

Gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement

Évaluation d'indicateurs de dysfonctionnement à partir d'inspections vidéo sur les données de l'inventaire départemental du Bas-Rhin selon la méthodologie RERAU*

■ C. WEREY¹, D. DORCHIES², I. MELLAC BECK³

Mots-clés : réseaux d'assainissement, inventaire, base de données, indicateurs de dysfonctionnement, inspections vidéo, RERAU

Keywords: sewer networks, inventory, database, dysfunction indicators, CCTV inspection, RERAU

Introduction

En 2003, le conseil général du Bas-Rhin (CG67) a réalisé un inventaire exhaustif de l'ensemble des réseaux d'assainissement du département, hors communauté urbaine de Strasbourg (CUS), à la suite de son expérience comme l'un des huit départements pilotes pour les inventaires départementaux des réseaux d'alimentation en eau potable lancés en 2000 par l'Association des départements de France, les ministères chargés de l'agriculture et de l'environnement, les agences de l'eau et les Canalisateurs de France. Le département du Bas-Rhin a inscrit ces deux inventaires dans une réflexion globale sur sa politique publique : la démarche « Hommes et Territoires » [CG67, 2004a et 2004b] qui comprend un volet environnement et gestion de l'eau et qui a également abouti à la mise en place de l'observatoire de l'eau en 2006.

Par ailleurs a paru, fin 2004, le guide méthodologique, résultat du groupe de travail du projet national RERAU 5/6, action 2 sur la gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement urbains non visitables [LE GAUFFRE *et al.*, 2004].

La méthodologie propose l'évaluation des dysfonctionnements à partir d'inspections vidéo notamment, la prise en compte de la vulnérabilité du milieu pour construire des indicateurs d'impact en vue de proposer des pistes pour la programmation de campagnes d'inspection ou de travaux de réhabilitation. Ces indicateurs sont construits à partir de défauts codifiés selon la nouvelle norme européenne NF EN 13508-2 applicable à partir de 2006 sur les nouvelles inspections.

La richesse de la base inventaire assainissement 67 et la volonté du CG67 de mettre en place des outils de gestion patrimoniale nous ont conduits, début 2005, à lancer une étude de faisabilité de l'utilisation de la méthodologie RERAU sur les données inventaire 67 [DORCHIES, 2005], [WEREY *et al.*, 2006b].

1. La base de données CHIMERE⁴ assainissement

1.1. Collecte de données

Le département du Bas-Rhin, comme site pilote lors de l'inventaire alimentation en eau potable (AEP) réalisé en 2000, a fait un recueil exhaustif sur l'ensemble des réseaux du département, hors CUS, pour les conduites (6 300 km) et leurs équipements. Dans un souci de démarche patrimoniale, le recueil des données a concerné les caractéristiques de la conduite, mais également son environnement, ce qui a permis de réaliser une analyse de données à partir de 5 années de défaillances et des données recueillies dans la base, pour déterminer des indicateurs de

*RERAU = Réhabilitation des réseaux d'assainissement urbains, projet national animé par J.M. Bergue.

1 Cemagref – UMR GSP – 1, quai Koch – BP 61039F – 67070 Strasbourg cedex. E-mail : caty.werey@engees.u-strasbg.fr

2 ENGEES – UMR GSP, actuellement Cemagref Montpellier.

3 Conseil général du Bas-Rhin, service « eau, assainissement, déchets » – Hôtel du département – place du Quartier-Blanc – 67964 Strasbourg cedex 9. E-mail : isabelle.mellac-beck@cg67.fr

4 Cadre historique d'inventaire d'aide à la maîtrise de l'exploitation des réseaux d'eau (CHIMERE), nom de la base de données mise en place à la suite de l'inventaire alimentation en eau potable (AEP) en 2000.

Administratif	Géographique	Hydraulique	Conduite	Environnement	Équipements	Défaillance/travaux
Service	Région naturelle	Fonction	Matériau	Terrain en place	Nbre de branchements	Date de l'inspection
Type de gestion		Type d'écoulement	Diamètre Année de pose	Présence d'autres réseaux Trafic Occupation du sol		Type de défaut Note de gravité

Tableau I. Principaux paramètres dans la base de données 67

vulnérabilité et proposer des politiques de renouvellement [JANEL *et al.*, 2001]. La même démarche a été réalisée pour l'assainissement en 2003 [BURKHARDT *et al.*, 2003 ; WEREY et CAMPARDON, 2006a].

L'inventaire départemental assainissement a permis le recueil de données sur la conduite et son environnement sur 135 000 tronçons, soit 5 300 km (hors CUS) dont 700 km sont des réseaux d'eau pluviale, exclus de cette étude. Nous avons travaillé sur les réseaux d'eaux usées, majoritairement unitaires, soit 111 413 tronçons (4 600 km).

L'ensemble des variables étudiées est présenté dans le tableau I.

Concernant les inspections vidéo, la partie inspectée représentait, en 2005, 1 000 km, soit 27 904 tronçons, inspectés au moins une fois depuis 1980, les tronçons les plus anciens datant de 1900.

1.2. Codification des défauts

Les services du CG67 ont mis en place une codification des défauts pour l'exploitation des inspections vidéo dès 1980. L'essentiel des données de la base de données se sert de cette codification utilisée par un service du CG67 qui intervient pour le compte des collectivités. Les autres données 67 ont également été collectées et converties dans la codification CG67.

La nomenclature CG67 comprend 165 défauts couplés d'une note de gravité de 1 à 5 (les défauts avec la note 1 sont les plus graves). Cette codification est inspirée de la pratique allemande [ATV-DVWK, 1999]. Elle comprend 165 défauts composés d'un code de défaut, d'une information concernant l'humidité (humidité visible, infiltration d'eau), d'une information complémentaire si le sol est visible. À chaque défaut est attachée une note de gravité allant de 1 à 5. La note 1 signifie qu'il est urgent d'intervenir, 2 et 3 qu'il faut programmer une réhabilitation à moyen terme, 4 et 5 qu'il ne faut rien faire pour l'ins-

tant (exemple de défaut : éboulement, humidité visible, terrain visible, 5).

1.3. Recodification des défauts selon la norme NF EN 13508-2

La parution en 2003 de la version française de la norme NF EN 13508-2 [AFNOR, 2003], applicable en septembre 2006, a orienté le groupe national RERAU 5/6, action 2 sur la gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement urbains non visitables [LE GAUFFRE *et al.*, 2004], en vue de se baser sur cette nouvelle codification.

Pour pouvoir utiliser les données disponibles dans la base de données CG67, c'est-à-dire valoriser ce capital de données existant avant la mise en œuvre de la nouvelle norme, un travail de recodification de ces données⁵ a été réalisé.

La codification NF EN 13508-2 comprend quatre niveaux d'information :

- un code principal de trois lettres (BA et BB concernant les défauts, BC des informations d'inventaire, exemple : présence de branchement) ;
- un ou deux codes complémentaires ;
- un ou deux quantifications ;
- la position circonférentielle.

Le défaut rupture/effondrement est présenté dans le tableau II.

Dans le tableau III, nous présentons un exemple de recodification des défauts CG67 vers la codification NF EN 13508-2. On peut noter qu'une ligne de défaut occupe maintenant trois lignes dans la nouvelle norme.

La « position circonférentielle du défaut » ne peut que difficilement être renseignée à partir des données 67. L'information donnée par la note de 1 à 5 traduit la gravité du défaut, ce qui dans la norme est

⁵ Une telle recodification a également été réalisée sur des données de la communauté urbaine de Strasbourg codées selon la nomenclature ASHTM-Astee à partir de ASTEE [2004].

Défaut : Rupture/Effondrement		
Code principal	Informations complémentaires	Description
BAC	Caractérisation	La nature de l'observation est : – rupture (A), parties de la paroi déplacées mais non manquantes ; – effondrement partiel (B) – parties de la paroi manquantes ; – effondrement (C), perte totale de l'intégrité structurelle
	Quantification	Longueur de l'observation en millimètres
	Emplacement circonférence	Position de l'observation

Tableau II. Exemple de défaut codifié en NF EN 13508-2 [AFNOR, 2003]

Codification CG67	Morceau tuyau manquant	Sol visible, infiltration d'eau
EN 13508-2	Code principal	Caractérisation
BAC-B	BAC (rupture/effondrement)	B (parties manquantes)
BAO	BAO (sol visible par le défaut)	
BBF-C	BBF (infiltration)	C (écoulement : écoulement continu)

Tableau III. Exemple de recodification CG67 vers NF EN 13508-2

prévu en termes de quantification du défaut. Cette quantification n'est pas enregistrée dans la base CHIMERE-assainissement. Dans la recodification, la case « quantification » a été supprimée et remplacée par la note de 1 à 5.

La répartition des défauts ainsi obtenus est représentée sur la figure 1.

Les défauts les plus fréquents sont BAH (branchement defectueux), BBF (infiltration), BAB (fissure). BCA est un code d'inventaire permettant de signaler la présence d'un branchement. Dans la codification CG67, il y a des informations sur les défauts dans les branchements ; elles ont été recodifiées sous BAH. La

majorité des inspections a été réalisée dans le cadre d'études diagnostiques, ce qui peut expliquer la surreprésentation du défaut « infiltration ». En outre, la notion d'humidité est rajoutée au défaut dans la codification CG67.

2. Méthodologie RERAU

La méthode développée entre 1998 et 2004 et présentée dans LE GAUFFRE et coll. [2004] a pour objectif d'«aider à l'organisation des inspections et des réhabilitations nécessaires au maintien ou au rétablissement d'un niveau de service satisfaisant ». Le guide propose des méthodologies sur les points suivants :

- indicateurs de performance et critères de décision pour la programmation des investigations ;
- indicateurs de performance et critères de décision pour la programmation d'actions de réhabilitation ;
- principes de construction et d'utilisation de modèles de vieillissement des conduites ;
- mise en perspective de ces outils à l'aide d'un

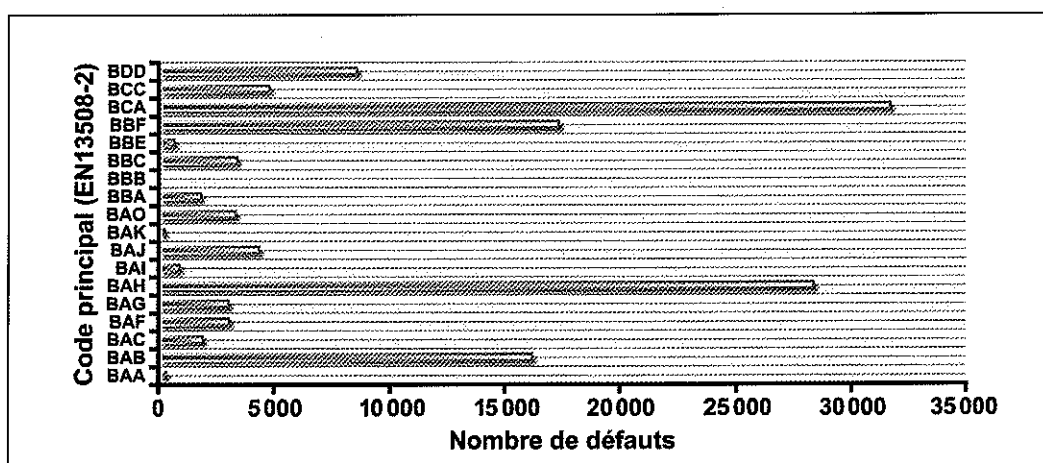


Figure 1. Répartition des défauts de la base de données 67 selon la codification NF EN 13508-2 [DORCHIES, 2005]

démonstrateur informatique pour la simulation de programmes de gestion.

La méthodologie RERAU pourra alimenter un simulateur de gestion d'un réseau où seront modélisés les objets décrivant le système d'assainissement ; leur évolution dans le temps y sera simulée tout en modélisant les actions extérieures et en premier lieu les décisions du gestionnaire de service.

Les indicateurs de performance établis dans la méthodologie à partir de défauts issus d'inspections visuelles et codifiés en norme NF-EN 13508-2, d'une part, mais également de mesures hydrauliques en continu, de données d'exploitation (coûts, fréquence de curage...) et d'éléments d'environnement physique et socio-économique de la conduite sont :

- des indicateurs de dysfonctionnements : conséquences des défauts ;
- des indicateurs de vulnérabilité du système ou de son environnement ;
- des indicateurs d'impact : résultant du croisement entre les dysfonctionnements et la vulnérabilité.

Ces indicateurs sont évalués de trois façons différentes :

- évaluation par observations directes (c'est le cas d'une infiltration constatée lors d'une inspection) ;
- évaluation à partir d'observations de désordres ;
- évaluation à partir de la connaissance de facteurs de risque.

On a ainsi :

- 64 indicateurs de dysfonctionnement « observé » ou « déduit d'un défaut observé » ;
- 12 indicateurs de vulnérabilité ;
- 40 indicateurs d'impact : c'est la combinaison d'un impact observé et d'un dysfonctionnement susceptible d'être à l'origine de l'impact.

Les critères de décision (30 pour l'investigation et 31 pour la réhabilitation) permettant la hiérarchisation des tronçons prioritaires sont calculés à partir de la synthèse des indicateurs de performance que sont les dysfonctionnements, la vulnérabilité et les impacts observés ou estimés.

2.1. Typologie des indicateurs de performance

Il existe 12 familles de dysfonctionnements présentés dans le *tableau IV*.

INF	Infiltration
EXF	Exfiltration
HYD	Diminution de la capacité hydraulique
DEB	Débordements (inondations)
DEV	Déversements anormaux
ENS	Ensablement
BOU	Bouchage
DSC	Déstabilisation du complexe sol-conduite
ATC	Attaque chimique en cours
RAC	Dégradation en cours par intrusion de racines
ABR	Dégradation en cours par abrasion
EFF	Altération de l'intégrité structurale, risque d'effondrement

Tableau IV. Les 12 familles de dysfonctionnements utilisées dans la méthodologie RERAU [LE GAUFFRE et al., 2004]

Les 64 indicateurs de dysfonctionnement (DYS) sont décrits à deux échelles (le tronçon et le bassin versant) et sont construits à partir de différentes natures d'information :

- **DYS-O-T** : évaluation par observation directe (O) à l'échelle du tronçon (T) ;
- **DYS-O-BV** : évaluation par observation directe (O) à l'échelle du bassin versant (BV). Construits à partir d'informations provenant d'études diagnostiques du réseau, de mesures (exemple : taux d'eaux claires parasites [ECP] pour INF1-O-BV) ou d'observations (ex. : traces de mises en charge pour HYD1-O-BV) ;
- **DYS-E/O-T** : évaluation à partir d'observations (E/O) à l'échelle du tronçon. La plupart des indicateurs sont évalués à partir des défauts constatés par inspections télévisuelles (ITV) et sont calculés à partir de la méthode des densités de défauts développée par BOINEL [1995]. Certains (INF6⁶, EXF6, ATC4, ATC5 et ATC6) font intervenir des données d'environnement ;
- **DYS-E/R-T** : évaluation à partir de la connaissance de facteurs de risque (E/R) à l'échelle du tronçon (T). Construits à partir de données relatives à l'environnement de la conduite (INF2, EXF2, RAC2), de données relatives à la conduite elle-même (la pente pour DSC1 et le matériau pour ATC1) et à partir de l'état de santé de la conduite issu d'une modélisation du vieillissement par les fonctions de survie ;

⁶ provient de la notation dans la méthodologie RERAU, c'est en fait le sixième indicateur élaboré pour l'INFiltration ; idem pour les autres indicateurs : ATC4 pour le 4^e indicateur pour ATtaque Chimique.

Élément vulnérable	Impact
Performance de la station d'épuration (STEP)	Pollution par perturbation de la STEP (POL)
Qualité des eaux de surface (ES)	Pollution des eaux de surface (POL)
Qualité des sols et nappes (SN)	Pollution des sols et eaux souterraines (PON)
Prix de l'eau	Surcoûts d'exploitation du réseau (CXR) Surcoûts d'exploitation de la STEP (CXS) Coût de la réduction de la durée de vie des ouvrages (CDV)
Agrément du milieu urbain, vie économique	Nuisances diverses (TRA) Nuisances hydrauliques (NUH) Dommages au bâti (DOB)

Tableau V. Éléments vulnérables et impacts correspondants [LE GAUFFRE *et al.*, 2004]

– DYS-C-T : indicateur composite (C) à l'échelle du tronçon (T). Évalué par combinaison d'autres indicateurs.

Les 12 indicateurs de vulnérabilité décrivent la sensibilité d'éléments vulnérables à un impact. Ils sont présentés avec les indicateurs d'impact dans le *tableau V*.

Les 40 indicateurs d'impacts correspondent généralement à des estimations obtenues en croisant un indicateur de dysfonctionnement avec un indicateur de vulnérabilité. Il existe huit familles d'impact présentées dans le *tableau V*.

Les critères pour la hiérarchisation des inspections et des réhabilitations sont construits selon trois configurations :

- dans le cas d'un impact défini à l'échelle du tronçon à partir d'un dysfonctionnement estimé, l'impact est utilisé comme critère ;
- dans le cas d'un impact défini à l'échelle du tronçon par observation directe ou à partir d'un dysfonctionnement observé, le critère est obtenu par croisement de l'impact avec l'état estimé ou observé du tronçon ;
- dans le cas d'un impact défini à l'échelle d'un secteur ou d'un bassin versant, il faut identifier les tronçons présentant des dysfonctionnements susceptibles de participer à cet impact afin de se ramener dans l'une des deux premières configurations.

Les données nécessaires à l'application de cette méthode sont centrées sur les défauts constatés par ITV et codés dans la norme NF EN 13508-2. L'originalité de la méthode est qu'elle prend en compte les lacunes des données (les ITV systématiques de l'ensemble des réseaux sont très peu réalisées en France) et qu'en fournissant une aide pour la programmation des ins-

pections, l'outil de gestion RERAU exerce une dynamique qui nourrit le modèle de nouvelles informations lui permettant d'être plus performant.

2.2. Évaluation des indicateurs de dysfonctionnement

Pour chaque indicateur, le guide méthodologique [LE GAUFFRE *et al.*, 2004] propose une matrice d'évaluation du dysfonctionnement à partir des défauts et basée sur le calcul d'une note de densité sur les tronçons comme le montre le *tableau VI* pour le dysfonctionnement « défaut d'étanchéité pour infiltration, estimé par inspection ITV » INF4-E/O-T.

Les défauts ont été classés selon leur contribution au dysfonctionnement considéré par les participants (scientifiques et experts de services gestionnaires) dans le groupe de travail RERAU. La notion de gravité s'étale sur quatre niveaux de 1 à 4 où 4 est le niveau le plus dégradé. Le passage d'un niveau à un autre sera fonction des défauts présents ou de leur quantification. Le facteur multiplicatif α^1 signifie que la présence de α défauts entraîne le passage au niveau de gravité suivant [BOINEL, 1995].

La méthodologie RERAU propose deux types de définition des seuils de passage d'un niveau de gravité à un autre en fonction de la signification que l'on donne aux valeurs 1-2-3-4 :

- soit les seuils sont considérés comme des références absolues : 1 = très satisfaisant ; 2 = satisfaisant ; 3 = non satisfaisant mais tolérable ; 4 = non tolérable ;
- soit les seuils permettent de réaliser une évaluation relative du plus satisfaisant au moins acceptable dans l'unique but de définir des priorités d'intervention.

Dysfonctionnement	infiltration
Indicateur de DYSFONCT	INF4-E/O-T défaut d'étanchéité pour infiltration, estimé par inspection ITV
Échelle de l'évaluation	Réseau ou Bassin versant ➤ Tronçon
Type d'évaluation	Dysfonctionnement observé ➤ Dysfonctionnement estimé à partir d'observations Dysfonctionnement estimé <i>a priori</i> , à partir de facteurs de risque
Unité ou niveaux	Niveau : 1/2/3/4
Évaluation	1 – codage Ci des observations Oi selon la norme NF EN 13508-2 ; 2 – traduction Ni des observations codées Ci suivant la 2 ^e partie du tableau ci-dessous ; 3 – calcul de la densité $D = N / LT$, avec note totale $N = \sum Ni$, et LT : longueur du tronçon (m) ; 4 – comparaison de D avec les seuils S1, S2, S3 : Niveau 1 si : $D \leq S1$; 2 si $S1 < D \leq S2$; 3 si $S2 < D \leq S3$; 4 si $S3 < D$.

		1	α	α^2	α^3	Gravité Étendue
Déformation	BAA		BAA			x P
Fissure	BAB	B		C		x L_obs
Rupture/effondrement	BAC			A	B/C	x P
Briquetage ou éléments de maçonnerie défectueux	BAD		A	B/C	D	x P
Mortier manquant	BAE		BAE			x P
Dégradation de surface	BAF	A/C/D/E/F/G/H		B	I/Z	x L_obs
Raccordement défectueux	BAH			B/C/D		x P
Joint d'étanchéité apparent	BAI	Z		A ; #		x P
Déplacement d'assemblage	BAJ			BAJ		x P
Conduite poreuse	BAN	BAN				x L_obs
Sol visible par le défaut	BAO				BAO	x P
Vide visible par le défaut	BAP				BAP	x P
Racines	BBA			BBA		x P
Dépôts adhérents	BBB			BBB A		x P
Infiltration	BBF			BBF A/B	BBF C/D	x P

Tableau VI. Évaluation de l'indicateur INF4-E/O-T à partir des résultats d'une inspection visuelle [LE GAUFFRE *et al.*, 2004]

3. Évaluation de sept indicateurs de dysfonctionnement sur la base de données départementale CG67

La richesse de la base départementale 67 a permis de faire cette première application en 2005 sur des données réelles ; durant le projet RERAU une base de données urbaine experte de 2 000 tronçons fictifs a été élaborée, des données d'interventions curatives de Lille Métropole CU ont également été exploitées [VASCONCELOS, 2005].

3.1. Méthodologie

À partir des défauts recodifiés en norme NF EN 13508-2, une procédure de calcul automatique des

dysfonctionnements a été mise en place pour calculer, sur chaque tronçon, la densité pour les sept dysfonctionnements évalués à partir de défauts observés par ITV :

INF4, EXF4, HYD3, ENS4, BOU4, RAC4, EFF7

Pour calculer la densité, il a fallu créer une procédure capable de comparer les défauts présents dans l'inspection avec ceux présents dans la matrice. La description des défauts dans les matrices utilise en entrée les données présentées dans le *tableau VII*.

Le caractère « facultatif » signifie que ce champ n'est pas obligatoirement spécifié et que le défaut doit être pris en compte quelle que soit la valeur de ce champ.

Méthodologie RERAU	Adaptation à CHIMERE	Caractère
Code principal	Code principal	Obligatoire
1 ^{re} et 2 ^e caractérisation	1 ^{re} et 2 ^e caractérisation	Facultatif
Quantification (% de diamètre ou taille du défaut en mm)	Note de gravité	Facultatif
Type de réseau : unitaire ou séparatif	Type de réseau : unitaire ou séparatif	Facultatif
Gravité ou étendue du défaut	Note de gravité (?)	Facultatif

Tableau VII. Lien entre données CHIMERE et besoins RERAU [DORCHIES, 2005]

Le calcul de la densité se fait selon la méthodologie décrite dans le *tableau VI*.

Pour chaque défaut est calculée une note élémentaire N_i , en multipliant le poids de chaque défaut ($1, \alpha, \alpha^2, \alpha^3$) par son étendue, une étendue forfaitaire P est attribuée aux défauts ponctuels.

Pour chaque tronçon, une note de densité D est calculée selon la formule (1).

$$D = \sum_{i=0}^{nb \text{ déf}} \frac{100 \times N_i}{LT} \quad (1)$$

D : densité

$N_i = \alpha^n \times P$ (ou LT)

$nb \text{ déf}$: nombre de défauts constatés sur la conduite inspectée

LT : longueur du tronçon inspecté.

La comparaison de D avec trois seuils S_1, S_2, S_3 permet de connaître le niveau de gravité du dysfonctionnement étudié.

L'application a été réalisée avec $P=1 \text{ m}$ et $\alpha = 3$ ce qui signifie que l'on considère que l'accumulation de trois défauts d'un même niveau fait passer au niveau de gravité supérieur.

Le calcul de la densité d'un tronçon est illustré par la *figure 2* (calcul de la densité pour le dysfonctionnement infiltration INF4 pour un tronçon de 40 mètres présentant deux défauts « fissures circulaires, humidité visible » avec la note de gravité 3).

3.2. Résultats

Le calcul de la note totale N puis de la densité D a été réalisé sur l'ensemble des tronçons inspectés pour les sept dysfonctionnements.

Le résultat du calcul de la note totale N sur les 152 000 inspectés en constatation (soit au moins 2 ans après la date de pose pour éliminer les inspections de réception) pour le dysfonctionnement INF4 est présenté en *figure 3*.

Chaque point représente la valeur moyenne de 300 valeurs (c'est-à-dire 300 tronçons inspectés) pour une

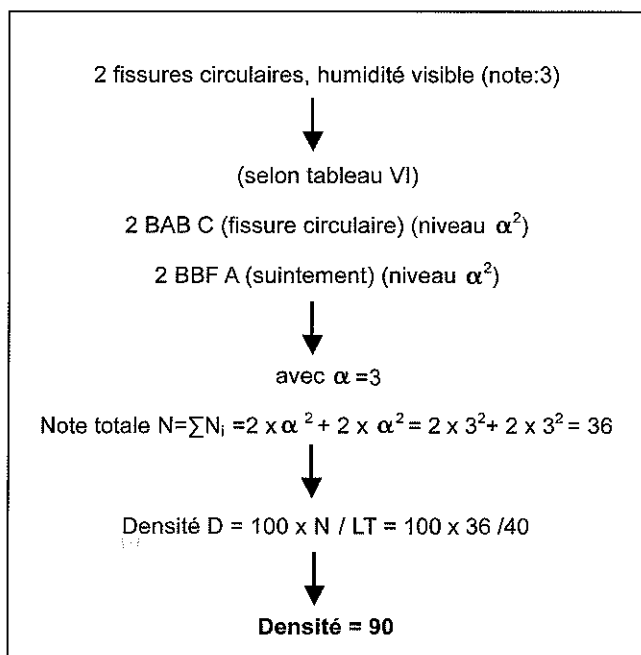


Figure 2. Exemple de calcul de la densité D sur un tronçon [DORCHIES, 2005]

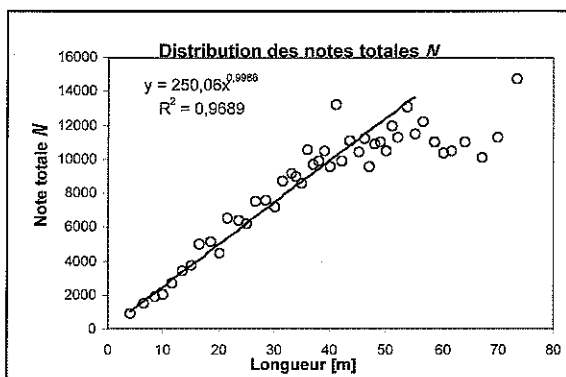


Figure 3. Distribution des notes totales N sur les 15 200 tronçons inspectés

longueur donnée. On peut constater que, pour les tronçons de moins de 55 m, cette note totale est bien proportionnelle à la longueur (puissance 0,99), donc que la densité est une mesure pertinente pour caractériser les tronçons, car indépendante de la longueur du tronçon.

Pour une longueur de plus de 55 m, les notes totales sont plus faibles que celles données par la droite de régression. Quelques hypothèses peuvent être avancées pour expliquer ce résultat, mais seront à confirmer par des investigations complémentaires :

- raccordement : le défaut BAH (raccordement défectueux) qui joue un rôle important pour le dysfonctionnement INFiltration (niveau α^2) est moins présent sur des collecteurs plus longs ayant moins, voire pas, de raccordements ;
- inspection : l'opérateur peut avoir une attitude différente sur un long tronçon que sur un tronçon court et ne noter que les défauts très importants ;
- date de pose : dans le Bas-Rhin, la pose de tronçons plus longs date des années 1970 qui sont aussi les années qui ont vu des améliorations dans les spécifications de pose et l'arrivée de nouveaux matériaux.

La poursuite de la mise en oeuvre de la méthode nécessite le calage des différents seuils S_1 , S_2 , S_3 pour pouvoir positionner le tronçon selon son niveau de gravité.

Les niveaux S_2 et S_3 ont été proposés à partir de la formule (2) :

$$S_{2 \text{ ou } 3} = \frac{\alpha_{2 \text{ ou } 3}}{L_{\text{moyenne}}} \quad (2)$$

Les résultats sont présentés dans le *tableau VIII*.

Dysfonctionnement	Longueur moyenne de tronçon	Selon Ni			Selon la densité		
		S_1	S_2	S_3	S_1	S_2	S_3
BOU4	44,5	0	9	27	0,0	20,2	60,7
EFF3	41,9	0	9	27	0,0	21,5	64,4
ENS4	42,8	0	9	27	0,0	21,0	63,1
EXF4	41,2	0	9	27	0,0	21,9	65,6
HYD3	42,8	0	9	27	0,0	21,0	63,1
INF4	41,2	0	9	27	0,0	21,9	65,6
RAC4	46,1	0	9	27	0,0	19,5	58,5

Tableau VIII. Valeur des seuils pour l'ensemble des dysfonctionnements ($\alpha = 3$)

Alpha = 3

Avis de l'expert	Dysfonctionnement calculé				
	1	2	3	4	Total
1	26	3	1	0	30
2	3	3	3	2	11
3	3	1	4	11	19
4	4	0	1	13	18
Total	36	7	9	26	78

Alpha = 4

Avis de l'expert	Dysfonctionnement calculé				
	1	2	3	4	Total
1	26	4	0	0	30
2	3	5	2	1	11
3	3	5	9	2	19
4	4	0	3	11	18
Total	36	14	14	14	78

Tableau IX. Bilan de la confrontation du calcul des sept dysfonctionnements avec l'avis d'expert pour $\alpha=3$ et $\alpha=4$

Ces résultats ont ensuite été confrontés à un avis d'expert. L'expert du CG67 a ainsi proposé pour 13 tronçons, un niveau de gravité pour chacun des sept dysfonctionnements, soit 78 avis. La confrontation de ces avis avec les seuils proposés dans le *tableau VIII* a entraîné un recalage des seuils et il a été considéré que $\alpha=4$ était plus adapté. En effet, le nombre d'avis divergents entre l'expert et le calcul de densité passe de 32 à 21.

Sur les 78 avis restent cinq cas où le calcul surévalue la gravité par rapport à l'expert et 16 cas où il y a sous-

évaluation. Le cas des avis d'expert à 1 différents de 1 par le calcul n'est pas réglé en passant de $\alpha=3$ à $\alpha=4$.

4. Conclusion et perspectives

Cette étude d'applicabilité de la méthodologie RERAU réalisée en 2005 a montré la faisabilité de la méthodologie à partir de données non codifiées en NF EN 13508-2 pour le calcul des indicateurs de dysfonctionnement, elle a donné lieu à une analyse de données pour faire le lien entre les données d'environnement disponibles dans la base CHIMERE et les dysfonctionnements [WEREY et CAMPARDON, 2006a ; WEREY et al., 2009 (*dans ce même numéro*)]. Cette étude souligne également la difficulté de calage des paramètres et le rôle important de l'avis d'expert pour le calage des seuils, réalisé ici sur un petit nombre de tronçons et avec un seul expert.

Bibliographie

AFNOR (2003) : NF EN 13 508-2 : *Condition des réseaux d'évacuation et d'assainissement à l'extérieur des bâtiments*. Partie 2 : système de codage de l'inspection visuelle. AFNOR, Paris.

ASTEE – groupe de travail « réhabilitation des réseaux » de l'Astee (2004) : « Inspection visuelle des réseaux d'assainissement. Des recommandations à la normalisation. » *Techniques Sciences Méthodes*, juillet-août 2004. p. 33-39.

ATV-DVWK [Association allemande de l'eau, de l'assainissement et des déchets] [1999] : « M 149 – Zustandserfassung, -klassifizierung und -bewertung von Entwässerungssystemen au erhalb von Gebäude ». Hefen, GFA, ISBN 3-933693-31-4.

BOINEL G (1995) : *Le vieillissement des réseaux d'assainissement : étude de la dégradation – Méthodologie d'analyse de l'état des canalisations pour l'élaboration d'un modèle de prévision*. Mémoire TFE ENGEEES UMR GSP, 111P.

BURKHARDT D., WEREY C., CAMPARDON M., TORTEROTOT J.P. (2003) : *Inventaire des réseaux d'assainissement du Bas-Rhin*. Rapport au conseil général du Bas-Rhin, 3 cahiers, 115 p.

CONSEIL GÉNÉRAL DU BAS-RHIN (2004a) : *Des Hommes et des Territoires : l'eau dans le Bas-Rhin, réforme de la politique départementale, 2004, porter à connaissance*, juin 2004 (www.cg67.fr).

CONSEIL GÉNÉRAL DU BAS-RHIN (2004b) : *Des Hommes et des Territoires : Colloque sur l'eau dans le Bas-Rhin*, actes 9 juillet 2004.

DORCHIES D. (2005) : *Gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement : étude d'applicabilité de l'outil d'aide à la décision RERAU pour la réhabilitation des réseaux*

d'assainissement sur l'inventaire du département du Bas-Rhin. Mémoire TFE ENGEEES UMR GSP, 62p.

L'ensemble de la méthodologie RERAU [LE GAUFFRE et al., 2007] est par ailleurs en cours d'approfondissement sur des données d'ITV, directement codifiées NF EN 13508-2, disponibles dans certains services depuis mi-2007, ou à partir de données recodifiées, dans le cadre du projet Indigau (Indicateurs de performance pour la gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement urbains) financé par l'ANR (2007-2010) [IBRAHIM et al., 2007 ; LE GAUFFRE et al., 2008 ; WEREY et al., 2008] (www.g2c.fr et Indigau).

Notre collaboration avec le conseil général 67 se poursuit dans le cadre de ce projet Indigau, à côté d'autres collectivités gestionnaires de réseaux et déjà partenaires du projet RERAU : CU Nantes Métropole, CU Strasbourg, CA Caen la Mer, Lille Métropole CU, CU Grand Lyon...

IBRAHIM M., LE GAUFFRE P., CHERQUI F., WEREY C. (2007) : *Gestion des réseaux d'assainissement : évaluation d'indicateurs de dysfonctionnement à partir d'inspections visuelles*. 25^e Rencontres universitaires de génie civil « Conception et vie des ouvrages », Bordeaux, 23-25 mai 2007, 8 p.

JANEL J.L., GANDON G., WEREY C., VILLETTE J.P., WEBER E. (2001) : *Inventaire des réseaux d'eau du Bas-Rhin 2000*. Rapport au conseil général du Bas-Rhin, UMR GSP, 235 p.

LE GAUFFRE P., JOANNIS C., BREYSSE D., GIBELLO C., DESMULLIEZ J.J. (2004) : *RERAU : Gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement urbains : guide méthodologique*. Lavoisier Paris, Editions Tec & Doc, 416 p.

LE GAUFFRE P., JOANNIS C., VASCONCELOS E., BREYSSE D., GIBELLO C., DESMULLIEZ J.J. (2007) : « Performance Indicators and Multicriteria Decision Support for Sewer Asset Management ». *Journal of Infrastructure Systems*, ASCE, 13(2), June 2007, 105-114.

LE GAUFFRE P., IBRAHIM M., CHERQUI F. (2008) : « Sewer asset management: fusion of performance indicators into decision criteria », in : CABRERA E., PARDO M.A. (2008) : *Performance assessment of urban infrastructure services : drinking water, wastewater, solid waste*. IWA publishing London (UK), pp. 195-205. Présenté à la conférence IWA – Performance Indicators PI08, 12-14mars 2008, Valencia (Espagne).

VASCONCELOS E.C. (2005) : *Outils d'aide à la gestion du patrimoine réseau d'assainissement non visitable*. Doctorat de l'Université Bordeaux I, N° ordre 2970, 347 p.

WEREY C., CAMPARDON M. [2006A] : *Inventaire des réseaux d'assainissement du Bas-Rhin, études complémentaires 2005/06*. Rapport au Conseil Général du Bas-Rhin, 178 p.

WEREY C., DORCHIES D., MELLAC BECK I. [2006B] : *Sewer asset management : assessing criteria for a multicriteria decision support on a county level data base*, ICCCB E XI [joint intern. Conf. on computing and decision making in civil and building engineering], Montreal, june 14-16 , pp. 886-895.

WEREY C. CHERQUI F., LE GAUFFRE P., IBRAHIM M. [2008] : « Sewer asset management tool: dealing with experts'

opinions », in : CABRERA E., PARDO M.A. : *Performance assessment of urban infrastructure services: drinking water, wastewater, solid waste*. IWA publishing London (UK), pp. 125-134. Présenté à la conférence IWA – Performance Indicators PI08, 12-14 mars 2008, Valencia (Espagne).

WEREY C., CAMPARDON M., VILLETTE J.P., MELLAC BECK I. [2009] : « Gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement – Élaboration de politiques de renouvellement à partir des données d'inventaires départementaux : l'expérience du Bas-Rhin ». *Techniques Sciences Méthodes*, octobre 2010.

C. WEREY, D. DORCHIES, I. MELLAC BECK

Gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement. Évaluation d'indicateurs de dysfonctionnement à partir d'inspections vidéo sur les données de l'inventaire départemental du Bas-Rhin selon la méthodologie RERAU

En 2003, le conseil général du Bas-Rhin a réalisé un inventaire exhaustif de l'ensemble des réseaux d'assainissement du département, hors communauté urbaine de Strasbourg (CUS), à la suite de son expérience comme un des huit départements pilotes pour les inventaires départementaux des réseaux d'alimentation en eau potable lancés en 2000 par l'Association des départements de France, les ministères chargés de l'agriculture et de l'environnement, les agences de l'eau et les Canalisateurs de France.

Cet inventaire a permis le recueil de données sur la conduite (matériau, diamètre, date de pose...) et son environnement (nature du terrain, trafic...) sur 135 000 tronçons soit 5 300 km, mais également des données d'inspections vidéo pour 27 904 tronçons. Les défauts repérés par les inspections vidéo sont codifiés selon une nomenclature propre aux services du conseil général 67 (CG67). Cette nomenclature comprend 165 défauts couplés d'une note de gravité de 1 à 5 (les défauts avec la note 1 sont les plus graves).

Par ailleurs a paru, fin 2004, le guide méthodologique, résultat du groupe de travail du projet national RERAU 5/6, action 2, sur la gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement urbains non visitables [LE GAUFFRE *et al.*, 2004].

La méthodologie propose l'évaluation des dysfonctionnements à partir d'inspections vidéo notamment, la prise en compte de la vulnérabilité du milieu pour construire des indicateurs d'impact en vue de proposer des pistes pour la programmation de campagnes d'inspection ou de travaux de réhabilitation. Ces indicateurs sont construits à partir de défauts codifiés selon la nouvelle norme européenne NF EN 13508-2 applicable en 2006 sur les nouvelles inspections.

La richesse de la base inventaire assainissement 67

et la volonté du CG67 de mettre en place des outils de gestion patrimoniale nous ont conduits début 2005 à lancer une étude de faisabilité de l'utilisation de la méthodologie RERAU sur les données inventaire 67.

L'ensemble des défauts enregistrés dans la base de données a été recodifié selon la nouvelle norme européenne, puis le calcul des sept dysfonctionnements estimés à partir d'inspections vidéo a été réalisé sur l'ensemble des tronçons inspectés. Il s'agit de l'infiltration, l'exfiltration, la réduction de la capacité hydraulique, le risque d'ensablement, le risque de bouchage, l'intrusion de racines, le risque d'effondrement.

La méthodologie préconise le calcul d'une densité pour chaque tronçon et propose une échelle à quatre niveaux de gravité (4 le plus grave). Le passage d'un niveau à un autre est conditionné par une valeur de seuil à déterminer.

L'ensemble du travail a permis le calage des différents seuils sur les sept dysfonctionnements, ce qui valide la faisabilité de l'utilisation de la méthode sur les données étudiées, et, après calcul de la densité pour chaque tronçon par dysfonctionnement, de donner la répartition des dysfonctionnements selon les niveaux de gravité sur l'ensemble des tronçons inspectés du département. Un travail d'analyse de données pour l'établissement de facteurs de vulnérabilité [WEREY et CAMPARDON, 2006a] a permis l'extrapolation des résultats sur l'ensemble du patrimoine du département (hors CUS).

Dans le présent article, nous présentons la démarche de calcul des dysfonctionnements selon la méthodologie RERAU et les résultats obtenus sur les tronçons inspectés par inspections télévisuelles (ITV), sur l'ensemble de la base inventaire 67 [DORCHIES, 2005 ; WEREY *et al.*, 2006b]

C. WEREY, D. DORCHIES, I. MELLAC BECK

Asset management in sewer networks. Using the RERAU methodology to evaluate dysfunction indicators coming from CCTV inspections on the database of the inventory of Bas-Rhin "département"

The Council of Bas-Rhin County in the east of France is developing an active policy of computing data on water management and water related utilities (including networks). Following a first inventory of all the water pipes (6 300 km) in 2000 within a national pilot initiative for eight *départements*, the Council decided, in 2003, on its own initiative, to do the same inventory on all sewer networks (5 300 km). Data on the pipe characteristics and the pipe environment were collected but also information on failures and dysfunctions coming

from CCTV inspection concerning sewers coded in a homemade codification. In the same time were issued results of a French national project RERAU (rehabilitation of urban sewer networks) proposing criteria regarding dysfunctions and impacts to be introduced in a multi-criteria procedure for organizing both investigation and rehabilitation programs. Dysfunction criteria issued from CCTV information (coded on Standard EN 1308-2) were valued on the Bas-Rhin database; the results of the study made in 2005 are presented in this paper.

ACCOMPAGNER DURABLEMENT NOS CLIENTS

Vos besoins sont spécifiques
Nos réponses sont « sur mesure »

Au cœur de nos métiers : les réseaux

Intervenant dans toutes les étapes du cycle de l'eau, la Sade (Veolia Eau) est le spécialiste de la conception, la construction et la maintenance des réseaux et des ouvrages qui leur sont associés. Elle adapte en permanence ses offres techniques aux besoins de ses clients publics et industriels.

Ses atouts :

- Proximité géographique.
- Ingénierie intégrée.
- Politique d'innovation.
- Développement des techniques de travaux sans tranchée et de procédés de réhabilitation.
- Protection de l'environnement.

S'engager quotidiennement, développer durablement

Siege social

28, rue de La Baume - 75008 Paris
Tél. (33) 1 53 75 99 11

sade.recrute@sade-cgth.fr



Veolia Eau

HACH LANGE
ANALYSE EN CONTINU
ABSORBANCE UV
SONDE UVAS PLUS SC



UVAS plus sc : mesure directe et instantannée de vos Matières Organiques Dissoutes

- **Aucune préparation d'échantillon : vous gagnez du temps !**
- **Aucun réactif : vous maîtrisez vos coûts !**
- **Corrélation possible avec les mesures de DCO et COT**

La sonde UVAS plus sc HACH LANGE est la solution idéale de surveillance de **vos pics de charge organique**.

Mesurez en ligne la charge organique dans les eaux résiduaires urbaines, effluents industriels et eaux de surface.

- **Contactez notre Hot Line Process au 01 69 67 34 95**

HACH LANGE FRANCE S.A.S.
8, mail Barthélémy Thimonnier
LOGNES
F - 77437 MARNE LA VALLE cedex
Tél : +33 (0)1 69 67 34 00
Fax : +33 (0)1 69 67 34 99
info@hach-lange.fr



LANGE