

## **Gestion préventive de l'ensablement des collecteurs visitables d'assainissement et optimisation des interventions de curage**

Preventive management of sedimentation in man-accessible sewers and optimisation of desilting operations

Aflak A.\*, Gendreau N.\*\*\*, Pascal O.\*\*, Pister B.\*\*\*, Vuathier J.\*

\* Safège Ingénieurs-Conseils - Parc de l'Île - 15/27 rue du Port - 92022 NANTERRE Cedex ([amer.aflak@safege.fr](mailto:amer.aflak@safege.fr), [jean.vuathier@safege.fr](mailto:jean.vuathier@safege.fr))

\*\* SEVESC (Société des Eaux de Versailles et de Saint-Cloud) - 145 rue Yves Le Coz - BP 518 - 78005 Versailles Cedex ([olivier.pascal@sevesc.net](mailto:olivier.pascal@sevesc.net))

\*\*\* Conseil général des Hauts-de-Seine - 61 rue Salvador Allende - 92751 NANTERRE Cedex ([ngendreau@cg92.fr](mailto:ngendreau@cg92.fr), [bpister@cg92.fr](mailto:bpister@cg92.fr))

### **RESUME**

La maîtrise du risque d'ensablement des collecteurs est un des enjeux majeurs de la gestion des réseaux d'assainissement. Elle se situe en amont du processus de maîtrise des flux pluviaux pour prévenir les risques de débordements en surface et limiter au strict minimum les déversements dans le milieu récepteur. Le département des Hauts-de-Seine, maître d'ouvrage, et son gestionnaire délégué du réseau départemental d'assainissement, la SEVESC, ont procédé à une rationalisation des interventions de curage. Celle-ci s'est appuyée sur la définition des risques d'ensablement en fonction de multiples facteurs et sur une classification des collecteurs en trois catégories d'exploitation. La démarche a fait appel, d'une part à la modélisation hydraulique pour estimer les vitesses d'écoulement, les débits et les taux de remplissage des collecteurs par temps sec et par temps de pluie et, d'autre part, à une série d'actions adaptées concernant des ouvrages linéaires (vanne pivotante Hydrass) ou particuliers (vérification du bon fonctionnement des chambres à sable). La programmation rationnelle qui en résulte permet d'augmenter l'efficacité de la prévention et de réduire les coûts.

### **ABSTRACT**

The control of the risk of silting in sewers is one of the major challenges in the management of sewerage systems. It is even more important than the management of surface water entry into sewers in terms of reducing flood risk and pollution from spills to the environment. The council of Hauts-de-Seine and its sewerage operator, SEVESC, have undertaken a rationalisation of its desilting operations. This study has defined the risk of silting for 3 categories of sewer with respect to various criteria. The hydraulic model of the sewerage system has been used to determine the flow velocities and rates of sewer filling during dry and wet weather. A series of on-site checks has also been undertaken, such as the checking of the working order of existing desilting chambers and key regulation valves. The resulting rationalised programme of desilting operations can improve the efficacy of preventative flooding measures and reduce costs.

### **MOTS CLES**

Aide à la décision ; Collecteur visitable ; Chambre à sable ; Curage ; Ensablement ; Libre écoulement ; Programmation ; Risque.

## 1 INTRODUCTION

La prévention de l'ensablement des collecteurs d'assainissement est un des enjeux majeurs de la gestion des réseaux d'égout, puisque cela commande le libre écoulement des effluents que ces ouvrages doivent évacuer, tant eaux usées qu'eaux de pluie.

Quand le Département des Hauts-de-Seine, maître d'ouvrage d'un important réseau d'assainissement urbain, et son gestionnaire délégué, la SEVESC (Société des Eaux de Versailles et de Saint-Cloud ) se sont engagés au début des années 2000 dans la constitution d'un système conjoint de management environnemental, conforme à la norme ISO 14001, et destiné à être certifié (certification prononcée en juin 2003 et renouvelée en octobre 2006), la maîtrise du risque d'ensablement s'est trouvée tout en amont du processus : un objectif du management environnemental était la maîtrise des flux pluviaux pour prévenir les risques de débordements en surface et limiter au strict minimum les déversements en Seine. L'absence d'encombrements dans les égouts était alors un point clé de la démarche.

Il fut décidé de rationaliser le processus de curage, globalement complexe.

Cette rationalisation s'est appuyée sur une évaluation du processus d'ensablement, pour agir le plus possible en anticipation, source d'efficacité et d'économie. Cette évaluation a été menée en collaboration avec le bureau d'ingénieurs conseils SAFEGE dans le cadre d'un programme d'études et d'applications réalisées entre 2002 et 2006.

L'approche globale s'est fondée sur les éléments de connaissance suivants :

- les connaissances disponibles,
- les outils de traitement des données,
- les outils de modélisation et de calcul,
- l'expertise des ouvrages,
- l'expérimentation sur site,
- les objectifs de l'exploitation des réseaux.

Une carte de planification du curage des collecteurs visitables, à appliquer sur la période de 2006 à 2010 a pu être constituée, ainsi qu'en appui :

- une connaissance plus précise des collecteurs à risque d'ensablement et des paramètres générateurs de ce problème,
- une capacité améliorée à gérer l'ensablement des collecteurs et à prévenir l'évacuation des matières solides vers les émissaires interdépartementaux de transport (gérés par le S.I.A.A.P : Syndicat Interdépartemental d'Assainissement de l'Agglomération Parisienne) ou vers la Seine par temps de pluie,
- la maîtrise de quelques solutions techniques réduisant les besoins d'intervention systématique de curage en collecteurs.

Cette planification quinquennale est suivie par des indicateurs de qualité. Elle met en application les termes de la nouvelle norme NF EN 14654-1 pour la gestion et le contrôle des opérations de nettoyage des réseaux d'assainissement.

## 2 CONTEXTE ET OBJECTIFS

### 2.1 Trois niveaux de réseaux dans le département des Hauts-de-Seine

Dans le département des Hauts-de-Seine, on recense trois types de réseaux :

- En amont, les réseaux communaux, à vocation de collecte des eaux usées et pluviales, pour un linéaire d'environ 1 500 kilomètres ;
- Directement en aval, le réseau départemental, objet de la présente communication, qui assure le transport des effluents des communes du département et la collecte de tous les branchements situés sur son parcours ;
- A l'aval, le réseau interdépartemental, qui par l'intermédiaire de grands émissaires conduit les effluents issus du réseau départemental vers les usines d'épuration du S.I.A.A.P.

### 2.2 Caractéristiques du réseau départemental

Le réseau départemental d'assainissement des Hauts-de-Seine représente 530 km, dont 350 km de collecteurs visitables (diamètre supérieur à 1600 mm). Ce réseau est à 72% de type unitaire.

Le réseau comprend 37 exutoires vers le réseau interdépartemental et également 127 déversoirs d'orage engendrant des rejets en Seine par temps de pluie.

Il est équipé de 120 chambres à sable (représentant un volume d'environ 7 400 m<sup>3</sup>) qui contribuent à la lutte contre la formation de dépôts linéaires. Toutefois un certain nombre de collecteurs nécessitent des curages systématiques pour diverses raisons hydrauliques, structurelles ou environnementales. Le gisement des sous-produits de curage de ces réseaux constitue au total un volume évalué à 13 000 m<sup>3</sup>/an (environ 10 000 tonnes)

### 2.3 Objectifs

Le curage, c'est-à-dire l'enlèvement des matières sédimentées qui perturbent les bonnes conditions d'écoulement, concerne les ouvrages suivants

- Les avaloirs (non traités ici),
- Les collecteurs non visitables, qui font l'objet de rinçages par lesquels leurs dépôts sont transférés aux collecteurs visitables en aval,
- Les collecteurs visitables, dont la méthodologie de curage régulier a été revue et modernisée,
- Les chambres à sable, installées sur ces collecteurs,

Les collecteurs visitables curés représentent des linéaires qui varient annuellement de 25 à 35 km. Ces linéaires correspondent à des collecteurs dont les fréquences d'intervention peuvent varier entre 1 an et 5 ans.

Les principaux objectifs du programme d'étude sont :

- d'une part, mieux définir les linéaires des collecteurs à curer et la fréquence judicieuse de ce curage,
- d'autre part, identifier les points noirs à fort ensablement qui peuvent être traités par des interventions sur les paramètres d'influence (Cf. faible vitesse d'écoulement, apport important des solides...) et définir les principes techniques de solutions (Cf. création de nouvelle chambre à sable ou des pièges de charriage, reprofilage du radier plat, augmentation des débits par des dérivations au moyen de vanne batardeaux, utilisation de vanne pivotante de curage hydraulique...).

### **3 METHODOLOGIE D'ELABORATION D'UNE PLANIFICATION RATIONNELLE ET D'UNE CARTOGRAPHIE DE CURAGE DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT DEPARTEMENTAL**

#### **3.1 Classification des collecteurs en fonction des risques d'ensablement et des priorités de curage**

La définition de cette classification a été réalisée selon les étapes suivantes :

- caractérisation de chaque collecteur du réseau par un niveau du risque théorique d'ensablement en fonction d'une analyse multicritère expliquée ci-après et élaboration d'une première version de la cartographie de classification des collecteurs,
- vérification sur site de la correspondance entre le niveau estimé de risque et la situation réelle des collecteurs à travers l'inspection d'un échantillon de 5 km de collecteurs de différentes catégories de risque,
- évaluation sur site du fonctionnement de 55 chambres à sable dans la lutte contre l'ensablement du réseau,
- mise au point de la cartographie de classification des collecteurs suite à l'analyse des données de terrain et aux critiques des équipes d'exploitation des différents secteurs géographiques du réseau,
- évaluation des risques de mise en charge des collecteurs et de débordement pour différentes pluies (fréquences de retour de 1 mois, 2 ans, 5 ans et 10 ans) en cas de présence de dépôts sur radier de l'ordre de 10 % et de 15 % de la hauteur des collecteurs,
- élaboration d'une cartographie représentative des fréquences de curage pratiquée par l'exploitant du réseau dans les cinq dernières années,
- élaboration d'une classification des collecteurs en termes de fréquence de curage sur la base de l'analyse de trois données :
  - o les niveaux de risques d'ensablement,
  - o les niveaux de risques de mise en charge et de débordement dans les conditions d'acceptation de la présence 10 % de dépôts et d'occurrence d'une pluie de fréquence de retour de 2 ans,
  - o la fréquence pratique de curage.

#### **3.2 Moyens spécifiques utilisés**

La démarche s'est appuyée sur les outils suivants :

- La modélisation hydraulique des réseaux d'assainissement sous le logiciel MOUSE, pour estimer les vitesses d'écoulement, les débits (l'utilisation d'une pluie de fréquence mensuelle a été retenue dans la procédure d'évaluation des risques d'ensablement, une pluie de période de retour 2 ans a été utilisée pour vérifier l'impact de l'ensablement sur la débitance des ouvrages) ;
- Les inspections et mesures de terrain menées en collaboration étroite avec l'exploitant du réseau ;
- La base des données historiques de curage existante à la S.E.V.E.S.C ;
- Le système d'information géographique Map Info pour l'élaboration des cartes thématiques d'illustration des résultats des études et d'aide à la gestion.

Un découpage du réseau en 4 200 tronçons homogènes au sens de la modélisation hydraulique (pente, dimension interne...) a été utilisé pour la caractérisation des collecteurs. L'ensemble de ces données a été intégré dans un fichier unique listant l'inventaire du patrimoine des collecteurs du réseau d'assainissement.

### 3.3 Critères de définition des risques théoriques d'ensablement

L'insuffisance d'évacuation gravitaire des matières solides présentes dans les effluents urbains peut résulter de plusieurs facteurs. Les paramètres caractérisant ces facteurs sont utilisés comme critères pour porter un jugement de l'état du réseau vis-à-vis du risque d'ensablement. Des règles d'expertise ont été associées à l'utilisation de ces critères, ainsi que des échelles de notation.

Trois familles de critères, représentant les principaux facteurs d'ensablement d'un réseau d'assainissement, sont prises en compte, à savoir :

- Facteurs structurels : pente, forme de radier.
- Facteur hydraulique : vitesse d'écoulement et débit par temps sec et temps de pluie.
- Facteurs d'impacts du fonctionnement global du réseau : influences amont ou aval des chambres à sable, des déversoirs d'orage et des exutoires aux émissaires du S.I.A.A.P. qui représentent des conditions atténuantes ou aggravantes du phénomène de formation des dépôts en égout.

Ces critères d'évaluation se caractérisent par :

- un *paramétrage dimensionnel ou descriptif* des facteurs considérés : identification caractérisant une situation quantifiable (cf. pente, vitesse d'écoulement, hauteur de remplissage) ou observable (cf. zone d'inondation, intersection des collecteurs) sur un tronçon du réseau d'assainissement,
- un *paramétrage explicatif* représentatif des relations de cause à effet entre des caractéristiques structurelles et hydrauliques d'un ouvrage et des insuffisances d'autocurage et la formation des dépôts. Cela aide à identifier les possibilités d'agir sur les causes du problème.

La méthodologie d'évaluation est volontairement simple d'application et de moyens à mettre en œuvre. Les collecteurs du réseau ont été ainsi classés selon une notation globale du risque théorique d'ensablement obtenue par l'application de la formule suivante :

$$NGPT_i = (N_{i1} + N_{i2} + N_{i3}) + (n_{i4} + \dots + n_{ij}),$$

avec :

$NGPT_i$  : note globale pondérée du risque d'ensablement du tronçon  $T_i$ . Sa valeur peut être entre (1) et  $(15 + j \times 1)$  qui représente l'extrémité du « risque très fort ».

$N_{i1}$  : note d'évaluation du tronçon  $T_i$  par rapport au critère de pente.

$N_{i2}$  : note d'évaluation du tronçon par rapport au critère de vitesse d'écoulement.

$N_{i3}$  : note d'évaluation du tronçon par rapport au critère de débit transité.

La valeur de  $N_{i1}$ ,  $N_{i2}$  ou  $N_{i3}$  est définie sur une échelle croissante de cinq niveaux, dont : 1 (risque très faible) et 5 (risque très important).

$n_{i4}$ ,  $n_{ij}$  : note d'évaluation de l'influence des conditions amont et aval du tronçon, ainsi que de la forme de son radier d'écoulement. Sa valeur, en cas de la présence de cette influence, peut être (+1) ou (-1).

$j$  : nombre de conditions d'influence prises en compte dans l'évaluation du tronçon.

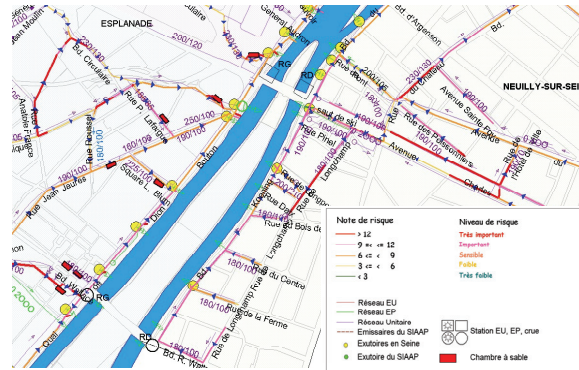


Figure 1 – Extrait d'une carte thématique de classification des collecteurs visitables en fonction d'une évaluation multicritère des risques d'ensablement

L'ensemble des évaluations holistiques (un critère) et globales (agrégation de plusieurs critères) est illustré par des cartes thématiques, ce qui apporte une vision globale et permet d'apprécier les conditions environnementales.

### 3.4 Classification des collecteurs en fonction de 3 catégories de curage

Les collecteurs ont été classés en trois catégories, comme suit :

- Catégorie 1 : Collecteurs auto-curants disposant des caractéristiques structurales et hydrauliques permettant de véhiculer les solides par la capacité d'écoulement.
- Catégorie 2 : Collecteurs à faible taux d'ensablement qui donnent lieu à des interventions éloignées de curage préventif en fonction de la vitesse d'ensablement ou du niveau constaté sur site. Cette catégorie a été partagée en deux catégories de fréquence de curage, dont (1 fois / 2 – 3 ans) et (1 fois / 4 – 5 ans).
- Catégorie 3 : Collecteurs à fort taux d'ensablement et/ou à conséquences sensibles qui demande des interventions régulières de curage préventif selon une fréquence soutenue (1 fois / an).

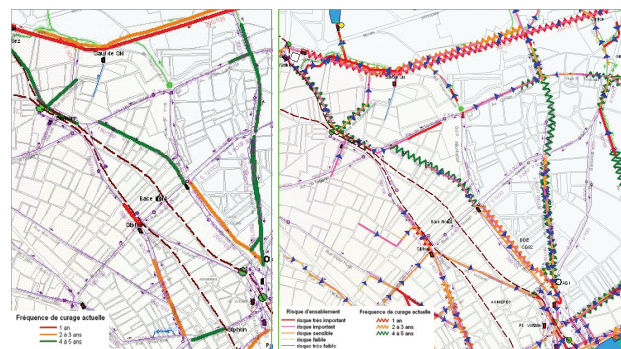


Figure 2 – Extrait de 2 cartes montrant une classification des collecteurs en fonction des fréquences de curage et une confrontation de celles-ci avec la classification des collecteurs en fonction de l'évaluation multicritère théorique du risque d'ensablement

Le déclenchement des curages préventifs est déterminé, dans le cadre d'un plan quinquennal, à la suite de la constatation, par des visites de contrôle dans les collecteurs pré programmés, d'un dépôt de 10 % de la hauteur.

Un des objectifs du suivi par des indicateurs quantitatifs de ce plan est d'associer une durée optimisée au bout de laquelle le seuil de 10% est constaté. Un suivi mensuel de la vitesse d'ensablement d'un collecteur de catégorie 2, par des mesures de la hauteur des matières sédimentées à des intervalles de 10 m, est parallèlement effectué pendant une période de 2 ans afin d'identifier le délai de formation du dépôt sur 10 % de la hauteur du collecteur. L'exploitation des données de suivi du plan et du terrain doit permettre ainsi de finaliser les règles d'aide à la programmation des curages (hauteur admissible de dépôts, fréquence) et d'optimiser les visites de contrôles préalables du niveau d'ensablement pour déclencher l'opération de curage.

#### 4 RECHERCHE DE SOLUTIONS ADAPTEES CONCERNANT DES OUVRAGES A PROBLEMES DIAGNOSTIQUES

##### 4.1 Expérimentation d'une vanne pivotante de curage des collecteurs visitables

Dans le cadre de la recherche de solutions techniques adaptées aux problématiques de curage de certains collecteurs, une vanne de curage de type HYDRASS (hauteur 1 m, hauteur de l'axe de rotation 0,39 m) a été expérimentée sur un collecteur de fréquence de curage de 5 ans (collecteur en maçonnerie de section ovoïde T200/100, faible pente 1 mm/m, vitesse moyenne 0,30 m/s, situé sous le boulevard de Valmy à Colombes).

Cette expérimentation a été précédée par une phase de mesure de la hauteur des effluents pendant 3 semaines et d'une simulation hydraulique du fonctionnement de la vanne qui a abouti à la prévision du nombre des ondes de crue générées. Trois sites, de 250 m environ d'intervalles, ont été choisis sur un linéaire de 700 m de ce collecteur en amont d'une chambre à sable caractérisée par un remplissage médiocre.

Conditions hydrauliques	T.S.	T.P. Fréquence mensuelle	T.P. Fréquence 6 mois	T.P. Fréquence 2 ans	T.P. Fréquence 10 ans
Sites d'installations de la vanne dans le collecteur Valmy					
S1 : face rue de la Fraternité	0h46	0h42	0h38	0h35	0h29
S2 : face bd Gambetta	2h50	1h04	0h30	0h21	0h11
S3 : face rue Alexis	2h08	0h35	0h15	0h10	0h05

Tableau 1 - Temps simulés de stockage des effluents urbains en amont d'une vanne Hydrass par temps sec (T.S.) et temps de pluie (T.P.)

Les mesures de la hauteur des effluents en amont de la vanne au site S1 ont permis de constater que le nombre de basculements journaliers de la vanne est de 41 fois/jour, avec un temps de remplissage de l'ordre de 35 minutes. Cette donnée est proche de la simulation et est comparable aux résultats de l'expérimentation de ce type de vanne sur collecteur de l'avenue Pompidou à Lyon (*Bertrand-Krajewski et al., 2003*).

Des relevés d'ensablement réalisés pendant les deux premiers mois après l'installation de la vanne au premier site ont montré un enlèvement rapide des dépôts sur les 50 premiers mètres en aval de la vanne et une érosion progressive des dépôts situés plus en aval de 50 m à 150 m, ainsi qu'une stabilité des dépôts situés au-delà de cette distance. La vanne a été bloquée à plusieurs reprises par des

déchets urbains. Ces résultats encouragent l'utilisation de ce type de vanne dans des collecteurs à dépôts sableux, pour le curage d'un ensablement moyen de 0,05 – 0,15 m ; naturellement des visites d'entretien courant de la vanne doivent être effectuées régulièrement par l'exploitant (1 fois / 2 semaines).

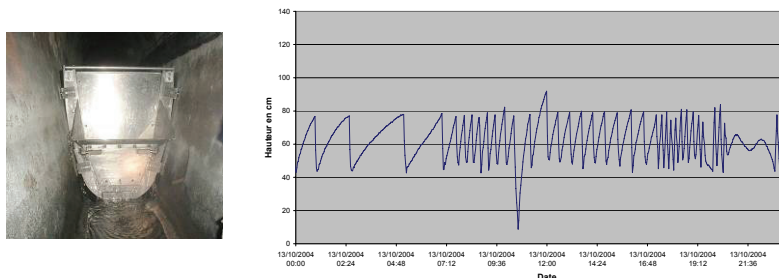


Figure 3 – Vue de la vanne dans le collecteur Valmy et présentation d'une courbe de variation journalière de la hauteur des effluents pendant le fonctionnement de cette vanne

#### 4.2 Vérification du bon fonctionnement des chambres à sable

L'adoption d'une approche globale pour la gestion de l'ensablement du réseau d'assainissement a compris des études de pré diagnostic de 55 chambres à sable sur la base des visites en ouvrage et de l'analyse de l'historique du nettoyage. Ces chambres ont été sélectionnées selon des critères de représentativité liés à l'importance de la fréquence de curage et du volume de remplissage, ainsi qu'à la présence de problèmes connus et la sensibilité fonctionnelle (29 chambres situées en amont des exutoires aux émissaires interdépartementaux de transport).

Ces études ont conclu à l'intérêt d'aménager certaines chambres pour améliorer leurs performances par rapport aux conditions hydrauliques actuelles (Cf. approfondissement du bassin, mise en place d'écran de protection des dépôts, augmentation de la fréquence du nettoyage...). Un seuil de l'ordre de 80 - 85 % de remplissage des bassins a été justifié pour optimiser la fréquence des interventions de curage.

### 5 CONCLUSION

La programmation d'interventions de curage préventif et optimisé des collecteurs visitables du réseau départemental d'assainissement des Hauts-de-Seine s'est appuyée sur une définition des risques d'ensablement en fonction de multiples facteurs et sur une classification de ces collecteurs en trois catégories d'exploitation. La connaissance des paramètres qui entrent en jeu dans le phénomène d'ensablement a permis de s'intéresser à des solutions réduisant l'ensablement des collecteurs les plus exposés.

La programmation rationnelle qui en résulte permet d'augmenter l'efficacité de la prévention, et de réduire les coûts (du moins les coûts d'extraction, puisque les coûts de traitement des sédiments extraits augmentaient considérablement en parallèle).

### BIBLIOGRAPHIE

- NF EN 14654-1 (2005). Gestion et contrôle des opérations de nettoyage des canalisations d'évacuation et d'assainissement
- Bertrand-Krajewski, J.-L., Bardin, J.-P., Gibello, C. and Laplace, D. (2003). Hydraulics of a sewer flushing gate. In: *Water Science and Technology*, A.F. Round (Ed.), 47(4), 129-136.
- Aflak, A., (1994). Elaboration d'un cadre méthodologique pour l'aide à la décision en matière de gestion de la maintenance du réseau technique urbain d'assainissement, *Thèse Doctorat de l'I.N.S.A. de Lyon*, 300 p.