



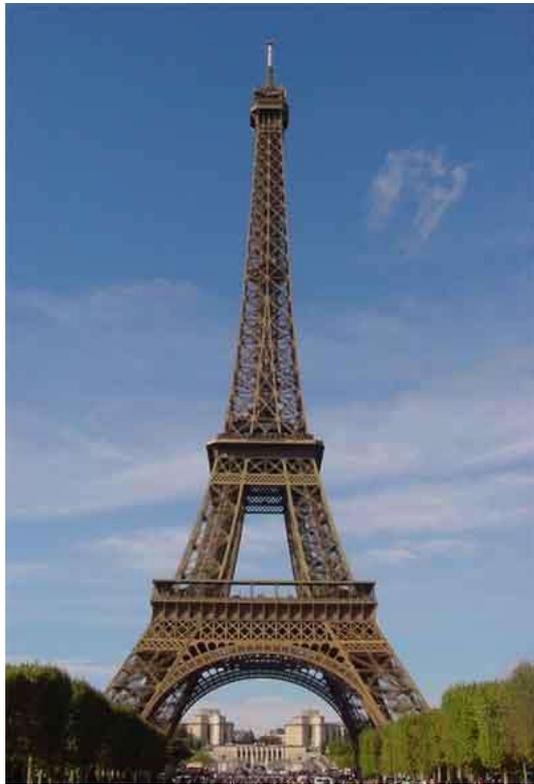
Réhabilitation des conduites d'eau potable

La problématique Eau de Paris

Les référentiels techniques

Revue des techniques disponibles

Eau de Paris est la Régie municipale, opérateur d'eau de la Ville de Paris, en charge de la production et de la distribution de l'eau potable des parisiens

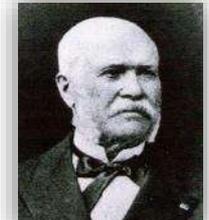


- 2,2 millions d'habitants
- 3 millions de consommateurs
- **540 000** m³/j consommation moyenne
- Prix du m³ d'eau TTC : **3,43 €** (1,09 € pour la seule part eau potable)

Eau de Paris:

- 913 collaborateurs
- CA : 200 M€
- **70 M€** investi /an pour entretenir et renouveler le patrimoine.

Un patrimoine historique ancré dans les territoires



Un système d'alimentation en eau conçu au milieu du 19^{ème} siècle par E. Haussmann et E. Belgrand



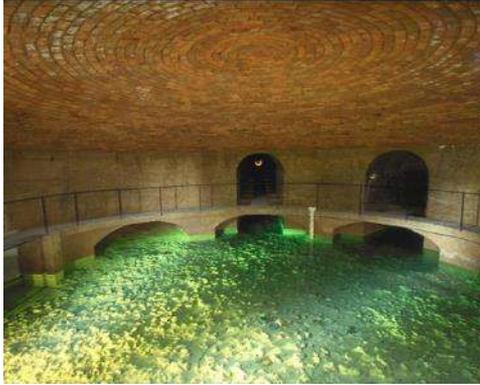
Un outil industriel diversifié

- 102 points de captage
- 3 aqueducs principaux - 470 km
- 6 usines de traitement

Des ressources diversifiées permettant
une production issue de :
50% eaux de sources
50% eaux de rivières

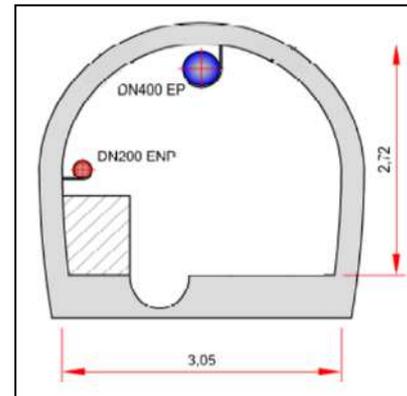
- 8 ouvrages de stockage
- 2 050 km de réseau eau potable
- Un réseau d'eau non potable

Eau de la Seine et du Canal de l'Ourcq destinée
essentiellement à des usages municipaux

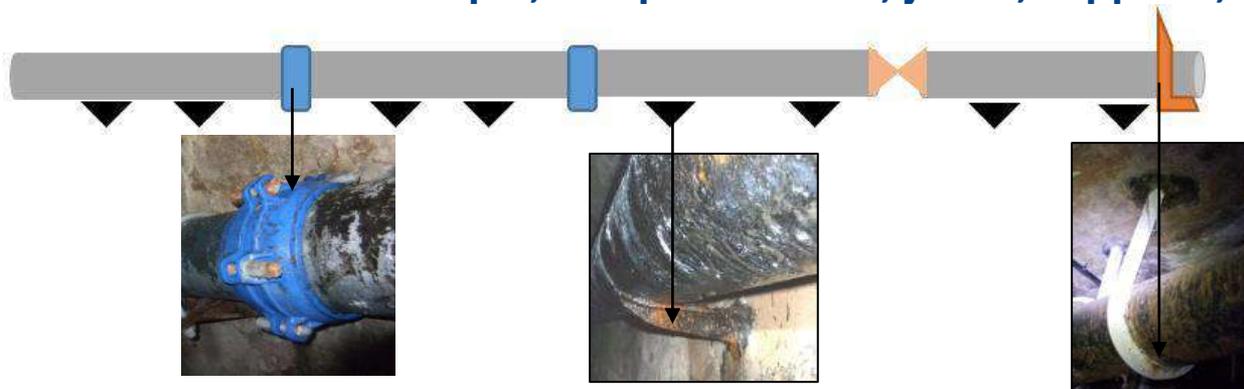


Les caractéristiques du réseau parisien : une configuration unique

- Près de 90% du linéaire de réseau sont situés dans des ouvrages visitables : ouvrages d'assainissement (exploités par la Ville de Paris) ou galeries (exploitées par Eau de Paris)



- Un système de canalisation unique, composé de fûts, joints, supports, amarrages



joint (Gibault)

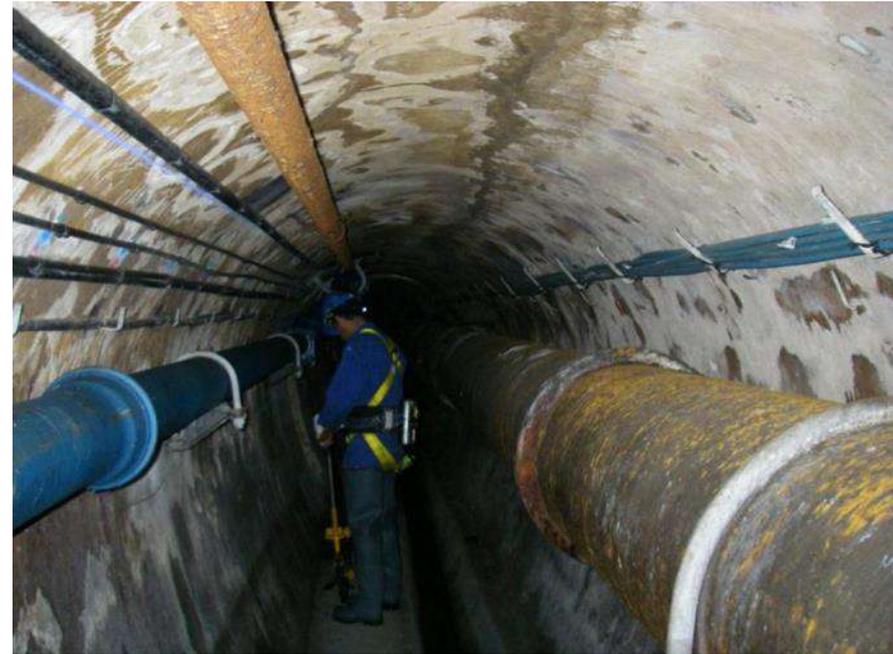
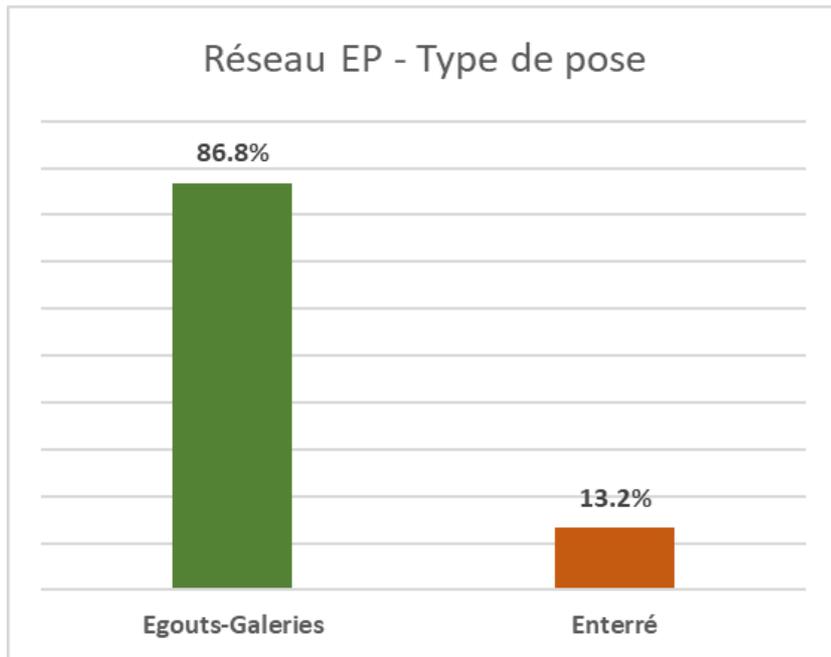
support (console)

amarrage (agrafe)

Les caractéristiques du réseau parisien

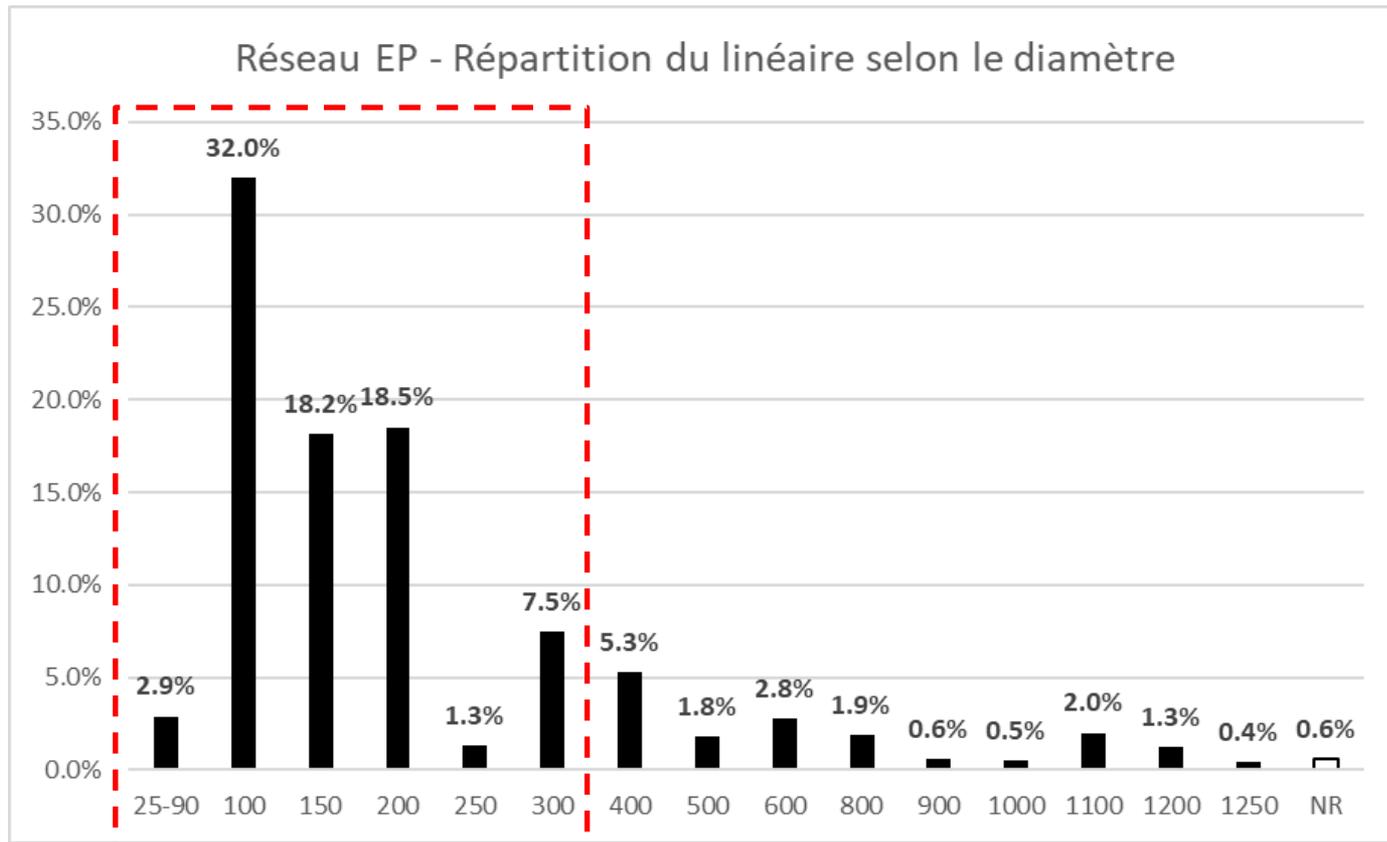
- **Localisation**

- 86,8% (1810 km) en égout et 13,2% (274 km) enterré



Les caractéristiques du réseau parisien

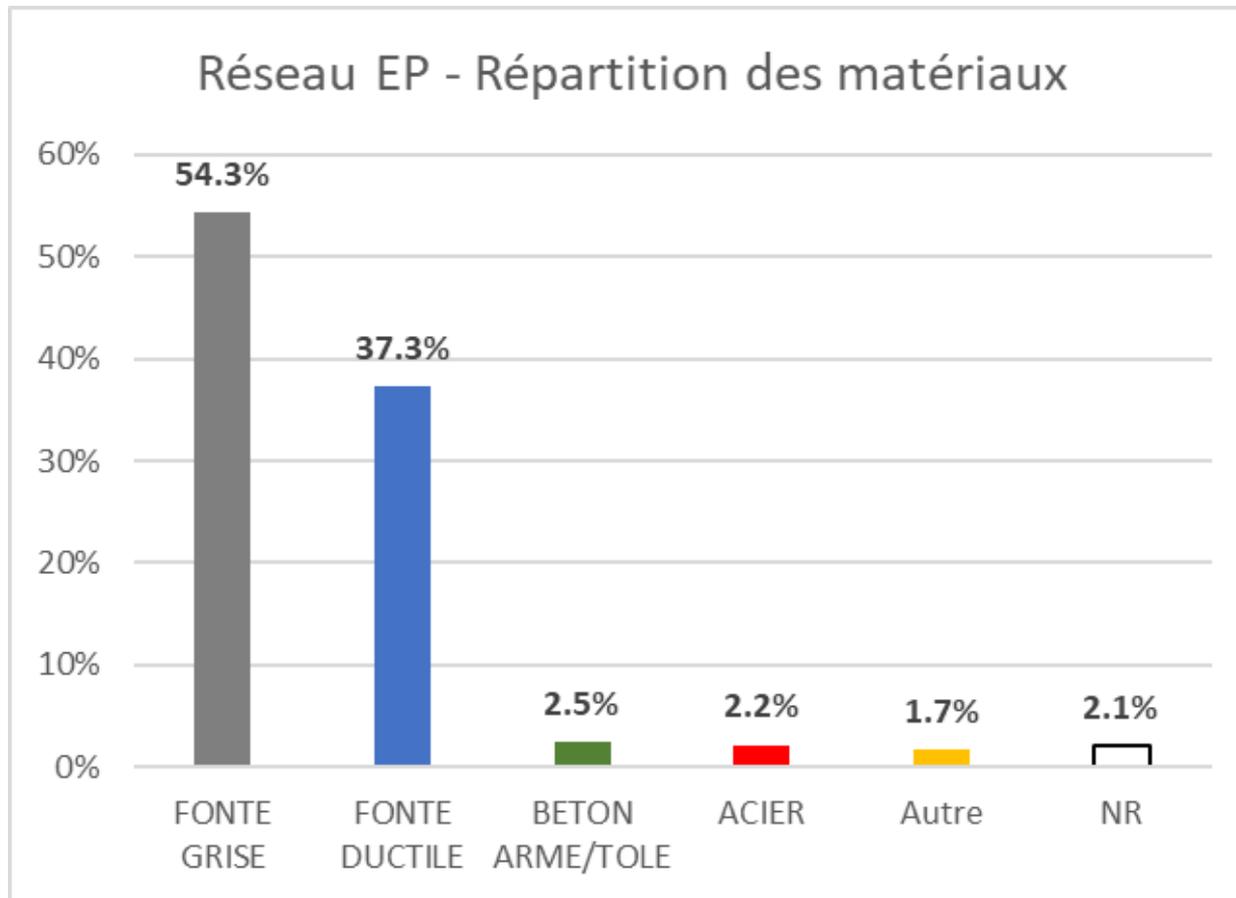
- **Distribution des diamètres**
 - Les conduites de **distribution** ($DN \leq 300$) représentent **80,8%** du linéaire.



Les caractéristiques du réseau parisien

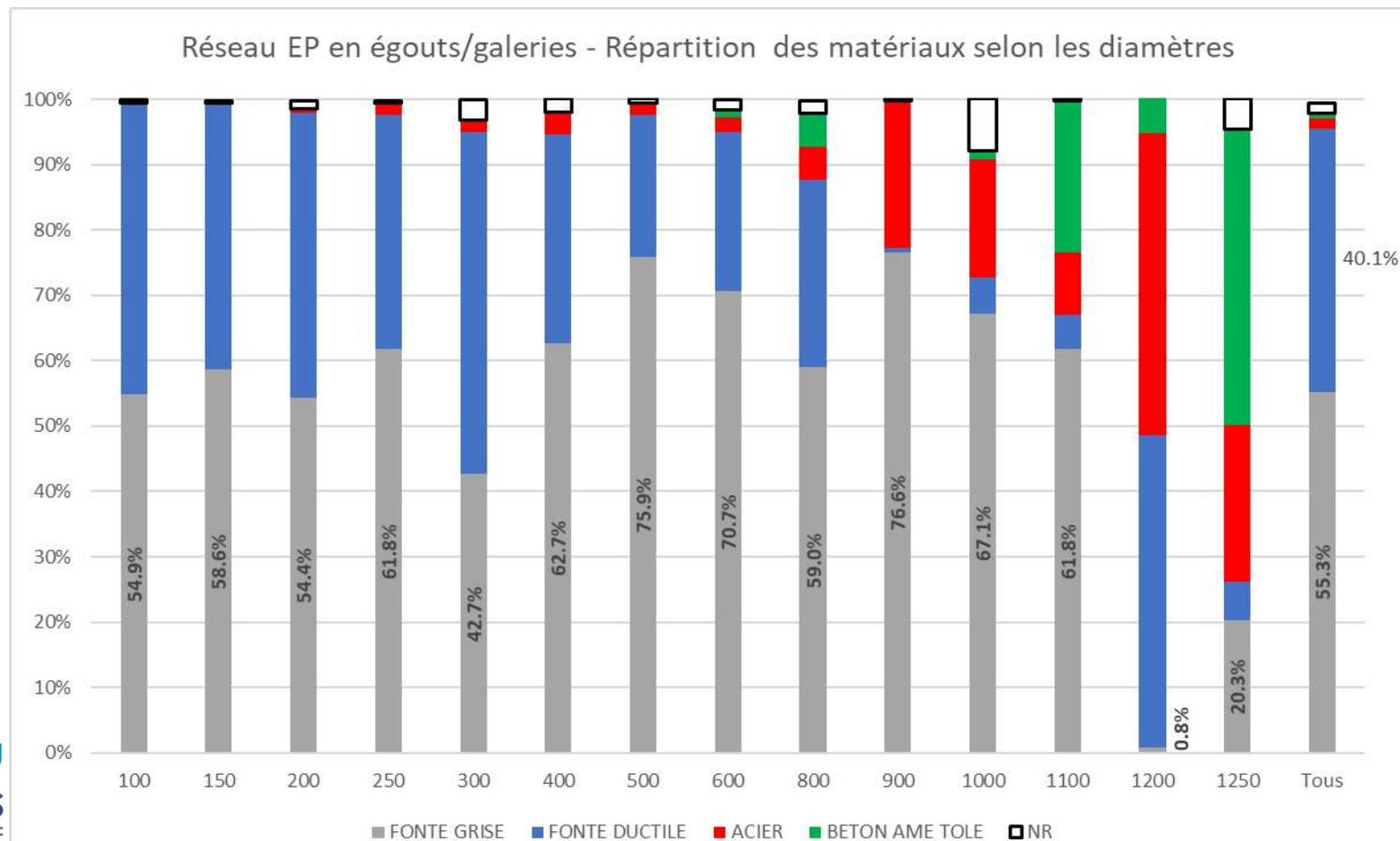
- **Répartition des matériaux**

- 54,3% de fonte grise et 37,3% de fonte ductile.
- 8,4% autres matériaux (BA, Acier...)



Les caractéristiques du réseau parisien

- Répartition des matériaux par diamètre
 - La fonte grise est majoritaire jusqu'au diamètre 1100.



Les caractéristiques du réseau parisien

- **Le réseau en fonte grise**

- Période de pose : 1870 – 1930
- Age moyen : \approx **120 ans**
- **1132 km** (54,3% du linéaire)
 - 1000 km en égout/galerie
 - 133 km enterré

- **Le réseau en fonte ductile**

- Période de pose : 1960 – 2019 mais surtout à partir de 1985.
- Age moyen : **26,3 ans** (âge médian 28 ans)
 - 726 km en égout/galerie
 - 52 km enterré.

Les enjeux

- **Le renouvellement du réseau EP**
 - Le renouvellement concerne à 95% le réseau en fonte grise.
 - Taux de renouvellement à EdP: \approx **0,54%** (moyenne des 10 dernières années).
 - Fin 2019 : il reste 1132 km de fonte grise à renouveler (1000 km en égout et 133 km enterré) et environ 50 km de conduites en BA/Acier.

Les enjeux

- **Le vieillissement prévisible du réseau EP : âge de la dernière conduite en fonte grise remplacée**
 - Base renouvellement **0,6%** (12,5 km/an):
 - Le réseau FG est entièrement renouvelé en **2110**.
 - Age des canalisations les plus vieilles : **210 ans +30-20**.
 - Base renouvellement **0,4%** (8,3 km/an):
 - Le réseau FG est entièrement renouvelé en **2155**.
 - Age des canalisations les plus vieilles : **255 ans +30-20**.

Les enjeux

- **Les canalisations en fonte grise du réseau parisien peuvent-elles durer 200 + ans ?**
 - Pour les **fûts** des canalisations en égout on pense que **oui** sur la base d'études post-mortem (vitesse de corrosion).
 - Pour les joints au plomb : non
 - Pour les supports en fonte (agrafes...): non
 - Pour les supports en fonte (agrafes...): non
- **Les supports en acier peuvent-ils durer 200 + ans ?**
 - Pour les supports en acier (agrafes) : **oui**.
 - Pour les supports en acier (agrafes) : **non**.



Un renouvellement différencié

- **En égout** : on renouvelle et on prolonge la durée de vie des canalisations
 - **0,4%** \Rightarrow on renouvelle à neuf (durée de service \geq 100 ans).
 - **0,4%** \Rightarrow on réhabilite (durée de service \geq 50 ans)
 - On remplace/répare les joints, les branchements, les organes hydrauliques, on renforce les supports.
 - On réhabilite certaines conduites de transport par chemisages, tubages.
- **Enterré** : on privilégie la réhabilitation par les techniques sans tranchée.

Le potentiel de renouvellement par réhabilitation

- **Réhabilitation par l'intérieur (chemisage, tubage)**
 - Possible pour certaines conduites de transport (DN 400 à 1250)
 - En égout : **176 km de conduites de transport en FG + 10 km de BA. 10% à 20%**
 - Enterré : **20 km FG + 30 km BA. 80 %**
 - Total à renouveler : 236 km.
 - **Réhabilitation par l'intérieur : ≈ 70 km.**

⇒ On peut envisager réhabiliter par l'intérieur environ 70 km de canalisations soit 6% du linéaire à renouveler.

Réhabiliter ou remplacer ?

- **Les critères en faveur de la réhabilitation**

- **Une empreinte environnementale plus faible**

- moins de déblais/remblais, moins de déchets;
- utilisation réduite des décharges et des carrières;
- moins d'engins sur chantier (le bilan carbone et particules fines est meilleur).

- **Un impact socio-économique plus faible :**

- moins de perturbation des transports en commun, du stationnement, des piétons et des cyclistes;
- moins d'impact sur la nature environnante.

- **Coût plus faible ou équivalent au neuf**

Réhabiliter ou remplacer ?

- **Les critères en faveur du remplacement à Eau de Paris**

- **En égout :**

- On remplace les fûts mais également les joints, les branchements, les **supports**.
- Le remplacement permet de traiter les **problèmes du GC**
- Le remplacement permet souvent de **gagner de l'espace**
- Le remplacement est parfois obligatoire pour les **conduites amiantées**
- Le coût du remplacement est souvent **équivalent** à celui d'une réhabilitation

- **Enterré**

- ?

Réhabiliter ou remplacer ?

- La réhabilitation est-elle prise en compte dans le taux de renouvellement ?

Oui mais sous certaines conditions...

Indicateur P107.2 : ... comprend les linéaires remplacés ainsi que les **réhabilitations** si ces opérations sont **reconnues** avoir pour effet d'en **prolonger la durée de vie** d'une durée **équivalente** à celle de la pose d'un réseau neuf.

⇒ La durée de service de la réhabilitation ne doit pas être inférieure à 50 ans

Réhabiliter

- **Les questions essentielles**

- Quels sont les **objectifs** de la réhabilitation
- Quelle **durée de service**, comment peut-on la garantir?
- Quels **référentiels** disponibles pour spécifier et vérifier les travaux de réhabilitation ?
- Quels **retours d'expérience**, quelles évaluations, indépendantes ?
- Quelle est la **maintenabilité** d'une conduite réhabilitée (interventions ultérieures) ?

Les objectifs de la réhabilitation

- **Prolonger la durée de service**
- **Renforcer une conduite, augmenter la pression admissible**
- **Prévenir la rupture de la canalisation**
- **Garantir l'étanchéité en cas de rupture de la canalisation**
- **Etancher les joints défectueux**
- **Limiter la corrosion interne**

Les référentiels de la réhabilitation

- **Quels sont les référentiels disponibles pour les techniques de réhabilitation ?**
 - Les Normes (matériaux, méthodes...)
 - Les avis techniques (produits innovants)
 - Les nouveaux fascicules 70 et 71 (intègrent la réhabilitation)
 - Les recommandations (ASTEE, FSTT...)
 - Méthode de dimensionnement (3R2014).

La normalisation européenne

Organisation de la normalisation dans le domaine de l'eau

- **Comité technique CEN/TC 164 : Alimentation en eau (secrétariat - AFNOR)**
 - Règles générales de conception, de réalisation et de performances des systèmes d'alimentation en eau.
⇒ NF EN 805 (exigences pour les réseaux extérieurs aux bâtiments)...
- **CEN/TC 165 : Ingénierie des eaux usées (secrétariat - DIN)**
 - WG13 Renovation and repair of drains and sewers
⇒ NF EN 15885 (Classification des techniques de rénovation), NF EN 14654-2...
- **ISO/TC 138 : Tubes, raccords en matières plastiques pour le transport des fluides**
 - ⇒ Techniques de renovation à base de plastiques : NF EN ISO 11295, 11296, 11297, 11298 ...

Les Normes du domaine de l'assainissement gravitaire

Un corpus de normes très riche

Diagnostic	NF EN 13508-1 : NF EN 13508-2 : Système de codage
Prescriptions générale	NF EN 13380 (septembre 2001) : Prescriptions générales pour les composants utilisés pour la rénovation des réseaux d'assainissement
Classification des techniques	NF EN 15885 (mars 2011) : Classification et caractéristiques des techniques de rénovation des réseaux d'assainissement
Produits de rénovation	NF EN ISO 11296-1 à 7 (2003...) : Systèmes de canalisations plastiques pour la rénovation des réseaux d'assainissement enterrés sans pression.
Méthodes	NF EN 14654 (avril 2013) : Gestion et contrôle des opérations d'exploitation des canalisations d'évacuation et d'assainissement à l'extérieur des bâtiments — Partie 2 : Réhabilitation

Termes et définitions

Références : NF EN 15885

Réhabilitation

« mesures entreprises pour **restaurer** ou **améliorer** les performances d'un réseau existant »

Rénovation
(global)

« travaux intégrant l'ensemble ou une partie de la structure d'origine...grâce auxquels **les performances sont améliorées** »

Réparation
(local)

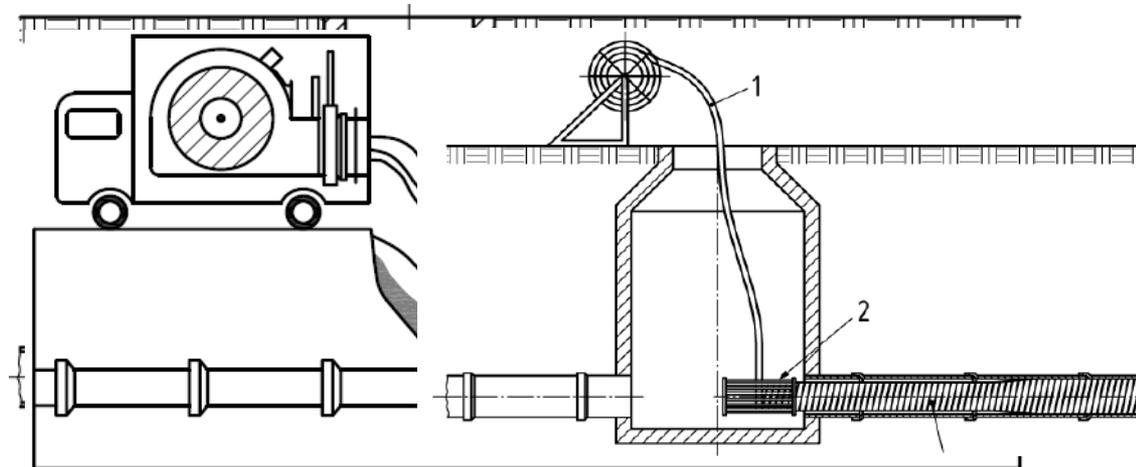
« rectification des défauts localisés »

Les normes de l'ISO/TC 138 relatives aux canalisations plastiques pour la rénovation

- 4 domaines d'application :
 - Réseaux d'assainissement **sans pression** (gravitaire)
 - NF EN ISO 11296 ...
 - Réseaux d'assainissement **avec pression**
 - NF EN ISO 11297...
 - Réseaux **d'alimentation en eau**
 - NF EN ISO 11298...
 - Réseaux gaz
 - NF EN ISO 11299...

Les normes de l'ISO/TC 138 relatives aux canalisations plastiques pour la rénovation

- 6 techniques de rénovation :
 - Tubage par tuyau continu avec espace annulaire
 - Tubage par tuyau continu sans espace annulaire
 - Tubage continu par tubes polymérisés sur place
 - Tubage par tuyau court avec espace annulaire
 - Tubage par gaines souples revêtues d'un adhésif
 - Tubage par enroulement hélicoïdale avec espace annulaire



Systèmes de canalisations en plastique

Rénovation

Applications

Réseaux d'assainissement sans pression

Réseaux d'assainissement sous pression

Réseaux d'alimentation en eau

Réseaux de gaz

Normes de Systèmes

ISO 11296

ISO 11298

ISO 11299

Partie 1: Généralités

Partie 2: Tubage par tuyau continu avec espace annulaire

Partie 3: Tubage par tuyau continu sans espace annulaire

Partie 4: Tubage continu par tubes polymérisés sur place

Partie 5: Tubage par tuyaux courts avec espace annulaire

Partie 7: Tubage par enroulement hélicoïdal avec espace annulaire

Partie 1: Généralités

Partie 2: Tubage par tuyau continu avec espace annulaire

Partie 3: Tubage par tuyau continu sans espace annulaire

Partie 4: Tubage continu par tubes polymérisés sur place

Partie 5: Tubage par tuyaux courts avec espace annulaire

Partie 7: Tubage par enroulement hélicoïdal avec espace annulaire

Article 1: Domaine d'application

Article 2: Références normatives

Article 3: Termes et définitions

Article 4: Symboles et abréviations

Article 5: Tuyaux au stade «M»

Article 6: Raccords au stade «M»

Article 7: Accessoires

Article 8: Aptitude à l'emploi du système de rénovation installé au stade «I»

Article 9: Pratique d'installation

Les normes de l'ISO/TC 138 relatives aux canalisations plastiques pour la rénovation

- **La classification structurelle des tubages pression de l'ISO 11295 (AWWA M38)**
 - **Basée sur 4 critères:**
 - La capacité à résister à la **défaillance de la canalisation hôte** (éclatement, flexion, cisaillement).
 - La capacité à résister à la pression maximale de service (MDP) sans le support de la canalisation hôte.
 - La capacité à résister à une dépression interne sans le support de la canalisation hôte.
 - La capacité à couvrir à long terme des trous et fissures à la pression maximale.

Un tubage est (auto)structurant ou de classe A s'il vérifie les 4 critères.

Les normes de l'ISO/TC 138 relatives aux canalisations plastiques pour la rénovation

- La classification structurelle de l'ISO 11295

Classe A		Classe B		Classe C		Classe D					
Avec espace annulaire / sans espace annulaire		Rigidité annuaire inhérente		Repose sur l'adhésion		Repose sur l'adhésion					
Autostructurant		Nécessitant le maintien de l'enveloppe									
Entièrement structurel		Semi-structurel				Non-structurel					
Tubage par tube continu avec espace annulaire		Techniques en dehors du domaine d'application de la présente Norme internationale									
								Tubage par tube sans espace annulaire			
								Tubage par chemisage continu polymérisé en place			
										Tubage par gaines souples	

Structurant

Gainés collés

Résines projetées

Les normes de l'ISO/TC 138 relatives aux canalisations plastiques pour la rénovation

Autostructurant oui mais avec des nuances...

- **Autostructurant ne veut pas dire indépendance totale par rapport à la canalisation hôte !**
 - ⇒ Le tubage (plastique) retransmet à la canalisation hôte les efforts dus à la pression dans les coudes (effets de fond retransmis au sol par des massifs de butée ou des amarrages en galerie) et aux extrémités.
 - ⇒ Si le tubage est en contact, il peut retransmettre 95% de la pression interne à la canalisation hôte.

Les normes de l'ISO/TC 138 relatives aux canalisations plastiques pour la rénovation

Un tubage/chemisage plastique de classe A peut-il ...

- Renforcer une conduite en fonte ou en béton (augmenter la pression admissible) ? **Non**
- Prévenir la rupture d'une canalisation en fonte ou en béton ?

Non, mais en limiter les conséquences: oui.

- Assurer l'étanchéité en cas de rupture?

Oui

Les normes de l'ISO/TC 138 relatives aux canalisations plastiques pour la rénovation

- **Les normes publiées:**

- NF EN ISO 11295 (classification structurelle)

- **NF EN ISO 11296 (assainissement gravitaire):**

- Partie 1 : Généralités
- Partie 2 : Tubage par tuyau continu avec espace annulaire
- Partie 3 : Tubage continu sans espace annulaire
- Partie 4 : Tubage par tubes polymérisés sur place (chemisage)
- Partie 7 : Tubage par enroulement hélicoïdale

- **NF EN ISO 11297 (assainissement pression)**

- Partie 1 : Généralités
- Partie 2 : Tubage par tuyau continu avec espace annulaire
- Partie 3 : Tubage continu sans espace annulaire
- Partie 4 : Tubage continu par tubes polymérisés sur place

Normes

- **Les normes publiées :**
 - **NF EN ISO 11298 (alimentation en eau)**
 - Partie 1 : Généralités
 - Partie 2 : Tubage par tuyau continu avec espace annulaire
 - Partie 3 : Tubage continu sans espace annulaire
 - Partie 4 : Tubage continu par tubes polymérisés sur place (projet)

Certification, marque de qualité

- **Produits faisant l'objet d'une norme (ex : tubage continu avec ou sans espace annulaire...)**
 - La conformité du produit à la norme peut être prouvée soit:
 - par la certification NF ou par une certification reconnue équivalente;
 - par une certification délivrée par un organisme tiers établi dans l'Espace Économique Européen accrédité selon la norme NF EN 17065.



Ex : Marque NF 114 pour les tubes PEHD
Norme : NF EN 12201



Certification, marque de qualité

- **Produits sous Avis Technique (ATec)**

- Pour les produits **innovants** mais avec REX de +10 ans



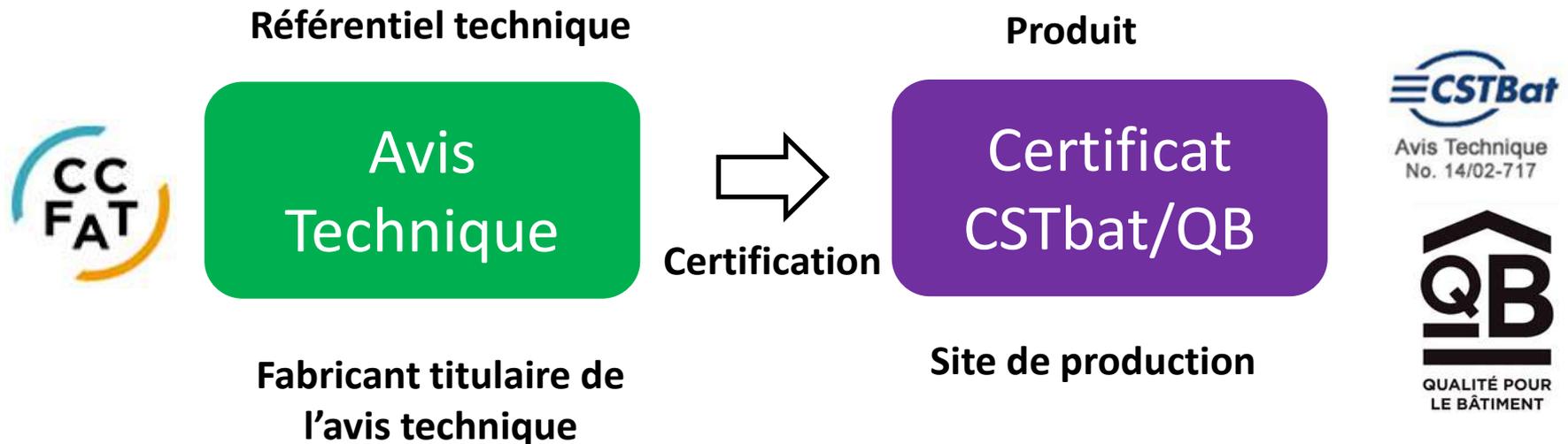
- Formulé par la CCFAT (arrêté du 2 décembre 1969) qui constitue des groupes spécialisés. Le **GS 17** s'occupe du domaine des réseaux d'eau.
 - Instruit pas le CSTB
 - L'avis technique définit le domaine d'emploi, les performances, les conditions de mise en œuvre, les contrôles, les règles de dimensionnement...
 - Basé sur des REX et des résultats d'essais.
 - + Suivi qualité en usine et sur chantier (CSTB)



Certification, marque de qualité

- **Produits sous Avis Technique (ATec)**

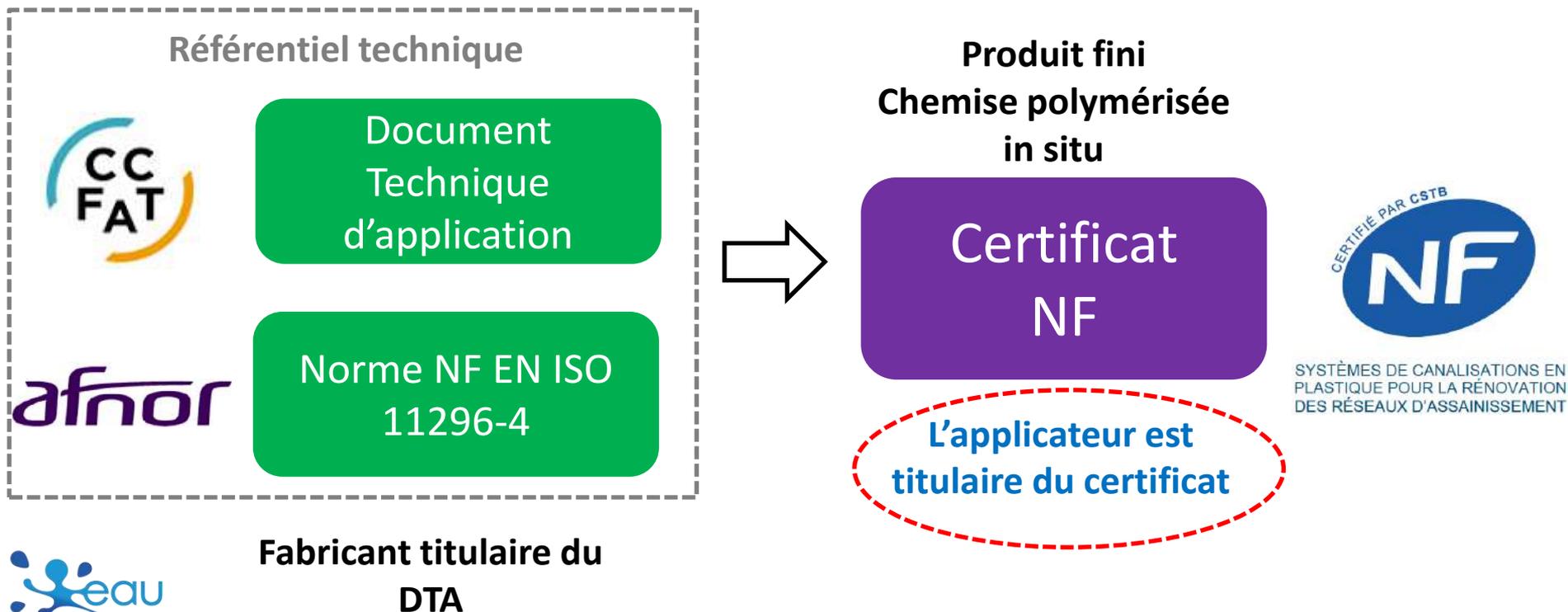
- La conformité du produit à l'avis technique est prouvée par la certification CSTBat (QB)



L'Avis Technique est généralement pris en compte dans les contrats d'assurance

Certification, marque de qualité

- **Marque NF 390 (assainissement gravitaire)**
 - Certification de chemisages polymérisés en place sous Document Technique d'Application (DTA)



Certification, marque de qualité

- **En résumé**

- Tubages par tuyaux manufacturés continus/courts :
 - ⇒ Normes et certifications disponibles (Assainissement gravitaire et pression et EP).
- Tubages continus par tubes polymérisés sur place:
 - ⇒ Normes et certifications disponibles pour l'assainissement gravitaire.
 - ⇒ Normes publiées pour l'assainissement pression, en cours pour EP **mais pas de certification NF.**

Révisions des fascicules 70-1 & 71

Les nouveaux fascicules intègrent la réhabilitation

Fascicule 71

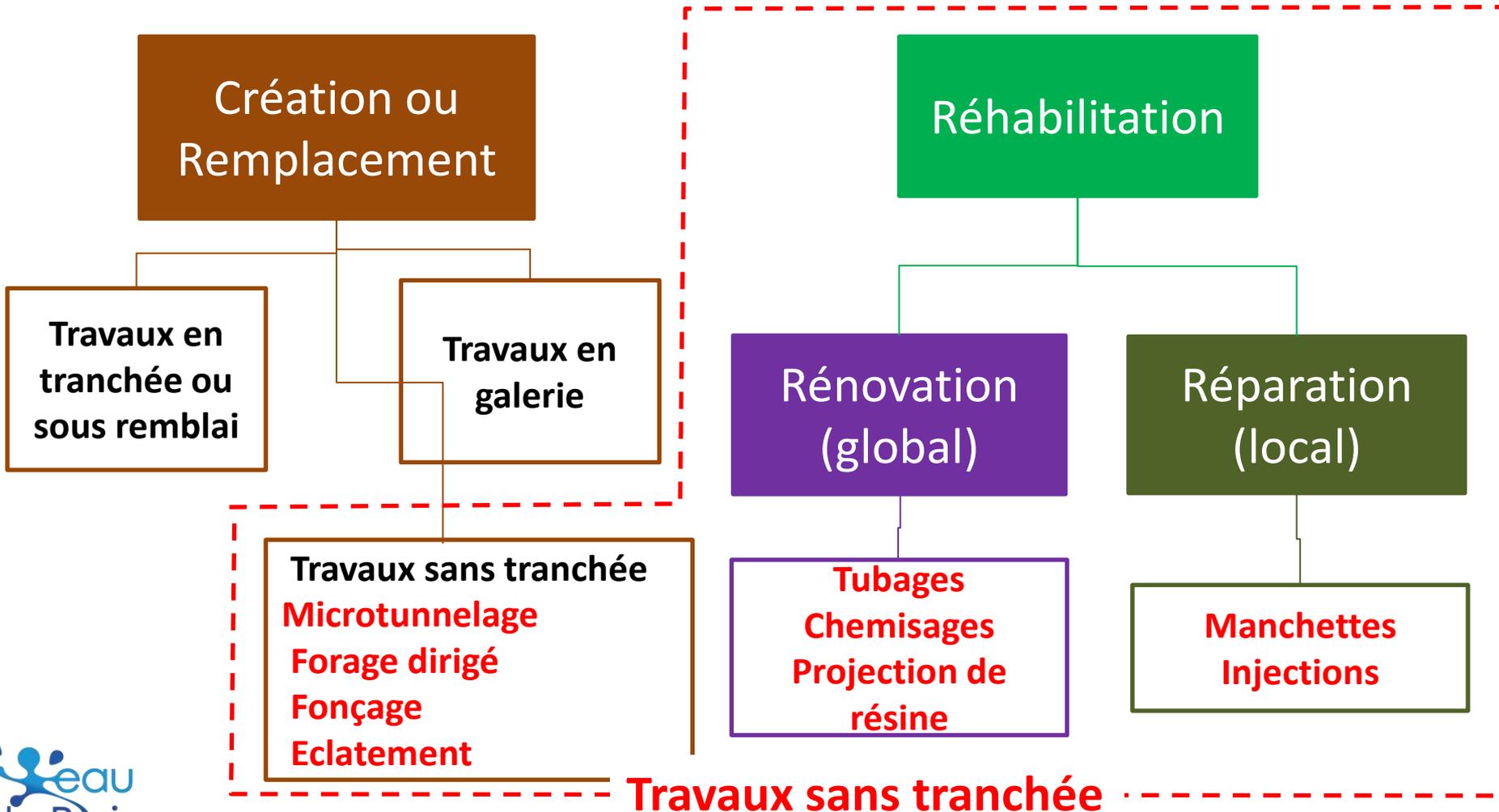
« Fourniture, pose et **réhabilitation** de conduites d'eaux qui fonctionnent par **écoulement sous pression** »

Les types d'eau concernés sont principalement :

- **l'eau potable** destinée à la consommation humaine les **eaux usées** domestiques et industrielles, les **eaux pluviales**,
- **l'eau brute**, l'eau traitée et l'eau réutilisée destinées à tous les types d'application (protection contre les incendies, fabrication de neige, irrigation, hydro-électricité)

Révisions des fascicules 70-1 & 71

Les travaux sans tranchée



Revue des techniques de rénovation des conduites

Résine projetée, chemisage polymérisée en place, tubage avec ou sans vide annulaire.

Revue des techniques de rénovation des conduites

Matériaux projetés

1. Résine projetée

Produits semi-finis

2. Chemisage continu polymérisé en place

Produits préfabriqués

3. Tubage par tuyaux courts avec espace annulaire

4. Tubage continu avec espace annulaire

5. Tubage continu sans espace annulaire

Chemisage par projection de résine

- **Principe de la technique**

- Application d'une résine (époxy/polyurethane) par projection centrifuge en une ou plusieurs couches de 1 à 3 mm sur une surface préalablement décapée et séchée.



Chemisage par projection de résine

- **Domaine d'emploi**

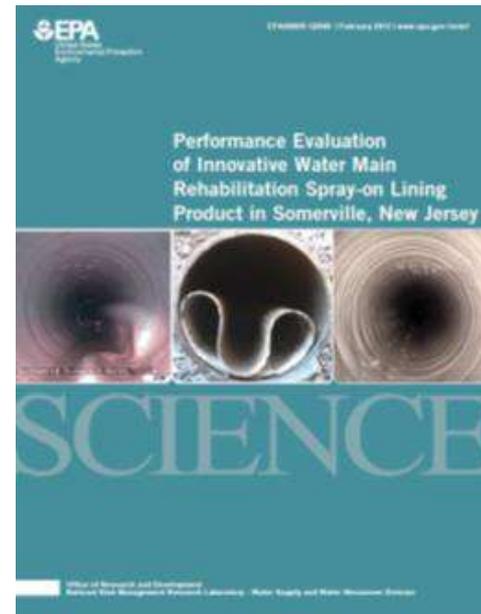
- Eau potable (si ACS disponible)
- Conduites de distribution (compatibilité branchements)
- Problèmes de coloration d'eau
- Corrosion interne des conduites fontes/acier **sans problème structurel**
- DN 80 – DN 800
- Coudes : Non
- ACS : 1 résine...



Chemisage par projection de résine

- **Retour d'expérience - évaluations**

- Plusieurs milliers de km de conduites fonte rénovées en Angleterre dans les années 90.
- Utilisation confidentielle en France.
- Etudes de l'EPA (Agence de protection de l'environnement des Etats Unis) **évaluation structurelle + chantier expérimental**



Chemisage par projection de résine

- **Référentiels techniques, certification**

- Pas de norme FR, EN, ISO, pas de certification.

- 2 guides techniques de la Water UK :

- Water UK Standards, WIS 4-02-01 “Operational Requirements: In Situ Resin Lining of Water Mains”. Water UK 7.3 October 2014.

- Water UK Standards, IGN 4-02-02 “Code of Practice: In Situ Resin Lining of Water Mains”. Water UK, v4.3 October 2014



**WATER INDUSTRY
SPECIFICATION**

WIS 4-02-01

Version 7.3
October 2014
(Page 1 of 39)

ISSN 2042-311X

UK Water Industry

OPERATIONAL REQUIREMENTS: *IN SITU* RESIN LINING OF
WATER MAINS

CONTENTS

OR 6.2 Pre-Lining Inspection
OR 6.3 Lining Resin Preparation

Chemisage par projection de résine

- **2 types de résines**
 - Résine époxy
 - Résine polyuréthane ou polyurée
 - Prise très rapide

Fabricant	Nom de la résine	Type	Certifications d'alimentarité
Subterra Filiale de Radius Ltd United Kingdom	Subcote FLP™ (Fast-Line-Plus)	Polyurée bi-composants	ACS Expiré Pas de nouveau ACS
3M USA/UK	Scotchkote™ Pipe Renewal Liner 2400	Polyurethane bi-composants	ACS périmé Autres certifications : NSF/ANSI-61 (USA)

Chemisage par projection de résine

- **Adhérence...**

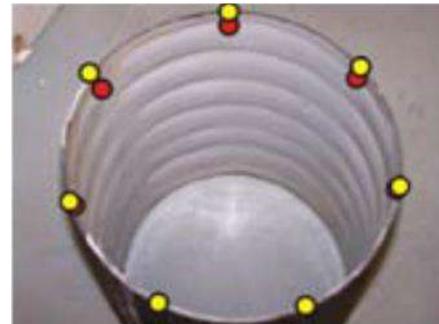
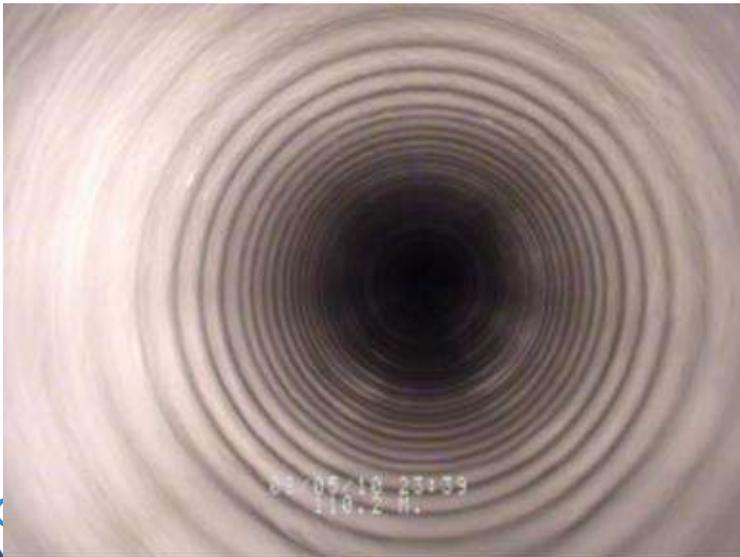
- Indispensable pour la pérennité de la protection
- Sensible à l'humidité du support
- Valeur minimale à définir
- Délicate à mesurer in situ (test de pelage)



Chemisage par projection de résine

- **Epaisseur...**

- On ne peut garantir une valeur minimale
- Valeur moyenne basée sur un calcul débit/vitesse
- Variabilité possible : formation de vagues, zones d'ombre...
- Mesure in situ impossible



Chemisage par projection de résine

- **Performances structurelles**

- Pontage des trous et des fissures existantes:
 - Oui à court terme (si épaisseur obtenue), à long terme ?
- Ne résiste pas à la rupture de la canalisation hôte
- Conclusion : technique non structurante



Chemisage par projection de résine

- **Performance hydraulique**
 - Faible diminution de la section (< 4%)
- **Durée de vie**
 - Pas de garantie sur l'adhérence de la résine à long terme.
 - Pas de garantie sur la résistance à long terme.

Chemisage par projection de résine

- **Rétablissement des branchements**
 - En principe la projection de résine ne bouche pas les piquages ... mais obturations possibles.
- **Remise en service**
 - Très rapide (sous 1 jour)
- **Création de nouveaux branchements**
 - Risque d'endommagement du revêtement
 - Nécessite une procédure et un matériel adapté.
- **Coûts**
 - En principe très compétitif (moins de 50% d'une conduite neuve)

Chemisage par projection de résine

- **Intérêt dans le cas Parisien**

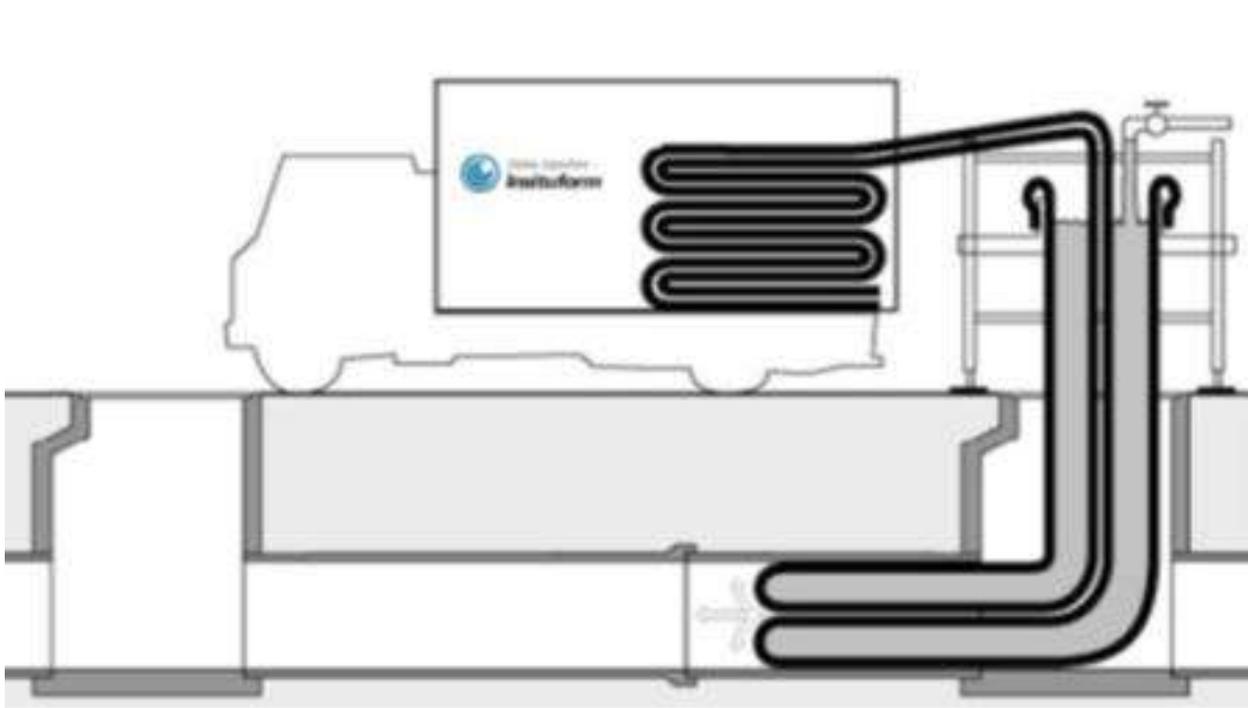


- Intérêt a priori faible pour les conduites en fonte du réseau Parisien qui présentent peu de corrosion interne et pas de coloration d'eau.
- Mais intérêt pour traiter/prévenir les fuites au niveau des joints a condition de pouvoir garantir la capacité de pontage (à vérifier expérimentalement).
- Retour d'expérience mitigé (chantier rue de Hauteville en 2019) : résine non adapté à la projection en conduite, problèmes de coulures.
- Offre de résine compatible EP insuffisante (1 seule résine avec ACS).

Chemisage continu polymérisé en place

- **Principe**

- Une chemise souple imprégnée de résine est introduite dans le tuyau à rénover et plaquée contre les parois à l'aide d'une pression d'air ou d'eau.



Chemisage continu polymérisé en place

- **Domaine d'emploi**

- Rénovation de **canalisations d'assainissement** circulaires ou non à écoulement gravitaire ou pression.
- Rénovation de conduites EP : essentiellement en Amérique du Nord et **quelques applications en Europe.**
- Technique **structurante** (classe A selon ISO ou IV selon AWWA M38)
- Diamètres : 150 à 1500 mm

Chemisage continu polymérisé en place

- **Référentiels techniques – certifications**
 - Normes :
 - NF EN ISO 11296-4 (assainissement gravitaire)
 - ISO 11297-4 (assainissement pression)
 - ISO 11298-4 stade projet (EP pression)
 - Certification pour assainissement gravitaire:
 - Marque NF 390
 - **Pas de certification (NF) pour applications pression**

Chemisage continu polymérisé en place

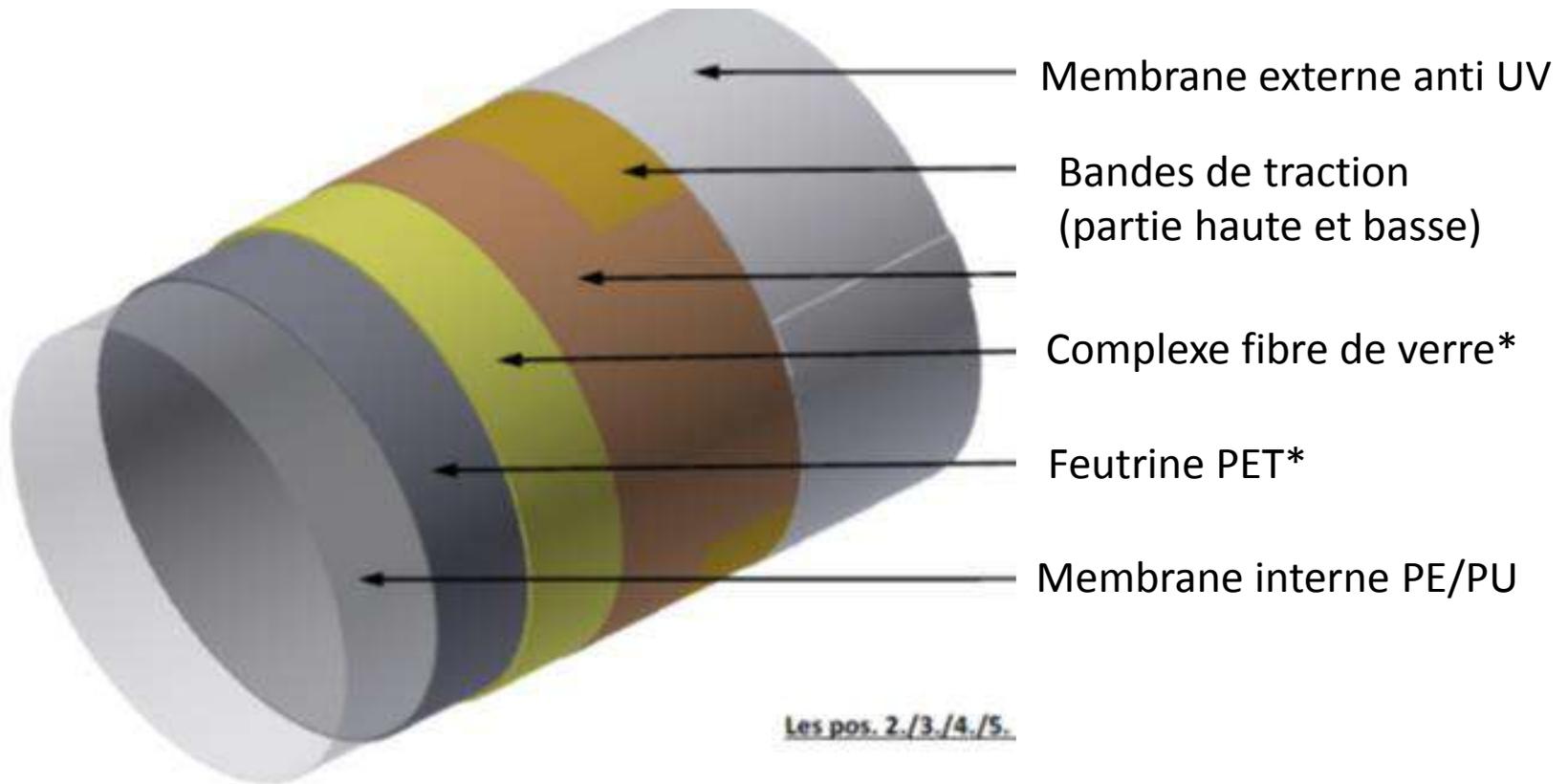
- **Historique : 45 ans de recul**

- Premier chemisage à Londres en 1970 (toujours en bon état) – Inventeur : Eric Wood (Insituform).
- Utilisation très large en assainissement, devient rapidement la technique de rénovation N°1.
- Début 80 développement au Japon d'une gaine mince collée pour la rénovation des conduites Gaz et EP (procédé TUBETEX)
- Années 2000 : développement au Canada de la gaine AQUAPIPE utilisée en rénovation EP par la Ville de Montréal (20 km/an)
- Dernière décennie, développement des chemisages renforcés de fibres de verre compatibles pression et eau potable (Reline Aptec, Saertex Multicom...).

Chemisage continu polymérisé en place

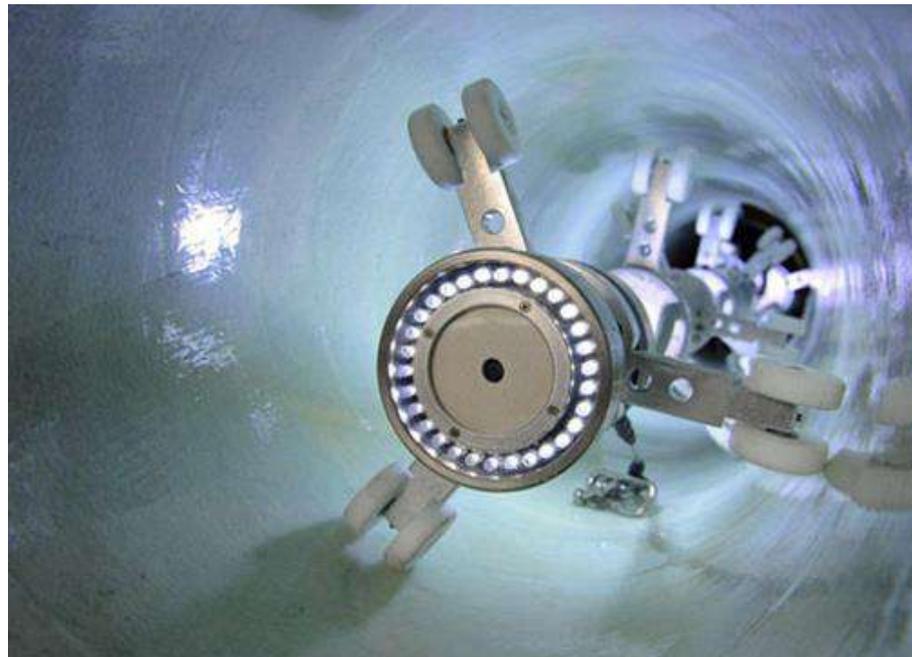
- **Exemple de structure**

- **Chemisage multicouches renforcé pour application assainissement pression**



Chemisage continu polymérisé en place

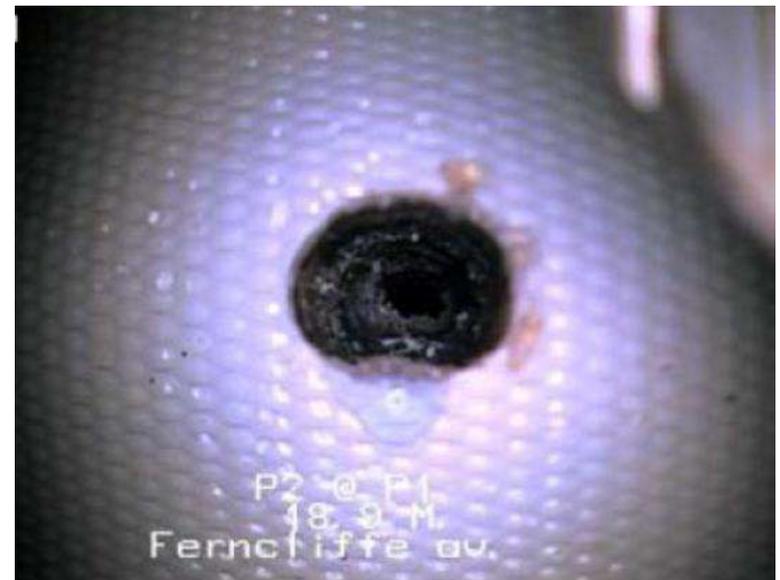
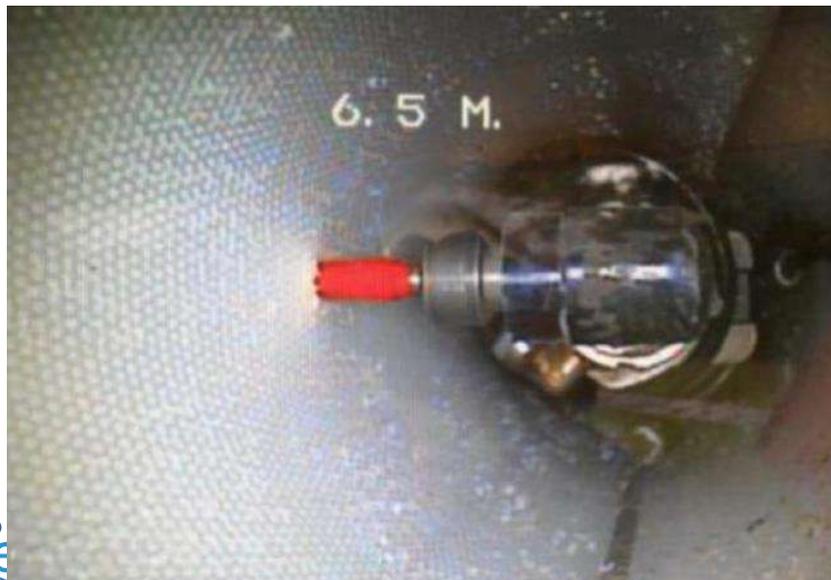
- **Polymérisation**
 - Eau chaude
 - Vapeur
 - Ultra violet



Chemisage continu polymérisé en place

- **Problématique des branchements**

- Chemisages collés (Aquapipe) : possible mais opération délicate (30% d'échecs).
- Chemisages plaqués (renforcées de fibre de verre) : impossible ou avec dispositif dédié.



Chemisage continu polymérisé en place

- **Problématique des changements de direction**
 - Chemisages tractés : plis même pour des coudes à grands rayons.



Chemisage continu polymérisé en place

- **La problématique ACS (Attestation de conformité sanitaire)**

L'attestation de conformité sanitaire (ACS) permet d'évaluer l'aptitude d'un matériau ou d'un objet à entrer au contact d'une eau destinée à la consommation humaine, au regard des dispositions réglementaires.

Deux conditions à respecter:

1. la conformité de la formulation du matériau ou de l'objet à des listes positives de référence,
 2. la conformité des résultats d'essais de migration vis-à-vis de critères d'acceptabilité.
- La durée de validité d'une ACS est fixée à cinq ans.

A ce jour, l'ACS est uniquement en vigueur pour :

- les matériaux et objets organiques,
- les accessoires et sous-ensembles d'accessoires constitués d'au moins un composant organique entrant en contact avec l'eau.

Chemisage continu polymérisé en place

- **Résumé**

- Recul de 45 ans en assainissement gravitaire, 20 ans en EP pression (essentiellement en Amq du Nord)
- **Technique structurante pour la pression**
- **Certification possible (durée de vie ≥ 50 ans)**
- Faible emprise en surface, rapidité de mise en œuvre.
- Faible diminution de section (-2 à -4%)
- **Rétablissement des branchements problématique ou impossible.**
- **Réhabilitation des coudes problématique, traitement des extrémités.**
- **Offre de chemisages compatibles EP insuffisante.**

Chemisage continu polymérisé en place

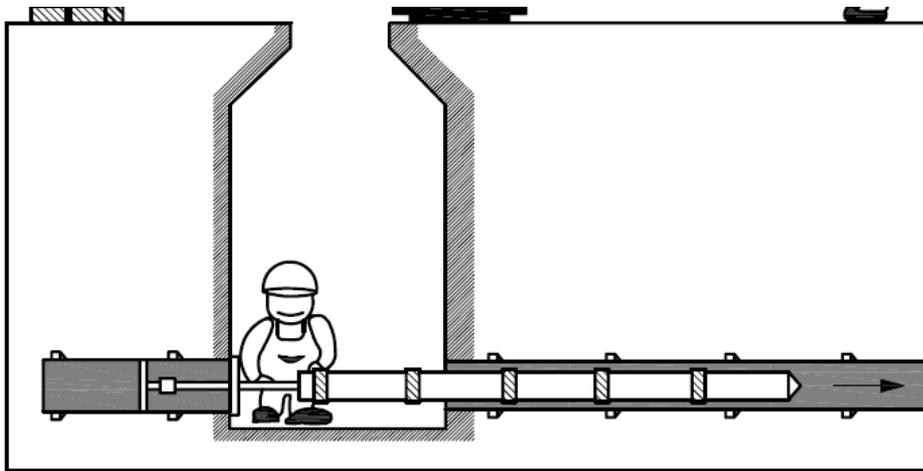


- **Intérêt de la technique dans le cas parisien**
 - Pertinent pour les **conduites de transport enterrées notamment en fonte grise** lorsque la capacité hydraulique doit être maintenue.
 - Bonne adaptation au contexte parisien (faible emprise de surface).
 - **A tester !**

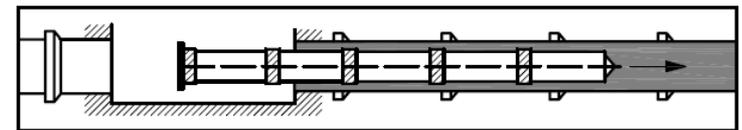
Tubage par tuyaux court avec espace annulaire

- **Principe de la technique**

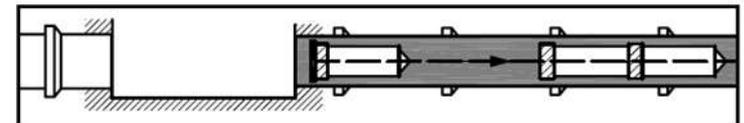
- Tubage réalisé à l'aide de tuyaux courts qui sont assemblés un à un pour former un tuyau continu
- La technique la plus ancienne et la sûre.
- 3 modes d'installation :



a) Installation par poussée

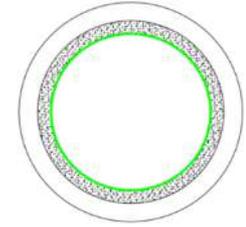


b) Installation par traction



c) Installation par placement d'un tube individuel (habituellement entrée d'homme uniquement)

Tubage par tuyaux court avec espace annulaire

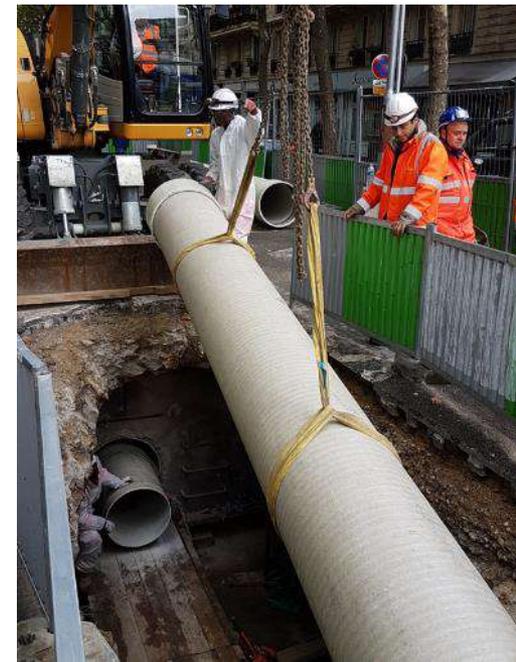


- **Caractéristiques générales**
 - **Matériaux** : PRV, acier, fonte ...
 - **Diamètre** : jusqu'à 3000 mm
 - **Longueur** : pas de limite si placement individuel
 - **Assurance qualité** : produits manufacturés, bénéficient de certifications / marques de qualité
 - **Performances structurelles** : structurant de classe A, renforcement, durée de vie > 50 ans
 - **Inconvénient** : forte réduction de la capacité hydraulique de la canalisation (-30 à -50%).

Tubage par tuyaux court avec espace annulaire



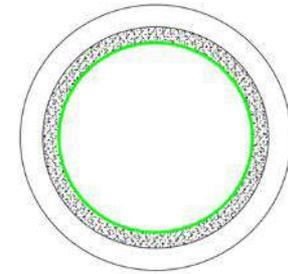
- **Intérêt de la technique dans le cas parisien**
 - Bien adapté pour les **conduites de transport enterrées (EP ou ENP)** lorsque la capacité hydraulique n'est pas déterminante.
 - Bien adaptée au contexte parisien (espace de stockage limité, dimension des fouilles limitées)
 - La technique de référence.



Tubage par tuyaux continu avec ou sans espace annulaire

- **Caractéristiques générales**

- **Matériaux** : essentiellement PE
- **Diamètre** : jusqu'à 1200 mm
- **Longueur** : 300 m par tir
- **Assurance qualité** : produits manufacturés, bénéficient de certifications / marques de qualité
- **Performances structurelles** : structurant de classe A, renforcement, durée de vie > 50 ans
- **Inconvénient** :
 - Importante réduction de la capacité hydraulique de la canalisation (-30 à -50%) sauf technique sans espace annulaire.
 - Emprise des fouilles d'introduction et de tirage.



Tubage par tube continu sans espace annulaire

- **Installation par réduction de diamètre sur site**
 - Procédé TubOcontact (Sade)



Tubage par tuyaux continu avec ou sans espace annulaire



- **Intérêt de la technique dans le cas parisien**
 - Bien adapté pour certaines **conduites de transport enterrées (EP ou ENP) notamment en béton armé** lorsque la capacité hydraulique n'est pas déterminante (sauf technique sans espace annulaire) et place disponible en surface.
 - Technique a priori moins couteuse et plus rapide que le tubage par tuyaux courts.
 - **A tester !**

Le choix des techniques de rénovation

- **Les critères de sélection**

- 1. Maturité de la technique
- 2. Domaine d'emploi
- 3. Applicabilité aux conditions du site
- 4. Complexité de l'installation
- 5. Performance de la technologie
- 6. Durée de vie
- 7. Rétablissement des connections
- 8. Interventions après réhabilitation
- 9. Coûts
- 10. Facteurs environnementaux et sociaux.

Tableau comparatif des techniques de rénovation de conduites pression

Critères	Résine projetée	Chemisage polymérisé en place	Tubage sans espace annulaire	Tubage avec espace annulaire
Maturité – retour d'expérience	Importants linéaires traités en Angleterre et en Amérique du Nord. Quelques décollements signalés.	Technique éprouvée en assainissement Certification NF 390 Eau potable : Amérique du Nord Cloquages, défaut de polymérisation	Bons retours d'expérience Rares ruptures des têtes de traction	Technique éprouvée Technique ancienne avec l'acier Utilisation plus récente du PEHD et du PRV
Domaine d'application	Technique dédiée aux fontes corrodées Fonte, acier, rarement béton DN 80 – DN 800 Coudes : Non ACS : Oui	Technique la plus utilisée en assainissement Tous matériaux / DN 100 – 1200 Coudes : Possible si grand rayon ACS : Non pour le moment	Technique dédiée à la rénovation des conduites de transport EP/ENP Tous matériaux / DN 100 – 1200 Coudes : Non ACS : Oui	Toutes applications Tous matériaux / DN 100 - 2500 Coudes : Non ACS : Oui
Conditions du site	Peu contraignant Faible surface de stockage Utilisation des regards existants	Peu contraignant Utilisation possible des regards existants	Contraignant* Puits d'introduction et de tirage Surface importante de stockage * Sauf si livraison sur touret.	Contraignant Puits d'introduction Surface importante de stockage
Complexité de la mise en œuvre	Préparation très soignée de la canalisation (état de surface) : séchage, hygrométrie, propreté.	Polymérisation en place selon un cycle précis de température. Tolérant à la présence d'eau si membrane de protection.	Préparation de la canalisation : nettoyage classique. La présence d'eau n'est pas un problème.	La présence d'eau est problématique pour l'Injection du vide annulaire
Performance structurelle (application pression)	Non structurant	Auto-structurant si $PN \geq MDP$	Auto-structurant si $PN \geq MDP$	Auto-structurant si $PN \geq MDP$ + renforcement possible
Performance hydraulique	Très faible diminution de la section $\leq -4\%$	Faible diminution de la section $\approx -4\%$ à -8%	Diminution modérée de la section hydraulique en fonction du SDR $\approx -8\%$ à -30%	Diminution importante de la section hydraulique $\approx -20\%$ à -50%
Durée de vie	Produit fabriqué in situ Durée de vie ?	Produit fabriqué in situ Durée de vie ≥ 50 ans	Produit manufacturé et certifié Durée de vie ≥ 50 ans	Produit manufacturé et certifié Durée de vie ≥ 50 ans
Raccordements et rétablissement des branchements	En principe pas de rétablissement mais branchements obstrués possibles	Nécessite l'intervention d'un robot ou le plus souvent une intervention par l'extérieur de la conduite.	Nécessite l'installation d'une pièce spéciale (té)	Nécessite l'installation d'une pièce spéciale (té)
Branchements après réhabilitation	Risque d'endommagement Possible avec un matériel et une technique adaptés	Risque d'endommagement Possible avec un matériel et une technique adaptés	Difficile – Risque d'endommagement du tubage	Très difficile – Risque d'endommagement du tubage
Coûts	Très compétitif (50% du coût d'une conduite neuve)	Compétitif	Compétitif	Coût comparable ou plus élevé qu'un remplacement