



## Réhabilitation «sans tranchée» des réseaux d'égouttage

Comment sauvegarder durablement un patrimoine invisible et parfois oublié



# Dossier

# Réhabilitation «sans tranchée» des réseaux d'égouttage

## Comment sauvegarder durablement un patrimoine invisible et parfois oublié

### Auteur

A. Leuridan: 010 23 65 36;  
a.leuridan@brrc.be

Ce dossier a été rédigé dans le cadre de la guidance technologique *Eco-construction et développement durable en Région de Bruxelles-Capitale*.

La GT a pour objectif de préparer le terrain pour de nouvelles technologies en informant, en conseillant et en accompagnant les professionnels du secteur (entreprises de construction (routière), bureaux-conseils et administrations).

La GT a en partie pu voir le jour grâce au soutien de la Région de Bruxelles-Capitale, mais aussi au financement d'InnovIRIS, l'Institut Bruxellois pour la Recherche et l'Innovation. Ce service a été développé par le CSTC, en partenariat direct avec la Confédération Construction Bruxelles-Capitale (CCB-C). Le CRR prend en charge la *Mobilité durable* dans un sens large et en tant que thème transversal.

Pour des questions concrètes relatives à la GT, vous pouvez vous adresser au chef de projet au CRR.

H. van Geelen: 02 775 82 39;  
h.vangeelen@brrc.be

INNOVIRIS  
EMPOWERING RESEARCH



### ► 1. Introduction

Depuis quelques années déjà, le secteur de l'assainissement des eaux en Belgique fait l'objet d'importants programmes d'investissements pluriannuels accompagnant les politiques des différentes Régions. Ces programmes comportent non seulement des travaux de type «routier» (pose d'égouts et collecteurs, en tranchées ou par fonçage/forage, réfection de chaussées), mais également d'autres travaux de construction – entre autres génie civil (stations d'épuration) – et bâtiments (locaux techniques). Comme le montre l'exemple du projet *ETAL* à Bruxelles (voir encadré ci-contre) l'ampleur des volumes d'activité annoncés invite les entreprises disposant du know-how spécifique nécessaire, ou décidées à l'acquérir, à se développer dans cette branche.

Cette thématique continue donc à constituer pour les Régions un enjeu majeur pour les prochaines années, mais celui-ci s'accompagnera pour les entreprises du secteur et pour les gestionnaires de réseaux d'une impressionnante série de défis et de difficultés aux niveaux technique et socio-économique.

### Exemple: la rénovation des égouts en Région de Bruxelles-Capitale

Le réseau d'assainissement actuel en Région bruxelloise compte environ 1 600 km de canalisations qui acheminent les eaux usées et les eaux pluviales vers les deux stations d'épuration, situées au sud et au nord de Bruxelles. Développé depuis la fin du dix-neuvième siècle, il est fortement dégradé aujourd'hui, à tel point que cela provoque des effondrements de chaussées et engendre des coûts importants. L'urgence est réelle, certains tronçons devant être rénovés dans les meilleurs délais. Par ailleurs, la vétusté de l'ensemble et l'insuffisance de bassins de stockage et d'évacuation des eaux pluviales sont une cause d'inondations fréquentes dans plusieurs communes.

Le projet *ETAL* (Etat des lieux des égouts), lancé il y a plusieurs années, a permis d'évaluer que 30 % du réseau d'égouts régional existant, soit près de 500 kilomètres, doit être rénové à court ou à moyen terme.

La Banque européenne d'investissement (BEI), la Région de Bruxelles-Capitale (RBC) et HYDROBRU (Intercommunale bruxelloise de distribution et d'assainissement d'eau) ont conclu en décembre 2010 à Bruxelles les accords permettant le financement des travaux de réhabilitation des réseaux d'assainissement des eaux usées et des eaux pluviales de la Région de Bruxelles-Capitale. Le prêt de la BEI – soit 168 millions d'euros – couvrira près de la moitié des investissements prévus jusqu'à 2014. Le coût moyen de la rénovation de ces 500 km est estimé à plus ou moins 3 000 euros par mètre, ce qui représenterait un coût total de près de 1,5 milliard, soit 75 millions d'euros par an pendant 20 ans. Il s'agit donc d'un vaste programme qui est ainsi lancé et qui, sur les vingt prochaines années, dotera les dix-neuf communes de la Région de Bruxelles-Capitale d'un réseau moderne et performant. Pour la BEI, ce financement s'inscrit dans le cadre de son action pour une meilleure gestion de l'environnement et un développement durable, dans le droit fil de la politique environnementale de l'Union européenne.

La première phase du programme entamée cette année, s'étalera jusqu'en 2014 et porte sur la réhabilitation et l'extension de réseaux, ainsi que la réalisation d'ouvrages spécifiques pour contribuer à résoudre les problèmes d'inondation récurrents dans certaines communes. L'impact sera directement perceptible pour les Bruxellois au fur et à mesure des travaux: des artères sécurisées contre les affaissements, des réseaux plus résistants (notamment en cas d'inondations) et la création de quelque deux cents emplois(\*).

Mais Bruxelles ne sera pas pour autant un énorme chantier à ciel ouvert. Via des techniques modernes, les réparations pourront se faire sans «tout ouvrir».

(\*) Source: «Hydrobru» 2011

## Réhabilitation «sans tranchée» des réseaux d'égouttage

### Comment sauvegarder durablement un patrimoine invisible et parfois oublié

Les réseaux d'égouts constituent une part non négligeable du patrimoine communal. Il convient de les gérer le mieux possible en maintenant les ouvrages, canalisations, regards de visite, etc., en bon état de fonctionnement par des travaux rentabilisant au mieux les budgets souvent restreints dont disposent les gestionnaires. Dans la plupart des centres urbains, le réseau d'égouts est plus que centenaire, avec localement des problèmes importants de vétusté se traduisant en termes de pertes hydrauliques et de pollution des sols. L'inventaire des ouvrages anciens et de leur état (structurel, étanchéité, etc.) revêt encore bien souvent une urgence certaine, notamment pour s'insérer efficacement dans les programmes communaux ou régionaux d'assainissement. La construction et la réhabilitation d'égouts existants comportent cependant de très gros défis techniques.

La **réhabilitation** est un terme générique qui englobe «*toutes les actions destinées à remettre en état ou améliorer les performances d'un réseau d'évacuation ou d'assainissement existant, visitable ou non, réalisées à partir des regards de visite, d'un puits d'intervention ou d'ouvertures ponctuelles sur la canalisation et sans ouverture de tranchées*».

Plusieurs techniques peuvent être mises en œuvre dans le cadre d'une réhabilitation, mais en dehors de l'entretien courant, on peut les regrouper en trois catégories principales distinctes: le remplacement, la rénovation et les réparations ponctuelles.

En effet, même si force est de constater qu'il n'existe pas de consensus sur la classification des méthodes de réhabilitation, on utilise généralement des critères basés sur l'étendue et la forme de l'intervention (réhabilitation partielle ou locale/réhabilitation continue sur la conduite entière).

Ainsi, dans le cas de rectification de défauts localisés, on parle de **réparations ponctuelles** tandis que dans celui de mesures concernant la totalité ou une importante portion d'un tronçon, on parle de **rénovation**.

De même, le caractère destructif ou non des méthodes peut intervenir dans la classification: les réparations et rénovations sont des méthodes non destructives alors que le **remplacement** désigne bien une méthode destructive.

Cette classification sommaire s'avère pertinente car elle met en évidence la caractéristique des méthodes à conserver ou non la conduite en place en l'incorporant dans le processus de réhabilitation mis en œuvre. Elle pose ainsi la problématique de l'état structurel de la conduite hôte avant de choisir le procédé de réhabilitation à mettre en œuvre. En effet, la particularité des techniques de réhabilitation des conduites réside dans le fait qu'elles incorporent en partie ou en totalité la conduite existante dans les processus mis en œuvre, à l'issue desquels les performances de la conduite traitée sont améliorées.

Dès que les dimensions des ouvrages permettent l'entrée d'une personne, on considère généralement qu'il s'agit de **conduites visitables**.

Les techniques de réhabilitation «sans tranchée» sont nombreuses, qu'il s'agisse d'une réparation, d'une rénovation en place ou d'un remplacement et ont fait l'objet d'un large développement durant les deux dernières décennies. Les technologies sans tranchée se définissent comme des méthodes et processus de réhabilitation des infrastructures souterraines existantes sans l'utilisation en continu de tranchées ou d'excavation. Elles offrent de très nombreux avantages en termes de coûts globaux et de nuisances pour les riverains ou les utilisateurs de voirie. L'objectif principal de ces techniques peu encombrantes et limitées en travaux d'excavation et de terrassement coûteux est de réduire les impacts sociaux et les dégradations environnementales occasionnés par les travaux. De plus, leur efficacité et leur longévité sont démontrées en matière de rétablissement de l'étanchéité, de rénovation structurelle, de suppression des infiltrations (eau, terres, etc.), d'amélioration des capacités hydrauliques, de la protection des canalisations contre les attaques chimiques, etc.

Bien entendu, leurs avantages ne sont rencontrés que pour autant que les techniques utilisées soient bien adaptées aux circonstances locales. En effet, si les techniques de réhabilitation peuvent être très «séduisantes» en théorie, il s'agit avant tout de techniques encore trop souvent mal connues qu'il convient de choisir judicieusement et mettre en œuvre avec grand soin, par des entreprises hautement spécialisées. Il n'existe pas de technique «miracle». Le choix de la technique repose non seulement sur un diagnostic effectif et systématique de l'état réel des conduites existantes (les types de défauts ou dégâts rencontrés, leur importance et leur fréquence, le nombre de raccords, la présence de déviations angulaires affectant la rectitude du tracé, etc.), mais aussi sur une appréciation des caractéristiques locales (possibilités d'emprises en surface, etc.).

## ► 2. Les enjeux environnementaux, sociaux et économiques

### 2.1 Nuisances/mobilité

Le maintien d'une bonne mobilité constitue une condition indispensable au bon fonctionnement et au bien-être de la collectivité. L'accessibilité, tant pour les flux de personnes que pour les flux de marchandises, est un enjeu de taille dans l'activité commerciale d'un quartier, dans la mesure où elle conditionne les échanges et l'attractivité pour les commerces et les entreprises, donc leur développement économique. Les habitudes de vie et de consommation, notamment, contribuent bien souvent à choisir des destinations faciles d'accès et où les possibilités de stationnement sont les plus nombreuses.

A l'heure actuelle, l'offre existante en matière de mobilité et de transport ne répond déjà plus, dans de très nombreux cas, en particulier urbains, à une demande de déplacements qui ne cesse de croître et de se complexifier. Or, le maintien d'un réseau d'égouttage efficace nécessite non seulement l'achèvement de certains tronçons aujourd'hui encore manquants, mais aussi de nombreuses interventions de réhabilitation pour améliorer – voire restaurer – l'écoulement des effluents et éviter de très nombreux problèmes, mais aussi d'un point de vue environnemental pour améliorer le traitement des eaux usées.

L'ampleur des travaux d'assainissement nécessaires entraînerait, faute de solution alternative, l'ouverture à court ou moyen terme de milliers de kilomètres de voiries, et donc la détérioration significative des possibilités de déplacement. Le développement de l'utilisation de techniques

## Réhabilitation «sans tranchée» des réseaux d'égouttage

### Comment sauvegarder durablement un patrimoine invisible et parfois oublié

adaptées ne nécessitant pas l'ouverture (partielle ou totale) de la voirie et favorisant le maintien d'une accessibilité de qualité, participe donc non seulement à l'activité économique d'un quartier, mais répond également à des préoccupations légitimes en termes de sécurité routière, de réduction de la congestion (locale ou dans les quartiers voisins) et des émissions polluantes y associées, de maintien de la qualité de vie des riverains, du confort et de la sécurité de tous les usagers de la voirie (y compris piétons, cyclistes mais aussi les personnes à mobilité réduite).

L'absence de vibrations et la très forte réduction des nuisances sonores (bruits ponctuels limités aux chambres de visites de départ) constituent également des atouts précieux des techniques de réhabilitation, dans le respect des conditions et de la qualité de vie dans l'environnement des chantiers.

#### **2.2 Réduction des risques – Meilleure utilisation des budgets disponibles**

La présence de câbles et canalisations d'impétrants dans le sous-sol de l'espace public est source de difficultés techniques, de litiges juridiques et d'accidents parfois graves, faute de prise en considération des impétrants en amont des projets de voirie, ou en raison de plans d'installations souterraines inexacts ou incomplets, ou encore faute d'intervention du maître d'ouvrage vis-à-vis des concessionnaires en vue du déplacement des installations souterraines. Ces problèmes génèrent, entre autres, d'importants surcoûts pour les pouvoirs adjudicateurs et pour les entreprises.

Vu la densité d'installations souterraines d'impétrants, surtout en milieu urbain, l'utilisation de techniques de réhabilitation offre la possibilité de limiter de manière significative ces surcoûts et de consacrer les budgets alloués aux travaux de rénovation proprement dits.

De plus, dans le cas de nappes phréatiques à faible profondeur, l'exécution de tranchées nécessite un rabattement ou un blindage particulier, ce qui entraîne également des surcoûts qui peuvent être importants. Là aussi, le recours à des technologies nouvelles qui suppriment l'exécution de tranchées ou qui en réduisent fortement les profondeurs (par exemple les techniques d'assainissement sous vide) a un impact très important sur le rendement économique global des projets concernés.

De même, l'absence de tranchées profondes dans le cas des techniques de réhabilitation permet d'assurer une sécurité maximale de ces chantiers, tant pour les passants que pour les ouvriers.

Un nouveau problème se pose dans la réalisation des chantiers «classiques» d'égouttage: les intempéries exceptionnelles. La fréquence de ces intempéries exceptionnelles apparaît actuellement plus élevée, causant des inondations parfois graves. Ces phénomènes climatiques affectent bien entendu de manière préférentielle les chantiers de fond de vallée et de zones basses, à savoir les chantiers d'égouttage et de collecteurs. Cette multiplication d'intempéries exceptionnelles, qui plaide par ailleurs pour la déconnexion des réseaux *Evacuation des eaux usées* et *Eaux pluviales*, ne constitue pas seulement un préjudice imprévisible pour les gestionnaires de chantier, mais la mise en chômage «longue durée» de sections de réseau d'égouttage, inévitable pendant la phase de chantier, est susceptible d'accentuer les dégâts pour les riverains.

### **2.3 Meilleure épuration des eaux**

La nécessité d'épurer les eaux est devenue une évidence depuis longtemps: des technologies d'épuration biologique intensive ont vu le jour dès la fin du dix-neuvième siècle et leurs performances ont sans cesse été améliorées jusqu'à nos jours. Des stations d'épuration ont été construites en aval des réseaux de collecte et des investissements considérables ont ainsi été consentis afin, in fine, de garantir la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines.

L'efficacité des dispositifs de traitement des eaux usées est liée à la charge polluante. La dilution des eaux usées par les eaux de pluie a par conséquent un effet défavorable sur l'épuration. En vue d'améliorer l'efficacité du traitement des eaux usées, en particulier dans un contexte d'intempéries exceptionnelles de plus en plus fréquentes, les politiques régionales privilégient les solutions qui ne surdimensionnent pas inutilement les installations d'épuration.

Dans les principes généraux devant présider à la réalisation des travaux d'égouttage, afin d'assurer un assainissement efficace des eaux collectées, les raccordements d'eaux claires parasites sont interdits et les infiltrations doivent être supprimées, tant dans le cadre de la pose des nouveaux égouts que dans celui de la réhabilitation d'égouts existants. Cette approche est parfaitement compréhensible lorsqu'on sait la part importante de l'épuration dans le prix-vérité de l'eau. Dans ce contexte, les notions d'étanchéité mais aussi et surtout d'infiltration prennent une ampleur sans précédent puisqu'il faut absolument éviter, pour des raisons évidentes d'efficacité des stations d'épuration, que les charges polluantes présentes dans les eaux usées ne soient diluées par des eaux provenant d'infiltration. A cet effet, les techniques de réhabilitation offrent des possibilités efficaces pour accroître l'étanchéité et supprimer les infiltrations dans des sections de canalisations anciennes, à des coûts limités.

### **2.4 La rénovation des réseaux d'égouttage comme moteur de création d'emplois**

Les programmes d'investissement régionaux représentent l'emploi de plusieurs centaines de travailleurs dans le domaine de la construction et de la réhabilitation de réseaux d'égouttage. En effet, les budgets d'investissements publics annoncés en épuration des eaux usées rendent nécessaires la création de très nombreux emplois nouveaux, de manière progressive, pour l'exécution des multiples chantiers d'assainissement (principalement égouts et collecteurs) par les entreprises belges.

De plus, l'utilisation de nouvelles techniques à plus haute valeur ajoutée mènera inévitablement à l'emploi de personnel spécialisé hautement qualifié.

Le tableau 1 à la p. 8 synthétise les avantages généraux des techniques de réhabilitation par rapport au remplacement de canalisations par des techniques conventionnelles de pose.

## Réhabilitation «sans tranchée» des réseaux d'égouttage

### Comment sauvegarder durablement un patrimoine invisible et parfois oublié

	Remplacement de la conduite existante AVEC tranchée	Remplacement de la conduite existante SANS tranchée
<b>Etude</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Examen des lieux.</li> <li>- Etude de réparation de la voirie: impératif pour la réalisation.</li> <li>- Etablissement du cahier spécial des charges, des plans terriers, profils en long, ouvrages d'art éventuels, etc.</li> <li>- Métré détaillé.</li> <li>- Etat des lieux obligatoire en agglomération pour la stabilité des bâtiments.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Curage de la conduite.</li> <li>- Examen endoscopique avec relevé très précis des défauts.</li> <li>- Choix du système de réhabilitation, établissement du cahier spécial des charges avec description de la technique à utiliser. Un plan terrier suffisant.</li> <li>- Métré simplifié.</li> <li>- Etat des lieux pas nécessaire vu que la stabilité de la voirie et des bâtiments n'est pas affectée.</li> </ul>
<b>Durée</b>	100 %	< 10 %
<b>Impétrants</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plans obligatoires; fouilles, sondages.</li> <li>- Risque d'endommager les canalisations ou câbles d'impétrants lors de l'ouverture des tranchées.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plans pas nécessaires; pas de fouilles ni sondage.</li> <li>- Aucun risque pour les impétrants en place.</li> </ul>
<b>Installation du chantier</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fixe et coûteuse. Influence le coût des travaux (en absolu).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minimale, peu d'influence sur le prix global des travaux (en absolu).</li> </ul>
<b>Sécurité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tranchée ouverte pendant toute la durée de la pose des canalisations: mesures de sécurité et d'accès chantier pour éviter tout risque pour les passants.</li> <li>- Blindage obligatoire pour la sécurité des ouvriers.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de tranchée, chantier totalement fermé chaque jour: sécurité maximale pour les passants (accès à la canalisation par chambres de visites).</li> </ul>
<b>Travaux annexes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le remplacement d'une conduite amène souvent la réparation totale de la voirie et des trottoirs. En cas de réparation partielle, création d'une faiblesse dans la résistance de la voirie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas d'intervention sur la voirie.</li> </ul>
<b>Fonctions de la canalisation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maintien du fonctionnement continu de la canalisation pas simple à réaliser.</li> <li>- Raccordements souvent inutilisables pendant un délai important.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Canalisation hors service pendant un laps de temps très court.</li> </ul>
<b>Nuisances (bruit, propreté, etc.)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vibrations et bruits.</li> <li>- Difficulté de garder le chantier propre surtout en cas de pluie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de vibrations, bruits ponctuels éventuellement aux chambres de visite de départ.</li> <li>- Pas de manipulation de terres ou autres produits pouvant amener des souillures.</li> </ul>
<b>Mobilité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Routes barrées, détournements, tranchée grande profondeur: accès rendu difficile pour les commerces et les riverains, voire pour les rues voisines.</li> <li>- Passage de charroi important.</li> <li>- Vie du quartier très perturbée, durée importante du chantier, diminution (parfois importante) de l'activité des commerces.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Occupation de terrain faible, surface de chantier minimale, pas de fouille (accès à la canalisation par chambre de visite), pas/peu de perte de mobilité.</li> <li>- Charroi réduit.</li> <li>- Peu de désagrément, courte durée.</li> </ul>
<b>Signalisation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Importante: souvent route barrée, détournements, ou feux alternatifs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Surface de chantier faible laissant passer la circulation (sauf cas exceptionnels)</li> </ul>
<b>Coûts directs chantier</b>	100 %	De 25 à 50 % selon les techniques de réhabilitation utilisées.

Tableau 1

Comparatif entre remplacement par techniques classiques et réhabilitation

### ► 3. Les techniques

Le recours à la réhabilitation des conduites enterrées peut répondre à l'un des trois objectifs suivants de performance structurale, environnementale ou hydraulique, sans oublier l'effet anticorrosion et/ou anti-abrasion. En effet, les différentes techniques de réparation et/ou rénovation (réhabilitation) des égouts décrites ci-après peuvent entraîner des améliorations sur un ou plusieurs de ces aspects, selon le cas.

#### La réhabilitation structurale

La réhabilitation structurale est à considérer pour accroître la résistance mécanique des conduites lorsque celle-ci est jugée insuffisante pour reprendre les contraintes statiques et/ou dynamiques qui s'appliquent sur les canalisations par le sol, le compactage de l'enrobage et du remblai, l'écoulement hydraulique interne, la nappe phréatique éventuelle, les charges roulantes de surface, le poids propre du tuyau, etc. Dans ce cas, l'objectif de la réhabilitation structurale est de rétablir les caractéristiques mécaniques de la canalisation pour qu'elles soient compatibles avec les niveaux de sollicitations externes et internes dont fait l'objet la conduite en question. En plus des changements dans les conditions des charges, les dégradations des conduites elles-mêmes peuvent être induites aussi par des conditions d'instabilité du sol environnant et par des phénomènes de corrosion ou d'abrasion des parois – en particulier au niveau des «cunettes» - par les effluents transportés. Dans ce dernier cas, la réhabilitation structurale revêt un caractère de consolidation mécanique de l'état des conduites.

Plus précisément, on distingue la réhabilitation **semi-structurale** de la réhabilitation **structurale**.

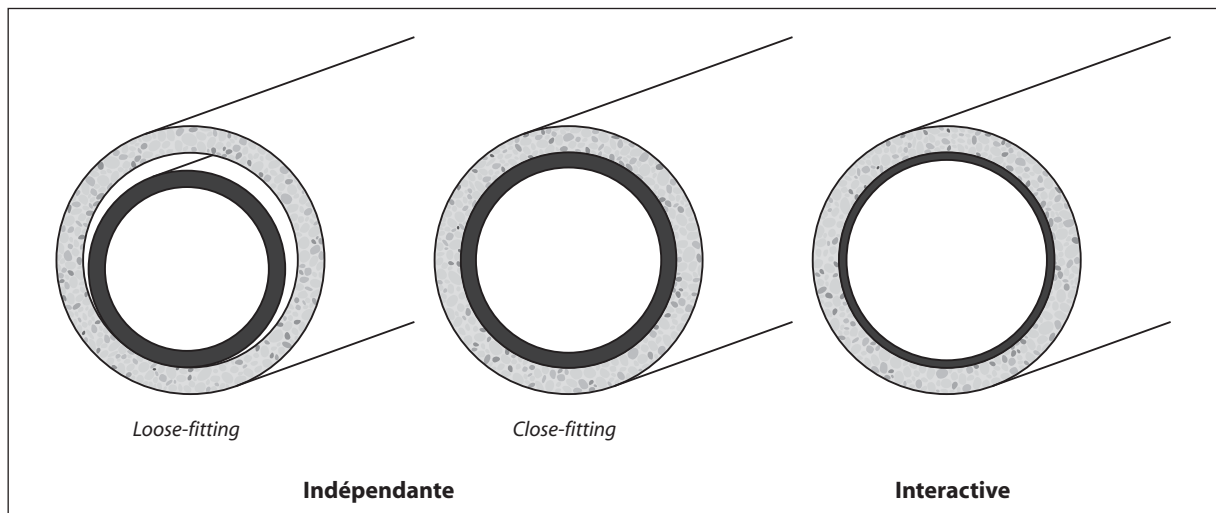
Dans le premier cas, il s'agit d'une intervention qui est utilisée pour fournir une résistance mécanique additionnelle à la conduite existante, en plus des autres effets éventuels tels que la protection de la surface interne d'écoulement contre la corrosion. Il s'agit de techniques qui s'adressent aux conduites en conditions dites «partiellement détériorées», qui continuent à prendre en charge adéquatement les pressions internes (charges du sol et surcharges) tout en ayant des dégradations plus ou moins importantes (fissures, corrosion, abrasion, etc.).

Dans le second cas, la réhabilitation consiste en la mise en place d'une nouvelle conduite (par remplacement ou non) qui se tient mécaniquement par elle-même, c'est-à-dire qu'elle travaille indépendamment de la conduite hôte, que celle-ci ait été enlevée ou non. Elle s'applique aux conditions dites «entièrement détériorées» qui correspondent aux conduites existantes pour lesquelles il y a lieu de prévoir l'adjonction de nouvelles conduites pour supporter la totalité des charges internes et externes.

Dans le cas de rénovation (continue) structurale, le chemisage ou le tubage est qualifié selon la terminologie des normes européennes soit d'**interactif** soit d'**indépendant** pour traduire les modalités dans lesquelles s'effectue la liaison (rigide ou souple) entre la conduite hôte et le nouveau tuyau.

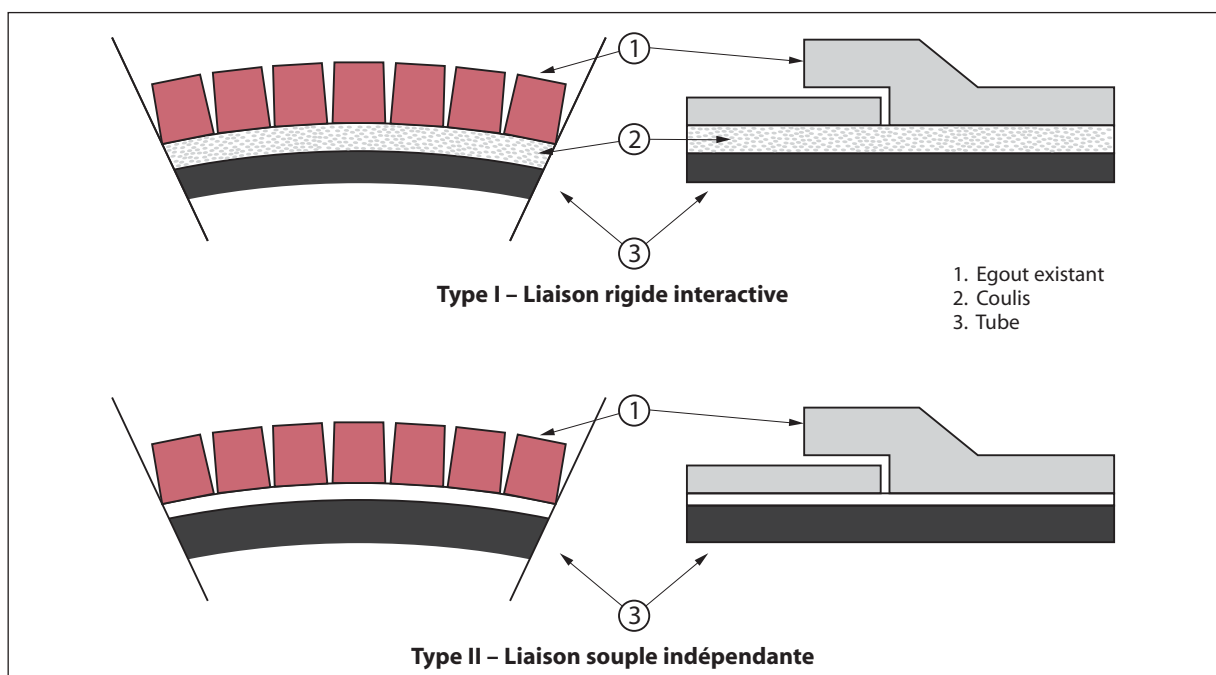
## Réhabilitation «sans tranchée» des réseaux d'égouttage

### Comment sauvegarder durablement un patrimoine invisible et parfois oublié



Cette terminologie présente une similitude avec le concept développé par le *Water Research Centre* (WRC, 1994) dans la réhabilitation des égouts en distinguant la conception structurale d'un chemisage ou d'un tubage en deux types:

- le **Type I** dans lequel la liaison avec la conduite est suffisamment rigide et forte pour transmettre les charges externes en tout ou en grande partie au nouveau gainage;
- le **Type II** dans lequel le chemisage travaille en tant qu'élément flexible sans liaison forte avec la conduite existante et supporte uniquement les charges hydrostatiques.



### La réhabilitation hydraulique

La réhabilitation hydraulique vise quant à elle la réduction – voire l'élimination – des pénétrations d'eau parasites par infiltration, mais aussi à la restauration de la capacité de débit des conduites qui peut avoir été diminuée – parfois fortement – par des obstructions, dépôts divers, ou par la dégradation de l'état de surface interne des conduites, qui induisent des pertes de charges pouvant être importantes.

En effet, les égouts sont souvent posés avec une pente très faible. C'est notamment le cas en plaine, dans les réseaux étendus ou lors du raccordement d'un nouveau quartier sur un collecteur existant. Cette configuration implique des contraintes de traction très faibles et des vitesses d'écoulement peu élevées dans les sections d'égouttage ne présentant pas de grandes hauteurs de remplissage. Pour réduire les dépôts, une ligne d'écoulement uniforme et rectiligne s'avère donc cruciale, de même qu'un système présentant des parois homogènes et lisses, qui conservent leur poli pendant de très longues années.

Par contre, dans les zones en forte déclivité, on opte souvent pour des égouts présentant une pente relativement importante, ce qui permet d'économiser sur l'aménagement de chambres de chute onéreuses. Grâce à l'amélioration de la résistance à l'abrasion des conduites, on peut autoriser des vitesses d'écoulement élevées dans les canalisations (de 10 à 15 m/s).

### La réhabilitation environnementale

Enfin, la réhabilitation environnementale est envisagée pour éliminer ou fortement réduire l'impact sur l'environnement suite aux exfiltrations des eaux usées véhiculées par les conduites et à la pollution induites par ces fuites d'effluents.

La réhabilitation de canalisations nécessite au préalable un examen de celles-ci par examen visuel ou endoscopique minutieux, précédé d'un curage hydromécanique.

Préalablement à l'exécution des travaux, et selon les impératifs techniques des procédés mis en œuvre, les effluents seront éventuellement détournés, pompés ou retenus de manière à assurer le maintien à sec des zones de travail ainsi que leur propreté pendant toute la durée des travaux. Il sera éventuellement nécessaire de procéder à une dérivation des écoulements provenant de branchements privés ou d'avaoires.

De même, il sera procédé à un curage des parties d'égout concernées, les raccordements pénétrants seront arasés, les saillies éventuelles inscrites dans le gabarit à traiter seront fraisées ou décapées et les retombées de débris évacuées.

Les **principales** techniques de réhabilitation sont reprises à la figure 1 (p. 12) et décrites succinctement dans la suite de ce dossier. Dans chaque cas, il y est précisé les références correspondantes des différents cahiers des charges types régionaux (Qualiroutes, SB 250 v2.2 et CCT 2011), où les spécifications techniques, les normes et autres conditions d'application dans le cadre des marchés publics sont exposées en détail.

# Réhabilitation «sans tranchée» des réseaux d'égouttage

## Comment sauvegarder durablement un patrimoine invisible et parfois oublié

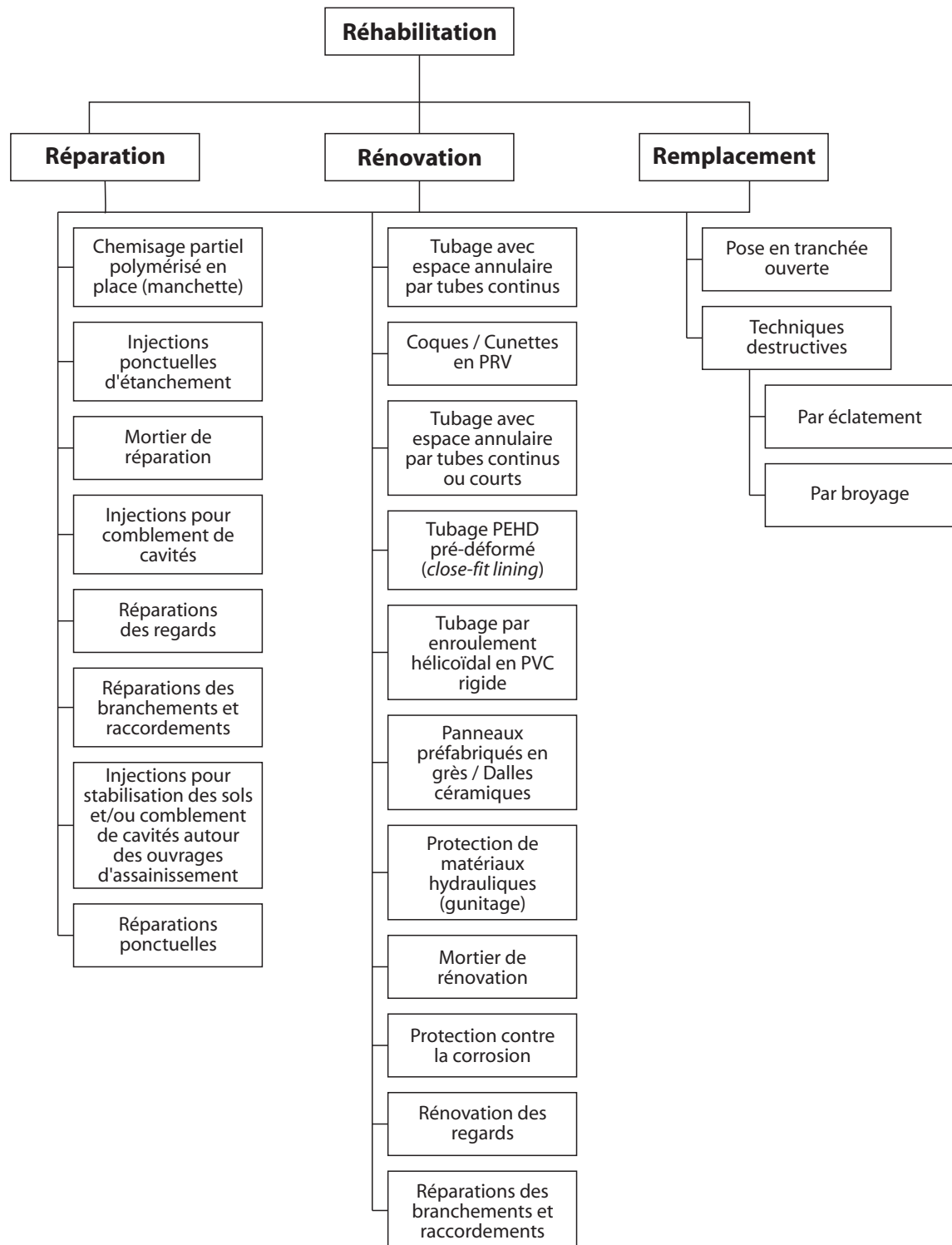


Figure 1  
Techniques de réhabilitation

### 3.1 Chemisage continu polymérisé en place

Qualiroutes	SB 250	CCT 2011
<b>I.8.4</b>	<b>7.12</b>	<b>G.8.2</b>

Le chemisage continu, (*re*)lining ou TDSP (tuyau durci sur site après placement) est un procédé qui porte principalement sur l'amélioration de la capacité portante de la conduite, l'augmentation significative du débit véhiculé et l'amélioration générale des conditions hydrauliques de l'écoulement. Il s'applique à la quasi-totalité des types de matériaux des conduites enterrées existantes, qui peuvent être gravitaires ou sous pression, visitables ou non, et circulaires (diamètre compris entre 100 et 2 000 mm) ou ovoïdes.

La technique consiste à insérer et à appliquer à l'intérieur d'une conduite existante une gaine souple ou une membrane flexible (*liner pipes*, TDSP, chemise ou chaussette) en matériau composite qui sera mise en contact avec la paroi interne de la conduite et rendue rigide par un processus physico-chimique de durcissement (polymérisation). La gaine est constituée d'un matériau absorbant (matrice fibreuse) imprégné de résine qui assure le collage sur les parois de la canalisation. En fait, la structure de la chemise peut comporter trois composants distincts:

- une **armature** constituée par des fibres de verre ou de polyester tissés ou non;
- un **liant** formé de résine liquide thermodurcissable ou photodurcissable (selon le procédé), soit de polyester ou vinylester, soit de résine époxyde;
- une **membrane intérieure ou extérieure** selon le cas à base de polychlorure de vynile (PVC), de polyéthylène basse ou moyenne densité (PEBD/PEMD) ou de polyuréthane (PU).

Selon la combinaison et l'épaisseur des différents matériaux composant la gaine, le chemisage peut être conçu avec un apport mécanique et produire une réhabilitation structurale, semi-structurale ou non structurale. Il apporte en outre à la conduite existante d'autres améliorations hydrauliques, d'étanchéité, anti-corrosives et anti-abrasives.

Elle est fabriquée dans une longueur bien spécifiée pour qu'elle couvre au moins entièrement la longueur de la canalisation à traiter et, dans un diamètre bien spécifié pour qu'elle prenne place étroitement contre la paroi de la canalisation existante lors de l'inversion.



Préalablement au chemisage d'un tronçon, on procède au repérage précis dans la canalisation existante de tous les raccordements sur cette dernière, qu'il faudra rétablir une fois le chemisage réalisé. La mise en place de la gaine se fait soit par simple traction, soit plus généralement par inversion et retournement par pression d'eau ou d'air. Une fois introduite dans la canalisation à rénover, un gonflage à l'eau ou à l'air sous pression assure le contact avec la paroi de la structure existante. Le durcissement de la chemise s'effectue par

## Réhabilitation «sans tranchée» des réseaux d'égouttage

### Comment sauvegarder durablement un patrimoine invisible et parfois oublié

polymérisation de la résine, par accroissement de température (à l'eau ou vapeur chaude) ou sous l'effet du rayonnement ultraviolet. Le processus de durcissement exige en général une durée suffisante (5 h en moyenne) dépendant de la longueur et du diamètre de la canalisation existante. La résine joue un rôle important en assurant l'intégrité structurale de la conduite hôte car elle représente l'agent de liaison entre celle-ci et la gaine. Signalons que dans la réhabilitation d'aqueducs, on utilise la résine d'époxy qui fournit une bonne adhésion à la paroi et qui, une fois polymérisée, a une réaction négligeable vis-à-vis de l'eau véhiculée dans les conduites.

Après la réouverture des raccordements, on procède si nécessaire au curage et à l'étanchéisation de ces derniers, sur une longueur minimum généralement de 10 à 15 cm au moyen de pièces spéciales (appelées **chapeaux**) compatibles avec la résine utilisée, ou par injection de résine ou de mortier.

Il existe principalement quatre types de chemisage commercialisés à l'heure actuelle.

#### Gaines à base de feutre

Ce type de gaine est constitué de feutre en polyester non tissé utilisé pour les réhabilitations semi-structurales ou structurales. La majorité des gaines en feutre utilisées est renforcée par des fibres augmentant leur intégrité structurale. La couche interne de la gaine est revêtue d'une couche de polymère élastomère qui crée une surface lisse de meilleur coefficient d'écoulement.

#### Tuyaux souples tissés

Ce type de gaine est fait de matière tissée de fibres de verre employée pour des réhabilitations semi-structurales ou structurales. Son application concerne surtout les conduites de refoulement avec une corrosion interne et de faibles fuites. En général, la gaine est mince. La réussite de la mise en œuvre dépend de la qualité de la liaison adhésive entre la gaine et la paroi de la conduite hôte.

#### Tubes à système de membrane

Ce type de tube se compose d'une membrane très mince et convient aux réparations non structurales des conduites d'égout. Il offre une protection contre la corrosion interne et peut recouvrir les petits trous et ouvertures d'assemblages communs dans les égouts encore sains sur le plan structurel.

#### Tubes multicouches de gaines feutrées et tissées

Ce type de tube possède une combinaison de trois couches: un feutre non tissé qui agit en tant que couche absorbante de résine pour sceller les fissures, une couche tissée de fibres de verre qui fournit la résistance mécanique de la chemise, et une couche interne de polymère d'élastomère. Ce type multicouche est utilisé exclusivement pour la réhabilitation structurale vu que les diverses couches fournissent une augmentation importante de la résistance de la structure.

Avantages	Contraintes
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mise en œuvre sans injection de coulis.</li> <li>- Gaine sans joints et à surface lisse.</li> <li>- Chemisage de sections circulaires ou ovoïdes, sur une large gamme de diamètres.</li> <li>- Accès possible par les regards existants ou excavations mineures et localisées.</li> <li>- Flexibilité et accommodation avec les courbures de tracé et irrégularités géométriques limitées.</li> <li>- Faible réduction de la section de la conduite existante et amélioration significative du débit véhiculé.</li> <li>- Amélioration de la capacité structurale, de l'étanchéité et de la résistance à la corrosion/abrasion.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspection visuelle ou endoscopique minutieuse et curage préalable.</li> <li>- Mise hors service temporaire du tronçon à réhabiliter.</li> <li>- Nécessité de calfeutrage du chemisage au droit des branchements latéraux contre les fuites.</li> <li>- Nécessité de suivi et contrôle de la mise en œuvre (fabrication, précautions de transport et stockage, qualité de la résine, conformité du produit).</li> <li>- Déflexion angulaire de la conduite existante ne devant pas excéder 8 à 10 %.</li> <li>- Recours à une société spécialisée avec personnel très expérimenté.</li> </ul>

*Avantages et contraintes de la technique de chemisage continu polymérisé en place*

### **3.2 Chemisage partiel polymérisé en place (manchette)**

Qualiroutes	SB 250	CCT 2011
<b>I.8.5</b>	<b>7.23</b>	<b>G.8.3</b>

La réhabilitation du réseau de canalisation par manchette est une technique de réparation ayant pour but la reprise des défauts locaux des canalisations, tels que les fissures localisées ou les joints défectueux (non étanches) occasionnant des risques de fuites ou d'infiltrations, voire des pénétrations de racines. Elle corrige donc localement les faiblesses de structure et d'étanchéité des canalisations.

Cette variante du chemisage continu est à considérer lorsque la rénovation intégrale d'un tronçon du réseau ne s'impose pas, pour des longueurs d'intervention variant entre 700 et 4 000 mm. Ce procédé représente une solution plutôt polyvalente répondant à pas mal des dysfonctionnements localisés et s'applique pour des diamètres intérieurs compris entre 150 et 1 500 mm. De plus, les différents types d'égouts et de conduites (ronds, ovoïdes, maçonnés) se prêtent au traitement.

Une manchette (chemise courte) est constituée d'un support tissu en fibre de verre. Le support est imprégné de résine polyester puis placé sur le manchon gonflable, dont la longueur est fonction de celle de la manchette à placer. L'ensemble est ensuite introduit dans la conduite via un regard de visite et poussé au droit du défaut. Pour assurer le contact avec la canalisation existante, il est gonflé d'air ou d'eau de manière à le plaquer contre la paroi et épouser ainsi la forme de la canalisation hôte à rénover. Il est laissé en place le temps suffisant pour permettre à la manchette d'adhérer à la paroi. L'utilisation d'un manchon creux permet cependant de maintenir partiellement en service le tronçon durant les opérations. Une fois en place, le durcissement de la manchette s'effectue en quelques heures par polymérisation par chauffage de la résine pour obtenir une parfaite solidité. Les raccordements éventuels sont généralement

## Réhabilitation «sans tranchée» des réseaux d'égouttage

### Comment sauvegarder durablement un patrimoine invisible et parfois oublié

rétablis depuis l'intérieur, manuellement dans les canalisations visitables ou au moyen de robots dans les canalisations non visitables. Leur étanchéisation s'effectue comme dans le cas du chemisage continu exposé au paragraphe précédent.

Avantages	Contraintes
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mise en œuvre sans injection de coulis.</li> <li>- Durée d'intervention limitée et possibilité de maintien en service partiel du tronçon.</li> <li>- Réparation de sections circulaires ou ovoïdes, sur une large gamme de diamètres.</li> <li>- Intervention par les regards existants sans excavation.</li> <li>- Flexibilité avec les courbures de tracé et irrégularités géométriques limitées.</li> <li>- Faible réduction de la section de la conduite existante.</li> <li>- Amélioration locale de la capacité structurale et de l'étanchéité.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspection visuelle ou endoscopique et curage préalable.</li> <li>- Nécessité de calfeutrage du chemisage au droit des branchements latéraux contre les fuites.</li> <li>- Nécessité de suivi et contrôle de la mise en œuvre (fabrication, précautions de transport et stockage, qualité de la résine, conformité du produit).</li> <li>- Déflexion angulaire de la conduite existante ne devant pas excéder 8 à 10 %.</li> <li>- Recours à une société spécialisée avec personnel expérimenté.</li> </ul>

*Avantages et contraintes de la technique de chemisage partiel polymérisé en place (manchette)*

### 3.3 Tubage avec espace annulaire au moyen de tuyaux continus ou courts

Qualiroutes	SB 250	CCT 2011
<b>I.8.8</b>	<b>7.13 - 7.15 - 7.22</b>	<b>G.8.5</b>



De manière générale, le **tubage** (*tubing*) consiste à introduire dans une conduite existante un nouveau tuyau ou une gaine flexible de diamètre inférieur, composé d'éléments continus ou discontinus préfabriqués en usine ou in situ. Dans la plupart des cas, l'espace annulaire entre la canalisation traitée et le nouveau tuyau est rempli d'un coulis d'injection.

Le tubage est utilisé pour les réhabilitations strictement structurales ou semi-structurales et permet l'amélioration simultanée des caractéristiques hydrauliques des conduites. Ce procédé crée une nouvelle conduite sans qu'il soit nécessaire de procéder à une excavation complète, mais le nouveau tuyau est généralement plus petit de quelques pour cent par rapport au diamètre intérieur de la conduite hôte. Le tubage avec espace annulaire engendre donc une réduction substantielle de la section des conduites réhabilitées. Cependant, cela ne se traduit pas nécessairement par une réduction de la capacité du débit d'écoulement, du fait des caractéristiques hydrauliques généralement bien meilleures de la surface interne du tube inséré. De plus, le tubage permet de supprimer les anomalies géométriques et dégradations au niveau de la surface de la conduite existante.

Parmi les différents procédés, on peut considérer le **tubage**:

- **par traction ou fonçage** d'éléments longs préfabriqués en usine ou sur site, ou segmenté composé d'éléments courts de tuyaux à assemblage étanche;
- **par assemblage de coques préfabriquées** (cf. § 3.4);
- **par l'insertion d'un tuyau fabriqué sur place** par enroulement hélicoïdal d'un profil spécial (bande nervurée) en matière plastique, assemblé par clipsage, avec étanchéité des joints en caoutchouc (cf. § 3.5);
- **par insertion d'un tuyau thermoplastique prédéformé** de grande longueur ou *close-fit lining* (cf. § 3.6);
- **après destruction** de la canalisation existante (*pipe bursting*) à l'aide d'un éclateur à tête vibrante derrière lequel on pousse de nouveaux tuyaux.

Pour le tubage des conduites d'égouts, on utilise des tuyaux de nature très diverse. Il s'agit le plus souvent de PVC, de polyéthylène à haute densité (PEHD), de polyéthylène (PE), de polyester renforcé de fibres de verre (PRV), mais aussi dans certains cas en béton armé, grès et fonte.

Certaines dispositions particulières doivent être prises en compte dans le cas du tubage avec espace annulaire au moyen de tuyaux continus ou courts dont la mise hors service du tronçon à réhabiliter durant toute l'exécution du chantier, l'ouverture simultanée de deux regards visitables (diamètre minimum de 800 mm) pour le tubage segmenté et l'emploi de l'enrouleur hélicoïdal, le creusement des fouilles pour les fosses de travail dans le cas de tubage continu et le recours aux puits d'accès au droit des défauts importants des conduites.

Cette technique de tubage est surtout adaptée pour les tronçons à alignement relativement bien droit.

### 3.4 Coques et cunettes polyester armé de fibres de verre

Qualiroutes	SB 250	CCT 2011
<b>I.8.6</b>	<b>7.16 - 7.17 (- 7.18)</b>	<b>G.8.4</b>

Il s'agit d'un cas particulier de rénovation par tubage qui repose sur l'introduction d'éléments autoportants en polyester armé de fibres de verre, préfabriqués en usine suivant les dimensions et la forme – ronde, ovoïde ou autre – de l'égout existant.

Les coques/cunettes sont introduites une à une à partir du puits de travail. Elles sont munies d'emboîtements mâle/femelle ou tenon-mortaise dans le cas de coques. L'emboîtement est pourvu d'un système assurant l'étanchéité, composé d'un caoutchouc mou avec structure cellulaire ouverte, de mortier polyuréthane, de résines synthétiques époxy ou de laminage PRV ou de joints précollés sur le bout mâle de la coque, à l'aide d'une masse de colmatage époxy.

Outre l'emboîtement, les cunettes sont fixées à la paroi du tuyau à rénover au moyen d'ancrages. Ceux-ci sont composés de chevilles en acier inoxydable aux dimensions appropriées, scellées mécaniquement ou chimiquement à l'aide de résine époxydique.

## Réhabilitation «sans tranchée» des réseaux d'égouttage

### Comment sauvegarder durablement un patrimoine invisible et parfois oublié

A partir des regards de visite, l'ouverture entre les éléments de coques/cunettes et la conduite à rénover est comblée par injection de mortier de remplissage (coulis de ciment) ou par gunitage. Ensuite, tout l'espace annulaire compris entre la canalisation existante et l'ouvrage neuf est rempli au moyen d'un coulis pompable, de grande fluidité, de manière gravitaire ou sous très légère pression de manière à éviter tout mouvement ou déformation des coques ou cunettes. L'espace est rempli.

La technique s'applique pour des canalisations gravitaires et visitables.

Certaines dispositions particulières doivent être prises en compte dont la mise hors service du tronçon à réhabiliter durant toute l'exécution du chantier, le creusement des fouilles pour les puits de travail pour l'introduction des éléments. Les avantages de la préfabrication et vu que les éléments de coques ou cunettes peuvent être fabriqués quasi «sur mesure», cette technique de tubage est également adaptée pour la réhabilitation de tronçons présentant des défauts géométriques et des déviations angulaires relativement importantes.

Par contre, le stockage des divers éléments peut nécessiter une importante surface et donc augmenter l'emprise du chantier en surface.

#### 3.5 Tubage par enroulement hélicoïdal en PVC rigide

Qualiroutes	SB 250	CCT 2011
<b>I.8.7</b>	<b>7.14</b>	<b>G.8.6</b>

Cette technique très particulière de tubage consiste à introduire un tuyau fabriqué mécaniquement sur site par l'enroulement hélicoïdal d'un profilé spécial en PVC assemblé par clipsage dans la canalisation à rénover, à partir d'un regard de visite. Le tubage crée nouvelle conduite à l'intérieur de l'ancienne sans qu'il soit nécessaire de procéder à une excavation complète.

Le nouveau tuyau est généralement plus petit de 5 à 10 % par rapport au diamètre intérieur de la conduite hôte. L'espace entre la canalisation existante et le nouveau tuyau est rempli par injection d'un coulis de ciment. Il existe toutefois une variante qui permet d'atteindre un diamètre plus adapté à celui de la structure existante (*close-fit lining*). Dans ce cas, le profilé en PVC est pressé contre la paroi du tuyau existant durant la phase de fabrication du nouveau tuyau par enroulement.

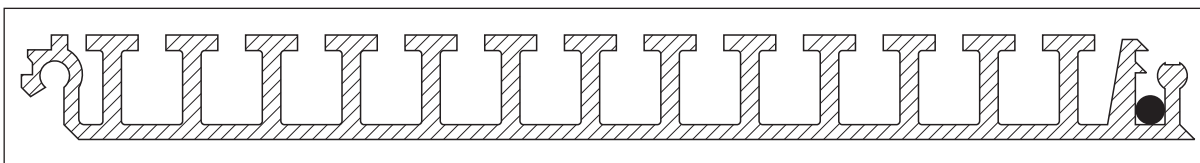


Figure 2  
Exemple de section transversale d'un profil PVC pour enroulement hélicoïdal



Cette technique est applicable dans le cas de rénovation de conduites rectilignes et ne présentant pas de déviations angulaires importantes ( $> 2^\circ$ ) ou de déboîtements axiaux  $> 10\%$  du diamètre des tuyaux en place.

Plusieurs types de profilés sont disponibles qui permettent de couvrir la plupart des diamètres des canalisations à réhabiliter (de 200 à 2 500 mm).

Certaines dispositions particulières doivent être prises en compte durant la mise en œuvre dont la mise hors service du tronçon à réhabiliter durant toute l'exécution du chantier, l'ouverture simultanée de deux regards visitables (diamètre minimum de 800 mm) et le recours aux puits d'accès au droit des défauts importants des conduites. Cette technique de tubage est surtout adaptée pour les tronçons à alignement relativement bien droit.

### 3.6 Tubage sans espace annulaire au moyen de tubes prédéformés (*close-fit lining*)

Qualiroutes	SB 250	CCT 2011
<b>I.8.15</b>	<b>7.25</b>	<b>G.8.14</b>

Cette technique particulière de tubage consiste en l'insertion d'un tuyau thermoplastique prédéformé temporairement en usine ou sur site pour réduire sa section de 5 à 30 % selon les techniques, par rapport à son diamètre d'origine. Cette réduction crée un espace suffisant pour faciliter l'introduction du tube dans la conduite par traction dans la canalisation existante. Cependant, le diamètre extérieur du tube réduit devrait être égal ou légèrement supérieur au diamètre intérieur de la canalisation existante pour assurer une liaison effective sans espace annulaire avec la conduite hôte après reprise des dimensions initiales du tuyau. La remise au diamètre initial du tube se fait dans la plupart des cas de manière forcée par mise en pression ou par chauffage.

Le tubage à tuyaux prédéformés peut fournir à la conduite enterrée existante une augmentation de la résistance mécanique (réhabilitation structurale ou semi-structurale), de la résistance à la corrosion, à l'abrasion et aux attaques chimiques, une amélioration de l'étanchéité et des conditions hydrauliques. En effet, le tubage ajusté sans espace annulaire engendre une certaine réduction de la section utile de la conduite mais celle-ci est fortement limitée et la capacité hydraulique de la canalisation est généralement fortement améliorée par la diminution du coefficient de rugosité, une meilleure continuité de la nouvelle conduite due à l'absence de joints intermédiaires et l'atténuation des anomalies géométriques.

## Réhabilitation «sans tranchée» des réseaux d'égouttage

### Comment sauvegarder durablement un patrimoine invisible et parfois oublié

Cette technique s'applique pour la réhabilitation de tous les types de conduites d'égouts et d'eau potable sans égard à la nature de leur matériau. La gamme des diamètres concernés est généralement comprise entre 100 et 600 mm, avec la possibilité de tubage de diamètre pouvant atteindre 900 à 1 000 mm. Des contraintes similaires à celles liées au tubage avec espace annulaire se présentent également pour le tubage sans espace annulaire, à savoir l'interruption du service du tronçon à réhabiliter, la mise en place d'infrastructures temporaires pour dévier les effluents durant le chantier. La mise en œuvre de ce type de tubage est réservé aux tronçons à alignement relativement bien droit.

Les deux variantes suivantes sont à considérer.

#### Prédéformation par pliage en usine

Le tube PEHD circulaire extrudé est plié à chaud en forme de *U* ou *C* dans le sens longitudinal. Après refroidissement, le tube plié est enroulé sur un touret et transporté sur chantier. La diminution de section induite par le pliage atteint 30 %.

Le tube inséré dans la conduite est ensuite réchauffé à l'aide de vapeur, de manière à réactiver l'effet «mémoire» du tube qui tend à reprendre sa forme circulaire initiale. L'accroissement de pression interne pendant la phase de refroidissement du tube entraîne un plaquage complet du tube contre les parois de l'ancienne conduite (*close-fit*). Le procédé peut comporter le passage d'un tube pneumatique (*torpille*) en vue d'assurer l'application du tuyau sur la conduite existante.

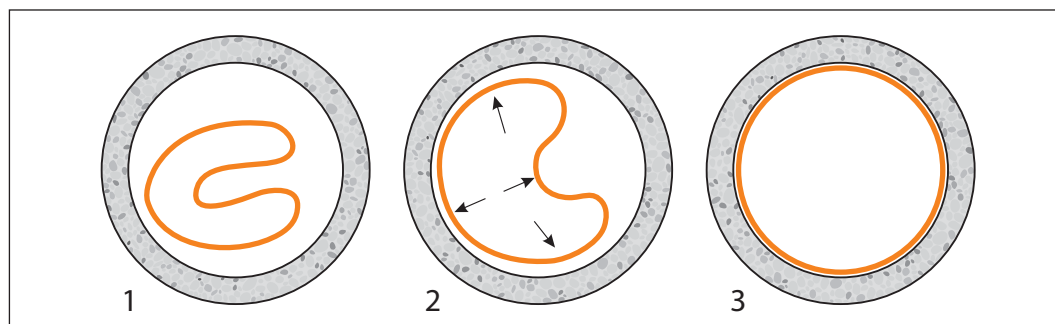


Figure 3  
Effet mémoire des tubes PEHD prédéformés par pliage

Après refroidissement, le tuyau est scellé aux extrémités de la conduite et les branchements latéraux sont percés.

#### Prédéformation par étirement longitudinal ou compression radiale sur site

La technique consiste à introduire, par traction, un tuyau en PE de diamètre équivalent à celui de la conduite existante. Le diamètre du tuyau en PE est réduit sur chantier de 5 à 15 % du diamètre d'origine, par étirement longitudinal ou par compression radiale, afin d'être plus aisément tiré dans la conduite à rénover. Cette déformation peut se faire à froid pour les faibles diamètres

(< 300 mm) par passage du tuyau en filière conique sans chauffe, et à chaud pour les diamètres supérieurs par passage en filière conique avec chauffe superficielle de l'extrados du tube à environ 80 °C.

Une fois installé, le tuyau est soumis à une pression d'eau qui lui rend sa forme initiale et lui assure un contact parfait avec les parois de l'ancienne conduite.

### 3.7 Panneaux préfabriqués en grès (dalles céramiques)

Qualiroutes	SB 250	CCT 2011
<b>I.8.9</b>	<b>7.21</b>	<b>G.8.7</b>

Cette technique permet d'effectuer une rénovation complète ou une réparation partielle d'une section de canalisation par mise en place d'éléments préfabriqués en grès. Les panneaux sont composés de dalles céramiques préassemblées en usine au moyen de résine d'époxy (joints primaires). Le système s'applique aussi pour la rénovation des cunettes, des regards de visite, de bassins, etc.

En cours de fabrication, les dimensions et la forme de ces éléments sont adaptées à la géométrie des sections à rénover. Il peut s'agir, par exemple, de tuyaux ronds, d'ovoïdes, des voûtes surbaissées, ogivales ou de toute autre forme de canalisation ou ouvrage accessible et visitable.

Tout le périmètre intérieur, ou une partie de celui-ci (p.ex. le radier dans le cas de rénovation de cunettes), peut être revêtu de tels éléments céramiques. Sur chantier, les joints entre les plaques sont remplis d'une résine d'époxy similaire (joint secondaire).

La technique exige, avant exécution, que les surfaces à traiter soient nettoyées ou curées. La préparation de la surface à traiter s'effectue par des moyens techniques appropriés (p. ex. hydrodécapage, hydrosablage, sablage, bouchardage, etc.) de manière à éliminer du support toute partie friable ou toute saleté ou matière (graisse, biofilm, etc.) susceptible de nuire à la bonne adhérence du mortier de collage. La préparation de la surface permettra également l'élimination du glaucis de surface ou de la laitance éventuellement présents. De même, les

arrivées d'eau sont étanchées, les fissures de surface et les trous importants dans la paroi sont colmatés. Les raccords trop pénétrants ou endommagés sont décapés, fraisés ou réparés, et les racines pénétrantes sont coupées. Si nécessaire, la paroi est reprofilée.

Les plaques céramiques préassemblées en usine sont introduites via un puits de travail ou par un regard de visite. Les plaques sont appliquées sur la paroi à traiter avec frottement sur le mortier de pose, «frais sur frais» (méthode *buttering-floating*).



## Réhabilitation «sans tranchée» des réseaux d'égouttage

### Comment sauvegarder durablement un patrimoine invisible et parfois oublié

L'espace éventuel entre la canalisation existante et le nouvel ouvrage est rempli, si nécessaire, par un coulis de ciment ou du béton pompable, introduit généralement par voie gravitaire ou sous une très légère pression de manière à éviter tout mouvement des plaques assemblées lors de l'injection. Dans le cas d'une rénovation structurante, l'espace est garni d'armatures comme pour un gunitage classique.

La technique nécessite la mise hors service de l'ouvrage.

#### 3.8 Rénovation de canalisations par projection de matériaux hydrauliques (gunitage)

Qualiroutes	SB 250	CCT 2011
<b>I.8.10</b>	<b>7.10 - 7.11</b>	<b>G.8.8</b>

La technique «classique» du gunitage (projection de béton) est parfaitement adaptée à la rénovation et à la consolidation du réseau d'égouts et collecteurs des grandes agglomérations urbaines, parce qu'on peut bien souvent y travailler in situ. De plus, les égouts urbains ont été construits bien souvent en maçonnerie il y a environ un siècle et si les briques se comportent encore généralement bien, le mortier des joints par contre a tendance à se dégrader sous l'effet des émanations et des divers produits chimiques véhiculés dans les eaux usées. Le système s'applique aussi pour la rénovation d'autres ouvrages tels que des puits, des bassins, etc., en béton ou en maçonnerie.

Des affaissements de voirie peuvent se produire résultant de l'effondrement de sections d'égouts. La mise en œuvre d'un voile en béton armé projeté a pour effet de transformer un égout défaillant en maçonnerie en un égout en béton armé.

Le béton gunité est un mélange de liants, de granulats, d'eau et éventuellement d'additifs, d'adjuvants et de fibres, transporté dans une conduite résistant à la pression et projeté sur le support par une lance; la force de projection assure le compactage. La composition du béton armé projeté est adaptée à cet usage (ciment à haute résistance chimique) et lui permet ainsi d'être insensible aux effets du milieu ambiant.

De manière générale, on distingue le **gunitage**:

- **par voie sèche**: technique par laquelle les composants solides sont au préalable mélangés, puis transportés secs par air comprimé jusqu'à la lance, où de l'eau est ajoutée au mélange, qui est projeté de manière continue sur le support. Les composants solides peuvent être préalablement humidifiés;
- **par voie mouillée**: technique par laquelle le mélange homogène des composants solides, de l'eau et des adjuvants éventuels est pompé jusqu'à la lance et projeté par air comprimé de manière continue sur le support.

Vu le caractère généralement confiné de l'espace de travail, le gunitage est effectué par voie mouillée.

### 3.9 Réparation ou rénovation au moyen d'un mortier

Qualiroutes	SB 250	CCT 2011
<b>I.8.11</b> <b>I.8.17</b> <b>(Regards)</b>	<b>7.10 - 7.11</b>	<b>G.8.9</b>

Il s'agit d'une technique de réparation ou rénovation au moyen d'un mortier appliqué par projection ou à la main, sur du béton, des briques ou une surface métallique. Le système s'applique aussi pour la rénovation d'autres ouvrages tels que des pertuis, des regards de visite, des bassins, etc.

Le mortier utilisé est à base de ciment auquel sont ajoutés soit des polymères, soit d'autres produits tels que adjuvants, fibres, etc., soit les deux de manière à en améliorer les caractéristiques.

Le produit peut se présenter sous deux formes différentes:

- **deux composants**: un liquide (polymère) et un solide (ciment et sable);
- **un composant** solide à mélanger à de l'eau.

En rénovation, on distingue les opérations de ragréage et de surfaçage. L'épaisseur d'une couche de surfaçage peut varier de 2 à 8 mm.

La surface à traiter est préalablement humidifiée jusqu'à saturation et le mortier de réparation est appliqué par couches comprises entre 5 et 40 mm. Dans le cas où des nouvelles armatures sont placées, le mortier est ajouté en deux couches jusqu'à l'obtention d'une épaisseur totale de 40 mm.

On distingue plusieurs variantes en ce qui concerne l'application proprement dite:

- **application manuelle**: dans ce cas, pour atteindre l'épaisseur minimale, les couches seront appliquées «frais sur frais». Ce mode d'application est généralement limité aux petites surfaces;
- **projection «à la tyrolienne» pneumatique**;
- **projection «pompe voie mouillée»** (cf. § 3.8);
- **projection centrifugée de mortier**: le mortier est pompé dans un flexible jusqu'à une tête tournante à palettes qui, par centrifugation, projette le mortier contre la paroi; ceci permet d'obtenir une grande compacité de l'enduit. Cette technique peut être employée en ouvrage vertical (regard de visite), qui constitue son domaine d'application privilégié, ou en canalisation.

## Réhabilitation «sans tranchée» des réseaux d'égouttage

### Comment sauvegarder durablement un patrimoine invisible et parfois oublié

#### 3.10 Injections ponctuelles d'étanchement

Qualiroutes	SB 250	CCT 2011
<b>I.8.12</b>	<b>7.20 - 7.24</b>	<b>G.8.10</b>

L'étanchement par injection de résines traite localement la défaillance des joints et des fissures circulaires dans tout type d'ouvrage lié à l'égouttage, y compris les regards de visite. La réparation n'est pas structurante, mais elle permet de reconstituer l'étanchéité du réseau.

Deux résines sont fréquemment utilisées: une résine acrylique à deux composants (avec catalyseur) et une résine polyuréthane aquaréactive monocomposant.

Afin de garantir une bonne adhérence du produit d'injection sur les parois de la fissure, un nettoyage préalable des surfaces à traiter est effectué avant l'intervention et, si nécessaire, les effluents sont dérivés par pompage.

Dans le cas de conduites non visitables, l'injection s'effectue à l'aide d'un manchon spécial, de la manière suivante:

- le **positionnement**: un manchon d'injection est introduit dans la canalisation par un regard de visite. Il est tracté et positionné, sous le contrôle d'une caméra, face au défaut potentiel. Les deux cellules gonflables situées à l'extrémité du manchon sont mises sous pression afin d'isoler la zone à traiter. Un test d'étanchéité est effectué pour s'assurer de l'existence d'une défaillance avant d'injecter la résine;
- l'**injection de résine**: l'injection est pratiquée par l'intermédiaire le plus souvent d'une pompe volumétrique à double corps et à débit réglable. Les solutions sont préparées et pompées séparément, elles se mélangent à la sortie du manchon. Une fois injecté, le mélange traverse les parties non étanches de la canalisation et se répartit dans le proche terrain environnant;
- la **formation de l'anneau étanche**: les résines injectées se gélifient. La réaction du mélange des deux composants aboutit à la formation d'un bourrelet à l'extérieur de la canalisation. Un nouveau test d'étanchéité permet de vérifier le succès de l'injection. En cas de besoin, un complément de résine est injecté. L'opération peut être ainsi répétée jusqu'à l'obtention d'une pression stable.

### 3.11 Protection contre la corrosion

Qualiroutes	SB 250	CCT 2011
<b>I.8.13</b> <b>I.8.17</b> <b>(Regards)</b>	<b>7.19 - 7.26</b>	<b>G.8.11</b>

La corrosion subie par les ouvrages en béton et les joints de maçonnerie est essentiellement d'origine biologique; elle résulte de l'action de l'acide sulfurique issu de la combinaison de l'H<sub>2</sub>S produit par la respiration des bactéries sulfato-réductrices. Le développement de cette flore bactérienne est favorisé par les facteurs température (> 20 °C), temps de séjour long, aération, marnage des effluents, etc. L'action de l'acide bio-sulfurique peut être redoutable: on rencontre les phénomènes les plus sévères notamment en aval des postes de refoulement et de relevage.

Bien sûr, la corrosion peut également résulter du déversement accidentel d'effluents agressifs.

La technique s'applique pour la rénovation de conduites et d'autres ouvrages tels que des pertuis, des regards de visite, des bassins, etc., en béton ou en maçonnerie. Elle peut être mise en œuvre de diverses manières:

- **par application d'une résine époxy** sans solvant et renforcée par des fibres. Le produit garantit une adhésion parfaite même sur un fond humide et après durcissement, on obtient une couche de finition sans joint d'une haute qualité, même sur des briques;
- **au moyen de carreaux et panneaux en grès** (cf. § 3.7);
- **au moyen de mortiers anti-corrosion**: les ouvrages peuvent être efficacement protégés contre la corrosion par application de mortiers à base hydraulique, dont la composition est adaptée à cet usage (ciment à haute résistance chimique). Ces matériaux assurent un bon accrochage sur les supports humides. Après durcissement, on obtient une couche de finition sans joint, y compris sur les ouvrages en briques maçonnés.

Un collecteur d'assainissement ne constitue pas un site accueillant pour un chantier. L'exécution des travaux doit donc tenir compte de cette spécificité. Par exemple, la technique employée devra tenir compte de l'exiguïté des regards de visite et de l'inconfort à évoluer dans une **cheminée verticale** surtout dans le cas où des protections respiratoires seront à employer (cas des résines). Pour cette raison, on préférera les enduits à base hydraulique.

## Réhabilitation «sans tranchée» des réseaux d'égouttage Comment sauvegarder durablement un patrimoine invisible et parfois oublié

### 3.12 Techniques destructives

Qualiroutes	SB 250	CCT 2011
<b>I.8.14</b>	<b>./. (- 7.2)</b>	<b>G.8.12</b>

Les techniques destructives permettent de tuber une conduite usagée, quel que soit son état, avec un tube (PVC, PE, PEHD, PRV, etc.) de même diamètre ou de diamètre supérieur, à partir des regards de visite et/ou de fouilles. On considère généralement les deux variantes suivantes:

- **par éclatement**: destruction de l'ancienne conduite par une tête d'éclatement, avec poussée ou traction simultanée du tubage, à l'aide d'un dispositif mécanique adéquat;
- **par broyage**: destruction de l'ancienne conduite par un outil à mâchoires actionnées hydrauliquement, avec poussée ou traction simultanée du tubage.

Lors de la mise en œuvre, une tête est poussée ou tractée à partir des regards de visite ou fouilles, et éclate la conduite existante. Cette tête peut consister en un cône d'éclatement fixe, ou en un élargisseur-éclateur en **pétales**, éventuellement à percussion, pouvant être contracté/dilaté hydrauliquement ou par voie pneumatique.

Dans le cas de la méthode par broyage, la tête est constituée par un mandrin qui détruit par **grignotage** la conduite existante au fur et à la mesure de l'avancement.

Le train de tubes constituant la nouvelle conduite est mis en place à l'avancement, tandis que le tuyau existant est éclaté et comprimé dans le sol environnant, laissant la place à la conduite neuve.

La reprise des branchements se fait généralement par l'extérieur: une fouille est réalisée à la hauteur du raccordement préalablement à la destruction de la conduite existante et ce branchement est également déconnecté. Ensuite, une ouverture suffisamment grande est réalisée dans le nouveau tuyau de manière à permettre ultérieurement le placement d'une pièce de piquage.

### 3.13 Injection pour stabilisation du sol et/ou comblement de cavités autour des ouvrages d'assainissement

Qualiroutes	SB 250	CCT 2011
<b>I.8.16</b>	<b>7.24.1.5</b>	<b>G.8.15</b>

Il s'agit dans ce cas du comblement par injection de cavités à l'extérieur des ouvrages ou sous la voirie. Ces injections peuvent être effectuées:

- par la surface;
- depuis l'intérieur de l'ouvrage.

Dans le cas de coulis de ciment, le remplissage des cavités depuis la surface est réalisé à l'aide d'un mortier pompable à grande fluidité, qui doit pouvoir s'écouler par simple gravité. Il est composé de ciment additionné de matière pouzzolanique, de sable et éventuellement d'agents stabilisateurs et fluidifiants.

Dans le cas de résine de PU, il s'agit d'un produit à deux composants sans solvant pour étanchement dans les constructions souterraines.

### 3.14 Réparation ou rénovation des branchements et raccordements

Qualiroutes	SB 250	CCT 2011
<b>I.8.18</b>	<b>./.</b>	<b>./.</b>

On distingue:

- les **branchements** qui désignent les conduites entre un immeuble ou un avaloir et la canalisation principale ou un regard de visite;
- les **raccordements** qui représentent en fait le point de jonction (piquage) du branchement avec la canalisation principale ou un regard de visite.

Dans le cas d'un **branchement**, les techniques de réparation sont:

- le **chemisage** (par réversion ou tracté);
- le **remplissage** (*fill-in*) avec un coulis ou une résine sur petites longueurs (max. 5 m): le coulis ou la résine est coulé par gravité dans le branchement préalablement obturé qui est ensuite mis sous pression afin de faire pénétrer le produit par les joints et fissures dans le sol jusqu'au refus, avec récupération du produit en trop. Dans tous les cas, la canalisation est dégagée de tout obstacle et/ou résidu d'injection par tout moyen adapté. Un ultime fraisage est éventuellement pratiqué afin d'éliminer tout résidu d'injection durci.

Dans le cas de réparation d'un **raccordement**, les procédés qui peuvent être mis en œuvre sont généralement:

- l'**injection directe de mortier ou de résine** au moyen d'un coffrage provisoire;
- la **pose d'un chapeau interne** collé au moyen d'un coffrage provisoire.

Quelle que soit la technique choisie, l'entrée du branchement est fraisée afin de renforcer l'accrochage «mécanique» du produit de réparation.

Le traitement du raccordement est réalisé comme suit:

## Réhabilitation «sans tranchée» des réseaux d'égouttage

### Comment sauvegarder durablement un patrimoine invisible et parfois oublié

- la réhabilitation par injection directe de coulis ou de résine est mise en œuvre à l'aide de coffrage(s) provisoire(s) maintenu(s) en place durant le durcissement du matériau injecté;
- dans le cas d'un mortier hydraulique injecté, le coffrage fait en général partie d'un robot d'injection, maintenu en position dans l'ouvrage et équipé d'un obturateur qui est gonflé et déployé à distance dans le branchement. L'encombrement du robot permet en général de travailler dans la canalisation principale partiellement en service, sous écoulement d'effluents compris entre le quart et le tiers de la hauteur de remplissage. Au-delà, l'obturation de la canalisation est rendue nécessaire. L'injection est effectuée par pompage à partir d'une unité d'injection de mortier. Cette technique permet d'injecter de 5 à 15 kg en moyenne de mortier fibré très thixotrope. Au besoin, l'injection «insuffisante» peut être complétée aussitôt en remixant une quantité estimée de mortier qui est injectée. Cette technique est généralement considérée comme une rénovation structurale ou semi-structurale;
- dans le cas d'une injection de résine, celle-ci est embarquée sur le robot après avoir procédé à un mélange des divers composants; le volume étant généralement limité à cinq litres. Ensuite, elle est soit injectée avec un robot d'injection, maintenu en position dans l'ouvrage, et équipé d'un obturateur qui est gonflé et déployé à distance dans le branchement, soit au travers de coffrages circulaires ajustables au diamètre de la canalisation et préalablement disposés au droit des raccordements. Dans ce cas, les coffrages récupérables sont déposés le jour suivant. Dans la mesure où la quantité de matériau injecté est limitée (environ cinq litres), cette technique est seulement semi-structurale (c.-à-d. qu'elle participe à la tenue mécanique de la structure mais que sa contribution ne peut être déterminée précisément);
- lors de la réhabilitation du raccordement par pose d'un chapeau, cet accessoire est posé à l'aide d'un coffrage provisoire, le plus souvent un obturateur développé dans l'entrée du branchement. La mise en œuvre doit garantir l'adhérence du chapeau sur les matériaux existants.

#### 3.15 Réparation des radiers par pistonnage de mortier

Qualiroutes	SB 250	CCT 2011
I.8.19	./.	./.

Cette technique est mise en œuvre afin de réparer les radiers dégradés par attaque chimique, par dissolution ou par abrasion. Elle est appliquée soit en finalité soit avant *re-lining*. La méthode concerne les canalisations non visitables, généralement pour des conduites jusqu'à 800 mm. Elle consiste dans le pistonnage de mortier rapide entre deux regards de visite à l'aide d'un jeu de coupelles ou d'un piston de mousse. En général, plusieurs passages sont nécessaires afin de reconstituer l'épaisseur manquante de radier.

