



MESURE DU DÉBIT DES EAUX USÉES OU FORTEMENT CHARGÉES EN MATIÈRES SOLIDES EN VUE DE DÉTERMINER LES FLUX DE POLLUTION

Communication
présentée au Comité technique
de la Société Hydrotechnique de France
le 21 mars 1969

PAR C. LEFROU *

Le but de cet exposé n'est pas de faire un inventaire détaillé des divers procédés à notre disposition pour mesurer les débits des eaux polluées, ni de proposer un procédé universel que certains espèrent trouver, mais d'essayer de montrer les difficultés rencontrées dans la mise en application des procédés classiques et d'indiquer certaines des directions de recherche actuellement explorées avec plus ou moins de bonheur.

Pourquoi mesurer le débit des eaux polluées?

Il n'est pas inutile de se poser cette question, car comme il est plus simple de mesurer des eaux non chargées et que la mesure est plus précise, on peut avoir intérêt à mesurer les débits avant que l'eau ne soit polluée. On peut distinguer deux catégories de problèmes :

- ceux qui nécessitent la connaissance de débits ou de volumes d'eau polluée;
- ceux qui visent à déterminer des flux de pollution.

Pour les problèmes de quantité d'eau posés par le dimensionnement d'ouvrages de rejet ou de stockage, on pourra souvent se passer de la mesure directe du débit de l'effluent et on pourra se contenter d'une mesure du débit de prélèvement avant utilisation, sous trois conditions :

- a) que la consommation nette, c'est-à-dire le vo-

lume d'eau supprimé (évapouré ou incorporé aux productions), soit relativement faible;

b) que le quotient des variations de stockage d'eau entre le prélèvement et le rejet par le débit soit petit devant le temps pendant lequel on veut connaître le volume écoulé;

c) que les apports non mesurables soient négligeables (infiltrations dans les réseaux d'assainissement ou eaux pluviales par exemple).

Il en résulte un certain nombre de conséquences :

- si les deux dernières conditions sont vérifiées, on aura intérêt à mesurer les prélèvements pour connaître les volumes écoulés chaque fois que le taux de consommation nette sera inférieur à la différence des erreurs relatives probables sur la mesure du rejet et la mesure du prélèvement;
- dans la plupart des cas il sera impossible de déterminer les consommations nettes des industries ou des collectivités urbaines par différence entre les mesures des volumes prélevés et des volumes rejetés;
- seule la mesure directe de l'effluent peut permettre la détermination d'un débit instantané.

Passons maintenant aux problèmes de pollution. Soit q le débit instantané et c la concentration instantanée de telle ou telle substance dissoute ou en suspension dans l'eau; le flux instantané de cette substance est :

$$\mu = qc$$

et la masse de substance rejetée pendant le temps T est :

$$P = \int_0^T qc dt$$

* Ingénieur des Ponts-et-Chaussées au secrétariat permanent pour l'Etude des Problèmes de l'Eau.

Dans la plupart des cas, q et c varient beaucoup avec le temps. Par ailleurs le temps T sur lequel on veut connaître la masse de pollution rejetée est variable suivant les problèmes posés : il est en général de quelques heures pour le dimensionnement des stations d'épuration et peut varier de quelques heures à quelques jours pour l'étude de l'influence sur le milieu naturel. Pour les études de pollution industrielle liée à des cycles de fabrication, les pas de temps sont du même ordre de grandeur; pour les études de pollution urbaine, on prend en général soit le jour, soit la semaine. Enfin il faut noter que les agences de bassin ont retenu pour assiette de leur redevance pollution, la pollution rejetée pendant le jour moyen du mois d'activité maximale.

Lorsqu'on peut mesurer en continu q et c il est facile, en utilisant si nécessaire des moyens de calcul automatique, de calculer P . Malheureusement la plupart des déterminations utilisées couramment pour caractériser la pollution ne se prêtent pas à des analyses continues. C'est le cas en particulier des deux critères principaux de la pollution organique, la DBO et la DCO. On doit alors prélever des échantillons qui sont analysés en laboratoire. Deux méthodes peuvent être utilisées;

1° La plus précise consiste à procéder à un prélèvement continu avec un appareil automatique asservi à l'appareil de mesure de débit d'effluent dont le débit de prélèvement est proportionnel au débit de l'effluent.

Soit kq le débit de prélèvement de cet appareil. Le volume d'effluent recueilli sera $\int_0^T kq dt = kV$, V étant le volume d'effluent écoulé pendant le temps T .

La masse de substance contenue dans l'échantillon sera :

$$\int_0^T kqc dt = kP$$

la concentration de l'échantillon $C_m = kP/kV = P/V$ déterminée en laboratoire et le volume écoulé pendant le temps T mesuré sur le terrain permettant alors de connaître $P = C_m V$.

2° On peut également découper le temps T en n intervalles égaux et constituer pour chacun de ces intervalles T/n un échantillon moyen. La mesure de la concentration C_i de cet échantillon et la connaissance du volume écoulé V_i permettent de déterminer une valeur approchée de la pollution.

$$P = \sum_1^n C_i V_i$$

La précision de cette estimation sera d'autant meilleure que le nombre n sera plus grand et qu'à l'intérieur de chaque intervalle de temps le débit et la concentration auront moins varié (cf. Annexe).

La première méthode est incontestablement la plus satisfaisante théoriquement. Elle a l'inconvénient de nécessiter un appareillage difficilement utilisable en station mobile et de produire un volume d'échantillon proportionnel au volume écoulé : lorsque le débit de l'effluent est fortement modulé et qu'on veut constituer plusieurs échantillons, ceux qui correspondent aux périodes où le débit a été

faible risquent d'être d'un volume insuffisant pour effectuer toutes les analyses prévues.

La deuxième méthode est, compte tenu de la précision des mesures de débit et des déterminations analytiques, suffisante dans de nombreux cas : l'échantillon moyen est alors constitué soit par un appareil de prélèvement à débit constant, soit par des prélèvements manuels fréquents.

Inventaire sommaire des méthodes disponibles pour la mesure des débits d'eaux usées

Il n'existe pas de méthode spéciale pour mesurer les débits d'eaux usées. On utilise donc les méthodes classiques. Suivant la nature de l'effluent, les dispositifs utilisés normalement avec des eaux non chargées présentent plus ou moins d'inconvénients.

Nous allons examiner rapidement les divers procédés utilisables en indiquant pour chaque catégorie les difficultés rencontrées les plus fréquemment.

Conduites en charge.

Il est relativement rare que l'on soit contraint de mesurer des débits d'eaux usées dans des conduites en charge. Les procédés suivants peuvent alors être envisagés.

Compteurs à hélice placés directement sur la conduite ou en dérivation; sont très sensibles aux matières en suspension qui conduisent à des détachements importants.

Ils ne peuvent être utilisés que pour des eaux peu chargées en matières solides et nécessitent des réétalonnages fréquents.

Appareils déprimogènes. — Bien que moins sensibles que les précédents aux matières en suspension, ils subissent cependant un détachement dû soit à l'abrasion des sections de mesure, soit à l'encrassement de ces sections par les matières solides. Des précautions spéciales doivent être prises pour éviter le colmatage des prises de pression. Enfin il faut également songer aux risques de corrosion chimique.

Méthodes de dilution. — Cette question sera développée au paragraphe II. 2 à propos des écoulements à surface libre.

Débitmètres électromagnétiques. — Je ne connais pas d'exemple d'utilisation de ces appareils pour la mesure d'eaux usées. *A priori* on peut cependant penser qu'ils présentent des avantages du fait qu'ils ne perturbent pas l'écoulement.

Débitmètre acoustique. — Cet appareil, basé sur le principe de la mesure du temps de propagation des ultrasons, a l'avantage de pouvoir être placé à l'extérieur des conduites rigides (acier, béton, certaines matières plastiques). Il n'y a donc aucune perturbation de l'écoulement et aucun risque de détérioration de l'appareillage dû à la qualité de l'eau. Le constructeur américain de cet appareil annonce une précision de 1 % tant pour les écoulements laminaires que pour les écoulements tur-

bulents. Un appareil de ce type pourrait être commercialisé en France prochainement par une Société française.

Mesure du temps de fonctionnement des pompes (dans le cas de refoulement). — Une telle méthode ne doit pas être proscrite *a priori*, compte tenu de la précision qu'on peut admettre et des difficultés d'utilisation d'autres procédés. Un certain nombre de précautions doivent cependant être prises :

- cette méthode n'est utilisable que dans la mesure où la hauteur de refoulement est constante ou peu variable;
- une mesure du débit instantané de la pompe est indispensable et il ne peut-être question de prendre en compte sans contrôle le débit nominal indiqué par le constructeur;
- il faut s'assurer que la tension d'alimentation de la pompe reste relativement constante.

Écoulement à surface libre.

Mesures de volume. — On peut envisager, pour apprécier les volumes écoulés, de disposer sur le canal d'écoulement d'une capacité déterminée se vidangeant rapidement (par siphon par exemple) dès qu'elle est pleine. L'enregistrement de la date de chacune des vidanges permet alors de déterminer les volumes écoulés dans des intervalles de temps définis. Pour qu'un tel procédé soit applicable, il est nécessaire que le débit de vidange soit très grand devant le débit naturel et que la capacité ait un volume tel que les vidanges soient fréquentes (intervalle entre deux vidanges de l'ordre de quelques minutes). Je ne connais personnellement aucune application d'un tel procédé qui pourrait être utilisé pour la mesure de débits relativement peu importants.

Exploration du champ des vitesses. — Les méthodes d'exploitation du champ des vitesses (jaugeages au moulinet ou à la sonde électromagnétique) ne permettent pas d'enregistrement du débit mais permettent de connaître le débit à un instant donné. Toutefois, lorsque le débit d'un effluent est peu variable, on pourra se contenter de quelques jaugeages répartis dans le temps.

Mesure de la vitesse en un point. — Lorsqu'il existe une bonne relation entre la vitesse en un point et le débit (ou entre la vitesse et la hauteur d'une part et le débit d'autre part) l'enregistrement de cette vitesse (et éventuellement de la hauteur) permet de déterminer le débit à chaque instant.

Les mesures de la vitesse sont faites au moulinet et les risques de blocage ou de freinage par des matières solides sont importantes dans une mesure en continu : la surveillance du dispositif et son nettoyage sont indispensables. Il arrive même que la mesure soit impossible : lors d'un essai de comparaison de diverses méthodes il s'est avéré impossible de faire tourner un micromoulinet dans un effluent de papeterie.

Les possibilités offertes par les sondes électromagnétiques paraissent intéressantes : des essais sont actuellement entrepris par M. Lacroix à l'agence de bassin Rhône-Méditerranée-Corse.

Mesures de hauteurs d'eau fonction du débit. — Il est rare de trouver dans les canaux d'évacuation

des effluents des variations de section permettant de déterminer le débit par mesure de la hauteur en amont, soit parce que le système est noyé (il y a alors influence des conditions aval), soit parce que les variations de hauteur sont insuffisantes compte tenu de la sensibilité des procédés classiques de mesure des niveaux. On devra donc créer artificiellement ces variations de section (déversoirs, seuils, venturis).

La réalisation de ces ouvrages impose l'exécution de travaux de génie civil et peut avoir par ailleurs deux inconvénients :

- on crée systématiquement en amont un relèvement du plan d'eau d'autant plus important qu'on désire une plus grande précision. Dans les régions à faible relief, il est parfois impossible de relever le niveau sous peine de conduire à des inondations en amont. Pour fixer un ordre de grandeur, signalons que si la mesure de la hauteur de la lame d'eau se fait avec une précision de 1 cm, il sera nécessaire de prévoir, en faisant abstraction de l'erreur de tarage :

- * une lame d'eau de 15 cm pour avoir une précision de 10 % sur un déversoir en mince paroi à lame horizontale. Si la précision désirée est de 15 %, la lame d'eau est réduite à 10 cm;

- * pour un déversoir en mince paroi de profil triangulaire, il faut une lame d'eau de 25 cm pour obtenir une précision de 10 % et de 17 cm pour une précision de 15 %.

Il faut encore ajouter, dans le cas des déversoirs en mince paroi, la hauteur nécessaire à l'aération de la lame d'eau pour déterminer le relèvement du plan d'eau nécessaire pour le débit maximal à mesurer. Or ces canaux évacuent souvent des eaux pluviales et les obstacles constitués par des dispositifs de mesure peuvent conduire à des relèvements importants des plans d'eau pour les débits d'orage;

- le relèvement du plan d'eau à l'amont conduit à une diminution de la vitesse moyenne d'écoulement qui facilite le dépôt des matières solides.

Les déversoirs en mince paroi ont l'avantage d'être de réalisation facile et de pouvoir être rendus facilement amovibles. On dispose par ailleurs de bonnes courbes d'étalonnage en laboratoire qui permettent de les utiliser sans étalonnage sur le terrain dans de nombreux cas. Par contre ils imposent des relèvements importants du plan d'eau et favorisent le dépôt des matières solides.

Les seuils épais et les canaux venturis permettent pour une même précision des relèvements moins importants des plans d'eau et sont moins sensibles aux matières en suspension. Par contre ils nécessitent des travaux de génie civil plus délicats et n'ont été étalonnés en laboratoire que pour des formes bien déterminées. Des sociétés spécialisées vendent des dispositifs préfabriqués ou des coffrages avec les courbes d'étalonnage correspondantes.

Méthodes de dilution.

Nous ne parlerons que des méthodes de mesure à injection de traceur à débit constant qui seules

permettent de suivre l'évolution des débits, les autres méthodes ne permettant que de mesurer des débits instantanés.

Problème de choix du traceur. — La mesure par la méthode de dilution n'est pratiquement réalisable que si le traceur remplit les conditions suivantes :

- ne pas exister dans l'effluent avant injection;
- être mesurable avec une précision acceptable à faible concentration pour éviter des injections de quantité importantes de traceur. Le coût des analyses doit rester acceptable;
- ne pas être absorbé par les parois du canal ou les matières en suspension présentes dans l'effluent;
- ne pas subir de modification chimique susceptible de modifier les résultats des analyses.

La possibilité d'enregistrer directement sur le terrain la concentration ou une grandeur en relation avec la concentration est souhaitable. Les mesures de conductivité ne peuvent être envisagées parce qu'on ne peut être assuré que la conductivité propre de l'effluent restera constante et que les quantités de sel à injecter seraient trop importantes.

Les méthodes utilisant des traceurs radioactifs répondent aux conditions imposées ci-dessus et des expériences faites par le Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble ont donné de bons résultats. Elles ne pourront être utilisées couramment que lorsque le matériel nécessaire à leur mise en œuvre aura été simplifié et lorsqu'il sera possible de se procurer facilement les traceurs nécessaires et de les manipuler sans risque.

Bon mélange. — L'interprétation des résultats n'est possible que si, au point de prélèvement, le traceur est parfaitement mélangé à l'effluent, ce qui suppose qu'on dispose d'une distance suffisante entre le point d'injection et le point de prélèvement sans effort. Il est souvent difficile de trouver des sections d'égout suffisamment longues remplissant ces conditions. Toutefois, compte tenu de l'erreur qu'on accepte sur ces mesures de débit, on peut encore utiliser cette méthode même si la condition de bon mélange n'est pas parfaitement respectée.

Prélèvements d'échantillons moyens. — Lorsque la mesure de la concentration du traceur ne peut être faite *in situ*, des prélèvements sont nécessaires pour effectuer les analyses en laboratoire. Lorsqu'on constitue des échantillons moyens prélevés à débit constant pour la détermination de la concentration moyenne, on peut songer à utiliser les échantillons ainsi constitués pour déterminer le volume d'eau écoulé pendant le même intervalle de temps. Malheureusement l'échantillon ainsi constitué fait la moyenne dans le temps de la concentration du traceur, alors que le débit moyen est proportionnel à la moyenne de l'inverse des concentrations.

Toutefois, si le débit est peu variable, l'erreur ainsi commise reste dans des limites acceptables (voir annexe). On notera que l'erreur commise est toujours une erreur par défaut. Suivant les variations relatives du débit et la concentration en pollution, cette erreur peut s'ajouter à ou au contraire

se retrancher de celle qui résulte de l'introduction de la concentration moyenne en pollution dans l'estimation de la charge de pollution rejetée.

Recherches actuellement entreprises. — Ces recherches portent sur les possibilités d'utilisation de traceurs chimiques et radioactifs en présence d'effluents industriels.

— La Direction Technique Générale (D.T.G.) de l'Electricité de France étudie le comportement du bichromate de sodium.

— La D.T.G., l'Institut de Recherches de Chimie Appliquée (I.R.C.H.A.) et l'agence de bassin Artois-Picardie étudient le comportement du chlorure de lithium.

— La Société l'Atome industriel étudie les possibilités offertes par le baryum 137, élément à vie brève (26 mn). Si les premiers résultats sont encourageants une étude d'appareillage comprenant une vache à radioéléments (cesium-baryum) pourrait être envisagée.

Conclusions

La mesure du débit des eaux usées ne met pas en œuvre de technique particulière et les méthodes classiques sont applicables, mais leur utilisation est parfois difficile et la présence de matières solides ou l'agressivité des eaux peuvent affecter la précision et la fidélité des mesures. Tous les procédés qui perturbent peu l'écoulement et dont les capteurs sont peu, ou pas du tout, en contact avec l'eau polluée sont intéressants dans les cas difficiles. Seuls les jaugeages par dilution associés aux prélèvements servant à déterminer la pollution sont spécifiques de la mesure des flux de pollution, mais il s'agit là d'une adaptation d'une méthode classique en hydrométrie.

Les recherches entreprises pour adapter les méthodes de mesure des débits aux eaux polluées pourront peut-être permettre d'envisager leur application à l'hydrométrie classique : ce pourrait être le cas de la sonde électromagnétique, de l'emploi du chlorure de lithium comme traceur chimique ou des études d'appareillage pour la mise en œuvre de traceurs radioactifs générés par une « vache à radioéléments ».

Annexe

Estimation de l'ordre de grandeur de l'erreur systématique commise dans la détermination d'un flux de pollution lorsqu'on constitue un échantillon moyen prélevé à débit constant.

Notations adoptées :

Soit :

- T l'intervalle de temps pendant lequel est constitué l'échantillon moyen;
- Q le débit instantané de l'effluent;

$V = \int_0^T q dt$ le volume d'eau écoulé pendant le temps T;

C la concentration instantanée en pollution de l'effluent;

$C_m = \frac{1}{T} \int_0^T C dt$ la concentration de l'échantillon pollution;

$P = \int_0^T QC dt$ la charge de pollution à mesurer;

Γ la concentration de la solution de traceur injectée;

q le débit de la solution de traceur injectée;

γ la concentration instantanée de traceur dans la section de mesure.

Soient $f(t)$ et $g(t)$ les fonctions telles que :

$$Q = \frac{V}{T} [1 + f(t)] \quad \int_0^T f(t) dt = 0 \tag{1}$$

$$C = C_m [1 + g(t)] \quad \int_0^T g(t) dt = 0 \tag{2}$$

Le débit de l'effluent est déterminé à chaque instant avec précision.

La valeur estimée de la pollution est $P' = C_m V$.

L'erreur relative est alors :

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{P' - P}{P} = \frac{C_m V - \int_0^T qc dt}{\int_0^T QC dt} = \frac{\frac{V}{T} \int_0^T C_m [1 + g(t)] dt - \frac{V}{T} \int_0^T C_m [1 + f(t)] [1 + g(t)] dt}{\frac{V}{T} \int_0^T C_m [1 + f(t)] [1 + g(t)] dt}$$

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{\int_0^T [-f(t) - f(t)g(t)] dt}{\int_0^T [1 + f(t) + g(t) + f(t)g(t)] dt}$$

En tenant compte des relations (1) et (2) on trouve :

$$\frac{\Delta P}{P} \approx - \frac{1}{T} \int_0^T f(t) g(t) dt$$

Si le débit reste constant ou si la concentration reste constante, aucune erreur ne sera introduite par la méthode de prélèvement. Par contre, si le débit et concentration varient en même temps et en particulier si le débit et la concentration varient dans le même sens, l'erreur peut devenir importante.

Le rejet d'une forte pollution dans un débit peu variable ou l'accroissement rapide du débit sans variation importante de la concentration n'introduiront qu'une faible erreur. Par contre, le rejet rapide d'une pollution entraînant accroissement à la fois du débit et de la concentration peut conduire à des erreurs très importantes.

Le débit de l'effluent est déterminé par jaugeage chimique à l'aide du même échantillon moyen.

Erreur sur l'estimation du débit.

La conservation du flux de traceur conduit à la relation :

$$Q\gamma = q\Gamma$$

soit :

$$\gamma = (q/Q) \Gamma$$

La valeur estimée du volume écoulé est :

$$V' = \frac{q\Gamma T}{\frac{1}{T} \int_0^T \frac{q\Gamma dt}{(V/T) [1 + f(t)]}} = \frac{TV}{\int_0^T \frac{dt}{1 + f(t)}} \tag{3}$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{V' - V}{V} = \frac{T}{\int_0^T \frac{dt}{1 + f(t)}} - 1$$

Or :

$$\int_0^T \frac{dt}{1 + f(t)} \approx \int_0^T [1 - f(t) + f^2(t)] dt = T + \int_0^T f^2(t) dt$$

en tenant compte de la relation (1).

On a donc :

$$\frac{\Delta V}{V} \approx - \frac{1}{T} \int_0^T f^2(t) dt$$

Cette erreur est toujours une erreur par défaut.

Erreur sur le flux de pollution.

La valeur estimée de la pollution est, si V' est la valeur estimée du volume écoulé :

$$P' = C_m V'$$

or :

$$V' = \frac{TV}{\int_0^T \frac{dt}{1+f(t)}}$$

comme nous l'avons déjà calculé en (3).

$$P = \int_0^T Q_c dt = \frac{V}{T} \int_0^T C_m [1+f(t)] [1+g(t)] dt$$

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{P' - P}{P} = \frac{\frac{C_m TV}{\int_0^T \frac{dt}{1+f(t)}} - \frac{C_m V}{T} \int_0^T [1+f(t)] [1+g(t)] dt}{\frac{C_m V}{T} \int_0^T [1+f(t)] [1+g(t)] dt}$$

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{T - \frac{1}{T} \left[\int_0^T \frac{dt}{1+f(t)} \right] \int_0^T [1+f(t)] [1+g(t)] dt}{\frac{1}{T} \left[\int_0^T [1+f(t)] [1+g(t)] dt \right] \left[\int_0^T \frac{dt}{1+f(t)} \right]}$$

En tenant compte des relations (1) et (2) et en négligeant les infiniments petits d'ordre supérieur à 2 :

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{T - \frac{1}{T} \left[T + \int_0^T f^2(t) dt \right] \left[T + \int_0^T f(t) g(t) dt \right]}{T}$$

$$\frac{\Delta P}{P} \approx - \frac{1}{T} \int_0^T f(t) [f(t) + g(t)] dt$$

Si le débit reste constant ou si le flux de pollution reste constant, aucune erreur ne sera introduite par la méthode utilisée.

L'erreur sera donc moins importante dans le cas où débit et concentration en pollution varient en sens inverse (par exemple accroissement de débit par rejet d'une quantité d'eau moins polluée que le rejet de base) que dans le cas où débit et concentration en pollution varient dans le même sens (par exemple rejet discontinu entraînant une brusque augmentation du débit et de la concentration d'eau très polluée dans un flot de base moins pollué).

Discussion

Président : M. VALIRON

M. le Président remercie M. LEFROU, dont l'intéressant exposé a montré toute la complexité du problème de la mesure des débits des eaux usées.

M. BONNIN rappelle le dispositif présenté en 1952 aux 11^e Journées de l'Hydraulique par MM. Durand et Condolios pour la mesure du débit d'un écoulement charriant des matériaux solides. Ce dispositif consistait en un ajutage convergent dissymétrique monté sur tuyauterie en charge; les débits solides et liquides se déduisent d'une série de mesures piézométriques.

M. LEFROU observe que cet appareil est actuellement commercialisé; mais il précise que son emploi n'est possible que sur une conduite en charge débouchant à l'air libre.

M. VEYRIÉ voudrait savoir si les mesures effectuées par M. LEFROU ont conduit à modifier les valeurs traditionnellement admises pour la D.B.O. des eaux usées par jour et par habitant.

Les mesures actuellement disponibles, dit M. LEFROU, ne permettent ni de confirmer ni d'infirmier les valeurs visées

par M. VEYRIÉ. Le problème ainsi posé — qui intéresse les constructeurs de stations d'épuration et les agences de bassin — dépasse la simple mesure des débits.

M. RÉMÉNIÉRAS signale des essais exécutés en Angleterre avec des « jaugeurs à ressaut » à profil en travers parabolique; cette modification du jaugeur à ressaut classique — à profil en travers rectangulaire ou trapézoïdal — a pour but de rendre le dispositif « autonettoyant » par un mécanisme analogue à celui utilisé dans les égouts à section droite ovoïde.

M. LEFROU estime que l'inconvénient de tels dispositifs provient de la difficulté de les réaliser et de les utiliser sur le terrain dans les mêmes conditions qu'au laboratoire afin que leur courbe de tarage soit bien définie. A cet effet, on peut employer des appareils préfabriqués, mais ceux-ci sont généralement onéreux.

M. RÉMÉNIÉRAS signale que certains constructeurs proposent l'emploi de « venturis » en charge classiques munis de rampes de nettoyage alimentées par un circuit auxiliaire d'eau claire ou de vapeur; de tels dispositifs peuvent être utilisés dans une station d'épuration d'eaux usées.

M. DOMERGUE propose une méthode de dilution consistant

à injecter de l'eau pure pour diluer le débit d'effluent pollué: celui-ci se déduirait du débit injecté et du rapport de concentrations avant et après injection comme dans la classique méthode chimique.

M. le Président pense que cette suggestion, théoriquement valable, serait difficilement applicable, car elle nécessiterait un débit d'eau pure important pour obtenir une certaine précision.

Le procédé serait pratique, observe M. LEFROU, si l'on disposait d'un effluent dont l'élément polluant présente une concentration constante, ce qui est fort rare...

Avant de clore la séance, M. le Président tient à remercier tant les conférenciers que les auditeurs, lesquels, par leur nombre et leur qualité, ont confirmé l'intérêt toujours actuel des sujets traités.

Il souligne la différence entre les exposés qui ont précédé celui de M. LEFROU et ce dernier. Les premiers témoignent du désir d'améliorer encore la précision des dispositifs classiques fonctionnant en eau claire, tandis que M. LEFROU recherche un moyen pratique de mesurer à 10 ou 15 % près le débit des eaux usées. Peut-être, dit-il, ces deux directions de recherche ne sont-elles pas aussi différentes qu'il le paraît...

Abstract

Sewage or highly sediment-laden water discharge measurement with a view to pollution flux determination

by C. Lefrou *

The quantity of pollution due to industrial or urban effluent over a given time T is given by $P = \int_0^T q c dt$, where q and c are instantaneous pollutant discharge and concentration respectively.

Where continuous concentration measurement is impracticable, the only theoretically correct procedure is by taking a sample at a discharge proportional to that of the effluent. A common alternative is to take a set number of samples at constant discharge and to multiply the average concentration found for each by the volume flow during the sampling time. The aim in every case is to record discharge.

No special methods are available for polluted water discharge measurement. Standard methods are applied, therefore, and are briefly discussed from the point of view of possible effects of pollution or of how the instrumentation is installed on measurement accuracy and sensitivity.

Vane-type water meters or discharge measurement orifice plates or nozzles are hardly suitable for pipes containing highly sediment-laden or corrosive water. Dilution methods and electro-magnetic flow measurement instruments are less sensitive to effluent quality, and acoustic instruments seem to hold great promise. Finally, pump running time measurement should not be disregarded altogether, in spite of its not particularly accurate results.

Measurements by electro-magnetic pickup are preferable to current meters for free-surface flow. Broad-crested weirs or Venturi flumes producing a hydraulic jump are preferable to sharp-crested weirs, but are more difficult to set up.

Dilution methods call for precautions in the choice of a suitable tracer, and it is not always easy to achieve the right mixture. The use of radio-active tracers enables discharge to be recorded. With chemical tracers, the present trend is towards constant-rate injection and the constitution of average samples from which both flow volume and pollution concentration can be established. There is a systematic error with this method which, however, remains within acceptable limits if the discharge does not vary too much.

Present research subjects include the use of electro-magnetic pickups and the behaviour of various tracers in polluted water. It is proposed to design special equipment for the use of radio-active tracers.

* Ingénieur des Ponts-et-Chaussées au secrétariat permanent pour l'Étude des Problèmes de l'eau.

LA HOUILLE BLANCHE

rappelle
ses volumes
hors-série
et ses
numéros
spéciaux

HYDRAULIQUE ET ÉLECTRICITÉ FRANÇAISES

Édition anglaise : Un volume (1950), 413 pages..... Broché 50 F

B O R T

Un volume (1953), 367 pages..... Broché 50 F

DONZÈRE-MONDRAGON

Un volume (1955), 486 pages..... Relié 80 F

T I G N E S

Un volume (1958), 440 pages..... Relié 80 F

LE DANUBE

N° 2/1964 de « La Houille Blanche », 218 pages..... Broché 50 F

LES ÉNERGIES DE LA MER

IV^{es} Journées de l'Hydraulique de la Société Hydrotechnique de France (1956).
Deux volumes, 751 pages..... Brochés 160 F

TURBINES ET POMPES HYDRAULIQUES

V^{es} Journées de l'Hydraulique de la Société Hydrotechnique de France (1958).
Deux volumes, 730 pages..... Brochés 160 F

L'HYDRAULIQUE SOUTERRAINE

VI^{es} Journées de l'Hydraulique de la Société Hydrotechnique de France (1960).
Deux volumes, 663 pages..... Brochés 160 F

BULLES ET GOUTTES : La tension superficielle en hydraulique

VII^{es} Journées de l'Hydraulique de la Société Hydrotechnique de France (1962).
Deux volumes, 624 pages..... Brochés 200 F

LES INSTABILITÉS EN HYDRAULIQUE ET EN MÉCANIQUE DES FLUIDES

VIII^{es} Journées de l'Hydraulique de la Société Hydrotechnique de France (1964).
Deux volumes, 674 pages..... Brochés 250 F

L'HYDRAULIQUE DU POINT DE VUE MÉDICAL

N° 2/1966 de « La Houille Blanche », 150 pages..... Broché 40 F

MACHINES HYDRAULIQUES

N° 2-3/1968 de « La Houille Blanche », 150 pages..... Broché 40 F

ASSAINISSEMENT DES TERRES

N°s 6 et 7/1968 de « La Houille Blanche », 2 volumes, 216 pages..... Brochés 48 F

DIFFUSION TURBULENTE DANS LES FLUIDES

N°s 3 et 4/1969 de « La Houille Blanche », 2 volumes, 212 pages..... Brochés 48 F