
Incertitudes et qualité d'information pour une gestion efficiente des réseaux d'assainissement

Sidi Mohammed Elachachi^{*,**}, Denys Breysse^{*}

^{*} C.D.G.A, Université de Bordeaux I, Av des Facultés, 33405, Talence, France

^{**} LM2SC, Dépt. de Génie civil, U.S.T.O, B.P. 1505, elmenouar, Oran, Algérie
sm.elachachi@cdga.u-bordeaux1.fr, d.breysse@cdga.u-bordeaux1.fr

RÉSUMÉ. La gestion des réseaux d'assainissement passe par des prises de décisions dont les conséquences sont considérables et durables. Ces décisions sont généralement prises avec incertitude. Les réseaux d'assainissement sont des infrastructures qui "vieillissent". Un modèle statistique et de décision (basé sur une analyse multicritères) a été développé et employé afin d'améliorer les stratégies d'IMR (inspection, maintenance et réhabilitation). Pour estimer les performances des tronçons, une approche basée sur la notion de risques relatifs a été développée. Elle permet de trier les tronçons prioritaires, en tenant compte des exigences spécifiques du gestionnaire, concernant le système proprement dit et en incluant son environnement urbain et/ou socio-économique. Cette contribution s'intéresse à la sensibilité des décisions (confiance dans la décision définitive) face aux incertitudes relatives aux entrées externes (données) et/ou à l'imperfection du modèle, à partir d'une définition "de la qualité" de l'information fournie. Un ensemble d'études paramétriques est effectué pour déterminer les effets d'une "connaissance imparfaite" sur l'estimation du risque.

ABSTRACT. Decisions on sewer management have large, long-lasting consequences. These decisions have to be taken under uncertainty. Managers of sewer system are also faced with their infrastructure system ageing. A statistical and decision (using multicriteria analysis) model has been developed and used to improve strategies of IMR interventions (Inspection, Maintenance and Rehabilitation). For estimating the asset performances, an approach based on Relative Risk analysis was developed. It enables to sort out priority sewer sections before any decision, accounting for the specific requirements of the manager regarding the system itself or its urban or socio-economical environment. This contribution focuses on the indirect sensitivity of decisions (accuracy in final decision) to uncertainties in external inputs and/or imperfect knowledge, based on a definition of "the quality" of the given information. A set of parametric studies is performed to determine the effect of lack of knowledge or imperfect knowledge on risk estimation.

MOTS-CLÉS : Gestion patrimoniale, réseau d'assainissement, performance, stratégie d'inspection, incertitude.

KEYWORDS: Management, sewer network, performance, inspection strategy, uncertainty.

1. Introduction

Les exigences actuelles de la société pour des services de qualité aux meilleures conditions économiques en respectant l'environnement et les nouvelles contraintes induites par le développement durable, incitent les gestionnaires de réseaux techniques à développer une politique de gestion cohérente et intégrée (Buyle-bodin *et al.* 2003). Le contrôle des effets du temps (vieillessement) sur les composants de ces systèmes est également un enjeu important étant donné que les budgets d'entretien mobilisent une part significative des ressources allouées.

La gestion des réseaux d'assainissement passe par des prises de décisions dont les conséquences sont considérables et durables. Ces décisions sont généralement prises avec incertitude. L'investissement nécessaire pour maintenir une performance acceptable du réseau national en France est évalué à un milliard d'euros par an pour un linéaire de 250.000 kilomètres (Le Gauffre *et al.* 2004).

Les informations relatives aux conditions structurales, hydrauliques et d'étanchéité, d'un réseau d'assainissement non visitable sont incertaines du fait que cette infrastructure est souterraine. De ce fait, estimer la performance du réseau est problématique et les investissements (maintenance, réhabilitation) sont considérés comme risqués lorsqu'il s'agit de procéder à une gestion basée sur des variables incertaines et avec une connaissance imparfaite du système.

Cette contribution s'intéresse à la sensibilité des décisions (confiance dans la décision définitive) face aux incertitudes relatives aux entrées externes (données) et à l'imperfection du modèle, à partir d'une définition "de la qualité" de l'information fournie. Cette "qualité", qui intègre les multiples types d'incertitudes et erreurs de modélisation se caractérise par le fait que:

- les attributs eux-mêmes (diamètre, profondeur, matériau, ...) sont connus seulement sur une partie du réseau,
- le nombre limité d'inspections (évaluation) qui permet d'affecter une mesure à l'état du tronçon de conduite,
- l'information est souvent dégradée lors du passage d'une échelle continue (d'ordre élevé) à une échelle discrète d'ordre inférieur (par exemple : faible, moyen, et fort).

Cette contribution vise à montrer l'effet de cette "connaissance imparfaite" sur les performances et que l'on peut relier à:

- la connaissance "brute" (distance entre le comportement vrai et ce qui est vu ou connu),
- la connaissance "reconstruite" (distance entre la performance réelle et celle estimée en utilisant les matrices de confusion).

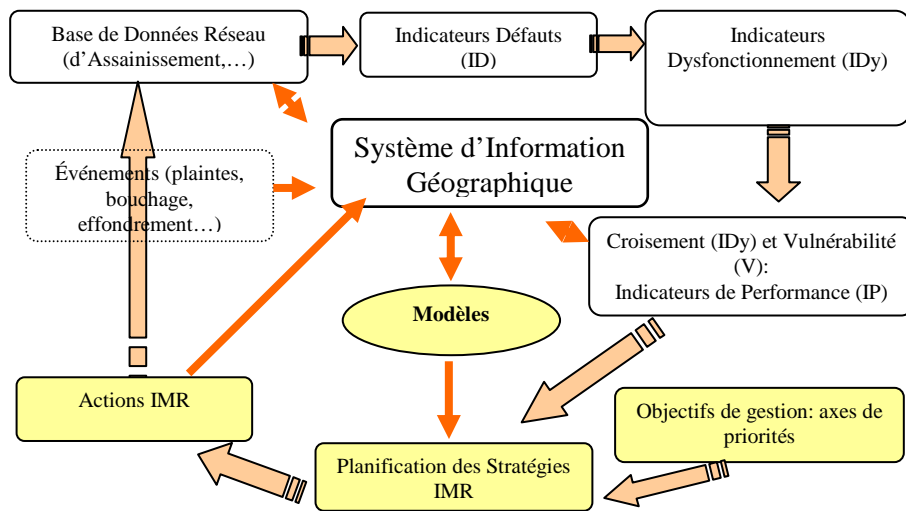
2. Schéma systémique

La figure 1 montre par un diagramme systémique les relations de séquentialité et d'interdépendance (Vasconcelos 2005) entre les divers phases relatives à une gestion cohérente et pouvant être considérée comme optimisée (par certains aspects).

L'information utile pour la gestion patrimoniale d'un réseau, obtenue à partir d'un système d'information géographique (GIS), est stockée dans une base de données. Ces données sont classées en deux groupes:

- Les attributs: ils caractérisent le tronçon de conduite (ex: diamètre du tronçon, date de pose, matériau, profondeur, ...) et sont invariables dans le temps (sauf intervention externe),
- Les anomalies: ce sont des données évolutives indiquant l'état d'un tronçon (ex: défauts tels que fissures longitudinales ou transversales, obstruction totale ou partielle, effondrement localisé...) et incluses dans la base de données sous forme d'historiques des relevés.

Les anomalies, accessibles via les inspections (visuelles pour les grands diamètres et ITV pour les conduites non visitables), permettent de définir et de quantifier les indicateurs de défaut (ID). Ces indicateurs de défaut permettent de déterminer les indicateurs de dysfonctionnement (IDy), en combinaison avec les attributs et en accord avec la norme européenne EN13508-2 (EN13508-2, 2003).



IMR: Inspection, Maintenance et Réhabilitation

Figure 1. Schéma systémique d'une gestion cohérente d'un patrimoine (d'après Vasconcelos 2005).

Le croisement des indicateurs de dysfonctionnement et des vulnérabilités (V) du milieu, détermine les indicateurs de performance (IP) d'un tronçon donné. En tenant compte des priorités indiquées par les gestionnaires, les différents (IP) sont pondérés pour obtenir une note de performance pour chaque tronçon. Cette note de performance peut être agrégée au travers de modèles statistiques pour estimer la performance du réseau entier.

Un modèle statistique et de décision (employant l'analyse multi-critères) a été développé et employé pour améliorer les stratégies d'IMR (inspection, entretien et réadaptation), (Elachachi et Breysse, 2005). Il peut reproduire toutes les fonctionnalités d'un réseau d'égout par l'intégration: (a) du vieillissement du réseau d'égouts, (b) de la pratique du gestionnaire (curage, inspections ITV, collecte de mesures sur le système, réhabilitation...). Il a été conçu pour montrer au gestionnaire comment des pratiques plus efficaces peuvent lui fournir:

- une meilleure connaissance des performances réelles et ce à diverses échelles, de l'échelle locale (tronçon) à l'échelle globale (système entier), et également sur leur évolution avec le temps,
- un modèle de performance, permettant de prévoir l'évolution future et de prendre ainsi des décisions avec moins d'incertitude.

Cependant, toute prévision future exige une maîtrise suffisante et complète dans l'acquisition des données. La qualité de l'information récoltée et destinée à alimenter la base de données est un aspect essentiel de la démarche. Son exhaustivité, sa représentativité, sa précision, sa fiabilité et son homogénéité conditionnent la pertinence d'un modèle prédictif, et donc la qualité d'une évaluation de l'évolution future du réseau.

3. Analyse basée sur la notion de risque relatif

3.1. Risque relatif d'un dysfonctionnement

Pour estimer les performances du réseau, une approche basée sur l'analyse du risque relatif a été développée. Le niveau de service de chaque tronçon ne peut pas être vérifié tous les ans sur l'ensemble du réseau (limites budgétaires), ce qui impose d'estimer son dysfonctionnement à partir de l'information disponible (inspections antérieures, généralement limitées et correspondant à un pourcentage très faible du réseau) et des modèles d'évolution.

3.2. Risque relatif d'un tronçon

Le risque relatif (RR) est un nombre sans unité compris entre 0 et l'infini. Un risque relatif "nul" a pour valeur 1. Plus (RR) est éloigné de 1 (supérieur ou

inférieur) plus l'association entre survenue d'un dysfonctionnement et la présence du facteur étudié (modalité) est forte. L'interprétation que l'on peut faire du concept de risque relatif est que pour tout couple (dysfonctionnement, attribut) :

- Si $(RR) > 1$, cela signifie qu'il existe un excès de risque dans la population. Il y a donc une relation entre l'exposition au facteur étudié et la survenue d'un dysfonctionnement. Le facteur peut être considéré comme facteur de risque. On conclut en affirmant que si un tronçon est exposé, le risque d'observer un dysfonctionnement est (RR) fois supérieure que s'il n'était pas exposé.

- Si $(RR) < 1$, cela signifie qu'il existe un risque moindre de dysfonction. Cette modalité peut être considérée comme un facteur protecteur. Un (RR) égal à 0,1 pour un facteur protecteur est équivalent d'un (RR) égal à 10 pour un facteur à risque.

La figure 2 montre le (RR) du dysfonctionnement bouchage pour quatre attributs donnés (diamètre, profondeur, pente et matériau). Par exemple, l'on peut voir que le (RR) dû à la pente est le plus élevé ($RR=1,52$) lorsque la pente est faible. Pour ce qui est du matériau, il semble que les conduites en béton ont le plus fort risque relatif.

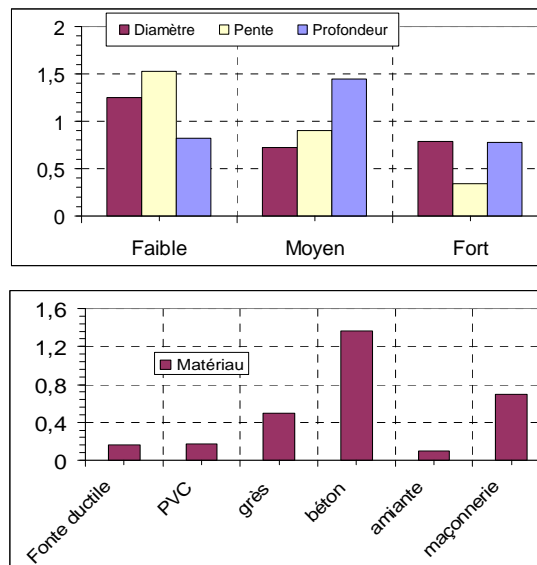


Figure 2. Risque Relatif du dysfonctionnement bouchage pour quatre attributs donnés ((a): diamètre, profondeur, pente, (b): matériau).

Le risque de dysfonctionnement, sur un tronçon donné à l'année t et identifié par ses modalités, est obtenu à partir des (RR) correspondants aux attributs urbains. Cette note est également comprise entre 0 et l'infini.

4. Effets d'une connaissance imparfaite

4.1. Incertitude et "connaissance imparfaite"

L'estimation de l'état dans lequel se trouve un tronçon de conduites est effectuée en se basant sur un système d'évaluation objectif en réduisant au minimum la part subjective de l'intervenant et que l'on peut répéter aisément. Il est clair qu'il est inconcevable de développer un système sophistiqué d'estimation de l'état si le processus de détérioration n'est pas suffisamment compris, tel que cela peut être le cas quand de nouvelles méthodologies ou matériaux sont utilisés.

4.2. Étude de cas: Base de données Virtuelle

Une base de données virtuelle a été construite. La génération de ses composants (tronçons) est basée sur les distributions probabilistes d'une vraie mais incomplète base de données de la ville de Lille (Vasconcelos, 2005). Elle contient 2000 tronçons, qui correspondent à un linéaire de 100 kilomètres. L'ensemble des attributs, défauts, dysfonctionnements, vulnérabilités et performances pris en considération est plus important que celui présenté dans cette contribution et décrit les principaux aspects de l'évolution dans le temps du réseau.

4.3. Approche Suivie

Afin de quantifier l'effet d'une connaissance imparfaite du réseau, nous avons procédé comme suit:

- A partir de la base de données originale, calcul des risques relatifs pour la performance bouchage fonction de toutes les modalités d'attributs. Ces (RR), après convergence, sont considérés comme la "référence",
- Calcul du (RR) pour chaque tronçon, appelé RR_actuel,
- Dégradation de l'information relative à chaque attribut (diamètre, profondeur, pente et matériau) pour une partie du réseau (10%, 20%, 40% et 60%),
- Recalcul du nouveau (RR) correspondant aux "fausses" données, appelé RR_estimé.

Elles consistent en des tables de contingence confrontant les classes estimées (colonnes) aux vraies classes (lignes) pour toute la base de données. Sur la diagonale, on retrouve, les valeurs bien classifiées et hors de la diagonale, les éléments mal classés. La somme de valeurs sur une ligne donne le nombre exact d'éléments de la catégorie. Le tableau 1 montre la matrice de confusion du dysfonctionnement Bouchage. Trois mesures d'erreur sont définies:

- le taux d'erreur global TEG: c'est le rapport des éléments mal classés au nombre d'éléments de la base de données.

- le taux d'erreur a priori TEA: c'est le taux d'erreur pour chaque catégorie (colonne 8),

- le taux d'erreur à posteriori TEP: c'est le taux de mal classés par rapport aux bons pour une classe donnée (ligne 8).

Le TEA est inclus entre 0% et 20% tandis que le TEP est compris entre 8% et 22%). Par ailleurs le plus fort TEA ne correspond pas nécessairement au plus fort TEP.

	Classe 1 [0 – 0,5]	Classe 2 [0,5– 1]	Classe 3 [1 – 5]	Classe 4 [5 – 8]	Classe 5 > 8		TEA %
Classe 1	874	45	10	0	0	929	5,92
Classe 2	56	396	39	1	0	492	19,51
Classe 3	25	34	445	6	3	513	13,26
Classe 4	0	1	4	26	1	32	18,75
Classe 5	0	0	0	0	34	34	0,00
	955	476	498	33	38	2000	
TEP %	8,48	16,81	10,64	21,21	10,53		

Tableau 1. Matrice de confusion pour différentes classes de RR (Dysfonctionnement Bouchage, 40% d'ignorance sur l'attribut matériau)

La figure 4 indique le taux d'erreur global quand chacun des paramètres est considéré individuellement comme "inconnu" et également le cas où les quatre paramètres sont considérés simultanément comme "inconnus". L'incertitude sur l'information est comprise entre 10% et 60%. L'on peut observer que tous les paramètres n'ont pas le même poids pour cette performance. Les attributs matériau et pente semblent les plus discriminants. Ainsi tout effort permettant d'améliorer la qualité des données devrait se concentrer sur ces deux paramètres en particulier.

5. Conclusions

La gestion des réseaux d'assainissement passe par des prises de décisions sous incertitude et connaissance imparfaite ou partielle du système réseau. Les gestionnaires de réseaux techniques sont confrontés au vieillissement les conduisant à répartir de façon optimale les budgets alloués pour maintenir (ou atteindre) la performance souhaitée.

Un modèle statistique et de décision (employant l'analyse multi-critères) a été développé et employé pour améliorer les stratégies d'IMR (inspection, entretien et réadaptation). Une meilleure connaissance des performances actuelles et ce à diverses échelles, de l'échelle locale (tronçon) à l'échelle globale (système entier), et également sur leur évolution avec le temps, a permis de prévoir l'évolution future de

prendre ainsi des décisions avec moins d'incertitude. Une analyse basée sur les risques relatifs, pour estimer les performances des conduites, a été développée. L'analyse de sensibilité des risques estimés (confiance dans la décision définitive) face aux incertitudes relatives aux entrées externes (données) et à l'imperfection du modèle, a des conséquences directes dans la détermination des efforts prioritaires pour améliorer la qualité de la base de données.

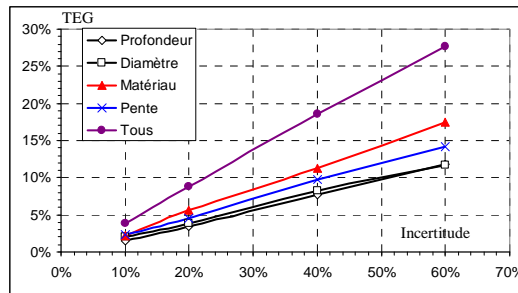


Figure 4. Taux d'erreur global pour la performance bouchage.

6. Bibliographie

- Buyle-bodin F., Blanpain O., "Apports de l'analyse du cycle de vie pour une gestion efficace des ouvrages en béton", *Journées techniques GC'03 Environnement et patrimoine : les nouvelles données*, AFGC, 2003.
- Elachachi, S.M., Breyse, D., " Etude sur la mise en place d'outils opérationnels de gestion de patrimoine technique", Rapport n°2005-28, CDGA, Université Bordeaux I, 2005.
- EN 13508-2, "Condition of drain and sewer systems outside buildings, Part 2: Visual inspection coding system", European Norms, 2003.
- Le Gauffre, P., Joannis, C., Breyse, D., Gibello, C., Desmulliez, J.J., "Gestion des réseaux d'assainissement urbains: guide méthodologique", Lavoisier, 2004.
- Vasconcelos, E., "Développement d'outils d'aide à la gestion du patrimoine réseau d'assainissement non visitable", Thèse de Doctorat Université Bordeaux I, 2005.