



*Etude technico-économique
d'un chantier d'assainissement
Morhange
(Moselle)*

Rapport de synthèse et annexes

Etude réalisée pour le compte de l'agence de l'eau Rhin-Meuse
Auteur : SIVOM de l'agglomération messine
Nouveau Port de Metz
57050 METZ

Editeur : Agence de l'eau Rhin-Meuse
Novembre 1996
100 francs
50 exemplaires

© 1996 - Agence de l'eau Rhin-Meuse
Tous droits réservés

<input checked="" type="checkbox"/>	Public
<input type="checkbox"/>	Interne
<input type="checkbox"/>	Confidentiel

SOMMAIRE

- I. PRESENTATION ET OBJECTIF DE L'ETUDE
- II. ZONE 1 : FONTE Ø 600
 - II.1. Description
 - II.2. Analyse des résultats
- III. ZONE 2 : BETON ARME Ø 600
 - III.1. Description
 - III.2. Analyse des résultats
- IV. ZONE 3 : PVC Ø 315
 - IV.1 Description
 - IV.2. Analyse des résultats
- V. MISE EN OEUVRE DU GEOTEXTILE
- VI. CONCLUSIONS GENERALES

ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE D'UN CHANTIER D'ASSAINISSEMENT

MORHANGE (57)

Rapport de synthèse

I - PRESENTATION ET OBJECTIF DE L'ETUDE

L'objet de l'étude de suivi du chantier de pose de réseaux d'assainissement à MORHANGE est l'évaluation de la pertinence et de l'incidence économique des nouvelles prescriptions techniques fixées par :

- le nouveau fascicule 70 (CCTG relatif aux ouvrages d'assainissement).
- le CCTP (Travaux) établi conjointement par la DDAF et la DDE de la MOSELLE.
- le cahier des prescriptions techniques, complémentaire au fascicule 70 établi par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse.

Ces nouvelles prescriptions concernent en particulier :

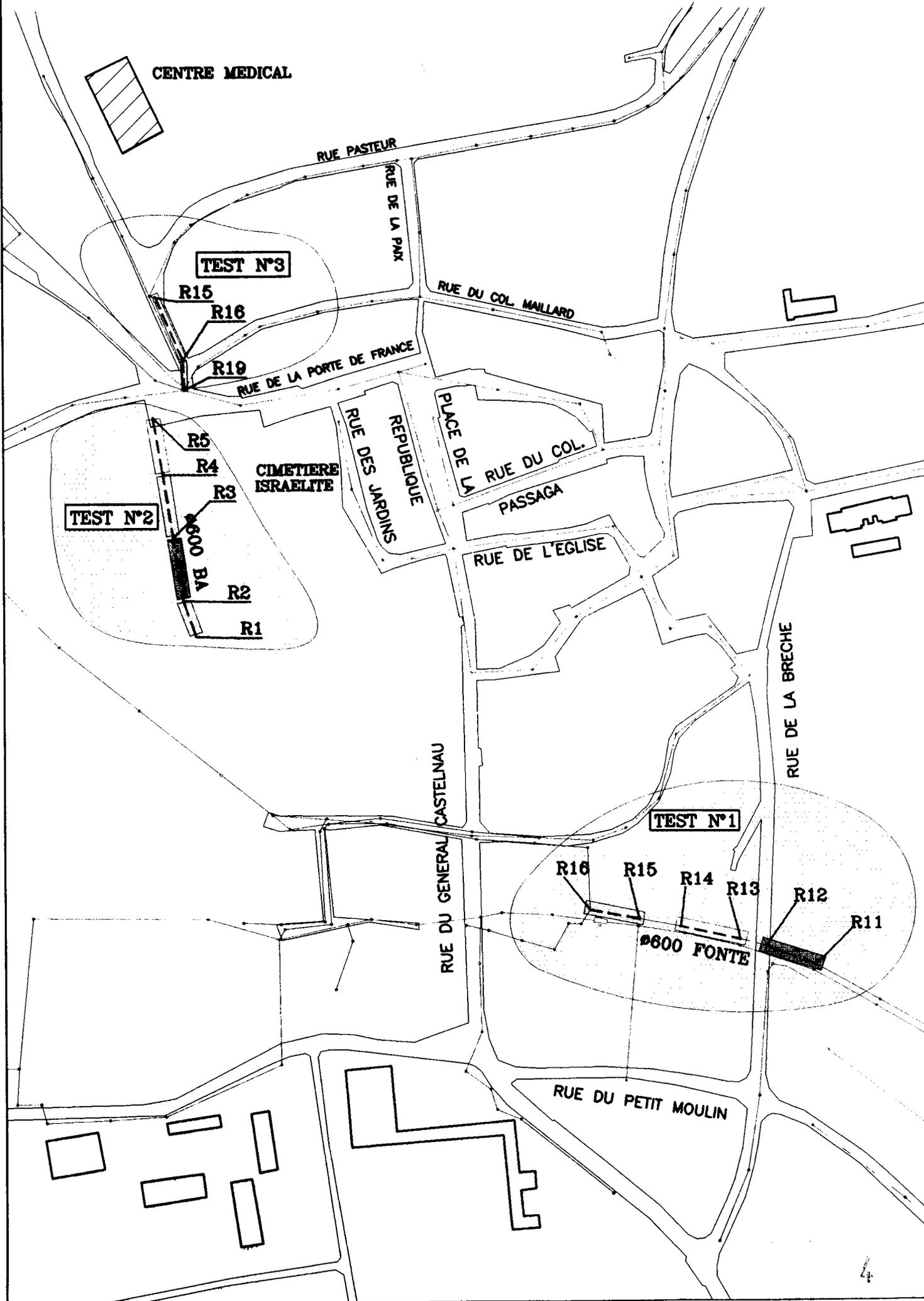
- les études géotechniques préalables ainsi que la réalisation d'épreuves de convenance destinées à préciser les conditions de mise en oeuvre des matériaux de remblai.
- les modalités et la qualité du compactage des remblais.
- le contrôle de réception des travaux (inspection vidéo, contrôle d'étanchéité à l'eau, contrôle du compactage).

L'étude comporte le suivi de la réalisation de trois groupes de tronçons tests à l'intérieur desquels :

- la canalisation est identique (matériau et diamètre).
- la nature du terrain est relativement homogène.
- les matériaux du lit de pose, de l'enrobage et du remblai sont identiques.

... / ...

PLAN GENERAL DE L'OPERATION



Les critères différentiels entre les tronçons tests d'un même groupe sont :

- **la largeur de fouille** : largeur définie par le fascicule 70 et sur largeur destinée à faciliter les conditions de pose et de compactage.

- **le mode de blindage** de type caisson ou coulissant ou, sans blindage, la pose en tranchée trapézoïdale pour la zone 1.

Le suivi du chantier consiste à mettre en parallèle :

⇒ les conditions concrètes de réalisation des travaux.

⇒ les moyens en personnel et en matériel nécessaire.

⇒ les coûts de mise en oeuvre.

⇒ la qualité des résultats obtenus.

II - ZONE 1 FONTE Ø 600

II.1) Description

La zone test n°1 concerne la mise en place d'un collecteur en fonte intégrale Ø 600 d'amenée de la pollution de MORHANGE à la station d'épuration dans des terrains composés d'argiles vasardes, gris verdâtre, avec un horizon tourbeux situé entre 2.0 et 2.40 m, très humides. La pose d'une toile géotextile, le drainage en fond de fouille et une substitution sous le lit de pose (0.50 m) ont été nécessaires.

Simultanément a été posée une canalisation de refoulement d'eau potable Ø 200.

L'organisation du chantier est rendue très contraignante par la nécessité pour l'entreprise de procéder à deux dépôts différents de matériaux : une aire de stockage se situant à proximité de la fouille, alimentée par camion de 15 t à partir d'une seconde aire de dépôt (cf. plan en annexe n°1).

La zone test n°1 compte 3 tronçons dont les caractéristiques géométriques et de mise en oeuvre sont présentées au tableau n°1 et au schéma n°1.

* Le tronçon test n° R₁₁R₁₂ correspond à une fouille trapézoïdale sans blindage avec un lit de pose de 0.58 m d'épaisseur compacté au RAMAX et à la plaque vibrante afin de renforcer la portance du sol argileux en place.

L'enrobage de la canalisation est réalisé en matériau calcaire 6/15 compacté à la plaque vibrante. Le remblai est réalisé avec des matériaux du site (compactage sommaire au godet de pelle).

... / ...

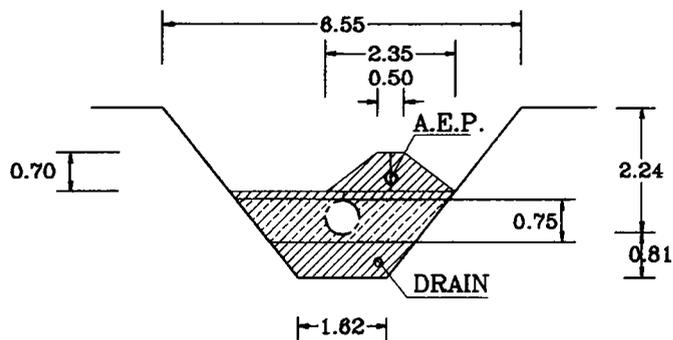
ZONE TEST N°1 Ø 600 FONTE

	Tronçon R₁₁ R₁₂ FOUILLE TRAPEZOIDALE	Tronçon R₁₃ R₁₄ Largeur "REFERENCE"	Tronçon R₁₅ R₁₆ SURLAGEUR 0.60 m	
Longueur	43.3 m	49.8 m	48.5 m	
Largeur		* 1.60 m	* 2.20 m	* Entre blindage
Profondeur moyenne	2.26 m	1.96 m	2.96 m	
Avancement m/h	1.97 m	1.30 m	1.47 m	
Compactage :				
- Lit de pose	c = 0.58 RAMAX et plaque	c = 0.28 Pilonneuse et plaque vibrante	c = 0.30 Pilaque vibrante)) Matériau d'apport
- Enrobage	Plaque vibrante	Plaque vibrante	Plaque vibrante) Calcaire 6/15
- Remblai	Godet de pelle (matériau du site)	Plaque vibrante	Plaque vibrante)
Contrôle				
- Etanchéité	> 0	> 0	> 0	
- Compactage	> 0	< 0 en zone de remblai > 0 en zone d'enrobage	Pas d'essais	

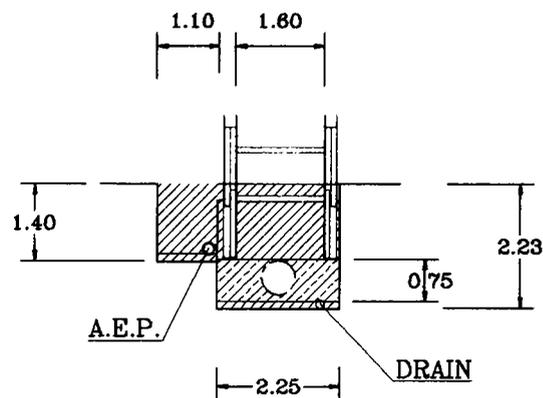
ETUDE FONTE $\varnothing 600$ mm

TRONCON R11 - R16

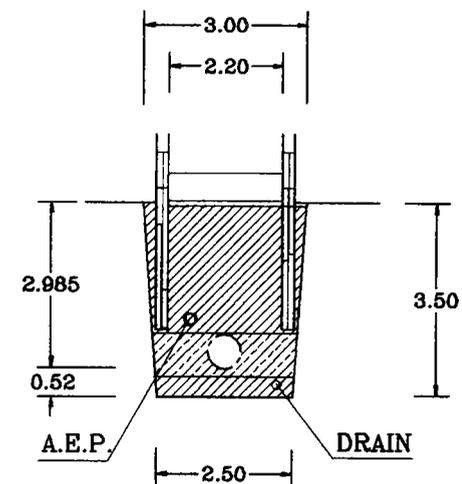
TRONCON R11 / R12
TRANCHEE TRAPEZOIDALE



TRONCON R13 / R14
BLINDAGE COULISSANT
LARGEUR FASCICULE 70



TRONCON R15 / R16
BLINDAGE COULISSANT
AVEC SURLARGEUR



LEGENDE

COTES MESUREES SUR LE TERRAIN



OBJECTIF DE DENSIFICATION : NIVEAU Q4
(calcaire 8/15)



SANS OBJECTIF DE DENSIFICATION
(calcaire 8/15)

* Le tronçon test R₁₃R₁₄ est réalisé avec un blindage coulissant (largeur : 1.60 m). Le lit de pose de 0.25 m est compacté à la pilonneuse et à la plaque vibrante ; le remblayage est réalisé en matériau 6/15 compacté par couche à la plaque vibrante.

* Le tronçon test R₁₅R₁₆ est réalisé avec un blindage coulissant avec sur largeur de 0.60 m (soit 2,20 m de largeur), avec un lit de pose de 0.30 m compacté à la plaque vibrante, l'enrobage et le remblayage étant réalisés en calcaire 6/15 compacté à la plaque vibrante.

II.2) Analyse des résultats

En terme de coût, les résultats sont les suivants répartis par poste de travail : en F/ml.

	R₁₁R₁₂ 43.3 m	R₁₃R₁₄ 49.8 m	R₁₅ R₁₆ 48.5 m
Compactage	110 F	290 F	295 F
Blindage	-	365 F	330 F
Pose	550 F	670 F	720 F
TOTAL 1	660 F	1 322 F	1 345 F
Fournitures total	1 760 F	1 962 F	2 605 F
dont canalisations	1 027 F	1 027 F	1 027 F
matériau d'apport	(177 m3) 675 F	(269 m3) 868 F	(473 m3) 1 515 F
géotextile	58 F	67 F	63 F
TOTAL 2	2 420 F	3 284 F	3 950 F
Contrôle	150 F	150 F	150 F
TOTAL	2 570 F	3 434 F	4 100 F

On constate que :

- le coût des études et contrôles s'élève à 150 F et représente 4 à 6 % du coût des travaux ; la réalisation des études géotechniques a permis de connaître la (mauvaise) qualité des sols, pour lesquels l'entreprise a choisi un mode de réalisation spécifique,
- la pose en fouille trapézoïdale s'est avérée localement un bon choix technico-économique ; alors que les blindages viennent pénaliser lourdement les autres variantes,
- la surlageur est un facteur important d'accroissement du coût dû au volume des matériaux mis en oeuvre.
- il faut cependant indiquer que le coût plus élevé des tronçons R₁₃R₁₄ et R₁₅ R₁₆ est influencé par la nature du remblai (matériau d'apport).

.../...

III - ZONE 2 BETON ARME Ø 600

III.1) Description

La zone test n°2 concerne la mise en place d'un collecteur en béton armé de Ø 600, dans l'axe d'un chemin rural dépourvu de tout réseau divers correspondant à un accès d'exploitation agricole.

En aval du tronçon, la qualité des sols est très mauvaise : tourbes vasardes avec arrivée d'eau importante (ancien lit de ruisseau).

En terme d'organisation, la création d'une aire de stockage de matériaux de remblai (calcaire 6/15) est réalisée en amont du chantier, l'approvisionnement des matériaux pour mise en oeuvre par couches successives étant assuré par un chargeur spécifiquement affecté à cette tâche.

La zone test n°2 compte 4 tronçons dont les caractéristiques géométriques et de mise en oeuvre sont présentées dans le tableau n°2 et au schéma n°2.

⇒ II-1 Le tronçon R₁R₂ dit tronçon "zéro" correspond à une pose non conforme aux règles de l'art, avec un rendement d'avancement maximum. Aucun blindage n'a été utilisé malgré une profondeur de tranchée atteignant 2.15 m. Le compactage réalisé à la pilonneuse et au godet de pelle est très sommaire. Les résultats des essais d'étanchéité (auto-contrôles à l'air de l'entreprise et contrôle externe à l'eau) sont négatifs (tuyau déboîté) ainsi que les essais de compactage.

⇒ II-2) Le tronçon R₂R₃ constitue le tronçon de référence par rapport au fascicule 70. La largeur réelle de la fouille est de 1.42 m (entre blindage) (pour 1.32 en référence au fascicule). Au début du tronçon, la largeur effective entre blindage était de 1.10 m ne permettant pas le compactage des flancs de la canalisation à la pilonneuse. Le blindage est de type caisson en un seul panneau. Il ne permet pas une protection efficace du personnel sur l'atelier de pose de la canalisation (longueur insuffisante).

⇒ II-3) Le tronçons R₃R₄ est réalisé en blindage caisson avec une largeur de 1.60 m entre blindage. Il correspond à une pose conforme aux règles du fascicule 70 en matière de compactage (épaisseur de couche, nombre de passes).

⇒ II-4) Le tronçon R₄R₅ est réalisé en blindage coulissant dans les meilleures conditions possibles pour l'entreprise en terme de qualité et de sécurité des travaux et de qualité de compactage.

... / ...

ZONE TEST N°2 Ø 600 BETON

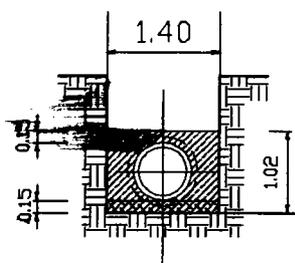
	Tronçon R ₁ R ₂ "ZERO"	Tronçon R ₂ R ₃ REFERENCE	Tronçon R ₃ R ₄ SURLAGEUR	Tronçon R ₄ R ₅ SURLAGEUR	Observations
Longueur	42 m	49.3 m	37.6 m	37.6 m	
Largeur	1.40 m	* 1.70 m	1.90 m	1.70 m	Entrecaisson
Profondeur moyenne	1.08 m	2.15 m	2.22 m	2.48 m	
Blindage	-	Caisson	Caisson	Coulissant	
Compactage					
- Fond de fouille	Godet de pelle	Sommaire pilonneuse	7 passes plaque vibrante))
- Lit de pose	Sommaire pilonneuse	Pilonneuse plaque vibrante	7 passes plaque vibrante) Matériau d'apport) calcaire 6/15
- Enrobage	Sommaire pilonneuse	Pilonneuse plaque vibrante	7 passe plaque vibrante))
- Remblai	Godet de pelle	RAMAX	RAMAX	RAMAX	Matériau du site RAMAX : cylindre pied de mouton
Avancement m/h	3.53	3.08	2.69	1.88	
Contrôle					
- Etanchéité	Air < 0 Eau < 20	L=1.10 > 0 L= 1.70 > 0	> 0	> 0	
- Compactage	< 0	< 0	> 0	> 0	

* Largeur fascicule 70 : 1.32 m
(+ géotextile)

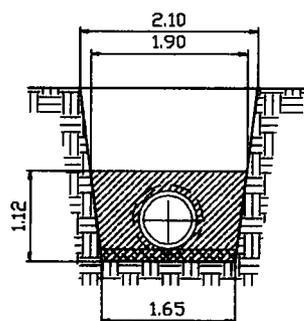
ETUDE BETON ARMEE $\varnothing 600$ mm

TRONCON R1 -R5

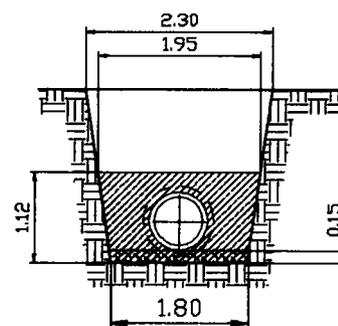
TRONCON R1-R2



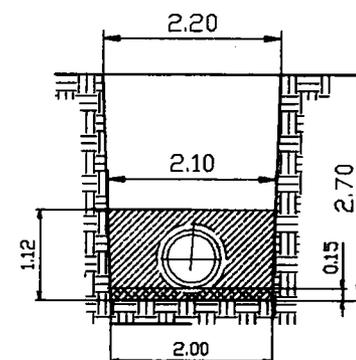
TRONCON R2-R3



TRONCON R3-R4



TRONCON R4-R5



COTES MESUREES SUR LE CHANTIER

III.2) Analyse des résultats

En terme de coût, globalement les résultats sont les suivants, répartis par poste de travail, en F/ml, pour une journée homogène

	① R ₁ R ₂ "zéro" 33m	② R ₂ R ₃ 25.85 m	③ R ₃ R ₄ 23.5 m	④ R ₄ R ₅ 18.8 m
Compactage	120 F	400 F	440 F	510 F
Blindage	0 F	55 F	50 F	210 F
Pose *	275 F	240 F	260 F	290 F
TOTAL 1	395 F	695 F	750 F	1 010 F
Fourniture *	(34 m3) 450 F	(40 m3) 530 F	(38 m3) 540 F	(35 m3) 580 F
TOTAL 2	845 F	1 225 F	1 290 F	1 590 F
Contrôle	165 F	165 F	165 F	165 F
TOTAL	1 010 F	1 390 F	1 455 F	1 755 F

(* y compris géotextile)

On constate que :

- Le coût des études et contrôles (165 F) représente 9 à 12 % du coût total pour les tronçons effectués conformément aux règles de l'art.

- Le facteur "surlageur" n'affecte pas de façon évidente la cadence de pose, le coût et l'évolution du chantier davantage liées à :

- . à la profondeur de la fouille
- . aux conditions d'approvisionnement (canalisation, matériau de remblai)

On peut considérer globalement que l'optimum se situe aux alentours de 700 F/ml hors fourniture.

- Le blindage coulissant (4) apporte des conditions de sécurité et de travail supérieures au blindage caisson tout en réduisant légèrement le rendement global du chantier.

- Sur le tronçon "zéro" (1), les essais de compactage et d'étanchéité sont négatifs pour un coût de pose inférieur de 30 % au tronçon de référence (fournitures incluses).

... / ...

IV - ZONE 3 PVC Ø 315

IV.1) Description

La zone test n°3 concerne la mise en place d'une conduite en PVC de diamètre 315 mm, à hauteur d'un carrefour et sous voirie urbaine dans le secteur de la rue du Calvaire.

L'objectif de ce test était de mesurer le déplacement et l'ovalisation de la canalisation après la mise en oeuvre de deux techniques de compactage, à savoir :

- tronçon R₁₅ - R₁₆ : compactage réalisé en passes successives de 10 cm d'épaisseur et sur les flancs.

- tronçon R₁₆ - R₁₉ : compactage réalisé en une seule passe après remblayage à + 10 cm au dessus de la génératrice supérieure du tuyau.

Les caractéristiques principales des 2 tronçons sont rassemblées au tableau n°3.

Cependant, la présence de nombreux réseaux divers en croisement du tronçon R₁₆ - R₁₉, ou positionnés le long de la chaussée pour le tronçon R₁₅ - R₁₆, ont rendu impossible la réalisation du compactage selon les modalités prévues (nécessité de dégager les réseaux par terrassement manuel dans l'emprise de la fouille, manque d'espace pour compacter sur les flancs).

Seules cinq planches de mesures d'ovalisation et de déplacement du réseau ont été réalisées, là où il était possible de compacter (cf. schéma en annexe n°3).

TABLEAU n°3

Zone test n°3 Ø 315 PVC

	Tronçon R ₁₅ - R ₁₆	Tronçon R ₁₆ - R ₁₉
Longueur	57,04 m	17.15 m
Profondeur moyenne	2.33 m	1.84 m
Localisation	Sous voirie urbaine	Sous carrefour
Environnement	Réseaux divers en long de fouille Présence de 2 conduites d'alimentation en eau potable de chaque côté de la tranchée	Croisement de nombreux réseaux divers Reprise d'un collecteur eaux usées sur 4.3 m

.../...

IV.2) Analyse des résultats

Les observations pour les cinq planches test faites dans des conditions de pose particulièrement difficiles, et non identiques, sur les deux tronçons, ne permettent pas de tirer de conclusion sur la qualité du compactage obtenu selon le mode de réalisation et sur les coûts de mise en oeuvre. Les contrôles d'étanchéité et de compactage n'ont pas pu être effectués sur ces tronçons.

Toutefois, les résultats partiels obtenus mettent en évidence :

- l'absence d'ovalisation de la conduite dans tous les cas, pour les cinq planches test.
- une déviation angulaire faible de la conduite de l'ordre de 5 à 7 mm, et ceci quelle que soit la technique de compactage employée. Ce déplacement est corrigé par le poseur à l'aide d'une barre à mine.

La planche de l'annexe n°3 propose un conseil de pose sur la base des observations faites sur le terrain.

V - MISE EN OEUVRE DU GEOTEXTILE

La mauvaise qualité des sols rencontrés et la présence d'eau sur le chantier de Morhange a rendu nécessaire la mise en place d'une toile géotextile sur de nombreux tronçons, dont notamment les zones test n°1 et n°2.

Ce poste particulier a fait l'objet d'un suivi détaillé sur la zone test n°2 (béton armé Ø 600) ; il en ressort les observations et conclusions suivantes, en termes de mise en oeuvre et de coût.

Mise en oeuvre

La pose du géotextile nécessite l'immobilisation de matériel habituellement en fonction, comme la pelle n°1 et la plaque vibrante, d'où une perte de rendement global du chantier.

On note également qu'entre blindage coulissant, la mise en place du géotextile est plus pénalisante pour l'avancement du chantier, et moins aisée, qu'entre blindage - caisson. Pour le tronçon R4 - R5 (blindage coulissant), des électroaimants ont été utilisés pour maintenir la toile lors de l'apport des matériaux d'enrobage.

Coût

Ce poste représente environ 3 à 4 % du coût global dans le cas présent du chantier de la zone test n°2.

... / ...

VI - CONCLUSIONS GENERALES

Préambule

Les coûts présentés dans le cadre de cette étude ont été établis sur la base du référentiel de l'entreprise (coûts unitaires) et du comptage précis sur le terrain des quantités mises en oeuvre (en termes de frais fixe, main d'oeuvre, matériel et fournitures).

L'annexe 4 rassemble les données relatives à l'établissement de ces coûts, tant pour leur évaluation globale par tronçon, que pour leur répartition par poste de travail (pose, blindage, compactage).

Il convient d'attirer l'attention ici sur le fait que l'approche financière a été menée sans tenir compte des frais généraux de l'entreprise. Les coûts établis sur des linéaires réduits, extraits d'une opération globale, ne peuvent être considérés comme une référence d'un "coût moyen" sur l'ensemble du chantier.

Les données financières présentées ici sont d'autre part spécifiques au chantier de MORHANGE, dans les conditions particulières de réalisation, de terrain, et d'environnement (milieu rural notamment pour les zones test n°1 et 2). Elles ne peuvent donc en aucun cas être extrapolées ni généralisées.

Leur interprétation doit être menée principalement en termes de comparaison des tronçons réalisés, au sein d'une même zone test.

Conclusions

- L'utilité et l'intérêt de l'étude géotechnique ont été démontrés dans le sens où les prescriptions issues de cette étude préalable se sont avérées largement justifiées, notamment dans le cas de la zone test Ø 600 fonte. L'étude a permis au maître d'oeuvre et à l'entreprise de définir les moyens à mettre en oeuvre pour s'adapter aux difficultés rencontrées.

Le coût des études et contrôles varie de 150 à 165 F/ml pour les zones 1 et 2, ce qui représente de l'ordre de 5 à 10% du coût total (lequel varie du simple au double entre les zones 1 et 2).

- Pour les zones n°1 et 2, on constate que la sur largeur de tranchée a un impact faible sur la cadence de pose, (qui évolue à plus ou moins 10%), et sur le coût de mise en oeuvre, hors fournitures, notamment pour le compactage.

Si l'on tient compte des fournitures, l'augmentation du coût est par contre importante dans le cas d'un remblai réalisé avec un matériau de substitution (Cf. zone test n°2-Ø 600 fonte-calcaire 6/15).

... / ...

Pour la zone test n°2, Ø 600 BA, si l'on veut estimer le coût dû à la qualité, à l'application des prescriptions techniques et aux contrôles, on peut retenir les éléments suivants :

- le compactage permettant d'atteindre le niveau q4 se traduit par une augmentation du temps de main d'oeuvre, d'utilisation des matériels de compactage et du volume des matériaux (mise en oeuvre par couches successives), d'où un surcoût de 280 F/ml soit 20% du coût total des tronçons R₂R₃ et R₃R₄.

- l'utilisation d'un blindage coulissant permettant la meilleure sécurité du personnel présente un surcoût de 160 F/ml soit 11% du coût total. Il faut rappeler ici que le mode de blindage -caisson ou coulissant- mis en place, résulte, selon les cas, de contrainte locale de site et d'une obligation réglementaire pour le maître d'ouvrage (arrêté du 31/12/94).

Par rapport au tronçon de référence R₂R₃, le coût de la qualité de compactage et de la sécurité du personnel représente 30% du coût total des travaux.

... / ...

ONT PARTICIPE A LA REALISATION DE CETTE ETUDE :

SIVOM de METZ	MM. FAVRE, TIMINI et DALSTEIN
MAIRIE de MORHANGE	M. MASSFELDER, Maire MR PREVOT
ENTREPRISE WEILER	MM. LISAMBERG, HUTH, PAGORARO et HENRY
DDAF MOSELLE	MM. BAUDET et PIQUARD
DEPARTEMENT MOSELLE	M. SIAT
MISSION EAU MOSELLE	M. ROSSA
SDTTR	M. MARTIN
PONT A MOUSSON SA	MM. ANCEAUX et MERCIER
AGENCE DE L'EAU RHIN MEUSE	MLLE BERNAT, MM. MAHIEU et DUMONT

**ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE
D'UN CHANTIER D'ASSAINISSEMENT**

MORHANGE (57)

Annexes

Annexe n° 1 Zone test n° 1 - Fonte Ø 600

Annexe n° 2 Zone test n° 2 - Béton armé Ø 600

Annexe n° 3 Zone test n° 3 - PVC Ø 315

Annexe n° 4 Evaluation des coûts - exemple de la zone test n° 2

Annexe n° 5 Coûts des contrôles - exemple de la zone test n° 2