile à manipuler et à homogénéiser,
- un risque d'omission de prélèvements, la durée d'un cycle de prélèvement étant supérieure au temps s'écoulant entre deux prélèvements.

Une fréquence de **6 prélèvements par heure en moyenne** est adaptée. Il convient toutefois d'observer que jusqu'à une fréquence de 4 prélèvement par heure en moyenne, l'erreur commise reste admissible.

Deuxième partie :

- **Impact de la dégradation du taux de fidélité de reproductibilité des volumes unitaires de prélèvement :**

Réglage adopté : fréquence moyenne de prélèvement (6 prélèvement par heure en moyenne, volume unitaire 70 ml)			
Taux de fidélité (%)	Pourcentage d'erreur ajouté sur la concentration moyenne (% d'erreur)	Pourcentage d'erreur ajouté sur l'écart type (% d'erreur)	Volume prélevé – Ecart type (Litre)
95	0.009	0.014	0.02
90	0.025	0.038	0.04
80	0.114	0.115	0.09
70	0.234	0.237	0.13
50	0.52	0.477	0.23

Tableau comparatif des niveaux de répétabilité des volumes unitaires de prélèvements

- **Impact de l'omission de certains prélèvements:**

Réglage adopté : fréquence moyenne de prélèvement (6 prélèvements par heure en moyenne, volume unitaire 70 ml)			
Pourcentage de prélèvements non réalisés (%)	Pourcentage d'erreur ajouté sur la concentration moyenne (% d'erreur)	Pourcentage d'erreur ajouté sur l'écart type (% d'erreur)	Volume total prélevé Différence (%)
5	0.377	0.361	-5.0
10	0.640	0.575	-10.0
20	1.179	0.991	-20.0
30	1.713	1.382	-30.0
50	2.932	2.316	-50.0

Tableau comparatif des taux de prélèvements non réalisés.

➤ **Impact de l'arrêt du préleveur avant la fin de la période de prélèvement:**

Réglage adopté : fréquence moyenne de prélèvement (6 prélèvements par heure en moyenne, volume unitaire 70 ml)		
Nombre d'heures d'arrêt	Erreur algébrique sur la concentration (%)	Volume total de l'échantillon (L)
0	-0.340	10.0
1	-5.008	8.1
2	-43.946	7.2
4	-43.940	6.8
6	-45.986	6.3
8	-48.461	5.7
10	-49.765	5.3
12	-53.058	4.8

Tableau comparatif du nombre d'heures d'arrêt du préleveur.

Des trois types de dysfonctionnement traités, l'arrêt du préleveur avant la fin de la période de prélèvement (activation de la sécurité anti-débordement par exemple) entraîne une dégradation très importante de la qualité du résultat de mesure.

Les deux autres types de problèmes étudiés ont un impact modéré sur les résultats dans la mesure où ils surviennent de manière systématique. En revanche, s'ils se produisaient de façon aléatoire, l'accroissement du taux d'erreur serait nettement plus important.

Troisième partie :

Détermination de la stratégie d'échantillonnage la plus adaptée en l'absence d'un dispositif de mesure de débit au niveau du point de prélèvement

	Stratégie de référence n° 5 préleveur asservi au débit mesuré à l'entrée	Stratégie n° 1 préleveur asservi au temps	Stratégie n° 4 bis, échantillon asservi au temps et reconstitué en fonction du débit de sortie	Stratégie n° 5 bis, préleveur entrée asservi au débit de sortie
Valeur de la médiane (% d'erreur)	0.42	9.58	10.52	10.70
Valeur de la moyenne (% d'erreur)	0.61	9.72	10.36	10.65
Valeur du maximum (% d'erreur)	2.42	11.04	11.19	12.35
Valeur de l'écart type (% d'erreur)	0.48	0.69	0.55	0.84

Tableau comparatif des stratégies pour caractériser les flux polluants en entrée des petites stations d'épuration

Les résultats obtenus à l'aide des stratégies remplaçant la stratégie de référence sont relativement voisins. Dans ces conditions, la réalisation d'un prélèvement asservi au temps peut être envisagée compte tenu du peu de contraintes liées à sa mise en oeuvre.

CONCLUSIONS

Les principaux enseignements à retirer de cette étude sont les suivants :

- La stratégie de prélèvement visant à pratiquer un prélèvement asservi au volume de rejet écoulé reste la pratique offrant les meilleures garanties de précision, quelle que soit la configuration de rejet rencontrée,
- La fréquence de prélèvement à privilégier doit se situer autour de 6 cycles de prélèvement par heure de rejet effectif,
- Parmi les dysfonctionnements potentiels des dispositifs de prélèvement, l'interruption prématurée du préleveur est celui provoquant la plus forte dégradation de la précision de la mesure,
- Dans le cas où il est impossible de pratiquer une mesure de débit sur le point où s'effectue le prélèvement, la stratégie de prélèvement à adopter est celle d'un asservissement du préleveur au temps. Cette disposition sera toutefois à conforter à partir d'essais complémentaires, l'étude n'ayant traité, sur cet aspect, qu'un faible nombre de situations de rejet.