



**Document minute**

***DRAST – PN RERAU***

***Agence de l'Eau Rhin-Meuse***

**Etude de la pérennité des injections  
de résines d'étanchement  
en réseau d'assainissement**

**Rapport de synthèse**

**Avril 2006**

**Dossier n° 2002 D68 0044 (Drast – PN RERAU)**

**Dossier n° 2002 D68 0052 (AERM)**







## Agence de l'eau Rhin-Meuse

« Le Longeau » - Route de Lessy – Rozerieulles  
BP 30 019  
57 161 MOULINS-LES-METZ Cédex



## Projet National RERAU

Ministère de l'Équipement  
Direction de la Recherche et des Affaires Scientifiques et  
Techniques  
Mission de la recherche et de l'innovation en génie civil  
Tour Pascal B  
92 055 La Défenses Cédex

# Etude de la pérennité des injections de résines d'étanchement en réseau d'assainissement

## Rapport de synthèse

### Avril 2006

CETE de l'Est – LRPC de Nancy  
71 rue de la Grande Haie  
BP 8  
54 510 TOMBLAINE

Groupe Eau-Environnement  
Secrétariat : 03 83 18 41 14



# SOMMAIRE

<b>PREAMBULE</b>	<b>7</b>
<b>1 PRE-SELECTION DES CHANTIERS D'INJECTION DE RESINES D'ETANCHEMENT</b>	<b>13</b>
1.1 METHODOLOGIE D'ENQUETE POUR LE RECENSEMENT DES CHANTIERS	13
1.2 REPONSES OBTENUES A L'ENQUETE-COURRIER	13
1.3 ANALYSE DES RESULTATS DE L'ENQUETE-COURRIER	15
1.3.1 <i>Caractéristiques des réseaux réparés</i>	15
1.3.2 <i>Défauts des réseaux d'assainissement</i>	16
1.3.3 <i>Travaux d'injection de résines mises en œuvre</i>	17
1.3.4 <i>Contrôles de travaux réalisés</i>	18
1.3.5 <i>Documents relatifs aux travaux d'injection disponibles</i>	18
1.4 CRITERES DE PRE – SELECTION DES CHANTIERS	18
1.5 LES CHANTIERS D'INJECTION DE RESINES PRE-SELECTIONNES	20
1.6 CONCLUSIONS	20
<b>2 SELECTION FINALE DES CHANTIERS D'INJECTION DE RESINE D'ETANCHEMENT</b>	<b>21</b>
2.1 PRINCIPES DE SELECTION FINALE DES CHANTIERS	21
2.1.1 <i>Collecte des informations</i>	21
2.1.2 <i>Analyse des données disponibles sur le chantier</i>	21
2.1.3 <i>Reconnaissance de site</i>	22
2.1.4 <i>Synthèse des critères de sélection de chantiers</i>	22
2.2 CARACTERISTIQUES DES CHANTIERS SELECTIONNES	22
<b>3 REALISATION DES INVESTIGATIONS SUR CHANTIERS</b>	<b>25</b>
3.1 DESCRIPTION DU PROTOCOLE D'ESSAIS	25
3.1.1 <i>Logigramme de test</i>	25
3.1.2 <i>Description des dispositifs techniques</i>	27
3.1.3 <i>Tolérances admises pour les tests d'étanchéité à l'eau</i>	28
3.2 DEROULEMENT DES INVESTIGATIONS	30
3.2.1 <i>Quantitatifs des essais réalisés par chantier testé</i>	30
3.2.2 <i>Observations sur les conditions de réalisation des investigations</i>	30
3.2.3 <i>Tests ponctuels d'étanchéité croisés à l'eau et à l'air</i>	31
3.2.4 <i>Illustrations du déroulement des essais</i>	32
<b>4 SYNTHESE DES RESULTATS DES INVESTIGATIONS</b>	<b>34</b>
<b>5 ANALYSE DES RESULTATS DES INVESTIGATIONS</b>	<b>35</b>
5.1 INFLUENCE DU TYPE DE RESINE EMPLOYEE	35
5.2 INFLUENCE DE L'AGE DES INJECTIONS	35
5.3 INFLUENCE DU CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	35
5.4 INFLUENCE DU VOLUME DE RESINE INJECTE	35
<b>6 COMPARAISON TECHNICO-ECONOMIQUE DES DIFFERENTES TECHNIQUES PONCTUELLES D'ETANCHEMENT</b>	<b>37</b>
6.1 LES TECHNIQUES DE REPARATION PONCTUELLE D'ETANCHEMENT	37
6.2 COMPARAISON DU COUT DES TECHNIQUES	38
<b>7 CONCLUSIONS</b>	<b>39</b>

**ANNEXE 1 : REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

**ANNEXE 2 : EXEMPLES DE RAPPORT D'INJECTION.**





## PREAMBULE

Pour rétablir l'étanchéité des réseaux d'assainissement, une des techniques disponibles consiste à colmater le défaut ponctuel d'étanchéité (emboîtement, fissure circulaire, perforations) par injection. Cette technique - injection ponctuelle d'étanchement - est utilisée en France depuis les années 1970 [BRUYELLE, 1997]. Elle est généralement mise œuvre sur réseau d'assainissement ancien, suite à une étude diagnostique, avec pour objectif principal la réduction des infiltrations d'eaux claires parasites, le cas échéant des exfiltrations d'effluents vers le sol environnant.



**Figure 1 : Exemple d'infiltration apparente à un emboîtement de canalisations**

Cinq procédés d'injection d'étanchement sont recensés en France [RESEAU d'ILE-DE-France, 2000]. Aucun de ces procédés ne fait l'objet d'un avis technique.

Procédés	Fonctions	Composants	Fournisseur
<b>CHERNE</b>	Etanchéité	Cas courant : Résine polyuréthane Autre : Résine acrylique	3M, De Neff france
<b>CUES PENETRYN</b>	Etanchéité	Cas courant : Résine acrylique Autre : Résine polyuréthane	Cues, 3M, De neff
<b>DECI</b>	Etanchéité	Résine polyuréthane aquaréactive	DENYS
<b>ERGELIT Kombina i</b>	Mécanique (consolidant) Etanchéité	Mortier Ergelit Kombina i	Rainer HERMES
<b>SEAL-i-TRYN</b>	Etanchéité	Résine acrylique	Unité de traitement : IBAK Résine : De neef France

**Figure 2 : Procédés d'injection ponctuelle d'étanchement [RESEAU Ile-de-France, 2000]**

Les produits colmatants les plus largement utilisés pour ce type de réparation ponctuelle en réseau d'assainissement non visitable sont des résines acryliques et des résines polyuréthanes. La résine et son catalyseur sont injectés sous forme [BRUYELLE J.-C., 1997] :

- liquide pour les gels acryliques qui ont une viscosité proche de celle de l'eau (ce qui permet une très bonne dispersion dans le terrain),
- pâteuse pour les gels polyuréthanes (ce qui permet la formation d'un anneau étanche au niveau du défaut).

Cette caractéristique explique les différences de quantités de résines qui peuvent être mises en œuvre selon le type de résines. Ainsi des hypothèses de quantités de résines habituellement faites pour l'estimation du coût de la réparation sont les suivantes (un joint fuyard sur trois en test systématique) [BRUYELLE, 1997]:

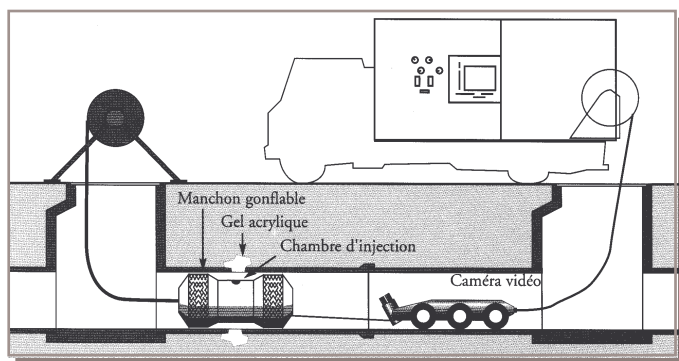
Diamètre	Procédé PENETRYN	Procédé CHERNE
----------	------------------	----------------

200 mm	25 litres	0,6 litre
400 mm	50 litres	1,2 litre
600 mm	75 litres	1,8 litre
1 000 mm		3 litres

**Figure 3 : Hypothèses habituelles de prévision de quantités de résine ([BRUYELLE, 1997])**

Après réalisation des travaux préparatoires (dérivation des effluents, curage hydrodynamique soigné, enlèvement des obstacles et vérification de l'état d'accueil par inspection télévisée), le phasage des travaux est le suivant [AGHTM, 1998] :

- Mise en place du câble de traction,
- Sous contrôle caméra :
  - Mise en place du manchon au droit du joint ou du défaut,
  - Gonflage du manchon,
  - Test d'étanchéité,
  - Injection des composants,
  - Polymérisation ou durcissement selon produit,
  - Renouvellement du cycle si nécessaire,
- Autocontrôle de l'étanchéité,
- Traitement des raccordements (le cas échéant),
- Inspection télévisée d'autocontrôle,
- Remise en service du réseau.



**Figure 4 : Principe de l'injection ponctuelle d'étanchement au moyen d'un manchon (source : document INSITUFORM)**



**Figure 5 : Exemple de manchons (packers) d'injection (source : Valentiin TP)**

Peu d'éléments sont disponibles pour guider un maître d'ouvrage ou d'un maître d'œuvre dans le choix du procédé. Les recommandations pour la réhabilitation des réseaux d'assainissement [AGHTM, 1998] indiquent que « *le type de résines employée doit être adapté au degré hygrométrique du sol environnant, l'efficacité de la technique est liée à la nature ou à la variabilité de l'environnement immédiat* ». Pour le procédé CUES-PENETRYN, il est précisé que le type de résine est choisi en fonction de l'hygrométrie [FSTT, NANCIE, 1992]. Les résines acryliques présentent de risque de dessiccation lorsqu'elles se trouvent en zone aride et ventilée [BRUYELLE J.-C., 1997] : « *en principe il n'y a pas de risque de dessiccation lorsque le taux d'hygrométrie reste supérieur à 80% et lorsqu'il n'y a pas de ventilation, ce qui est le cas des produits injectés dans les terrains. Cette particularité montre, selon qu'il n'y a pas de*

*risque à utiliser les résines acryliques dans des réseaux d'eaux usées ou dans des réseaux unitaires. Par contre un risque de dessiccation peut exister lorsqu'il s'agit de traiter un réseau pluvial dans une zone aride, du fait des périodes sèches aléatoires »*

En 1995, le LCPC et les Agences de l'Eau ont co-financé une première étude en vue d'évaluer l'efficacité des injections de résines d'étanchement. Cette étude, réalisée par le GEMCEA, le LROP, le LRPC de Bordeaux et le LRPC de Nancy, a dressé un premier bilan de l'efficacité de ces traitements. Trente sept tronçons traités par cette méthode ont été sélectionnés à partir d'une enquête, représentant une douzaine de chantiers. Les travaux d'injection avait une ancienneté de 5 ans et moins, à l'exception de deux chantiers d'une dizaine d'années d'ancienneté. Les résines utilisées étaient le polyuréthane (1/3), l'acrylique (1/3) et 1/3 de résines employées n'ont pu être identifiées. Les tests d'étanchéité globaux par tronçon (à l'air ou à l'eau) se sont avérés conformes pour 46 % des tronçons. Le test global du tronçon est pénalisant en terme d'évaluation de l'efficacité des travaux de réhabilitation (tous les défauts n'avaient peut-être pas pu être testés, comme les fissures longitudinales, les raccordements de branchements ; de nouveaux défauts ont pu apparaître). Puis sur les 255 joints réhabilités qui ont pu être testés en étanchéité, 229 se sont avérés conformes, soit 90 %. Les tests ponctuels d'étanchéité ont été réalisés par différentes entreprises et différents protocoles d'essais selon les chantiers (à l'eau et à l'air à différentes pression). Les résultats des tests joint par joint n'ont pas apparus être influencés par la nature de la résine employée. Les auteurs de l'étude avaient souligné l'importance du diagnostic préalable aux travaux, dont les éléments n'avaient pas toujours pu être collectés lors de la sélection des sites.

A la demande de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse et de la DRAST, dans le cadre du Projet National RERAU, le CETE de l'Est - LRPC de Nancy a été missionné pour réaliser une nouvelle évaluation de la pérennité des injections de résines d'étanchement près d'une dizaine d'années après cette première étude. Cette étude vise ainsi à dresser un bilan de l'efficacité de ces travaux de réhabilitation à partir de l'évaluation d'un échantillon d'une dizaine de chantiers.

La réalisation d'essais d'étanchéité permet ainsi de :

- juger de l'efficacité des travaux réalisés ;
- identifier les paramètres influençant l'efficacité des injections de résines d'étanchement ;
- apporter des éléments, au travers des expériences analysées, sur les études préalables à l'utilisation des résines d'étanchement, les méthodes de mise en œuvre, les contrôles de mise en œuvre et préalables à la réception à réaliser.

Les différentes étapes de l'étude sont les suivantes :



Le présent rapport, après une présentation du mode de sélection des chantiers sur le bassin Rhin-Meuse et des principales caractéristiques des chantiers sélectionnés, dresse une synthèse des résultats des investigations réalisées (inspection télévisée des réseaux et tests d'étanchéité), analyse les résultats obtenus au regard de différents critères et formule des conclusions quant à la pérennité des injections de résines réalisées.

# 1 PRE-SELECTION DES CHANTIERS D'INJECTION DE RESINES D'ETANCHEMENT

## 1.1 Méthodologie d'enquête pour le recensement des chantiers

Le recensement des chantiers d'injection de résines d'étanchement sur le bassin Rhin – Meuse a été réalisé par une enquête courrier auprès des différents acteurs :

- maîtres d'ouvrage : échantillon constitué à partir de la base de données de l'AERM portant sur les opérations subventionnées (élimination d'eaux claires parasites) et les communes de plus de 5 000 habitants ;
- maîtres d'œuvre publics (DDE, DDAF) et privés ;
- exploitants de réseaux ;
- entreprises de réhabilitation pratiquant des travaux d'injection.

Environ 800 questionnaires de recensement ont été envoyés en novembre-décembre 2002.

Le questionnaire de recensement a visé l'identification des principales caractéristiques du chantier :

- identité du répondeur ;
- localisation des travaux : maître d'ouvrage, commune, maître d'œuvre ;
- les caractéristiques du réseau réparé : type de réseau, matériau, âge, localisation, linéaire, section, environnement géologique et hydrogéologique;
- les défauts du réseau ayant justifié les travaux : circonstances de l'identification des défauts, les types de défauts et leur localisation ;
- les techniques d'injection mises en œuvre : dates des travaux, entreprise, type de produit colmatant employé et technique d'application ;
- les contrôles réalisés : type de contrôles, opérateur et rapport ;
- les documents disponibles.

Il était accompagné d'une fiche synoptique décrivant les objectifs, la méthodologie et le phasage de l'étude.

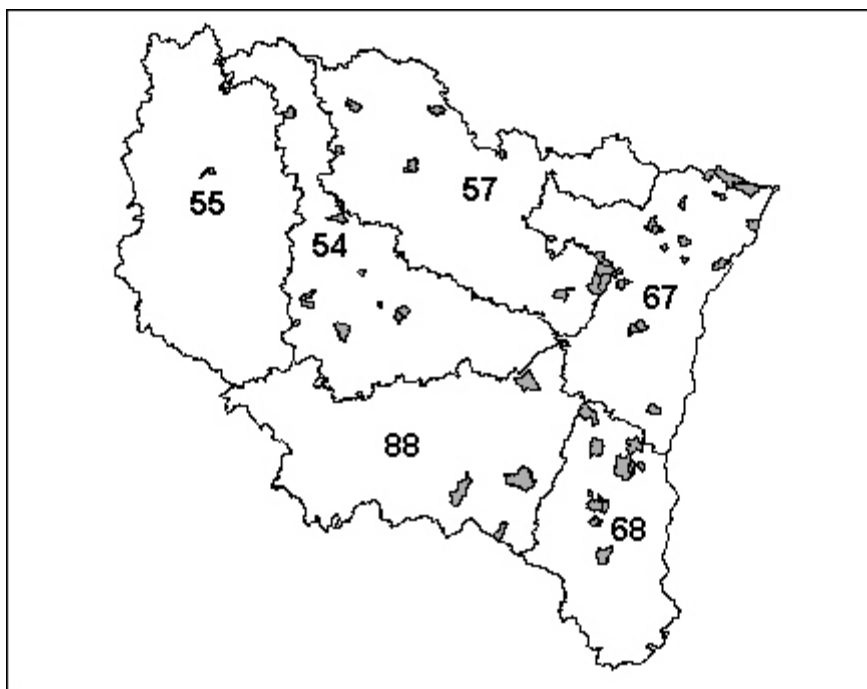
## 1.2 Réponses obtenues à l'enquête-courrier

Près de cent cinquante réponses ont été retournées, ce qui représente un taux de réponses d'environ 20%. Trente huit organismes ont répondu positivement en proposant un ou plusieurs chantiers.

Département	54	55	57	67	68	88	TOTAL
-------------	----	----	----	----	----	----	-------

<b>Nombre de chantiers</b>	10	1	6	22	11	4	<b>54</b>
----------------------------	----	---	---	----	----	---	-----------

**Tableau 1 : Répartition des chantiers proposés par département**

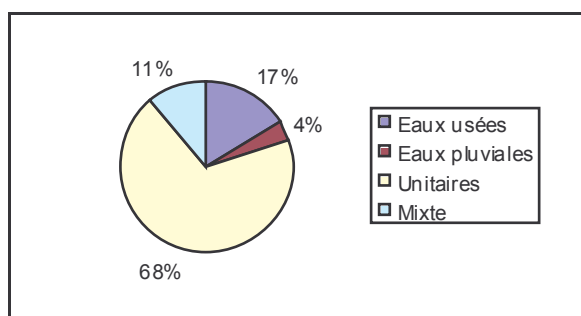


Carte 1 : Localisation des chantiers recensés par département (BD CARTO IGN).

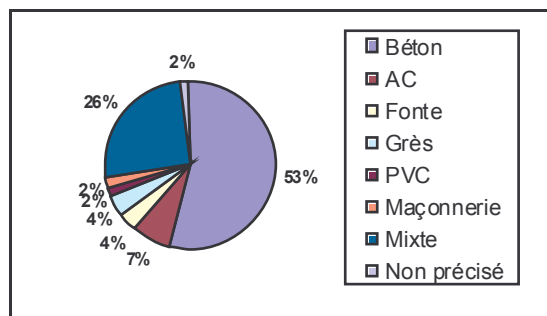
Une base de données des chantiers recensés a été constituée dans l'environnement MAPINFO, reprenant l'ensemble des rubriques du questionnaire d'enquête. Ce logiciel permet de réaliser des traitements statistiques de données et des représentations cartographiques.

### 1.3 Analyse des résultats de l'enquête-courrier

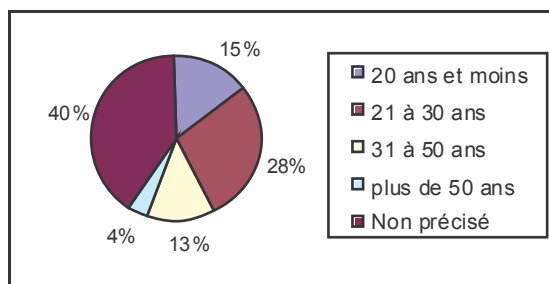
#### 1.3.1 Caractéristiques des réseaux réparés



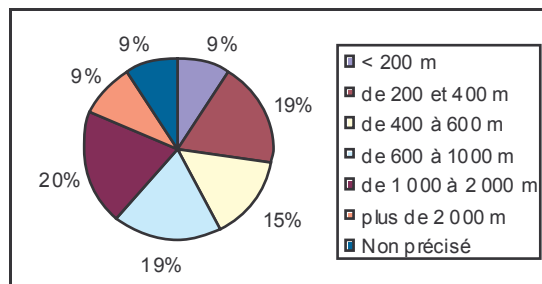
Graphique 1 : - Types de réseaux



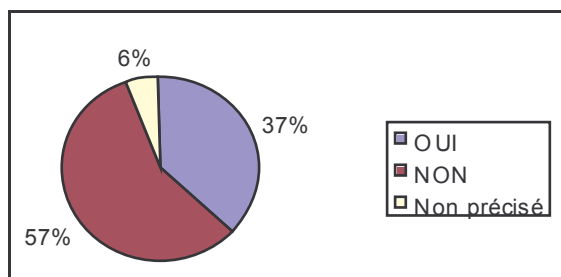
Graphique 2 : Nature des matériaux



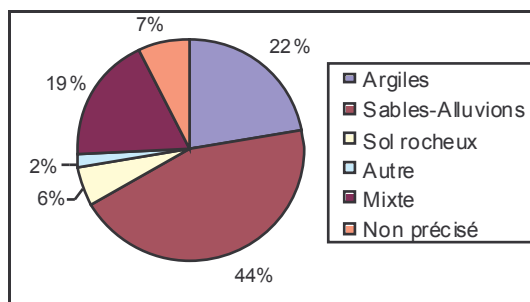
Graphique 3 : Âge des réseaux réparés



Graphique 4 : Linéaire de réseau réparé



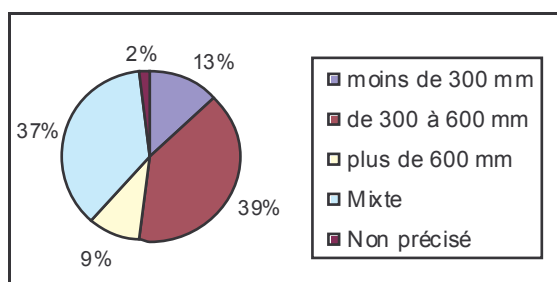
**Graphique 5 : Présence d'une nappe**



**Graphique 6 : Environnement géologique**

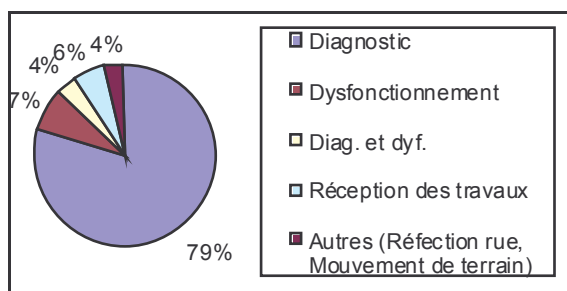
La majorité des réseaux réparés, recensés lors de l'enquête, sont :

- de type unitaire ( 68%),
- en matériau béton (53%),
- âgés de plus de 20 ans (67%),
- d'environnement géologique constitué d'argiles et de sables-alluvions (66%).

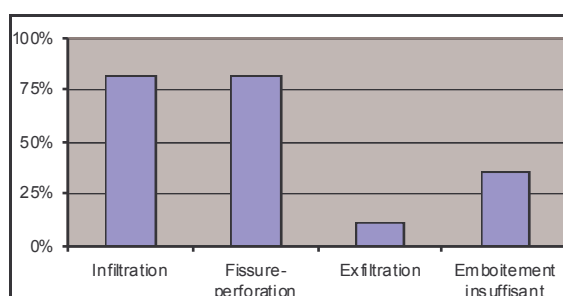


**Graphique 7 : Diamètre des canalisations**

### 1.3.2 Défauts des réseaux d'assainissement



**Graphique 8 : Circonstances de l'identification des défauts**

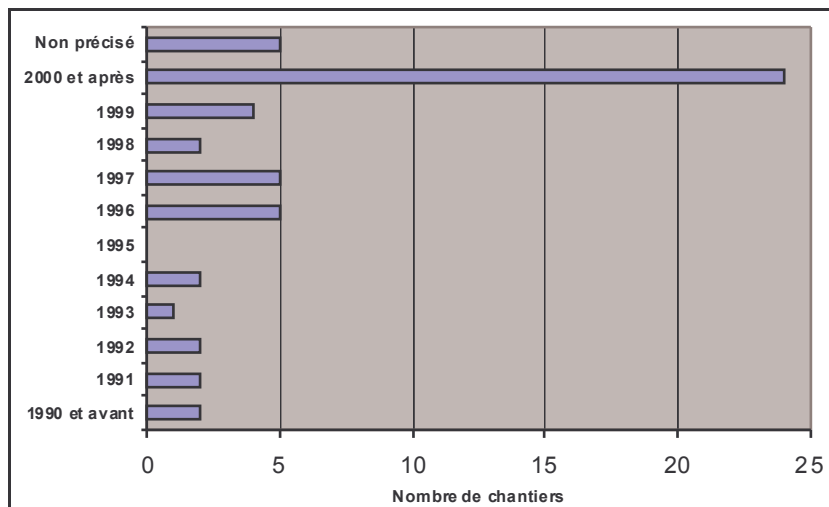


**Graphique 9 : Fréquence des défauts sur le collecteur principal**

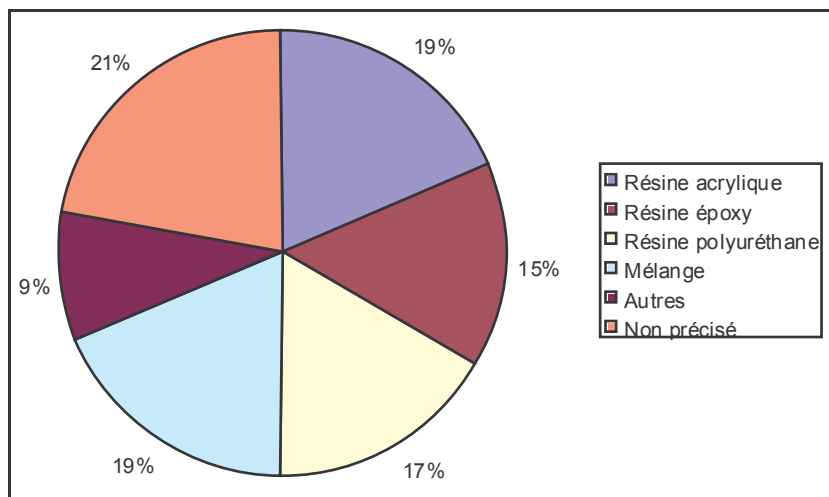
Les travaux de réparation font généralement suite à une étude diagnostic du réseau d'assainissement (79%). Les défauts les plus fréquemment rencontrés sont des infiltrations et des fissures-perforations.



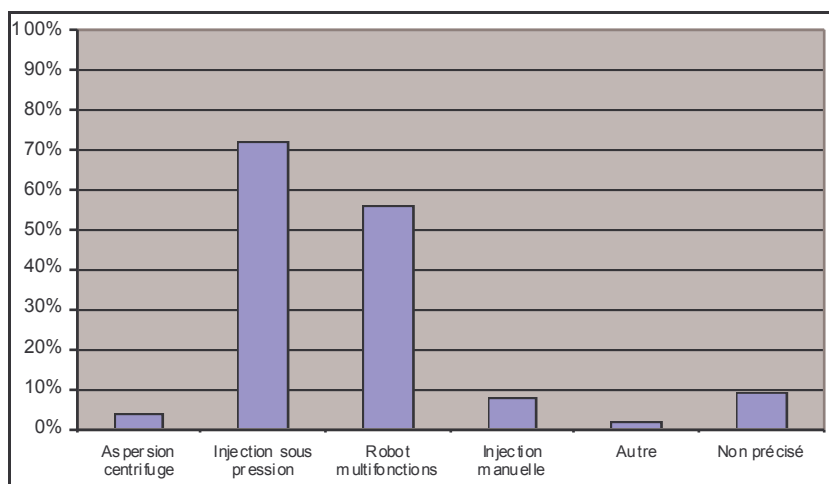
### 1.3.3 Travaux d'injection de résines mises en œuvre



Graphique 10 : Année de réalisation des travaux

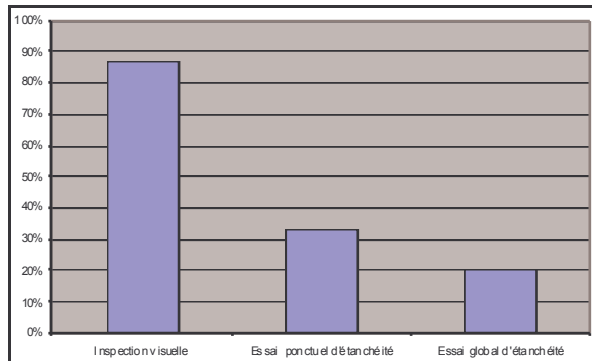


Graphique 11 : Répartition des types de produit colmatant employé

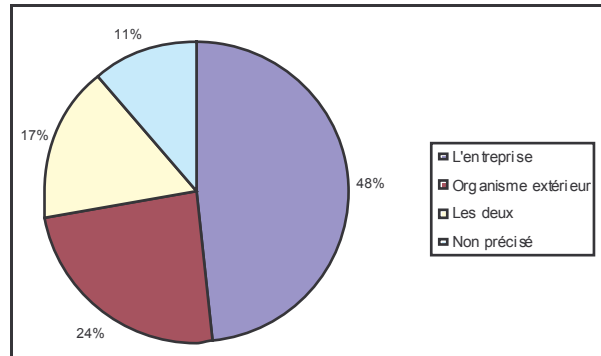


Graphique 12 : Fréquence d'application des différentes techniques

### 1.3.4 Contrôles de travaux réalisés

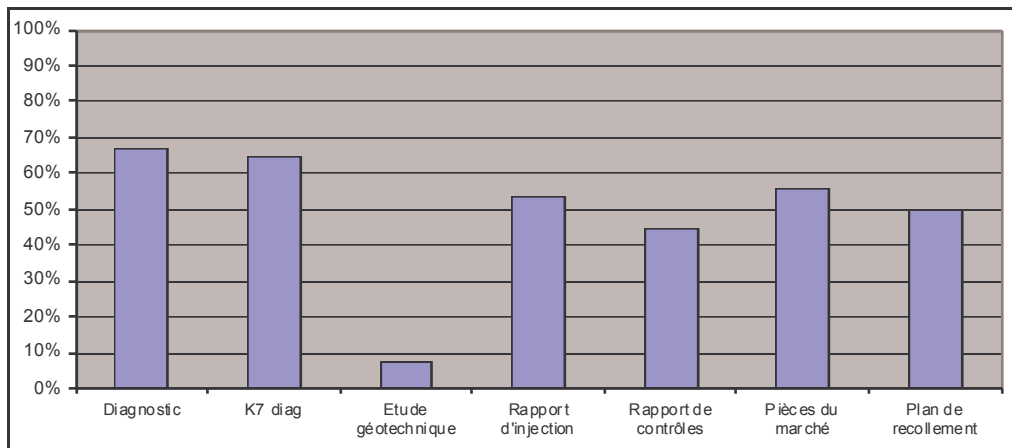


Graphique 13 - Types et fréquence des contrôles réalisés



Graphique 14 : Opérateurs ayant réalisés les contrôles

### 1.3.5 Documents relatifs aux travaux d'injection disponibles



Graphique 15 : Fréquence de disponibilité des différents documents

## 1.4 Critères de pré - sélection des chantiers

La pré - sélection des chantiers vise à identifier des chantiers potentiellement adaptés à l'étude. La sélection définitive est ensuite réalisée après consultation des acteurs concernés, collecte des documents disponibles, et des reconnaissances de terrain permettant de juger de la faisabilité des essais.

Seulement quatre critères de pré-sélections discriminants ont été retenus :

- **travaux antérieurs à 2000** (année de réalisation inférieure ou égale à 1999), ce qui représente des chantiers d'une ancienneté minimale de 5 ans;
- **disponibilité du rapport d'injection** permettant de dénombrer le nombre d'injections réalisées et si possible leur localisation ;
- **linéaire de réseau réhabilité supérieur à 200 mètres** pour une raison de coût d'installation de chantier;
- chantier portant au moins pour partie sur des canalisations circulaires de diamètre compris **entre 300 et 600 mm**.



## 1.5 Les chantiers d'injection de résines pré-sélectionnés

Sur la base des critères présentés précédemment, les chantiers suivants ont été pré-sélectionnés.

Communes	Type de réseau	MATERIA U	Longueur (ml)	Ø (mm)	NAPPE	GEOLOGIE	ANNEE TRAVAU X	ENTREPRISE	Type de produits
JARVILLE	EU	Béton	1380	600	non	Argiles	1996		E
LANDONVILLERS	UNI	Béton	201	300 à 700	non	Argiles	1991	A	Résine
AVOLSHEIM - MOLSHEIM	UNI	Béton	1040	300 à 1000	oui	Sables-alluvions	1999	B- X	P A E
BEINHEIM	UNI	Béton, AC	600	200 à 500	oui	Sables-alluvions	1997	X	E
ECKARTSWILLER- OTTERSTHAL	UNI	Béton, AC	800	200 à 500	non	Sables-alluvions, Sol Rocheux, sable gréseux	1992	F-B	AA E
GOTTENHOUSE - HAEGEN - REINHARDSMUNSTER -THAL-MARMOUTIER	EU-UNI	Béton, AC	1100	200 à 700	non	Sol Rocheux, marno-calcaire, sable gréseux	1996	F - B	P A E
LOCHWILLER - REUTENBOURG	EU-UNI	Béton, AC	1000	250 à 800	non	Argiles, Marnes	1990	F	A
MUTZIG	UNI	Béton	1600	300	oui	Sables-alluvions	1999	I - A	P A E
OTTERSWILLER	EU-UNI	Béton, AC	3200	250 à 900	non	Argiles, Marnes	1997	H- A	P A E
SAVERNE	UNI	Béton	2600	250 à 800	non	Argiles, Sables-alluvions	1993	H- G	A E
HORBOURG -WIHR	UNI	Béton	1585	400 à 800	oui	Sables-alluvions	1997	D	P
HORBOURG -WIHR	UNI	Béton	1780	200 à 900	oui	Sables-alluvions	1991	A- D	P
SOULTMATT et WINTZFELDEN	UNI	Béton, AC	1695	300 à 600	non	Argiles, Sables-alluvions	1992	A	A
WESTHALTEN	UNI	Béton	1445	500 à 700	oui	Sables-alluvions	1994	A	A
RAMONCHAMP	UNI	Béton	350	300-400	non	Sables-alluvions	1997	B	P A E,

Type de réseau : EU eaux usées, UNI unitaire

Type de produit : A acrylique, E époxy P polyuréthane

**Tableau 2 : Liste des chantiers présélectionnés et leurs principales caractéristiques.**

## 1.6 Conclusions

La première phase de l'étude a permis, au moyen d'une enquête-courrier, de recenser une cinquantaine de chantiers de travaux d'injection sur le territoire de l'Agence de l'eau Rhin Meuse. Une quinzaine de chantiers a alors été présélectionnée, sur la base des quatre critères suivants :

- **travaux antérieurs à 2000** (année de réalisation inférieure ou égale à 1999), ce qui représente des chantiers d'une ancienneté minimale de 5 ans ;
- **disponibilité du rapport d'injections** permettant de dénombrer le nombre d'injections réalisées et si possible leur localisation ;
- **linéaire de réseau réhabilité supérieure à 200 mètres**, pour une raison de coût d'installation du chantier de contrôles ;
- chantier portant au moins pour partie sur des canalisations circulaires de diamètre compris entre 300 et 600 mm.

## 2 SELECTION FINALE DES CHANTIERS D'INJECTION DE RESINE D'ETANCHEMENT

### 2.1 Principes de sélection finale des chantiers

#### 2.1.1 Collecte des informations

Pour l'ensemble des chantiers présélectionnés, l'ensemble des documents disponibles relatifs aux ouvrages et aux travaux ont été collectés auprès du maître d'ouvrage et du maître d'œuvre, en particulier :

- diagnostic préalable du réseau d'assainissement, inspection télévisée préalable ;
- rapport des travaux d'injection établi par l'entreprise ;
- rapport de contrôles ;
- pièces du marché d'injection ;
- plan du réseau.

On peut noter qu'aucune étude géotechnique n'a été collectée. Ceci peut s'expliquer par l'ancienneté des réseaux. Néanmoins l'environnement géologique et hydrogéologique a pu être qualifié.

#### 2.1.2 Analyse des données disponibles sur le chantier

L'analyse des rapports d'injections des entreprises a porté sur la précision des informations fournies, en particulier pour chaque tronçon réhabilité, le dénombrement et la localisation précise des injections. En général, la position en mètre depuis le regard de visite, de l'emboîtement ou du défaut traité est indiquée (fiche établie par tronçon ; cf. exemple de fiche d'injections en annexe 1). Dans le cas contraire, le chantier a été exclu.

Le volume de résine injectée, exprimé en litre, est généralement indiqué. Il peut constituer un indicateur intéressant à exploiter dans la suite de l'étude.

Ensuite pour chaque tronçon réhabilité, le taux d'injection a été calculé comme suite :

$$\text{Taux d'injection} = \frac{\text{Nombre d'injections}}{\text{Nombre de tests d'étanchéité}}$$

Le taux d'injection est considéré comme un indicateur de l'étanchéité initiale globale du tronçon. On recherche ainsi autant que possible à sélectionner des tronçons à taux d'injection élevé pour des raisons de coûts d'installation de chantier et pour harmoniser cette "étanchéité initiale" des tronçons testés.

### 2.1.3 Reconnaissance de site

Les chantiers proposés ont ensuite été reconnus par une équipe de techniciens afin d'examiner les aspects suivants :

- accessibilité et circulation ;
- débits transitant dans les ouvrages ;
- état d'encrassement ;
- disponibilité d'eau à proximité.

### 2.1.4 Synthèse des critères de sélection de chantiers

Les critères de sélection finale des chantiers, puis des différents tronçons d'un même chantier, peuvent se résumer comme suit :

- indication de la localisation des sections injectées dans le rapport d'injection de l'entreprise ;
- quatre tronçons au minimum de diamètre compris entre 300 et 600 mm, avec un taux d'injection élevé ;
- contraintes de circulation limitée ;
- débit permanent d'effluents aisément dérivable.

## 2.2 Caractéristiques des chantiers sélectionnés.

Dix chantiers ont été sélectionnés sur le territoire de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse. Ils représentent :

- un linéaire total de 7 620 mètres de réseaux d'assainissement,
- un nombre de 2 795 tests ponctuels d'étanchéité,
- un nombre de 1761 injections, soit un taux moyen d'injection de 63%.

Les tableaux suivants dressent les principales caractéristiques des chantiers sélectionnés et des tronçons retenus pour chaque chantier.

N°	Communes	Type de réseau	Matériau	Age	Zone	Fil d'eau	Nappe	Géologie
54004	HERSERANGE	Eaux usées	Béton	NP	Zone Urbaine	1,70 m	non	Sol Rocheux
57001	COURCELLES-CHAUSSY	Eaux usées	Béton	40	Zone Urbaine	2,00 m	non	Argiles
67001	AVOLSHEIM	Unitaire	Béton	NP	Zone Rurale	2,50 m	oui	Sables-alluvions
67004	OTTERSTHAL	Unitaire	Béton	25-33	Zone Mixte	2,30 m	non	Sables gréseux
67006	REINHARDSMUNSTER	Eaux usées - Unitaire	Béton	23-31	Zone Mixte	2,50 m	non	Sol rocheux marno-calcaire, sable gréseux

67013	LOCHWILLER	Eaux usées - Unitaire	Béton	23-25	Zone Rurale	2,50 m	non	Argile, marnes
67015	MUTZIG	Unitaire	Béton	NP	Zone Rurale	2,20 m	oui	Sables-alluvions
67017	SAVERNE	Unitaire	Béton	NP	Zone Urbaine	2,00 m	non	Argiles, Sables-alluvions
68010	WESTHALEN	Unitaire	Béton	NP	Zone Rurale	1,80 m	oui	Sables-alluvions
88003	RAMONCHAMPS	Unitaire	Béton	30	Zone Urbaine	2,50 m	non	Sables-alluvions

NP : non précisé

### Tableau 1- Principales caractéristiques des sites sélectionnés

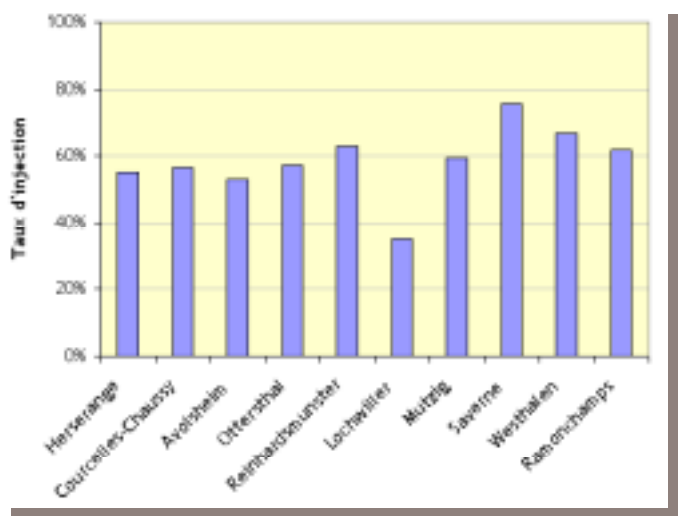
Les réseaux sont dans leur ensemble de type eaux usées ou unitaires, en matériau béton. On note une diversité satisfaisante des conditions d'environnement géologique et hydrogéologique.

N°	Communes	Année	Produit*	Linéaire total (m)	Nombre de tests	Nombre d'injections	Taux injection
54004	HERSERANGE	1997	Acrylique (ROCAGIL BT)	370	190	105	55%
57001	COURCELLES-CHAUSSEY	1991	Résine	659	319	180	56%
67001	AVOLSHEIM	1999	Polyuréthane, Acrylique, Epoxy (Rhône POULENC)	338	106	56	53%
67004	OTTERSTHAL	1992	Acrylique, Epoxy	588	219	125	57%
67006	REINHARDSMUNSTER	1994	Acrylique, Epoxy	478	162	102	63%
67013	LOCHWILLER	1990	Acrylique	789	208	73	35%
67015	MUTZIG	1999	Acrylique, Epoxy	864	275	163	59%
67017	SAVERNE	1993	Acrylique	2441	963	727	75%
68010	WESTHALEN	1994	Acrylique	804	238	159	67%
88003	RAMONCHAMPS	1997	Acrylique	289	115	71	62%
				<b>7620</b>	<b>2795</b>	<b>1761</b>	<b>63%</b>

\* : indiqué par le maître d'ouvrage ou le maître d'œuvre sur le questionnaire renseigné lors de l'enquête.

**Tableau 2- Caractéristiques des injections réalisées**

En accord avec les objectifs visés par l'étude, les chantiers sélectionnés offrent une ancienneté variée, de 5 à 14 ans. La majorité des travaux a été réalisée par deux sociétés. Concernant le produit colmatant utilisé, il s'agit de l'information fournie par le maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage. L'analyse des documents recueillis et des quantités de résines mises en œuvre, d'après les rapports d'injection fournis, permettent de supposer que **seuls des produits acrylique ont été mis en œuvre pour les injections ponctuelles d'étanchement au moyen de manchon.**



Les **taux d'injection** sont de l'ordre de 50 à 70%, à l'exception du chantier de LOCHWILLER (moins de 35%).

**Figure 6 : Taux d'injection des chantiers sélectionnés**

Pour chaque chantier, plusieurs tronçons ont été sélectionnés pour faire l'objet d'investigations : inspection télévisée et tests d'étanchéité. Une fiche de synthèse descriptive a été établie, jointe dans les rapports de chantiers.



### 3 REALISATION DES INVESTIGATIONS SUR CHANTIERS

#### 3.1 Description du protocole d'essais

##### 3.1.1 Logigramme de test

La figure ci-dessous décrit le protocole d'essais mis en œuvre, validé par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse<sup>1</sup>.

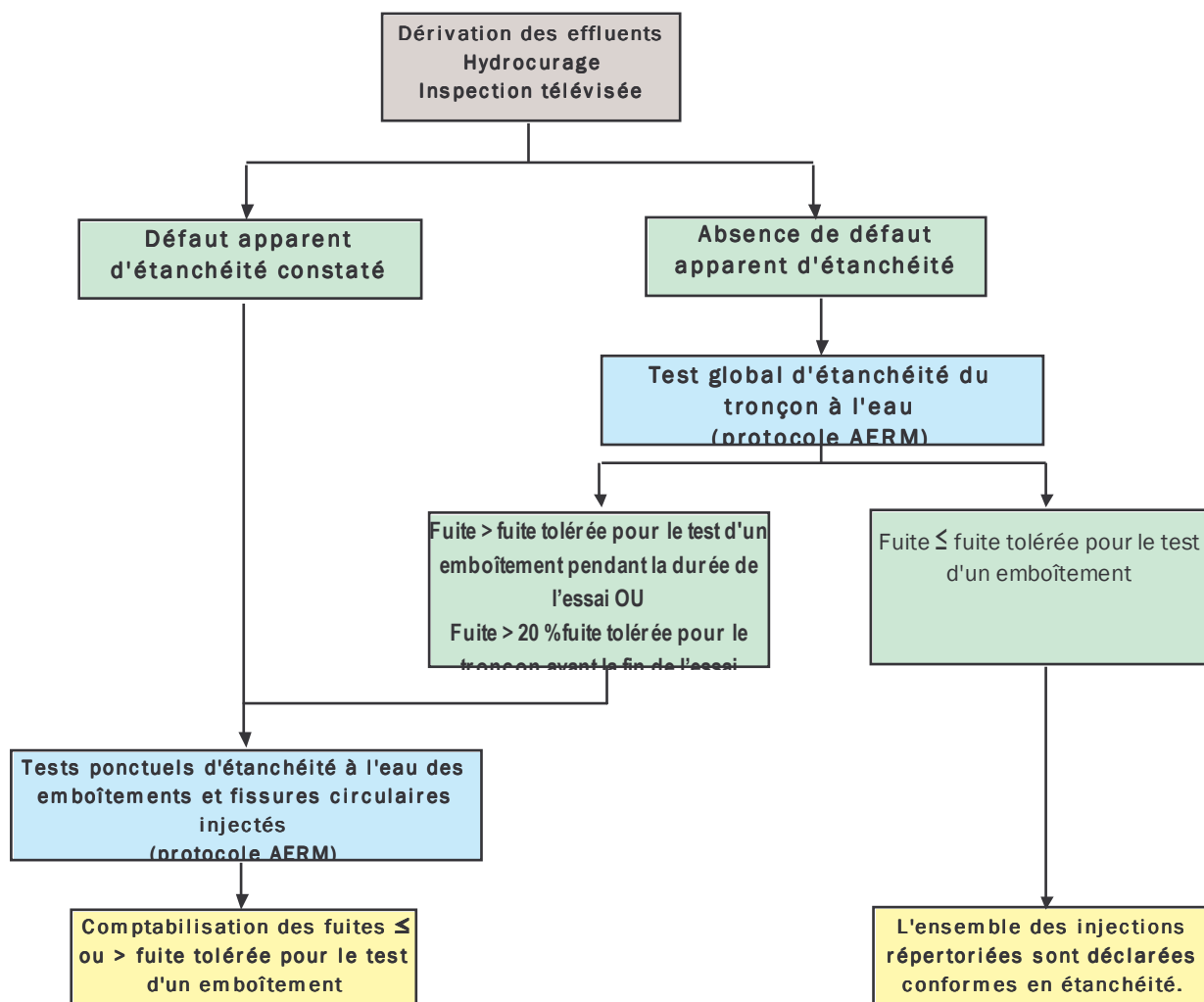


Figure 7 : Logigramme de tests

(\*) Si aucun plan de recollement n'est disponible, la longueur du tronçon devra être mesurée (précision <1 m) pour calculer les tolérances de fuites d'eau pour le test global d'étanchéité.

<sup>1</sup> Compte-rendu de réunion du 31/03/2003.

L'ensemble des investigations (inspection visuelle, essais d'étanchéité) a été réalisé par le CETE de l'Est - LRPC de Nancy.

### 3.1.2 Description des dispositifs techniques

Pour la réalisation des investigations, les matériels suivants ont été mis en œuvre :

Nature de l'investigation	Matériel mis en oeuvre
Inspection télévisée	Caméra JT Electronik couleur à tête rotative.
Test global d'étanchéité à l'eau	Obturbateurs à coussins gonflables.
Test ponctuel d'étanchéité à l'eau	Packers fabriqués sur demande par la société MUSTHANE DN 300, 400 et 500 mm Entre-axes des coussins : 25 cm au repos.
Mesure de fuite	Dispositif de mesures conçu par le LRPC de Nancy, associant trois réserves d'eau calibrées, de volume de 0.1 litre, 1 litre et 20 litres, permettant de mesurer le débit de fuite avec une précision adaptée à l'importance de celui-ci (précision de mesure requise : 0,01 litre). Pression maintenue constante pendant l'essai par injection d'air.

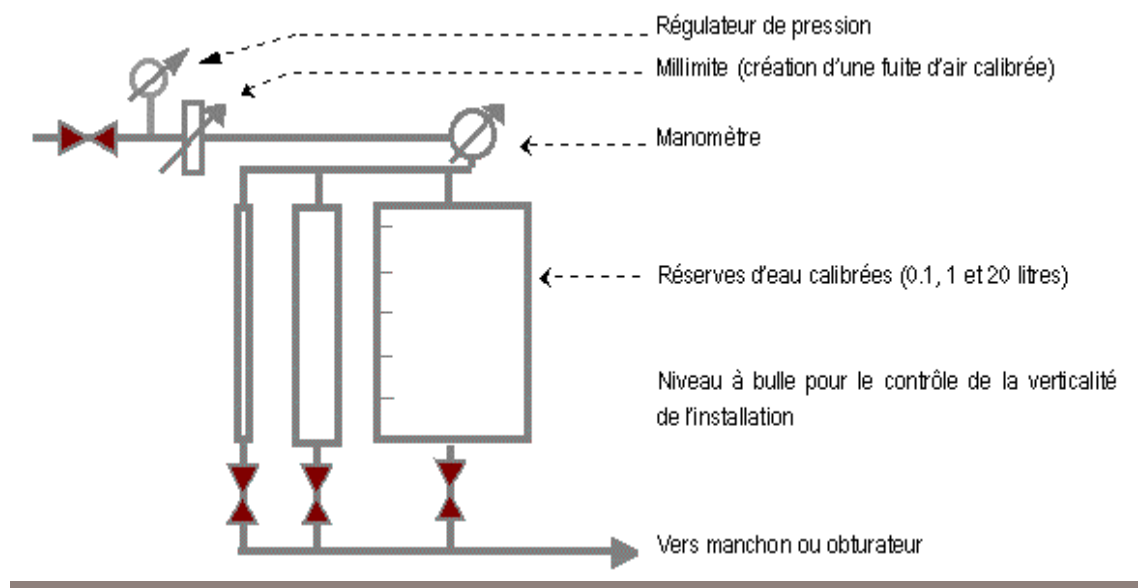


Figure 8 : Dispositif de mesure de fuite

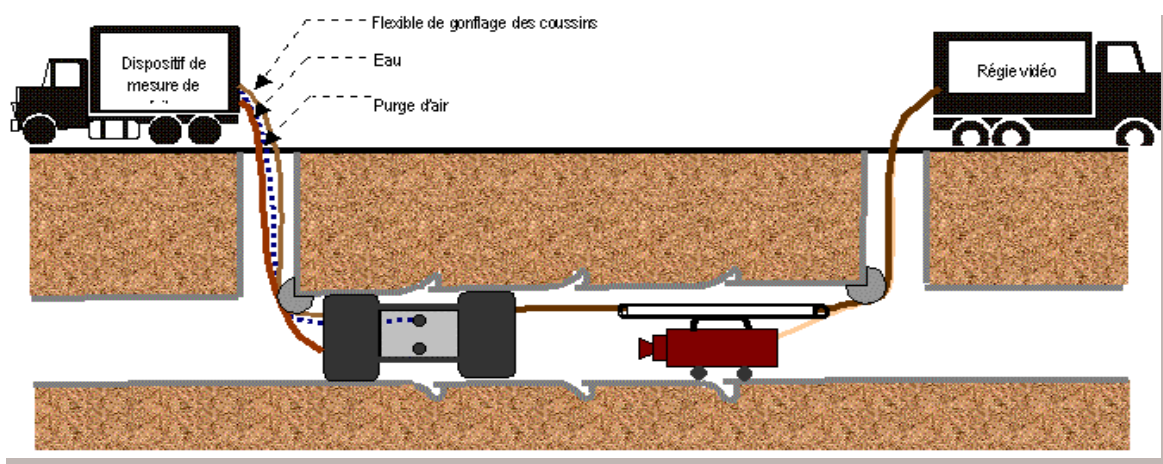


Figure 9 : Schéma du dispositif de test ponctuel d'étanchéité sous contrôle caméra



Photo 1 : Vue des trois réserves d'eau calibrées du dispositif de mesure de fuite (LRPC de Nancy)



Photo 1 : Packer pour test ponctuel d'étanchéité

### 3.1.3 Tolérances admises pour les tests d'étanchéité à l'eau

Deux protocoles sont envisageables pour les tests d'étanchéité à l'eau des canalisations :

- **Spécifications de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse :**

- durée de l'essai : 15 minutes ;
- pression appliquée correspondant à une colonne d'eau de 5 mètres mesurée à partir de la génératrice supérieure du tuyau au point bas du tronçon ; pression maintenue constante pendant toute la durée du contrôle, grâce à un apport continu d'eau d'appoint ; la pression effectivement appliquée est donnée par :

$$P_{\text{appliquée}} \text{ (bar)} = 0,5 \text{ bar} - (\Delta h * 0,1)$$

où  $\Delta h$  représente la hauteur d'eau entre la génératrice supérieure du tuyau et le niveau d'eau dans la réserve calibrée ;

- tolérances d'appoint d'eau : 0,15 litre / m<sup>2</sup> de surface mouillée ; distinction faite entre les matériaux BA, grés, AC, PVC, fonte ; tolérance supplémentaire en cas de présence de piquage dans la paroi du tuyau ;
- **Norme EN1610 - méthode W :**
  - durée de l'essai : 30 +/- 1 minutes.
  - la pression d'essai est celle qui résulte du, ou qui est équivalente au, remplissage de la section à essayer jusqu'au niveau du sol à la hauteur des regards amont ou aval, suivant le cas, avec un maximum de pression de 50kPa et un minimum de pression de 10kPa, mesuré à la génératrice supérieure du tuyau ;
  - la pression doit être maintenue, à 1 kPa près, à la pression définie précédemment définie en rétablissant le niveau initial de l'eau ;
  - la quantité totale d'eau ajoutée pendant l'essai pour satisfaire cette prescription doit être mesurée et relevée, le niveau de l'eau étant celui correspondant à la pression prescrite ; tolérance : la quantité d'eau ajoutée n'est pas supérieure à 0,15 litre /m<sup>2</sup> de surface intérieure mouillée (tolérances identiques quel que soit le matériau de la canalisation ; pas de prise en compte des piquages).

C'est le protocole de l'AERM qui a été retenu, la norme EN1610 étant antérieure à la majorité des chantiers testés. Il s'agit d'essais d'étanchéité à l'eau (bien que l'auto-contrôle des injections par l'entreprise consiste généralement en des tests à l'air).

Diamètre (mm)	Fuite d'eau admissible (en litre / ml de tuyau)
300	0,14
400	0,19
500	0,24
Un piquage dans la paroi du tuyau (AERM)	0,25 l / pièce

**Tableau 3 : Tolérances pour les essais d'étanchéité (cas des tuyaux béton circulaires)**

Concernant l'imbibition préalable, le protocole impose une durée minimale de 1 heure. La canalisation testée étant déjà en service et ayant fait l'objet d'un hydrocurage, il est été retenu de ne pas réaliser d'imbibition préalable du tronçon.

**Test global d'étanchéité du tronçon :**

La tolérance de fuite d'eau totale est calculée préalablement à l'essai d'étanchéité du tronçon en fonction de la longueur du tronçon et de son diamètre :

- si cette tolérance n'est pas dépassée à la fin de la durée de l'essai, le test du tronçon est déclaré conforme ;
- dans le cas contraire, le test est déclaré non conforme (le test peut être interrompu avant la durée d'essai prévue, dès que le débit de fuite excède de 20 % de la tolérance, en particulier s'il n'est pas possible de mettre le tronçon en pression).

### Test ponctuel d'étanchéité:

Concernant les tolérances admises pour les fuites d'eau lors des tests ponctuels d'étanchéité (emboîtement ou fissure circulaire réparés), il a été proposé de se référer à la norme EN 1610 – Article 13-4 : Essais des assemblages seuls (DN > DN1000) : "Pour l'essai d'un assemblage seul, la surface de référence dans la méthode "W" correspond à celle d'un tuyau de 1 m de long (...)", avec une pression d'essai de 50kPa au niveau de la génératrice supérieure intérieure du tuyau.

## 3.2 Déroulement des investigations

### 3.2.1 Quantitatifs des essais réalisés par chantier testé

La description détaillée des 10 chantiers ayant fait l'objet d'investigations est fournie dans les rapports de chantiers ainsi que les résultats des investigations réalisées.

Chantier	Département	Nombre de tronçons évalués	Inspection télévisée	Tests ponctuels d'étanchéité	Nombre d'injections	Nombre de tests ponctuels réalisés
HERSERANGE	54	3	OUI	OUI	27	20
COURCELLES-CHAUSSY	57	4	OUI	OUI	57	47
AVOLSHEIM	67	1	OUI	NON	8	0
OTTERSTHAL	67	5	OUI	NON	57	0
REINHARDSMUNSTER	67	7	OUI	OUI	44	44
LOCHWILLER	67	5	OUI	OUI	34	34
MUTZIG	67	2	OUI	OUI	13	0
SAVERNE	67	5	OUI	OUI	32	24
WESTHALTEN	68	3	OUI	OUI	26	26
RAMONCHAMPS	88	6	OUI	OUI	66	14
<b>TOTAL</b>		<b>41</b>			<b>364</b>	<b>209</b>

Tableau 4 : Chantiers et tronçons testés

### 3.2.2 Observations sur les conditions de réalisation des investigations

Le protocole d'essais prévoit, lorsque cela est techniquement possible, un test global d'étanchéité du tronçon préalablement aux tests ponctuels d'étanchéité. Dans la pratique, les conditions requises sur ces réseaux anciens ne sont pas rencontrées (absence de regard de pied d'immeubles permettant d'obturer les branchements, défaut manifeste d'étanchéité mis en évidence lors de l'inspection télévisée –cassure, etc.).

C'est pourquoi seule l'inspection télévisée préalable et les tests ponctuels d'étanchéité sont réalisés (sous contrôle télévisuelle).

Lorsque l'inspection télévisée met en évidence une infiltration à l'emboîtement injecté, le test ponctuel d'étanchéité n'est pas réalisé, l'emboîtement est déclaré non étanche (cf. RAMONCHAMP, réseau sous nappe).

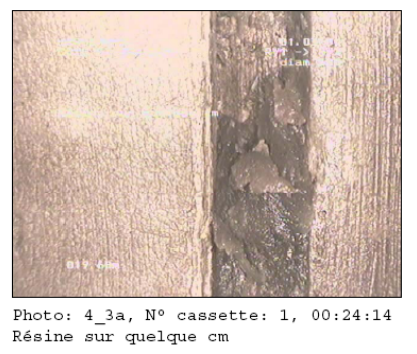


Photo: 4\_3a, N° cassette: 1, 00:24:14  
Résine sur quelque cm

**Figure 10 : Exemple d'aspect d'un emboîtement injecté de résine**

Lors d'un test ponctuel d'étanchéité, il est possible que la pression d'essai ne puisse pas être atteinte. Plusieurs cas peuvent se présenter :

- le défaut d'étanchéité est trop important, il n'est pas possible de pressuriser : l'emboîtement est déclaré non étanche ;
- une fuite se produit au niveau des coussins du packer (détectée par le contrôle caméra) : cette situation a pu être rencontrée :
  - ponctuellement (dépôt non meuble sur la paroi de la canalisation, par exemple), le test ne peut pas être réalisé ;
  - de manière généralisée pour les premiers tests de canalisations de diamètre DN400, correspondant à la gamme supérieure de diamètre du packer DN300-400 mm ; en fait les packers « double-diamètres » se sont avérés insuffisamment fiables au diamètre supérieur ; des modifications apportées par le fabricant aux coussins n'ont pas donné satisfaction ; c'est pourquoi seuls des packers « mono-diamètre » ont finalement été utilisés : DN300, DN400 et DN 500 mm (l'acquisition d'un packer DN600 ne s'est pas justifiée économiquement au vu du faible nombre d'emboîtements de canalisations DN600 mm à tester sur l'ensemble des chantiers sélectionnés).

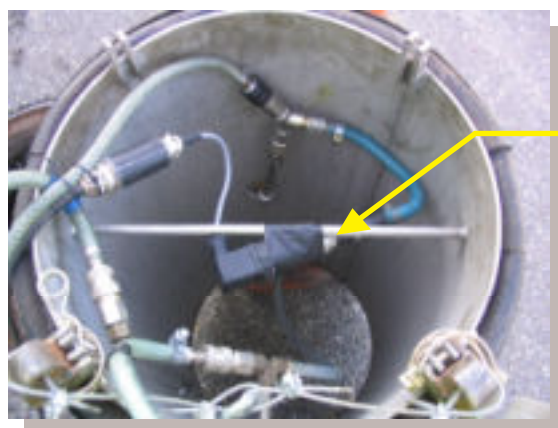
### 3.2.3 Tests ponctuels d'étanchéité croisés à l'eau et à l'air

Des essais d'étanchéité croisés à l'eau et à l'air ont été réalisés sur le site de WESTHALTEN (tronçon RV57 - RV58 rue des Fleurs). Les tests d'étanchéité à l'air ont été réalisés selon la norme NF EN 1610 méthode « L » sur des emboîtements des tuyaux. Ces essais ont eu lieu avant les essais à l'eau. Ils ont visé à vérifier la cohérence entre les essais à l'air et les essais à l'eau. Les trois conditions usuelles de pression ont été utilisées : LB 50 mbars, LC 100 mbars et LD 200 mbars.

L'appareillage utilisé n'est pas un testeur automatique du commerce. Il s'agit d'un ensemble constitué d'une centrale d'acquisition pilotée par un micro-ordinateur et d'un capteur de pression piézoélectrique. Ce capteur qui sert à effectuer les mesures d'air et d'eau a été placé au niveau de la chambre d'injection du packer pour s'affranchir des pertes de charges. Les



tuyaux qui relient la source eau/air et le packer avaient 50 m de long. Les pressions mesurées correspondaient bien ainsi aux pressions de la chambre du packer.



**Figure 11 : Capteur de pression sur le packer**

Capteur

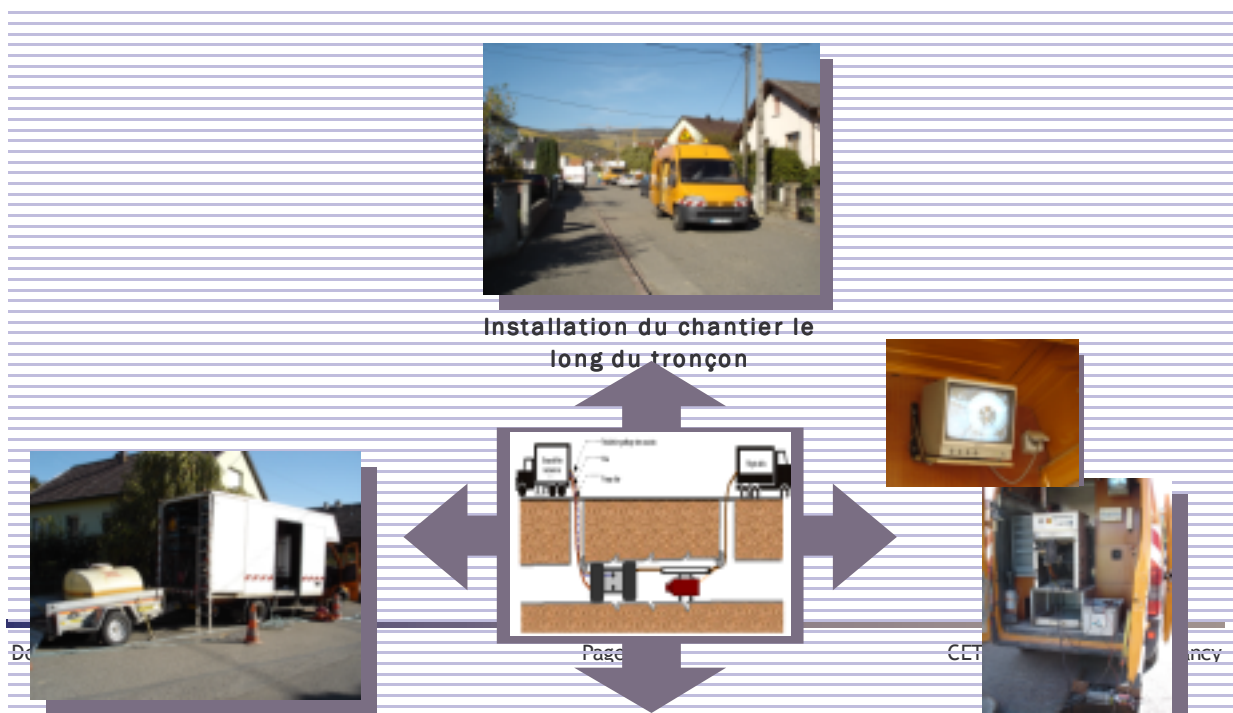
Les dix emboîtements testés à l'air montrent qu'il existe une certaine cohérence entre les essais à l'air et les essais à l'eau :

- sur 7 emboîtements il a été impossible de réaliser les tests à l'air, la mise en pression de 50 mbar était impossible ; la mise en pression de 500 mbar du test à l'eau a été également impossible ;
- sur 2 emboîtements la réalisation des 3 conditions « LB, LC, LD » a montré des tests positifs ; cependant sous la condition LD (200 mbar) on peut remarquer que si le temps d'essai était augmenté le test deviendrait rapidement négatif ; les tests à l'eau ont été négatifs.

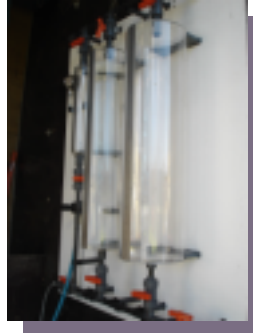
Sur le tronçon testé, les essais ponctuels réalisés ont conduit à un taux d'emboîtements non étanches de 70% pour les essais à l'air, 100 % pour les essais à l'eau.

### 3.2.4 Illustrations du déroulement des essais

Les photographies suivantes illustrent le déroulement du chantier de WESTHALTEN en octobre 2005 (Haut-Rhin).







**Dispositif de mesure de fuite**

**Figure 12 : Déroulement des investigations à WESTHALTEN**

## 4 SYNTHÈSE DES RESULTATS DES INVESTIGATIONS

Le tableau suivant synthétise les résultats obtenus.

Chantiers	Nappe	Géologie	Année	Nombre de tronçons testés	ITV	Tests ponctuels d'étanchéité	Nombre d'injections	Nombre de tests ponctuels réalisés	Étanches	Non étanches	% Non étanches
HERSERANGE <sup>1</sup>	non	Argile, mames	1990	3	OUI	OUI	27	20	4	16	80 %
COURCELLES-CHAUSSEY <sup>1</sup>	non	Argiles	1991	4	OUI	OUI	57	47	10	37	79 %
AVOLSHEIM <sup>2</sup>	non	Sables gréseux	1992	1	OUI	NON	8	0	0	8	100 %
OTTERSTHAL <sup>2</sup>	non	Argiles, Sables-alluvions	1993	5	OUI	NON	57	0	≤ 28	≥ 29	≥ 51 %
REINHARDSMUNSTER	non	Sol rocheux mamocalcaire, sable gréseux	1994	7	OUI	OUI	44	44	9	35	80 %
LOCHWILLER <sup>3</sup>	oui	Sables-alluvions	1994	5	OUI	OUI	34	34	22	12	35 %
MUTZIG	non	Sol Rocheux	1997	2	OUI	NON	13	0	0	13	100 %
RAMONCHAMPS <sup>4</sup>	non <sup>5</sup>	Sables-alluvions	1997	6	OUI	OUI	66	14	≤ 14	≥ 51	≥ 77%
WESTHALTEN	oui	Sables-alluvions	1999	3	OUI	OUI	26	26	0	26	100%
SAVERNE	non	Argiles Sables-alluvions	1993	5	OUI	OUI	32	24	8	18	≥ 69%
<b>TOTAL</b>				<b>41</b>			<b>364</b>	<b>209</b>	<b>≤26%</b>		<b>≥ 67%</b>

1 : Une échantillon de quelques sections injectées n'ont pas été testées.

2 : Des infiltrations apparentes lors de l'inspection télévisuelle.

3 : Travaux réalisés sur une partie du réseau

4 : Tests ponctuels réalisés sur un seul tronçon. Infiltrations apparentes lors l'inspection télévisée

5 : Nappe d'accompagnement de ruisseau

**Tableau 5 : Résultats des investigations sur neuf chantiers : inspection télévisée et tests ponctuels d'étanchéité**

Le détail des résultats par chantiers et par tronçon est fourni dans les rapports de chantiers.

Les résultats mettent en évidence un taux d'étanchéité des emboîtements ayant fait l'objet d'injection de résine relativement faible : **environ de 80% des emboîtements testés ne sont pas étanches** (inspection visuelle faisant apparaître une infiltration et/ou test d'étanchéité non conforme selon le protocole de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse – pression de 0,5 bar pendant 15mn).

## 5 ANALYSE DES RESULTATS DES INVESTIGATIONS

### 5.1 Influence du type de résine employée

Il n'est pas possible d'évaluer l'influence du type de résine, seule la résine acrylique ayant probablement été utilisée au vu des éléments collectés.

### 5.2 Influence de l'âge des injections

Les résultats n'apparaissent pas influencés par l'âge des résines. En effet les chantiers présentant les moins mauvais taux de non étanchéité semblent être les plus anciens...

### 5.3 Influence du contexte géologique et hydrogéologique

Certains tronçons présentent 100% d'emboîtements non étanches. Les canalisations de ces tronçons sont toutes situées dans un environnement géologique composé de sables et d'alluvions. Même sans avoir d'information sur le matériau d'enrobage, on peut penser que le matériau de déblai a été réutilisé en enrobage. De plus ces tronçons sont très majoritairement situés sous nappe.

A l'inverse, certains tronçons situés dans un environnement de sols fins (sables gréseux, argiles), présentent un taux d'emboîtement non étanches, moins élevés (35% à 51%). Cependant ce constat moins défavorable n'apparaît pas pouvoir être généralisé sur les seuls chantiers testés.

### 5.4 Influence du volume de résine injecté

Sur la base des rapports d'injections fournis par les entreprises (cf annexe 2), on constate de grandes disparités en terme de volume de résines mises en œuvre. Les volumes peuvent aller de quelques litres par injection à plus de 100 litres par injection. La consommation moyenne se situe entre 25 et 30 litres par injection. Il n'est pas apparu une influence du diamètre de la canalisation (gamme de diamètres couverts de 300 à 500 mm) sur la consommation de résines.

Sur quatre sites, le volume de résines injecté par emboîtement est relativement constant d'un emboîtement à l'autre :

- COURCELLES-CHAUSSY (22 litres par injection en moyenne),
- MUTZIG (25 litres par injection en moyenne),
- REINHARDMUNSTER (33 litres par injection en moyenne)
- WHESTHALTEN (33 litres par injection en moyenne).

Cependant il est difficile de mettre cela en relation avec le type de sol environnant. Ces quatre chantiers à « consommation stable » de résine présentent es résultats médiocres en terme de pérennité des injections.

Les autres sites ont fait apparaître une variabilité assez importante de la consommation de résine par injection. Par ailleurs, les injections fortement consommatrices de résines n'ont pas apparus plus pérennes.

## 6 COMPARAISON TECHNICO-ECONOMIQUE DES DIFFERENTES TECHNIQUES PONCTUELLES D'ETANCHEMENT

### 6.1 Les techniques de réparation ponctuelle d'étanchement

Il existe trois familles de techniques de réparation ponctuelle permettant l'étanchement :

- l'injection ponctuelle d'étanchement, au moyen d'un packer (objet de la présente étude),
- l'injection d'étanchement au moyen d'un robot multifonctions, la résine époxy généralement employée est également consolidante,
- le chemisage partiel, qui a également une fonction mécanique de consolidation.

D'une manière générale, les techniques de réparation ponctuelle d'étanchement pose d'importantes difficultés au maître d'ouvrage dans l'estimation du quantitatif en raison de la méconnaissance préalable :

- du nombre de défauts à traiter d'une part (sauf cas exceptionnel où tous les emboîtements apparaîtraient fuyards lors de l'inspection télévisée préalable),
- des quantités de résines à injecter d'autre part, quantité aléatoire (avec les résines acryliques en particulier).

Par ailleurs, une autre difficulté réside dans le coût du contrôle de travaux, qui peut être sensiblement équivalent au coût de travaux eux-mêmes (le contrôle visuel ne valant pas test d'étanchéité, les résines acryliques sont par ailleurs translucides). Par ailleurs le test global d'étanchéité n'est pas toujours envisageable, seuls les défauts ponctuels testés pouvant être contrôlés et la configuration du réseau ancien ne permettant généralement pas son obturation. C'est pourquoi, c'est généralement l'auto-contrôle qui fait office de contrôles préalables à la réception. L'ASTEE a récemment formulé des recommandations pour les opérations préalables à la réception des travaux de réhabilitation des réseaux d'assainissement [ASTEE, 2004].

#### **Article 4.4 Opérations préalables à la réception**

(...)

Elles consistent en<sup>99</sup> :

- **Inspection télévisuelle** sur l'ensemble des parties des ouvrages réparées (o)<sup>100</sup>, exécutée dès l'achèvement des travaux ou différée<sup>101</sup>.
- **Epreuve d'étanchéité**<sup>102</sup> : contrôle de l'autocontrôle de l'ensemble des anomalies ou joints réparés (o)<sup>103</sup>.

<sup>99</sup> : (o) indique une opération obligatoire

<sup>100</sup> : Vérification de l'absence de bourrelet ou de résine d'injection. Tolérance relative aux bourrelets éventuels (le mode de mise en œuvre rend leur présence généralement exceptionnelle) :  $\leq 3\%$  du diamètre pour  $\varnothing$  entre 150 et 600 mm, 2% au-delà.

<sup>101</sup> : Choix selon considérations économiques

<sup>102</sup> : L'épreuve d'étanchéité à l'air ou à l'eau sur l'ensemble de la canalisation concernée prendrait en compte les zones qui n'ont pas été réparées. Pratiquement difficile mais réalisable, le contrôle d'étanchéité de chaque injection réalisée n'est pas économiquement raisonnable (coût proche de celui des travaux).

<sup>103</sup>: Soit par la vérification des enregistrements continus des paramètres de l'autocontrôle, soit par la présence d'un contrôleur extérieur pendant toute ou partie des travaux (choix selon considération économiques).

**Figure 13 : Recommandations de en matière de contrôles préalables à la réception - Injection d'étanchement avec manchon - Canalisation non visitable [ASTEE, 2004]**



**Figure 14 : Exemples de chemisage partiel observé lors de l'inspection visuelle d'un tronçon**

On peut par ailleurs souligner que les chemisages partiels mis en œuvre sur quelques sites étudiés ont généralement présentés un bon aspect visuel lors des inspections.

## 6.2 Comparaison du coût des techniques

Le prix unitaire des différentes réparations est estimé hors installation de chantier, à partir d'éléments collectés en Lorraine.

Réparation	Estimation du prix unitaire DN 500 mm	Observations
Injection ponctuelle d'étanchement	220 □ HT	Y compris test préalable et test d'autocontrôle – <b>Très variable selon la quantité de résine injectée.</b>
Etanchement par robot multifonctions	600 □ HT	Hors test ponctuel d'étanchéité (40 □ HT)
Chemisage partiel	400 □ ht	Hors test ponctuel d'étanchéité.

**Figure 15 : Estimation du prix unitaire des réparations ponctuelles d'étanchement**

Le faible coût relatif des injections ponctuelles d'étanchement peut expliquer son large emploi dans les travaux d'élimination des eaux claires parasites.

## 7 CONCLUSIONS

Afin d'évaluer la pérennité des travaux de réparation par injection ponctuelle d'étanchement, des investigations ont été réalisées sur un échantillon de dix sites sur le territoire de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse. L'échantillon de chantiers est constitué de réseaux eaux usées ou unitaires en béton, de DN 300, 400 et 500 mm. Les travaux d'injection ont une ancienneté variable de 5 ans à 14 ans. Ils ont été réalisés essentiellement par injection de résine acrylique. Dans les quelques documents de marchés fournis, le choix du type de résine n'apparaît pas motivé (généralement famille de résine exigé non indiquée dans les documents de marché).

Les investigations ont consisté en une inspection télévisuelle et des tests ponctuels d'étanchéité à l'eau (protocole Agence de l'Eau Rhin-Meuse : 0,5 bar pendant 15 mn). Le protocole d'essai peut paraître contraignant au regard des essais d'auto-contrôle de l'entreprise généralement réalisés à l'air sous 50 ou 100 mbar après injection de résine. Cependant, il s'agit de l'essai référence de l'AERM. Une série de dix essais à l'air, avant les essais à l'eau, a été réalisée sur un tronçon : il n'a pas été possible de pressuriser sous 50 et/ou 100 mbar sur de nombreux emboîtements, les essais à l'air ont alors conduit à une non-étanchéité de 70% contre 100% à l'eau. Par ailleurs, lorsque les tronçons étaient situés sous nappe, des infiltrations étaient souvent constatées visuellement.

Sur les tronçons testés, les conclusions suivantes sont tirées :

- un taux global de non étanchéité des emboîtement ayant fait l'objet d'injection ponctuelle de résine d'étanchement de l'ordre de 80% ;
- ce taux passe à 100% pour les réseaux d'assainissement posés dans un environnement géologique constitués de sables et d'alluvions, sous nappe ;
- les résultats n'apparaissent pas influencés par l'ancienneté des travaux d'injection.

Les résultats obtenus sur les dix sites sont ainsi très peu favorables à la technique d'injection ponctuelle de résine acrylique pour l'étanchement des réseaux d'assainissement, dans le contexte où elle est le plus employée, c'est-à-dire l'élimination des eaux claires parasites des réseaux d'assainissement posés sous nappe. Les résultats obtenus laissent ainsi penser que la technique n'est pas adaptée aux milieux très poreux avec des battements de nappe phréatique. La seule humidité intérieure au réseau d'assainissement eaux usées ou unitaires, en période de basses eaux, ne suffirait pas à satisfaire des conditions d'hygrométrie minimale requise à la pérennité des injections de résines acryliques. Il est cependant délicat de préciser si c'est le procédé de mise en œuvre ou la résine<sup>2</sup> elle-même qui est en cause.

---

<sup>2</sup> Extrait de la documentation du fournisseur Rhône-Poulenc pour la résine acrylique ROCAGYL BT pour étanchement de terrains ou de structure par injection : « L'étanchéité apportée par le ROCAGYL BT résulte en partie du fait du gonflement du gel final au contact de l'eau. C'est pourquoi ce type de produit n'est pas conseillé pour traiter des zones soumises à un dessèchement total (terrasses) mais est pleinement efficace dans les zones se trouvant en

Il convient d'attirer l'attention des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'œuvre sur l'importance de l'examen préalable du contexte géologique et hydrogéologique dans le choix du produit d'injection.

**Chef de projet :**

Nathalie LE NOUVEAU

Chargée d'études

CETE de l'Est – LRPC de Nancy

Groupe Eau-Environnement

% 03 83 18 41 45

) nathalie.lenouveau@equipement.gouv.fr

**Rapport rédigé par :** N. LE NOUVEAU & M. MONTAUT

**Autres intervenants :**

Guy RAGOT

Richard BECHLARS

**Numéro du dossier (référence à rappeler) :** 2002 D68 0044

**Numéro de référence du service documentation :** Idem

**Date :** Avril 2006

---

*ambiance humide ou partiellement immergées. Le ROCAGYL BT ou BT/2 peut donc être injecté dans des fissures de béton masses, soit dans le terrain. Exemples : barrages, tunnels, cuvelages, etc. »*



Le chef de projet

**Nathalie LE NOUVEAU**

Le chef du groupe

Eau-Environnement

**Hubert PERRIER**

## ANNEXE 1 : REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGHTM, 1998, **Recommandations pour la réhabilitation des réseaux d'assainissement**, Hors série TSM.
- ASTEE (ex. AGHTM), 2004, **Recommandations pour la réalisation des contrôles préalables à la réception des travaux de réhabilitation des réseaux d'assainissement** (rédaction nouvelle de l'article 4 du CCTP type de travaux), TSM n°2, février 2004, pp. 37-57.
- AGHTM, 1999, **Les ouvrages d'assainissement non visitables : fiches pathognomoniques**, TSM n°10.
- BRUYELLE J.-C., **Extrait de document de module de formation « Réhabilitation des réseaux d'assainissement »**, 1997.
- FNDAE n°32 (Jean-Marc BERLAND), 2004, **Réhabilitation des réseaux d'assainissement en zone rurale**.
- FSTT, Ministère de l'Équipement, du Transport et du Logement, 1998, **Outils d'auscultation pour canalisations non visitables : guide et recommandations**, 58p.
- FSTT, NANCIE, 1992, **Guide international pour l'auscultation et la réhabilitation des conduites**.
- GEMCEA, Agences de l'eau, LCPC, 1995, **Diagnostic de la pérennité des réhabilitation de réseaux d'assainissement à l'aide de résines**, Rapport.
- PENAUD F., HALIAR D., RANCHET J., JOANNIS C., BERGUE J.-M., 1998, **Efficacité des travaux de réhabilitation d'un réseau d'assainissement. Cas de la Ferté-Alais (Essonne)**, Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, pp179-184, 5 références.
- R.E.S.E.A.U. d'Ile de France, 2000, **Catalogue des procédés de réhabilitation en assainissement**.
- Rhone-Poulenc, ROGAGIL BT, **Résine acrylique pour étanchement de terrains ou de structures par injection**.



## **ANNEXE 2 :**

# **EXEMPLES DE RAPPORTS D'INJECTION**













Direction

**1, Boulevard Solidarité  
Metz Technopole  
BP 85230  
57076 METZ CEDEX3**

téléphone :

**03 87 20 43 00**

télécopie

**03 87 20 46 99**

mél : cete-

**est@equipement.gouv.fr**

**Le CETE de l'Est  
appartient au Réseau  
Scientifique et Technique  
de l'Équipement**



**RESEAU SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE**