

Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse  
INSA de Lyon

# Stratégies d'échantillonnage

Optimisation des stratégies d'échantillonnage des eaux  
résiduelles industrielles et urbaines



Echantillonneur automatique

## Sommaire

<b>Introduction</b> .....	3
<b>I) Présentation de l'étude</b> .....	4
1) Présentation de la méthode.....	4
2) Constitution et origine des données .....	5
3) Présentation du logiciel Matlab .....	5
4) Stratégies de prélèvement et modalités de mise en œuvre .....	6
a) Stratégie n° 1 : asservissement au temps, avec volume de prise fixe.....	6
b) Stratégie n° 2 : asservissement au temps, avec volume de prise variable asservi au débit instantané.....	6
c) Stratégie n° 3 : asservissement au temps, avec volume de prise variable asservi au volume écoulé .....	6
d) Stratégie n° 4 : asservissement au temps, avec volume de prise fixe et reconstitution de l'échantillon moyen avec plusieurs flacons.....	6
e) Stratégie n° 5 : asservissement au volume écoulé, avec volume de prise fixe .....	6
<b>II) Résultats</b> .....	8
1) Présentation des résultats et commentaires .....	8
2) Limites d'utilisation des stratégies par rapport à des contraintes pratiques .....	13
.....	14
<b>III) Impact des anomalies de fonctionnement des préleveurs</b> .....	15
1) Dégradation de la répétabilité des volumes unitaires de prélèvement .....	15
2) Impact de l' « absence » de prélèvements .....	17
3) Impact de l'arrêt du préleveur avant la fin de la période de prélèvement :.....	18
<b>IV) Cas particulier : Caractérisation des flux polluants en entrée des petites stations d'épuration</b> .	22
1) Présentation des données.....	22
2) Stratégies de prélèvement .....	23
3) Présentation des résultats .....	24
<b>Conclusion</b> .....	25
<b>Bibliographie</b> .....	26

## Introduction

Les industries et les zones urbaines rejettent des eaux résiduaire dont les caractéristiques en termes de débits et de concentrations en polluants sont très variables au cours du temps.

Pour connaître les flux polluants émis durant une période, par exemple de 24 heures, on effectue des prélèvements d'échantillons élémentaires des eaux, le plus souvent à l'aide de préleveurs échantillonneurs automatiques. Ces échantillons élémentaires, prélevés en fonction du temps, du débit ou du volume écoulé, sont ensuite regroupés de manière appropriée pour constituer un échantillon moyen représentatif, sur lequel est pratiqué, par des laboratoires spécialisés, un programme d'analyses des paramètres de pollution recherchés.

L'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse (AERMC) a souhaité évaluer la performance de stratégies d'échantillonnage préconisées par les différents organismes compétents, reprises au sein de documents pratiques (guide AFNOR, prescriptions techniques des Agences de l'eau, ...) 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 résiduaire.

Toutefois 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'AERMC a choisi de travailler en collaboration avec l'équipe « Eaux urbaines » du LGCIE de l'INSA de Lyon.

## I) Présentation de l'étude

### 1) Présentation de la méthode

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

- Un système de mesure en continu en place sur le rejet ou la constitution d'un pollutogramme, considérés comme les résultats de référence,
- Un système de mesure composé d'un dispositif de prélèvement automatique assurant un échantillonnage discontinu.

La mise en place pratique d'un tel dispositif expérimental est extrêmement lourde et sujette à de nombreux facteurs d'incertitude. C'est pourquoi il a été décidé de simuler numériquement les stratégies d'échantillonnage. Ainsi les résultats de mesure obtenus à l'aide d'un système de prélèvement automatique seront déterminés à l'aide d'un outil de calcul développé sous Matlab.

L'enchaînement des étapes des travaux effectués est le suivant :

- Constitution des bases de données de mesures en continu ou de pollutogrammes concernant une vingtaine de sites de rejets d'origines domestiques et industrielles, représentatifs de situations rencontrées dans le domaine de l'assainissement,
- Définition des stratégies de prélèvement à tester,
- Mise en œuvre de l'outil de calcul,
- Exploitation des résultats, détermination de la (des) stratégie(s) la (les) plus adaptée(s) pour l'ensemble des sites,
- Impact des incertitudes de mesure et des dysfonctionnements des matériels de prélèvement.

## 2) Constitution et origine des données

Les données de mesure de référence considérées sont constituées à partir de mesures de flux polluants déterminées à partir :

- D'une mesure en continu des débits,
- D'une mesure en continu d'un paramètre physico-chimique, représentatif des caractéristiques d'eaux résiduelles d'origines industrielles et domestiques : DCO, COT, conductivité, NH<sub>4</sub>, turbidité, etc.

Ces données concernent 20 sites de rejets : stations d'épuration de collectivités locales, rejets d'activités industrielles telles que : agroalimentaire, papeterie, chimie, ...

Il convient de noter qu'en raison des difficultés à obtenir des données de mesures en continu de paramètres physico-chimique les flux polluants de 5 sites industriels ont été reconstitués sur les bases de la connaissance des procédés de fabrication mis en œuvre au sein de ces établissements.

## 3) Présentation du logiciel Matlab

Le logiciel Matlab est un outil de calcul numérique développé par la société MathWorks. Cet outil est très présent dans le monde de la recherche, de l'éducation supérieure ainsi que dans le monde industriel. Il permet d'effectuer un grand nombre de calculs en des temps très courts et permet de développer et d'utiliser des programmes de calculs numériques.

#### **4) Stratégies de prélèvement et modalités de mise en œuvre**

Les 5 stratégies, étudiées dans cette étude, sont celles pouvant être mises en œuvre par les professionnels de la mesure et reprises au sein des recueils de bonnes pratiques : guide Afnor FD T90-532-2, prescriptions définies par les Agences de l'eau, etc.

Toutes les stratégies ont pour objet la constitution d'un échantillon moyen que l'on souhaite représentatif de la totalité de la période d'échantillonnage (ici 24 h).

##### **a) Stratégie n° 1 : asservissement au temps, avec volume de prise fixe**

On effectue un prélèvement de volume donné et fixe (ex : 55 mL) toutes les P minutes. Tous les prélèvements sont dirigés dans un récipient unique contenant l'échantillon moyen.

##### **b) Stratégie n° 2 : asservissement au temps, avec volume de prise variable asservi au débit instantané**

On effectue un prélèvement toutes les P minutes de volume variable, celui-ci est fonction du débit instantané mesuré au moment du prélèvement. Tous les prélèvements sont dirigés dans un récipient unique contenant l'échantillon moyen.

##### **c) Stratégie n° 3 : asservissement au temps, avec volume de prise variable asservi au volume écoulé**

On effectue un prélèvement toutes les P minutes de volume variable, celui-ci est fonction du volume écoulé depuis le dernier prélèvement. Tous les prélèvements sont dirigés dans un récipient unique contenant l'échantillon moyen.

##### **d) Stratégie n° 4 : asservissement au temps, avec volume de prise fixe et reconstitution de l'échantillon moyen avec plusieurs flacons**

On effectue un prélèvement toutes les P minutes. De plus on range ces prélèvements dans M flacons différents. Par exemple, si  $M = 24$ , alors chaque flacon représentera une période d'une heure de prélèvement. L'échantillon final est ensuite reconstitué au prorata du volume écoulé pendant la période de prélèvement correspondant à chaque flacon.

##### **e) Stratégie n° 5 : asservissement au volume écoulé, avec volume de prise fixe**

On effectue un prélèvement de volume donné et fixe (ex : 55mL/x m<sup>3</sup> écoulés). Tous les prélèvements sont dirigés dans un récipient unique contenant l'échantillon moyen.

L'ensemble des stratégies a été testé sur chacun des vingt sites retenus. Toutefois, afin d'obtenir des résultats statistiques pertinents, chacune des stratégies a été appliquée pour un même site pour différents horaires de départ des prélèvements.

De plus, les stratégies possèdent toutes une variable de réglage qu'il convient de fixer. Plusieurs réglages ont donc été testés. On détaille ci-après la signification du réglage pour chaque stratégie ainsi que certains détails de mise en œuvre des stratégies :

Pour les stratégies 1 à 4, on procède au réglage de la fréquence de prélèvement, soit le temps qui s'écoule entre deux prélèvements. En outre pour les stratégies suivantes, des réglages supplémentaires sont effectués :

- Stratégie 2 : l'asservissement du volume de prise est fait linéairement, avec 50 mL prélevés pour un débit nul et 100 mL pour la valeur moyenne du débit.
- Stratégie 3 : l'asservissement du volume de prise est fait linéairement, avec 50 mL prélevés pour un volume écoulé nul et 100 mL pour la valeur moyenne du volume écoulé entre deux prélèvements.
- Stratégie 4 : le nombre de flacon est fixé à 24, soit 1 par heure.
- Stratégie 5 : on règle le nombre de m<sup>3</sup> qui s'écoule entre deux prélèvements. Toutefois, afin de pouvoir comparer plus facilement cette stratégie aux autres, on convertit ce réglage en un temps moyen qui s'écoule entre deux prélèvements, et donc en une période moyenne de prélèvement ou bien une fréquence moyenne de prélèvement.

## II) Résultats

### 1) Présentation des résultats et commentaires

On présente ci-dessous les résultats obtenus pour chaque stratégie pour l'ensemble des journées. Ceux-ci sont mis sous forme de « boîtes à moustaches », la boîte comprenant les deuxièmes et troisièmes quartiles ainsi que la médiane, et les moustaches, les valeurs minimums et maximums obtenues (on notera que certaines données peuvent être exclues des boîtes à moustaches si elles sont considérées comme trop éloignées des autres, elles apparaissent alors sous formes de croix). On retrouve en abscisse le réglage de chaque stratégie et en ordonnées le pourcentage d'erreur commis par la stratégie sur la concentration moyenne de l'échantillon.

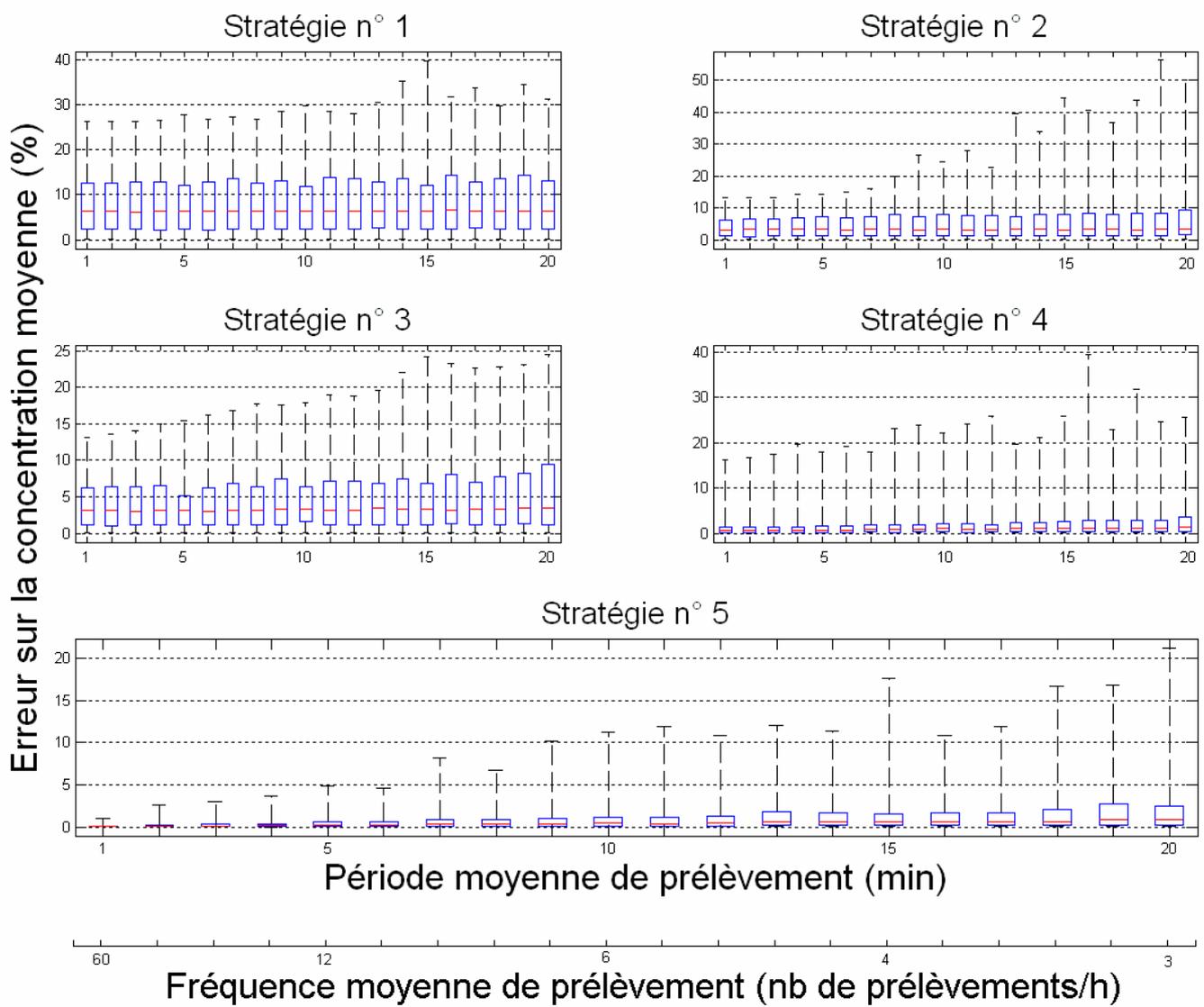


Figure 1 : Représentation des erreurs obtenues pour chacune des stratégies et pour des périodes de prélèvement allant de 1 à 60 minutes (fréquences de 3 à 60 prélèvements par heure)

- **Stratégie n° 1 :**

La stratégie n° 1 présente les résultats les moins performants. Son utilisation doit donc être limitée à des cas particuliers, notamment lorsque les variations de débit sont très faibles.

- **Stratégie n° 2 et stratégie n° 3 :**

Bien qu'elles aient suscité de nombreuses attentes, notamment pour suivre correctement des variations importantes de débit et de concentration, ces stratégies ne permettent pas d'obtenir des résultats très performants. De plus, elles sollicitent des préleveurs de technologie plus complexe, assez peu répandus dans le commerce.

- **Stratégie n° 4 :**

Bien qu'elle apporte des résultats corrects et qu'elle permette de connaître le volume final de l'échantillon, cette stratégie est difficile à mettre en place. En effet, l'étape de reconstitution de l'échantillon à partir de plusieurs flacons est source d'incertitudes supplémentaires et est consommatrice de temps et de moyens. On notera que la qualité des résultats s'améliore avec l'augmentation du nombre de périodes élémentaires de prélèvement : 12 périodes de 2 heures au cours d'une journée de prélèvement est un compromis intéressant entre la précision recherchée et le nombre de flacons mis en œuvre.

- **Stratégie n° 5 :**

Cette stratégie est la plus performante. Au sein du tableau de synthèse ci-après, on peut remarquer qu'à réglage comparable, la stratégie n° 5 se détache nettement des autres par sa justesse. En effet si l'on compare par exemple pour une période de prélèvement moyenne de 10 minutes (période correspondant à 6 prélèvements par heure en moyenne pour la stratégie n° 5): les valeurs de la médiane, de la moyenne, du maximum et de l'écart-type, on constate alors que l'erreur commise par la stratégie n° 5 est inférieure aux autres à la fois en moyenne mais aussi en dispersion.

Stratégie n°	1	2	3	4	5
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

Figure 2 : tableau comparatif des 5 stratégies testées, réglées à un prélèvement toutes les 10 minutes en moyenne (6 par heure). On remarque que l'erreur maximum commise par la stratégie n° 5 et 11.3 %, ce qui est environ deux fois moins que les autres stratégies.

Il convient toutefois de noter que cette stratégie présente aussi quelques contraintes d'utilisation :

- la non maîtrise du volume global d'échantillon prélevé,
- le risque de ne pas réaliser certains prélèvements lorsque la fréquence de prélèvement programmée est plus soutenue, notamment lorsqu'elle est inférieure à 3 minutes (voir figure n° 3, ci-après), en raison des limitations techniques des préleveurs.

### Stratégie n°5 : Avec omissions possible de prélèvements

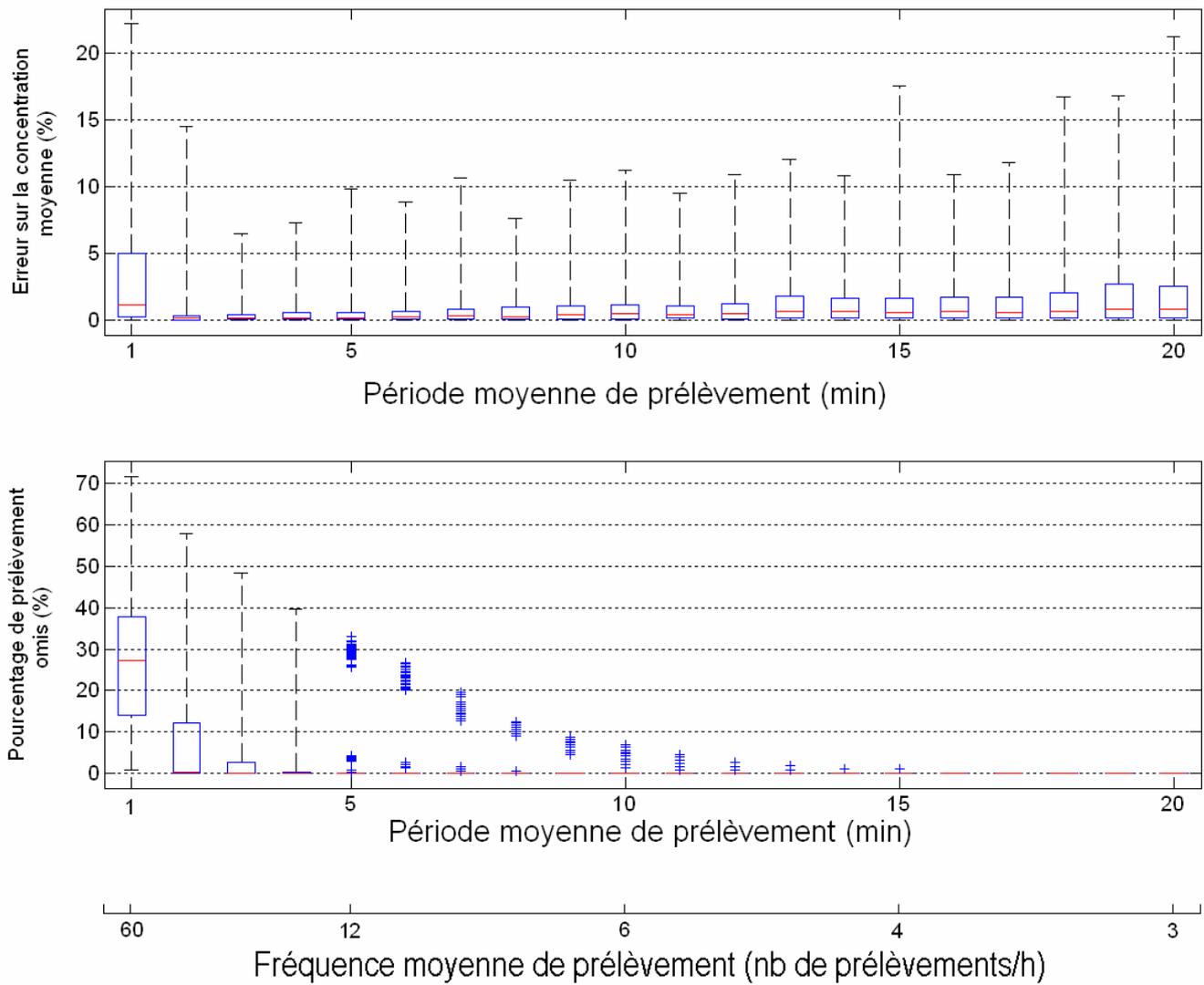


Figure 3 : Mise en parallèle de l'erreur commise avec la stratégie n° 5 en tenant compte de l'omission de certains prélèvements, avec le pourcentage de prélèvements omis. Les erreurs commises sont assez semblables à celles présentes dans la figure 1 sauf pour des fréquences de prélèvements trop élevées. On constate que cela correspond avec la courbe des pourcentages de prélèvements omis qui peuvent atteindre plus de 70 % dans des conditions extrêmes.

## 2) Limites d'utilisation des stratégies par rapport à des contraintes pratiques

Le réglage d'une stratégie doit rechercher la précision du résultat, en évitant l'obtention d'un volume global d'échantillon trop conséquent. Ainsi, on devra rechercher un compromis entre :

- une précision acceptable, étroitement liée à la fréquence de prélèvement, et
- un volume d'échantillon prélevé pas trop important, n'excédant pas 15 litres. Au-delà, il existe en effet des risques liés à l'homogénéisation de l'échantillon et à l'insuffisance de capacité des bidons de prélèvement, notamment ceux équipant les préleveurs multi-flacons utilisés par les collectivités et les industriels dans le cadre de leur auto-surveillance.

Dans le cadre de l'utilisation de la stratégie n° 5, qui ressort comme la plus performante, on pourra privilégier une fréquence de prélèvement permettant 6 prélèvements par heure en moyenne, la précision étant satisfaisante, le volume global de l'échantillon restant raisonnable: une dizaine de litres, pour un volume unitaire de prélèvement de 70mL.

Dans certaines circonstances, notamment lors de variations brutales des débits d'un jour à l'autre, il sera difficile d'assurer une fréquence de prélèvement telle que celle définie ci-dessus. Il pourra donc être admis de réduire la fréquence, en veillant à ne pas se situer en dessous de 4 prélèvements par heure en moyenne pour conserver une précision d'échantillonnage correcte et atteindre un volume prélevé total d'environ 7 litres (voir figure n° 4, ci-après).

## Stratégie n° 5

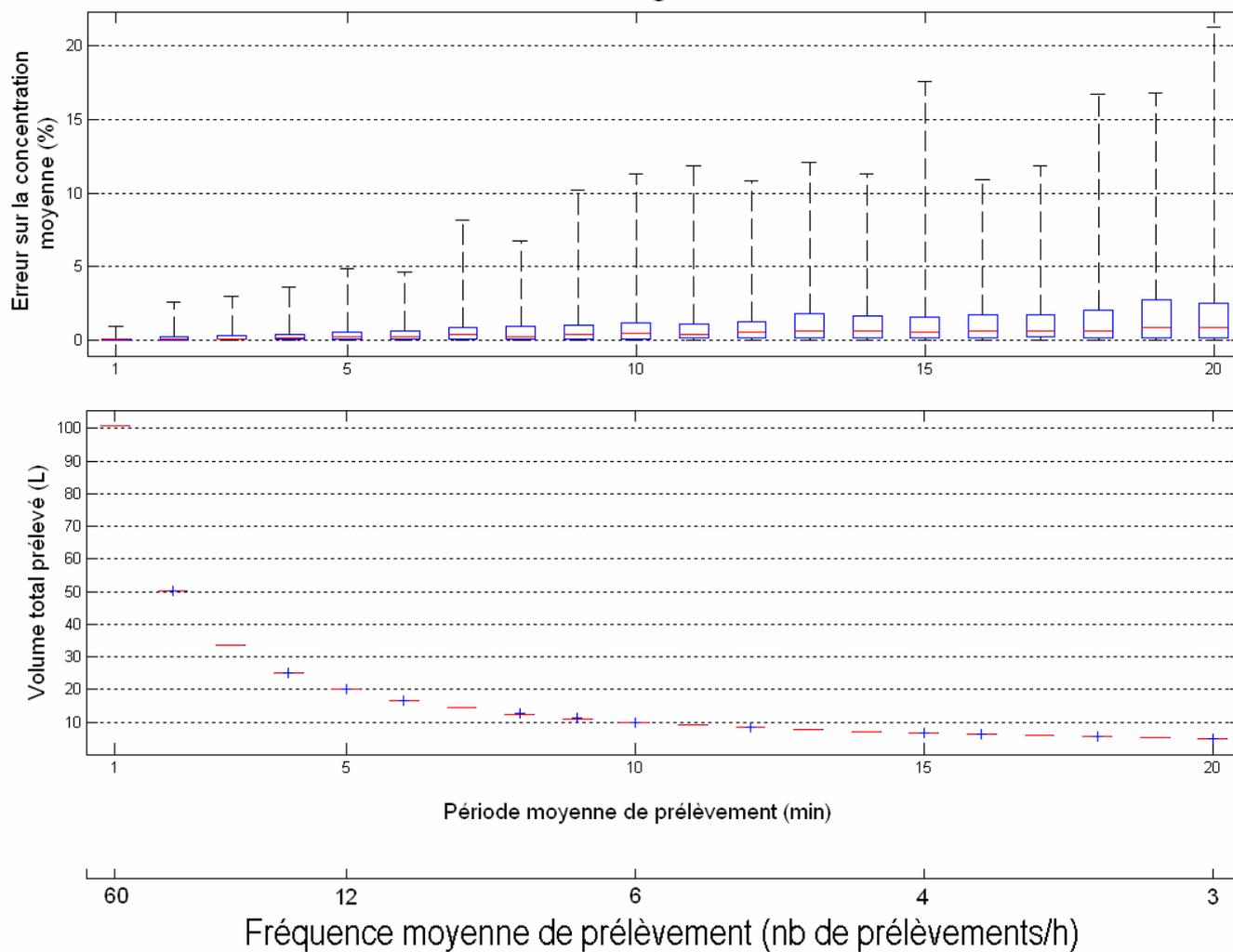


Figure 4 : Mise en parallèle des erreurs commises par la stratégie n° 5 avec les volumes totaux d'échantillon moyen générés. Le graphique des volumes totaux prélevés est sous la même forme que les autres graphiques, c'est-à-dire des boîtes à moustaches, mais elles ne sont pas distinguables car les valeurs ne varient que très peu pour chacun des réglages. Comme attendu, plus la fréquence moyenne de prélèvement est élevée plus le volume de l'échantillon est important (plus de 100 litres dans le cas le plus extrême).

### **III) Impact des anomalies de fonctionnement des préleveurs**

La problématique du prélèvement comporte de nombreuses sources d'incertitudes et d'erreurs. Dans la partie précédente, nous avons défini la stratégie de prélèvement la plus adaptée, c'est-à-dire la stratégie n° 5: asservissement au volume écoulé avec volume de prise fixe.

Nous traiterons dans cette partie, dans le cadre de l'application de cette stratégie, de l'impact d'anomalies de fonctionnement qui peuvent survenir lors des opérations de prélèvement :

- La dégradation de la répétabilité des volumes unitaires de prélèvement,
- L'impact de l' « absence » de prélèvements,
- L'impact de l'arrêt du préleveur avant la fin de la période de prélèvement.

Bien sûr il convient de rappeler qu'il existe de nombreuses autres sources d'erreurs et incertitudes et que celles-ci sont systématiquement combinées sur le terrain.

#### **1) Dégradation de la répétabilité des volumes unitaires de prélèvement**

La norme ISO 5667-10 fixe à 95 % le niveau de répétabilité des volumes prélevés. Cet objectif est parfois ardu à respecter pour certains préleveurs-échantillonneurs, notamment pour de faibles volumes prélevés (50 à 70 mL).

Nous avons donc simulé l'impact de la dégradation de ce taux pour un volume unitaire variant aléatoirement et uniformément autour de sa valeur de consigne (fixée à 70 mL), de 5%, 10%, 20%, 30% et 50%. Cette étude a été menée pour l'ensemble des sites concernés.

La synthèse des résultats est présentée dans le tableau suivant :

Influence de la dégradation du niveau de répétabilité des volumes unitaires de prélèvement (réglage : 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 (L)
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

Figure 5 : tableau comparatif des niveaux de répétabilité des volumes unitaires de prélèvements. Pour un volume unitaire variant de 20 % autour de sa valeur cible (taux de fidélité 80 %), on constate que la stratégie n° 5 commet 0.114 % d'erreur en plus que si la répétabilité des volumes unitaires était parfaite.

On constate que la variabilité du volume unitaire de prélèvement a assez peu d'influence sur l'erreur commise sur la concentration moyenne, autant en moyenne qu'en écart type. Ce phénomène provient du fait que les erreurs commises se compensent les unes les autres. De plus, et toujours pour les mêmes raisons, cette défaillance n'est pas détectable par le contrôle du volume total prélevé.

Toutefois, et pour des raisons évidentes (impact du volume de prise sur le prélèvement notamment), il est recommandé d'assurer la meilleure reproductibilité des volumes unitaires de prélèvement. De manière générale, il reste indispensable de s'assurer que les volumes unitaires de prélèvement correspondent aux valeurs de consigne (si l'on règle le volume à 70 mL, le préleveur doit assurer 70 mL).

## 2) Impact de l' « absence » de prélèvements

Dans cette partie, nous avons étudié l'impact d'évènements d'origines mécanique, hydraulique, électrique, etc., conduisant à l'omission d'un certain nombre de prélèvements. Nous avons donc simulé l'absence de prélèvements selon les taux suivants : 5%, 10%, 20%, 30% et 50%. Cette étude a été menée pour l'ensemble des sites concernés.

La synthèse des résultats est présentée dans le tableau suivant :

Influence de l'absence de prélèvement (réglage : 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

Figure 6 : tableau comparatif des taux de prélèvements non réalisés. Si 20 % des prélèvements ne sont pas réalisés, on constate que la stratégie n° 5 commet 1.179 % d'erreur en plus que si la totalité des prélèvements était effectuée, on remarque également que cela provoque une diminution de 20,0 % du volume total prélevé.

On constate que cette anomalie de fonctionnement a assez peu d'influence sur l'erreur commise sur la concentration moyenne, autant en moyenne qu'en écart type. En effet, les erreurs consécutives à cette défaillance se font aléatoirement, en évitant donc les erreurs systématiques. Ainsi, même dans le cas où 50 % des prélèvements sont omis, la dégradation de la moyenne et de l'écart type des erreurs sur la concentration correspond à une situation où la fréquence de prélèvement serait deux fois moins soutenue, soit 3 prélèvements par heure en moyenne, ce qui n'est pas rédhibitoire vis-à-vis de la précision d'échantillonnage.

Toutefois, dans le cas où ces dysfonctionnements ne se feraient plus de manière aléatoire mais de façon systématique, les résultats seraient d'une toute autre nature et certainement bien plus dégradés. Il convient donc de fiabiliser l'installation de prélèvement de manière à assurer correctement le programme de prélèvement souhaité.

### 3) Impact de l'arrêt du préleveur avant la fin de la période de prélèvement :

La plupart des préleveurs possèdent une sécurité anti-débordement permettant de stopper l'échantillonnage en cas de trop plein. Nous avons cherché à savoir quelles pouvaient être les erreurs commises lors de tels événements. Pour cela, nous avons sélectionné deux cas permettant de mettre en évidence l'impact sur la qualité de l'échantillonnage des dérives possibles.

- ❖ Le premier cas traité est celui d'un site présentant un pic de débit fort concomitant avec un pic de concentration, se produisant en fin de journée.

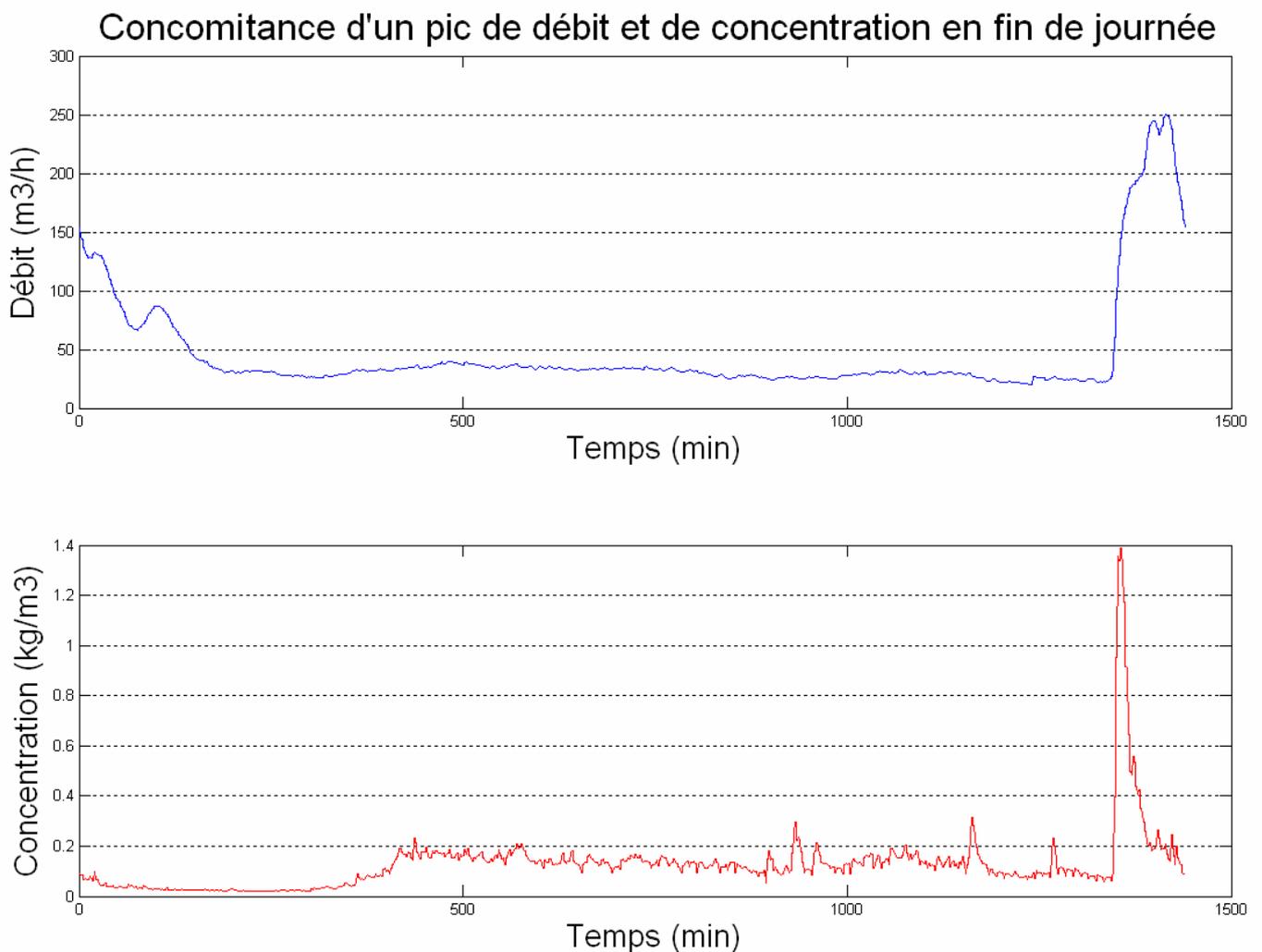


Figure 7 : Profil de débit et de concentration de l'effluent choisi pour tester un arrêt prématuré du préleveur. On note la concomitance d'un pic de débit et de concentration en fin de journée.

L'arrêt du préleveur montre une grave sous-estimation de la concentration moyenne dès que le fonctionnement du préleveur s'arrête 2 heures avant la fin de la journée de prélèvement (voir figure 8, ci-après).

Influence de l'arrêt du préleveur (réglage : 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

Figure 8 : tableau comparatif du nombre d'heures d'arrêt du préleveur. Un arrêt du préleveur 2 heures en avance (journée de prélèvement ramenée à 22 h au lieu de 24 h) provoque une erreur sur la concentration de l'échantillon moyen de 43,946 % inférieur à la concentration de référence.

- ❖ Le deuxième cas représente une journée avec une forte activité polluante en début et milieu journée, et des rejets peu polluants en fin de journée.

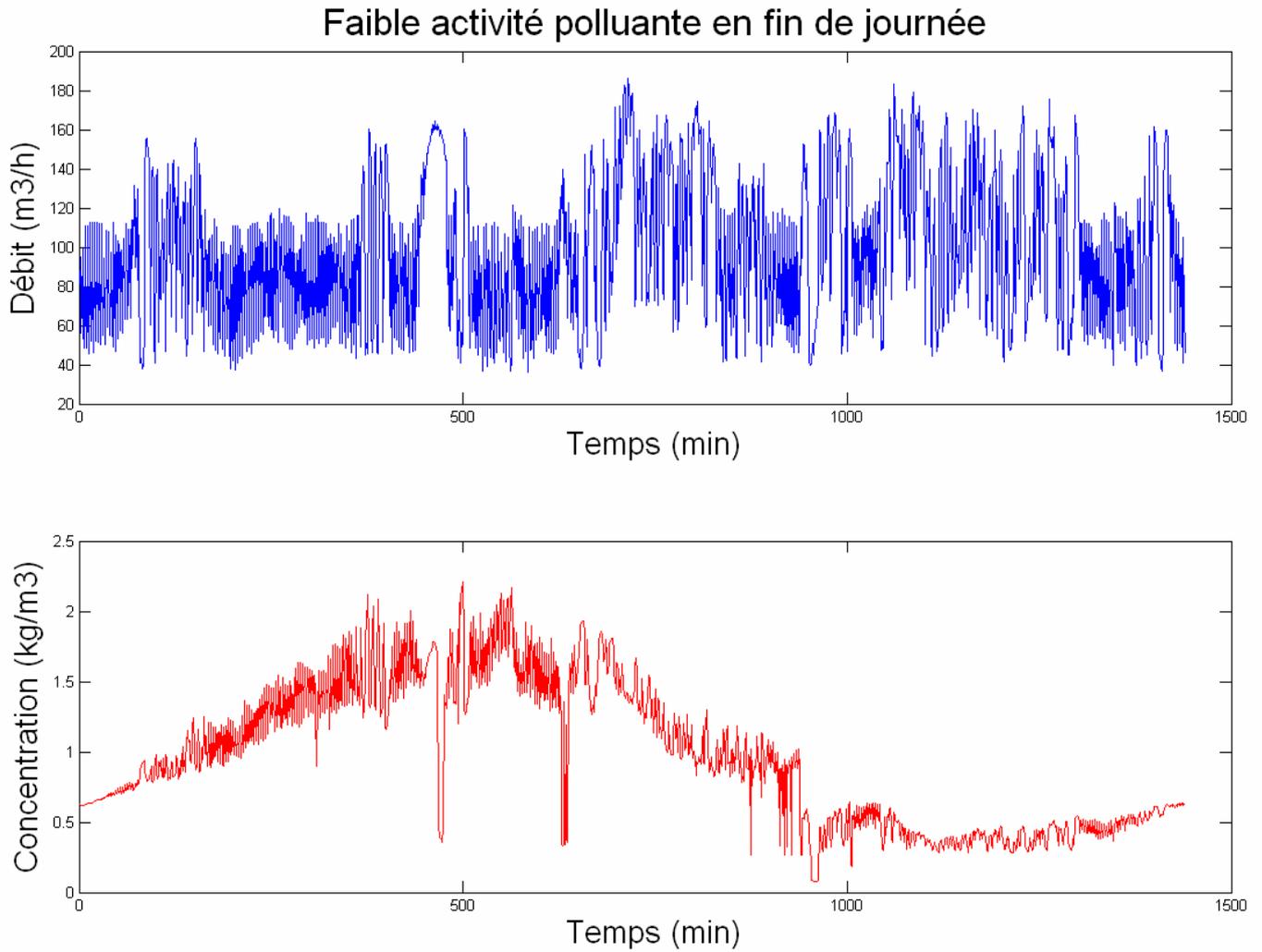


Figure 9 : Profil de débit et de concentration de l'effluent choisi pour tester un arrêt prématuré du préleveur. On note la faible activité polluante en fin de journée.

L'arrêt prématuré du préleveur consiste à peu ou pas considérer les flux d'eau peu pollués et donc à surestimer le flux polluant rejeté (voir figure 10, ci-après).

Influence de l'arrêt du préleveur (réglage : 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	-1.835	10.0
1	-0.213	9.7
2	1.700	9.3
4	8.609	8.3
6	16.929	7.4
8	24.683	6.5
10	28.894	5.6
12	25.746	4.6

Figure 10 : tableau comparatif du nombre d'heures d'arrêt du préleveur. Un arrêt du préleveur 6 heures en avance (journée de prélèvement ramenée à 22 h au lieu de 24 h) provoque une erreur sur la concentration de l'échantillon moyen de 16.929 % supérieure à la concentration de référence.

Ces deux exemples traduisent l'influence très importante de l'arrêt prématuré du dispositif de prélèvement, qui peut donc entraîner une mesure de flux polluant totalement faussée, par défaut ou excès selon la configuration du rejet.

## **IV) Cas particulier : Caractérisation des flux polluants en entrée des petites stations d'épuration**

La majorité des stations d'épuration en France sont de petite capacité (inférieure à 2000 équivalents habitants). Pour ce type d'ouvrages, les prescriptions réglementaires en matière d'auto-surveillance limitent à un ou deux par an le nombre de bilans journaliers à effectuer.

De plus, leur conception ne permet que rarement de quantifier les débits en entrée de station, et donc l'asservissement au débit d'un préleveur placé à l'entrée de la station ne peut pas se faire de façon satisfaisante. Pour pallier cette difficulté, les préleveurs en entrée sont souvent asservis au débit de sortie de la station.

Dans cette partie, nous allons, au travers d'un exemple, évaluer si cette manière d'opérer peut produire des résultats convaincants ou si d'autres stratégies plus performantes doivent être envisagées.

### **1) Présentation des données**

Les données recueillies pour traiter ce problème proviennent d'une station d'épuration d'un site industriel dont les débits journaliers peuvent s'apparenter à une petite station d'épuration. Nous avons recueilli les débits entrant et sortant de la station ainsi qu'un profil de concentration d'un polluant caractéristique en entrée. Nous présentons les données ci-dessous. On peut y observer les effets amortissant et décalant de la station sur les courbes de débits en entrée et en sortie.

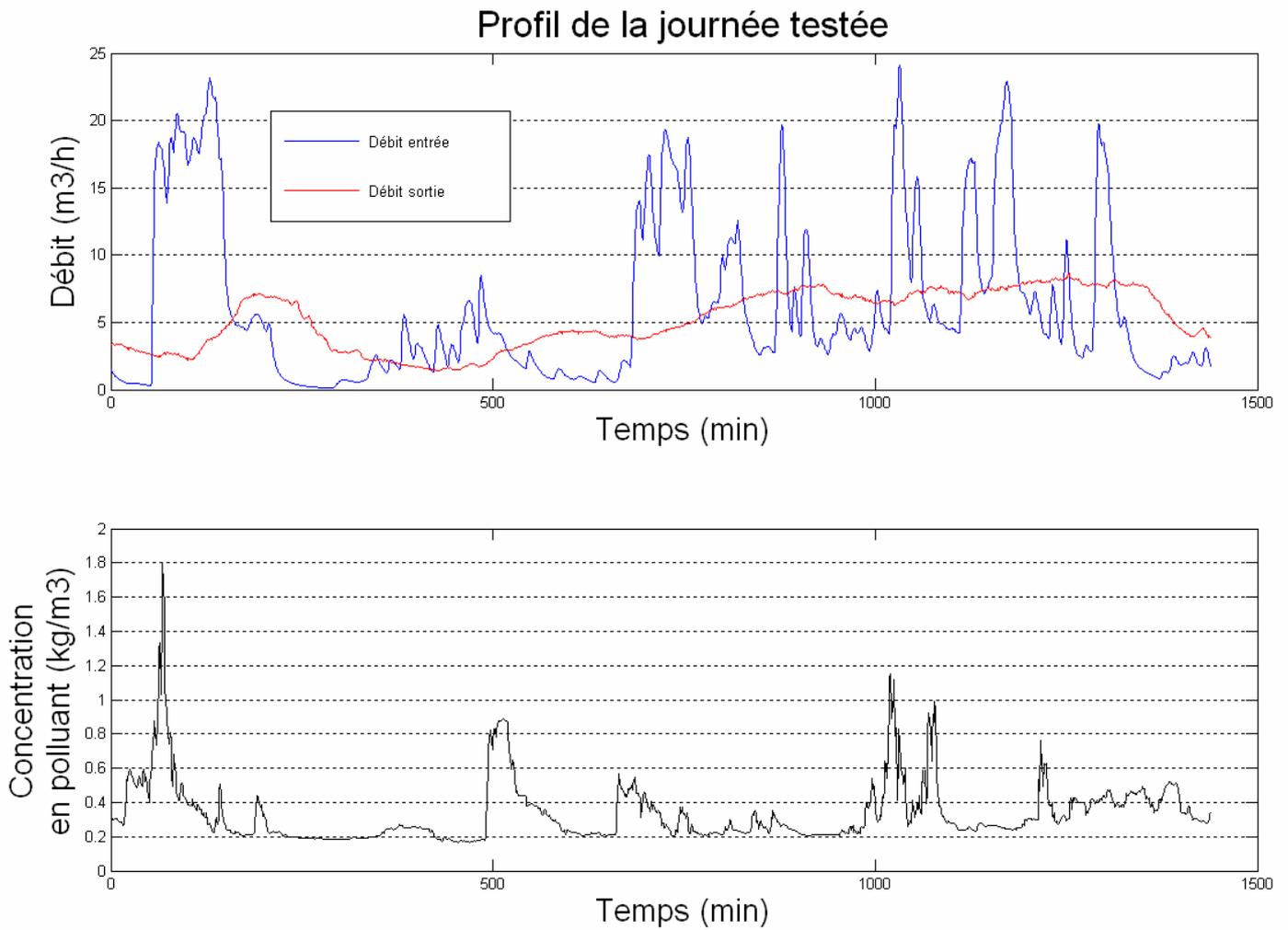


Figure 11 : Profil de débits et de concentration de l'effluent choisi pour tester la caractérisation des flux polluants en entrée des petites stations d'épurations.

## 2) Stratégies de prélèvement

Afin de pouvoir comparer les solutions envisageables, nous avons pris comme référence la stratégie n° 5 comme elle devrait être mise en place, soit un prélèvement effectué en entrée de station et asservie au débit d'entrée.

Nous avons ensuite testé l'application des stratégies n°1, n° 4 et n° 5 pour un prélèvement effectué en entrée station, la mesure de débit étant effectuée en sortie de station.

### 3) Présentation des résultats

On présente les résultats dans le tableau suivant, les résultats sont donnés pour un réglage d'une période moyenne de 10 minutes (soit 6 prélèvements par heure en moyenne).

	Stratégie de référence n° 5 asservie à l'entrée	Stratégie n° 1	Stratégie n° 4 bis, reconstitué en fonction du débit de sortie	Stratégie n° 5 bis, asservie 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

Figure 12 : tableau comparatif des stratégies pour caractériser les flux polluants en entrée des petites stations d'épurations. La stratégie n° 1 commet un maximum de 11.04 % d'erreur sur la concentration.

Les 3 stratégies testées conduisent à des résultats similaires, nettement moins performants que la stratégie de référence.

Cependant, face à l'impossibilité de mesurer le débit à l'entrée station et donc à utiliser la stratégie n°5, l'utilisation de la stratégie n°1 peut être privilégiée car sa mise en œuvre conduit à moins d'incertitudes et de contraintes que les stratégies 4 bis et 5 bis.

Toutefois, il convient d'être prudent vis-à-vis de cette conclusion car cette étude n'a concerné qu'une configuration de rejet et mériterait d'être complétée par d'autres exemples.

## Conclusions

La problématique de l'échantillonnage comporte de multiples facettes et chacune de ces facettes nécessite une attention particulière afin de pouvoir constituer un échantillon moyen représentatif.

Le choix de la stratégie de prélèvement est d'une importance cruciale. Bien choisie, elle conduit à des incertitudes négligeables devant les autres problèmes de l'échantillonnage (notamment les incertitudes liées aux analyses). Mais mal choisie, elle génère des erreurs importantes qui viennent s'ajouter aux autres sources d'incertitudes.

Suite à l'étude que nous avons menée, nous recommandons d'asservir les préleveurs-échantillonneurs automatiques au volume écoulé, avec un volume de prise fixe (supérieur à 50 mL) et avec une période moyenne de prélèvement comprise entre 10 et 15 minutes, soit en moyenne de 4 à 6 prélèvements par heure, ou encore environ 100 à 140 prélèvements par jour. Cette stratégie confirme les pratiques actuellement recommandées au sein des guides pratiques développés par l'AFNOR et les Agences de l'eau.

En ce qui concerne la surveillance des petites stations d'épuration, lorsque la situation ne permet pas d'appliquer les recommandations précédentes, nous conseillons d'appliquer la stratégie n° 1 (asservie au temps avec volume de prise constant) en l'absence d'une étude plus particulière des sites en question.

## Bibliographie

- Fascicule AFNOR FD T 90-523-2, « Guide de prélèvement pour le suivi de qualité des eaux dans l'environnement », 2007.
- « Estimation of the variance of sampling of process analytical and environmental emissions measurements », M. Paakkunainen, S-P. Reinikainen, P. Minkkinen, 2006.
- « Sampling for representative micropollutant loads in sewer systems », C. Ort, W. Gujer, 2005.
- « Practical applications of sampling theory », P. Minkkinen, 2004.
- « Hard data on hard drugs? – Assessing illicit drug loads in sewers », J. Rieckermann, 2008.
- « Etude de l'échantillonnage systématique et proportionnel au débit par temps sec des eaux usées dans des égouts non visitables », J. De Heer, 1992.
- « Qualité des eaux de ruissellement urbaines », L. Rossi, 1998.