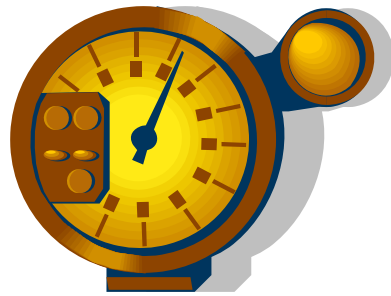


# GUIDE DE SOUTIEN TECHNIQUE POUR LA CLIENTÈLE

## RÈGLEMENT SUR LA DÉCLARATION DES PRÉLÈVEMENTS D'EAU



Septembre 2009

DIRECTION DES POLITIQUES DE L'EAU  
SERVICE DE LA GESTION INTÉGRÉE DE L'EAU

*Développement durable,  
Environnement  
et Parcs*

Québec 

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2009

ISBN 978-2-550-57149-0 (PDF)  
© Gouvernement du Québec, 2008

## **Remerciements**

Le Service de la gestion intégrée de l'eau du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), responsable de l'élaboration du présent document, tient à remercier les auteurs du chapitre 2, monsieur Hubert Demard, consultant, ainsi que messieurs Alain Lalonde et Akli Benanteur de Veritec Consulting Inc.

## **Rédaction**

---

### *Julie Ferland*

Direction des politiques de l'eau, MDDEP  
Service de la gestion intégrée de l'eau

### *Robert Vigneault*

### *Julie Rochefort*

Direction des politiques de l'eau, MDDEP  
Service des eaux industrielles

### *Alain Lalonde*

### *Akli Benanteur*

Veritec Consulting Inc.

### *Hubert Demard*

Consultant

## **Coordination**

---

### *Julie Ferland*

Direction des politiques de l'eau, MDDEP  
Service de la gestion intégrée de l'eau

## **Collaboration**

---

### *Sylvain Chouinard*

### *Francis Perron*

### *Gilles Lortie*

Direction des politiques de l'eau, MDDEP  
Service des eaux industrielles

## TABLE DES MATIÈRES

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>1. LA DÉTERMINATION DES DÉBITS – GÉNÉRALITÉS .....</b>	<b>2</b>
1.1 TYPES DE CONDUITES ET D'ÉCOULEMENTS POSSIBLES .....	2
1.2 MODES DE DÉTERMINATION DES VOLUMES PRÉLEVÉS .....	2
1.2.1 <i>La mesure en continu</i> .....	2
1.2.2 <i>L'estimation</i> .....	3
1.3 CRITÈRES GÉNÉRAUX DE SÉLECTION, D'INSTALLATION, D'ENTRETIEN ET D'ÉTALONNAGE DES ÉQUIPEMENTS DE MESURE .....	3
1.3.1 <i>Sélection de l'équipement de mesure</i> .....	3
1.3.2 <i>Installation, entretien et étalonnage</i> .....	4
1.4 LOCALISATION DE L'ÉQUIPEMENT DE MESURE OU DE L'ENDROIT DE LA PRISE DE MESURES .....	5
1.4.1 <i>En présence de plusieurs prises d'eau pour un même préleveur</i> .....	6
1.4.2 <i>En présence d'ouvrages de dérivation</i> .....	6
1.5 CONDITIONS PERMETTANT LE RECOURS AUX ESTIMATIONS .....	7
<b>2. LES ÉQUIPEMENTS DE MESURE EN CONTINU .....</b>	<b>9</b>
2.1 ÉQUIPEMENTS DE MESURE SUR UNE CONDUITE SOUS PRESSION .....	9
2.1.1 <i>Débitmètres</i> .....	9
2.1.2 <i>Compteurs</i> .....	16
2.1.3 <i>Installation</i> .....	20
2.1.4 <i>Entretien et remplacement</i> .....	21
2.1.5 <i>Résolution de problèmes</i> .....	22
2.1.6 <i>Comparaison des équipements de mesure</i> .....	22
2.2 INSTALLATIONS DE MESURE DANS UN ÉCOULEMENT À SURFACE LIBRE .....	24
2.2.1 <i>Éléments primaires</i> .....	24
2.2.2 <i>Éléments secondaires</i> .....	28
2.2.3 <i>Comparaison des éléments de mesure</i> .....	31
2.3 MÉTHODE DE MESURE VOLUMÉTRIQUE EN CONTINU .....	33
<b>3. LES MÉTHODES DE MESURE DESTINÉES AUX ESTIMATIONS .....</b>	<b>34</b>
3.1 MESURES PONCTUELLES .....	34
3.1.1 <i>Détermination aire-vitesse au moulinet hydrométrique</i> .....	34
3.1.2 <i>Méthodes à l'aide d'un traceur</i> .....	40
3.1.3 <i>Méthode de mesure volumétrique</i> .....	42
3.1.4 <i>Méthode de Manning</i> .....	42
3.2 MESURES INDIRECTES .....	45
3.2.1 <i>Mesure du temps de pompage</i> .....	45
3.3 COMPARAISON DES MÉTHODES DE MESURE POUR L'ESTIMATION DES DÉBITS .....	48
<b>4. L'ÉCHANTILLONNAGE DES MESURES PONCTUELLES .....</b>	<b>50</b>
4.1 PARAMÈTRES STATISTIQUES INFLUANT SUR LE NIVEAU DE CONFIANCE DE L'ESTIMATION .....	50
4.2 DÉTERMINATION DE LA FRÉQUENCE MINIMALE DE LA PRISE DE MESURES .....	52
4.2.1 <i>Prévisibilité du prélèvement</i> .....	52
4.2.2 <i>Caractérisation du régime de prélèvement et détermination de la fréquence minimale de la prise de                 mesures</i> .....	53

<b>5. LE CALCUL DU VOLUME MENSUEL.....</b>	<b>57</b>
5.1 FORMULE GÉNÉRALE .....	57
5.2 DÉTERMINATION DES DÉBITS SELON LE TYPE D'ÉCOULEMENT .....	57
<b>6. LA DÉTERMINATION DE LA MARGE D'ERREUR .....</b>	<b>59</b>
6.1 ERREUR DES MESURES EN CONTINU .....	59
6.2 ERREUR DES ESTIMATIONS.....	60
<b>RÉFÉRENCES .....</b>	<b>62</b>
<b>ANNEXE A Liste des normes ISO applicables à la mesure de volumes ou de débits .....</b>	<b>63</b>
<b>ANNEXE B Table de conversion.....</b>	<b>66</b>

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : Avantages et inconvénients du débitmètre Venturi.....	10
Tableau 2 : Avantages et inconvénients du débitmètre à plaque à orifice. ....	11
Tableau 3 : Avantages et inconvénients du débitmètre à cône en V.....	11
Tableau 4 : Avantages et inconvénients du débitmètre magnétique. ....	12
Tableau 5 : Avantages et inconvénients du débitmètre ultrasonique à temps de transit. ....	13
Tableau 6 : Avantages et inconvénients du débitmètre ultrasonique à effet Doppler.....	14
Tableau 7 : Avantages et inconvénients du débitmètre à insertion.....	15
Tableau 8 : Avantages et inconvénients du débitmètre à vortex.....	16
Tableau 9 : Avantages et inconvénients des compteurs à turbine et à hélice.....	17
Tableau 10 : Avantages et inconvénients du compteur à jets.....	18
Tableau 11 : Avantages et inconvénients du compteur volumétrique à déplacement positif.....	19
Tableau 12 : Avantages et inconvénients du compteur combiné.....	19
Tableau 13 : Avantages et inconvénients du compteur à oscillation fluidique.....	20
Tableau 14 : Problèmes les plus fréquents.....	22
Tableau 15 : Caractéristiques et critères d'installation des débitmètres et des compteurs sur des conduites sous pression.....	23
Tableau 16 : Avantages et inconvénients du débitmètre bulle à bulle.....	28
Tableau 17 : Avantages et inconvénients du débitmètre ultrasonique.....	29
Tableau 18 : Avantages et inconvénients du débitmètre hauteur-vitesse.....	29
Tableau 19 : Avantages et inconvénients du débitmètre à sonde submergée.....	30
Tableau 20 : Caractéristiques et critères d'installation des éléments de mesure des débits des écoulements à surface libre.....	32
Tableau 21 : Avantages et inconvénients de la méthode de mesure volumétrique en continu.....	33
Tableau 22 : Profondeur des points de mesure – Méthode de détermination aire-vitesse au moulinet hydrométrique.....	36
Tableau 23 : Avantages et inconvénients de la méthode de détermination aire-vitesse au moulinet hydrométrique.....	39
Tableau 24 : Avantages et inconvénients de la méthode par dilution.....	41
Tableau 25 : Avantages et inconvénients de la méthode du temps de parcours.....	42
Tableau 26 : Avantages et inconvénients de la méthode de mesure volumétrique.....	42
Tableau 27 : Quelques coefficients de rugosité de Manning.....	43
Tableau 28 : Avantages et inconvénients de l'utilisation de la formule de Manning.....	45
Tableau 29 : Caractéristiques et conditions d'application des méthodes de mesure reconnues pour l'estimation des débits.....	49

## LISTE DES FIGURES

Figure 1. Localisations possibles des équipements de mesure en présence de plusieurs prises d'eau .....	6
Figure 2. Localisations possibles des équipements de mesure en présence d'ouvrages de dérivation .....	7
Figure 3. Débitmètre Venturi .....	10
Figure 4. Débitmètre à plaque à orifice.....	10
Figure 5. Débitmètre à cône en V.....	11
Figure 6. Débitmètre magnétique .....	12
Figure 7. Schéma du débitmètre magnétique .....	12
Figure 8. Débitmètre ultrasonique à temps de transit.....	13
Figure 9. Débitmètre magnétique .....	15
Figure 10. Débitmètre à turbine multipoint .....	15
Figure 11. Débitmètre magnétique .....	15
Figure 12. Débitmètre à tube de Pitot .....	15
Figure 13. Débitmètre à vortex .....	16
Figure 14. Principe de fonctionnement du débitmètre à vortex .....	16
Figure 15. Compteur à turbine .....	26
Figure 16. Compteur à hélice .....	17
Figure 17. Compteur à jet unique .....	18
Figure 18. Compteur à jets multiples .....	18
Figure 19. Compteur volumétrique .....	18
Figure 20. Compteur combiné.....	19
Figure 21. Compteur à oscillation fluidique.....	20
Figure 22. Schéma type d'installation d'un compteur d'eau.....	21
Figure 23. Canal Parshall .....	25
Figure 24. Déversoir trapézoïdal.....	25
Figure 25. Exemples de déversoirs .....	26
Figure 26. Vue en élévation d'un déversoir .....	26
Figure 27. Parties d'un moulinet à hélice.....	35
Figure 28. Différents types d'appareils de mesure de la vitesse .....	35
Figure 29. Emplacement des points de mesure de la méthode de détermination aire-vitesse en cours d'eau naturel .....	37
Figure 30. Emplacement des points de mesure de la méthode de détermination aire-vitesse en canal .....	37
Figure 31. Exemple de courbe hauteur-débit .....	39
Figure 32. Paramètres à considérer dans la formule de Manning (conduite circulaire).....	43
Figure 33. Exemple de courbe d'étalonnage d'une pompe .....	46
Figure 34. Minuterics et enregistreurs de données.....	48
Figure 35. Niveaux de confiance selon la variation des paramètres fréquence, intervalle et période.....	51
Figure 36. Ajustement de la fréquence des mesures en fonction de la variabilité du prélèvement .....	52
Figure 37. Débit dont la variation correspond à une courbe sinusoïdale .....	55

## **INTRODUCTION**

L'eau constitue une denrée rare et précieuse sur le plan mondial. Elle est souvent source de convoitise et parfois de conflits. Au Québec, même si elle s'avère abondante, elle n'est pas répartie également sur l'ensemble du territoire. Devant les pressions sans cesse croissantes exercées sur l'eau du territoire, la population a manifesté son inquiétude et son désir de la voir protégée et préservée pour son propre bénéfice et celui des générations futures.

Avec le dépôt de la Politique nationale de l'eau (PNE), en novembre 2002, le gouvernement du Québec s'est engagé, entre autres, à améliorer ses connaissances sur les ressources en eau au Québec et à encadrer l'utilisation de l'eau, notamment par la déclaration des prélèvements en eau et par le développement de divers outils économiques. Ces outils visent, entre autres, à éveiller et à responsabiliser les différents acteurs de l'eau à la valeur de cette ressource, c'est-à-dire aux coûts inhérents à sa protection, à sa restauration et à sa mise en valeur; on parle alors du principe de l'utilisateur-payeur.

Le Règlement sur la déclaration des prélèvements d'eau a été adopté le 12 août 2009. Il a pour objet d'établir les exigences relatives au suivi et à la déclaration des quantités d'eau prélevées au Québec et constitue une étape essentielle avant l'implantation d'un système de tarification volumétrique. En effet, le neuvième engagement de la PNE porte explicitement sur le « développement progressif d'un régime de redevances pour l'utilisation des ressources en eau du Québec », engagement qui permettra une gestion plus efficace des usages de l'eau en rendant visibles leurs véritables coûts. Ces actions permettront d'améliorer à la fois la gouvernance de l'eau et la protection de l'environnement.

L'évaluation des volumes d'eau prélevés doit se faire à l'aide d'équipements de mesure répondant aux exigences du Règlement ou, si aucun équipement de mesure n'est en place, à l'aide d'une méthode d'estimation attestée par un professionnel reconnu. L'installation de compteurs d'eau n'est pas obligatoire, mais le deviendra lors de l'instauration de la tarification volumétrique. À défaut d'utiliser la méthode par estimation, les quantités d'eau prélevées autorisées par le MDDEP pour chacun des sites de prélèvement pourront être utilisées comme déclaration des volumes prélevés.

Le présent document a pour objectifs de guider le préleveur dans la mise en place d'un système d'évaluation des volumes d'eau prélevés adapté à ses besoins. Il présente, de façon succincte et pratique, les équipements de mesure les plus utilisés, en abordant leur installation, leur utilisation et leur entretien, ainsi que les méthodes de mesure et d'estimation acceptables selon le MDDEP. En complément d'information, une liste à jour des méthodes de mesure rédigée par l'Organisation internationale de normalisation (ISO) est également fournie en annexe. Enfin, ce guide présente aussi la démarche de déclaration électronique prévue.

## 1. LA DÉTERMINATION DES DÉBITS – GÉNÉRALITÉS

### 1.1 Types de conduites et d'écoulements possibles

Deux types de conduites, soit découverte, soit fermée, sont utilisées pour prélever l'eau, selon l'intensité des débits prélevés et le type d'utilisation de l'eau. Dans le cas des conduites fermées, l'eau qui y circule est soit sous pression (on utilise également le terme *en charge*), soit à surface libre. Ainsi, les équipements de mesure des débits ou des volumes d'eau prélevés doivent d'abord et avant tout être adaptés à ces types d'installations.

Dans le présent document, on désigne par le terme *conduite sous pression* toute installation fermée où l'eau est soumise à une pression supérieure à la pression atmosphérique, telle que les systèmes d'adduction et de distribution d'eau potable. Le terme *écoulement à surface libre* s'applique à tout écoulement dont la surface demeure en contact avec l'air, qu'il s'effectue en conduite découverte ou fermée. On y trouve entre autres les canaux d'irrigation (conduite découverte) et les ponceaux (conduite fermée).

Les conduites peuvent être naturelles, tels que les ruisseaux et les rivières, ou artificielles, tels que les canaux, les fossés de drainage, les réseaux de distribution d'eau.

### 1.2 Modes de détermination des volumes prélevés

On peut déterminer les volumes prélevés en mesurant de façon continue la quantité d'eau qui circule dans l'installation de prélèvement ou en l'estimant.

#### 1.2.1 *La mesure en continu*

Le principe de la mesure en continu repose sur le fait que la totalité de l'eau prélevée est mesurée et enregistrée, ou cumulée, avec une précision jugée acceptable. Généralement, cette mesure s'effectue à l'aide de compteurs d'eau ou de débitmètres. Cependant, tout autre système mesurant la totalité de l'eau prélevée constitue un équipement de mesure acceptable. Outre le volume ou le débit, on peut, dans certains cas particuliers, mesurer d'autres paramètres représentatifs tels que le poids de l'eau ou sa vitesse et les convertir ensuite en volume d'eau prélevé.

Les compteurs d'eau fournissent une valeur cumulative relativement exacte et précise (généralement au décilitre près) du volume total qui s'est écoulé entre le début de l'écoulement et le moment de la lecture du compteur. Quant aux débitmètres, ils effectuent un grand nombre de mesures instantanées des débits et du temps à intervalles rapprochés et enregistrent ces mesures tout au long de l'écoulement. Les débits exprimant le volume d'eau déplacé par unité de temps et l'addition de tous les débits mesurés pour chacun des intervalles fournira le volume d'eau total déplacé au cours de la période visée. Les débitmètres permettent en outre de faire ressortir toutes les variations de débit survenues au

cours de la période, ce qui n'est pas possible avec un compteur d'eau.

Afin de fournir des valeurs représentatives de l'écoulement, les débitmètres doivent prendre au moins une mesure par minute. Au-delà de cet intervalle, la mesure devient ponctuelle et mène à une estimation. Les débitmètres offerts sur le marché répondent sans problème à ce critère, la plupart prenant plusieurs mesures par minute, voire plusieurs mesures par seconde.

### 1.2.2 L'estimation

Le Règlement sur la déclaration des prélèvements d'eau permet l'estimation des volumes d'eau prélevés de deux façons : soit que l'estimation se base sur des mesures ponctuelles, soit qu'elle se base sur des mesures indirectes. Dans le cas de mesures ponctuelles, l'écoulement n'est mesuré que partiellement dans le temps. Ainsi, on associe une valeur provenant d'une mesure instantanée de débit à une période de temps plus ou moins longue en présumant que l'écoulement a été constant tout au long de la période séparant deux mesures.

Dans le cas de mesures indirectes, un paramètre autre que le débit, le volume, la vitesse ou le poids de l'eau sert à évaluer, par l'entremise d'une courbe de corrélation, le volume d'eau prélevé. Pour qu'une telle estimation soit acceptable, la mesure et l'enregistrement des résultats doivent s'effectuer sur toute la période de prélèvement et, comme avec les débitmètres, le temps écoulé doit être associé à chacune des valeurs mesurées. Dans le cas d'une prise de mesures non cumulative, l'intervalle maximal acceptable entre deux mesures doit être d'une minute.

Les autres conditions permettant au préleveur de recourir aux estimations sont énoncées à la section 1.5.

## 1.3 Critères généraux de sélection, d'installation, d'entretien et d'étalonnage des équipements de mesure

### 1.3.1 Sélection de l'équipement de mesure

Comme mentionné précédemment, l'équipement de mesure doit être adapté au type d'installation de prélèvement en place. Par exemple, le compteur d'eau ne s'installe que sur des conduites sous pression, alors que le débitmètre est approprié aux canaux ouverts. Par ailleurs, les conditions particulières prévalant au point de mesure seront déterminantes dans la sélection de l'équipement le plus approprié. Une caractérisation préliminaire *in situ* concernant les éléments suivants est donc nécessaire :

- la qualité de l'eau (présence de matières en suspension, algues, sédiments, produits chimiques, etc.);
- la plage des débits à mesurer (déterminer les débits minimum et maximum);
- l'accessibilité à l'équipement de mesure (pour l'entretien, l'étalonnage et la lecture des données);

- les caractéristiques de l'écoulement (débit, turbulence, pression);
- le type de prélèvement effectué (en continu ou intermittent);
- le diamètre de la conduite, si la mesure du débit doit s'effectuer sur une conduite sous pression;
- la présence d'une source d'alimentation électrique;
- les conditions environnementales pouvant influencer le fonctionnement des équipements;
- l'espace disponible.

Les autres critères à considérer dans la sélection de l'équipement de mesure sont :

- la précision recherchée;
- les coûts d'achat et d'installation;
- les coûts et les exigences d'entretien et d'étalonnage;
- les contraintes inhérentes à la présence de certains appareils sur le système de prélèvement (ex. : pertes de pression attribuables à la présence de compteurs d'eau, de pièces mobiles, de restrictions à l'intérieur des conduites);
- les exigences d'installation inhérentes à certains équipements de mesure (ex. : longueur minimale de la section linéaire en amont, absence d'affluents ou de restrictions, ou autres éléments susceptibles de perturber l'écoulement au point de mesure);
- les méthodes de gestion des données;
- les besoins opérationnels.

Considérant le grand nombre d'appareils sur le marché et les multiples paramètres pouvant influencer sur leur sélection, il est recommandé de laisser l'exercice de sélection de l'équipement de mesure aux soins d'une personne expérimentée. Au moment de l'achat, on devra prendre soin d'obtenir toute l'information nécessaire au fonctionnement et à l'entretien de l'équipement, de même que le certificat d'homologation. Cette documentation devra demeurer disponible pour consultation dans le cadre du programme d'entretien de l'équipement.

Dans le cas d'appareils construits sur place (ex. : seuils de déversoir), on devra s'assurer que le système de mesure du débit pourra être actionné, entretenu et étalonné adéquatement.

### *1.3.2 Installation, entretien et étalonnage*

L'installation de l'équipement de mesure doit se faire en conformité avec toutes les caractéristiques techniques et précautions formulées par le fabricant. Selon les risques qui auront été prédéterminés localement, les équipements de mesure devraient être protégés contre les risques de feu, de gel, de décharge électrique, d'altérations dues à de l'eau chaude ou à la vapeur, de surchauffe, de coups de bélier, de dommages physiques ou de

vandalisme. L'installation, de même que le premier étalonnage avant la mise en service, devrait toujours être confiée à du personnel qualifié et expérimenté.

Un premier étalonnage est essentiel avant la mise en service de tout système de mesure. Dans tous les cas, la vérification de l'exactitude et l'étalonnage doivent se faire sur place, dans les conditions normales de prélèvement et de fonctionnement des équipements de mesure. Cette vérification s'effectue en comparant les résultats fournis par l'équipement de mesure du préleveur avec ceux d'une méthode de validation reconnue par le MDDEP, comme cela est stipulé à l'article 12 du Règlement. Pour plus d'information à ce sujet, consulter le chapitre 6.

Il importe également de préciser que le Règlement exige :

- qu'une vérification de l'exactitude soit effectuée pour chaque équipement (ou installation de mesure), minimalement une fois tous les trois ans pour les compteurs d'eau et une fois l'an pour les autres équipements de mesure;
- qu'un étalonnage soit également effectué après une modification des équipements et après tout changement pouvant avoir une incidence sur l'exactitude des mesures;
- que la vérification du système de transmission et de traitement des données, lorsqu'il y en a un, soit effectuée lors de l'étalonnage;
- que toute information obtenue lors d'un étalonnage soit minutieusement notée dans un registre pour une utilisation ultérieure afin de bien documenter la performance de l'équipement de mesure;
- que les réglages effectués pour corriger les erreurs de mesure soient notés au registre d'étalonnage.

Il est recommandé que la fréquence des vérifications de même que la liste des éléments à vérifier fassent partie d'un programme d'entretien prédéterminé, élaboré à partir des prescriptions du fabricant. Les bris, les déficiences constatées et les correctifs apportés aux éléments de mesure ou aux autres éléments pouvant influencer sur les mesures (ex. : état des conduites en amont de la prise de mesures) doivent aussi être notés dans un registre.

#### **1.4 Localisation de l'équipement de mesure ou de l'endroit de la prise de mesures**

L'équipement de mesure doit permettre de déterminer au moins une fois par mois le volume total d'eau prélevé pendant ce mois dans le milieu naturel. La mesure doit se faire sur place, plus précisément sur la prise d'eau elle-même. Aucun ouvrage de dérivation ou d'évacuation de l'eau ne peut être présent entre la prise d'eau et l'équipement de mesure, à moins que le débit de celui-ci ne soit lui-même mesuré.

Les sections suivantes illustrent la localisation possible des équipements de mesure en situation particulière, c'est-à-dire lorsqu'il y a sur place plus d'une prise d'eau ou lorsqu'il s'y trouve un ouvrage de dérivation.

#### 1.4.1 En présence de plusieurs prises d'eau pour un même préleveur

Il peut arriver qu'un préleveur soit pourvu de plusieurs prises d'eau. Un équipement de mesure doit être installé sur chaque prise d'eau; le volume prélevé et mesuré devra être additionné aux fins de la déclaration mensuelle transmise au MDDEP ( $A + B = C$ , figure 1).

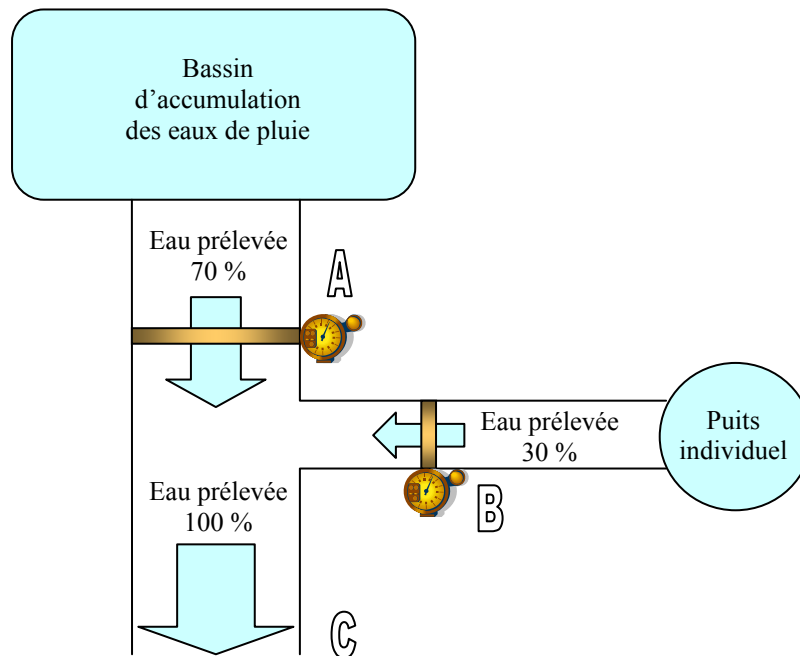


Figure 1. Localisations possibles des équipements de mesure en présence de plusieurs prises d'eau

#### 1.4.2 En présence d'ouvrages de dérivation

Dans certains cas, la quantité d'eau utilisée par le préleveur ne représente qu'une fraction de l'eau prélevée. Si le préleveur mesure seulement ce qu'il utilise (B, figure 2), il ne pourra pas connaître la quantité totale prélevée, à moins qu'il n'installe un second équipement de mesure au site de rejet de l'eau dérivée (non utilisée) (C). Dans ce dernier cas, les volumes totaux d'eau mesurés mensuellement par les deux équipements devront être additionnés ( $B + C$ ) afin d'obtenir la quantité totale de l'eau prélevée. Outre cette possibilité, le préleveur pourrait opter pour l'installation d'un équipement de mesure au site de prélèvement (A) et ainsi mesurer directement la quantité réellement prélevée.

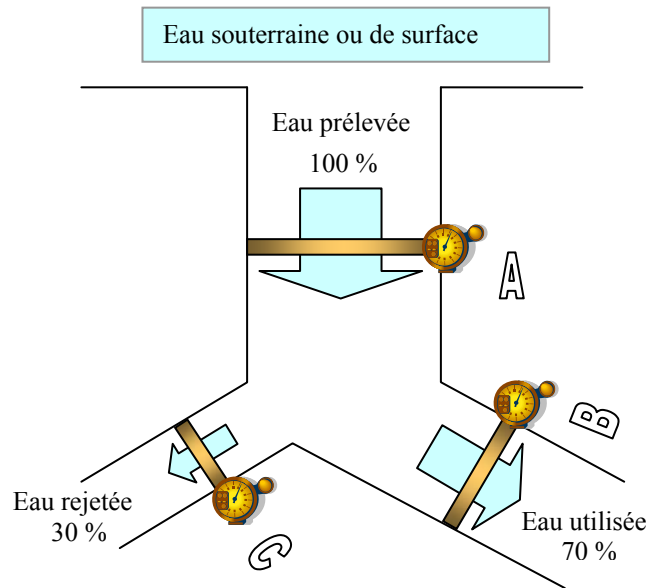


Figure 2. Localisations possibles des équipements de mesure en présence d'ouvrages de dérivation

## 1.5 Conditions permettant le recours aux estimations

Pour que les estimations mènent à des résultats acceptables en matière d'exactitude et de précision, les conditions suivantes doivent être satisfaites :

- 1- Le temps de prélèvement à associer à chaque mesure est toujours connu;
- 2- L'estimation repose sur des mesures effectuées sur place, soit au site de prélèvement;
- 3- Dans le cas de mesures ponctuelles :
  - le régime du prélèvement est statistiquement prévisible;
  - l'intervalle entre deux mesures est ajusté selon la variabilité du prélèvement;
  - l'erreur liée à l'équipement de mesure est d'au plus 10 %;
  - les mesures utilisées pour les estimations sont strictement celles prises à l'intérieur des périodes de prélèvement (soit à l'intérieur des limites de la population statistique).

L'estimation ne peut pas reposer sur :

- des données statistiques non mesurées chez le préleveur;
- des données mesurées ailleurs qu'au site de prélèvement;
- des corrélations avec la production industrielle du préleveur;
- des mesures partielles, c'est-à-dire des mesures qui ne tiennent pas compte de la totalité de la période de prélèvement.

La marge d'erreur de l'estimation du volume total mensuel ne peut pas dépasser  $\pm 25 \%$ .

*Estimations en cas de mauvais fonctionnement des appareils de mesure en continu*

Une estimation, sur une base temporaire, peut devoir être effectuée dans le cas où l'équipement de mesure et d'enregistrement en continu est brisé ou défectueux ou lorsque des travaux d'entretien ou d'étalonnage sont en cours. Dans ce cas, l'estimation devra respecter les règles suivantes :

- En cas d'arrêt ou de mauvais fonctionnement de l'équipement de mesure ou si une erreur d'enregistrement est détectée depuis un relevé précédent, on estime les volumes d'eau prélevés durant la période problématique en se fondant sur la moyenne des cinq jours de prélèvements semblables les plus récents.
- Dans tous les cas où l'équipement de mesure n'a pu être remis en état ou remplacé pendant une période d'un mois ou plus, le préleveur doit, pour chaque mois, calculer ou faire calculer tous les volumes d'eau prélevés estimés et convertis en mètres cubes ainsi que la marge d'erreur, exprimée en pourcentage, de l'évaluation effectuée, selon la méthode d'estimation utilisée. Cette estimation doit être attestée par un professionnel.
- Lorsque, pour des travaux d'entretien ou d'étalonnage, une dérivation entre la source d'eau et le débitmètre ou le compteur d'eau est effectuée, une estimation de la quantité d'eau doit être calculée pour la durée de la dérivation. Les données relatives au volume et au temps de la dérivation doivent être inscrites au registre. Tous les débits dérivés doivent être mesurés aussi près que possible du point de dérivation.

## **2. LES ÉQUIPEMENTS DE MESURE EN CONTINU**

Ce chapitre vise à éclairer le préleveur dans le choix, l'installation et l'utilisation d'un équipement reconnu effectuant la mesure directe et l'enregistrement des volumes d'eau en continu. L'information est présentée selon les deux systèmes d'écoulement possibles : en conduite sous pression, ou à surface libre.

Par ailleurs, certains des équipements présentés peuvent aussi être utilisés lors d'exercices d'estimations, dont les méthodes seront abordées au chapitre suivant.

### **2.1 Équipements de mesure sur une conduite sous pression**

Deux types d'équipements de mesure peuvent être installés sur une conduite sous pression : les débitmètres et les compteurs. Leur principale différence réside dans le fait que les débitmètres mesurent à la fois le volume et le temps du prélèvement, alors que les compteurs ne mesurent que le volume d'eau écoulé.

Pour permettre la détermination du volume total écoulé au cours d'une période donnée, les débitmètres doivent également être munis d'un enregistreur en continu, ce qui n'est pas nécessaire avec les compteurs d'eau, car ces derniers affichent en tout temps la valeur cumulative du volume prélevé depuis le début de l'écoulement.

L'enregistreur en continu du débitmètre est généralement intégré à l'appareil, quoiqu'il puisse aussi constituer un élément distinct relié à l'appareil de mesure. L'ajout d'un ordinateur à ce système permet une conservation à plus long terme des données et accroît les possibilités de traitement de celles-ci à l'aide de logiciels spécialisés.

#### *2.1.1 Débitmètres*

Les débitmètres placés sur des conduites sous pression mesurent le débit de différentes façons : différences de pression, vitesse ou fréquence d'une onde, intensité d'un courant électrique, etc. Selon leur mode de fonctionnement, certains débitmètres s'installent à l'intérieur de la conduite, freinant plus ou moins l'écoulement et entraînant une perte de pression dans celle-ci, alors que d'autres s'installent à l'extérieur et ne nuisent pas à l'écoulement.

#### **Débitmètre Venturi**

Ce débitmètre se rencontre fréquemment dans les industries et les stations de traitement municipales pour les conduites sous pression d'un diamètre variant entre 25 et 3 000 mm. Il se caractérise par sa simplicité d'utilisation, sa durabilité et sa fiabilité.

Il fait partie des débitmètres dont le principe est basé sur la mesure d'un différentiel de pression créé par une restriction. Dans ce cas, la pression est mesurée en amont et au niveau de la restriction où la vitesse augmente et la pression diminue. Le différentiel de pression est mesuré par un capteur. Il est directement proportionnel au carré de la vitesse.

Ses coûts d'achat et d'installation sont généralement abordables, mais élevés pour les grandes unités. S'il est bien installé, sa précision est de  $\pm 0,75 \%$ .

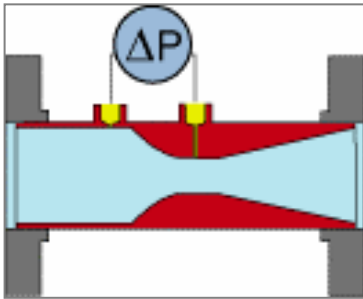


Figure 3. Débitmètre Venturi

Tableau 1 : Avantages et inconvénients du débitmètre Venturi

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>• Longue durée de vie de l'élément primaire : plus de 50 ans.</li><li>• Construction très simple.</li><li>• Possibilité de lecture à distance.</li><li>• Perte de pression minimale, s'il est bien dimensionné.</li><li>• Très bien documenté.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Plage de débits limitée; le bon dimensionnement est essentiel.</li><li>• Possibilité de colmatage des prises de pression par les matières en suspension (MES) et de gel en cas d'exposition au froid.</li><li>• Électricité requise pour le capteur de pression différentielle et le traitement du signal.</li></ul>

#### Débitmètre à plaque à orifice

Il est basé sur le même principe que le Venturi. C'est un orifice en acier inoxydable qui constitue la restriction. On le rencontre fréquemment dans les industries munies de conduites sous pression de 25 mm et plus. Les prises de pression sont généralement placées à une distance équivalant au diamètre de la conduite en amont de la plaque et à une distance équivalant à la moitié du diamètre de la conduite en aval de la plaque. Ses coûts d'achat et d'installation sont moins élevés que pour le débitmètre Venturi. S'il est convenablement installé, sa précision est de  $\pm 1 \%$  à  $\pm 2 \%$ .



Figure 4. Débitmètre à plaque à orifice

**Tableau 2 : Avantages et inconvénients du débitmètre à plaque à orifice**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longue durée de vie : plus de 30 ans.</li> <li>• Installation et remplacement faciles.</li> <li>• Possibilité de lecture à distance.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perte de pression plus élevée qu'avec le Venturi.</li> <li>• Plage de débits limitée, donc le bon dimensionnement est essentiel.</li> <li>• Électricité requise pour le capteur de pression différentielle et le traitement du signal.</li> </ul>

### Débitmètre à cône en V

Apparu sur le marché plus récemment que les autres membres de la famille des débitmètres à pression différentielle, le débitmètre à cône en V est pourvu d'un cône qui crée le différentiel de pression à l'intérieur de la conduite. Il convient aux conduites qui ont un diamètre variant entre 15 mm et 1 800 mm. Ses coûts d'achat et d'installation sont moyennement élevés. En conditions idéales d'installation, sa précision est de  $\pm 2\%$ .



**Figure 5. Débitmètre à cône en V**

**Tableau 3 : Avantages et inconvénients du débitmètre à cône en V**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convient à une plage de débits plus élevée que les débitmètres Venturi ou à plaque à orifice.</li> <li>• Possibilité de lecture à distance.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Électricité requise pour le capteur de pression différentielle et le traitement du signal.</li> <li>• Perte de pression moyenne.</li> <li>• Le cône, susceptible de retenir des dépôts, peut requérir un nettoyage fréquent.</li> </ul>

### Débitmètre magnétique

Le débitmètre magnétique est basé sur le principe de Faraday. Un champ magnétique est créé autour d'une section de la conduite. L'eau qui passe à travers ce champ magnétique génère un courant induit proportionnel à la vitesse du débit. Ce type de débitmètre est de plus en plus utilisé dans les industries et les municipalités. La gamme convient à des conduites de 2,5 mm à 3 000 mm de diamètre. L'écoulement doit toujours être sous pression, aussi est-il préférable de l'installer sur une conduite verticale avec un écoulement d'eau

ascendant. Il peut aussi être installé en position horizontale. Ses coûts d'achat et d'installation sont moyennement élevés pour les conduites de plus de 150 mm de diamètre, mais élevés pour celles de plus petit diamètre. Sa précision est de  $\pm 0,5 \%$ .



Figure 6. Débitmètre magnétique

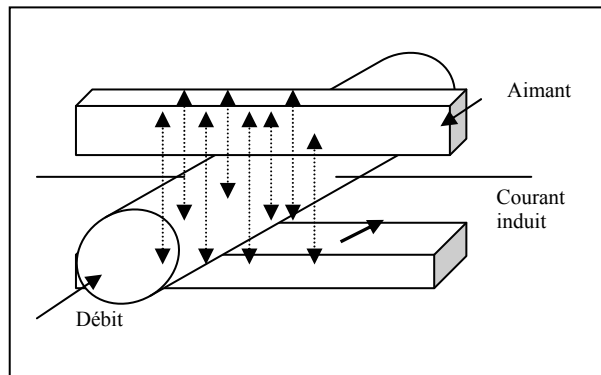


Figure 7. Schéma du débitmètre magnétique

Tableau 4 : Avantages et inconvénients du débitmètre magnétique

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>• Convient à une large plage de débits.</li><li>• Possibilité de lecture à distance.</li><li>• Pas d'obstruction pour le courant d'eau, donc perte de pression négligeable.</li><li>• Possibilité d'un mesurage bidirectionnel.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Nécessite une présence d'ions pour assurer une conductivité de l'eau d'au moins <math>5 \mu\text{S/cm}</math>.</li><li>• L'appareil est très sensible à la géométrie et aux propriétés électriques de la conduite.</li><li>• Plusieurs modèles nécessitent une alimentation électrique de 120 V ca.</li></ul>

### Débitmètre ultrasonique

Dans cette catégorie, on trouve des équipements basés sur deux principes différents : le temps de transit et l'effet Doppler. Le premier type utilise la variation de la fréquence de l'onde réfléchiée et le deuxième, celle de la vitesse de transmission d'une onde dans l'eau en mouvement.

Comme ces équipements peuvent être installés à l'extérieur de la conduite dont on veut mesurer le débit, ils sont très pratiques lorsque l'arrêt de l'alimentation en eau est presque impossible ou très coûteux.

### Débitmètre ultrasonique à temps de transit

Ce type d'appareil utilise un émetteur et un récepteur de signal (pulsation). Le signal sonore est envoyé dans la direction de l'écoulement et sa vitesse se trouve accélérée, tandis que le son envoyé dans le sens opposé de l'écoulement voit sa vitesse ralentie. La différence entre ces deux vitesses est fonction de la vitesse de l'écoulement et, par conséquent, du débit.

Comme la mesure est effectuée sur un court segment, la précision de la mesure de la vitesse est compromise par toute distorsion du profil de vitesse. Pour remédier à ce problème, une longue section de conduite rectiligne en amont, sans aucune perturbation de l'écoulement pour une distance équivalant à 10 ou 20 fois le diamètre de la conduite, selon les modèles, est nécessaire afin de maintenir une précision inférieure à 1 % d'erreur.

Ce débitmètre peut être utilisé dans des conduites ayant un diamètre situé entre 5 et 9 000 mm. Ses coûts d'installation et d'utilisation sont faibles. S'il est bien installé et étalonné, sa précision varie d'environ  $\pm 0,5\%$  à  $\pm 2,5\%$ .

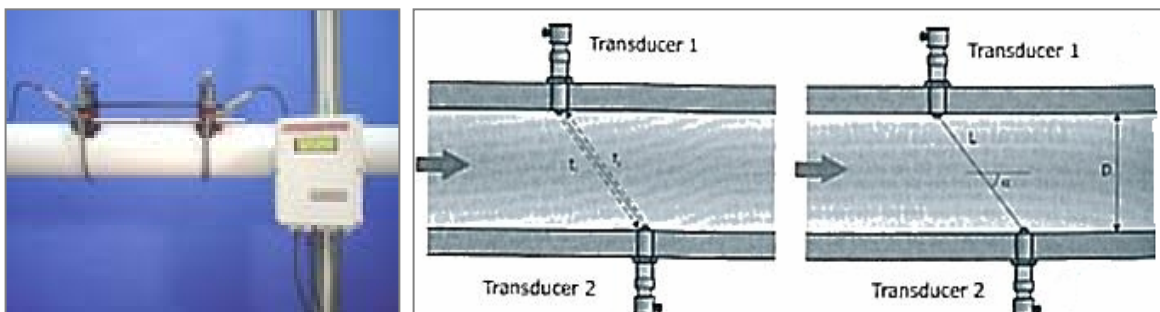


Figure 8. Débitmètre ultrasonique à temps de transit

Tableau 5 : Avantages et inconvénients du débitmètre ultrasonique à temps de transit

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>• Possibilité de lecture à distance.</li><li>• Pas d'obstruction pour le courant d'eau, donc pas de perte de pression.</li><li>• Ne nécessite pas une conductivité de l'eau minimale pour fonctionner, comme c'est le cas pour les débitmètres magnétiques.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• L'installation peut être influencée par la condition de la conduite existante.</li><li>• Électricité requise pour la mesure et le traitement du signal.</li><li>• Mesure la vitesse moyenne du profil d'écoulement et non la vitesse moyenne pondérée selon la surface du profil.</li><li>• Très sensible aux changements de la composition de l'eau.</li></ul>

### Débitmètre ultrasonique à effet Doppler

La mesure est basée sur le principe suivant : un émetteur envoie une onde ou une vibration dans le courant d'eau contenant des particules ou des bulles d'air. Ces dernières altèrent la fréquence de l'onde qui est reçue par la sonde réceptrice. Le différentiel de fréquence ainsi produit est fonction de la vitesse de l'écoulement. Les coûts d'achat et d'installation de ce débitmètre s'échelonnent de moyens, pour les petites conduites, à faibles, pour les conduites de plus de 300 mm. L'erreur varie de 3 % à 5 %.

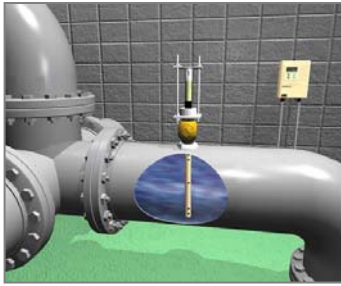
**Tableau 6 : Avantages et inconvénients du débitmètre ultrasonique à effet Doppler**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>• Possibilité de lecture à distance.</li><li>• Pas d'obstruction pour le courant d'eau, donc perte de pression négligeable.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Installation possiblement influencée par la condition de la conduite existante.</li><li>• Électricité requise pour la mesure et le traitement du signal.</li><li>• Exigences d'entretien élevées et étalonnage fréquent.</li><li>• Très sensible aux perturbations de l'écoulement.</li></ul>

### Débitmètre à insertion

Les débitmètres de cette famille ont en commun l'insertion d'une sonde dans l'écoulement. Cette insertion est faite sous pression, sans interrompre l'alimentation, ce qui constitue un avantage majeur dans plusieurs cas. Ces débitmètres sont utilisés dans des conduites dont le diamètre varie de 100 à 3 000 mm. La sonde insérée peut utiliser différents principes : une turbine, un levier, un système à vortex, un tube de Pitot ou une sonde magnétique.

Certains de ces appareils, tels que ceux à turbine, à levier et à tube de Pitot, nécessitent beaucoup d'entretien et sont sensibles aux perturbations de l'écoulement. Les modèles magnétiques et à vortex nécessitent moins d'entretien et le modèle magnétique multipoint offre une moindre restriction envers les conditions d'installation, car il mesure la moyenne des vitesses le long du diamètre de la conduite. Les coûts d'achat et d'installation sont généralement moyennement élevés pour les petites conduites et faiblement élevés pour les conduites de plus de 300 mm. L'erreur varie entre  $\pm 0,75$  % et 5 %, selon les modèles.



**Figure 9. Débitmètre magnétique**



**Figure 10. Débitmètre à turbine multipoint**



**Figure 11. Débitmètre magnétique**



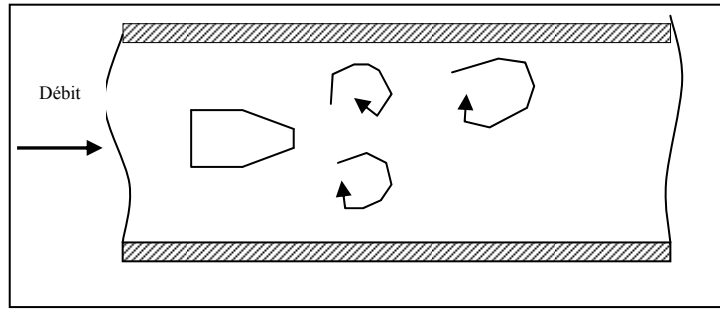
**Figure 12. Débitmètre à tube de Pitot**

**Tableau 7 : Avantages et inconvénients du débitmètre à insertion**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capable de mesurer les petits débits.</li> <li>• Perte de pression minime.</li> <li>• Possibilité de lecture à distance.</li> <li>• L'installation peut être réalisée sous pression, sans interruption de l'écoulement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'installation exige une conduite en bonne condition.</li> <li>• Besoin d'une source de courant externe pour certains modèles.</li> <li>• Exigences d'entretien élevées et étalonnages fréquents.</li> <li>• Très sensible aux perturbations du débit.</li> <li>• Le débitmètre à sonde magnétique nécessite une conductivité minimale de l'eau de 10 <math>\mu\text{S/cm}</math>.</li> </ul>

### Débitmètre à vortex

Un train de tourbillons (vortex) est induit en aval d'un obstacle placé dans l'écoulement. La distance entre ces tourbillons est reliée à la vitesse de l'écoulement. En pratique, on mesure la fréquence à laquelle les tourbillons se produisent. Peu utilisé par les municipalités, le débitmètre à vortex est employé surtout dans les installations industrielles. Les coûts d'achat et d'installation s'échelonnent de moyennement élevés à élevés. Sa précision de  $\pm 0,75 \%$ .



**Figure 13. Débitmètre à vortex**     **Figure 14. Principe de fonctionnement du débitmètre à vortex**

**Tableau 8 : Avantages et inconvénients du débitmètre à vortex**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perte de pression moyenne.</li> <li>• Installation très simple.</li> <li>• Peu d'entretien, car pas de pièces mobiles.</li> <li>• Possibilité de lecture à distance.</li> <li>• Longue durée de vie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensions de conduites possibles limitées.</li> <li>• Très sensible à l'écoulement (débit).</li> <li>• Limité par la vitesse de l'écoulement (maximum de 5 m/s).</li> </ul>

### 2.1.2 Compteurs

Les compteurs placés sur des conduites fermées mesurent les volumes de différentes façons : comptage de tours, mesure de la vitesse de rotation, comptage d'opérations de remplissage ou d'alternances hydrauliques, etc. Généralement, les compteurs sont plus faciles à installer que les débitmètres. Indépendamment de leur mode de fonctionnement, ils s'intègrent directement à la conduite et en deviennent une partie intégrante. La présence de pièces mobiles internes freine plus ou moins l'écoulement et entraîne une perte de pression dans la conduite. Ces appareils sont généralement destinés à mesurer de l'eau propre.

#### Compteurs à turbine et à hélice

Ces compteurs sont équipés de rotors (hélice ou turbine) placés directement sur la trajectoire de l'écoulement. La vitesse de rotation est directement proportionnelle à la vitesse de l'eau. L'utilisation de ces appareils est plus fréquente dans l'industrie et les municipalités. La dimension du compteur varie et peut convenir à des conduites de 50 à 500 mm de diamètre pour les compteurs à turbine et de 50 à 1 800 mm de diamètre pour les compteurs à hélice. Ils doivent être installés en amont du compteur, sur des sections de conduite linéaires sans obstruction ni changement de direction sur une longueur équivalant à 5 à 10 fois le diamètre de la conduite. Leurs coûts d'achat et d'installation sont moyennement élevés. La précision, qui dépend grandement de l'étalonnage et de l'installation, varie d'environ  $\pm 0,5 \%$  à  $2 \%$ .



Figure 15. Compteur à turbine

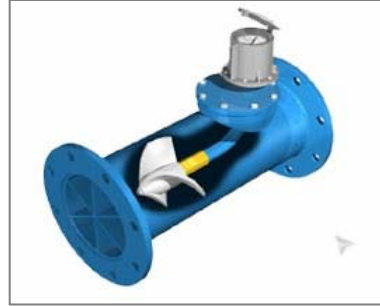


Figure 16. Compteur à hélice

Tableau 9 : Avantages et inconvénients des compteurs à turbine et à hélice

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>• Provoque une perte de pression faible à moyenne qui diminue avec la dimension du compteur.</li><li>• Ne nécessite pas de source électrique externe.</li><li>• Possibilité de lecture à distance.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Entretien et lubrification requis pour maintenir la précision.</li><li>• La précision diminue sensiblement dans les faibles débits.</li><li>• L'usure de la surface des hélices et de la turbine altère la précision de l'appareil. La friction de roulement influence la performance du compteur, surtout pour les petits débits.</li><li>• Précision sensible à la qualité de l'eau.</li><li>• Très sensible aux perturbations de l'écoulement.</li></ul>

### Compteur à jets

Ce type de compteur est une variante du compteur à turbine. L'eau s'écoule tangentiellement aux ailettes de la roue et fait tourner cette dernière. La vitesse de rotation de la roue est directement proportionnelle à la vitesse de l'eau. Il existe deux variantes de ces compteurs : à jet unique et à jets multiples. Si ce compteur est installé adéquatement, sa précision est de  $\pm 2\%$ .

#### *Compteur à jet unique*

Ce compteur est l'équipement le plus utilisé dans le secteur commercial, en raison de son faible coût, de sa grande fiabilité et de sa plage de débits. Ses dimensions peuvent convenir à des conduites dont le diamètre varie de 7 à 150 mm.

#### *Compteur à jets multiples*

Ce compteur est utilisé à des fins domestiques et d'irrigation. Son principe de fonctionnement est le même que celui à jet unique. La seule différence réside dans le fait que l'eau est en

contact avec la roue tout au long de son périmètre. Ce type de compteur convient à des conduites de 15 à 150 mm de diamètre. Il demande une installation précise. L'axe de la roue doit être vertical. Ses coûts d'achat et d'installation sont faibles.



Figure 17. Compteur à jet unique



Figure 18. Compteur à jets multiples

Tableau 10 : Avantages et inconvénients du compteur à jets

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>• Possibilité de lecture à distance.</li><li>• Technologie éprouvée et fiable.</li><li>• Résistant aux matières en suspension (solides).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sensible au positionnement de l'axe de rotation du roulement. Celui-ci doit être bien placé verticalement (pas d'inclinaison).</li><li>• Provoque une perte de pression relativement élevée.</li><li>• Les petits compteurs sont sujets à l'obstruction de la crépine (tamis), ce qui provoque des erreurs de comptage.</li></ul>

#### Compteur volumétrique à déplacement positif

Dans ce type de compteur, toute l'eau passe par une chambre de volume connu qui se remplit et se vide grâce à un piston ou à un disque. Le comptage consiste à enregistrer le nombre d'opérations successives. Ce compteur est utilisé dans de nombreuses applications pour des conduites dont le diamètre est de 65 mm ou moins. Ses coûts d'achat et d'installation sont faibles. Sa précision est de  $\pm 2\%$ .



Figure 19. Compteur volumétrique

Tableau 11 : Avantages et inconvénients du compteur volumétrique à déplacement positif

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>• Possibilité de lecture à distance.</li><li>• Technologie fiable et éprouvée.</li><li>• Longue durée de vie (jusqu'à 20 ans).</li><li>• Pas influencé par les perturbations de l'écoulement.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Non disponible pour des conduites de plus de 150 mm de diamètre.</li><li>• Provoque une perte de pression moyenne à élevée.</li><li>• Sensible à la quantité de MES.</li></ul>

### Compteur combiné

Ce type de compteur comprend en parallèle un compteur à déplacement positif ou à jets multiples pour les petits débits et un compteur à turbine pour les débits un peu plus grands. Il est utilisé lorsque les débits couvrent une grande plage, comme dans les institutions ou dans certaines entreprises. Il convient à des conduites de 50 mm à 250 mm de diamètre. Sa précision est de  $\pm 2 \%$ .



Figure 20. Compteur combiné

Tableau 12 : Avantages et inconvénients du compteur combiné

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>• Convient à une large plage de débits.</li><li>• Possibilité de lecture à distance.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Coût d'achat très élevé.</li><li>• Perte de pression moyenne à élevée.</li><li>• Sensible à la quantité de MES.</li><li>• Légère sous-estimation des débits lors de la transition de l'écoulement d'un compteur à l'autre.</li></ul>

### Compteur électronique statique à oscillation fluïdique

Ce compteur ne comporte aucune pièce mobile. L'écoulement dans la chambre de mesure génère une alternance hydraulique et l'on compte le nombre de ces alternances. Ces compteurs couvrent une gamme de conduites d'un diamètre de 15 à 50 mm. Son coût d'achat est élevé. Sa précision varie de  $\pm 1$  à 2 %.



Figure 21. Compteur à oscillation fluïdique

Tableau 13 : Avantages et inconvénients du compteur à oscillation fluïdique

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>• N'est pas influencé par la présence de MES.</li><li>• Possibilité de lecture à distance.</li><li>• Ne comptabilise pas l'air.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Installation horizontale seulement.</li><li>• Provoque une perte de pression moyenne à élevée.</li></ul>

#### 2.1.3 Installation

Une installation adéquate est cruciale pour la précision et la fiabilité des mesures fournies par les compteurs et les débitmètres. L'installation doit permettre un fonctionnement optimal de l'équipement de mesure de même qu'une bonne accessibilité à celui-ci pour la lecture des données de débit, l'entretien et l'étalonnage. Beaucoup de compteurs, à l'exception des compteurs volumétriques, sont sensibles aux perturbations de l'écoulement; c'est pourquoi ces appareils doivent être installés sur des sections linéaires de conduite, sans aucune perturbation, en respectant les distances requises en amont et en aval de l'appareil. Le non-respect de cette exigence peut entraîner un biais important dans les données récoltées.

D'autres éléments sont également à considérer :

- le respect des exigences du fabricant concernant l'orientation (horizontale ou verticale) de l'appareil;
- le fait que certains débitmètres ou compteurs sont sensibles aux matières en suspension (MES). Un tamis (crépine) en amont de l'appareil est recommandé;
- la protection contre les éléments externes tels que le gel et le soleil;
- l'installation de valves ou de dérivation pour isoler l'appareil lors d'interventions d'entretien, d'étalonnage ou de remplacement;
- l'installation d'un dispositif antirefoulement pour éviter les erreurs de comptage;

- la prévision des pertes de pression de l'ensemble;
- l'installation de supports pour la tuyauterie et le compteur pour prévenir les vibrations qui entraînent une usure prématurée;
- le respect des instructions des fabricants.

#### Exemple d'une installation de mesure sur une conduite sous pression

La figure 22 présente un exemple typique d'installation de compteur d'eau comme celui à turbine, combiné ou à jet unique.

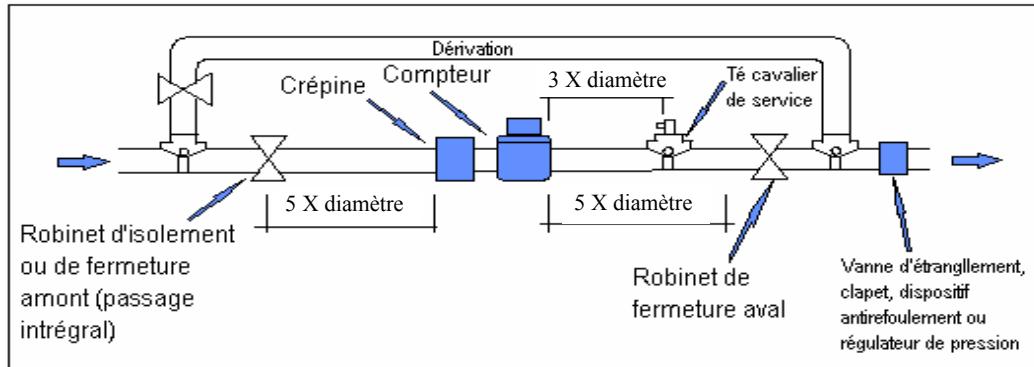


Figure 22. Schéma type d'installation d'un compteur d'eau

Comme on peut le remarquer dans ce schéma, l'installation comporte une dérivation. Cette dérivation est recommandée pour assurer l'alimentation continue en eau en cas de bris d'équipement. Elle permet également l'entretien et l'étalonnage du compteur.

#### 2.1.4 Entretien et remplacement

Tout appareil de mesure nécessite un entretien et un suivi pour assurer son bon fonctionnement. La fréquence de l'entretien varie selon le type d'appareil et les indications du fabricant, la nature de son utilisation et la qualité de l'eau. L'entretien des compteurs et des débitmètres vise surtout à assurer leur précision et leur fiabilité. Un débitmètre ou un compteur détériorés doivent être réparés ou remplacés sans délai.

Les compteurs et débitmètres comprennent des parties fixes et parfois des parties mobiles. Avec le temps, ils sont sujets à l'usure, à la corrosion, aux fuites, à l'entartrage et au colmatage.

L'opération d'entretien comprend l'inspection des parties externes et internes des appareils. On nettoie ou sable les surfaces corrodées ou entartrées. On recherche aussi la présence de fissures sur la vitre des compteurs. Les parties mobiles telles que les roues, les ailettes, les axes, les engrenages, les disques, les pistons, selon le type d'appareil, doivent être vérifiées minutieusement. Selon le cas, ces éléments peuvent être nettoyés ou remplacés. Dans le cas des débitmètres, l'installation ou le remplacement, le nettoyage interne et les réparations devraient être confiés à un spécialiste ou au fabricant.

### 2.1.5 Résolution de problèmes

Le tableau suivant présente les problèmes les plus fréquemment rencontrés et leurs solutions.

**Tableau 14 : Problèmes les plus fréquents**

Problèmes	Solutions
<b>Précision difficile à conserver</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Respecter les instructions du fabricant.</li><li>- Établir et respecter un plan d'entretien.</li><li>- Vérifier la qualité de l'eau.</li></ul>
<b>Mesure du débit inadéquate</b>	La plage de débits ne convient pas à l'équipement utilisé. Remplacer par un équipement approprié à cette plage.
<b>Colmatage et obstruction des orifices, des aubes et des tamis</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Vérifier la qualité de l'eau et le choix du compteur ou du débitmètre.</li><li>- Nettoyer régulièrement les parties internes.</li></ul>
<b>Usure des pièces mobiles</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Installer adéquatement l'appareil.</li><li>- Remplacer les pièces selon les recommandations du fabricant.</li></ul>
<b>Manque d'espace et difficulté d'accès</b>	Prévoir avant l'installation.
<b>Source d'énergie électrique non disponible</b>	Choisir un appareil en conséquence.
<b>Bris fréquents</b>	Protéger contre les aléas du climat (le gel et les changements brusques de température).

### 2.1.6 Comparaison des équipements de mesure

Afin de faciliter le choix de l'équipement le plus approprié au préleveur, le tableau 15 réunit l'information pertinente relative à chacun des équipements de mesure présentés dans ce chapitre.

**Tableau 15 : Caractéristiques et critères d'installation des débitmètres et des compteurs sur des conduites sous pression**

Débitmètres et compteurs	Débitmètres							Compteurs				
	Venturi	Plaque à orifice	Cône en V	Magnétique	Ultrasonique	Insertion	Vortex	Turbine et hélice	Jets	Volumétrique	Oscillation fluidique	Combiné
Diamètre (mm)	25 à 3 000	25 et +	15 à 1 800	2,5 à 3 000	5 à 9 000	100 à 30 000	25 et +	50 à 1 800	7 à 150	15 à 65	15 à 50	50 à 250
Précision	± 0,75 %	1,00 à 2,00 %	± 2,00 %	± 0,50 %	0,50 à 2,50 %	0,75 à 5,00 %	± 0,75 %	0,50 à 2,00 %	± 2,00 %	± 2,00 %	1,00 à 2,00 %	± 2,00 %
Perte de pression	Petite	Moyenne à élevée	Moyenne	Petite	Nulle	Petite	Moyenne	Moyenne	Moyenne à élevée	Moyenne à élevée	Moyenne à élevée	Moyenne à élevée
Lecture à distance	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Source d'énergie requise	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non	Non
Intrusion dans la conduite	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Positionnement horizontal	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Positionnement vertical	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Section droite sans obstruction (amont)	10 à 20 Ø	15 à 60 Ø	Selon le fabricant	10 Ø	10 Ø	50 Ø	10 Ø	5 Ø	Selon le fabricant	Selon le fabricant	Selon le fabricant	Selon le fabricant
Section droite sans obstruction (aval)	5 Ø	5 Ø	Selon le fabricant	3 Ø	5 Ø	5 Ø	5 Ø	2 Ø	Selon le fabricant	Selon le fabricant	Selon le fabricant	Selon le fabricant
Sensible à la qualité de l'eau	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui
Coût	Abordable, mais élevé pour les grandes unités	Moins élevé que le débitmètre Venturi	Moyen	Moyen, mais élevé pour les petites unités	Faible	Moyen	Moyen à élevé	Moyen à élevé	Faible	Faible	Élevé	Très élevé
Remarques	Plage de débits limitée	Respect des vitesses de la plage de débits	Large plage de débits	Conductivité >5 µS/cm Large plage de débits	Sensible aux vibrations	Conductivité >10 µS/cm	Respect des vitesses de la plage de débits Sensible aux bulles d'air	Respect des vitesses de la plage de débits	Installation minutieuse	Installation simple	Installation simple	Large plage de débits

## **2.2 Installations de mesure dans un écoulement à surface libre**

Il peut arriver que la mesure du débit soit réalisée sur une conduite découverte ou fermée dont l'écoulement est à surface libre. Dans de tels cas, la mesure est habituellement effectuée dans une structure hydraulique, appelée « élément primaire », qui modifie l'écoulement et assure une relation connue entre la hauteur d'eau et le débit qui passe. Dans quelques cas, on peut aussi mesurer à la fois la hauteur et la vitesse de l'eau dans une section d'écoulement de forme connue. Les appareils de mesure ainsi utilisés en complément aux éléments primaires constituent l'élément secondaire de l'installation.

Dans le cas de telles installations, il s'agira de s'assurer que l'installation entière (élément primaire et secondaire) répond à l'exigence du MDDEP relativement à la précision, soit 10 %. L'exactitude de l'installation doit être vérifiée sur place au moins une fois l'an en comparant ses résultats avec une méthode de validation reconnue par le MDDEP.

### *2.2.1 Éléments primaires*

Les principaux éléments primaires de mesure du débit des écoulements à surface libre sont les canaux de mesure et les déversoirs.

Les canaux de mesure sont généralement des éléments préfabriqués installés dans un écoulement de façon temporaire ou permanente. Un canal de mesure est une structure hydraulique spécialement moulée qui provoque une restriction dans l'aire d'écoulement. Il fonctionne selon le principe du Venturi en diminuant l'aire d'écoulement, ce qui provoque l'augmentation de la vitesse et de la hauteur d'eau. Ces canaux possèdent généralement une section convergente, une section d'étranglement et une section divergente. Le débit est établi en mesurant la hauteur d'eau à un endroit précis dans le canal ou en amont de celui-ci, selon le cas. La hauteur d'eau qui traverse le canal est fonction du débit.

Les déversoirs sont des structures hydrauliques dont la forme géométrique est plus simple que celle des canaux de mesure. Ces structures sont construites dans une conduite ouverte pour mesurer la quantité de liquide qui s'écoule. Le liquide doit passer par-dessus une échancrure qui définit le type de déversoir utilisé. Les principaux déversoirs sont de type rectangulaire, triangulaire ou trapézoïdal et le débit est établi en mesurant la hauteur d'eau entre la base de l'échancrure et la surface de l'eau à une distance déterminée, en amont du déversoir.

Chaque type de canal et de déversoir est caractérisé par sa structure, sa forme et sa courbe hauteur-débit. On établit le débit en se servant de la formule ou de la table appropriée à la forme et à la dimension de la structure. Par conséquent, ces structures doivent être faciles d'accès pour permettre la lecture *in situ* et la vérification de la courbe hauteur-débit. De plus, elles doivent être suffisamment solides et résistantes à l'érosion pour faire face aux glaces et aux épisodes de crue. Il est à noter que lorsque l'eau est chargée de sédiments, il est préférable d'utiliser un canal de mesure, ce dernier retenant moins les dépôts de MES qu'un déversoir.

### Types de canaux de mesure

Parmi les différents types de canaux de mesure, on trouve : le canal Parshall (figure 23), le canal en H, le canal Palmer-Bowlus et le canal trapézoïdal.

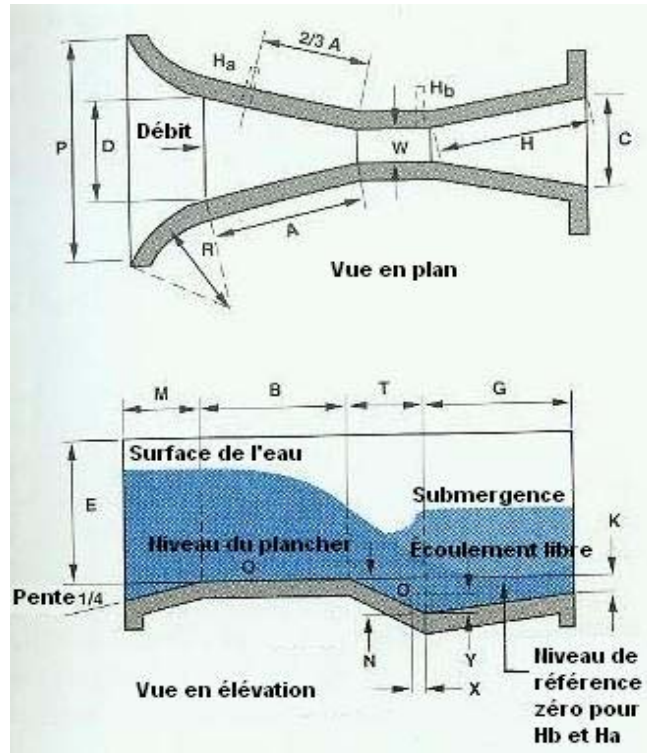


Figure 23. Canal Parshall

### Types de déversoirs

Les déversoirs les plus communs sont les déversoirs rectangulaires, triangulaires et trapézoïdaux (figure 24).



Figure 24. Déversoir trapézoïdal

Les figures suivantes présentent les types de déversoirs les plus souvent rencontrés, de même que les détails d'un déversoir à seuil mince.

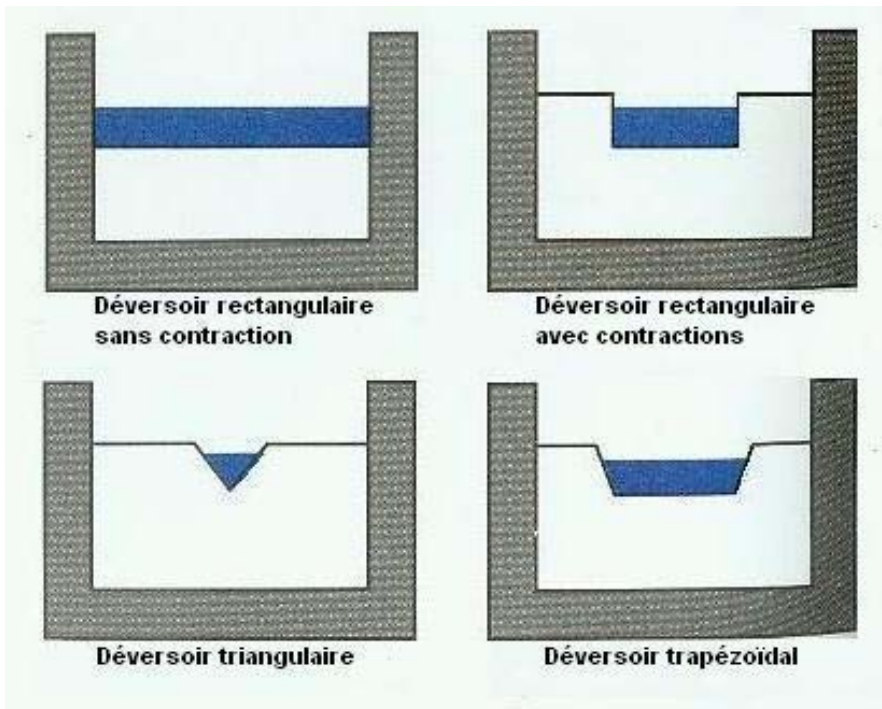


Figure 25. Déversoirs divers

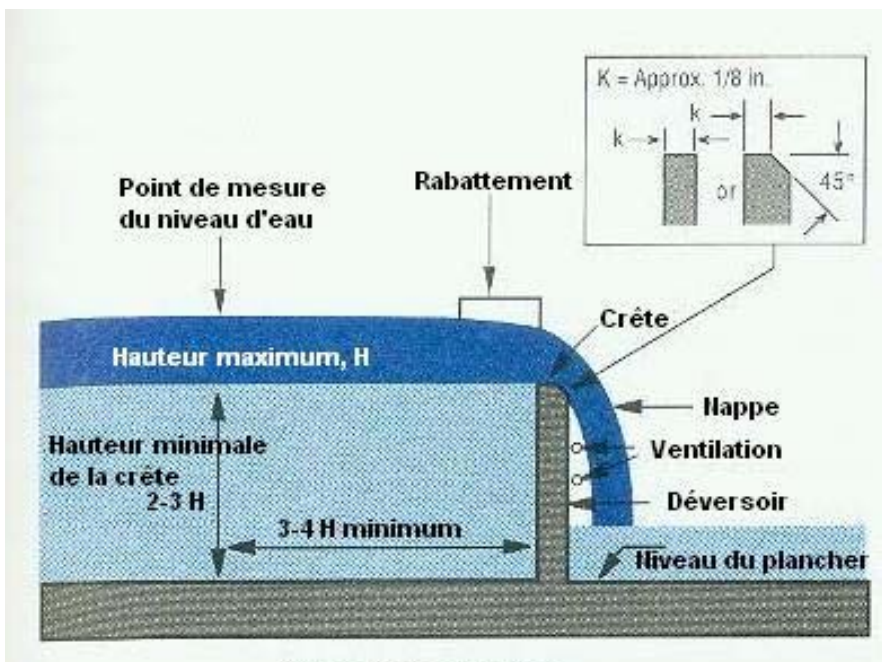


Figure 26. Déversoir à seuil mince

### **Précision des éléments primaires**

Les facteurs pouvant influencer la précision de l'élément primaire, en conditions normales de fonctionnement, sont la qualité de l'installation, sa géométrie et les conditions d'écoulement.

Pour avoir une bonne précision :

- l'augmentation du niveau doit être suffisante pour obtenir la relation entre le niveau et le débit;
- l'installation doit permettre d'obtenir un régime d'écoulement assez calme en amont du canal ou du déversoir;
- la vitesse d'écoulement doit être suffisante pour qu'il y ait un écoulement libre ou une ventilation, c'est-à-dire pour que l'air puisse passer librement sous la nappe (hauteur d'écoulement par-dessus l'arête du déversoir);
- la structure doit être au niveau transversalement et longitudinalement;
- la structure hydraulique doit être érigée en ligne droite avec le canal et perpendiculairement à l'écoulement;
- les dépôts de sédiments, d'herbes et d'autres débris qui s'accumulent en amont doivent être enlevés régulièrement;
- la structure doit aussi être vérifiée régulièrement pour s'assurer qu'elle ne présente pas de fissures qui causent des fuites.

En général, les marges d'erreur sont les suivantes :

*Canal de mesure :*

± 3,0 %, selon la qualité de l'installation et les conditions d'écoulement.

*Déversoir :*

± 2,0 %, selon la qualité de l'installation et les conditions d'écoulement.

### **Entretien et étalonnage des éléments primaires**

L'entretien et la vérification de l'exactitude des éléments primaires, réalisés de façon régulière, sont primordiaux pour maintenir la précision de la mesure. Ces travaux permettent d'augmenter la durée de vie de la structure, de réduire les coûts d'entretien ou de remplacement ainsi que les erreurs dans les mesures. Les structures hydrauliques doivent être régulièrement débarrassées des dépôts de sédiments, d'herbes et d'autres débris. La fréquence de l'entretien et de l'étalonnage varie selon le type de structure.

Dans le cas d'un canal de mesure, on doit s'assurer que :

- la structure hydraulique n'est pas déformée;
- l'amont du canal est dépourvu d'accumulations de sédiments et de détritiques;
- le canal soit inspecté mensuellement;
- l'exactitude du canal soit vérifiée tous les ans.

Dans le cas d'un déversoir, on doit s'assurer que :

- le déversoir ne contient pas de micro-organismes, d'algues et de végétaux;
- l'amont du déversoir est dépourvu d'accumulations de sédiments et de détritiques;
- la corrosion ou d'autres dommages n'altèrent pas la structure hydraulique;
- le déversoir est bien vertical et l'arête du déversoir, horizontale;
- l'exactitude du déversoir soit vérifiée tous les ans.

### 2.2.2 *Éléments secondaires*

Les débitmètres peuvent être installés autant dans une conduite circulaire à surface libre que dans une structure hydraulique de forme géométrique connue, comme un déversoir ou un canal de mesure. Leur rôle est de mesurer le niveau d'eau et de le convertir en débit. Parmi ces appareils, on trouve principalement le débitmètre bulle à bulle, le débitmètre ultrasonique, le débitmètre hauteur-vitesse et les débitmètres à sonde submergée.

#### **Débitmètre bulle à bulle**

Le débitmètre bulle à bulle utilise un compresseur interne qui pousse de l'air dans un tube submergé dans l'écoulement. La profondeur de l'eau est déterminée en mesurant la pression nécessaire pour forcer l'air à sortir du tube. L'appareil convertit cette profondeur en débit, selon le type d'élément primaire utilisé.

**Tableau 16 : Avantages et inconvénients du débitmètre bulle à bulle**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>• Installation facile.</li><li>• Données enregistrées sur graphique papier et sur mémoire interne autonome.</li><li>• Préprogrammé pour une utilisation avec la plupart des canaux et des déversoirs de toutes dimensions.</li><li>• Données facilement transférables vers un programme de traitement de données sur ordinateur.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Coût assez élevé.</li><li>• Peut s'obstruer s'il y a beaucoup de MES.</li></ul>

#### **Débitmètre ultrasonique**

Le débitmètre ultrasonique comporte une sonde qui s'installe au-dessus du niveau de l'eau et requiert peu d'entretien. Il mesure le niveau de l'eau en transmettant une pulsation sonore à partir de la sonde et en mesurant le temps que prend l'écho pour revenir de la surface de l'eau. Il faut donc que l'espace entre la sonde et la surface de l'eau demeure libre en tout temps. Le niveau mesuré est converti en débit, selon le type d'élément primaire utilisé. Ce débitmètre est sensible à la présence de mousse en surface, mais pas aux MES ni aux produits chimiques.

Tableau 17 : Avantages et inconvénients du débitmètre ultrasonique

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>• Données enregistrées sur graphique papier et sur mémoire interne autonome.</li><li>• Préprogrammé pour une utilisation avec la plupart des canaux et des déversoirs standards de toutes dimensions.</li><li>• Données facilement transférables vers un programme de traitement de données sur ordinateur.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Installation un peu plus complexe que le débitmètre bulle à bulle.</li><li>• Coût assez élevé.</li><li>• Ne convient qu'aux canaux ouverts assez dégagés pour ne pas nuire à la propagation et à la réception des ultrasons.</li><li>• Ne convient pas en présence de mousse.</li></ul>

### Débitmètre hauteur-vitesse

Le débitmètre hauteur-vitesse comporte une sonde qui s'installe au fond du canal ou de la conduite et qui utilise la technologie de l'effet Doppler pour mesurer directement la vitesse moyenne de l'écoulement. Une sonde de pression intégrée mesure la profondeur pour déterminer l'aire de l'écoulement. L'appareil calcule le débit en multipliant l'aire de l'écoulement par la vitesse moyenne.

Tableau 18 : Avantages et inconvénients du débitmètre hauteur-vitesse

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>• Installation facile.</li><li>• Données enregistrées sur graphique papier et sur mémoire interne autonome.</li><li>• Convient à des canaux de forme géométrique simple où des situations de surcharge, de submersion, de conduites pleines ou de refoulement peuvent survenir.</li><li>• Préprogrammé pour une utilisation avec la plupart des canaux et des déversoirs de toutes dimensions.</li><li>• Données facilement transférables vers un programme de traitement de données sur ordinateur.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Coût assez élevé.</li><li>• Ne convient qu'aux canaux ouverts ou à des conduites accessibles.</li><li>• La sonde requiert un nettoyage régulier (entartrage).</li></ul>

### Débitmètre à sonde submergée

La sonde du débitmètre à sonde submergée s'installe au fond du canal et mesure la pression pour déterminer la profondeur de l'eau. Cette lecture de niveau est convertie en débit par l'appareil, selon le type d'élément primaire utilisé.

**Tableau 19 : Avantages et inconvénients du débitmètre à sonde submergée**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>• Installation facile.</li><li>• Préprogrammé pour une utilisation avec la plupart des canaux et des déversoirs de toutes dimensions.</li><li>• Données enregistrées sur graphique papier et sur mémoire interne autonome.</li><li>• Données facilement transférables vers un programme de traitement de données sur ordinateur.</li><li>• Convient là où il y a de la turbulence, de la vapeur ou de la mousse.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Coût assez élevé.</li><li>• Nettoyage régulier de la sonde nécessaire (entartrage).</li></ul>

### **Précision des éléments secondaires**

Les facteurs pouvant influencer sur la marge d'erreur de l'élément secondaire, en conditions normales de fonctionnement, sont la qualité de l'installation, l'étalonnage, les variations rapides de débit, la turbulence, la qualité de l'eau et la géométrie de l'élément primaire.

En général, les marges d'erreur sont les suivantes :

#### *Débitmètre bulle à bulle :*

Environ 0,35 %, selon la qualité de l'installation, l'étalonnage et les conditions d'écoulement.

#### *Débitmètre ultrasonique :*

Environ 0,30 %, selon la qualité de l'installation, la qualité de l'eau (mousse), l'étalonnage et les conditions d'écoulement.

#### *Débitmètre hauteur-vitesse :*

Environ 1,0 %, selon la qualité de l'installation, l'étalonnage, la qualité de l'eau (entartrage) et les conditions d'écoulement.

#### *Débitmètre à sonde submergée :*

Environ 1,0 %, selon la qualité de l'installation, l'étalonnage, la qualité de l'eau (entartrage) et les conditions d'écoulement.

### **Entretien et mise au point des éléments secondaires**

Comme mentionné antérieurement, tout appareil de mesure nécessite un entretien et un suivi pour assurer son bon fonctionnement. La vérification et la mise au point des appareils constituant les éléments secondaires du système de mesure devraient être effectuées hebdomadairement afin de maintenir une précision acceptable. L'installation ou le remplacement, le nettoyage interne et les réparations de ces derniers devraient être confiés à

un spécialiste ou au fabricant. La responsabilité de déterminer la nécessité de remplacer l'appareil et d'y donner suite sans délai incombe au préleveur.

### *2.2.3 Comparaison des éléments de mesure*

Afin de faciliter le choix de l'équipement le plus approprié, le tableau 20 suivant réunit l'information relative aux éléments primaires et secondaires pouvant être installés pour la mesure des débits des écoulements à surface libre.

**Tableau 20 : Caractéristiques et critères d'installation des éléments de mesure des débits des écoulements à surface libre**

Éléments de mesure	Éléments primaires			Éléments secondaires			
	Canaux Parshall & Palmer-Bowlus	Déversoirs		Débitmètre ultrasonique	Débitmètre bulle à bulle	Débitmètre hauteur-vitesse	Débitmètre à sonde submergée
		Rectangulaire	Triangulaire				
Précision	± 3,0 %	± 2,0 %	± 2,0 %	± 0,30 %	± 0,35 %	± 1,00 %	± 1,00 %
Conditions d'écoulement en amont	Bonne répartition des vitesses	Rectiligne 20 X hauteur maximale	Rectiligne 20 X hauteur maximale	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.
Conditions d'écoulement en aval	Écoulement libre	Ventilation en aval	Ventilation en aval	S. O.	S. O.	S. O.	S. O.
Chenal étroit	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Non	Oui
Chenal large	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
Écoulement laminaire	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Écoulement turbulent	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui
Faible débit	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui
Fort débit	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
Mesures ponctuelles	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non
Possibilité d'être relié à un système de saisie et de traitement de données	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
Nécessite un élément primaire	S. O.	S. O.	S. O.	Oui	Oui	Oui	Oui
Sensible à la qualité de l'eau	Oui (gros débris)	Oui (débris, algues)	Oui (débris, algues)	Oui (mousse, vapeur, turbulence)	Oui (débris, grande quantité de MES)	Non	Non

### 2.3 Méthode de mesure volumétrique en continu

Cette méthode s'applique à la mesure, en fonction du temps, de volumes d'eau dans des réservoirs de forme régulière dont la capacité à différents niveaux peut être mesurée avec précision. Lors du remplissage (ou de la vidange) du réservoir, la mesure des niveaux de l'eau peut être effectuée par un débitmètre (voir la section 2.2.2 présentant les débitmètres appropriés aux écoulements à surface libre) ou un détecteur de niveaux installé dans le réservoir et relié à un compteur de vidanges (pour ce faire, le volume de la vidange doit toujours être identique). Un camion-citerne peut être considéré comme un réservoir et le nombre de vidanges (ou, si le réservoir n'est pas complètement plein, la lecture de l'indicateur de niveau) est inscrit au registre. La méthode volumétrique peut aussi servir à la vérification de l'exactitude d'autres éléments de mesure du débit.

L'équation suivante traduit la relation entre le débit, le volume et le temps :

$$Q = V \div t$$

où :

Q : débit d'eau prélevé (ex. : en m<sup>3</sup>/s)

V : volume d'eau prélevé (ex. : en m<sup>3</sup>)

t : temps du prélèvement (ex. : en secondes)

**Tableau 21 : Avantages et inconvénients de la méthode de mesure volumétrique en continu**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>• Grande précision des résultats.</li><li>• Faible coût.</li><li>• Obtention rapide du débit.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Nécessite de grands réservoirs lors de la mesure de forts débits.</li></ul>

On trouve quelques applications de la méthode volumétrique à la section 4.2 du cahier 7, intitulé *Méthodes de mesure du débit en conduite ouverte* et faisant partie du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyse environnementale* publié par le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec.

### **3. LES MÉTHODES DE MESURE DESTINÉES AUX ESTIMATIONS**

L'article 6 du Règlement permet au préleveur d'estimer le volume mensuel prélevé plutôt que de rapporter la lecture effectuée par un équipement de mesure et d'enregistrement en continu. Deux types de mesures peuvent être réalisées pour les estimations : des mesures ponctuelles ou des mesures indirectes.

Les mesures ponctuelles consistent à mesurer, à un intervalle prédéterminé pouvant aller de quelques heures à quelques jours, le débit ou le volume de l'eau prélevée. Les mesures ponctuelles supposent qu'une partie plus ou moins importante de l'eau prélevée n'est pas mesurée.

Les mesures indirectes consistent à mesurer d'autres paramètres que ceux déterminant l'écoulement de l'eau (volume, masse ou débit). Elles impliquent l'établissement de courbes de corrélation. Lorsqu'elles ne sont pas mesurées en continu, ces mesures sont à la fois indirectes et ponctuelles.

Les quelques méthodes présentées dans cette section sont tirées du cahier 7 du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyse environnementale*.

#### **3.1 Mesures ponctuelles**

Les méthodes présentées ci-dessous permettent d'effectuer des mesures ponctuelles dans une conduite découverte (moulinet hydrométrique, traceur, méthode volumétrique, formule de Manning) ou fermée (traceur, méthode volumétrique, formule de Manning).

##### *3.1.1 Détermination aire-vitesse au moulinet hydrométrique*

La méthode de détermination aire-vitesse (aussi appelée « méthode d'exploration du champ des vitesses ») au moulinet hydrométrique consiste à établir, à partir d'une série de mesures de vitesse effectuées à différentes hauteurs d'eau et distances par rapport à la bordure du canal, un profil d'écoulement à partir duquel sera déterminée une valeur de débit. On y a souvent recours pour mesurer le débit d'un cours d'eau. La précision associée à cette méthode est de moins de 10 %.

L'instrument de mesure généralement utilisé, le moulinet hydrométrique, est un appareil muni d'un rotor dont la vitesse de rotation est fonction de la vitesse locale de l'écoulement du fluide dans lequel il est immergé. Il en existe deux types : le moulinet à coupelles et le moulinet à hélice. Le type le plus couramment utilisé est le moulinet à hélice. En plus du moulinet, la méthode requiert un matériel particulier (perche, saumon, câble, compteur) et un personnel formé à son utilisation. On peut également remplacer le moulinet par un courantomètre électromagnétique ou acoustique, qui n'est pas sensible à la présence de matières ou d'autres éléments en suspension dans l'eau.

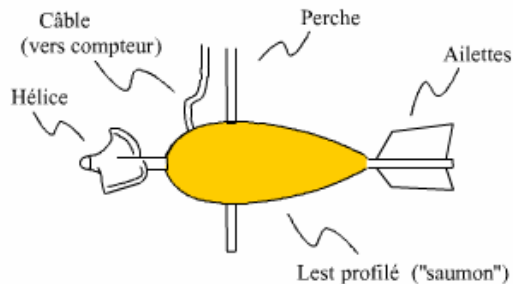


Figure 27. Parties d'un moulinet à hélice

Source : <http://echo.epfl.ch/e-drologie/chapitres/chapitre7/chapitre7.html>

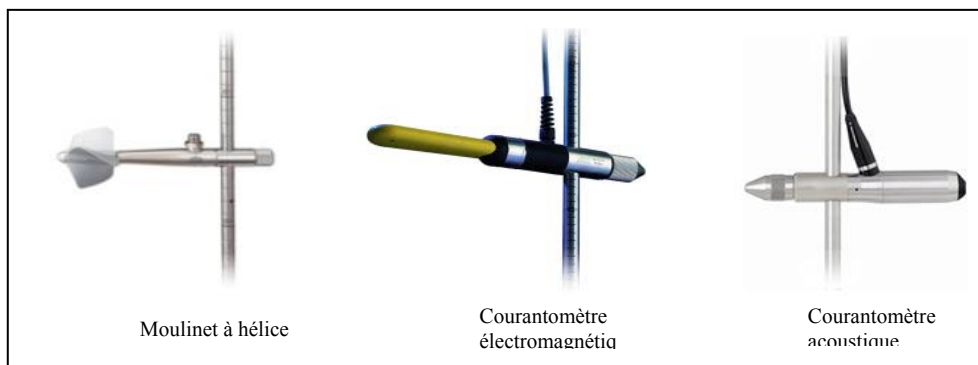


Figure 28. Différents types d'appareils de mesure de la vitesse

Source : <http://www.otffrance.com/>

### Sélection de la section de contrôle et de l'appareil de mesure

La section où s'effectuent les mesures (section de contrôle) est choisie de façon à éviter que des obstacles situés en amont ou en aval entraînent des variations localisées de l'écoulement telles que des courants de retour, des vortex ou des courants nuls. Le choix de l'appareil de mesure dépend des conditions d'écoulement et de la qualité de l'eau. Le débit de l'eau doit être constant durant toute la période de la prise des mesures (variation de la hauteur d'eau minimale et maximale d'au plus 5 %). La hauteur d'eau doit donc être mesurée et enregistrée en continu durant toute cette période.

De plus, les conditions suivantes doivent être respectées :

- L'amont de la section de contrôle doit être droit, exempt d'affluents, d'obstacles ou de tout autre élément pouvant perturber l'écoulement sur une distance égale à au moins 25 fois<sup>1</sup> la largeur du cours d'eau ou du canal.
- Durant les mesures, aucune partie du moulinet ne doit affleurer la surface de l'eau. Ainsi, le choix de l'hélice doit être approprié à la hauteur d'eau minimale où la vitesse doit être mesurée.
- Il ne doit pas y avoir dans l'écoulement d'éléments pouvant entraver le fonctionnement des appareils de mesure (algues, MES grossières, etc.).
- Dans le cas d'une mesure en canal, celui-ci doit être de forme régulière et exempt de dépôts ou d'algues sur ses parois.

<sup>1</sup> Ce ratio n'est pas applicable en écoulement laminaire.

### Prise des mesures

L'aire d'écoulement étant constituée d'un ensemble de courants à vitesse variable, la section de contrôle doit faire l'objet de mesures de vitesse en différents points, selon un découpage approprié de la section de contrôle, comme le montrent la figure 29 et la figure 30. Le découpage présenté est en fait un découpage simplifié basé sur une méthode américaine. On y trouve un nombre restreint de points de mesure (un à deux points par verticale) situés en des endroits où la vitesse est considérée comme étant représentative de l'écoulement. Cette méthode permet de réduire le nombre de mesures et le temps qui y serait associé.

#### Détermination de la largeur des verticales :

La largeur des verticales dans la section de contrôle est fixée de telle sorte que l'écart de vitesse entre deux verticales n'excède pas 20 %. Malgré ce qui précède, un minimum de cinq verticales est requis dans le cas de sections de contrôle dont la largeur est de 2 m et moins. Pour les sections de plus de 2 m, au moins 20 verticales sont requises.

#### Détermination de la profondeur des points de mesure :

La profondeur des points de mesure dépend de la profondeur moyenne de la verticale. Les points peuvent se situer à 0,2 et 0,8 ou à 0,6 de la hauteur d'eau locale.

**Tableau 22 : Profondeur des points de mesure – Méthode de détermination aire-vitesse au moulinet hydrométrique**

Hauteur d'eau locale	Distance par rapport à la surface	
	0,6 H	0,2 H et 0,8 H
≤ 0,5 m	X	
Entre 0,5 et 0,6 m	X	X
≥ 0,6 m		X

Les mesures de vitesse sont effectuées en même temps que les mesures de hauteur afin de s'assurer de la représentativité des résultats. Chaque mesure doit avoir une durée minimale de 30 secondes et être répétée au moins trois fois. Si, pour plus de la moitié des verticales, l'écart entre la plus basse et la plus haute mesure obtenue est plus élevé que 5 %, cela signifie que les conditions d'écoulement sont instables et que la méthode n'est pas appropriée à cet emplacement.

Toutes les mesures et leur emplacement exact doivent apparaître dans le rapport d'estimation. Le profil de la section de contrôle (et des points de mesure) est reproduit sur un graphique et la superficie de la section est mesurée précisément (à l'aide d'un planimètre ou de papier millimétrique).

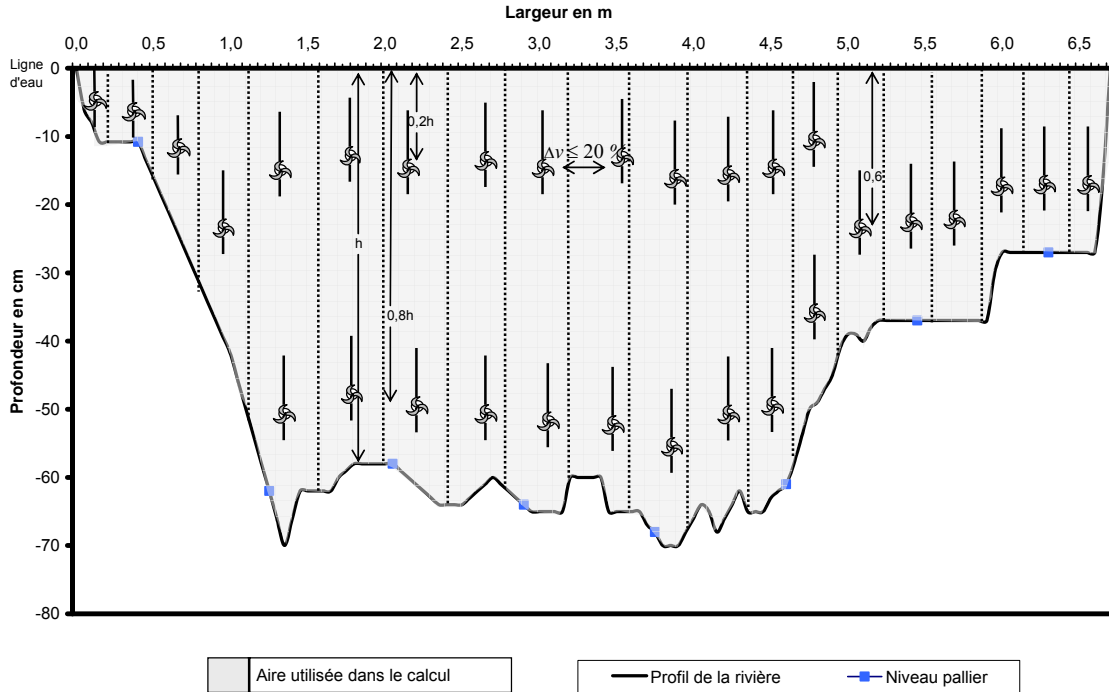


Figure 29. Emplacement des points de mesure de la méthode de détermination aire-vitesse en cours d'eau naturel

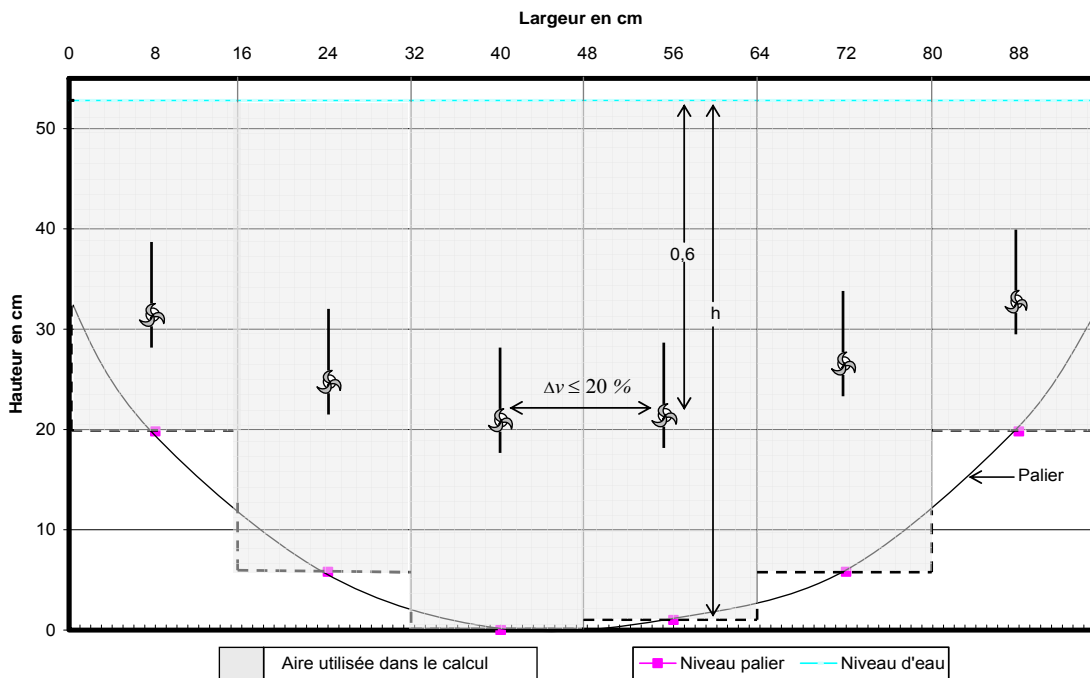


Figure 30. Emplacement des points de mesure de la méthode de détermination aire-vitesse en canal

### Détermination du débit

Dans un cours d'eau ou une structure à profondeur variable :

Des vitesses moyennes unitaires sont d'abord établies pour chacune des verticales. Elles sont ensuite multipliées par l'aire de la verticale qui leur correspond pour obtenir des débits unitaires. L'addition de tous les débits unitaires donne le débit total, selon la formule suivante :

$$Q = \bar{v}_{v1} \times A_{v1} + \bar{v}_{v2} \times A_{v2} + \dots + \bar{v}_n \times A_{vn}$$

où :

Q : débit d'eau prélevé (ex. : en m<sup>3</sup>/s)

$v_v$  : vitesse de l'eau de la verticale (ex. : en m/s)

$A_v$  : aire de la verticale (ex. : en m<sup>2</sup>)

Dans un canal rectangulaire :

La vitesse moyenne obtenue à partir de toutes les vitesses mesurées est multipliée par la surface totale de la section mouillée.

$$Q = \bar{v} \times A$$

où :

$v$  : vitesse d'écoulement (ex. : m/s)

A : aire de la section mouillée (ex. : en m<sup>2</sup>)

Courbe hauteur-débit :

En appliquant la méthode de détermination aire-vitesse au moulinet hydrométrique à différents débits dans un canal de forme définie, il est possible d'établir une courbe hauteur-débit (figure 31) qui peut servir par la suite à estimer le débit en ne mesurant que la hauteur d'eau. L'utilisation de cette méthode peut également servir à vérifier l'exactitude d'un élément primaire.

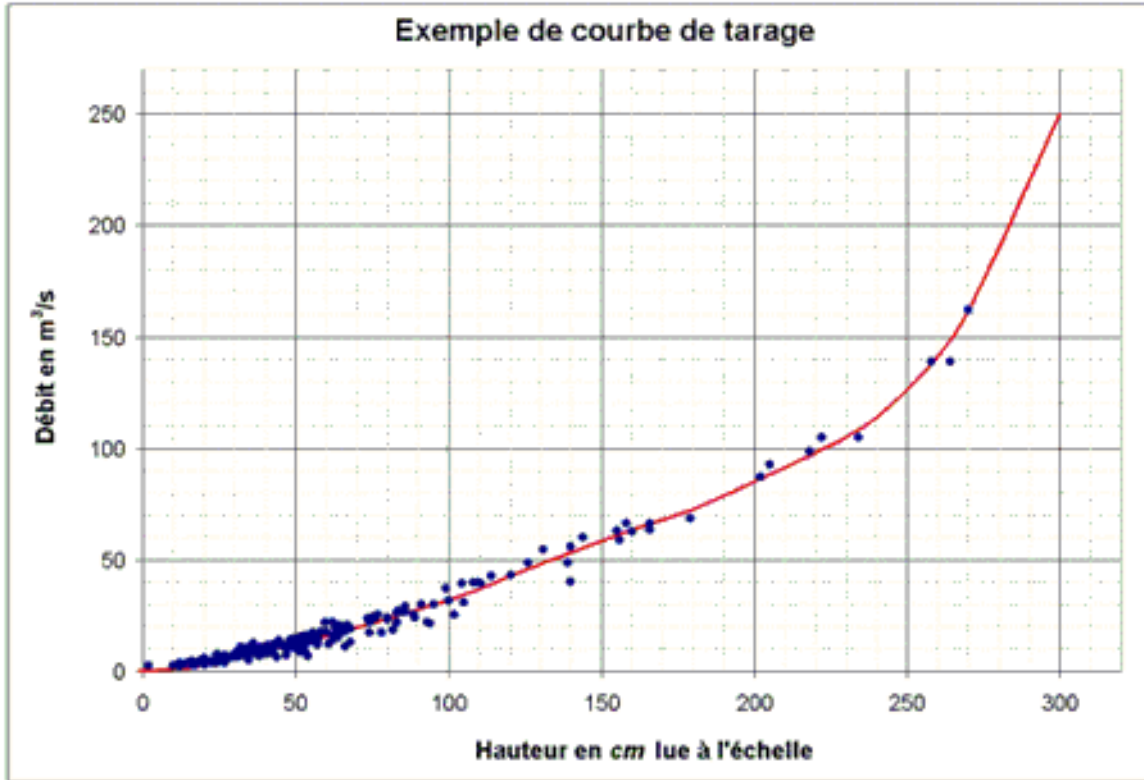


Figure 31. Exemple de courbe hauteur-débit

Tableau 23 : Avantages et inconvénients de la méthode de détermination aire-vitesse au moulinet hydrométrique

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtention rapide du débit.</li> <li>• Coût associé à l'application de la méthode peu élevé (firme spécialisée).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût d'achat élevé du moulinet.</li> <li>• Manipulation complexe d'un instrument de précision.</li> <li>• Précision influencée par les débris et les MES.</li> <li>• Le débit ne doit pas varier de plus de 5 % pendant les mesures.</li> </ul>

Le MDDEP a adopté, en mai 2001, un protocole d'application de la méthode de mesure au moulinet hydrométrique qui décrit une façon d'effectuer correctement une mesure ponctuelle de débit en canal ouvert. Ce protocole se trouve à la section 5.4 du cahier 7 du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyse environnementale* précédemment cité. De façon plus globale, la méthode de détermination aire-vitesse est décrite à la section 4.4 du même guide.

### 3.1.2 Méthodes à l'aide d'un traceur

#### **Méthode de dilution**

Le principe de la méthode consiste à déterminer le débit, par l'injection dans l'eau d'une solution contenant un traceur à une concentration et à un débit d'injection connus, à partir de la concentration finale mesurée dans les échantillons de contrôle. L'équation doit tenir compte de l'indice de récupération, qui est défini comme étant l'écart entre la moyenne des concentrations obtenues avec l'eau d'écoulement et la concentration obtenue avec de l'eau distillée. Cet indice vise à éliminer le bruit de fond de l'écoulement. Dans des conditions idéales, la précision de cette méthode est de  $\pm 1\%$ . L'équation à utiliser pour le calcul du débit est donc la suivante :

$$Q_c = [(Q_i \times C_i) \div C_c] \times I_r$$

où :

- $Q_c$  : débit de l'eau d'écoulement
- $Q_i$  : débit d'injection du traceur
- $C_i$  : concentration du traceur injecté
- $C_c$  : concentration finale du traceur dans les échantillons de contrôle
- $I_r$  : indice de récupération du traceur

Tout ce qui est soluble dans l'eau, détectable et mesurable à différentes concentrations peut servir de traceur. De plus, le traceur doit être stable chimiquement, non toxique, facile à détecter et préférablement absent du milieu en amont du point d'injection. Peuvent être utilisés comme traceurs : des éléments chimiques, des colorants et des isotopes radioactifs.

La méthode de dilution se prête à un écoulement turbulent où le brassage permettra de bien mélanger la solution contenant le traceur avec le cours d'eau. Le débit de l'injection doit être constant. Il ne doit pas se produire de perte de traceur entre les points d'injection et de contrôle. Il ne doit pas non plus y avoir d'ajout ou de perte d'eau entre ces points. L'échantillon de contrôle est prélevé en aval, à une distance suffisante pour que l'homogénéisation soit complète. Cette homogénéisation plus ou moins efficace pouvant mener à un biais important, il est nécessaire de prélever à intervalles réguliers au moins 20 échantillons de contrôle pendant la période où le plateau de concentration maximale est atteint.

Il est à noter qu'en appliquant la méthode de dilution d'un traceur à différents débits (petits, moyens, grands), il est également possible d'établir une courbe hauteur-débit qui peut servir de la même manière que dans la méthode de détermination aire-vitesse décrite précédemment.

**Tableau 24 : Avantages et inconvénients de la méthode par dilution**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>• Applicable à divers types d'écoulement : en conduite sous pression, en conduite fermée ou en canal ouvert.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Délai pour l'obtention du débit.</li><li>• Implique beaucoup de manipulations et des analyses en laboratoire.</li><li>• Coût associé à l'application de la méthode élevé (firme spécialisée).</li></ul>

Le MDDEP a adopté, en mars 2007, un protocole d'application de la méthode de mesure de débit par dilution d'un traceur à débit constant qui décrit une façon d'effectuer correctement une mesure ponctuelle de débit en canal ouvert. Ce protocole se trouve à la section 5.3 du cahier 7 du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyse environnementale* précédemment cité.

#### **Détermination du temps de parcours**

Cette méthode consiste à injecter rapidement un volume important d'un traceur et à déterminer la vitesse moyenne de déplacement de ce traceur sur une distance donnée. L'aire de la section mouillée ne doit pas varier sur la distance parcourue par le traceur. La méthode se prête donc davantage aux conduites ou aux canaux qu'aux cours d'eau naturels. L'écoulement doit être constant sur toute la distance parcourue par le traceur et préférablement laminaire. Il ne doit pas y avoir d'ajout ou de perte d'eau entre le point d'injection et le point situé à la fin de la distance parcourue. La précision de cette méthode est de  $\pm 3\%$

Le débit est obtenu selon la formule suivante :

$$Q = (D_p \times A) \div t_p$$

où :

Q : débit du courant d'eau

$D_p$  : distance parcourue par le traceur

A : aire de la section mouillée

$t_p$  : temps de parcours entre l'injection et le passage du point central du nuage au point de contrôle

Cette méthode est décrite à la section 4.1.2 du cahier 7 du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyse environnementale*.

**Tableau 25 : Avantages et inconvénients de la méthode du temps de parcours**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>• Applicable à divers types d'écoulement : en conduite sous pression, en conduite fermée ou en canal ouvert.</li><li>• La perte de traceur n'altère pas les résultats.</li><li>• Applicable à de grands débits.</li><li>• Requiert une petite quantité de traceur.</li><li>• Applicable là où l'accessibilité est réduite.</li><li>• Aucun besoin d'appareils sophistiqués ou de mesures précises en laboratoire.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Donne un débit instantané seulement.</li><li>• La section transversale et le courant doivent être uniformes.</li><li>• Requiert une mesure précise de l'aire d'écoulement.</li><li>• Requiert un calcul précis du temps entre le point d'injection et le point de contrôle.</li><li>• La méthode doit être appliquée avec minutie.</li></ul>

### 3.1.3 Méthode de mesure volumétrique

La méthode de mesure volumétrique peut être utilisée pour des mesures de volume ponctuelles, lorsque le débit est stable (le plus souvent pour de petits volumes, soit inférieurs à 1,5 m<sup>3</sup>/s). Elle consiste à remplir un contenant de forme régulière dont le volume est connu avec une grande précision et à chronométrer le temps requis pour son remplissage. Pour des volumes plus importants, on peut utiliser une échelle graduée sur la paroi du réservoir ou une jauge de niveau afin d'effectuer des lectures ponctuelles. Cette méthode est l'une des plus précises, de l'ordre de  $\pm 1\%$ .

On trouve quelques applications de la méthode de mesure volumétrique à la section 4.2 du cahier 7 du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyse environnementale* cité précédemment.

**Tableau 26 : Avantages et inconvénients de la méthode de mesure volumétrique**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>• Grande précision des résultats.</li><li>• Faible coût.</li><li>• Obtention rapide du débit.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Nécessite de grands réservoirs lors de la mesure de forts débits.</li></ul>

### 3.1.4 Méthode de Manning

La méthode de Manning (méthode de la pente de la ligne d'eau) est une méthode par laquelle on peut déterminer le débit d'un écoulement à surface libre sans installer d'élément primaire puisque, dans ce cas particulier, c'est la conduite qui sert d'élément primaire. Le débit est calculé à partir de mesures ponctuelles de niveaux d'eau prises manuellement ou enregistrées en continu avec un élément secondaire. L'utilisation de la méthode est fortement limitée par le fait qu'elle exige, pour de meilleurs résultats, une conduite rectiligne et de pente constante en amont du point de mesure sur au moins 60 m (idéalement sur 300 m). De plus,

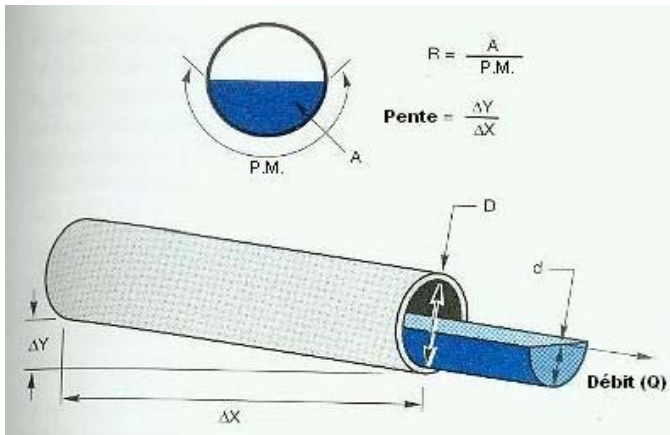
pour assurer une précision acceptable, la conduite devrait être uniforme en rugosité, dépourvue de contractions ou d'expansions, d'affluents, d'obstacles ou d'autres éléments perturbant l'écoulement.

Si l'écoulement est gravitaire, l'aire mouillée, uniforme, et la pente de la conduite et la rugosité de la paroi interne de cette dernière, connues, le débit peut ainsi être estimé à partir de la formule suivante :

$$Q = (K \times A \times R^{2/3} \times S^{1/2}) \div n$$

où :

- Q : débit
- K : constante (selon les unités, voir plus bas)
- A : aire mouillée
- R : rayon hydraulique (aire mouillée ÷ périmètre mouillé)
- S : pente
- n : coefficient de rugosité  
(selon le matériau de la conduite, voir tableau 27)



Constante K

Pieds cubes par seconde :	1,49
Gallons par minute :	669
Litres par seconde :	1
Mètres cubes par heure :	0,963

**Figure 32.** Paramètres à considérer dans la formule de Manning (conduite circulaire)

**Tableau 27 : Quelques coefficients de rugosité de Manning<sup>2</sup>**

TYPE D'ÉLÉMENT PRIMAIRE		Minimum	Normale	Maximum
<b>Conduite métallique</b>				
Acier	Joint soudé	0,010	0,012	0,014
	Riveté et en spirale	0,013	0,016	0,017
Fonte	Peinte	0,010	0,013	0,014
	Non peinte	0,011	0,014	0,016
Fer forgé	Noir	0,012	0,014	0,015
	Galvanisé	0,013	0,016	0,017
Ondulé	Drain souterrain	0,017	0,019	0,021
	Drain pluvial	0,021	0,024	0,030
<b>Conduite non métallique</b>				
Acrylique		0,008	0,009	0,010
Verre		0,009	0,010	0,013
Argile	Tuile commune de drainage	0,011	0,013	0,017
	Vitrifiée	0,011	0,014	0,017
Brique	Glacée (vitrifiée)	0,011	0,013	0,015
	Recouverte de ciment	0,012	0,015	0,017
Béton	Dalot ou ponceau propre	0,010	0,011	0,013
	Non fini – moule d'acier	0,012	0,013	0,014
	Non fini – moule de bois sablé	0,012	0,014	0,016
	Non fini – moule de bois non sablé	0,015	0,017	0,020
<b>Canal métallique</b>				
Métal	Lisse, peint	0,011	0,012	0,014
	Lisse, non peint	0,012	0,013	0,017
	Ondulé	0,021	0,025	0,030
<b>Canal non métallique</b>				
Ciment	Lisse	0,010	0,011	0,013
	Mortier	0,011	0,013	0,015
Béton	Fini à la truelle	0,011	0,013	0,015
	Fini à la planche	0,013	0,015	0,016
	Fini avec gravier sur le fond	0,015	0,017	0,020
	Non fini	0,014	0,017	0,020
Asphalte	Lisse	0,013	0,013	s.o.
	Rugueux	0,016	0,016	s.o.

<sup>2</sup> Pour une liste plus exhaustive des coefficients de rugosité, consulter : John A. Replogle et Diane K. Walkowiak. *Isco Open Channel Flow Measurement Handbook*, sixième édition, ISBN 0-9622757-3-5.

Cette méthode exige un entretien rigoureux de la conduite, tant externe qu'interne. Parce que la rugosité et le radiant hydraulique risquent de varier avec le temps (accumulation de tartre, de limon, etc.), un étalonnage précédant l'utilisation de la formule, ensuite effectué minimalement une fois par année, s'impose. Celui-ci consistera en une vérification de l'exactitude de la formule avec une autre méthode de mesure telle que la méthode volumétrique. Il s'agira alors d'appliquer un facteur de correction à la formule. Parce que la précision du débit estimé dépend de paramètres parfois difficiles à déterminer (ex. : pente du gradient hydraulique) et parce que le coefficient de rugosité demeure un estimé de la friction réellement exercée sur l'écoulement, le débit obtenu n'est qu'une approximation ne pouvant atteindre dans les meilleurs cas que de 10 à 20 % de précision.

Par conséquent, en raison des incertitudes inhérentes à la méthode, la formule de Manning ne devrait être utilisée que dans le cas où d'autres méthodes plus précises telles que la détermination aire-vitesse ne peuvent être utilisées. Une application en fossé à ciel ouvert, en chenal très large ou à de très faibles pentes n'est pas possible puisque l'incertitude peut alors atteindre 50 %.

**Tableau 28 : Avantages et inconvénients de l'utilisation de la formule de Manning**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"><li>• Aucune installation requise.</li><li>• Obtention rapide du débit.</li><li>• Coût très bas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Précision peu élevée.</li><li>• Besoin d'une longue section rectiligne en amont de la mesure.</li><li>• Entretien rigoureux de la conduite nécessaire.</li><li>• Application restreinte.</li></ul>

## 3.2 Mesures indirectes

### 3.2.1 Mesure du temps de pompage

Lorsqu'une pompe est utilisée, on peut mesurer le temps de son fonctionnement pour estimer le débit de l'eau prélevée. Le temps de pompage, soit l'intervalle entre le démarrage et l'arrêt de la pompe (ou à l'intérieur de la période de pompage visée par l'estimation), est mesuré alors que le volume pompé est estimé à partir du rendement de la pompe. Pour établir le rendement de la pompe, on doit l'étalonner sur place en dressant une courbe « temps-volume pompé » qui fournira un débit d'étalonnage. Il est à noter que les courbes théoriques fournies par le fabricant ne peuvent être utilisées pour les estimations, car elles ne tiennent compte que des caractéristiques techniques standard de la pompe. Ces courbes ont un pourcentage d'imprécision *in situ* pouvant atteindre 20 %.

La précision du débit estimé dépend uniquement de la qualité de l'étalonnage, qui elle-même dépend de la précision de la mesure du volume et du temps de pompage. L'étalonnage sur place de la pompe permet d'atteindre une précision d'environ  $\pm 5$  %.

### Établissement de la courbe d'étalonnage

La courbe d'étalonnage doit être représentative des conditions effectives de fonctionnement et d'installation. Par conséquent, pour dresser une courbe d'étalonnage, on doit faire fonctionner la pompe sur place, tout en mesurant le temps et le volume pompé, à courts intervalles, sur une période d'une durée suffisante pour atteindre le régime permanent de pompage et le maintenir pendant cinq minutes.

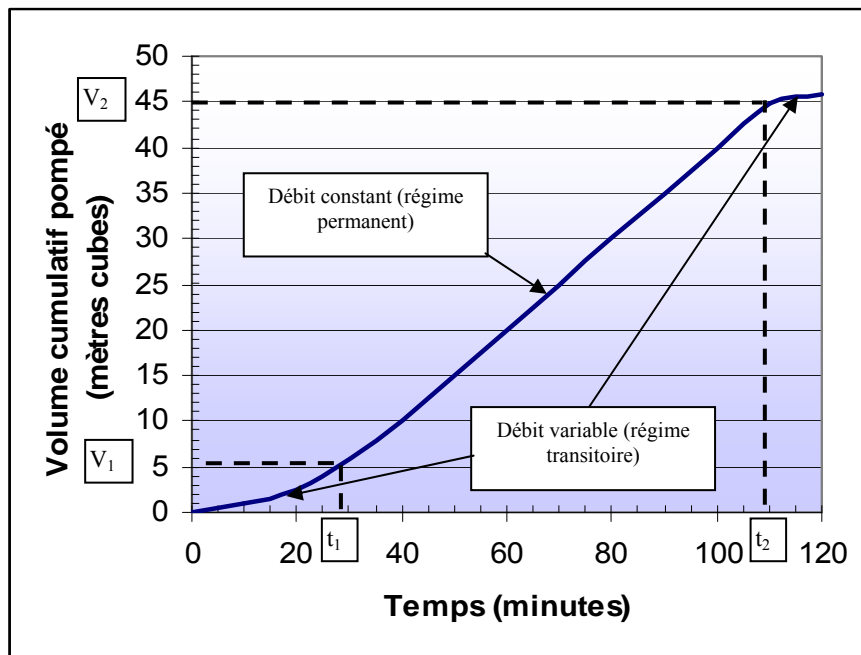


Figure 33. Exemple de courbe d'étalonnage d'une pompe

Un minimum de trois essais est requis. L'écart entre chacun des essais, pris à un même moment (ex. à 10 minutes de pompage), ne doit pas être supérieur de 5 % à la moyenne des trois mesures de volume. Sinon, il doit y avoir reprise de l'ensemble des essais. Dans le cas où les résultats demeurent insatisfaisants, cela signifie que le débit de la pompe n'est pas constant d'un prélèvement à l'autre et que cette méthode ne peut être appliquée. Si plusieurs pompes fonctionnent en parallèle, une courbe d'étalonnage par pompe est requise pour toutes les possibilités de régime de pompage et le temps de pompage doit être mesuré pour chacune d'elles.

La moyenne des trois essais est reportée sur un graphique (figure 33) ou une table « temps-volume pompé ».

### **Estimation des volumes pompés**

#### *Pompage intermittent*

Lorsque le fonctionnement de la pompe est intermittent, le volume total pompé correspond à la somme des volumes pompés durant chacune des périodes de prélèvement. Le calcul du volume total pompé s'effectue comme suit :

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

où :

V : volume débité par la pompe

#### NOTE :

Si la période de fonctionnement de la pompe est supérieure à la période couverte par la courbe d'étalonnage, une extrapolation de la courbe est possible, pour la période où le régime est permanent.

#### *Pompage continu*

En régime permanent, le calcul du volume d'eau prélevé se résume à la relation suivante :

$$V = Q_p \times t_p$$

où :

V : volume débité par la pompe

$Q_p$  : débit d'étalonnage de la pompe en régime permanent

$t_p$  : temps de pompage

Le débit d'étalonnage de la pompe en régime permanent correspond à la valeur de la pente sur la courbe d'étalonnage, soit :

$$Q_p = (V_2 - V_1) \div (t_2 - t_1)$$

où :

$V_1$  et  $V_2$  : volume total prélevé aux temps  $t_1$  et  $t_2$

$t_1$  : temps correspondant au début du régime permanent

$t_2$  : temps correspondant à la fin du régime permanent

### **Équipement de mesure et d'enregistrement**

Le temps de fonctionnement de la pompe peut être comptabilisé à l'aide d'une minuterie ajoutée au système de contrôle de la pompe et reliée à un enregistreur automatique ou à un ordinateur pour déterminer le volume total pompé.

Des exemples de ces appareils sont illustrés à la figure 34.



**Figure 34. Minuteries et enregistreurs de données**

On trouve les détails de cette méthode à la section 4.3 du cahier 7 du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyse environnementale*.

### **Entretien et étalonnage**

Il faut s'assurer de bien respecter les exigences du fabricant telles que la hauteur minimale d'aspiration (*net positive suction head*), la qualité de l'eau à pomper, l'alignement ainsi que les diamètres des conduites d'aspiration et de refoulement.

Une vérification de l'exactitude, pouvant mener à l'établissement d'une nouvelle courbe d'étalonnage, est exigée au moins une fois par année par le MDDEP. La pompe doit également être étalonnée à la suite de son installation, d'une réparation et de toute modification pouvant avoir une incidence sur le régime de pompage.

### **3.3 Comparaison des méthodes de mesure pour l'estimation des débits**

Le tableau suivant réunit les renseignements relatifs aux méthodes de mesure reconnues par le MDDEP pour l'estimation des débits.

**Tableau 29 : Caractéristiques et conditions d'application des méthodes de mesure reconnues pour l'estimation des débits**

Méthodes de mesure	Conduites sous pression			Écoulement à surface libre				
	Dilution	Temps de parcours	Temps de pompage	Détermination aire-vitesse	Dilution	Temps de parcours	Volumétrie	Manning
Précision	± 1 %	± 3 %	± 5 %	< 10 %	± 1 %	± 3 %	± 1 %	10 % à 20 %
Conditions d'écoulement en amont	S. O.	S. O.	S. O.	Bonne répartition des vitesses	S. O.	S. O.	S. O.	Rectiligne sur 60 m et gravitaire
Conditions d'écoulement en aval	Pas de zone morte, vortex ou réservoir	Pas de zone morte, vortex ou réservoir	S. O.	S. O.	Pas de zone morte, vortex ou réservoir	Pas de zone morte, vortex ou réservoir	S. O.	Gravitaire
Chenal étroit ou petite conduite	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
Chenal large ou grosse conduite	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Oui
Écoulement laminaire	Non	Non	S. O.	Oui	Non	Non	S. O.	Oui
Écoulement turbulent	Oui	Oui	S. O.	Oui	Oui	Oui	S. O.	Oui
Faible débit	Non	Non	Oui	Oui	Non	Non	Oui	Oui
Fort débit	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Nécessite un élément primaire	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Sensible à la qualité de l'eau	Oui (MES)	Oui (MES)	Non	Oui (débris, MES)	Oui (débris, MES)	Oui (débris, MES)	Non	Non

## **4. L'ÉCHANTILLONNAGE DES MESURES PONCTUELLES**

Si le préleveur opte pour la réalisation de mesures ponctuelles afin d'estimer le volume d'eau qu'il prélève chaque mois, les données récoltées au cours du mois devront faire l'objet d'un calcul afin de déterminer le volume d'eau total mensuel prélevé. L'article 12 du Règlement précise que la différence entre le résultat de cette estimation mensuelle calculée et la valeur réelle, soit le volume qui aurait été mesuré en continu par un équipement de mesure conforme aux exigences du Règlement, ne doit pas dépasser 25 %.

Ce chapitre énonce dans un premier temps les principes de base de l'échantillonnage de mesures ponctuelles et présente ensuite un outil d'analyse statistique permettant de déterminer, selon le contexte de prélèvement, une fréquence de prise de mesures adéquate qui permettra d'atteindre cet objectif.

### **4.1 Paramètres statistiques influant sur le niveau de confiance de l'estimation**

Une estimation qui se base sur des mesures ponctuelles doit supposer qu'un nombre limité de données mesurées (représentant l'échantillon statistique) permet de déterminer avec plus ou moins de certitude la valeur d'un ensemble de données non mesurées (représentant la population). Plus le nombre de données récoltées augmente (taille de l'échantillon), plus le résultat issu du calcul d'estimation s'approche de la vraie valeur. De plus, pour être représentatif, l'échantillonnage doit s'échelonner jusqu'aux limites de la population, définies, dans le cas présent, par le début et la fin de la période de prélèvement. Le nombre de mesures prises au cours de la période est déterminé par la fréquence (ou encore l'intervalle, qui est le temps entre deux mesures successives). La sélection adéquate de la fréquence-intervalle et de la période des mesures ponctuelles est déterminante pour le niveau de confiance de l'estimation. La figure suivante illustre cet énoncé :

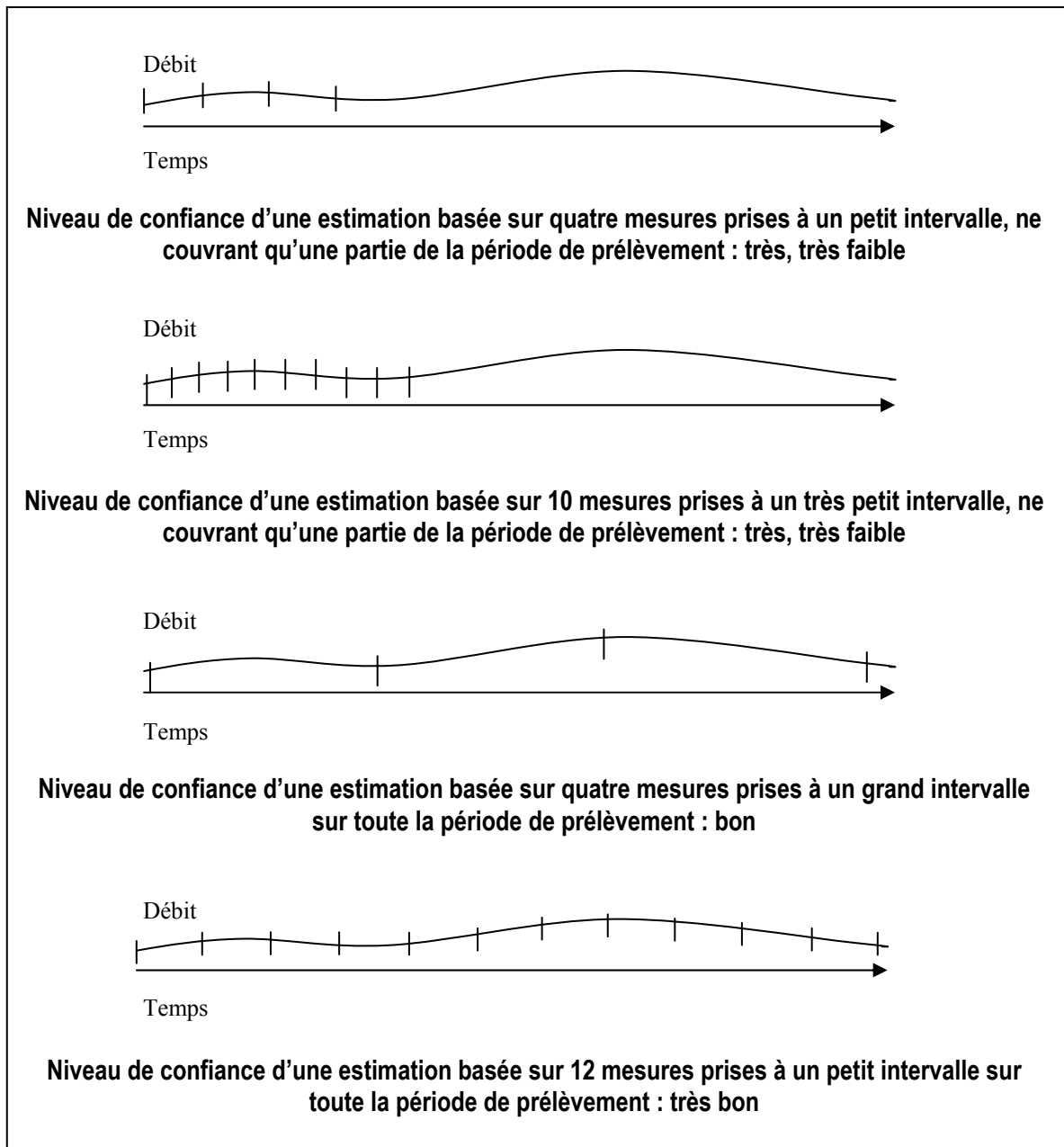


Figure 35. Niveaux de confiance selon la variation des paramètres fréquence, intervalle et période

L'exemple de la

figure 35, qui fait varier la fréquence (et l'intervalle) des mesures et la période couverte, démontre que la meilleure estimation est celle qui se base sur le **plus grand nombre de mesures (fréquence la plus élevée)** (donc à un court intervalle), et ce, **sur toute la période du prélèvement** (aux limites de la population). À ce sujet, l'article 18 du Règlement dit que « la fréquence de la prise de mesures doit être établie en fonction de la variabilité du volume prélevé dans le jour ou dans le mois en cours ».

## 4.2 Détermination de la fréquence minimale de la prise de mesures

### 4.2.1 Prévisibilité du prélèvement

Le nombre de mesures à effectuer (ou la valeur de l'intervalle) peut être réajusté à la baisse en fonction du caractère prévisible du débit de prélèvement. Cette prévisibilité repose sur la régularité des variations dans le temps et dans leur amplitude. En effet, plus les variations sont irrégulières dans le temps et en amplitude, moins le débit est prévisible et plus le nombre de mesures doit être élevé afin de conserver un niveau de confiance de l'estimation acceptable. Inversement, plus les variations sont régulières dans le temps et en amplitude, plus le débit est prévisible et moins des mesures sont nécessaires. Ainsi, si le débit ne varie jamais au cours d'une période de prélèvement donnée, une seule mesure par mois pourrait mener à une estimation suffisamment précise de toute la période de prélèvement. La figure suivante illustre cet énoncé :

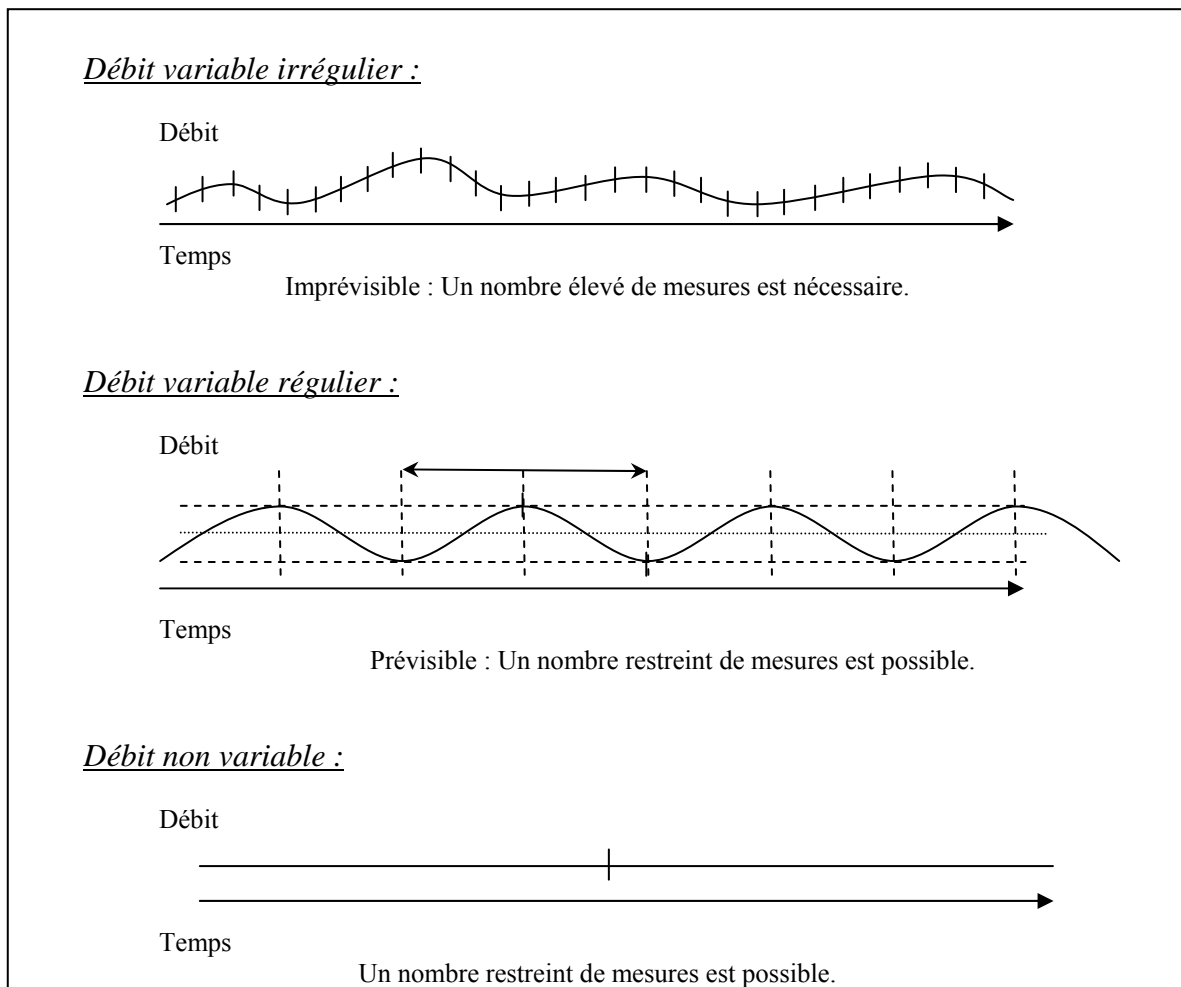


Figure 36. Ajustement de la fréquence des mesures en fonction de la variabilité du prélèvement

Lorsque le débit varie de façon telle que plus d'une mesure par jour est nécessaire en raison d'un débit variable, l'installation d'un équipement de mesure en continu est fortement recommandée, voire indispensable.

#### 4.2.2 *Caractérisation du régime de prélèvement et détermination de la fréquence minimale de la prise de mesures*

Comme démontré précédemment, il est possible de réduire, sans altérer le niveau de confiance de l'estimation, le nombre de prises de mesures, à condition que le débit de prélèvement soit prévisible, c'est-à-dire quand :

- le débit est peu variable;
- la variation du débit est régulière, en amplitude et dans le temps.

Ceci suppose que l'on doit bien connaître le régime de prélèvement dans des conditions normales d'activité. Pour ce faire, il est nécessaire de mesurer *in situ*, sur une période suffisamment longue pour être considérée comme étant représentative, le débit ou le volume d'eau prélevé.

Les deux méthodes d'analyse statistique présentées ci-dessous peuvent être appliquées afin de caractériser le régime de prélèvement et ainsi de déterminer si celui-ci est soit peu variable, soit à variation régulière. Elles associent également la fréquence minimale de la prise de mesures la plus adéquate selon cette variabilité, en ciblant une précision de plus ou moins 10 % entre chaque mesure ponctuelle et la vraie valeur correspondante. Toute autre méthode équivalente pourra aussi être acceptée. De plus, il est à noter que le préleveur n'est pas obligé d'effectuer une caractérisation de son régime de prélèvement.

Si le caractère prévisible du prélèvement est vérifié, ceci suppose pour le préleveur qu'il pourra éviter l'installation permanente d'un équipement de mesure en continu et effectuer des mesures ponctuelles qui seront considérées comme étant suffisamment fiables et représentatives du volume réel prélevé au cours du mois. Dans le cas contraire, le préleveur sera sans doute contraint, pour être en mesure de fournir au MDDEP des résultats acceptables, d'installer un tel équipement, comme cela est stipulé à l'article 18.

Il est recommandé que la caractérisation du régime de prélèvement soit effectuée par un professionnel compétent en la matière. Une copie du rapport de caractérisation devra être conservée chez le préleveur, car celui-ci est considéré comme une pièce justificative au sens de l'article 9 du Règlement. Dans le cas où le régime de prélèvement est significativement modifié en raison, par exemple, d'un changement dans les activités ou dans la nature de l'équipement de prélèvement utilisé, il pourrait être nécessaire de faire une nouvelle caractérisation.

### **Débit peu variable**

*Cette méthode permet, dans le cas d'un régime de prélèvement considéré peu variable, de réduire la fréquence de la prise de mesures à un minimum d'une fois par semaine.*

Pour déterminer la fréquence minimale (soit l'intervalle maximal) de la prise de mesures qui donnera des résultats représentatifs du prélèvement, on doit déterminer la variabilité du débit selon différents intervalles, allant du plus court intervalle au plus long. Pour effectuer cette vérification, une série de mesures *in situ* est requise. L'indicateur utilisé pour évaluer la variabilité (dispersion) des mesures est le coefficient de variation (CV), qui représente, en pourcentage, le rapport de l'écart-type divisé par la moyenne des observations effectuées.

$$CV = (\sigma \div \bar{Q}) \times 100$$

où :

CV : coefficient de variation

$\sigma$  : écart-type de la population

Q : débit

#### **NOTE :**

Le paramètre « débit » de cette équation peut tout aussi bien être remplacé par le paramètre « volume », qui est le débit multiplié par la valeur de l'intervalle.

#### **1- Variabilité intrajournalière**

Le débit est mesuré au moins une fois l'heure pendant au moins deux semaines consécutives de prélèvement.

S'il est démontré que chaque jour, le coefficient de variation des mesures de débit n'est pas supérieur à 5 %, le débit intrajournalier sera considéré comme étant peu variable. Une fréquence d'une mesure par jour, à intervalles réguliers, pourra être effectuée.

#### **2- Variabilité interjournalière**

Le débit est mesuré à intervalles réguliers au moins trois fois par jour pendant au moins trois semaines consécutives de prélèvement.

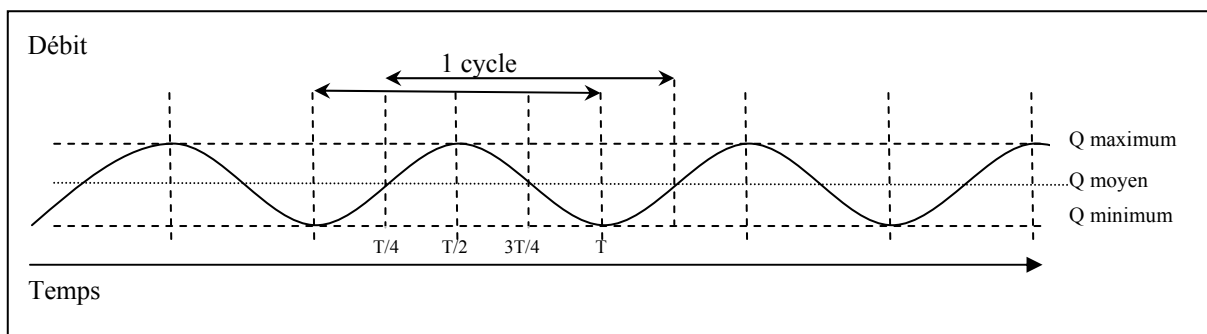
- a. Si la condition énoncée au point 1 est respectée ET qu'il est démontré que sur une moyenne mobile de trois jours consécutifs de prélèvement, le coefficient de variation des mesures de débit n'est pas supérieur à 5 %, le débit interjournalier sur trois jours sera considéré comme étant peu variable. Une fréquence de deux mesures par semaine, à intervalles réguliers, pourra être effectuée.

- b. Si la condition énoncée en 2a est respectée ET qu'il est démontré que chaque semaine, le coefficient de variation des mesures de débit n'est pas supérieur à 5 %, le débit interjournalier sera considéré comme étant peu variable. Une fréquence d'une mesure par semaine, à intervalles réguliers, pourra être effectuée.

### Débit à variation régulière

*Cette méthode permet, dans le cas d'un régime de prélèvement considéré à variation régulière, de réduire la fréquence de la prise de mesures à un minimum de huit fois par cycle. La période couverte par un cycle est propre au site de prélèvement.*

Un débit à variation régulière, en amplitude et dans le temps, décrit une courbe sinusoïdale. Pour déterminer cette courbe, une série de mesures *in situ* est requise (au moins huit par cycle). La prise de mesures sur une plus grande période permettra de cibler des variations sur des intervalles plus longs, qui ne pourraient être décelées dans une plus courte période de temps.



**Figure 37. Débit dont la variation correspond à une courbe sinusoïdale**

La courbe sinusoïdale répond à la formule suivante :

$$Q = \bar{Q} + Q_{\max} \times \sin (2\pi \times f \times t),$$

ou alors

$$Q = \bar{Q} + Q_{\max} \times \sin (2\pi \div T \times t)$$

où :

Q : débit au temps t (débit instantané) (ex. : m<sup>3</sup>)

Q<sub>max</sub> : débit maximal (amplitude) (ex. : m<sup>3</sup>/h)

t : temps depuis le début du prélèvement (ex. : n<sup>bre</sup> d'heures)

f : fréquence (ex. : n<sup>bre</sup> de cycles par heure). La fréquence vaut 1/T

T : temps requis pour accomplir un cycle

## 1- Régularité intrajournalière

Le débit est mesuré en continu pendant au moins deux semaines consécutives de prélèvement.

S'il est démontré que chaque jour, les mesures de débit décrivent une courbe sinusoïdale – c'est-à-dire d'une part qu'elles répondent à une fonction périodique et d'autre part que cette fonction passe par la moyenne au temps  $T/4$  et  $3T/4$ , à un seuil maximal à un temps  $T/2$  et minimal à un temps  $T$  pendant au moins trois cycles successifs complets (figure 37) –, alors le débit intrajournalier sera considéré comme étant à variation régulière.

Pendant une durée correspondant au temps  $T$ , soit la période requise pour accomplir un cycle de prélèvement, huit mesures effectuées à intervalles constants sont requises pour le calcul de l'estimation.

## 2- Régularité interjournalière

Le débit est mesuré en continu pendant trois semaines consécutives de prélèvement.

a. S'il est démontré que pour chaque groupe de trois jours, les mesures de débit décrivent une courbe sinusoïdale – c'est-à-dire d'une part qu'elles répondent à une fonction périodique et que d'autre part cette fonction passe par la moyenne au temps  $T/4$  et  $3T/4$ , à un seuil maximal à un temps  $T/2$  et minimal à un temps  $T$  pendant au moins trois cycles successifs complets (figure 37) –, alors le débit interjournalier sur trois jours sera considéré comme étant à variation régulière.

Pendant une durée correspondant au temps  $T$ , soit la période requise pour accomplir un cycle de prélèvement, huit mesures effectuées à intervalles constants sont requises pour le calcul de l'estimation.

b. S'il est démontré que chaque semaine, les mesures de débit décrivent une courbe sinusoïdale – c'est-à-dire d'une part qu'elles répondent à une fonction périodique et que d'autre part cette fonction passe par la moyenne au temps  $T/4$  et  $3T/4$ , à un seuil maximal à un temps  $T/2$  et minimal à un temps  $T$  pendant au moins trois cycles successifs complets (figure 37) –, alors le débit interjournalier hebdomadaire sera considéré comme étant à variation régulière.

Pendant une durée correspondant au temps  $T$ , soit la période requise pour accomplir un cycle de prélèvement, huit mesures effectuées à intervalles constants sont requises pour le calcul de l'estimation.

Dans tous les cas et comme l'exige le Règlement, la fréquence minimale de la prise de mesures ponctuelles est d'une fois par mois. Pour que ceci soit possible, il faut avoir démontré que le régime de prélèvement est prévisible, c'est-à-dire soit qu'il est peu variable pendant plusieurs semaines consécutives, soit que sa variation est régulière. Malgré cela, la prise d'au moins une mesure par semaine est fortement recommandée.

## 5. LE CALCUL DU VOLUME MENSUEL

### 5.1 Formule générale

À moins de disposer d'un équipement totalisateur, le calcul suivant doit être effectué afin d'obtenir le volume total mensuel prélevé :

$$V_{\text{mensuel}} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

où :

V : volume (en m<sup>3</sup>)

n : taille de l'échantillon

Chaque valeur de volume mesurée, V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub> jusqu'à V<sub>n</sub>, doit être associée à l'intervalle où elle a été mesurée. Ainsi, si l'intervalle est d'un jour, V<sub>1</sub> est le volume total prélevé pendant le premier jour du mois.

Si la valeur mesurée est un débit, chaque volume associé à un intervalle est le suivant :

$$V_1 = Q_1 \times T_1$$

où :

Q : débit (ex. : en m<sup>3</sup>/h)

T : intervalle associé (ex. : en heures)

Si la valeur de débit est une valeur instantanée, le calcul mène nécessairement à une estimation. Si la valeur de débit est la moyenne des débits pour l'intervalle qui lui est associé, le calcul mène à une valeur de volume réelle.

NOTES :

- 1- Si la valeur de débit est en pi<sup>3</sup>/s, elle doit être multipliée par 0,0283 afin d'être convertie en m<sup>3</sup>/s.
- 2- Si c'est la masse de l'eau qui est mesurée, elle doit être convertie en mètres cubes en tenant pour acquis qu'un mètre cube liquide d'eau douce a un poids de 1 000 kg.

### 5.2 Détermination des débits selon le type d'écoulement

Lorsqu'un débit doit être calculé, la formule générale à utiliser est la suivante :

$$Q = v \times A$$

où :

v : vitesse d'écoulement (ex. : m/s)

A : aire de la section mouillée perpendiculaire à l'écoulement (ex. : en m<sup>2</sup>)

En conduite fermée sous pression, seule la vitesse  $v$  est variable.  $A$  est une constante et correspond à  $\pi r^2$ , où  $r$  est le rayon interne de la conduite. En mesurant  $v$  uniquement, on détermine facilement le débit  $Q$ .

En conduite où l'écoulement est à surface libre,  $v$  et  $A$  sont tous deux variables. On doit donc mesurer à la fois  $v$  et  $A$  pour trouver  $Q$ . L'une des façons simples et rapides de déterminer  $Q$  dans ces conditions consiste à utiliser des tables préétablies où, selon les caractéristiques de l'élément primaire utilisé, la hauteur d'eau est corrélée à des valeurs de débit. Les tables contenues dans le manuel *Isco Open Flow Measurement Handbook* de Douglas M. Grant et Brian D. Dawson, sixième édition ou édition plus récente, peuvent être utilisées à cette fin.

## 6. LA DÉTERMINATION DE LA MARGE D'ERREUR

Lorsque des mesures en continu sont effectuées, la marge d'erreur n'est associée qu'à l'installation de mesure. Lorsque des estimations sont effectuées, la marge d'erreur est à la fois reliée à la qualité de l'installation et à l'exactitude du calcul d'estimation statistique utilisé.

Lorsque des mesures indirectes sont réalisées, le type de paramètre mesuré et corrélé au débit peut aussi être une source additionnelle d'incertitude.

D'autres sources d'erreurs peuvent aussi être introduites lorsque :

- des mesures sont manquantes;
- des erreurs de transcription des résultats surviennent;
- des erreurs de conversion de données se produisent (ex. : unités de mesure), etc.

### 6.1 Erreur des mesures en continu

L'article 12 du Règlement dresse la liste des méthodes (y compris les types d'équipements de mesure) considérées par le MDDEP comme étant adéquates, en conditions normales d'activité, pour déterminer le débit ou le volume prélevé.

Par ailleurs, ce même article stipule que la différence entre le volume mesuré par l'équipement de mesure et le volume mesuré par l'une des méthodes énumérées à l'article 12 ne doit pas dépasser 10 %. Mentionnons qu'en présence d'une installation comprenant un élément primaire et secondaire, il s'agira de s'assurer que l'installation entière se conforme à l'exigence du MDDEP.

La vérification de l'exactitude de l'équipement implique que, durant une période suffisante pour être considérée comme représentative, un équipement de mesure de type différent ou semblable à celui qui a été installé devra être utilisé en parallèle afin de mesurer le volume d'eau prélevé. Une vérification peut aussi être faite à l'aide d'une méthode de mesure ponctuelle acceptée par le MDDEP (voir quelques exemples au chapitre 4), à condition de comparer des résultats qui auront été mesurés au même moment. Le choix de la méthode ou de l'équipement étalon utilisé pour confirmer l'exactitude de l'équipement en place devrait se porter sur celui ayant la meilleure précision, la marge d'erreur ne devant pas dépasser  $\pm 5\%$ . À cet effet, on a souvent recours à la méthode volumétrique.

La marge d'erreur des mesures en continu est calculée comme suit :

$$\% \text{ Erreur} = [1 - (V_{\text{é.p.}} \div V_{\text{é.é.}})] \times 100$$

où :

$V_{\text{é.p.}}$  : volume de l'équipement en place

$V_{\text{é.é.}}$  : volume de l'équipement ou de la méthode étalon

## 6.2 Erreur des estimations

L'article 18 du Règlement précise que la différence entre le volume mensuel estimé et le volume réel ne peut dépasser 25 %. Bien que le Règlement n'ait fixé aucune fréquence de vérification de l'exactitude de l'estimation, il est recommandé qu'une telle vérification soit effectuée dès le début des estimations et ensuite à une fréquence d'une fois par année.

Cette vérification se fait de la même façon qu'en 7.1, à l'exception que le volume, comparé au résultat de l'appareil étalon (volume réel), provient d'une estimation. La période de la mesure en continu doit durer au moins un mois afin de comparer deux résultats mensuels. L'erreur s'exprime comme suit :

$$\% \text{ Erreur} = 1 - (V_{e.s.} \div V_{é.é.}) \times 100$$

où :

$V_{e.s.}$  : volume de l'estimation

$V_{é.é.}$  : volume de l'équipement ou de la méthode étalon (volume réel)

### Renseignements à fournir au MDDEP par tous les préleveurs d'eau :

- L'information inscrite pour chaque prélèvement (prise d'eau) :
  - Pour une prise d'eau utilisant un compteur ou un débitmètre sur un écoulement sous pression :
    - lecture à une fréquence appropriée du volume rapporté;
    - date et heure de la lecture du registre du compteur;
    - volume quotidien calculé (lecture actuelle moins lecture précédente) en unité appropriée (mètres cubes par jour).
  - Pour un prélèvement d'eau utilisant un élément primaire de mesure sans élément secondaire :
    - lecture du niveau d'eau dans le canal à une fréquence appropriée tenant compte de la variabilité du débit de prélèvement (voir section 5.2, « Détermination de la fréquence minimale de la prise de mesures »);
    - date et heure des lectures;
    - détermination du débit à partir des lectures précédentes en utilisant la table hauteur-débit ou la courbe hauteur-débit;
    - calcul du volume journalier en unité appropriée (mètres cubes par jour).
  - Pour un prélèvement d'eau utilisant un élément primaire de mesure avec un élément secondaire :
    - lecture à une fréquence appropriée du volume rapporté;
    - date et heure de la lecture;
    - volume quotidien calculé (lecture actuelle moins lecture précédente) en unité appropriée (mètres cubes par jour).

- Pour une prise d'eau utilisant la méthode du temps de pompage :
  - débit théorique moyen ou débit d'étalonnage de la pompe;
  - temps de fonctionnement de la pompe;
  - calcul du volume journalier en unité appropriée (mètres cubes par jour).

Le préleveur doit pouvoir démontrer que l'information rapportée et enregistrée est précise et exacte. En cas de besoin de vérification par le MDDEP, l'information suivante devrait être disponible :

- une copie de la description de la méthode de mesure utilisée comprenant la date, le lieu, la dimension, le nom du fabricant, le modèle et les autres renseignements pertinents sur l'équipement utilisé pour la mesure du volume ou du débit;
- si la méthode de calcul du temps de pompage est utilisée, le type de pompe, le lieu, la dimension, le nom du fabricant, le modèle et tout renseignement sur la courbe et le temps de fonctionnement de la pompe;
- si la méthode de détermination aire-vitesse est utilisée, la courbe hauteur-débit et la méthode de mesure du niveau d'eau;
- tous les calculs ayant mené à une estimation des volumes prélevés;
- tous les rapports techniques fournis par un tiers relativement aux travaux de réparation, d'étalonnage ou d'estimation des volumes prélevés;
- un ou plusieurs registres, sur papier ou électroniques, où figurent toutes les interventions datées faites sur les équipements : bris et réparations, étalonnages et tests de précision sur toutes les pompes, compteurs, débitmètres et courbes d'étalonnage;

Toute exigence spécifique, comme cela est stipulé dans le permis ou l'autorisation, doit être rapportée, enregistrée et gardée sur les lieux.

- S'il y a plainte ou impact résultant du prélèvement d'eau, le détenteur de permis doit rapporter l'information ainsi que la façon dont la résolution est faite;
- Le détenteur doit consigner la mesure du niveau statique des puits à intervalles réguliers;
- Le nombre de jours de prélèvement d'eau doit correspondre à ce qui est spécifié dans le permis;
- Le détenteur doit satisfaire les exigences de prélèvement telles que le nombre d'heures de prélèvement par jour et le volume maximum prélevé par jour.

Le préleveur devra donner accès en tout temps à un représentant du Ministère si une visite sur place est requise à des fins de vérification de l'équipement et de la méthode de détermination des volumes prélevés.

## RÉFÉRENCES

1. Arregui, Francisco, Enrique Cabrera Jr., et Ricardo Cobacho. *Integrated Water Management*, IWA Publishing, 2006.
2. AWWA Manual M33, 2006, *Flowmeters in Water Supply*, seconde édition.
3. *Water Meters – Selection, Installation, Testing, and Maintenance*, AWWA Manual M6.
4. *Sizing Water Service Lines and Meters*, AWWA Manual M22.
5. *Création d'un plan de comptage servant à comptabiliser la consommation et les pertes d'eau*, Guide national pour des infrastructures municipales durables, 2003.
6. Edgar, Tim. *The Large Water Meter Handbook*, première édition, Flow Measurement Publishing, Dillsboro, NC, 1995.
7. Ville de Montréal. *Review of Current Best Practices*, ICI Water Metering Program, 2005.
8. Environnement Canada. *Document d'orientation pour les mesures de débit des effluents de mines de métaux*, [En ligne]. [<http://www.ec.gc.ca/nopp/docs/rpt/2MM4/fr/appa.cfm>] (Consulté le 2 juin 2007).
9. *Water Measurement Manual, A Water Resource Technical Publication*, US Department of the Interior, Bureau of Reclamation.
10. *International Recommendation*, édition 2003, International Organization of Legal Metrology, OIML R 49-1.
11. *Specification for the Pattern Approval and Initial Inspection of Water Meters*, Measurement Canada, MC-S-W-01.
12. Ontario Ministry of the Environment. *Technical Bulletin*.
13. *Measurement of Water Flow in Fully Charged Closed Conduits – Meters for Cold Potable Water and Hot Water – International Standard*, troisième édition ISO 4064, 2005.
14. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyse environnementale, cahier 7 : Méthodes de mesure du débit en conduit ouvert*, 2004.
15. Replogle, John A., et Diane K. Walkowiak. *Isco Open Channel Flow Measurement Handbook*, sixième édition, ISBN 0-9622757-3-5.
16. Organisation internationale de normalisation (ISO). [En ligne] [<http://www.iso.org/iso/fr/home.htm>] (Consulté le 1<sup>er</sup> avril 2009).

## ANNEXE A

### Liste des normes ISO applicables à la mesure de volumes ou de débits

<b>Normes générales</b>	
ISO/TR 8363:1997	Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts – Lignes directrices générales pour la sélection de la méthode
ISO 5168:2005	Mesure de débit des fluides – Procédures pour le calcul de l'incertitude
ISO 7066-1:1997	Évaluation de l'incertitude dans l'étalonnage et l'utilisation des appareils de mesure du débit – Partie 1 : Relations d'étalonnage linéaires
ISO 7066-2:1988	Évaluation de l'incertitude dans l'étalonnage et l'utilisation des appareils de mesure du débit – Partie 2 : Relations d'étalonnage non linéaires
ISO 4006:1991	Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées – Vocabulaire et symboles
ISO 11631:1998	Mesure de débit des fluides – Méthodes de spécification des performances des débitmètres
ISO 1088:2007	Hydrométrie – Méthodes d'exploration du champ des vitesses à l'aide de moulinets – Recueil et traitement des données pour la détermination des incertitudes de mesurage du débit
ISO 4366:2007	Hydrométrie – Sondeurs à écho pour le mesurage de la profondeur de l'eau
ISO 3455:2007	Étalonnage des moulinets en bassins découverts rectilignes
ISO 3454:2008	Hydrométrie – Matériel de sondage et de suspension pour le mesurage direct de la profondeur
ISO 4373:2008	Hydrométrie – Appareils de mesure du niveau de l'eau
ISO/TS 24155:2007	Hydrométrie – Systèmes de transmission des données hydrométriques – Spécification des exigences des systèmes
<b>Normes sur les mesures du débit en surface libre</b>	
ISO 4373:2008	Hydrométrie – Appareils de mesure du niveau de l'eau
ISO 8368:1999	Déterminations hydrométriques – Mesure de débit dans les canaux découverts au moyen de structures – Lignes directrices pour le choix des structures
ISO 9826:1992	Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts – Canaux jaugeurs Parshall et SANIIRI
ISO 4359:1983	Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts – Canaux jaugeurs à col rectangulaire, à col trapézoïdal et à col en U
ISO 1438:2008	Hydrométrie – Mesure de débit dans les canaux découverts au moyen de déversoirs à paroi mince
ISO/TS 24154:2005	Hydrométrie – Mesure de la vitesse et du débit des rivières au moyen de profileurs à effet Doppler
ISO 3846:2008	Hydrométrie – Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts au moyen de déversoirs rectangulaires à seuil épais
ISO 4377:2002	Déterminations hydrométriques – Mesure de débit dans les canaux découverts au moyen de structures – Déversoirs en V ouvert

*Guide de soutien technique pour la clientèle  
Règlement sur la déclaration des prélèvements d'eau*

ISO 4360:2008	Hydrométrie – Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts au moyen de déversoirs à profil triangulaire
ISO 8333:1985	Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts au moyen de déversoirs et de canaux jaugeurs – Déversoirs à seuil épais en V
ISO 4371:1984	Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts au moyen de déversoirs et de canaux jaugeurs – Méthode d'évaluation du débit par détermination de la profondeur en bout des chenaux non rectangulaires à déversement dénoyé (méthode approximative)
ISO 4374:1990	Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts – Déversoirs horizontaux à seuil épais arrondi
ISO 748:2007	Hydrométrie – Mesurage du débit des liquides dans les canaux découverts au moyen de moulinets ou de flotteurs
ISO/TR 9209:1989	Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts – Détermination de la correction de câble immergé
ISO/TR 9823:1990	Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts – Méthode d'exploration du champ des vitesses utilisant un nombre réduit de verticales
ISO 2537: 2007	Hydrométrie – Moulinets à élément rotatif
ISO 6416:2004	Hydrométrie – Mesure du débit à l'aide de la méthode ultrasonique (acoustique)
ISO 1070:1992 ISO 1070/Amd1:1997	Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts – Méthode de la pente de la ligne d'eau
<b>Normes sur les mesures du débit en conduite fermée</b>	
ISO 3313:1998	Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées – Lignes directrices relatives aux effets des pulsations d'écoulement sur les instruments de mesure de débit
ISO/TR 15377:2007	Mesurage du débit des fluides au moyen d'appareils déprimogènes – Lignes directrices pour la spécification des diaphragmes, des tuyères et des tubes Venturi non couverts par l'ISO 5167
ISO/TR 9564:2008	Lignes directrices pour l'utilisation de l'ISO 5167-2003
ISO 5167-1:2003	Mesure de débit des fluides au moyen d'appareils déprimogènes insérés dans des conduites en charge de section circulaire – Partie 1 : Principes généraux et exigences générales
ISO/TR 5167-2:2003	Mesure de débit des fluides au moyen d'appareils déprimogènes insérés dans des conduites en charge de section circulaire – Partie 2 : Diaphragmes
ISO/TR 5167-3:2003	Mesure de débit des fluides au moyen d'appareils déprimogènes insérés dans des conduites en charge de section circulaire – Partie 3 : Tuyères et Venturi-tuyères
ISO/TR 5167-4:2003	Mesure de débit des fluides au moyen d'appareils déprimogènes insérés dans des conduites en charge de section circulaire – Partie 4 : Tubes de Venturi
ISO 6817:1992	Mesure de débit d'un fluide conducteur dans les conduites fermées – Méthode par débitmètres électromagnétiques
ISO 8316:1987	Mesure de débit des liquides dans les conduites fermées – Méthode par jaugeage d'un réservoir volumétrique
ISO 9555-1:1994	Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts – Méthodes de dilution en régime permanent utilisant des traceurs – Partie 1 : Généralités

*Guide de soutien technique pour la clientèle*  
*Règlement sur la déclaration des prélèvements d'eau*

ISO 9555-3:1992	Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts – Méthodes de dilution en régime permanent utilisant des traceurs – Partie 3 : Traceurs chimiques
ISO 9555-4:1992	Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts – Méthodes de dilution en régime permanent utilisant des traceurs – Partie 4 : Traceurs fluorescents
ISO 3354:2008	Mesurage de débit d'eau propre dans les conduites fermées – Méthode d'exploration du champ des vitesses dans les conduites en charge et dans le cas d'un écoulement régulier, au moyen de moulinets
ISO 7194:2008	Mesurage de débit des fluides dans les conduites fermées – Mesurage de débit dans les conduites circulaires dans le cas d'un écoulement giratoire ou dissymétrique par exploration du champ des vitesses au moyen de moulinets ou de tubes de Pitot doubles
ISO 3966:2008	Mesurage du débit des fluides dans les conduites fermées – Méthode d'exploration du champ des vitesses au moyen de tubes de Pitot doubles
ISO 4185:1980	Mesure de débit des liquides dans les conduites fermées – Méthode par pesée

**ANNEXE B**  
**Table de conversion**

1 MÈTRE CUBE D'EAU DOUCE =

1 000 litres;  
35,31 pieds cubes;  
264,17 gallons;  
219,97 gallons impériaux;  
1 tonne métrique;  
1 000 kilogrammes;  
2 204,59 livres.