



Fiche n°8 : Mesurage du débit transité ou déversé sur les postes de relèvement/refoulement

Les postes de relèvement peuvent être considérés comme des points caractéristiques d'un réseau de collecte. Ils sont souvent équipés de dispositifs d'acquisition et de télégestion qui peuvent permettre de mesurer en continu le débit d'eaux usées dans les principaux collecteurs et les déversements au niveau de leur trop plein éventuel.

Chaque poste de relèvement peut permettre d'atteindre, à moindre coût, les objectifs de surveillance sans la fourniture et la pose d'équipements complémentaires. Ils peuvent être facilement intégrés à un dispositif de surveillance et permettre une sectorisation et une connaissance plus détaillées du fonctionnement du réseau.

Nous excluons de cette fiche, la mesure de débit par pose de débitmètres électromagnétiques sur les colonnes de relèvement ou la conduite de refoulement. Il est intéressant de prévoir ce dispositif de mesure dès la conception de l'ouvrage. Cela permet de connaître avec précision les débits refoulés. Avec un investissement non négligeable et sous réserve des longueurs droites nécessaires, cette opération peut également être réalisée sur un poste existant.

1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT ET DONNEES NECESSAIRES AU CALCUL

Le poste de relèvement n'est pas un instrument de mesure, mais un ouvrage dont la connaissance des données de fonctionnement et des données structurelles permet de fiabiliser la mesure indirecte du débit à partir de procédures d'évaluation et de calcul.

Une station de pompage est constituée d'une bache de stockage, d'une colonne et d'une conduite de refoulement et à minima, d'une pompe (une deuxième en secours) ou, selon la capacité de l'ouvrage, de plusieurs pompes immergées ou en cale sèche. Les postes les plus rudimentaires sont régulés par des poires de niveaux qui commandent les séquences de marche/arrêt des pompes. Par exemple :

- niveau bas : arrêt des pompes ;
- niveau haut : démarrage d'une pompe ;
- niveau très haut : démarrage d'une deuxième pompe ;
- niveau trop plein : début de fonctionnement du l'ouvrage de sécurité.

Afin d'utiliser un poste de relèvement comme point de mesure du débit transité et éventuellement déversé, il doit être équipé d'un satellite de télégestion (de type Perax, Sofrel, Napac, etc) avec raccordement au réseau Télécom, GSM ou GPRS. La télégestion permet en premier lieu d'avoir en temps réel une application d'alarming et de gérer les interventions de maintenance des installations sur un état de dysfonctionnement constaté de l'ouvrage de régulation.

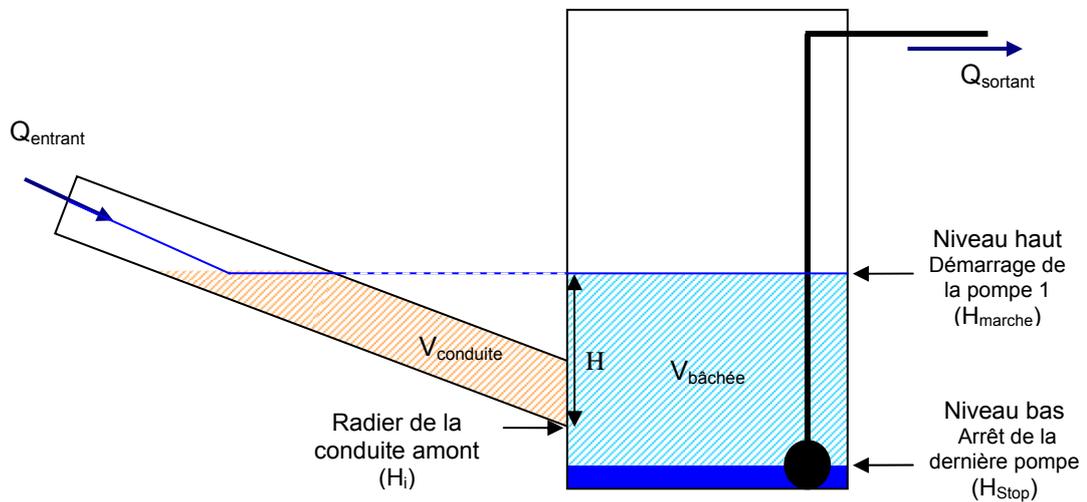
En complément de la télégestion, les postes sont généralement équipés d'une mesure de niveau dans la bache, soit par une sonde à ultrasons, soit une sonde piézométrique (les poires de niveau étant alors conservées en secours pour la commande des pompes).



Illust. 1: Équipements de mesure et de télégestion d'une station de pompage, Ville de Mâcon

La télégestion permet l'acquisition et la transmission des données de fonctionnement ou de mesure. Il est nécessaire de les archiver afin de les valoriser dans le cadre de l'autosurveillance et du diagnostic permanent :

- l'horodatage de marche et d'arrêt des pompes ou temps de fonctionnement ;
- la hauteur d'eau dans la bache du poste de relèvement.



Illust.2 : Schéma de principe d'un poste de relèvement

En complément des données fonctionnelles, il est nécessaire de connaître des données structurelles pour calculer le débit :

- hauteur du niveau bas H_{stop} et du niveau haut H_{marche} ;
- surface de la bache $S_{bâchée}$;
- ces deux informations déterminent le volume de la bache ;
- le diamètre du collecteur d'arrivée et la hauteur de son radier ;
- le niveau du trop plein.

2. CALCUL DU DEBIT TRANSITE

De manière générale, il existe deux grands principes de calcul du débit. On détermine soit le débit sortant à partir des temps de fonctionnement, soit le débit entrant dans le poste à partir des horodatages marche/arrêt, éventuellement complétés du suivi du marnage par une mesure de niveau. Par ordres de précision et de complexité croissants, les calculs à réaliser sont :

- le produit du temps de fonctionnement journalier de chaque pompe séparément et en parallèle par le débit nominal des pompes selon les différentes configurations de pompage ;

$$Q_{\text{sortant}} : \sum \Delta t_{\text{fonctionnement}} (\text{Pompe } i) \times Q_{\text{nominal}} + \sum \Delta t_{\text{fonctionnement}} (\text{Pompes en parallèle}) \times Q_{\text{nominal}}$$

- idem que le calcul précédent avec un étalonnage local du débit des pompes, soit par une mesure sur la colonne de relèvement (débitmètre externe à temps de transit) soit avec une mesure par empotage. Dans ce dernier cas, le volume de la bache est rapportée à la durée de pompage, soit en considérant un débit entrant négligeable (hypothèse acceptable en période nocturne), soit en évaluant le débit sortant de chaque pompe selon la dernière procédure présentée ci-dessous.

$$Q_{\text{sortant}} : \sum \Delta t_{\text{fonctionnement}} (\text{Pompe } i) \times Q_{\text{étalonné}} + \sum \Delta t_{\text{fonctionnement}} (\text{Pompes en parallèle}) \times Q_{\text{étalonné}}$$

- Les horodatages marche/arrêt de chaque pompe permettent d'obtenir, la durée nécessaire Δt pour remplir le volume de marnage entre deux cycles de pompage. Ce volume rapporté à cette durée équivaut au débit entrant dans le poste durant cette période. Dans le cas où le niveau haut est supérieur au fil de la conduite amont, on peut compléter le volume de la bache par le volume d'eaux usées stocké dans la conduite ;

$$Q_{\text{entrant}} (\text{pompes à l'arrêt}) : ((H_{\text{marche}} - H_{\text{stop}}) \times S_{\text{bâchée}}) / \Delta t$$

- Afin d'être le plus précis possible, notamment pour le calcul des eaux claires parasites par les méthodes de type « minimum nocturne » ou pour l'étalonnage régulier du débit sortant de chaque pompe, on peut suivre l'évolution ΔH du marnage, en période d'arrêt ou de marche, selon la mesure de niveau. Une acquisition de la hauteur d'eau de l'ordre de la minute, rapportée à la surface de la bache permet de calculer des incréments de volume à chaque pas de temps et de suivre l'évolution du débit entrant ou sortant. On peut alors intégrer dans le calcul du débit sortant que pendant une période de pompage, le débit entrant déterminé dans la période d'arrêt précédente est constant. Le calcul du débit sortant est alors effectué comme suit avec cette fois un Δt qui correspond à la durée de pompage :

$$Q_{\text{sortant}} : (\sum \Delta H (\text{pompes en marche}) \times S_{\text{bâchée}}) / \Delta t + Q_{\text{entrant}}$$

Certains satellites de télégestion intègrent des programmes spécifiques qui permettent de réaliser localement ces différents calculs et d'étalonner quotidiennement en période nocturne chaque pompe par

empotage. Sinon, à partir des données brutes, des logiciels commerciaux peuvent être utilisés. De simples développements sur un tableur EXCEL permettent aussi de réaliser facilement ces calculs.

Il est important de rappeler que par temps de pluie, des débits à refouler importants ne permettront pas d'observer des bâchées. Un pompage constant sera alors observé. Dans ce cas, les deux grands principes de calcul sont obligatoirement combinés : débit entrant et sortant par temps sec et uniquement débit sortant par temps de pluie. Il s'agit de deux principes de mesures complémentaires et éventuellement contradictoires qui permettent un contrôle de cohérence des évaluations du débit. Il est fortement recommandé d'analyser les archives de fonctionnement d'une station de pompage avec les archives pluviométriques de la station de mesure la plus proche.

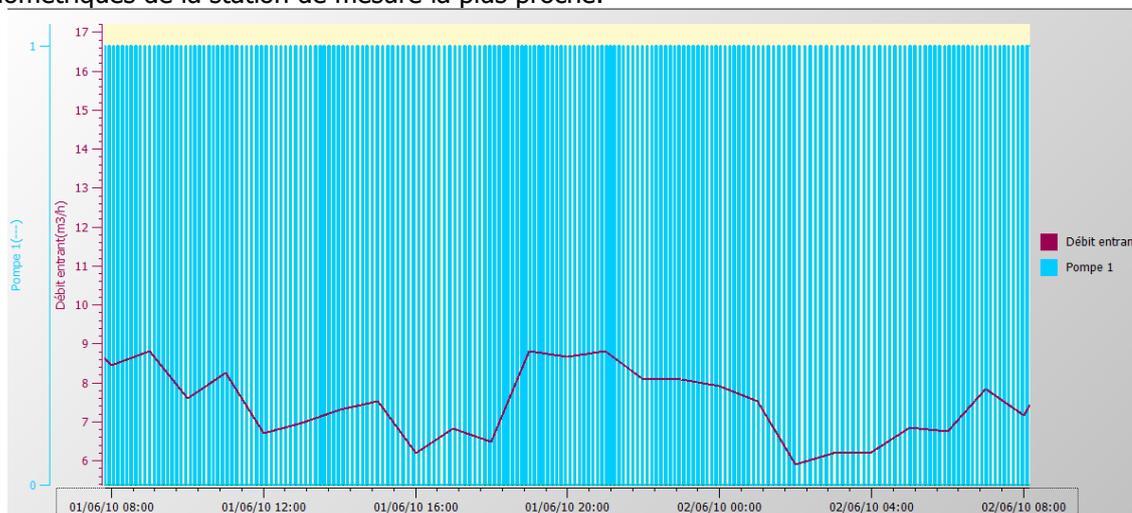
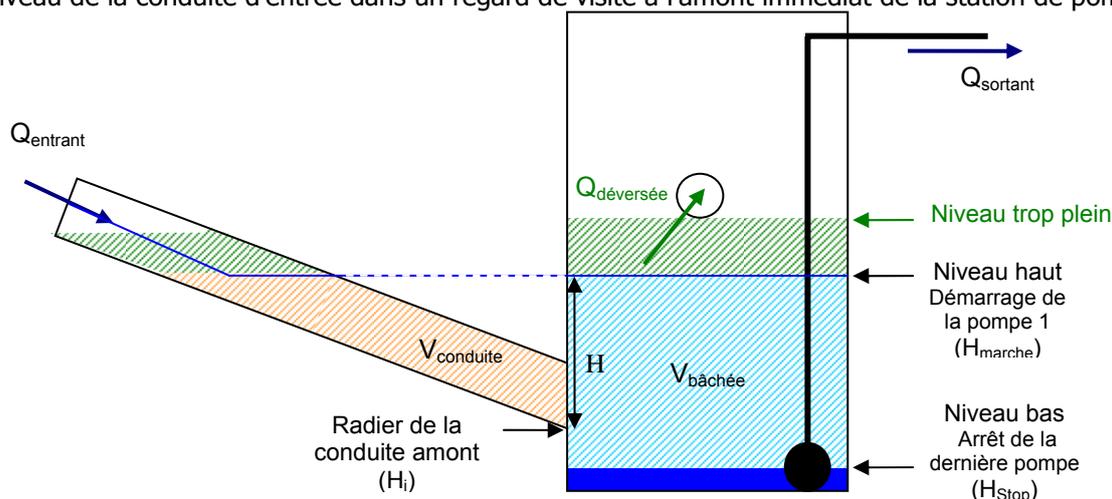


Fig.1: Exemple de transformation des horodatages marche/arrêt d'une pompe en débit entrant, Ville de Mâcon

La fiabilité des calculs dépend en premier lieu de la fiabilité des données archivées. Temps de fonctionnement et mesure de hauteur sont des données bien maîtrisées sous réserve d'éventuelles pannes électromécaniques, notamment par temps de pluie. Une méthodologie de validation des données acquises sur les postes de relèvement a été proposée dans la thèse de Raynaud (2010).

3. CALCUL DU DEBIT DEVERSE EN ABSENCE D'INFLUENCE AVAL

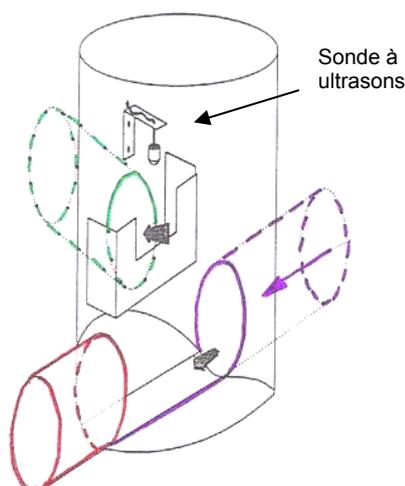
De manière générale, un trop plein de poste de relèvement est constitué d'un orifice souvent circulaire dans la paroi du poste et d'une conduite de surverse pour rejet direct dans le milieu récepteur via ou non, selon le contexte, le réseau séparatif pluvial. Cet ouvrage de sécurité peut également être situé au niveau de la conduite d'entrée dans un regard de visite à l'amont immédiat de la station de pompage.



Illust.3 : Schéma de principe d'un poste de relèvement avec trop plein

L'utilisation et la valorisation des dispositifs de mesure et de télégestion existants sur certains postes de relèvement permet d'effectuer, tant par temps sec que par temps de pluie, un bilan volumétrique des effluents transités et déversés. Ainsi, il est possible d'utiliser la mesure de niveau dans le poste effectuée par la sonde ultrasons ou la sonde piézométrique. Dans le cas où le trop plein est situé en amont du poste, et que ce dernier est équipé d'un dégrilleur pouvant provoquer des mises en charge, il est recommandé d'équiper le trop plein d'une mesure de hauteur dédiée qui sera plus représentative de la ligne d'eau au droit de l'ouvrage de déversement.

L'Agence de l'Eau Loire Bretagne recommande d'équiper l'orifice circulaire d'un seuil calibré permettant d'appliquer une loi hydraulique connue afin de transformer la hauteur d'eau en débit déversé. Ces seuils minces pré-calibrés peuvent être achetés fournis par des fabricants ou des revendeurs spécialisés dans ce type de dispositif. Sinon, ils peuvent être construits sur mesure par un bon chaudronnier local.



Illust. 4: B. Ollagnon, 2009



Illust. 5: Équipement d'un trop plein, Ville de Mâcon

Dans ces conditions d'équipement et d'aménagement de la section de mesure et en l'absence de clapet anti-retour, le débit déversé Q_{dev} peut alors être obtenu à partir d'une loi hydraulique du type $Q_{dev} = f(h_{eau})$ spécifique à la forme et aux dimensions du seuil. Dans le cas d'un seuil rectangulaire avec contractions latérales, la formule de Kindsvater-Carter peut être utilisée. Dans le cas d'un seuil sans contractions, la formule de Rehbock est utilisable.

Kindsvater-Carter :

$$Q_{dev} = \mu \frac{2}{3} \sqrt{2g} B_e h_{eau}^{\frac{3}{2}}$$

avec :

- μ : coefficient de débit
- B_e : longueur échancrure (m)
- h_{eau} : hauteur d'eau (m)

Le coefficient de débit μ est une fonction de deux variables :

$$\mu = f\left(\frac{B_e}{B}, \frac{h}{h_p}\right)$$

avec :

- h_p : hauteur de pelle (m)
- B : largeur du chenal d'approche (m)
- B_e : largeur de l'échancrure (m)
- h : hauteur d'eau mesurée (m)

Rehbock :

$$Q_{dev} = (0,4023 + 0,0542 \frac{h_{eau}}{h_{seuil}}) B h_e^{3/2} \sqrt{2g}$$

Pour les conditions d'application de ses formules ou la définition des calculs correspondants à d'autres formes de seuils (triangulaire, circulaire, etc), se référer à Bertrand-Krajewski et *al.* (2000).

4. REFERENCES

BERTRAND-KRAJEWSKI J.L., LAPLACE D., JOANNIS C., CHEBBO G. *Mesures en hydrologie urbaine et assainissement*. Editions Tec & Doc, Paris (France), 2000.

OLLAGNON B., *Autosurveillance sur le Bassin Loire Bretagne*. Acte de la 4èmes journée sur l'autosurveillance des réseaux d'assainissement 11-22p., GRAIE, Villeurbanne, 2009.

RAYNAUD O. (2010). *Un modèle hydrologique conceptuel pour l'évaluation des rejets de réseaux séparatif d'eaux usées par temps de pluie*. Thèse de doctorat: École centrale Nantes, France Septembre 2009. 186 p.