

Un dispositif de chasses préventives pour le nettoyage de siphons et de collecteurs

Antoine Morin
Jean-Marc Flochel
Jörg Schaffner

L'entretien préventif des collecteurs et des siphons par un dispositif tel que celui présenté dans cet article permet d'exploiter à moindre frais et en toute sécurité les portions d'un réseau d'assainissement habituellement sujettes à l'encrassement et au colmatage. Il permet également de lisser les apports de pollution à la station d'épuration, de réduire la fréquence et la quantité d'eau polluée rejetée vers le milieu naturel et d'éviter les phénomènes de corrosion sulfurée au niveau des parois.

ABSTRACT

A clean-through preventive system for flushing out siphons and headers.

Preventive maintenance of headers and siphons as set out in this article enables the operation at a lower cost and in complete safety of the portions of a drainage network usually subject to clogging and blocking. It also smoothes out the amount of additional pollution carried into to the purification plant, reducing the frequency and quantity of water expelled into the natural atmosphere and eliminates sulphated corrosion phenomena in the sides.



L'hétérogénéité des réseaux d'assainissement résulte de l'évolution des techniques au cours du temps. La profondeur d'enfouissement, la pente des collecteurs, la réduction des flux de temps secs, l'existence de siphons et de divers ouvrages de raccordement, génèrent d'importantes contraintes d'exploitation et de maintenance.

Lorsque les conditions d'un autocurage ne

sont pas obtenues, les réseaux doivent être nettoyés régulièrement afin d'éviter la formation de dépôts, et afin de les pérenniser. En effet, les matières déposées dans les réseaux sont à l'origine de graves dysfonctionnements hydrauliques, de phénomène de corrosion sulfurée et de transfert d'importantes charges de pollution vers les stations d'épuration.

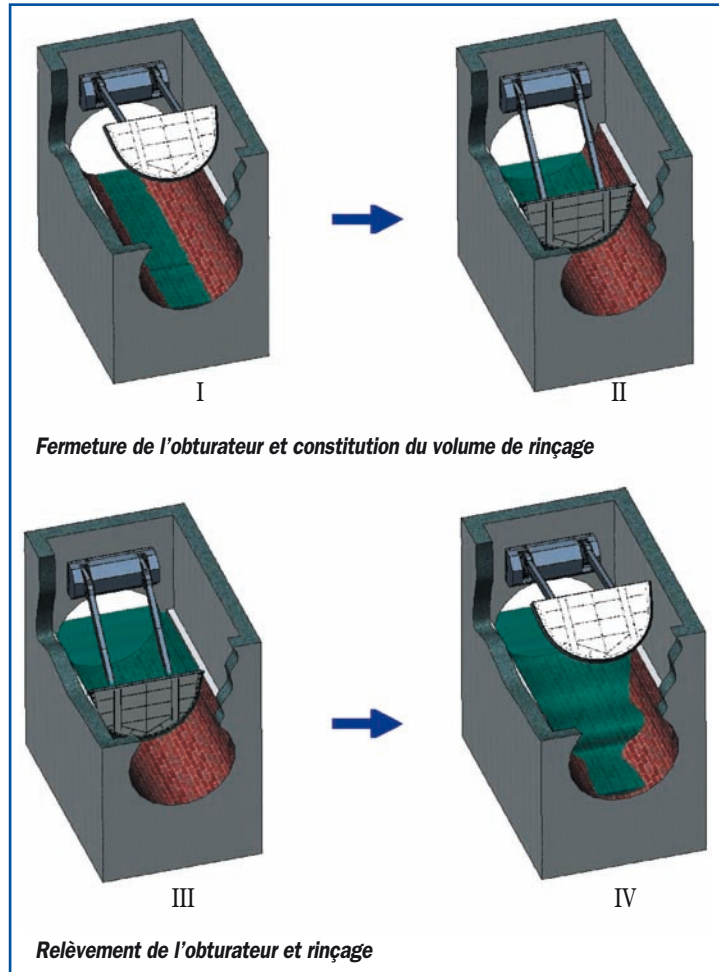


Conduites obstruées par des dépôts.

À l'heure actuelle, les collecteurs dont la pente est faible ainsi que les siphons sont curés à l'aide de boules ou bien par des jets d'eau sous pression. Mais l'efficacité de ces modes de nettoyages reste limitée étant donnée la perte importante d'énergie face à l'inertie des dépôts, ou du volume d'eau contenu dans les siphons. Ces interventions sont surtout pénibles et dangereuses. Elles requièrent une équipe de plusieurs égoutiers et la mise en œuvre de moyens très onéreux (camion hydrocureur en particulier).

Principe de fonctionnement

Le dispositif de rinçage Hydroguard® permet de lâcher de puissantes chasses dans le réseau vers l'aval, mais aussi, de générer des ondes de chasses « noyées » vers l'amont du dispositif. Il peut ainsi nettoyer des collecteurs posés avec une faible pente sur de grandes distances (plus de 1.000 m). Il permet également de remobiliser les dépôts accumulés dans les siphons situés en amont, par la mise en mouvement rapide de l'eau, elle-même due à la brusque différence du niveau d'eau (phénomène de rupture de digue). Ce dispositif s'installe dans un regard à l'amont d'un collecteur, ou dans le premier regard à l'aval d'un siphon. Il se compose d'un obturateur relevable avec une commande électro hydraulique asservie par deux sondes de niveau amont et aval. Il comprend également un coffret automate avec commande manuelle locale et, bien sûr, commande automatique. En option, il peut être commandé à distance par télégestion. Par temps sec, le dispositif est ouvert, son



Lors du soulèvement de l'obturateur, on observe un abaissement d'abord brutal puis régulier du niveau d'eau en amont. Il en résulte une soudaine mise en mouvement de l'eau avec augmentation brusque des vitesses d'écoulement. Les contraintes de cisaillement ainsi générées sont suffisantes pour permettre la remobilisation et le transport des dépôts accumulés dans le collecteur ou dans le siphon. Le fonctionnement régulier du dispositif, une fois par semaine par exemple, prévient donc la formation des

obturateur relevé en position haute. Il se referme de manière périodique et obture partiellement la conduite, retenant ainsi le débit de temps sec. La mise en charge du réseau à l'amont se fait rapidement, y compris dans les siphons. Lorsque le volume de rinçage préalablement simulé est atteint, l'obturateur se soulève brusquement et provoque une chasse de longue durée dans le canal aval.



Flot de chasse libéré par un dispositif Hydroguard®

dépôts et les dégagements d'hydrogène sulfuré. On évite ainsi de coûteuses et pénibles interventions de curage, voire même de réhabilitation, dans les collecteurs et les siphons.

Simulations numériques unidimensionnelles

L'objectif des simulations numériques de flots de chasses dans un collecteur, est de pouvoir justifier le calcul du volume de chasse nécessaire à son nettoyage. Les simulations permettent également d'étudier le comportement d'un flot de chasse. Le programme permet de calculer le taux de cisaillement, la vitesse d'écoulement et le débit, en fonction du temps écoulé, et ceci dans tout le collecteur jusqu'à son extrémité aval. Ainsi, il est possible de quantifier et de vérifier l'efficacité d'un dispositif de nettoyage par flots de chasses. Dans la simulation que nous vous présentons, la longueur du collecteur est de 1.350 m, son diamètre est de 1.800 mm, et il est posé avec une pente de 2 ‰. Ce collecteur unitaire est alimenté en amont par une conduite de faible diamètre. Celle-ci est placée altimétriquement suffisamment haut pour ne pas être utilisée pour constituer le volume d'eaux de rinçage. Elle n'a donc pas d'incidence sur le volume à stocker.

Le débit de temps sec est compris entre 15-20 l/s. À l'extrémité aval du collecteur de stockage, une bache de pompage est prévue. La capacité cette bache est déterminée entre autres, par les caractéristiques hydrauliques du flot de chasse lorsqu'il arrive à l'extrémité du collecteur.

Afin de nettoyer préventivement le collecteur modélisé, un dispositif de rinçage Hydroguard® est prévu à 140 m de l'extrémité amont du collecteur. Le dispositif de rinçage est constitué d'un obturateur de retenue reliée par deux bras à une platine fixée à la paroi de la chambre dans laquelle il est installé. Les articulations des bras sont protégées par un carter.

La commande d'ouverture et de fermeture du dispositif est assurée par des vérins hydrauliques, actionnés par une centrale oléique. En choisissant une hauteur de stockage de 0,90 m devant l'obturateur, le volume de stockage disponible pour nettoyer les 1.210 m de collecteur aval est de 143 m³. Le calcul du volume de nettoyage

est obtenu par un abaque expérimental conçu par le constructeur du dispositif, la société Steinhardt.

Le programme de calcul appelé EDWA, a été développé par l'université technique de Darmstadt au cours de l'année 2007. Le modèle unidimensionnel EDWA utilise les équations complètes de Saint-Venant. La discrétisation des équations différentielles hyperboliques est obtenue par la méthode des volumes finis. Pour résoudre les équations de discrétisation, la procédure de Godunof-Upwind, la méthode MUSCL-Handcock avec limiteur de pente, le solveur HLL-Riemann, ainsi que le fractionnement du temps (splitting procedure) ont été appliqués pour obtenir des résultats de calculs intermédiaires précis et stables. Le modèle unidimensionnel EDWA permet d'obtenir un niveau de résolution élevé pour simuler le comportement de flots de chasse.

Les taux de cisaillement ont été calculés en utilisant l'équation (1) :

$$\tau_0 = \rho \cdot g \cdot r_{hy} \cdot I_E \quad (1)$$

Avec :

ρ : Densité de l'eau [kg/m³]

g : Accélération de la pesanteur -
Gravité [m/s²]

r_{hy} : Rayon hydraulique [m]

I_E : Énergie liée à la pente [mpm]

La représentation numérique du collecteur intègre ses caractéristiques géométriques comme par exemple : un diamètre de 1.800 mm, une longueur de 1.350 m, et une pente de 2 ‰. Le collecteur est divisé longitudinalement en cellules dans lesquelles le modèle numérique calcule les différentes valeurs recherchées : hauteur ou niveau d'eau, taux de cisaillement, vitesse et débit.

La longueur des mailles est de 0,5 m.

L'obturateur de retenue du dispositif de nettoyage est placé à 140 m à l'aval du début du collecteur. La hauteur d'eau en amont de l'obturateur est de 0,90 m, ce qui permet la retenue d'un volume de rinçage de 143 m³.

La rugosité du radier du collecteur a été choisie $1/kst = 0.013 \text{ s/m}^{1/3}$. Les conditions initiales sont : pas de vitesse d'écoulement dans le volume de rinçage stocké à l'amont de l'Hydroguard®, et pas de débit de temps sec (collecteur vide) à l'aval du dispositif.

À $T = 0$ seconde, l'obturateur du dispositif de rinçage est relevé et le flot de chasse est libéré. La figure 1 montre comment se propage le flot de chasse le long du collecteur pour différents temps de rinçage. Au départ, la vague de chasse présente un profil en forme de marche qui s'arrondit et s'étale au fur et à mesure qu'elle progresse dans le collecteur. La vague atteint l'extrémité du collecteur après approximativement 850 secondes.

La contrainte de cisaillement est une valeur essentielle pour quantifier l'efficacité du nettoyage de la vague de chasse. En règle générale, on admet qu'un taux de cisaillement compris entre 3 et 5 N/m² est nécessaire pour garantir l'autocurage des réseaux. Ces valeurs sont issues de mesures et peuvent être recoupées dans de nombreuses publications.

Dans le cas présent, la vague de chasse créée une contrainte de cisaillement très élevée en tête de flot. Les valeurs calculées décroissent de 33 à 7 N/m².

Ces valeurs élevées au départ sont indispensables car elles permettent de soulever les sédiments, mais elles ne durent qu'un

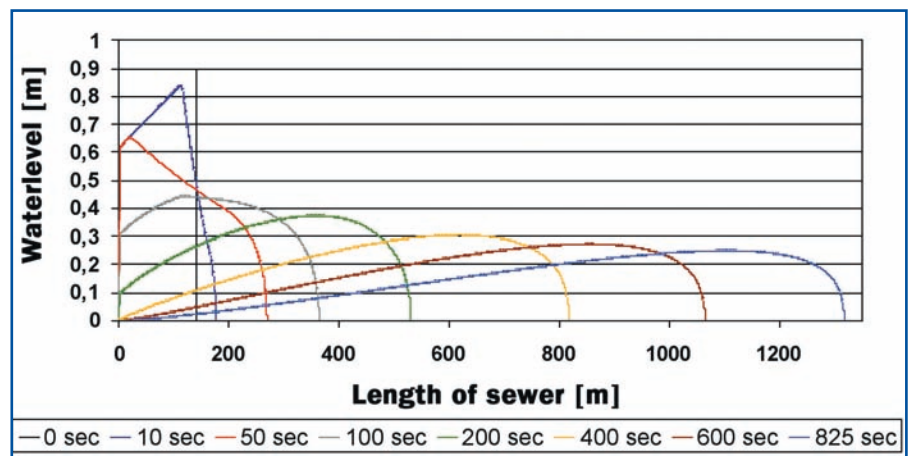


Figure 1 : Hauteur de la vague de chasse pour différents temps de lavage.

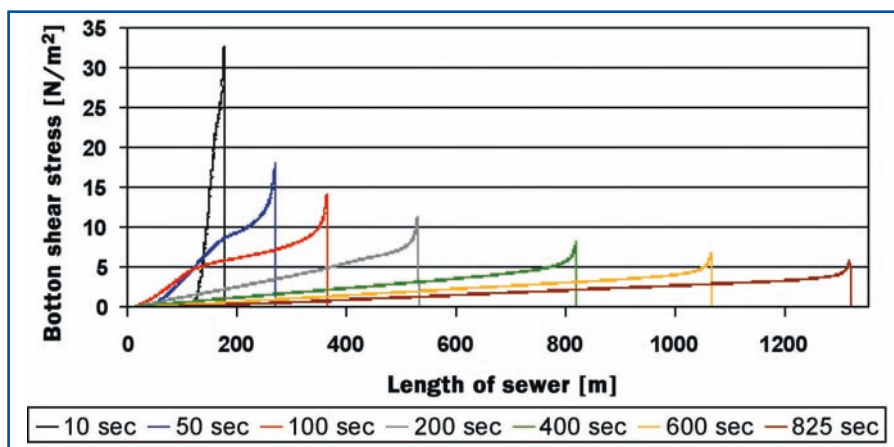


Figure 2 : Contraintes de cisaillement pour différents temps de lavage.

court moment. Plus important encore est le maintien pendant une longue période d'une contrainte de cisaillement suffisante pour permettre le transport des sédiments qui ont été mobilisées par la tête de flot.

Le choix de la hauteur et du volume de stockage doit donc créer une contrainte de cisaillement de l'ordre de 3 N/m^2 pendant une durée de 10 à 15 minutes afin de pouvoir prédire que les sédiments seront bien entraînés jusqu'au bout du collecteur, et que le nettoyage sera efficace.

La figure 3 montre l'évolution de la vitesse du flot après 825 secondes de durée d'écoulement ou de temps de lavage, juste avant que le flot ne chute dans la bêche de pompage. La valeur maximale de la vitesse du flot est de l'ordre de $1,1 \text{ m/s}$.

La simulation numérique unidimensionnelle d'un collecteur de stockage montre que le volume de lavage choisi de 143 m^3 avec une hauteur de stockage de $0,9 \text{ m}$ en amont de l'obturateur du dispositif de rinçage, conduit à généré une vague de chasse avec un potentiel de nettoyage élevé.

Les valeurs des contraintes de cisaillement pour le front de flot de la vague de chasse, sont nettement supérieures au taux critique de 5 N/m^2 . Les courbes indiquent clai-

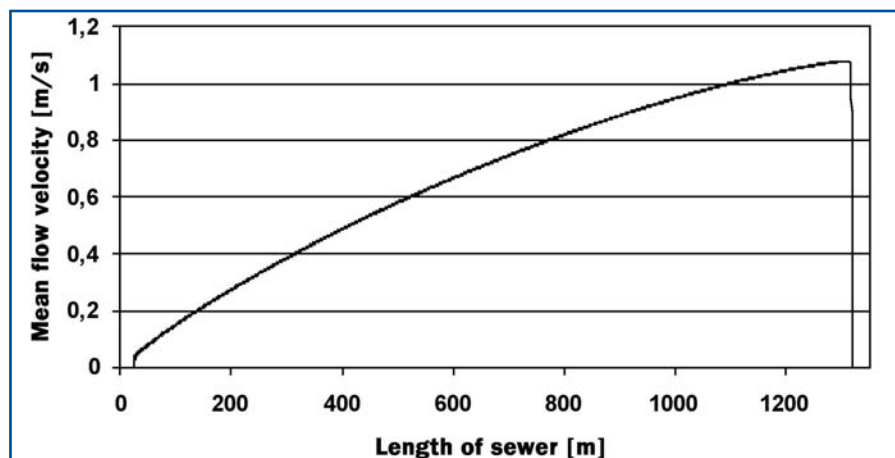


Figure 3 : Évolution de la vitesse du flot de chasse après 825 s de temps de lavage.

rement que les valeurs restent supérieures à 3 N/m^2 après le passage du front de flot. Pour la hauteur et le volume de lavage choisis, la simulation numérique permet de prédire des résultats satisfaisants pour le nettoyage du collecteur et ce sur toute sa longueur.

Exemples d'installations à Wetzlar (Allemagne)

La ville de Wetzlar est située dans le land de Hesse à 310 km au nord de Metz. La ville est traversée par la rivière Lahn et son affluent

le Dill. Un bras du Lahn appelé le Mühlgraben contourne deux îles. La ville compte 52.000 habitants. Le bassin-versant couvre une superficie de 690 ha . Le coefficient d'imperméabilisation est de 33% .

Le réseau très plat compte 53 déversoirs d'orages et 12 bassins d'orages. Il comprend 39 km de canalisations et de collecteurs, et 4 passages en siphons sous les cours d'eaux traversant la ville. La station d'épuration est dimensionnée pour 80.000

équivalents habitants. Le débit d'entrée maximum est de 750 l/s .

Dans les portions les plus planes du réseau ainsi que dans les siphons, la réduction des débits de temps secs occasionne la constitution d'importants dépôts.

Il en résulte une réduction de la section hydraulique, une augmentation de la fréquence des rejets des déversoirs d'orage, des pics de charge de pollution à la station d'épuration, mais surtout des interventions de curages très coûteuses.

La hauteur des dépôts peut atteindre 30 cm

Tableau n° 1 : Caractéristiques du réseau pour les trois dispositifs de rinçage

	Unités	Collecteur de la Vieille Ville	Collecteur Principal n°2	Collecteur Principal n°1
Diamètre	mm	1.200	1.800	2.000
Longueur de nettoyage	m	600	650	1420
Pente	‰	<1.0	<1.0	<1.0
Débit de temps sec	l/s	15	135	180
Hauteur d'eau par temps sec	cm	10	23	27
Présence de siphons à l'amont	Diamètre mm	3 x DN 500	DN 1.100 + DN 1.000 DN 900 + DN 1.300	DN 600 + DN 900 DN 1.000 + DN 1.100
Hauteur d'eau retenue	cm	80	130	125
Volume de rinçage	m^3	85	1045	400
Temps de remplissage	min	91	20	37

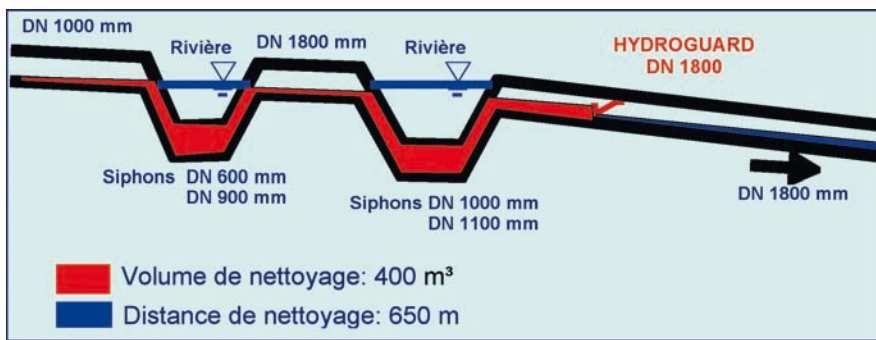


Figure 7 : Coupe en long du réseau : collecteur principal n° 2.

Aspects économiques

Le coût d'exploitation annuel de la portion de réseau du collecteur principal n° 1, comprenant le curage des deux passages en siphons (premier passage : deux collecteurs respectivement en DN 1100 et en DN 1000, et second passage : deux collecteurs respectivement en DN 900 et DN 1300) est d'environ 5.000 € HT/an. Il nécessite la venue d'une équipe d'égoutiers de trois personnes avec engin hydrocureur et chauffeur pendant une semaine. Le volume de dépôts extrait du réseau est d'environ 20 m³.

Le coût de la mise en œuvre du dispositif de nettoyage Hydroguard® DN 2000 comprenant la fourniture et la pose de l'ensemble des éléments constitutifs du dispositif est de 70.000 € HT. Nous avons considéré que la puissance connectée du système

est très faible (0,37 kW) et que la consommation d'électricité est négligeable face aux coûts d'entretien du réseau. Indépendamment de tout travail de rénovation ou de réhabilitation, l'amortissement du dispositif de rinçage est donc atteint en 14 années.

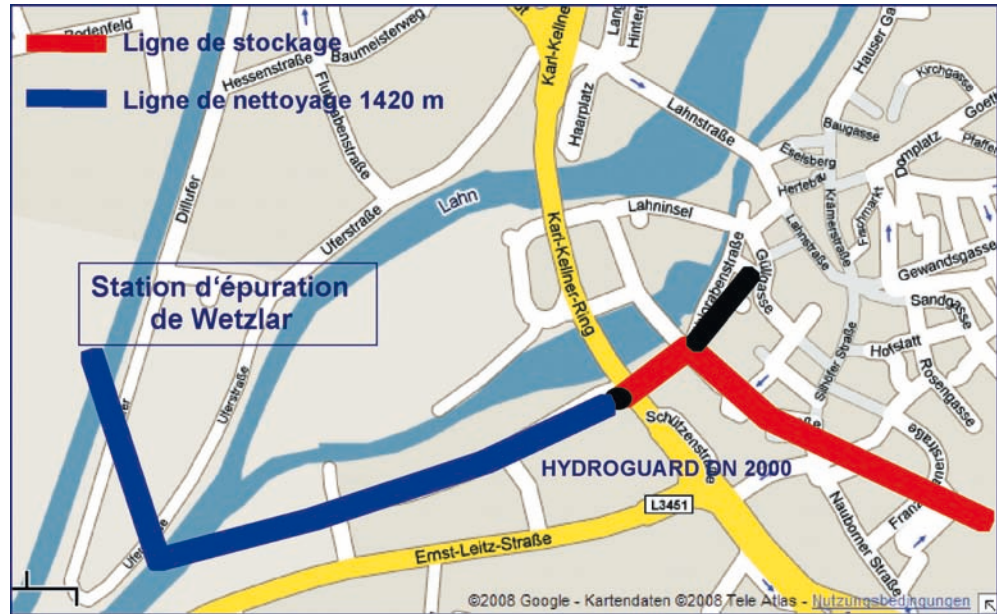


Figure 8 : Schéma du réseau : collecteur principal n° 1.

Hydroconcept®
eau et assainissement

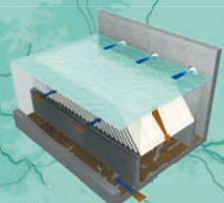
GESTION ET TRAITEMENT DES EAUX PLUVIALES

Régulation de débit



Hydroslide®

Décantation lamellaire



Décanteurs Hydro M.E.S.I.®

Séparation hydrodynamique



Capture des Macro déchets
Cyclonesep®

Stand du Conseil Général des Yvelines HALL 6 Allée BC/BB Stand 130/134

Pollutec
CAPITALES ENVIRONNEMENT 2008
LYON FRANCE

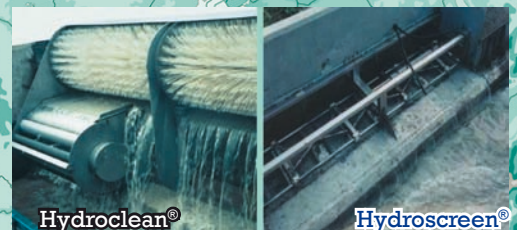
Nettoyage de siphons et de collecteurs



Nettoyage de bassins Par clapets de chasse



Dégrilleurs avec transfert de déchets



ZA TRAPPES ELANCOURT - 46, Avenue des Frères Lumière - 78190 TRAPPES
Tél. : 01.30.16.11.90 - Fax : 01.30.51.01.54 - Email : hydroemail@gmail.com

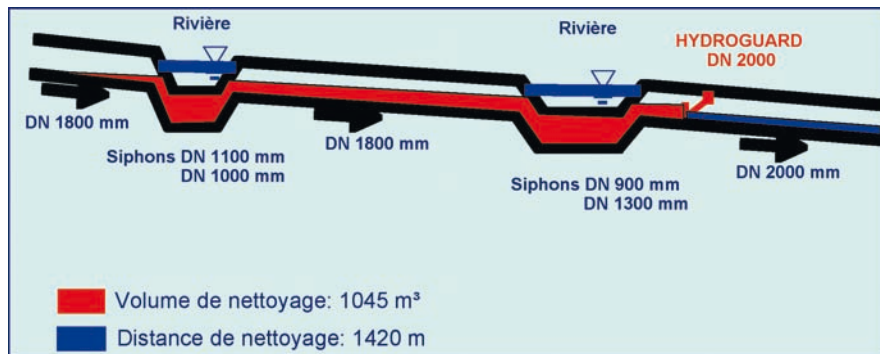


Figure 9 : Coupe en long du réseau : collecteur principal n° 1.

Conclusions

L'entretien préventif des collecteurs et des siphons par des dispositifs de type Hydroguard® permet d'exploiter à moindre frais et en toute sécurité des portions du réseau qui sont habituellement sujet à l'encrassement et au colmatage. L'abaissement de l'obturateur du dispositif de rinçage permet l'entre stockage temporaire des effluents de temps sec afin de constituer un important volume d'eaux de rinçage. En fonctionnement, le soulèvement rapide de l'obturateur libère un flot de chasse puissant vers l'aval, et induit la remontée vers l'amont d'une onde de chasse noyée. L'efficacité du flot de chasse ainsi que celle

de l'onde noyée qui sont générées par le dispositif de rinçage a été mesurée sur site. La hauteur d'eau, la vitesse, et la contrainte de cisaillement ont également été simulées grâce à un modèle mathématique unidimensionnel. Le modèle permet de vérifier pour des cas concrets, le volume, la hauteur d'eau, et la longueur de la retenue qui sont nécessaires au nettoyage d'un collecteur considéré.

En période de pluie, l'obturateur est entièrement relevé. La forme demi-circulaire de l'obturateur ainsi que sa position quasi horizontale au-dessus de la génératrice supérieure, permettent de libérer en totalité la section du collecteur sans entraver l'écou-

lement. L'installation d'un Hydroguard® peut donc avoir lieu dans un ouvrage existant de faible hauteur.

Le dispositif de rinçage est compact et facile à mettre en œuvre. Il est asservi au niveau de l'eau dans le collecteur en amont et en aval, et est commandé par une centrale oléique et un automate. Il peut être piloté par télégestion depuis la station d'épuration ou bien depuis un poste de contrôle.

L'entretien régulier du réseau, c'est-à-dire de manière préventive, permet de lisser les apports de pollution à la station d'épuration. Puisque l'accumulation de dépôts conduit à obstruer les collecteurs, la mise en place d'un dispositif Hydroguard® réduit la fréquence et la quantité d'eau polluée rejetée vers le milieu naturel. Également importante est la pérennisation des collecteurs, puisqu'on évite la corrosion sulfurée au niveau des parois. Le dispositif peut aussi fonctionner en mode curatif. Plusieurs rinçages sont alors nécessaires afin de curer complètement le réseau considéré. ■