

J. ANNEXES

Annexe 1 : Rapport d'analyse de l'état du génie civil – Alpes Contrôles

Bureau Alpes Contrôles

130 rue du Moulin Vedel
Z.A.C du Mas des Rosiers
30900 NIMES
Tél : 04.66.38.95.60 - Fax : 04.66.87.05.01
bac.nimes@alpes-controles.fr

CTC R202/Indice 00

AFFAIRE : FOS SUR MER – STATION D'EPURATION
NOS RÉFÉRENCES : ADA/080169P001/AHA
COMPTE RENDU : N° 1
MISSION : Avis sur l'état de conservation du Génie-Civil
DATE : 23 mars 2009
RAPPORT COMPORTANT : 22 pages

Messieurs,

Nous vous souhaitons bonne réception de ce compte rendu et vous prions d'agréer l'expression de nos sentiments dévoués.



STATION D'EPURATION FOS SUR MER

AVIS SUR L'ETAT DE CONSERVATION DU GENIE CIVIL

Diffusion :

L'Ingénieur stagiaire,

Le Chargé d'affaires,

Frédéric Jean-Marie

Alexandre DANIEL

- CEREG Ingénierie
Monsieur Nicolas CHARRAS
nicolas.charras@cereg-ingenierie.com

I - OBJET

La station d'épuration de FOS SUR MER (13270) a été construite en 1970, une 2^{ème} tranche de travaux a eu lieu en 1990. Les ouvrages concernés par le présent diagnostic sont essentiellement des ouvrages hydrauliques (bassins, clarificateurs...).

A la demande de Monsieur Nicolas CHARRAS de CEREG Ingénierie, nous avons effectué une visite d'inspection des ouvrages le 11/03/2009 en vue d'émettre un avis sur l'état de conservation du génie civil de la station d'épuration de FOS SUR MER (13270).

Notre mission consiste à partir de l'examen visuel de la structure, à relever les différents désordres apparents, d'en déterminer les causes probables et de proposer, à ce stade de l'analyse, les choix, les principes de protection et de réparation appropriés ou de définir les investigations complémentaires à réaliser.

II - MISSION CONFIEE AU BUREAU ALPES CONTROLES

La mission qui nous a été confiée consiste à émettre un avis sur l'état de conservation du génie civil de la station d'épuration de Fos-sur-Mer suivant notre proposition n° ADA/ADA/080169P001/AHA du 19 septembre 2008.

III - DOCUMENTS EXAMINES

Seuls les plans de coffrage des ouvrages ont pu être examinés lors de notre visite.

Renseignements non communiqués :

- Absence d'étude géotechnique
- Absence de plan de ferrailage des ouvrages en béton armé
- Origine des influents collectés, population, industries éventuellement raccordées, débits de flux de matières polluantes à traiter...non précisés

IV – TEXTES DE REFERENCES

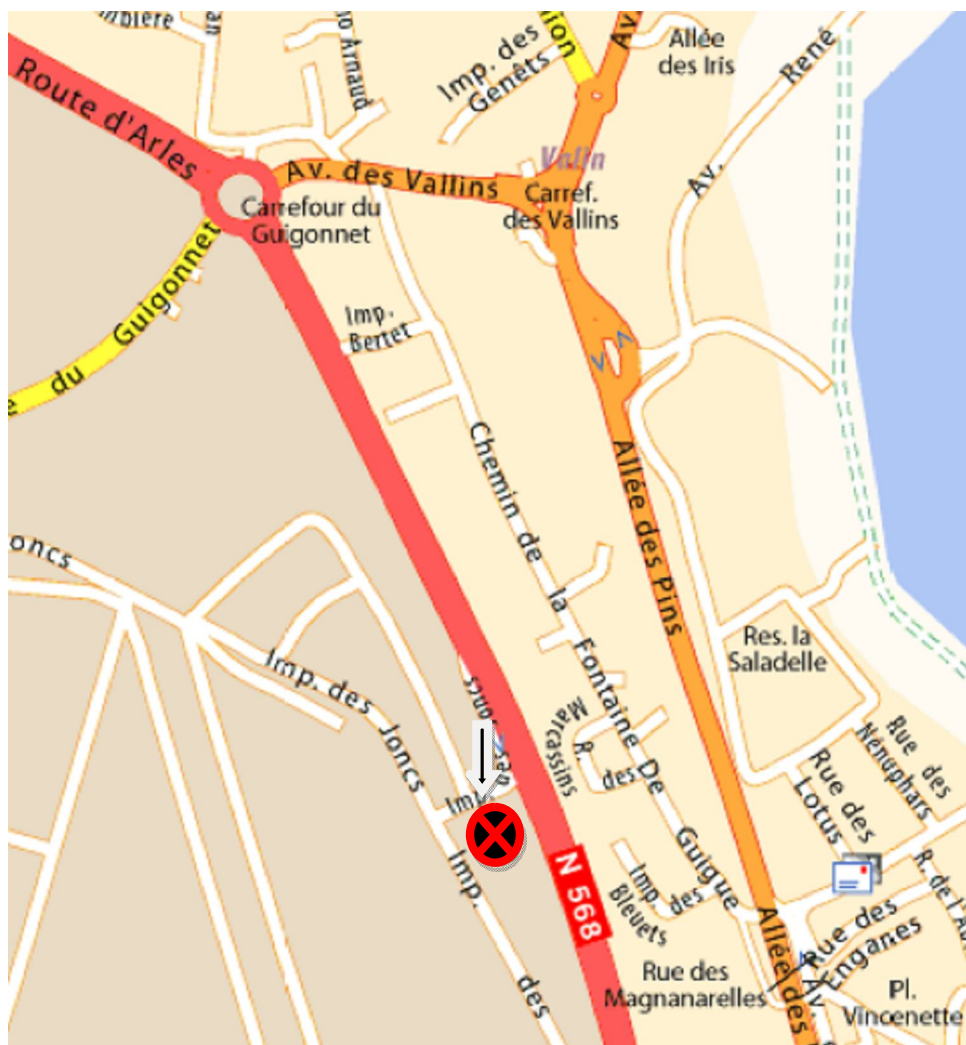
Le présent diagnostic a été établi à partir des textes de références suivants :

- Normes, DTU en vigueur à la date de notre intervention.
- Règles professionnelles.
- Règlement BAEL 91.
- Règles PS 92.
- Règles neige et vent 65.
- Règles neige 84 modifiées 95 (additif n° 2 de décembre 1999 et n° 3 d'avril 2000).
- Norme européenne EN 1504-9 relative aux produits et systèmes pour la protection et la réparation de structures en béton.
- Fascicule 81 titre II de la Direction des Affaires Economiques et Internationales relatif à la conception et l'exécution d'installations d'épuration d'eaux usées.

VII – DESCRIPTION SOMMAIRE DES OUVRAGES

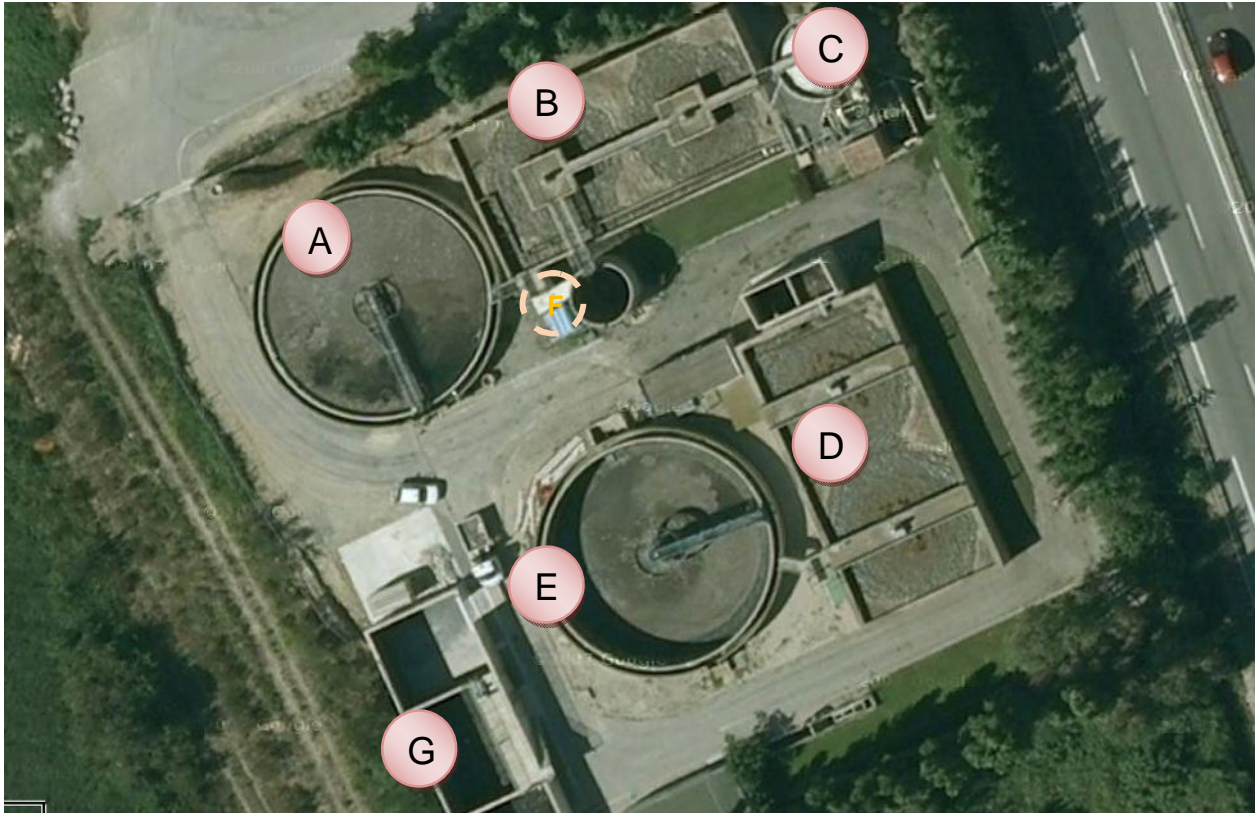
7.1. Plan de situation

Situation de l'ouvrage: Impasse des Joncs.



7.2. Fonction et repérage des ouvrages

Traitement des eaux usées (boues activées, aération prolongée, dénitrification, nitrification)



Repérage des principaux ouvrages :

A : Clarificateur (date de l'ouvrage : 1990)

B : Bassin d'aération (date de l'ouvrage : 1990)

C : Prétraitement, des-sableur, déshuileur (date de l'ouvrage : 1990)

D : Bassin d'aération (date de l'ouvrage : 1970)

E : Clarificateur (date de l'ouvrage : 1970)

F : Silo à boue (date de l'ouvrage : 1970)

G : Silos

7.3. Description sommaire des ouvrages

Les ouvrages sont des réservoirs non enterrés (ou semi enterrés), constitués d'une structure en béton armé.

Les fondations, non visibles sont à notre avis constitués par des radiers. Ces ouvrages n'ont pas pu être examinés.

Les murs périphériques des ouvrages sont constitués par des voiles en béton armé de 20cm d'épaisseur environ pour les ouvrages en date de 1990 et 25cm d'épaisseur environ pour les ouvrages en date de 1970.

VIII – OBSERVATIONS ET COMMENTAIRES

L'inspection des ouvrages nous a permis de mettre en évidence un certain nombre de désordres qui font l'objet des fiches détaillées présentes en annexes. Cependant, pour une meilleure exploitation du rapport, les désordres relevés seront classés de la manière suivante :

- désordres localisés
- désordres généralisés.

8.1. Fondations

Les fondations des ouvrages n'ont pas pu être examinées lors de notre visite et aucune étude géotechnique ne nous a été communiquée. Toutefois, il n'a pas été constaté d'éléments visuels pouvant mettre en évidence des tassements ou autres phénomènes liés aux fondations conduisant à des désordres au niveau de la structure.

8.2. Désordres localisés

8.2.1. Fissuration au droit de la fixation de la passerelle métallique entre le clarificateur A et le bassin d'aération B. (voir repère 5)

Désordre constaté : Le voile du bassin d'aération B présente une fissure verticale au droit de la fixation métallique de la passerelle, à la jonction entre 2 élévations structurelles différentes.

Cause probable : La passerelle a été fixée à un point faible de la structure, au droit d'une zone sensible au tassement différentielle.

Conclusion : A notre avis, ce désordre ne remet pas en cause la solidité de l'ouvrage. Toutefois, compte tenu de l'environnement agressif, la fissure pourrait être réparée (ouverture et mise en place d'un joint 25E possédant un label SNJF, afin d'assurer la durabilité de l'ouvrage.

Traitement à réaliser de part et d'autre si fissure traversante.

8.2.2. Fissuration importante du revêtement de façade en mortier du silo à boue F (voir repère 7)

Désordre constaté : Le silo à boue F est constitué d'une structure en béton armé, La façade est revêtue d'un mortier de plusieurs centimètres d'épaisseur. Ce revêtement possède des fissures et des éclats importants.

Cause probable : Ce revêtement possède une épaisseur de plusieurs centimètres sans aciers : aucune résistance à la traction, ni à la fissuration. De plus, carbonatation du revêtement probable, compte tenu de l'environnement agressif.

Conclusion : **A notre avis, le mortier est à purger sur toute la périphérie de l'ouvrage. Il présente un risque de chute.** Afin de remplacer la protection qu'il apporte à l'ouvrage, un revêtement d'étanchéité ou un enduit hydraulique pourra être mis en place sur la périphérie du silo.

8.2.3. Fissures verticales localisées

Désordre constaté : Les ouvrages présentent quelques fissures verticales millimétriques.

Cause probable : A notre avis, ces fissures correspondent au vieillissement normal de l'ouvrage. Cependant, elles peuvent être la cause d'un défaut de ferrailage localisé (l'ouvrage devrait être calculé en fissuration très préjudiciable).

Conclusion : A notre avis, ce désordre ne remet pas en cause la solidité de l'ouvrage. Toutefois, compte tenu de l'environnement agressif, la fissure pourrait être réparée (ouverture et mise en place d'un joint 25E possédant un label SNJF, afin d'assurer la durabilité de l'ouvrage.

Traitement à réaliser de part et d'autre si fissure traversante.

8.3. Désordres généralisés

8.3.1. Fissuration au droit des jonctions entre voiles et radiers ou autres éléments structurants

Désordre constaté : Les ouvrages présentent des fissures horizontales au droit des reprises de bétonnage aux jonctions entre voiles et radiers ou autres éléments structurants. Les ouvrages hydrauliques possèdent des fuites à travers ces fissures qui, pour la plupart présentent des traces de calcite.

Cause probable : Absence de traitement du joint (avec élément prévu à cet effet type WATERSTOP) au droit des reprises de bétonnage.

Défaut éventuel de ferrailage localisé (l'ouvrage devrait être calculé en fissuration très préjudiciable).

Conclusion : A notre avis, ce désordre ne remet pas en cause la solidité de l'ouvrage. Toutefois, compte tenu de l'environnement agressif, la fissure pourrait être réparée (ouverture et mise en place d'un joint 25E possédant un label SNJF, afin d'assurer la durabilité de l'ouvrage.

Traitement à réaliser de part et d'autre si fissure traversante.

8.3.2. Eclats de béton et aciers apparents

Désordre constaté : Les parois verticales internes et externes des ouvrages présentent des éclats de béton qui laissent apparaître les aciers des voiles fortement corrodés. Il est à noter que les ouvrages construits en 1990 sont plus atteints par ce désordre que ceux construits en 1970.

Nota : l'intérieur des bassins et zones de stockage des effluents, non visibles, n'ont pas pu être examinés.

Cause probable :

Environnement agressif entraînant une altération physico-chimique du béton et des aciers

- atmosphère marine
- environnement industriel (pétrochimie...).

Par ailleurs, les parois internes subissent des sollicitations :

- ⇒ **mécaniques** : érosions par lavage, abrasions, corrosion, vibrations etc.
- ⇒ **liés aux influences chimiques** : eaux agressives, action du gaz carboniques CO₂, acide et gaz sulfureux, etc.

De plus, les ouvrages construits en 1990, présentent un enrobage insuffisant des armatures et en tout cas, très nettement inférieur aux 5 centimètres exigés par le BAEL pour le dimensionnement des ouvrages calculés en fissuration très préjudiciable.

Conclusion :

Ces altérations physico-chimiques du béton se traduisent à notre avis par :

- une carbonatation du béton depuis la surface des parois vers le centre
- la présence d'ions chlorure dans le béton
- une corrosion accélérée des aciers qui peut entraîner une perte de section de l'acier.

Selon le stade d'altération atteint, ce désordre est susceptible de remettre en cause la solidité de l'ouvrage.

Cependant, des investigations complémentaires sont à réaliser afin de vérifier :

- l'épaisseur de béton sujette aux altérations (carbonatation, présences d'ions chlorures...). Il s'agit de réaliser des prélèvements de béton pour analyses en laboratoires.
- la section résiduelle des aciers présents dans les voiles. Il s'agit de réaliser un repérage des aciers au ferroskan.

Ces investigations complémentaires permettront de déterminer avec précision la nature des travaux de réparation à réaliser.

On peut d'ores et déjà prévoir que les réparations seront lourdes compte tenu des désordres observés et de la volonté de l'exploitant de réaliser des réparations redonnant aux ouvrages une durée de vie de 25 à 30 ans : purge du béton éclaté, remplacement des aciers insuffisants, réparation du béton, traitement cathodique des ouvrages selon la profondeur de béton altéré (il est à noter que les 2 faces des parois sont sujettes aux agressions), mise en place éventuelle d'un revêtement protecteur étanche...

ANNEXES

ANNEXE 1 : extraits de la norme NF EN 1504-9

ANNEXE 2 : plan de repérage des désordres

ANNEXE 3 : descriptions détaillées des désordres

ANNEXE 1 : extrait de la norme NF EN 1504-9

La norme NF EN 1504-9 définit des exigences minimales préalables à la protection et à la réparation des ouvrages en béton armé et non armé.

Extrait de la norme concernant l'évaluation des défauts et leurs causes :

Une évaluation des défauts dans la structure en béton, de leurs causes et de la capacité de la structure en béton à réaliser sa fonction doit être effectuée.

La procédure d'évaluation de la structure doit comprendre, sans toutefois s'y limiter, les éléments suivants :

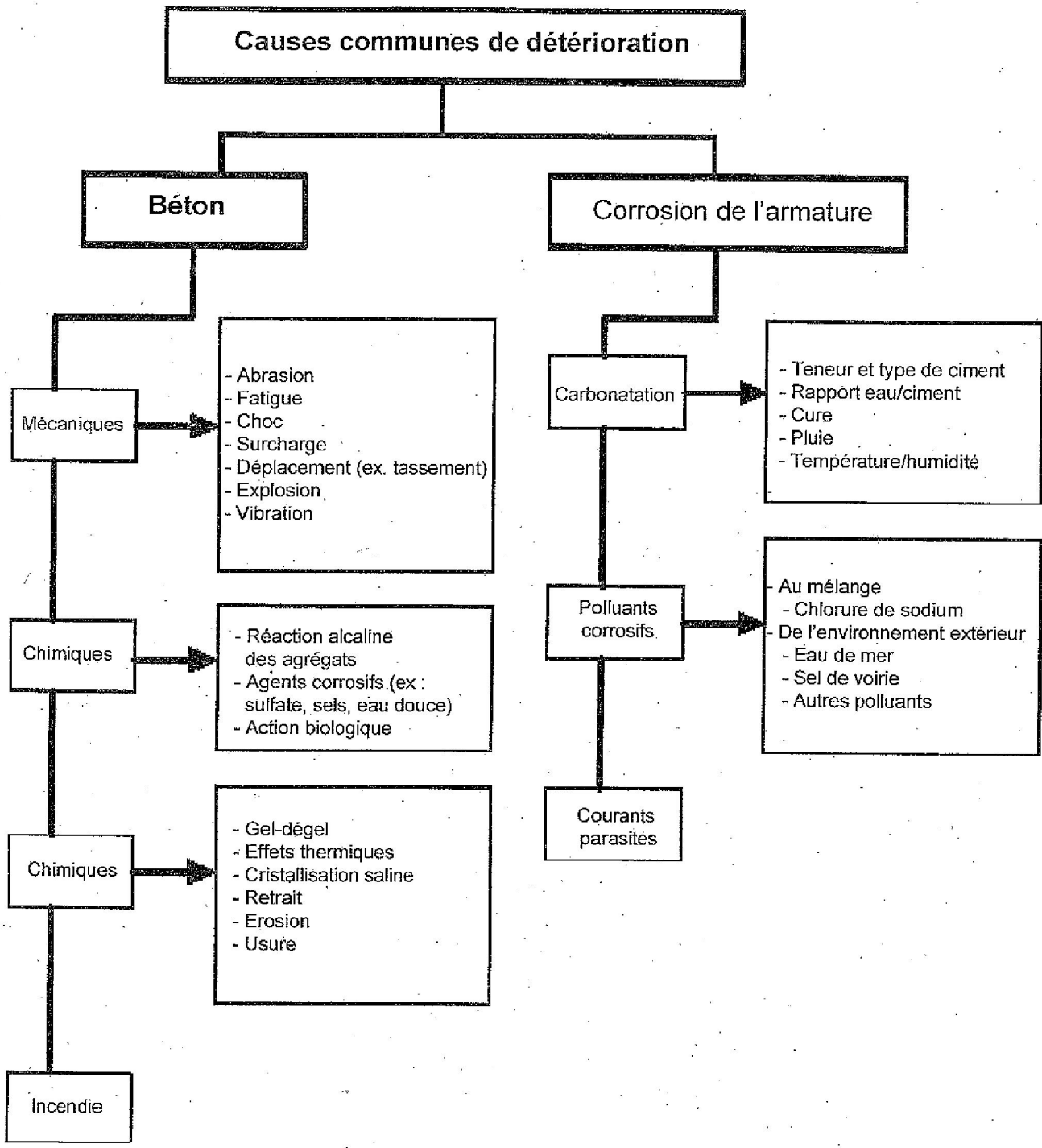
- a) l'état visible de la structure en béton existante ;
- b) les essais permettant de déterminer l'état du béton et de l'acier de renforcement ;
- c) l'approche de conception initiale ;
- d) l'environnement, y compris l'exposition à la pollution ;
- e) l'historique de la structure en béton, y compris l'exposition à l'environnement ;
- f) les conditions d'utilisation (par exemple chargement ou autres actions) ;
- g) les exigences pour une utilisation future.

La nature et les causes des défauts, y compris les combinaisons de causes, doivent être identifiées et enregistrées (voir Figure 1).

NOTE Des lignes directrices supplémentaires relatives à l'effet des erreurs de conception et de construction sur la durabilité de la structure sont données en A.4.3.

L'étendue approximative et le taux d'accroissement probable des défauts doivent être évalués. Une estimation doit être effectuée pour déterminer le moment où l'élément structural ou la structure en béton ne satisfait plus à son usage prévu, sans l'application de mesures de protection ou de réparation (autres que la maintenance des systèmes existants).

Les résultats de l'évaluation achevée doivent être valables dès la conception et la réalisation des travaux de protection et de réparation. Si, avec l'évolution du temps ou pour toutes autres raisons, des doutes concernant la validité de l'évaluation subsistent, une nouvelle évaluation doit être effectuée.



6.2.3 Principes et méthodes relatifs à la corrosion de l'armature

Les principes 7 à 11 dans le Tableau 1 prennent en compte la corrosion de l'armature résultant de :

- la perte physique de la couche de protection du béton ;
- la perte d'alcalinité du produit chimique de la couche de protection du béton engendrée par la réaction avec le dioxyde de carbone atmosphérique (carbonatation) ;
- la pollution de la couche de protection du béton par des agents corrosifs (généralement des ions chlorures) qui se sont intégrés au béton lors de son mélange ou qui, provenant de l'environnement, ont pénétré dans le béton ;
- des courants électriques parasites provenant des installations électriques voisines, conduits ou induits dans l'armature.

Lorsqu'il existe une corrosion de l'armature ou un risque de corrosion ultérieur, un ou plusieurs principes de protection contre la corrosion et de réparation de la corrosion (Principes 7 à 11 dans le Tableau 1) doivent être choisis.

En outre, le béton lui-même doit être réparé, si nécessaire, conformément aux principes 1 à 6.

Tableau 1 — Principes et méthodes de protection et de réparation des structures en béton

Principe	Exemples de méthodes basées sur les principes	Partie correspondante de l'EN 1504 (le cas échéant)
Principes et méthodes relatifs aux défauts dans le béton		
1. Protection contre toute pénétration	1.1 Imprégnation hydrophobe	2
	1.2 Imprégnation	2
	1.3 Revêtement	2
	1.4 Colmatage superficiel des fissurations	
	1.5 Colmatage des fissures	5
	1.6 Transformation de fissures en joints	
	1.7 Érection de panneaux externes ^{a)}	
	1.8 Application de membranes ^{a)}	
2. Contrôle du taux d'humidité	2.1 Imprégnation hydrophobe	2
	2.2 Imprégnation	2
	2.3 Revêtement	2
	2.4 Érection de panneaux externes	
	2.5 Traitement électrochimique	
3. Restauration du béton	3.1 Application manuelle de mortier	3
	3.2 Nouveau béton ou mortier coffré	3
	3.3 Pulvérisation de béton ou de mortier	3
	3.4 Remplacement d'éléments	

Tableau 1 — Principes et méthodes de protection et de réparation des structures en béton (fin)

Principe	Exemples de méthodes basées sur les principes	Partie correspondante de l'EN 1504 (le cas échéant)
4. Renforcement structural	4.1 Ajout ou remplacement de barres de renforcement incorporées ou externes	
	4.2 Ajout d'armature ancrée dans des trous pré-creusés ou forés	6
	4.3 Collage d'une plaque de renforcement	4
	4.4 Ajout de mortier ou de béton	3, 4
	4.5 Injection dans les fissures, les vides ou les interstices	5
	4.6 Colmatage des fissures, des vides et des interstices	5
	4.7 Précontrainte — (précontrainte par post-tension)	
5. Augmentation de la résistance physique	5.1 Revêtement	2
	5.2 Imprégnation	2
	5.3 Ajout de mortier ou de béton	3
6. Résistance aux produits chimiques	6.1 Revêtement	2
	6.2 Imprégnation	2
	6.3 Ajout de mortier ou de béton	3
Principes et méthodes relatifs à la corrosion de l'armature		
7. Préservation ou restauration de la passivité	7.1 Augmentation de la couche avec du mortier ou du béton supplémentaire	3
	7.2 Remplacement du béton pollué ou carbonaté	3
	7.3 Ré-alkalinisation électrochimique du béton carbonaté	
	7.4 Ré-alkalinisation du béton carbonaté par diffusion	
	7.5 Extraction électrochimique de chlorure	
8. Augmentation de la résistivité	8.1 Imprégnation hydrophobe	2
	8.2 Imprégnation	2
	8.3 Revêtement	2
9. Contrôle cathodique	9.1 Limitation de la teneur en oxygène (au niveau de la cathode) par saturation ou par revêtement de surface	
10. Protection cathodique	10.1 Application d'un potentiel électrique	
11. Contrôle des zones anodiques	11.1 Revêtement actif de l'armature	7
	11.2 Revêtement de protection de l'armature	7
	11.3 Application d'inhibiteurs de corrosion dans ou sur le béton	
a) Ces méthodes peuvent également être appliquées à d'autres principes.		

5.2 Options

Les options de gestion de structure suivantes doivent être prises en compte dans le choix des mesures appropriées à prendre pour satisfaire aux exigences futures relatives à la durée de vie de la structure :

- a) aucune action pendant un certain temps, à l'exception de la surveillance ;
- b) nouvelle analyse de la capacité structurale, susceptible de conduire à l'altération en fonctionnement ;
- c) prévention ou réduction de l'évolution de la détérioration ;
- d) renforcement ou réparation et protection de tout ou partie de la structure en béton ;
- e) reconstruction ou remplacement de tout ou partie de la structure en béton ;
- f) démolition de tout ou partie de la structure en béton.

5.3 Facteurs

Les facteurs à prendre en compte dans le choix d'une stratégie de gestion comprennent, sans toutefois s'y limiter, les catégories suivantes :

a) Facteurs de base

- 1) L'utilisation prévue et la durée de vie utile restante de la structure ;
- 2) les performances requises de la structure ;

NOTE Ceci peut comprendre, par exemple, la résistance au feu et l'étanchéité à l'eau.

- 3) la durée de vie utile probable des travaux de protection et de réparation ;
- 4) la disponibilité requise de la structure, l'interruption admise de son utilisation et les opportunités relatives aux travaux de protection, de réparation et de surveillance supplémentaires ;
- 5) le nombre et le coût des cycles de réparation acceptables pendant la durée de vie théorique de la structure en béton ;
- 6) le coût des stratégies de gestion alternatives par comparaison au coût global du cycle de vie, y compris toutes inspections et maintenance ultérieures ou autres cycles de réparation ;
- 7) propriétés et méthodes de préparation possibles du substrat existant ;
- 8) l'aspect de la structure protégée et réparée.

b) Facteurs structureaux

- 1) Les actions pendant et après la mise en oeuvre de la stratégie ;
- 2) les actions et la manière dont elles seront contrecarrées.

c) Santé et sécurité

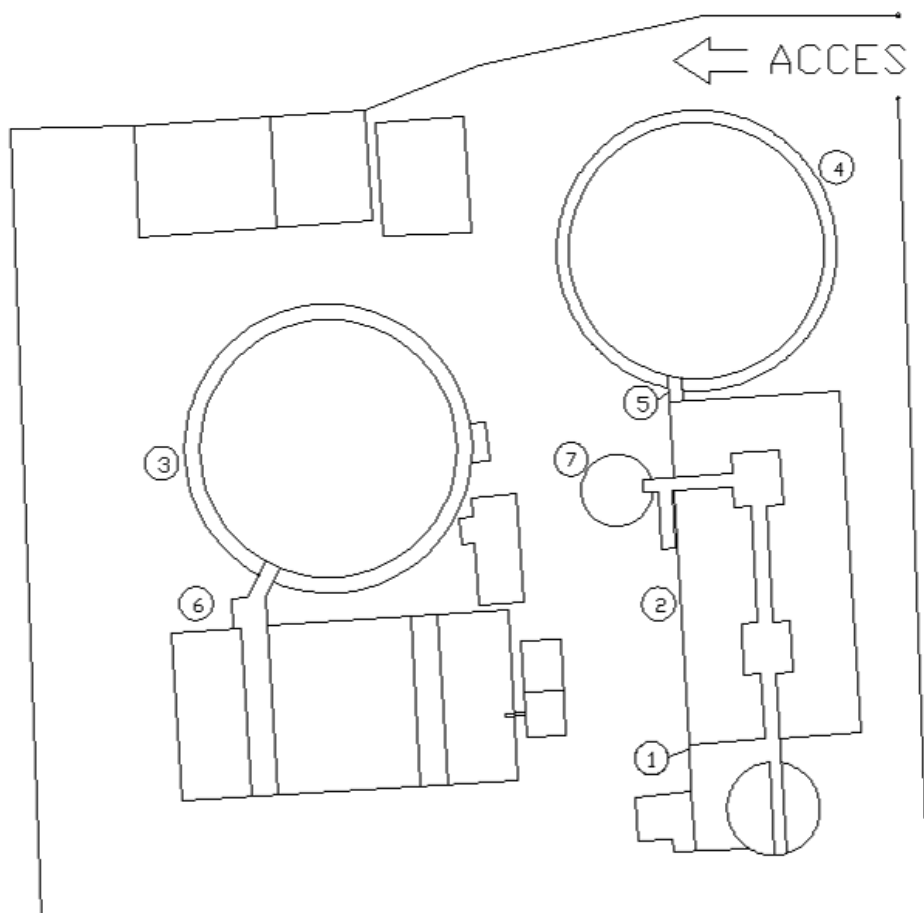
- 1) Les conséquences des défaillances de la structure ;
- 2) les exigences relatives à la santé et à la sécurité ;
- 3) l'effet sur les occupants ou les utilisateurs de la structure et sur les tiers parties.

d) Facteurs relatifs à l'environnement

- 1) L'environnement d'exposition de la structure et la question de savoir si elle peut être modifiée localement (vérifier avec l'EN 206-1) ;
- 2) la nécessité ou l'opportunité de protéger tout ou partie de la structure en béton, contre les effets des intempéries, de la pollution, du brouillard salin, etc., y compris la protection du substrat pendant les travaux de réparation.

ANNEXE 2 :

PLAN DE REPERAGE DES DESORDRES :



ANNEXE 3 :

Description détaillée des désordres :

- **Repérage N° 1** (voir plan) :

Les photos sont prises au niveau du mur d'accès du bassin de prétraitement (Réf. : C). Elles représentent des zones de **fissuration** où le béton est très abîmé et l'acier fortement corrodé.

Photo vue d'ensemble :



Photos: insuffisance au niveau de l'épaisseur de l'enrobage, corrosion des armatures, éclatement du béton

Photos 1-2-3 :



Pas d'enrobage au niveau des arases

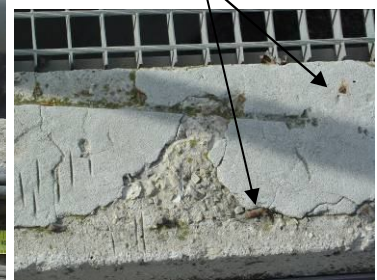


Photo 4



Photo 5

• **Repérage N° 2** (voir plan) :

Les photos sont prises au niveau du bassin d'aération (Réf. : B). Elles représentent les défauts au niveau des élévations périphériques. **Fissurations suivant le cours des armatures** où le béton est très abîmé (éclatement).

Photos vue d'ensemble :



Photos des parois internes des murs périphériques :



Fissuration et corrosion des armatures en pieds du mur externe du bassin d'aération (B) à proximité du bassin



Photos des piliers de supports de la passerelle :



Photo 1 : Usure érosion, fissuration



- **Repérage N° 3** (voir plan) :

Les photos sont prises au niveau du bassin clarificateur (Réf. : E). **Fissuration** horizontale au niveau des reprises de bétonnage des élévations périphériques.



Défaut d'étanchéité, fissuration verticale traversant



D'après le fascicule 74 du CCTG « construction de réservoir en béton », il y a lieu de considérer des défauts d'étanchéité. En effet, les ouvrages sont de Classe A (ouvrages dont l'étanchéité est assurée par la structure seule). Les fuites ne doivent pas dépasser, mise à part les variations de volume dues aux températures et à l'évaporation, une moyenne de 500cm³/m²/j. Cette condition peut être considérée comme réalisée si on ne constate pas de fuite apparente et de défaut d'esthétique.

- **Repérage N° 4** (voir plan) :

Photos prises au niveau du bassin clarificateur (Réf. : A). Elles représentent les zones de **réparations anciennes** au niveau des reprises de bétonnage plancher voile ou autres des élévations périphériques.



Remontée d'humidité
ou autres à confirmer

Traces de fuites calcifiées au pourtour des pieds du mur des ouvrages des clarificateurs (réf : A-E), situées probablement au droit d'une reprise de bétonnage.

- **Repérage N° 5** (voir plan) :

La photo est prise au niveau de la passerelle entre les bassins de Réf. : A et B, Fissuration sous fixation de la passerelle métallique au niveau de la jonction entre deux élévations structurelles différentes.



- **Repérage N° 6** (voir plan) :

Les photos sont prises au niveau du bassin d'aération (Réf. : D). Elles représentent les défauts au niveau des élévations périphériques. **Fissurations suivant le cours des armatures** où le béton présente des éclatements.

Corrosion des armatures et éclatement du béton et au niveau de la couronne d'arasement



Corrosion des armatures et éclatement du béton au niveau de l'arase des passerelles



Dégradation de l'enveloppe du bassin (corrosion des armatures, fissure et éclatement du béton)



Les photos sont prises au niveau de la passerelle entre les bassins de Réf. : D et E. Fissuration en sous face de la passerelle béton (la passerelle est en appuis sur le corbeau et non liée au bassin D => joint vertical normal)



Défaut d'enrobage au niveau des armatures sur élévation du bassin au droit des murs de refend



• **Repérage N° 7** (voir plan) :

Les photos sont prises au niveau du silo à boue (Réf. : F). Elles représentent les défauts au niveau des élévations périphériques. **Fissurations** au niveau de la couche de revêtement en mortier où le béton présente des éclatements.



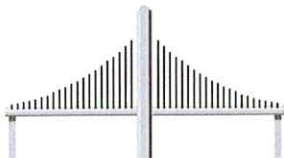
Mur de structure en BA

Revêtement en mortier



Partie de la peau à enlever
=> Danger, risque de chute

Annexe 2 : Rapport d'étude sur le diagnostic de l'état d'altération du bassin d'aération n°2 - LERM



CEREG Ingénierie

325, avenue de Orchidées
ZA Trifontaine
34980 SAINT-CLEMENT-DE-RIVIERE

A l'attention de Monsieur CHARRAS

Arles, le 7 juin 2010

Rapport d'étude n° 09.22967.002.01.A.

N/Réf : Dossier 09.05.22967.2 – DV 36868 bis / BDO51

V/Réf : Marché N° 08IT06

RAPPORT D'ETUDE
DEPARTEMENT BÂTIMENT / GENIE CIVIL

DIAGNOSTIC DE L'ETAT D'ALTERATION DU BASSIN D'AERATION N°2

Préconisation de réparation



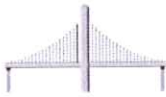
STEP de Fos sur Mer (13)

Consultez la Newsletter
sur www.lerm.fr

Siège social et Laboratoires :
23, rue de la Madeleine BP 60136
13 631 Arles Cedex - France
Tel +33 (0)4 90 18 30 30
Fax +33 (0)4 90 96 25 27
e-mail : contact@lerm.fr

Agence Ile de France
19, passage Charles Dallery
75011 Paris - France
Tel +33 (0)1 43 56 02 04
Fax +33 (0)1 43 56 05 09

Agence Rhône-Alpes
Les Portes de Crolles
Rond point du Raffour
38920 Crolles - France
Tel +33 (0)4 76 78 83 42
Fax +33 (0)4 76 78 80 41



REFERENCES RAPPORT D'ÉTUDE :

Rapport d'étude n°09.22967.002.01.A.

N/Réf : Dossier 09.05.22967.2 – DV 36868 bis / BDO51

V/Réf : Marché N° 08IT0

DIFFUSION :

CEREG Ingénierie

1 exemplaire

LERM ARLES

1 exemplaire

24	Nombre de pages
0	Nombre d'annexes
-	Rapports d'essais COFRAC

QUALITE :

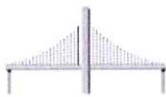
Rédaction : Anne-Laure Bézert

Approbation : Bernard Quénée

Assistante : Magali Ranger

Ce dossier a été réalisé dans une entreprise dont le système de management de la qualité est certifié ISO 9001 par l'AFAQ.

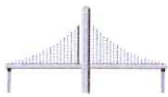
La reproduction intégrale de ce rapport sans modification d'aucune sorte est seule autorisée. Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur des échantillons prélevés dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle des échantillons et ne peut être étendue à une population dont ils sont issus que si l'homogénéité de cette population peut être vérifiée.



Sommaire

1. Objet de l'étude	4
2. Essais réalisés	4
3. Investigations sur site	5
3.1. Zones d'étude	5
3.2. Examens des principaux désordres	6
3.3. Mesure d'enrobage des aciers	7
3.3.1. Principe de la réflectométrie radar	7
3.3.2. Statistiques d'enrobage	8
3.4. Mesure de l'activité de corrosion des aciers	8
3.4.1. Principe et mise en œuvre de la méthode du potentiel d'électrodes	8
3.4.2. Résultats	9
4. Identification des échantillons	11
5. Essais en laboratoire	13
5.1. Détermination de la profondeur de carbonatation	13
5.2. Mesure de la résistance à la compression	13
5.3. Mesure de la teneur en sulfates	14
5.4. Analyse qualitative par diffraction des rayons X	14
5.5. Examen au microscope électronique à balayage	15
6. Synthèse et conclusions	20
7. Préconisations	21

Mots clés : bassin d'aération, béton, enrobage, activité de corrosion, carbonatation, sulfates, DRX, MEB



1. Objet de l'étude

A la demande et pour le compte de CEREG Ingénierie, le LERM a réalisé, en mai 2010, une étude ayant pour objectif de réaliser un diagnostic de l'état du bassin d'aération n°2 en béton armé de la STEP de Fos-sur-Mer (13).

2. Essais réalisés

Conformément au programme préétabli, les investigations et essais réalisés ont été les suivants :

Sur site :

- Examen, description des désordres ;
- Mesure de l'enrobage des aciers par réflectométrie radar ;
- Mesure de l'activité de corrosion des aciers par mesure de potentiel d'électrode ;
- Prélèvement d'échantillons par carottage diamanté sous eau ;

En laboratoire :

- Mesure de la profondeur de carbonatation par test à la phénolphthaléine ;
- Mesure de la résistance mécanique en compression selon la norme NF EN 12504-1 ;
- Analyse qualitative de poudre par diffraction des rayons X après séparation manuelle de la matrice ;
- Mesure de la teneur en sulfates après attaque acide ménagée selon le mode opératoire recommandé par l'AFPC-ADREM (mesure à trois profondeurs) ;
- Observation des bétons au microscope électronique à balayage couplé à l'analyse qualitative élémentaire par spectrométrie X à dispersion d'énergie, afin de caractériser la microstructure de la pâte de ciment et de rechercher d'éventuels signes d'altération.

3. Investigations sur site

3.1. Zones d'étude

Les mesures d'enrobages et de corrosion ont été réalisées sur deux voiles du bassin, comme indiqué en figure 1 ci-dessous.

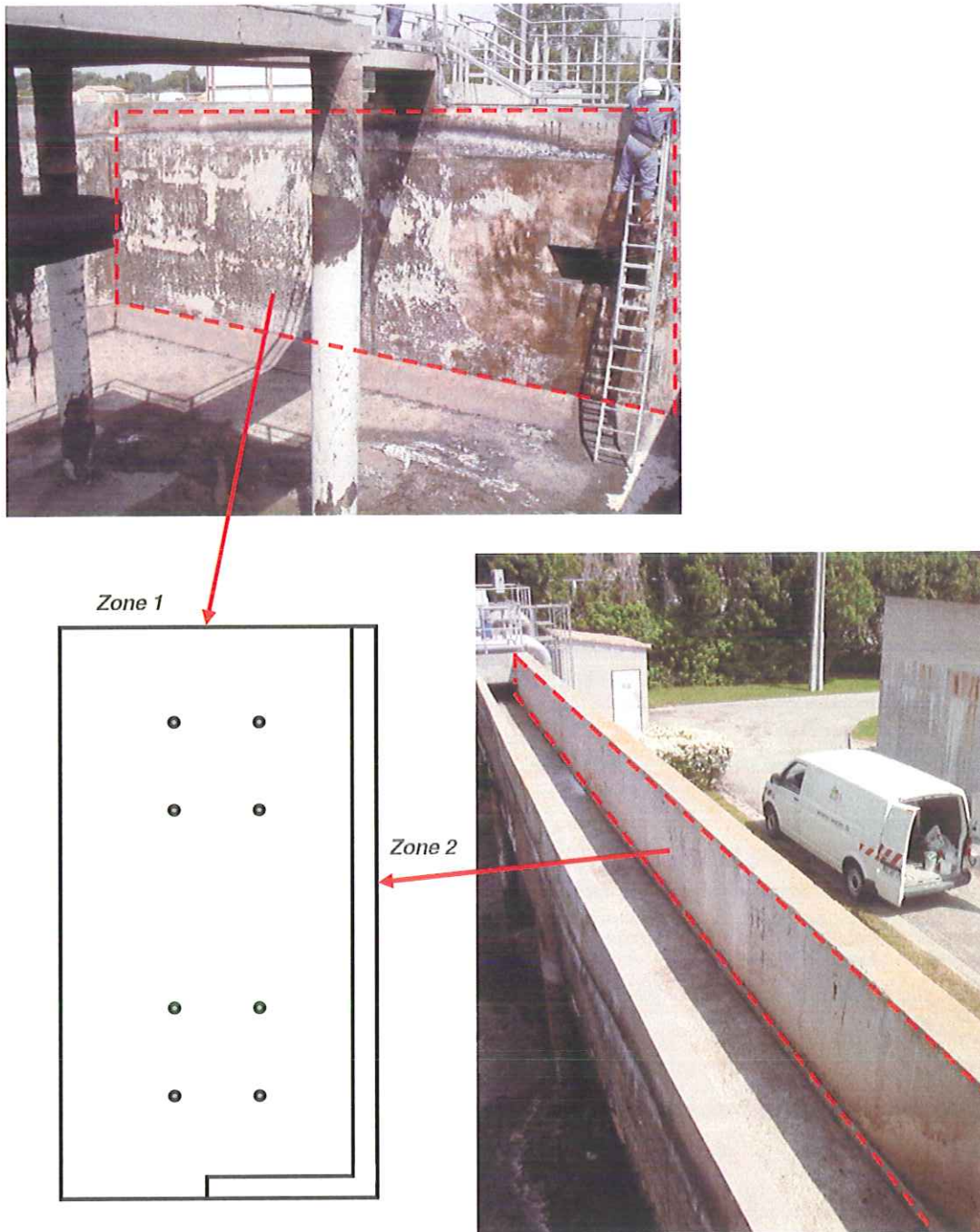
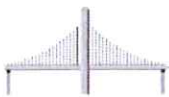


Fig. 1 : Schéma du bassin et emplacement des zones



3.2. Examens des principaux désordres

Les principaux désordres observés sur les voiles du bassin sont les suivants :

- A l'intérieur du bassin :
 - des fissures verticales (de 1 à plusieurs mètres de longueur),
 - des éclats de béton avec fers apparents, uniquement en partie haute des voiles, en zone émergée,
 - de très nombreux éclats et amorces d'éclats au niveau des voiles de la goulotte (zone 2),
- A l'extérieur du bassin :
 - de nombreuses fissures, surtout verticales, avec parfois des efflorescences. Un grand nombre de ces fissures s'étendent verticalement entre deux trous de banches,
 - très localement, des enrobages inexistantes, avec donc des fers apparents.

Des éclats avec fers apparents ont aussi été observés en sous-face des passerelles.

Ces désordres sont illustrés par les figures 2 à 7 ci-dessous.



Fig. 2 : Eclats avec fers apparents en partie haute d'un voile, à l'intérieur du bassin (zone 1)



Fig. 3 : Eclats avec fers apparents au niveau du voile dans la goulotte (zone 2)



Fig. 4 : Eclats avec fers apparents en sous-face de la passerelle



Fig. 5 : Absence d'enrobage en partie extérieure d'un voile du bassin



Fig. 6 : Fissure verticale avec efflorescence en partie extérieure d'un voile du bassin



Fig. 7 : Fissure verticale au niveau d'un trou de banche en partie extérieure d'un voile du bassin

3.3. Mesure d'enrobage des aciers

3.3.1. Principe de la réflectométrie radar

Les mesures d'enrobage des zones d'étude ont été réalisées par la méthode de la réflectométrie radar. Cette méthode d'investigation non destructive permet de réaliser une auscultation précise et en continu de la plupart des matériaux, à des profondeurs variant du centimètre à plusieurs mètres.

Les ondes électromagnétiques hautes fréquences se propagent dans les matériaux et se réfléchissent à l'interface entre deux milieux physiques distincts qui présentent des caractéristiques (paramètres électromagnétiques) différentes. La mesure des vitesses de propagation des ondes dans les matériaux et l'analyse des échos associés aux interfaces constituent les principes de base de la méthode.

En résumé, les investigations par radar fournissent les coupes - profondeur des matériaux auscultés au droit de profils de mesure réalisés en continu en surface des structures étudiées. Ces coupes mettent en évidence la position de l'interface béton / air et la position des armatures métalliques.

L'auscultation a été réalisée à l'aide d'un radar équipé de transducteurs (antennes d'émission - réception) très haute fréquence 3000 MHz de conception et fabrication LERM.

Les enregistrements (radargrammes) sont obtenus en temps réel. Ils fournissent les « coupes temps » situées au droit de chaque profil et permettent une première interprétation des résultats sur le site même. Les mesures sont enregistrées et sont traitées par ordinateur au bureau.

3.3.2. Statistiques d'enrobage

Les statistiques sont établies pour les armatures les plus proches du parement, c'est-à-dire dans ce cas pour les aciers verticaux. Les résultats sont présentés sous forme d'histogrammes en figures 8 et 9 ci-dessous.

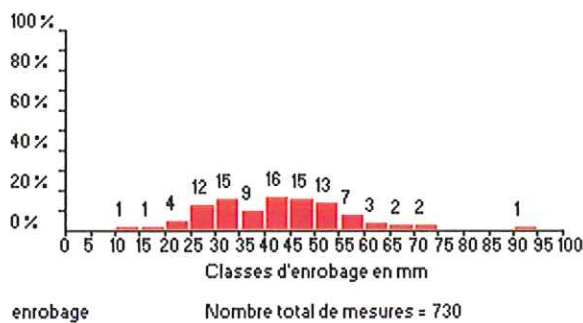


Fig. 8 : Statistiques d'enrobage en zone 1

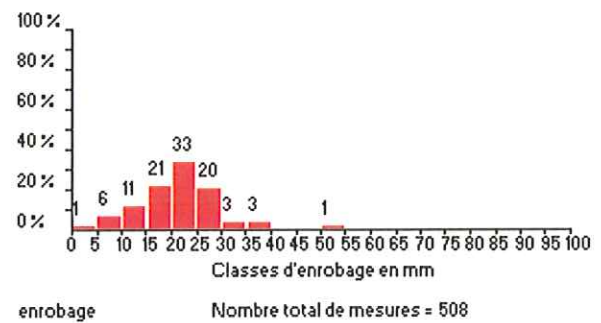


Fig. 9 : Statistiques d'enrobage en zone 2

Ces résultats appellent les commentaires suivants :

- En zone 1, la majorité (80%) des épaisseurs d'enrobage est comprise entre 25 et 55 mm ;
- En zone 2, 92% des épaisseurs d'enrobage sont inférieures à 30 mm.

3.4. Mesure de l'activité de corrosion des aciers

3.4.1. Principe et mise en œuvre de la méthode du potentiel d'électrode

La méthode d'investigation par potentiel d'électrode est semi-destructive et permet la mesure du champ de potentiel à la surface du béton sur des zones de plusieurs mètres carré.

La corrosion par « enroulement » des aciers dans un béton provoque des phénomènes électrochimiques analogues à ceux des batteries, mais le courant électrique engendré présente une très faible intensité.

Seules les armatures soumises à une corrosion **active** provoquent des différences de potentiel électrique (potentiel négatif par rapport à l'électrode de référence) dans certaines conditions.

Il importe de tenir compte également du contexte des mesures, à savoir la profondeur des aciers (couverture), le taux d'humidité, la qualité du béton (porosité, taux de carbonatation, présence de chlorures ou autres sels...). En effet, tous ces paramètres conditionnent la production du champ électrique et sa répartition, en fonction notamment de la résistivité électrique du béton.



Par conséquent, la mesure du champ de potentiel donne une probabilité de corrosion, d'autant plus importante que les potentiels mesurés sont plus électro-négatifs. Les variations rapides du champ de potentiel (gradient élevé), constituent également un critère d'évaluation important, pouvant notamment traduire la présence d'une fissuration du béton provoquée par « l'enrouillement » des aciers.

En particulier pour les bétons immergés, l'absence d'oxygène protège les aciers de la corrosion, mais les potentiels mesurés peuvent être très électro-négatifs.

Ainsi, les valeurs absolues de potentiels ne sont pas seules significatives et les variations latérales d'un point à un autre doivent être prises en considération (gradient de potentiel).

L'interprétation des mesures tient compte des recommandations RILEM TC 154.

Le champ de potentiel est mesuré entre le réseau d'armatures lui-même et une électrode spéciale de référence (électrode impolarisable en cuivre - sulfate de cuivre), appliquée à la surface du béton. Un millivoltmètre sensible à grande impédance d'entrée est utilisé pour obtenir des mesures fiables et stables.

Ce système permet la mesure du champ de potentiel à la surface du béton sur des zones de quelques décimètres ou de quelques mètres carré. Les valeurs de potentiel sont acquises selon une maille régulière (20 cm x 20 cm à 50 x 50 cm en général).

L'acquisition peut être faite point par point ou de manière quasi-continue grâce à un système d'électrode roulante.

La cartographie des zones auscultées est faite par traitement informatique des mesures.

3.4.2. Résultats

Potentiels (mV)

□ 50-100
□ 0-50
□ -50-0
■ -100--50
■ -150--100
■ -200--150
■ -250--200
■ -300--250
■ -350--300
■ -400--350
■ -450--400
■ -500--450
■ -550--500
■ -600--550

Fig. 10 : Légende des cartes de potentiel d'électrodes sur les zones auscultées

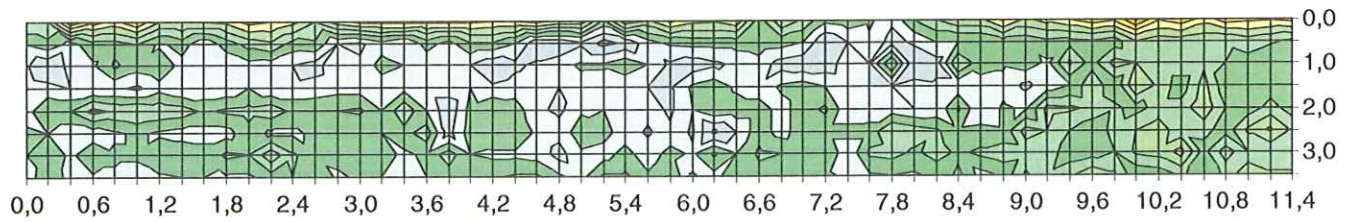
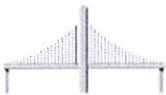


Fig. 11 : Cartographie de potentiel d'électrodes en zone 1

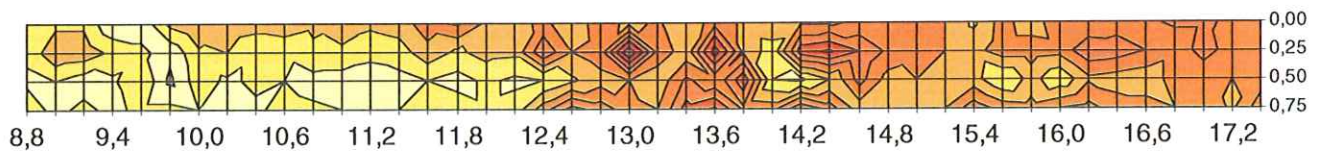
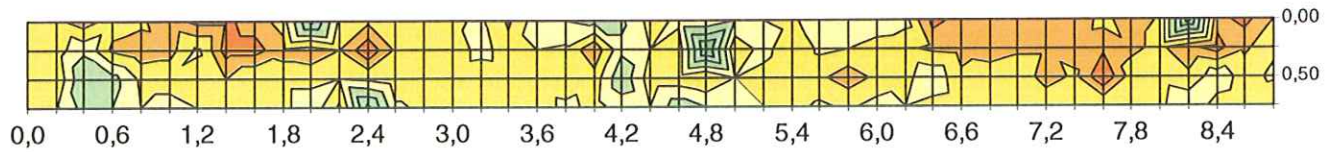


Fig. 12 : Cartographie de potentiel d'électrodes en zone 2

Les figures 11 et 12 ci-dessus illustrent les résultats des mesures de potentiels réalisées en zones 1 et 2.

Les résultats obtenus permettent de faire les commentaires suivants :

- En zone 1, dans l'ensemble, les valeurs de potentiels sont faiblement électronégatives. Sur l'ensemble de la zone, les gradients de potentiels sont faibles. Sur les 50 cm de la partie supérieure du voile (zone de marnage) les gradients sont modérés, associés à des valeurs de potentiels plus électronégatives. Ainsi en zone 1, il y a absence de corrosion active en zone immergée (absence d'oxygène). En revanche, en zone de marnage, une corrosion active des armatures au moment des mesures est très probable ;
- En zone 2, les valeurs de potentiels sont très électronégatives. Les gradients associés sont modérés, mais de nombreuses surfaces présentent des gradients très élevés. Ces constatations sont l'indication d'une corrosion active au moment des mesures quasi généralisée entre 12 et 17 m, mais plus ponctuelle entre 0 et 12 m.

4. Identification des échantillons

Le tableau 1 donne les références et les principales caractéristiques des échantillons réceptionnés au LERM le 12 mai 2010. Ces échantillons sont par ailleurs illustrés par les figures 13 à 15.

Réf. LERM	Localisation	Nature	Masse et dimension
22967-1	Zone 1 (en zone de marnage)	Carotte de béton à pâte de ciment gris très clair, de compacité moyenne (quelques vacuoles plurimillimétriques), de cohésion correcte. Mélange granulaire concassé, calcaire, de granulométrie homogène et continue, de $D_{max} = 10$ mm. Surface de la carotte altérée. Présence d'une armature de $\varnothing = 10$ mm à 12 mm de profondeur, avec traces de rouille	m = 1700 g $\varnothing = 73$ mm h = 170 mm
22967-2	Zone 2 (en partie immergée)	Carotte de béton à caractéristiques générales similaires. Mélange granulaire autre que celui de l'échantillon 22967-1, mais à caractéristiques proches. $D_{max} = 14$ mm Présence d'une armature à 30 mm de profondeur.	m = 1800 g $\varnothing = 73$ mm h = 185 mm

Tableau 1 : Identification des échantillons



Fig. 13 : Aperçu général des échantillons 22967-1 et 22967-2

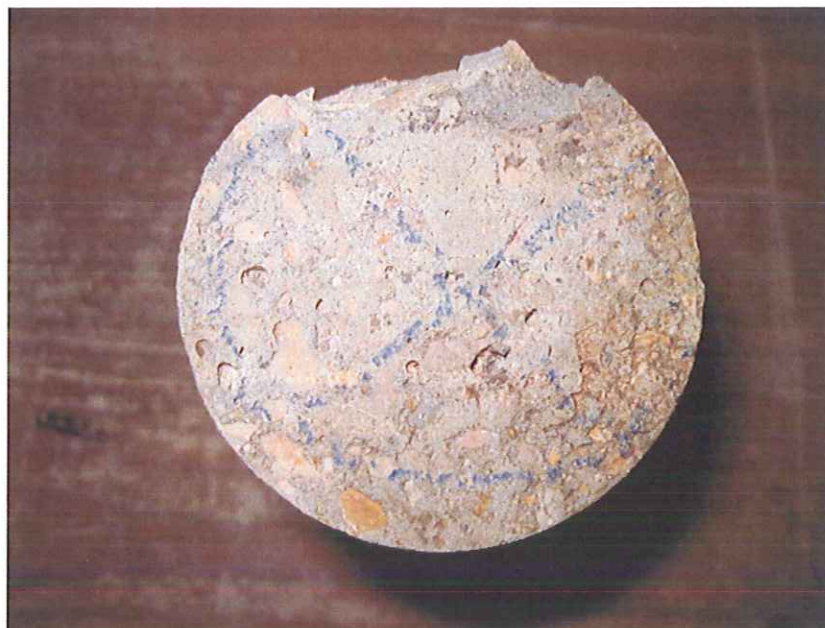
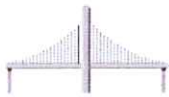


Fig. 14 : Aperçu de la surface de l'échantillon 22967-1



Fig. 15 : Aperçu de la surface de l'échantillon 22967-2

5. Essais en laboratoire

5.1. Détermination de la profondeur de carbonatation

La profondeur de carbonatation a été mesurée par aspersion d'une solution de phénolphthaléine sur des fractures fraîches réalisées sur les carottes de béton prélevées in-situ. La phénolphthaléine, qui est un indicateur coloré de pH, permet de différencier la zone carbonatée (pH < 9) qui est incolore, de la zone non carbonatée (pH > 9) qui prend une coloration rose.

Le degré d'avancement de la carbonatation (profondeur de carbonatation) de la matrice cimentaire est directement lié aux caractéristiques intrinsèques des matériaux (porosité, âge,...) ainsi qu'aux conditions environnementales (humidité, température,...).

Les résultats obtenus, mis en regard des profondeurs d'enrobage minimum acquises au cours de l'auscultation radar, sont reportés dans le Tableau 2.

Réf. LERM	Localisation	Profondeur de carbonatation (mm)	Enrobage minimum mesuré par radar (mm)
22967-1	Zone 1	6 à 20 mm	10 mm
22967-2	Zone 2	6 à 18 mm	0 mm

Tableau 2 : Résultats des mesures de profondeur de carbonatation

Ces résultats amènent au constat selon lequel la profondeur de carbonatation est supérieure à l'enrobage minimum des aciers passifs. Par conséquent, le risque de corrosion par carbonatation est élevé, ce qui est cohérent avec les probabilités d'activité de corrosion (en zone 2 et dans la zone de marnage de la zone 1) mises en évidence par ailleurs.

5.2. Mesure de la résistance à la compression

La résistance à la compression a été mesurée selon la norme NF EN 12504-1, sur une éprouvette exempte d'armatures. La mesure brute obtenue a été corrigée selon les règles de correction du projet d'annexe française à la norme EN 13791 (PrNF EN 13791/CN de septembre 2007). Ces règles donnent essentiellement une correction sur :

- l'élanement de l'éprouvette,
- le diamètre de l'éprouvette.

Au final, la résistance corrigée obtenue est, suivant l'annexe française de la norme, équivalente à la résistance qui aurait pu être mesurée sur une éprouvette 16x32 cm.

Le résultat obtenu est synthétisé dans le Tableau 3 ci-après.

Réf. LERM	Elancement (h/φ)	Rc brute mesurée (MPa)	Rc corrigée (MPa)
22967-2	1,73	33,0	29,9

Tableau 3 : Valeurs de résistances mécaniques en compression

Le béton étudié présente une résistance mécanique en compression de l'ordre de **30 MPa**. A titre indicatif, la norme EN 206-1 préconise, pour les bétons exposés à une classe d'agressivité de type XC1, une résistance minimale en compression de 20 MPa.

5.3. Mesure de la teneur en sulfates

Le dosage des sulfates a été réalisé par chromatographie ionique sur l'échantillon 22967-1 selon un gradient de trois profondeurs. Les teneurs en sulfates sont déterminées après attaque acide ménagée. Les résultats obtenus, exprimés en pourcentages massiques, sont regroupés dans le Tableau 4.

Réf. LERM	Profondeur d'analyse	Sulfates dans le béton (% massique)	Sulfates ramenés à la masse de ciment* (% massique)
22967-1	0 à 20 mm	0,66	4,9
	20 à 40 mm	0,48	3,6
	40 à 60 mm	0,42	3,2

Tableau 4 : Teneurs en sulfates dans le béton

* calculé en considérant un dosage en ciment de 300 kg/m³ et une masse volumique apparente de 2250 kg/m³

Les résultats obtenus révèlent un net enrichissement en sulfates en surface du béton (entre 0 et 20 mm), en relation directe avec un apport exogène (effluents du bassin).

Entre 0 et 20 mm la teneur en sulfates est supérieure aux seuils normatifs définis par la norme ciment NF EN 197-1, à savoir 3,5 à 4 % selon la classe de résistance du ciment.

5.4. Analyse qualitative par diffraction des rayons X

L'analyse par diffraction des rayons X a été réalisée sur un échantillon de béton de surface (20 mm) issu du prélèvement 22967-1.

Les résultats ont permis de mettre en évidence les phases cristallisées présentées dans le Tableau 5 et illustrées par la figure 16.

Minéraux	Composition chimique	Intensité relative	Raie principale (Å)
Calcite	CaCO ₃	+++	3,03
Quartz	SiO ₂	+	3,34
Gypse	CaSO ₄ 2H ₂ O	t	7,63 et 4,28
Corps amorphe	-	p	-

Tableau 5 : Résultats de l'analyse minéralogique qualitative par diffraction des rayons X des échantillons 22967-1d
(+++ = intensité forte, ++ = intensité moyenne, + = intensité faible, t = traces ; p = présence)

Les croix indiquées dans le tableau représentent l'intensité relative de la raie principale de chacune des espèces présentes. Ces croix sont mentionnées à titre indicatif et ne peuvent indiquer l'abondance réelle.

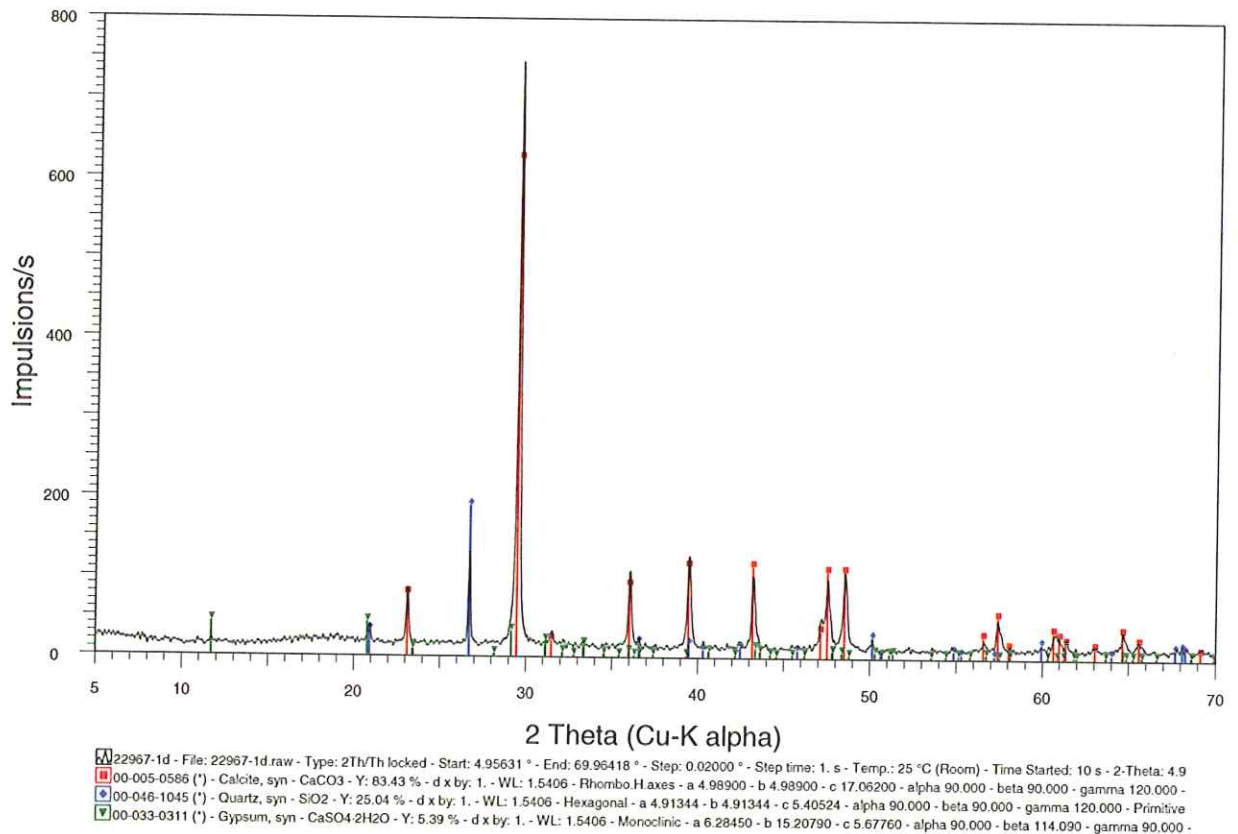


Fig. 16 : Diffractogramme de l'échantillon 22967-1d

La présence de calcite et les traces de gypse sont respectivement cohérentes avec le front de carbonatation observé sur ce même échantillon (20 mm), et avec l'enrichissement en sulfates mesuré.

Le quartz mis en évidence provient très probablement de la charge granulaire sableuse

5.5. Examen au microscope électronique à balayage

Les examens au microscope électronique à balayage, associés à la microanalyse élémentaire par spectrométrie X à dispersion d'énergie, ont été réalisés sur une fracture fraîche confectionnée à partir de l'échantillon 22967-1. Ils ont permis de mettre en évidence les points essentiels suivants (figures 17 à 34) :

- En surface, cet échantillon présente un enrichissement en composés organiques dont l'analyse élémentaire indique qu'ils englobent une proportion notable de phosphore ;

- En coupe, le béton présente un front de carbonatation d'épaisseur plus ou moins régulière voisine de 10 mm. Dans cette frange, la matrice présente une microstructure microporeuse. Elle est constituée essentiellement de silicates de calcium hydratés (C-S-H) microporeux qui paraissent carbonatés. Localement, quelques cristaux de portlandite sont mis en évidence ;
- Entre 10 et 30 mm de profondeur, la matrice apparaît hétérogène, parfois dense et parfois microporeuse. Localement, en particulier dans les zones denses, quelques cristaux d'aluminates et chloroaluminates de calcium hydratés sont mis en évidence. Par ailleurs, quelques cristaux de portlandite accompagnés d'ettringite aciculaire finement cristallisée, sont observés ;
- Au-delà de 30mm environ de profondeur, la matrice cimentaire présente une microstructure globalement similaire à celle observée à cœur (à plusieurs dizaines de millimètres de la surface). Elle se caractérise par une microstructure compacte. Elle est constituée essentiellement de (C-S-H) généralement denses et parfois granuleux. Ces C-S-H sont accompagnés de quelques cristaux d'aluminates de calcium hydratés et de quelques cristaux de portlandite sous formes de plaquettes hexagonales empilées les unes sur les autres. Par ailleurs, des cristaux d'ettringite aciculaire et parfois massive sont également mis en évidence. Toutefois ces derniers ne sont pas associés à des microfissures.

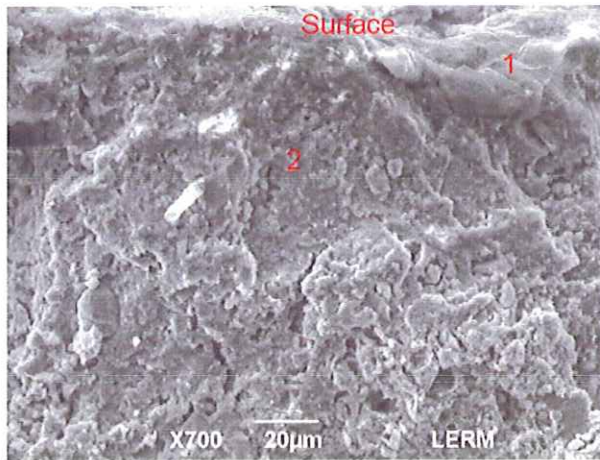


Fig. 17 : Microscopie électronique à balayage. Echantillon 22967-1
Aspect général du matériau
1 = surface ; 2 = matrice du béton

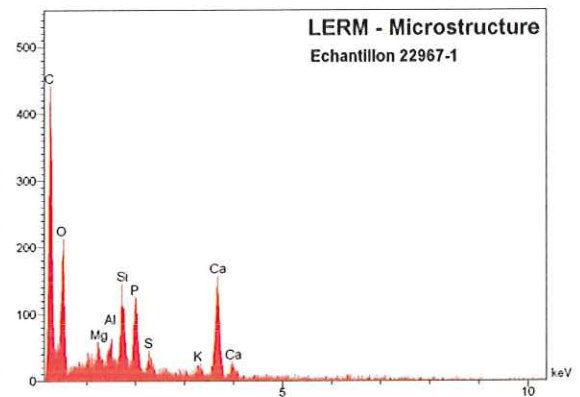


Fig. 18 : Microscopie électronique à balayage
Analyse élémentaire au point 1
de la figure précédente

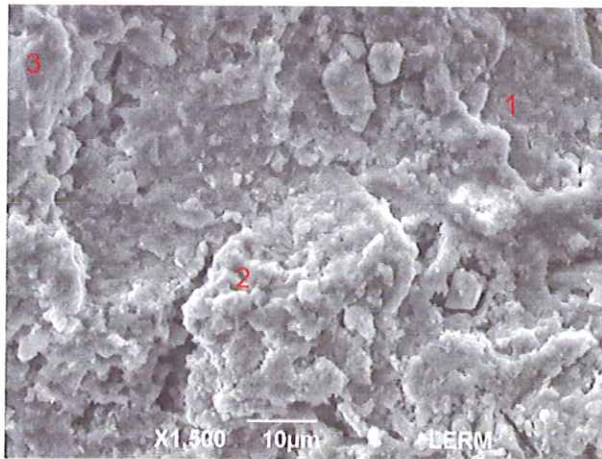


Fig. 19 : Microscopie électronique à balayage. Echantillon 22967-1
Détail de la matrice à 0,2 mm de la surface
1 = C-S-H ; 2 = carbonate de calcium ; 3 = grain siliceux

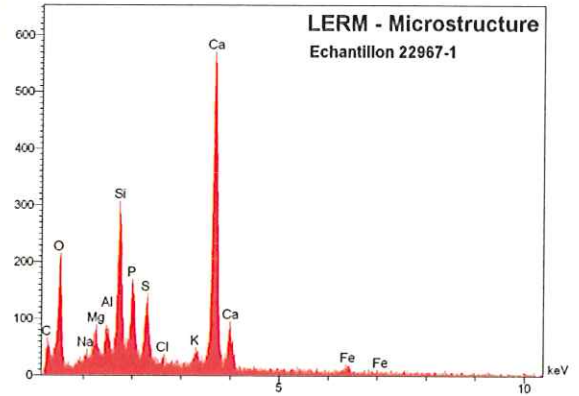


Fig. 20 : Microscopie électronique à balayage
Analyse élémentaire au point 1
de la figure précédente

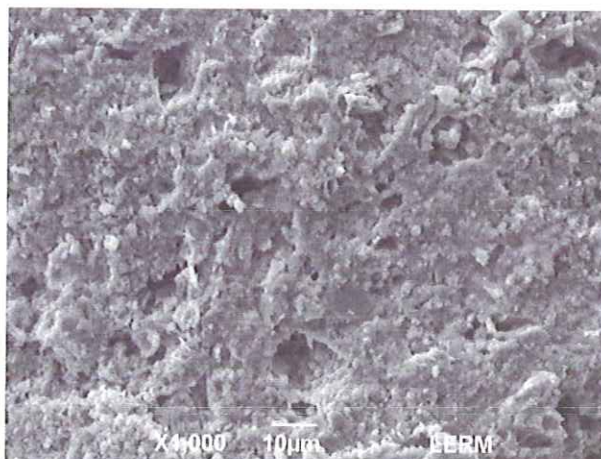


Fig. 21 : Microscopie électronique à balayage. Echantillon 22967-1
Aspect détaillé de la matrice à 2 mm de la surface

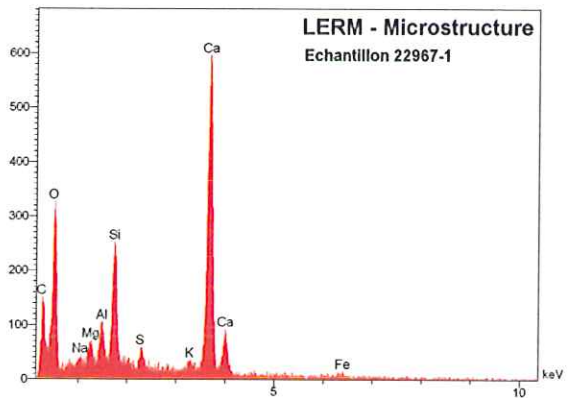


Fig. 22 : Microscopie électronique à balayage
Analyse élémentaire globale de la figure précédente

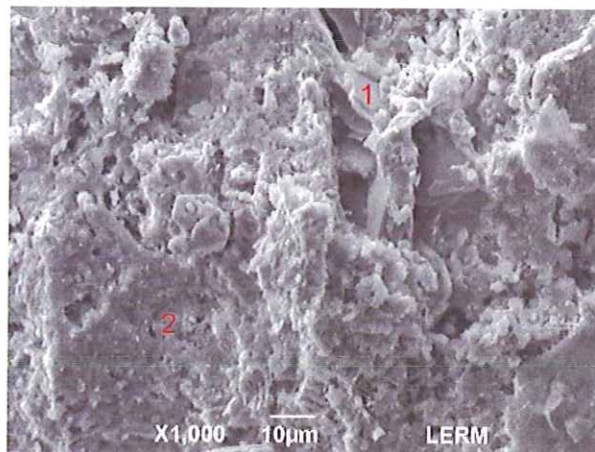


Fig. 23 : Microscopie électronique à balayage. Echantillon 22967-1
Détail de la matrice à 5 mm de la surface
1 = cristaux de portlandite ; 2 = C-S-H

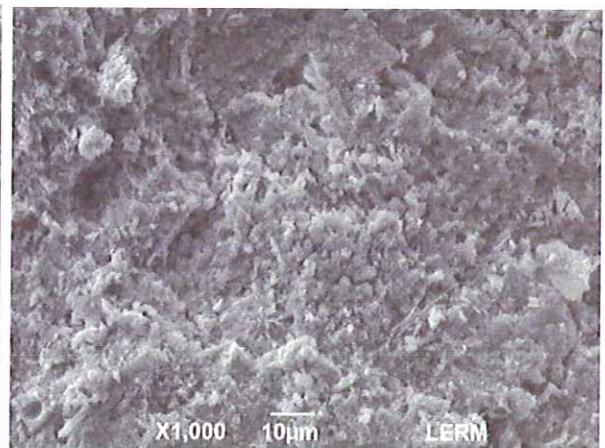


Fig. 24 : Microscopie électronique à balayage. Echantillon 22967-1
Aspect détaillé de la matrice à 10 mm de la surface

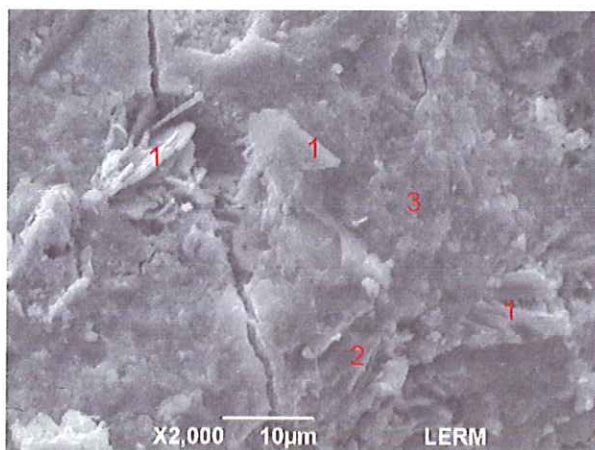


Fig. 25 : Microscopie électronique à balayage. Echantillon 22967-1
Détail de la matrice à 20 mm de la surface
1 = aluminat de calcium hydraté ; 2 = portlandite ; 3 = C-S-H

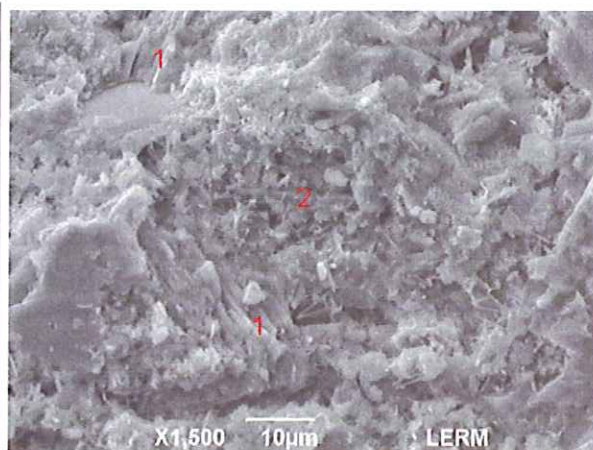


Fig. 26 : Microscopie électronique à balayage. Echantillon 22967-1
Détail de la matrice à 25 mm de la surface
1 = portlandite ; 2 = C-S-H

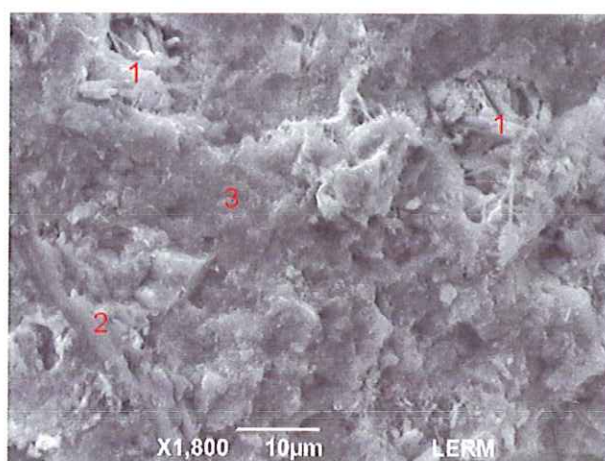


Fig. 27 : Microscopie électronique à balayage. Echantillon 22967-1
Détail de la matrice à 30 mm de la surface
1 = ettringite ; 2 = portlandite ; 3 = C-S-H

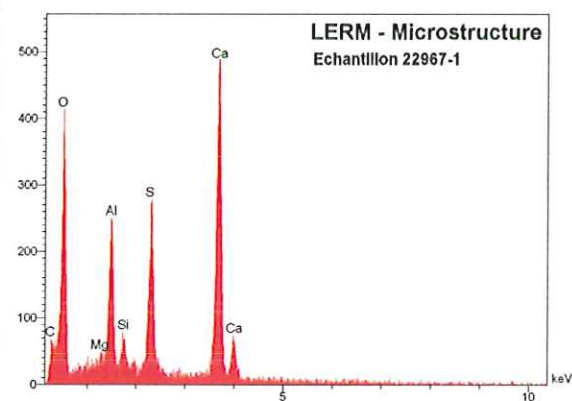


Fig. 28 : Microscopie électronique à balayage.
Analyse élémentaire des cristaux 1
de la figure précédente

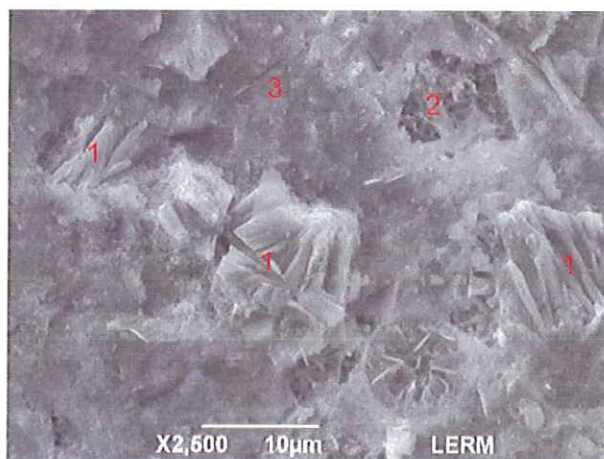


Fig. 29 : Microscopie électronique à balayage. Echantillon 22967-1
Détail de la matrice à 30 mm de la surface
1 = chloroaluminates de calcium hydratés ; 2 = ettringite ; 3 = C-S-H

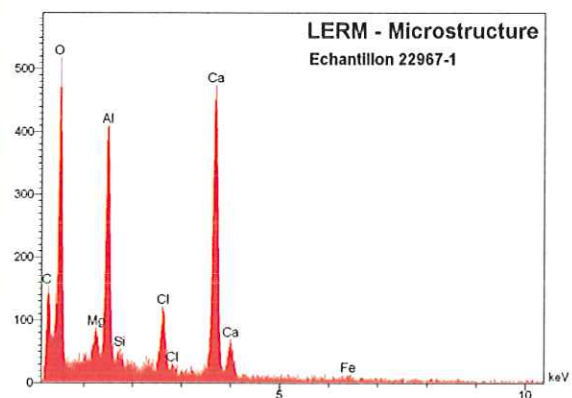


Fig. 30 : Microscopie électronique à balayage.
Analyse élémentaire des cristaux 1
de la figure précédente

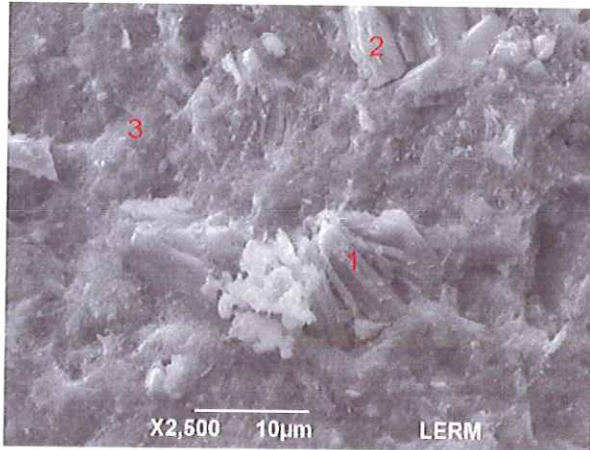
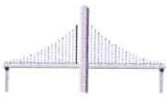


Fig. 31 : Microscopie électronique à balayage. Echantillon 22967-1
Détail de la matrice à 35 mm de la surface
1 = ettringite ; 2 = portlandite ; 3 = C-S-H denses

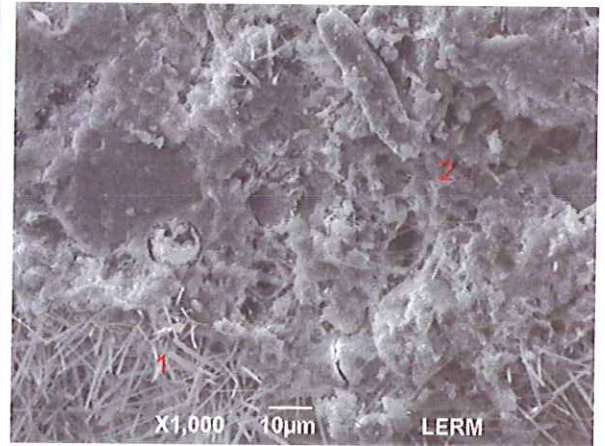


Fig. 32 : Microscopie électronique à balayage. Echantillon 22967-1
Détail de la matrice dans un pore à 45 mm de la surface
1 = ettringite aciculaire dans un pore ; 2 = matrice

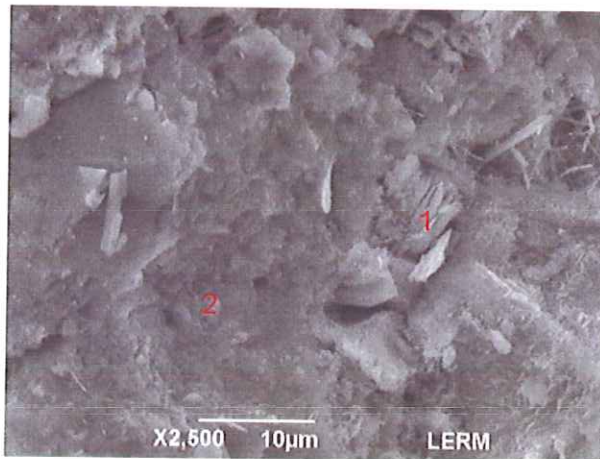


Fig. 33 : Microscopie électronique à balayage. Echantillon 22967-1
Détail de la matrice à 50 mm de la surface
1 = aluminat de calcium hydraté ; 2 = C-S-H denses

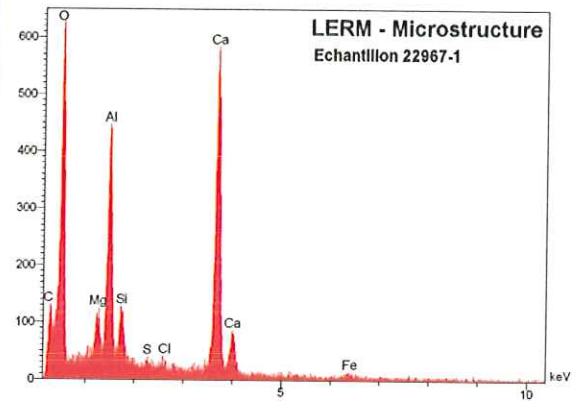
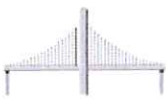


Fig. 34 : Microscopie électronique à balayage
Analyse élémentaire des cristaux 1
de la figure précédente

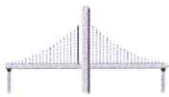


6. Synthèse et conclusions

L'étude réalisée par le LERM en mai 2010, dans le but d'établir un diagnostic de l'état du bassin d'aération n°2 en béton armé de la STEP de Fos-sur-Mer (13), a été basée sur deux zones d'étude : un voile complet, sur toute la hauteur du bassin (zone 1), et un voile de la goulotte (zone 2).

Les points essentiels suivants ont pu être dégagés :

- ✓ Les principaux désordres observés sur les voiles à l'intérieur du bassin sont des éclats de béton avec des fers apparents corrodés en parties émergées. Des fissures sont aussi observées à l'intérieur et à l'extérieur du bassin, qui s'apparentent à un phénomène de retrait ;
- ✓ Les épaisseurs d'enrobage :
 - présentent des valeurs minimales de **0 mm** en zone 2 et **10 mm** en zone 1,
 - sont majoritairement comprises entre 25 et 55 mm en zone 1,
 - sont majoritairement inférieures à 30 mm en zone 2 ;
- ✓ Les mesures d'activité de corrosion indiquent une absence de corrosion active en partie immergée de la zone 1 (absence d'oxygène), une corrosion active très probable en zone de marnage (zone 1) et quasi généralisée dans la goulotte ;
- ✓ Les profondeurs de carbonatation mesurées atteignent **18 mm** (goulotte) à **20 mm** (zone de marnage de la zone 1). Ces valeurs sont supérieures à l'enrobage minimum des armatures. Par conséquent, le risque de corrosion par carbonatation est élevé, ce qui est cohérent avec les probabilités d'activité de corrosion mises en évidence par ailleurs ;
- ✓ Le béton étudié en zone 2 présente une résistance mécanique en compression de l'ordre de **30 MPa**. A titre indicatif, la norme EN 206-1 préconise, pour les bétons exposés à une classe d'agressivité de type XC1, une résistance minimale en compression de 20 MPa ;
- ✓ Les résultats obtenus révèlent un **net enrichissement en sulfates** en surface du béton, en relation directe avec un apport exogène (effluents du bassin). Entre 0 et 20 mm la teneur en sulfates est supérieure aux seuils normatifs définis par la norme ciment NF EN 197-1, à savoir 3,5 à 4 % selon la classe de résistance du ciment.
- ✓ L'analyse par diffraction des rayons X révèle la présence de calcite et des traces de gypse, respectivement cohérentes avec le front de carbonatation mesurée et l'enrichissement en sulfates ;
- ✓ L'examen au microscope électronique à balayage n'a révélé la présence d'aucune pathologie physico-chimique dans les échantillons.



Au total, sur la base des essais et analyses réalisés, un phénomène de corrosion des armatures est mis en évidence dans les zones émergées des voiles intérieurs du bassin, à l'origine des éclats observés. Ce phénomène peut être initié par une carbonatation du béton exposé au CO₂ atmosphérique, associée à des sous-enrobages.

En revanche, la partie immergée des voiles du bassin n'est pas concernée par un tel phénomène (absence d'oxygène).

L'altération de surface du béton en zone de marnage est en lien avec un enrichissement en sulfates, qui peuvent être apportés par les effluents du bassin.

7. Préconisations

Compte tenu des désordres relevés et du contexte général, deux types de traitement sont à entreprendre :

- le traitement des éléments dégradés par la corrosion ;
- le traitement des voiles périphériques : application d'une protection étanche sur le parement, en vue de limiter les apports exogènes dans le béton (humidité, CO₂, sulfates) et de stopper le phénomène de corrosion des aciers.

Dans cette optique, le paragraphe suivant fournit une description détaillée du principe des différentes techniques susceptibles d'être mises en œuvre.

Il est à rappeler que les techniques de réparation du 2nd type sont conformes aux prescriptions actuellement en vigueur concernant la réparation des ouvrages ou éléments en béton armé. Elles sont directement issues du **guide AFGC-CEFRACOR, de novembre 2003 : « Réhabilitation du béton armé dégradé par la corrosion »**.

Par ailleurs, les travaux de réparation et de protection doivent être réalisés dans le respect des règles établies par la **série de normes EN 1504, mises en application le 1^{er} janvier 2009**.

7.1. Traitement à caractère curatif : reconstitution de l'enrobage des zones émergées

Cette technique de réparation correspond au préalable quasi-systématique à la reprise du béton armé dégradé par la corrosion. Elle a pour but de replacer les armatures dans un environnement chimique passivant, afin d'arrêter le processus de corrosion, tout en restaurant l'apparence du béton. Elle intègre les étapes suivantes :

- 1/ purge des zones dégradées et non adhérentes,
- 2/ traitement des armatures corrodées ou remplacement si de fortes réductions de section sont observées,
- 3/ mise en œuvre d'un produit de réparation adapté à l'environnement.

La purge consiste à éliminer, généralement par des moyens mécaniques, les zones de désordres visibles (épaufrures, fissurations, etc ...) afin de dégager les armatures sous-jacentes corrodées. Les contraintes minimales d'arrêt de la purge sont les suivantes : 1/ les armatures doivent être dégagées de façon latérale jusqu'à obtenir une armature saine non corrodée, et 2/ la profondeur de purge doit aller au moins 2 cm derrière les armatures corrodées. Il est important de souligner que la purge du béton dégradé ou pollué peut concerner des épaisseurs relativement importantes par rapport à la dimension des éléments structuraux concernés, et nécessiter ainsi la mise en place de renforcements structuraux provisoires pendant les réparations.

Après la purge, les armatures corrodées doivent être soit traitées si elles ne présentent pas de réductions de section importantes, soit remplacées dans le cas contraire :

- **le traitement des armatures** consiste dans un premier temps à éliminer les produits de corrosion par décapage et brossage soignés, ou par des moyens mécaniques comme le sablage ou l'hydrosablage. Ensuite, un produit visant à protéger les armatures de la corrosion (produit passivant par exemple) doit être appliqué sur toute la périphérie des armatures corrodées. Son utilité est surtout nécessaire si, pour des raisons techniques ou esthétiques, l'enrobage final ne peut pas avoir la valeur spécifiée par la réglementation, ou encore si des éléments agressifs (chlorures par exemple) restent piégés au-delà des armatures traitées,
- **le remplacement des armatures** présentant des réductions de section importantes doit être effectué en respectant les règles en vigueur fixées par le BAEL, notamment en termes de longueurs d'ancrage et de recouvrement, ou encore de scellement ou de soudure. Dans tous les cas, le rajout d'armatures doit permettre de restituer la section initiale avec une tolérance de 5 %.

La réfection du béton d'enrobage est ensuite réalisée en utilisant un produit de réparation adapté à l'environnement dans lequel est placé l'ouvrage. En règle générale, les zones à réparer sont reprises à l'aide de mortiers prêts à l'emploi, choisis dans la famille des produits à base de liants hydrauliques avec ajouts ou modifiés figurant dans le guide technique LCPC SETRA (« choix et application des produits de réparation et de protection des ouvrages en béton »).

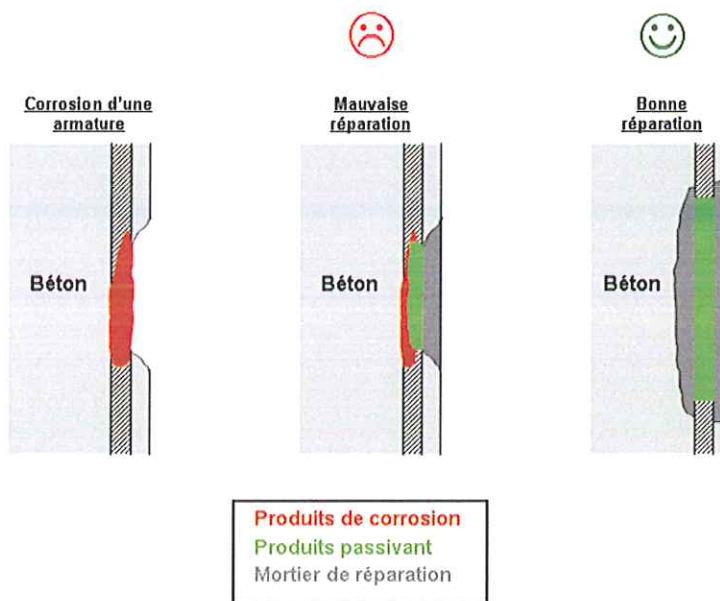
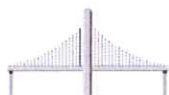


Fig. 35 : Représentation schématique du principe de réparation traditionnelle

Cette technique de réparation, dont un des avantages est son coût et sa simplicité de mise en œuvre, présente néanmoins quelques inconvénients et une efficacité limitée dans le temps, notamment car elle n'intègre que des reprises ponctuelles, et ne permet donc pas de traiter l'ouvrage dans sa globalité. Il est en effet souvent constaté l'apparition de nouveaux désordres soit sur les zones réparées, soit dans les zones directement adjacentes (par modification des conditions électrochimiques des armatures, et apparition de nouvelles zones anodiques).

Pour ce type de réparation, plusieurs cas de figure sont donc à considérer :

- 1/ la réparation est effectuée correctement, et les zones adjacentes aux zones réparées sont



passivées (pas de carbonatation). Dans ce cas, les risques de nouvelles amorces de corrosion sont faibles, et les désordres étaient dus à des défauts ponctuels dans le béton,

- 2/ la réparation est effectuée correctement, et les zones adjacentes sont passivées, mais les fronts de carbonatation et/ou de pénétration des chlorures sont les armatures à court ou moyen terme,
- 3/ la réparation est effectuée correctement, mais les zones adjacentes aux zones réparées sont en phase de corrosion active car les armatures sont placées dans un béton carbonaté ou pollué par les chlorures,
- 4/ la réparation n'est pas effectuée correctement, souvent en relation avec le fait que les armatures corrodées n'ont pas été suffisamment dégagées et traitées,
- 5/ la réparation est effectuée à l'aide d'un mortier de résine qui peut, s'il est mal appliqué, provoquer la présence d'interstices entre ce dernier, l'armature et le béton support, dans lesquels peuvent se produire des phénomènes de corrosion par aération différentielle accompagnés par une attaque acide due à l'hydrolyse des produits de corrosion.

Il est important de souligner que dans la pratique, les scénarios 1/, 2/, 3/ et 4/ sont les plus fréquents. Dans les cas de figure 2/, 3/ et 4/, les risques de reprise ou de continuité de la corrosion sont importants, et peuvent apparaître dans un délai rapide, difficile à apprécier, mais souvent inférieur à très inférieur à 10 ans.

Pour conclure, l'efficacité de cette technique de réparation est fortement liée à l'établissement d'un diagnostic préalable détaillé, assorti d'un phasage précis et d'une rigueur optimale lors de la mise en œuvre. Enfin, comme toutes les réparations, les différentes étapes doivent être conduites suivant la réglementation en vigueur.

7.2. Traitements du parement

Revêtements de surface pour le Génie civil

Les revêtements pour le Génie Civil correspondent, du plus mince au plus épais, à des lasures, à des peintures ou à des revêtements minces.

Les lasures sont constituées d'un liant généralement de type acrylique ou polyuréthane, d'un véhicule (eau ou solvant), de pigments, et d'une éventuelle charge. Elles sont en règle générale appliquées en 2 couches, la première étant diluée.

Les peintures sont constituées d'un liant (époxy, polyuréthane, vinylique, acrylique, ou encore hydraulique modifié par des résines), d'une charge minérale qui améliore la rhéologie et l'aspect, de pigments (couleur), d'additifs éventuels (mouillants, thixotropes, fongicides, ...), et d'un véhicule qui correspond soit à de l'eau soit à un solvant. Généralement, les peintures sont appliquées en 3 couches : la couche primaire qui assure l'adhérence avec le support, la couche intermédiaire qui assure la compatibilité entre la couche primaire et la couche de finition, et la couche de finition qui assure l'esthétique et la résistance du système aux agressions extérieures. La performance d'un système de peinture dépend de l'épaisseur de chaque couche.

Les revêtements minces correspondent à des revêtements plastiques à base de résines acryliques ou polyuréthanes et contenant généralement des charges grossières, à des revêtements d'imperméabilité à base de résines acryliques, ou à des revêtements divers à base de polyuréthane ou de liant hydrauliques modifiés. Selon leur nature, ces produits sont appliqués à l'aide de spatules ou de matériels spéciaux.

La mise en œuvre de ces produits nécessite :

- une bonne préparation du support qui peut être réalisée par brossage, dépoussiérage, ponçage, lessivage, projection d'abrasifs ou encore projection d'eau sous pression. Par ailleurs, une vérification de la cohésion superficielle du support doit être imposée, afin de vérifier qu'elle est supérieure ou égale à 0,5 MPa,
- un contrôle des produits utilisés, notamment en termes de conformité et d'adéquation à la fonction de protection et/ou d'esthétique recherchée,



- un contrôle, avant application, de l'humidité du support, de la température et de l'hygrométrie de l'air, ainsi que de la température du support qui doit être supérieure de 3°C par rapport au point de rosée. L'ensemble des données doivent être comparées aux spécifications d'emploi données par le fournisseur.

Le fascicule 65A du CCTG prévoit que les systèmes utilisés doivent être des systèmes qualifiés.

En termes de durée et d'efficacité, le retour d'expérience montre que lorsqu'une peinture est correctement mise en œuvre, sa durabilité est de l'ordre de 15 ans. Néanmoins, cette durée de vie est fortement dépendante de l'épaisseur appliquée et de la nature du produit. Il convient également de distinguer les durées de garantie contractuelles à mentionner dans le marché, en fonction des différentes fonctions recherchées suivantes :

- fonction principale en terme de protection du béton,
- fonction relative au décollement et au cloquage,
- fonction relative à la couleur,
- fonction relative à la fissuration. Dans ce cas, il est important de souligner que cette fonction ne peut être garantie que par des systèmes dont l'épaisseur est supérieure à 600 µm.

Le Tableau 6 ci-dessous donne les durées de garantie contractuelles de ces différentes fonctions, selon l'épaisseur du revêtement.

Epaisseur du film sec	Fonction(s) principale(s)	Décollement, cloquage	Fissuration	Uniformité et constance de la couleur
50 à 300 µm	2 ans	2 ans (*)	-	2 ans
300 µm à 3 mm	10 ans	10 ans (**)	10 ans	2 ans


Tableau 6 : Durées de garantie contractuelle des revêtements

* : dans le cas de systèmes de protection par peinture, cette valeur est significative d'une bonne tenue du système sans cloquage ni décollement, l'absence de ces deux désordres étant une condition indispensable pour que la fonction principale soit assurée. Cette valeur de 2 ans est volontairement inférieure aux valeurs de 4 et 5 ans, respectivement pour les peintures monocomposants ou bicomposants, figurant dans l'additif du fascicule 65A du CCTG (août 2000),

** : la garantie de 10 ans de la fonction principale de protection du béton est dépendante de la bonne tenue du système appliqué, c'est-à-dire pas de décollement ni de cloquage dans les 10 ans, valeur supérieure aux 6 et 8 ans, respectivement pour les systèmes de protection à base de peinture monocomposants ou bicomposants, prévus par l'additif du fascicule 65A du CCTG (août 2000).

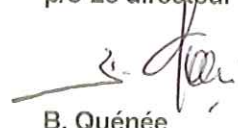
L'ingénieur responsable de l'étude

p/0

 f. MARTIN

AL. Bézert

p/o Le directeur technique



B. Quénée

Investigations sur site réalisées par F.Boudignion et AL.Bézert
Examens microscopiques réalisés par T.Hassini
Analyses chimiques réalisées par E.Fromentin
Essais physiques réalisés par D.Gaméro

La reproduction intégrale de ce rapport sans modification d'aucune sorte est seule autorisée.

Les essais faisant l'objet du présent rapport portent sur des échantillons prélevés dans certaines conditions. Leur représentativité est liée à celle des échantillons et ne peut être étendue à une population dont ils sont issus que si l'homogénéité de cette population peut être vérifiée.

Annexe 3 : Fiches descriptives des scénarii

Scénario n°1 : Réhabilitation et extension de la station d'épuration existante

Localisation / Description Générale :

LOCALISATION :	Fos sur Mer	DENOMINATION :	Scénario n°1	DESCRIPTION DES TRAVAUX PROPOSES :	Création d'une troisième file de traitement sur les parcelles (le marais) du groupe ESSO. Reprise du génie civil des ouvrages existants dont l'enrobage est insuffisant et la structure menaçante. Il convient donc de réhabiliter chaque file de traitement. Cette réhabilitation doit être réalisée tous les 10 ans.	Nombre de Branchement actuel existant :	
						Nombre de Branchement actuel à réaliser :	Sans objet
						Nombre de Branchement futur à réaliser :	
						Linéaire de réseaux en refoulement :	0 ml
						Nombre de Poste de relevage :	0
						Nombre de station d'épuration à construire :	1
						Nombre de station d'épuration à gérer après les travaux :	3

Afin d'obtenir une capacité de 1 850 kg DBO5 et 5 560 m3/j (temps sec) en fonctionnement en moyenne charge, il convient de créer une troisième file de traitement. Cette solution est confrontée aux inconvénients suivants :

- La station d'épuration conservera un fonctionnement en moyenne charge. Le traitement de l'azote et du phosphore ne seront donc pas envisageables,
- Les anciens bassins de stockage de boues pourront être convertis en bassin de stockage afin d'optimiser la gestion du débit par temps de pluie,
- La surface disponible est insuffisante. Pour être réalisable, cette solution nécessite d'implanter les ouvrages sur la parcelle adjacente située au sud et occupée par ESSO. Il s'agit du marais. Une étude géotechnique poussée devra impérativement être réalisées afin de déterminer qu'elles doivent être les préconisations de constructions (profondeur des fondations, mise en place de pieux...),
- Le document d'urbanisme en cours de validité prévoit de respecter les distances suivantes : 5 m par rapport aux routes et aux parcelles longeant le marais et de 15 m par rapport au pipe. Ces contraintes réduisent la surface disponible apte à recevoir cette future station d'épuration. Elle est estimée à près de 4 500 m²,
- Avant la construction de cette nouvelle installation de traitement des eaux usées, le marais devra impérativement être dépollué,
- La parcelle du marais correspond à l'un des exutoires principaux du réseau pluvial de la commune de Fos sur Mer,
- Cette solution nécessite le maintien de la station au voisinage des habitations de Fos sur Mer avec les nuisances occasionnées. Un capotage d'une partie de l'installation (les prétraitements) pourra être envisagé,
- Cette solution nécessite la réhabilitation totale de la station d'épuration avec un phasage dans le temps. Ce phasage imposera une dégradation du traitement durant la phase de travaux.

Détails estimatifs des Travaux Proposés :

Désignation	Unité	Qté	Prix Unitaires (€ HT)	Montant (€ HT)
Remplacement de l'ouvrage de prétraitement en place par deux bassins cylindro-coniques de 4 m de diamètre	Forfait	1	3 000 000 €	3 000 000 €
Réhabilitation des anciens bassins de stockage (500 m³) des boues en bassin d'orage, y compris reprise des automatismes et des conduites de stockage et de déstockage				
Mise en place d'une troisième file de traitement comprenant un bassin d'aération de 2000 m³, un clarificateur de 20 m de diamètre et d'une nouvelle unité de centrifugation	Forfait/15 ans	2	1 500 000 €	3 000 000 €
Réhabilitation de l'ensemble des ouvrages des files de 1970 et 1990 tout les 10 ans sur une période totale de 30 ans. Elle comprend la vidange des bassins, le piquetage et la purge, la mise à nu des ferrailage, la passivation, le régraègagage et le traitement des surfaces par la mise en place d'une résine				
Destruction des piliers et des ponts des deux bassins d'aération et dépose des turbines en place. Mise en place d'un nouveau pont et de turbines d'aération	Forfait	1	500 000 €	500 000 €
MONTANT TOTAL DES TRAVAUX :				6 500 000 €
Etudes, Maitrise d'Œuvre et Imprévus (10%)				650 000 €
INVESTISSEMENT - MONTANT TOTAL :				7 150 000 €

Plan du projet :



Coûts estimatifs d'exploitation

Coûts d'exploitation	Main d'Œuvre	0 h/an	22 €/h	0 €/an
Coûts d'exploitation annuel des <u>Postes de Refoulement</u>	Needs in Electricity : fonctionnement des pompes	0 kWh	8 h/j	0 €/an
	Coûts d'exploitation annuel des <u>Réseaux créés</u>	Curage annuel de 25% du linéaire des réseaux gravitaire	0 ml/an	2,00 €/h
Coût d'exploitation annuel de la <u>station d'épuration</u>	Main d'œuvre, besoins en électricité, Budgétisation du curage décennal...	1 station	450000	450 000 €/an
ENTRETIEN - MONTANT TOTAL :				450 000 €/an



AVANTAGES	
Optimisation de la gestion des débits par temps de pluie sans créer de nouveaux ouvrages	
Exploitation de la station maîtrisée par l'exploitant	

INCONVENIENTS	
Traitement de l'azote et du phosphore impossible	Emplacement de la station trop proche des habitations
Exploitation de 3 stations d'épuration	Au terme de la durée de vie de la troisième file (20 à 30 ans) les ouvrages construits en 1970 auront plus de 70 ans
Répartition équitable des effluents entre les trois files impossible	Emprise foncière limitée nécessitant de s'implanter sur les parcelles de marais appartenant à ESSO
Système de traitement non adapté aux variations de charges hydrauliques	Assèchement et dépollution préalable du marais obligatoire

Scénario n°2 : Création d'une nouvelle station d'épuration de type boues activées à faible charge

Localisation / Description Générale :

LOCALISATION :	Fos sur Mer	DENOMINATION :	Scénario n°2	DESCRIPTION DES TRAVAUX PROPOSES :	<p>Création d'une nouvelle station d'épuration de type boues activées à faible charge sur les parcelles (le marais) du groupe ESSO. Les ouvrages de l'actuelle station d'épuration seront abandonnés à l'exception d'un des ouvrages qui pourra être réhabilité en bassin d'orage.</p>		
<p>Afin d'obtenir une capacité de 1 850 kg DBO5 et 5 560 m3/j (temps sec) en fonctionnement en faible charge, il convient de créer une nouvelle station de type boues activées faible charge. Cette solution est confrontée aux inconvénients suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La surface disponible est insuffisante. Pour être réalisable, cette solution nécessite d'implanter les ouvrages à créer sur la parcelle située au sud et occupée par ESSO. Située dans un marais, une étude géotechnique poussée devra impérativement être réalisées, sur ces parcelles, afin de déterminer qu'elles doivent être les préconisations de constructions (profondeur des fondations, mise en place de pieux...), - La parcelle du marais correspond à l'un des exutoires principaux du réseau pluvial de la commune de Fos sur Mer, - Le document d'urbanisme en cours de validité prévoit de respecter les distances suivantes : 5 m par rapport aux routes et aux parcelles longeant le marais et de 15 m par rapport au pipe. Ces contraintes réduisent la surface disponible apte à recevoir cette future station d'épuration. Elle est estimée à près de 4 500 m², - Compte tenu de la place disponible sur cette parcelle et de l'emprise des ouvrages, la circulation des véhicules d'entretien et de curage sera complexe, - Avant la construction de cette nouvelle installation de traitement des eaux usées, le marais devra impérativement être dépollué. Une étude spécifique devra donc être lancée au préalable, - La gestion du temps de pluie pourra s'effectuer par la création d'un bassin d'orage ou le surdimensionnement de la filière ou la réhabilitation des trois anciens bassins de stockage des boues existants sur la station actuelle. 					Nombre de Branchement actuel existant :		
					Nombre de Branchement actuel à réaliser :	Sans objet	
					Nombre de Branchement futur à réaliser :		
					Linéaire de réseaux en refoulement :	0 ml	
					Nombre de Poste de relevage :	0	
Nombre de station d'épuration à construire :	1						
Nombre de station d'épuration à gérer après les travaux :	1						

Détails estimatifs des Travaux Proposés :

Désignation	Unité	Qté	Prix Unitaires (€ HT)	Montant (€ HT)
Mise en place de 2 ouvrages de prétraitements cylindro-coniques de 4 m de diamètre	Forfait	1	10 000 000 €	10 000 000 €
Mise en place de 2 tamis de 10 mm				
Mise en place de 2 bassins d'aération de 3000 m3 chacun et de 6 m de hauteur				
Mise en place de 2 clarificateurs de 25 m de diamètre chacun				
Réhabilitation des anciens bassins de stockage (500 m3) des boues en bassin d'orage, y compris reprise des automatismes et des conduites de stockage et de déstockage				
Mise en place d'une nouvelle centrifugation				
Mise en place d'un système de désodorisation au niveau des ouvrages de prétraitements et de traitement des boues				
<i>Le montant annoncé comprend fondations spéciales adaptées au contexte du marais estimé à 2 000 000 €</i>				
MONTANT TOTAL DES TRAVAUX :				10 000 000 €
Etudes, Maitrise d'Œuvre et Imprévus (10%)				1 000 000 €
INVESTISSEMENT - MONTANT TOTAL :				11 000 000 €

Plan du projet :



Coûts estimatifs d'exploitation

Coûts d'exploitation annuel des Postes de Refoulement	Main d'Oeuvre	0 h/an	22 €/h	0 €/an
	Besoins en Electricité : fonctionnement des pompes		0 kWh	8 h/j
Coûts d'exploitation annuel des Réseaux créés	Curage annuel de 25% du linéaire des réseaux gravitaire	0 ml/an	2,00 €/h	0 €/an
Coût d'exploitation annuel de la station d'épuration	Main d'œuvre, besoins en électricité, Budgétisation du curage décennal...	1 station	400 000	400 000 €/an
ENTRETIEN - MONTANT TOTAL :				400 000 €/an



AVANTAGES	Optimisation de la gestion des débits par temps de pluie sans créer de nouveaux ouvrages	
	Exploitation de la station maîtrisée par l'exploitant	
	Procédé pouvant être adapté au traitement de l'azote et du phosphore	

INCONVENIENTS	Système de traitement non adapté aux fortes variations de charges hydrauliques	Répartition complexe des effluents si deux files doivent être créées
	Exploitation rigoureuse	Assèchement et dépollution préalable du marais obligatoire
	Emplacement de la station trop proche des habitations	Parcelle du marais faisant office d'exutoire de l'un des principaux pluvial de la commune
	Emprise foncière limitée nécessitant de s'implanter sur les parcelles de marais appartenant à ESSO	

Scénario n°3 : Création d'une nouvelle station d'épuration de type biofiltres

Localisation / Description Générale :

LOCALISATION :	Fos sur Mer	DENOMINATION :	Scénario n°3	DESCRIPTION DES TRAVAUX PROPOSÉS :	<p>Création d'une nouvelle station d'épuration de type biofiltres sur les parcelles (le marais) du groupe ESSO. Les ouvrages de l'actuelle station d'épuration seront abandonnés à l'exception d'un des ouvrages qui pourra être réhabilité en bassin d'orage.</p>		
<p>Cette solution est confrontée aux inconvénients suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La surface disponible est insuffisante. La surface nécessaire est comprise entre 2 500 et 3 000 m². Pour être réalisable, cette solution nécessite d'implanter les ouvrages sur les parcelles situées au sud de la station d'épuration existante et appartenant à ESSO. Située dans un marais, une étude géotechnique poussée devra impérativement être réalisée, sur ces parcelles, afin de déterminer qu'elles doivent être les préconisations de constructions (profondeur des fondations, mise en place de pieux...), - La parcelle du marais correspond à l'un des exutoires principaux du réseau pluvial de la commune de Fos sur Mer, - Le document d'urbanisme en cours de validité prévoit de respecter les distances suivantes : 5 m par rapport aux routes et aux parcelles longeant le marais et de 15 m par rapport au pipe. Ces contraintes réduisent la surface disponible apte à recevoir cette future station d'épuration. Elle est estimée à près de 4 500 m², - Compte tenu de la place disponible sur cette parcelle et de l'emprise des ouvrages, la circulation des véhicules d'entretien et de curage sera complexe, - Avant la construction de cette nouvelle installation de traitement des eaux usées, le marais devra impérativement être dépollué, - Cette station d'épuration devra être entièrement capotée afin de limiter les nuisances olfactives, - Cette solution engendrera une augmentation de la consommation énergétique et des coûts d'exploitation (électricité et réactifs), - Cette installation nécessite une gestion très automatisée nécessitant des compétences spécifiques pour la maintenance et le bon fonctionnement de cette station d'épuration. 					Nombre de Branchement actuel existant :		
					Nombre de Branchement actuel à réaliser :	Sans objet	
					Nombre de Branchement futur à réaliser :		
					Linéaire de réseaux en reboisement :	0 ml	
					Nombre de Poste de relevage :	0	
Nombre de station d'épuration à construire :	1						
Nombre de station d'épuration à gérer après les travaux :	1						

Détails estimatifs des Travaux Proposés :

Désignation	Unité	Qté	Prix Unitaires (€ HT)	Montant (€ HT)
Mise en place de 2 ouvrages de prétraitements cylindro-coniques de 4 m de diamètre	Forfait	1	9 500 000 €	9 500 000 €
Mise en place de 2 tamis de 3 mm				
Mise en place d'un ouvrage pour la phase de traitement physico-chimique				
Mise en place de 2 biofiltres de 20 m ² chacun				
Mise en place de 2 clarificateurs de 25 m de diamètre chacun				
Réhabilitation des anciens bassins de stockage (500 m ³) des boues en bassin d'orage, y compris reprise des automatismes et des conduites de stockage et de déstockage				
Mise en place d'une nouvelle centrifugation				
Mise en place d'un système de désodorisation de la station d'épuration				
<i>Station d'épuration intégralement capotée</i>				
MONTANT TOTAL DES TRAVAUX :				9 500 000 €
Etudes, Maitrise d'Œuvre et Imprévus (10%)				950 000 €
INVESTISSEMENT - MONTANT TOTAL :				10 450 000 €

Plan du projet :



Coûts estimatifs d'exploitation

Coûts d'exploitation annuel des Postes de Refoulement	Main d'Oeuvre	0 h/an	22 €/h	0 €/an
	Besoins en Electricité : fonctionnement des pompes		0 kWh	8 h/j
Coûts d'exploitation annuel des Réseaux créés	Curage annuel de 25% du linéaire des réseaux gravitaire	0 ml/an	2,00 €/h	0 €/an
Coût d'exploitation annuel de la station d'épuration	Main d'œuvre, besoins en électricité, Budgétisation du curage décennal...	1 station	500 000	500 000 €/an
ENTRETIEN - MONTANT TOTAL :				500 000 €/an



AVANTAGES	Description	Description
	Compacité de l'ensemble des ouvrages de traitement facilitant l'intégration dans un bâtiment et la mise en œuvre d'une désodorisation centralisée	Production de boues primaires propice à la mise en place d'une digestion anaérobie des boues et à la production de biogaz
	Très bonne réactivité aux variations de charge	Niveau de rejet performant
	Technologie permettant un pilotage industriel de l'épuration	

INCONVENIENTS	Description	Description
	Forte consommation énergétique	Même si elle est capotée, cette station sera très proches des habitations
	Mauvaise aptitude de cette technologie au traitement de l'azote global : la dénitrification poussée des nitrates nécessite l'ajout, en cours de traitement, d'un complément carboné (méthanol)	Production importante de boues
	Gestion très automatisée nécessitant des compétences spécifiques	Assèchement et dépollution préalable du marais obligatoire
		Parcelle du marais faisant office d'exutoire de l'un des principaux pluvial de la commune

Scénario n°4 : Création d'une nouvelle station d'épuration de membranaire

Localisation / Description Générale :

LOCALISATION :	Fos sur Mer	DENOMINATION :	Scénario n°4	DESCRIPTION DES TRAVAUX PROPOSES :	<p>Création d'une nouvelle station d'épuration de type filtration membranaire sur les parcelles (le marais) du groupe ESSO. Les ouvrages de l'actuelle station d'épuration seront abandonnés à l'exception d'un des ouvrages qui pourra être réhabilité en bassin d'orage.</p>		
<p>Cette solution est confrontée aux inconvénients suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La surface disponible est insuffisante. La surface nécessaire est comprise entre 2 500 et 3 000 m². Pour être réalisable, cette solution nécessite d'implanter les ouvrages sur les parcelles situées au sud de la station d'épuration existante et appartenant à ESSO. Située dans un marais, une étude géotechnique poussée devra impérativement être réalisées, sur ces parcelles, afin de déterminer qu'elles doivent être les préconisations de constructions (profondeur des fondations, mise en place de pieux...), - La parcelle du marais correspond à l'un des exutoires principaux du réseau pluvial de la commune de Fos sur Mer, - Le document d'urbanisme en cours de validité prévoit de respecter les distances suivantes : 5 m par rapport aux routes et aux parcelles longeant le marais et de 15 m par rapport au pipe. Ces contraintes réduisent la surface disponible apte à recevoir cette future station d'épuration. Elle est estimée à près de 4 500 m², - Compte tenu de la place disponible sur cette parcelle, de sa forme par rapport à la zone réellement constructible et de l'emprise des ouvrages, la circulation des véhicules d'entretien et de curage sera complexe, - Avant la construction de cette nouvelle installation de traitement des eaux usées, le marais devra impérativement être dépollué. Une étude spécifique devra donc être lancée au préalable, - Cette station d'épuration devra être entièrement capotée afin de limiter les nuisances olfactives, - Cette solution engendrera une augmentation des coûts d'exploitation, - Cette installation nécessite une qualification du personnel supérieure. 					Nombre de Branchement actuel existant :		
					Nombre de Branchement actuel à réaliser :	Sans objet	
					Nombre de Branchement futur à réaliser :		
					Linéaire de réseaux en refoulement :	0 ml	
					Nombre de Poste de relevage :	0	
Nombre de station d'épuration à construire :	1						
Nombre de station d'épuration à gérer après les travaux :	1						

Détails estimatifs des Travaux Proposés :

Désignation	Unité	Qté	Prix Unitaires (€ HT)	Montant (€ HT)
Mise en place de 2 ouvrages de prétraitements cylindro-coniques de 4 m de diamètre	Forfait	1	9 000 000 €	9 000 000 €
Mise en place de 3 tamis de 2 mm à maille ronde				
Mise en place de 2 bassin d'aération de 1 500 m ³ chacun				
Mise en place de 4 lignes de 10 modules de 11 200 m ² à 0,08 microns				
Réhabilitation des anciens bassins de stockage (500 m ³) des boues en bassin d'orage, y compris reprise des automatismes et des conduites de stockage et de déstockage				
Mise en place d'une nouvelle centrifugation				
Mise en place d'un système de désodorisation sur les ouvrages de prétraitement et de traitement des boues				
MONTANT TOTAL DES TRAVAUX :				9 000 000 €
Etudes, Maitrise d'Œuvre et Imprévus (10%)				900 000 €
INVESTISSEMENT - MONTANT TOTAL :				9 900 000 €

Plan du projet :



Coûts estimatifs d'exploitation

Coûts d'exploitation	Main d'Oeuvre	0 h/an	22 €/h	0 €/an
Coûts d'exploitation annuel des <u>Postes de Refoulement</u>	Besoins en Electricité : fonctionnement des pompes	0 kWh	8 h/j	0 €/an
	Coûts d'exploitation annuel des <u>Réseaux créés</u>	Curage annuel de 25% du linéaire des réseaux gravitaire	0 ml/an	2,00 €/h
Coût d'exploitation annuel de la <u>station d'épuration</u>	Main d'œuvre, besoins en électricité, Budgetisation du curage décennal, remplacement décennal des membranes	1 station	470 000	470 000 €/an
ENTRETIEN - MONTANT TOTAL :				470 000 €/an



AVANTAGES	Compacité des ouvrages (gain de génie civil)	Fiabilité de la qualité du rejet
	Barrière physique à la pollution physico-chimique et bactériologique (absence de bactéries et de matières en suspension)	Possibilité d'extension de la station à très long terme : à l'horizon 2035/2040
	Produit modulaire et extensible	Niveau de rejet attendu dans les directives attendues – Barrière des perturbateurs endocriniens
		Faible production de boues

INCONVENIENTS	Coût d'exploitation élevée	Remplacement des membranes tous les 8 à 10 ans
	Maintenance importante	Absence de désodorisation sur les bassins d'aération
	Qualification du personnel supérieure	Assèchement et dépollution préalable du marais obligatoire
	Même si elle est capotée, cette station sera très proches des habitations	Parcelle du marais faisant office d'exutoire de l'un des principaux pluvial de la commune

Scénario n°5 : Construction d'une nouvelle station d'épuration au nord de Fos sur Mer

Localisation / Description Générale :

LOCALISATION :	Fos sur Mer	DENOMINATION :	Scénario n°5	DESCRIPTION DES TRAVAUX PROPOSES :	<p>Création d'une nouvelle station d'épuration de type boues activées à faible charge au nord de la commune. Les ouvrages de l'actuelle station d'épuration seront abandonnés à l'exception d'un des ouvrages qui pourra être réhabilité en bassin d'orage.</p>	Nombre de Branchement actuel existant :	
						Nombre de Branchement actuel à réaliser :	Sans objet
						Nombre de Branchement futur à réaliser :	
<p>Cette solution est confrontée aux inconvénients suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les effluents parvenant actuellement jusqu'à la station d'épuration de Fos sur Mer sont déjà très septiques. Des travaux de mise en place d'un traitement au NUTRIOX vont être prochainement réalisés sur 5 ou 6 postes de refoulement de la commune. Le but étant d'assurer un effet curatif et préventif. - Cette solution prévoit la création d'un nouveau poste de refoulement qui collectera l'ensemble des eaux usées produites sur Fos. Les eaux usées séjourneront donc dans un nouveau poste de relevage est une nouvelle conduite de refoulement de plus de 4,7 km. La réapparition d'effluents septiques au niveau de cette future station d'épuration est envisageable. La liquéfaction et l'acidification des effluents sont alors susceptibles d'affecter les rendements épuratoires de la future station et d'induire des risques pour le personnel d'exploitation. Un traitement de l'H2S supplémentaire au niveau de ce nouveau poste de refoulement devra probablement être étudié. - La solution proposée, pour le tracé du réseau de refoulement, prévoit de longer l'impasse des Joncs et la route de Guignonnet avant de rejoindre le carrefour du Guignonnet. Les canalisations de refoulement suivront ensuite la route nationale et la traverseront par fonçage après le carrefour de la Fenouillère. Cette solution s'avèrera contraignante lorsque le tracé du réseau empiètera sur la route nationale. La traversée de cette voie de circulation pourra être réalisée par l'intermédiaire d'un fonçage. Une variante à ce tracé peut envisager de faire passer la canalisation de refoulement par les chemins de Chaland et de Mery. - Les parcelles nécessaires à l'implantation de la future station d'épuration devront être achetées par la commune si elles n'appartiennent pas à la municipalité. 						Linéaire de réseaux en refoulement :	4 800 ml
						Nombre de Poste de relevage :	1
						Nombre de station d'épuration à construire :	1
						Nombre de station d'épuration à gérer après les travaux :	1

Détails estimatifs des Travaux Proposés :

Désignation	Unité	Qté	Prix Unitaires (€ HT)	Montant (€ HT)
Création d'un poste de refoulement réceptionnant l'ensemble des eaux usées produites sur la commune de Fos sur Mer et dimensionné une base de 6 800 m ³ /j	Forfait	1	1 000 000 €	1 000 000 €
Réhabilitation des anciens bassins de stockage des boues en bassin d'orage, y compris reprise des automatismes et des conduites de stockage et de déstockage	Forfait	1	300 000 €	300 000 €
Création d'un réseau de refoulement sous chemin commune, terrain naturel et voie nationale (fonçage...)	ml	4800	350 €	1 680 000 €
Mise en place de 2 ouvrages de prétraitements cylindro-coniques de 4 m de diamètre	Forfait	1	9 000 000 €	9 000 000 €
Mise en place de 3 tamis de 2 mm à maille ronde				
Mise en place de 2 bassin d'aération de 1 500 m ³ chacun				
Mise en place de 4 lignes de 10 modules de 11 200 m ² à 0,08 microns				
Mise en place d'une nouvelle centrifugation				
Mise en place d'un système de désodorisation au niveau des ouvrages de prétraitements et de traitement des boues				
MONTANT TOTAL DES TRAVAUX :				11 980 000 €
Etudes, Maitrise d'Œuvre et Imprévus (10%)				1 198 000 €
INVESTISSEMENT - MONTANT TOTAL :				13 178 000 €

Plan du projet :

LESSAÛDE :

- Poste de refoulement à créer
- Tracé du réseau de refoulement
- Proposition d'emplacement pour la future station d'épuration
- Zone naturelle, réserve naturelle...

Coûts estimatifs d'exploitation

Coûts d'exploitation annuel des <u>Postes de Refoulement</u>	Main d'Œuvre, besoins en électricité, fonctionnement des pompes	Forfait	75 000 €/h	75 000 €/an
Coûts d'exploitation annuel des <u>Réseaux créés</u>	Curage annuel de 25% du linéaire des réseaux gravitaire	0 ml/an	2,00 €/h	0 €/an
Coût d'exploitation annuel de la <u>station d'épuration</u>	Main d'œuvre, besoins en électricité, Budgétisation du curage décennal...	Forfait	470 000	470 000 €/an
ENTRETIEN - MONTANT TOTAL :				545 000 €/an



AVANTAGES	La future station d'épuration pourra être placée à plus de 100 m des plus proches habitations	Procédé pouvant être adapté au traitement de l'azote et du phosphore
	Gestion optimale des débits de temps de pluie par la réhabilitation d'un des ouvrages de la station d'épuration en bassin tampon	Emprise foncière limitée
	Type de station d'épuration permettant d'obtenir les performances de traitement les plus élevées	

INCONVENIENTS	Création d'un réseau de transport longeant ou traversant une route nationale	Système de traitement non adapté aux fortes variations de charges hydrauliques (en fonction du système de traitement retenu)
	Probabilité d'apparition d'effluents septiques	
	Exploitation rigoureuse	
	Formation du personnel pour l'exploitation (en fonction du système de traitement retenu)	

**Annexe 4 : Recommandations
techniques pour la réalisation de
travaux de croisements de pipelines
au niveau de la parcelle du marais**

**RECOMMANDATIONS TECHNIQUES POUR TRAVAUX DE
CROISEMENTS DE PIPELINES
avec des canalisations enterrées en acier**

Notre ouvrage qui se compose de :

- * 3 pipelines -PL1 Ø 34 "(864 mm), PL2 Ø 40"(1016 mm), PL3 Ø 24"(610 mm),
- * 1 câble coaxial (L.G.D. n° 393),
- * 4 lignes Ø 34" (864 mm) liaisons Lavéra – Fos,

sera concerné par les travaux.

Nous ne sommes pas opposés à cette réalisation, à condition que les directives définies ci-dessous soient respectées.

AVANT OUVERTURE DU CHANTIER

* Vous mettre en relation avec notre responsable local, **M. SABATIER**, à Fos sur Mer, ☎ 06.24.02.24.15 ou M. REY au ☎ 06.20.11.22.87 qui se chargera de faire exécuter un piquetage des conduites en votre présence.

* **Transmettre au moins 8 jours avant le début des travaux, la fiche d'ouverture de chantier ci-jointe.**

DISPOSITIONS TECHNIQUES PARTICULIERES

1/ CANALISATIONS :

* A l'endroit du croisement, les mesures à respecter sont définies par les plans types :

- PB/PL09/ si la nouvelle structure est placée au-dessous des pipelines,
- PB/PL10/ si elle est placée au-dessus.

Ce choix pourra être déterminé après réalisation de sondages manuels destinés à contrôler la hauteur actuelle du recouvrement sur les tubes.

Le mode opératoire à respecter au cours du dégagement des pipelines, est défini sur le plan type PB/PL/47 pour les 3 pipelines et le câble coaxial, et sur le plan type PB/PL/46bis pour les 4 lignes liaisons Lavéra-Fos. En cas de détérioration du revêtement, les réparations seront à effectuer sous notre contrôle.

* Notre ouvrage dispose d'une protection cathodique, il y aura lieu de prévoir la mise en place de prises de potentiel sur chaque canalisation SPSE. Le câble aura une section minimale de 16 mm² et sera brasé sur une plaquette acier de 50 x 40 mm, elle même collée sur le pipeline avec de la colle à base d'argent (cf. plan PB/PC/10bis). Une électrode de

référence du type CU/CUS04 avec gel, devra être prévue à l'aplomb du PL2 (voir plan type PB/PC/40).

Tous ces câbles seront correctement repérés et ramenés en fouille commune en bordure du chemin ou de la route la plus proche jusqu'au coffret de mesure (voir plan PB/PC/12). Cette fouille devra être parallèle à l'une ou l'autre des canalisations. Les câbles devront être enterrés à une profondeur mini de 1 m et recouverts d'un grillage avertisseur rouge.

Le coffret de mesure (modèle IPSI ou équivalent) et la colle spéciale (modèle Solder ou équivalent) seront à votre charge ainsi que le câble et le grillage avertisseur. Ces accessoires sont commercialisés par les fournisseurs suivants :

* coffret de mesure	IPSI 102, rue JB.Charcot 92400 COURBEVOIE - tél. 01.47.68.75.00
* colle E Solder 3021	SODIEMA 5, avenue Amazonie 91940 LES ULIS - tél. 01.64.86.54.00-Fax. 01.64.86.54.19

2/ IMPLANTATION DE LA CONSTRUCTION :

L'implantation de la construction du bâtiment de traitement des eaux usées, devra se situer à 15m minimum du pipeline le plus proche.

DISPOSITIONS TECHNIQUES GENERALES

- L'exécution des travaux devra intégrer l'ensemble des mesures de sécurité énoncées dans le document ci-joint.

Dans le cadre de l'étude de votre projet, s'il vous est nécessaire de connaître l'implantation exacte de nos pipelines, vous devrez prendre contact avec notre agent : M. SABATIER, à Fos sur Mer, ☎ 06.24.02.24.15 ou M. REY au ☎ 06.20.11.22.87.

Nous attirons votre attention sur les points suivants :

-Une réunion SPSE/Maître d'ouvrage/Entreprise doit être organisée avant le début des travaux.

-Le PV de réunion de chantier doit être signé par tous les intervenants.

-Les travaux réalisés à l'intérieur de la bande de servitude forte devront impérativement être surveillés par un agent SPSE.

* L'utilisation d'engins vibrants ou de brise-roche est interdite dans la bande de servitude forte des pipelines (2,50 m de part et d'autre des conduites).

* Le balisage des canalisations devra rester parfaitement visible pendant toute la durée du chantier afin d'interdire la circulation et le stationnement des engins de terrassement ou l'implantation de matériels annexes, à l'aplomb des tubes.

* Pas de compactage avec rouleau émettant des vibrations à moins de 10 mètres des pipelines.

* Pas de dépôt de terre sur la bande de servitude forte des pipelines (2,50m de part et d'autre des canalisations).

ATTENTION ! La détérioration de la conduite peut exposer l'environnement aux risques suivants :

- * **INCENDIE**
- * **EXPLOSION**
- * **ASPHYXIE**
- * **POLLUTION**

Art. L. 555-19. — I. — Toute personne physique ou morale, de droit public ou de droit privé, qui prévoit des travaux à proximité d'une canalisation de transport remplit les obligations réglementaires de déclaration préalable auprès de l'exploitant de la canalisation et réalise ces travaux dans des conditions assurant la sécurité de la canalisation et la protection des intérêts mentionnés au II de l'article L. 555-1.

Art. L. 555-22. — L'auteur d'une dégradation à une canalisation de transport de nature à mettre en danger la sécurité des personnes et des installations ou la protection de l'environnement a l'obligation de la déclarer à l'exploitant de l'ouvrage. Le fait d'omettre cette déclaration est puni d'une peine de six mois d'emprisonnement et d'une amende de 75 000 euros.

P.J. - 1 fiche
1 mesure de sécurité
7 plans
2 cartes au 1/25000^{ème}

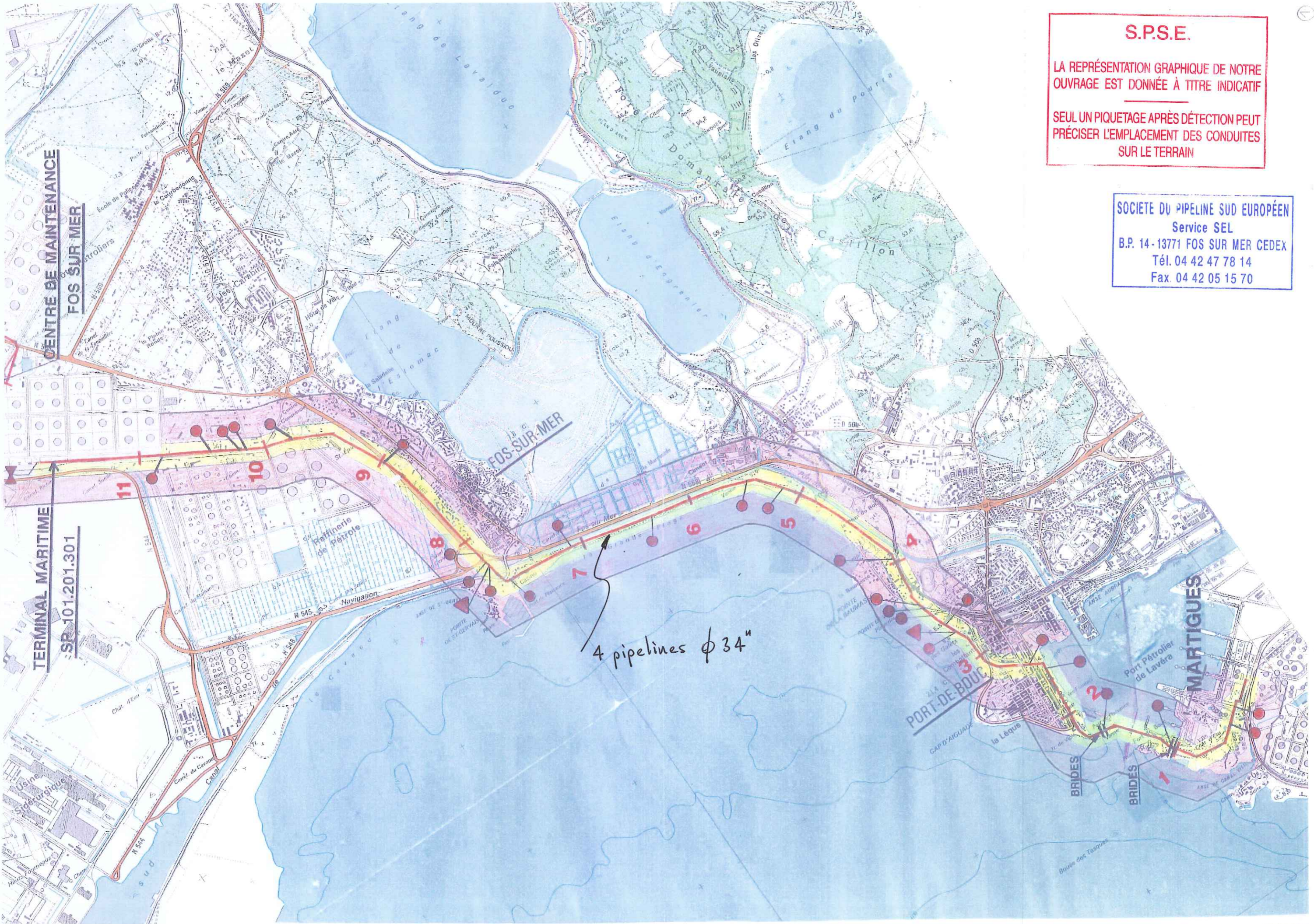
Cc. RSMF/SP201

S.P.S.E.

LA REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DE NOTRE
OUVRAGE EST DONNÉE À TITRE INDICATIF

SEUL UN PIQUETAGE APRÈS DÉTECTION PEUT
PRÉCISER L'EMPLACEMENT DES CONDUITES
SUR LE TERRAIN

SOCIÉTÉ DU PIPELINE SUD EUROPÉEN
Service SEL
B.P. 14-13771 FOS SUR MER CEDEX
Tél. 04 42 47 78 14
Fax. 04 42 05 15 70



4 pipelines $\phi 34''$

CENTRE DE MAINTENANCE
FOS SUR MER

TERMINAL MARITIME
SP 101.201.301

PORT-DE-BOUC

MARTIGUES

BRIDES

BRIDES

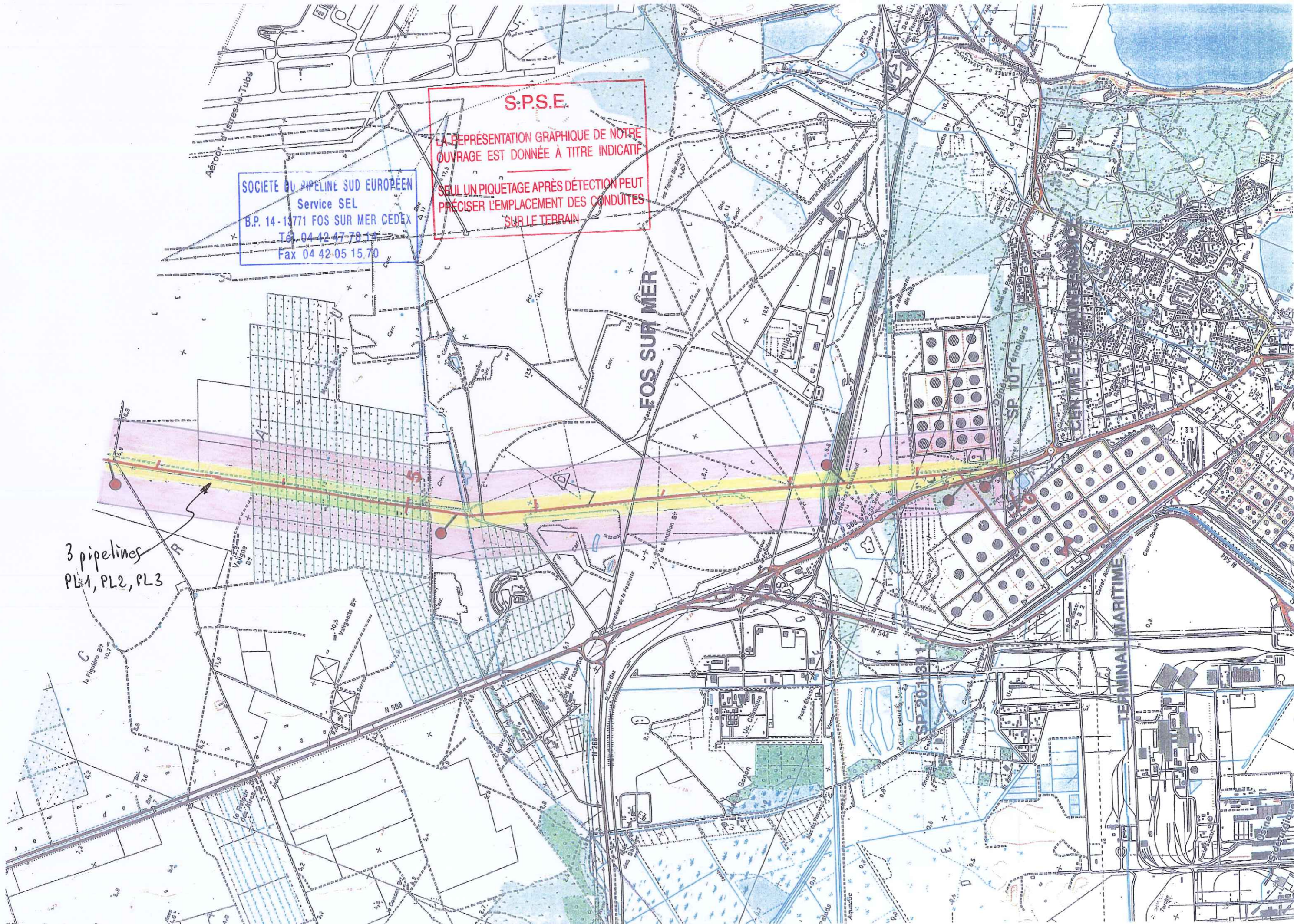
SOCIÉTÉ DU PIPELINE SUD EUROPÉEN
Service SEL
B.P. 14-13771 FOS SUR MER CEDEX
Tél. 04 42 47 78 14
Fax 04 42 05 15 70

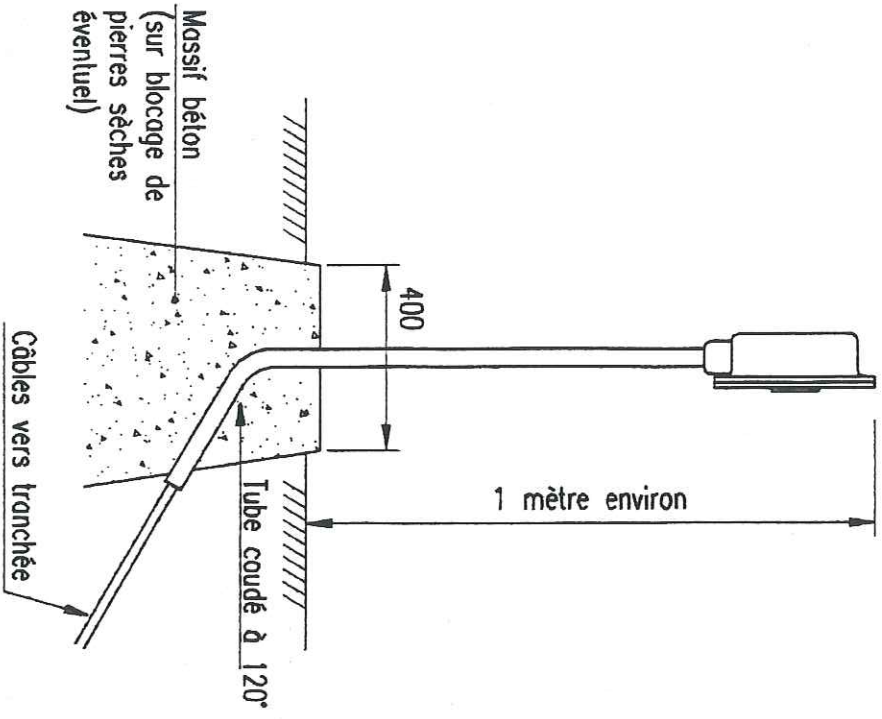
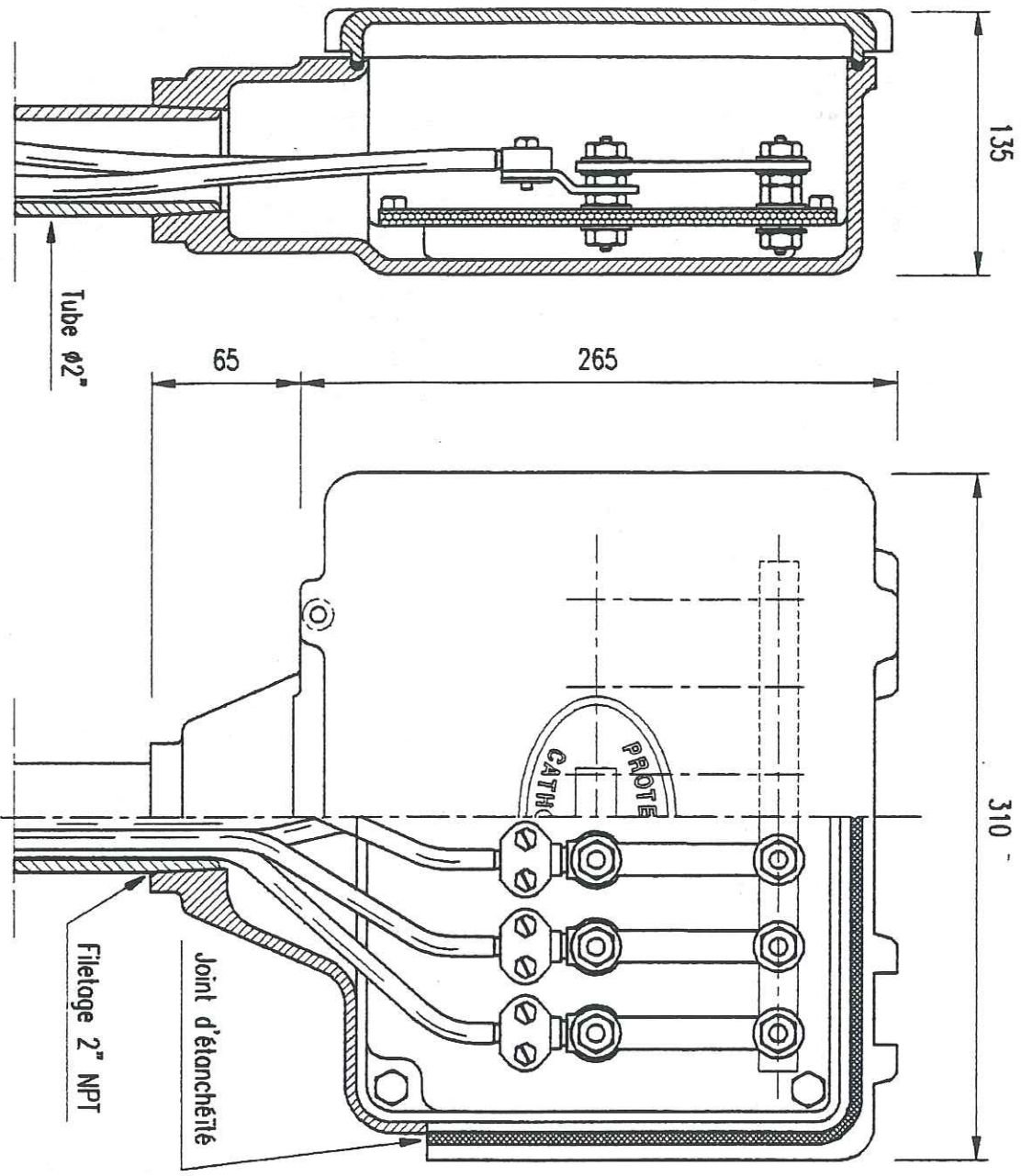
S.P.S.E.

LA REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DE NOTRE
OUVRAGE EST DONNÉE À TITRE INDICATIF

SEUL UN PIQUETAGE APRÈS DÉTECTION PEUT
PRÉCISER L'EMPLACEMENT DES CONDUITES
SUR LE TERRAIN

3 pipelines
PL1, PL2, PL3





**COFFRET DE MESURE D'INTERVENTION
OU DE REPARTITION DES CABLES**

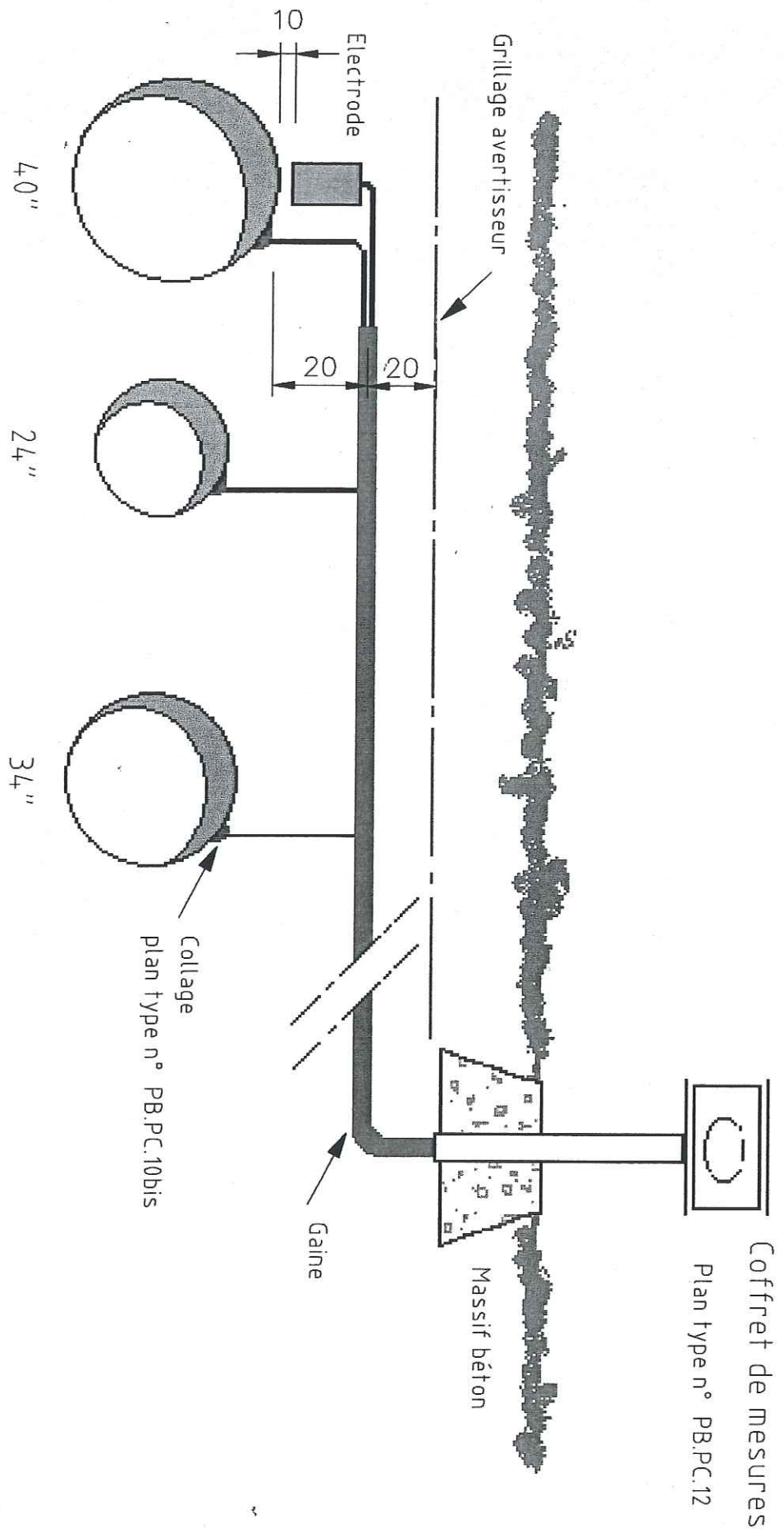
0	Index	DA/JS	Plan Etabli	RN	/	JJR
	Date		Designation	Dessin.	Chaf Dessin	Ing. Etude

SPSE

SOCIETE DU PIPELINE SUD-EUROPEEN
195 AVENUE DU GENERAL DE GAULLE NEUILLY/SENE 92281
DIRECTION TECHNIQUE
BP. 14 - 13771 Fos sur Mer Cedex

Fichier Dessin		L:\SPSE\PB\PC\12.DWG	
Dossier	Tube	Echelles	Installation
/	T4	SANS	PB
Classement		Genre	Numero
		PC	12
		Indice	0

Identification du Plan



Indice	0	Plan Etabli	RN	/	/
Date	06.08.09	Désignation	Dessin.	Chf	Ing.
			Dessin	Dessin	Etude

INSTALLATION D'UNE ELECTRODE DE REFERENCE					
Fichier Dessin	L:\SPSE\PB\PL\40.DWG				
Dossier	Tube	Echelles	Installation	Genre	Numero
T4	/	/	PB	PC	40
Classement	Identification du Plan				

SPSE
 SOCIETE DU PIPELINE SUD-EUROPEEN
 195 AVENUE DU GENERAL DE GAULLE, NEUILLY/SEINE 92521
 DIRECTION TECHNIQUE
 BP 14 - 13771 Fos sur Mer Cedex

OBSERVATIONS : voir notice de collage E. SOLDER 302I

1°) - Préparer une plaquette de dimension : 50 x 40 x 7 mm acier A 42.

2°) - Souder le câble sur la plaquette selon la méthode ci-après :

- a) - Préparer les tronçon de câbles en dénudant une extrémité sur 6 cm environ, la protection du câble sera cerclée à l'extrémité par une ligne en fil de laiton (dessin n°1).
- b) - Etamer l'extrémité dénudée sur 3 cm environ et constituer une enveloppe d'étain (40/60) de 8 à 9 mm de diamètre environ (dessin n° 2), l'aplanir au marteau sur une face pour assurer une bonne surface de contact sur la plaquette lorsqu'elle sera prête à être collée (dessin n° 3).

c) - Enduire la plaquette nettoyée de pâte à souder "Bankaline" 40/60 fabriquée par la :

Société de Pâtes et Poudres à Souder
104, Avenue Parmentier
P A R I S

Chauffer légèrement au chalumeau de façon à étamer la partie enduite de la plaquette.

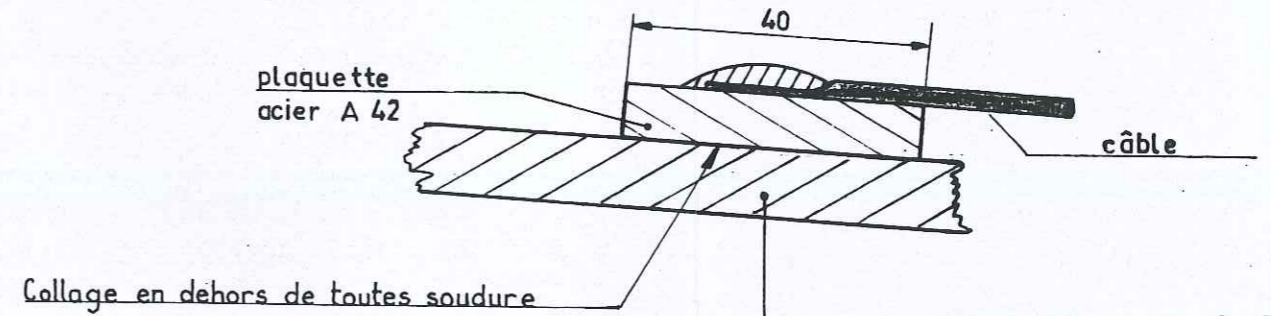
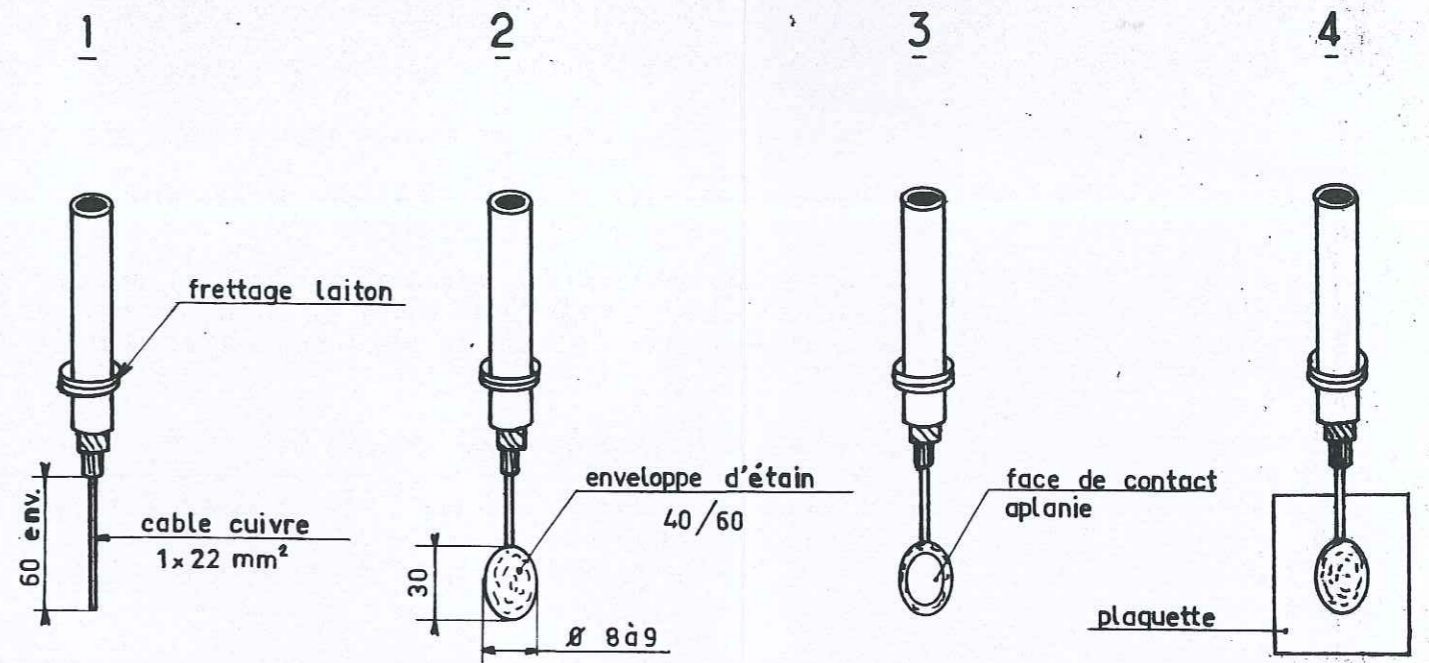
3°) - Sur chantier décaper le revêtement du tube à l'emplacement de la connexion 20 x 20 cm environ. Mettre l'acier du tube à blanc par un nettoyage très sérieux (carré de 10 cm de côté).

4°) - Après collage, brosser, passer au primer et enduire de brai de façon à isoler complètement la connexion.

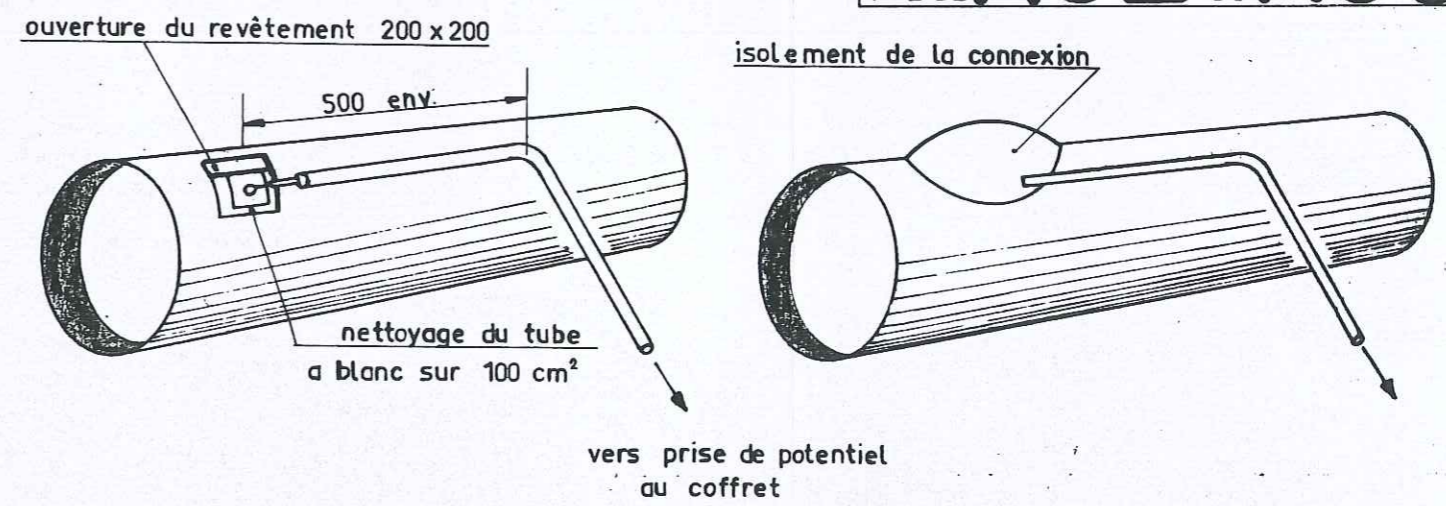
NOTA - L'adhésif conducteur E. SOLDER 302I atteint ses meilleures propriétés électriques lorsqu'il est appliqué 2 ou 3 minutes après le mélange.

Fournisseur : SODIEMA
BP 77
78140 VELIZY - VILLACOUBLAY

..°°°°°°°°



Tubes X52 et X60

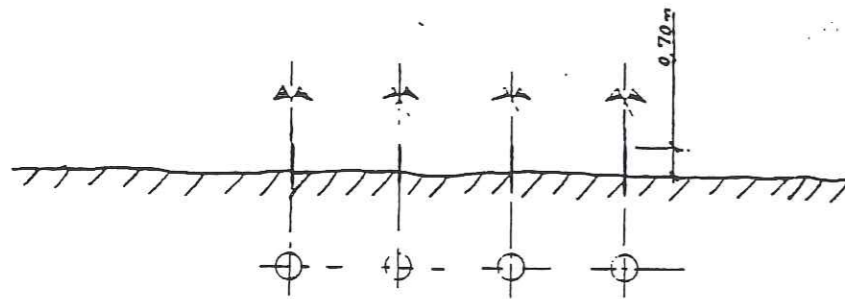


vers prise de potentiel au coffret

SOCIETE DU PIPE—LINE SUD—EUROPEEN DIRECTION TECHNIQUE				FIXATION D'UN CABLE SUR CONDUITE EXISTANTE POUR PRISE DE POTENTIEL PAR COLLAGE	
				Date : 15.4.1980	PLAN
1	12.5.80	Mis à jour		Echelle :	LPB PC 10 bis -

1 DETECTION

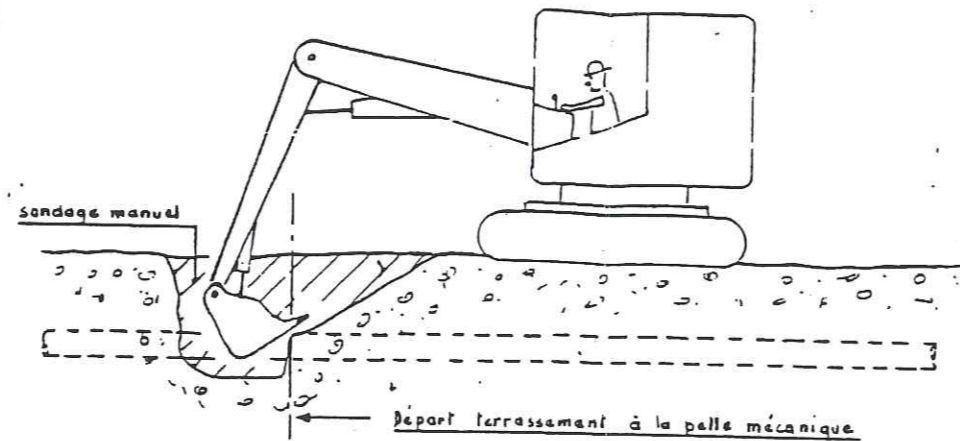
Détection de la conduite par un responsable local S.P.S.E. au détecteur. Repérage par piquets de 0.70 m de hauteur, extrémités peintes en rouge.



2 SONDAGE

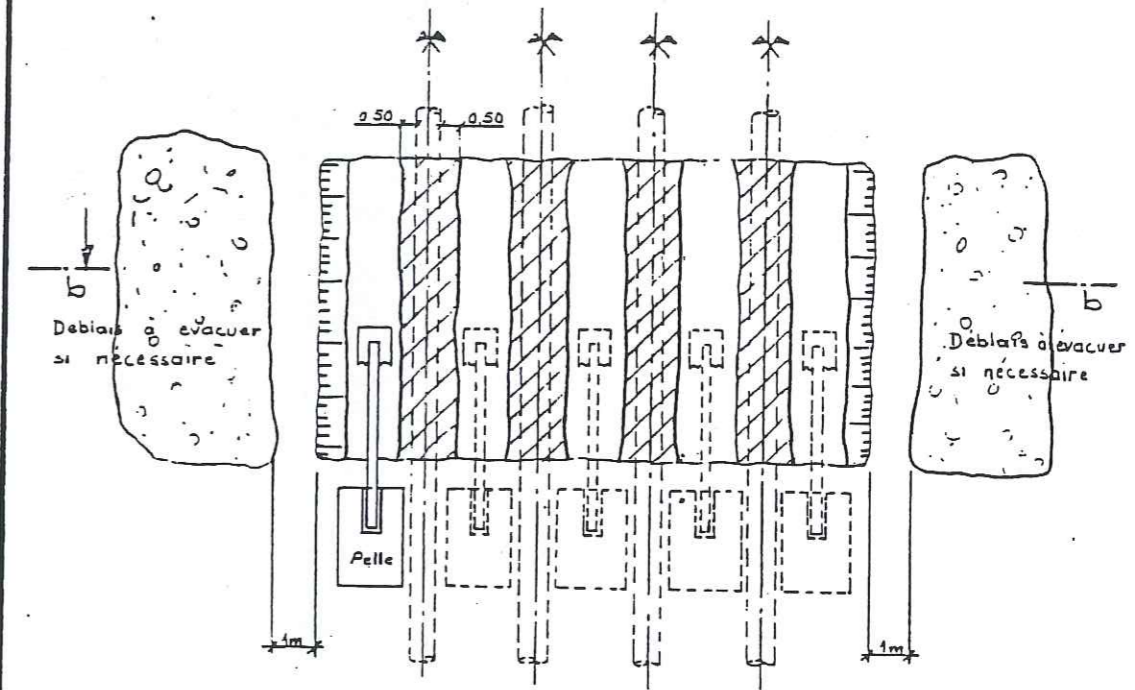
Execution de sondage manuels (1) mettant à nu la canalisation de façon à ce que le conducteur de la pelle mécanique voit la canalisation de son poste de travail.

(1) En courbe les sondages manuels seront réalisés tous les 4 m. En partie droite, les sondages seront réalisés en nombre suffisant pour éviter tout dommage au tube, en tenant compte de la profondeur d'enfouissement de la conduite et la nature du terrain.

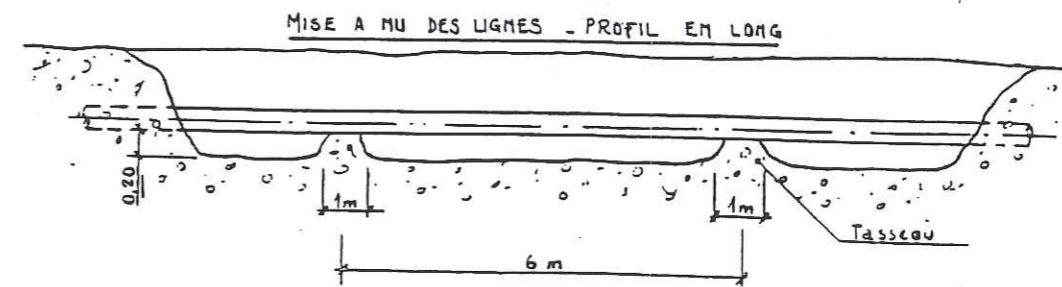
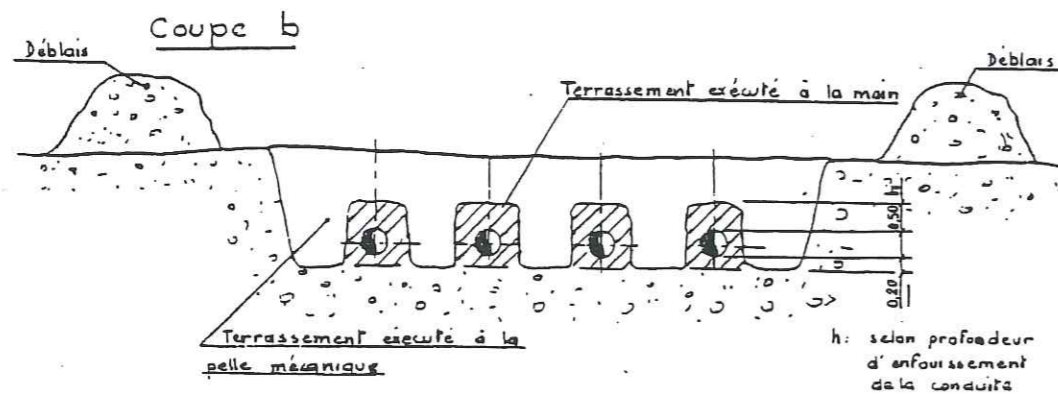


3 FOULLES

Poursuite des opérations de terrassement à la pelle mécanique à la condition que l'écartement entre les conduites soit supérieur à la largeur hors tout du godet de la pelle augmentée de 0.60 m.



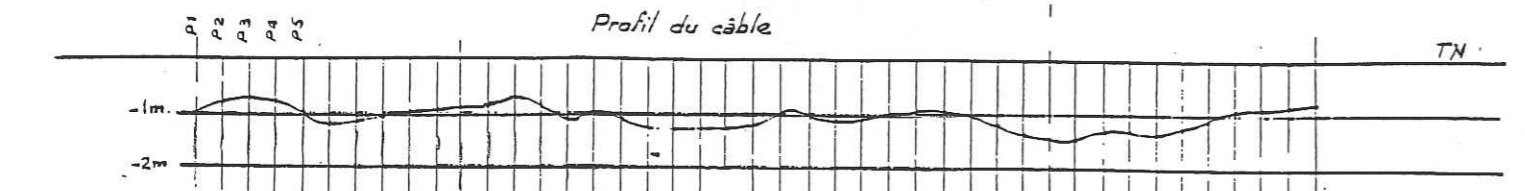
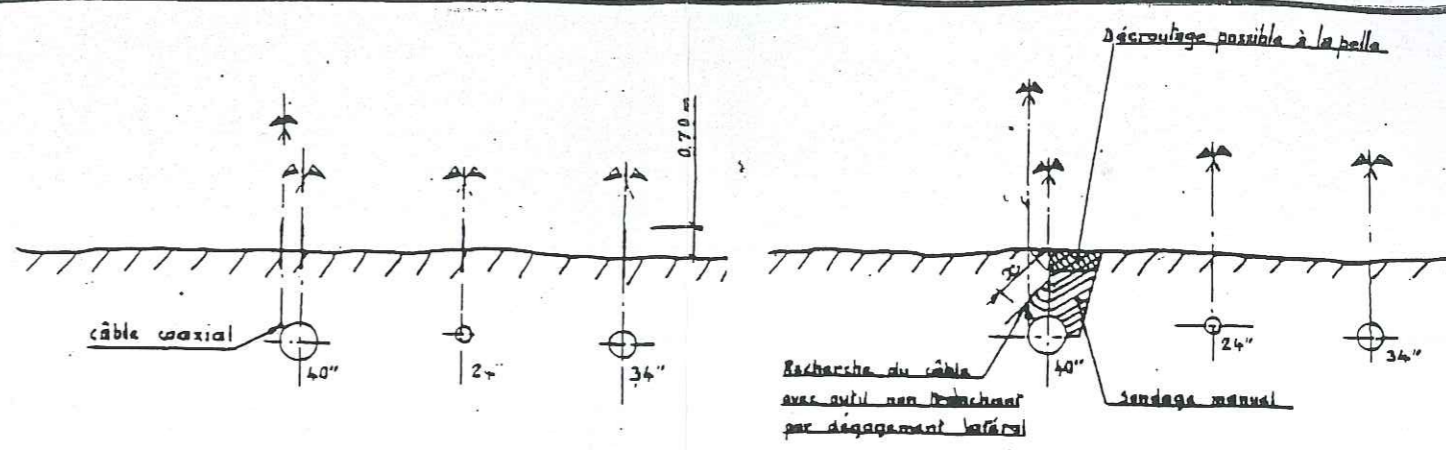
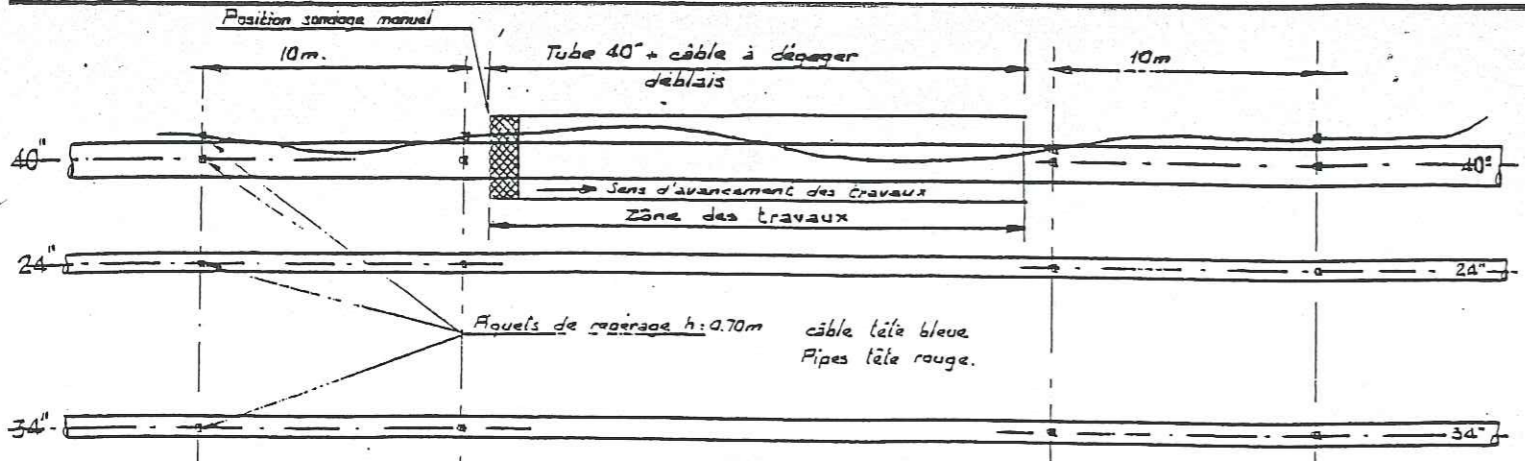
4 CALAGE DE LA CONDUITE



Format 645x590	3	02.08.89	Modif cotés mini terrassement mécanique	DP		
	2	14.12.82	Modifié cotés dans notes 1.1. - 1.3. - 2.1.	RH		
	1	10.12.82	Changement de titre et Numéro	DP		EB.
	0	18.02.81	ETABLISSEMENT DU PLAN	J.L.M		
	Indice	Date	Désignation	Dessin	Ing Dessin	Ing Etude

SOCIETE DU PIPELEINE SUD EUROPEEN
195 AVENUE DU GENERAL DE GAULLE. NEUILLY/SEINE 92521
SPSE DIRECTION TECHNIQUE
B.P. 14 13771 FOS/MER CEDEX

TERRASSEMENT POUR DEGAGEMENT DE PIPELINES 4 Lignes						
Dossier	Tube	Echelles	Objet	Installation	Genre	Numéro
		/	PB	/	PL	46 bis
Destin.	Classement	Identification du Plan				



DESCRIPTION DES OPERATIONS

1° Détection et balisage des conduites et du câble coaxial
 La détection du câble sera réalisé à l'aide d'un détecteur par l'agent technique spécialisé de SPSE.
 Le balisage sera effectué de la façon suivante :
 - 2 piquets à tête rouge espacés de 10 m seront disposés de part et d'autre des parties des conduites à dégager.
 - 2 piquets à tête bleue espacés de 10 m seront disposés de part et d'autre du tronçon de câble à dégager.
 - Entre les piquets extrêmes, le tracé du câble sera repéré en continu. Il sera matérialisé à même le sol par une ligne bleue.
 La profondeur du câble, par rapport au T.N, sera recherchée tous les mètres.
 Un croquis au 1/200ème sera établi à la suite du repérage et du balisage à même le chantier, avant le démarrage des terrassements, il fera apparaître :
 - La position en plan des conduites et du câble,
 - La position du câble.
 Ce croquis (PB/PL 39) sera signé par l'agent SPSE chargé de la détection des structures.

2° Sondage de vérification
 Le sondage sera exécuté avec la plus grande prudence. La pelle mécanique pourra être utilisée mais ne devra pas s'approcher à moins d'un mètre du câble. Si ce dernier a pu être localisé avec précision et que sa position ne présente aucune ambiguïté. En cas de doute, sur la position du câble, le sondage sera exécuté uniquement à la main. Les pics et les tranchants des pioches seront au préalable arrondis à la meule.

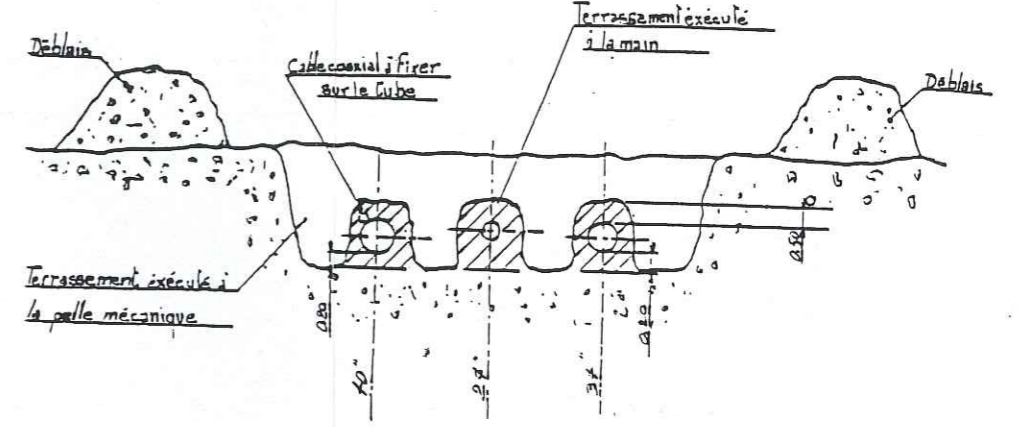
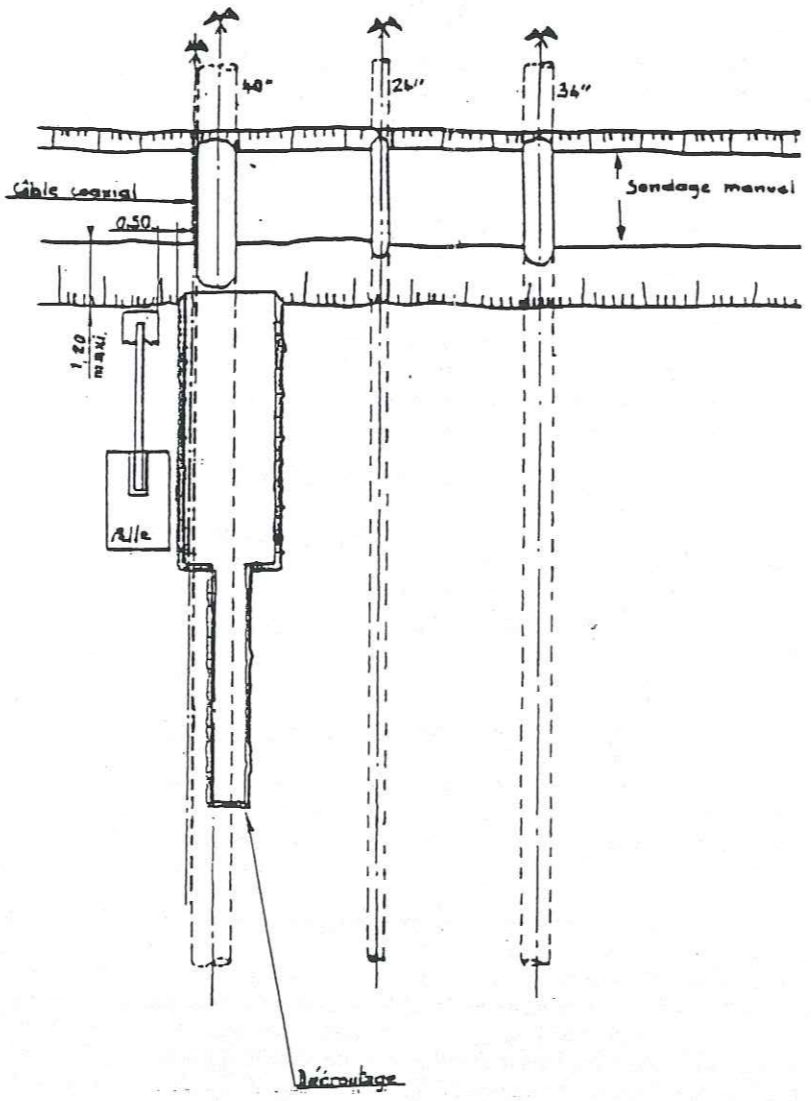
3° Maintien de la signalisation des structures
 Les piquets devront subsister pendant l'exécution des travaux. Tout piquet déposé ou arraché sera immédiatement remis en place.
 En cas de décapage de la terre végétale, le tracé du câble sera reconstitué en continu. Il en sera de même au cours des travaux à la pelle mécanique si le marquage était effacé par les manoeuvres de l'engin.

4° Execution du terrassement à la pelle mécanique
 L'attention du conducteur d'engin doit être tout particulièrement attirée sur les risques de coupure du câble et des chocs sur les conduites. En aucun cas le godet de la pelle ne doit s'approcher à moins de 0,50 m des structures. Le conducteur d'engin doit toujours, de son poste de travail apercevoir l'ouvrage qu'il déterre.
 De plus, le godet de la pelle ne doit pas terrasser à plus de 1,2 m en arrière de la partie visible de la structure à dégager et dans le sens de travail de la pelle, le découvrément du câble à la main doit suivre immédiatement le travail de la pelle.

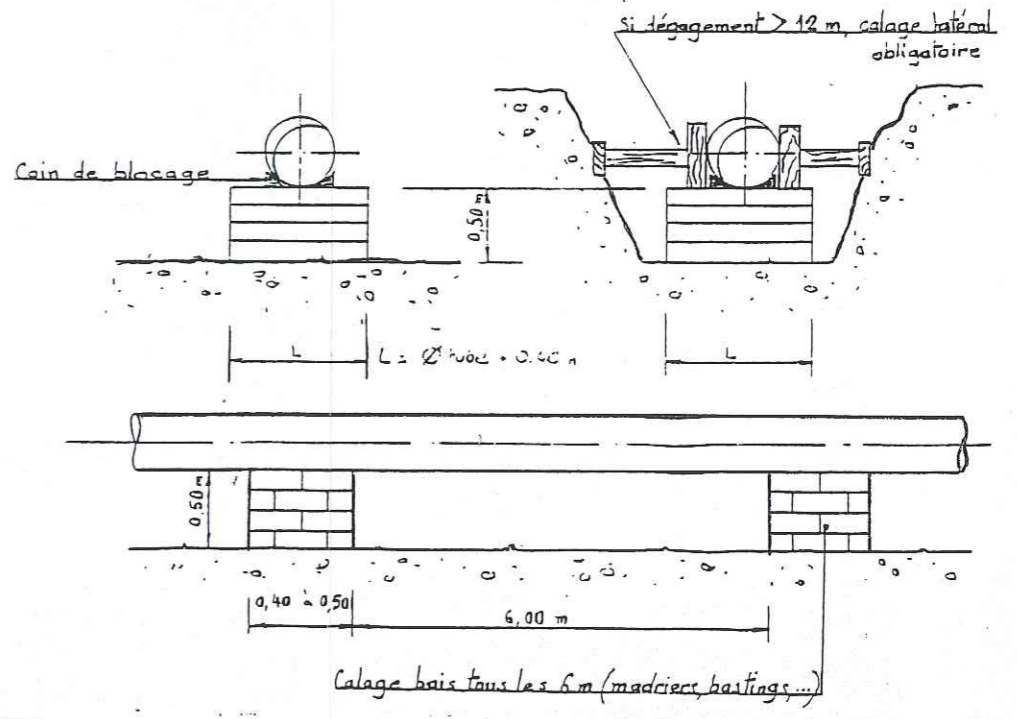
5° Protection du câble
 Dès que le câble est dégagé, il est protégé par des goulottes ou demi coquilles, fixées sur la conduite, faisant l'objet d'un dispositif de soutènement.

6° Recollement du câble
 Au fur et à mesure de l'avancement des travaux, la position réelle du câble devra être relevée en plan et en profil et reportée sur le croquis établi avant le démarrage des travaux (PB/PL 39).

7° Mise à nu de la conduite
 Voir plan de calage ci-joint.

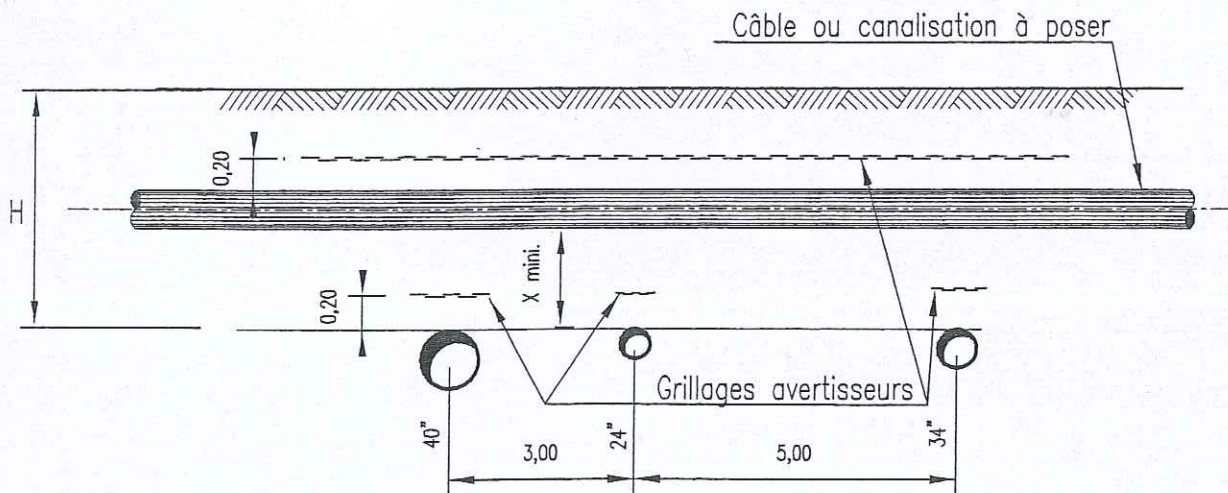


7. Mise à nu de la conduite
 • Conforme aux détails ci-dessous.

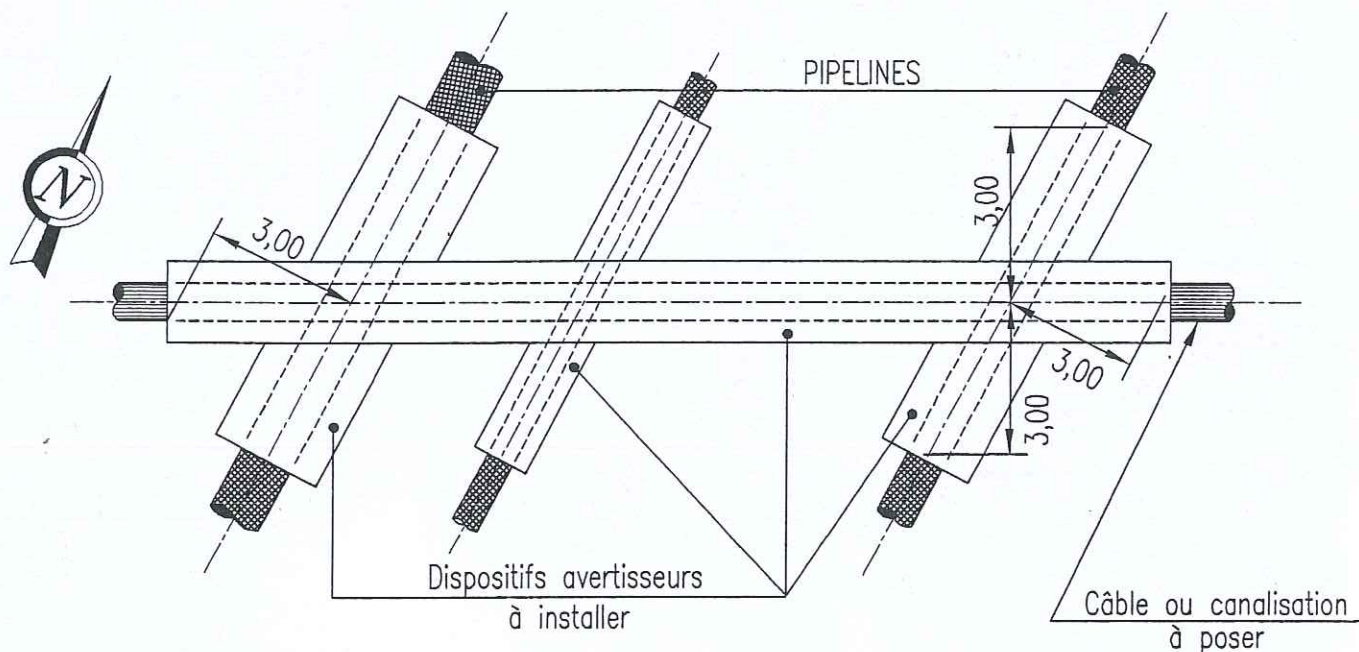


Format 515 x 745	3	23.12.98	Ajouté 7ème remarque des descriptions des opérations RA			
	2	6.6.88	Mis à jour			
	1	10.12.82	Changement de titre, et de Numéro	DP		
	0	18.02.81	ETABLISSEMENT DU PLAN	J.L.M		
Anciens Numéros RÉC. I. G.C. 369	Indice	Date	Désignation	Dessin	Ing. Etude	total:
	SOCIETE DU PIPELEINE SUD EUROPEEN 195 AVENUE DU GENERAL DE GAULLE, NEUILLY/SEINE 92521 SPSE DIRECTION TECHNIQUE B.P. 14 13771 FOS/MER CEDEX					

TERRASSEMENT POUR DEGAGEMENT DE PIPELINES 34" + 24" + 40" & Coaxial						
Dossier	Tube	Echelles	Objet	Installation	Genre	Numero
			PB		PL	47
Destin.	Classement			Identification du Plan		



DESIGNATION DES OUVRAGES CROISES	X= distance entre génératrices
Câbles de télécommunications	0,40
Canalisations non métalliques, d'eau, de gaz ou de liquides non combustibles	0,40
Canalisations métalliques, d'eau, de gaz ou de liquides non combustibles	0,50
Câbles électriques	0,50
Canalisations métalliques, de liquides ou gaz combustibles	0,60



H = hauteur de recouvrement à contrôler par surveillant SPSE.

La protection des ouvrages par le dispositif avertisseur, s'étend à l'intérieur

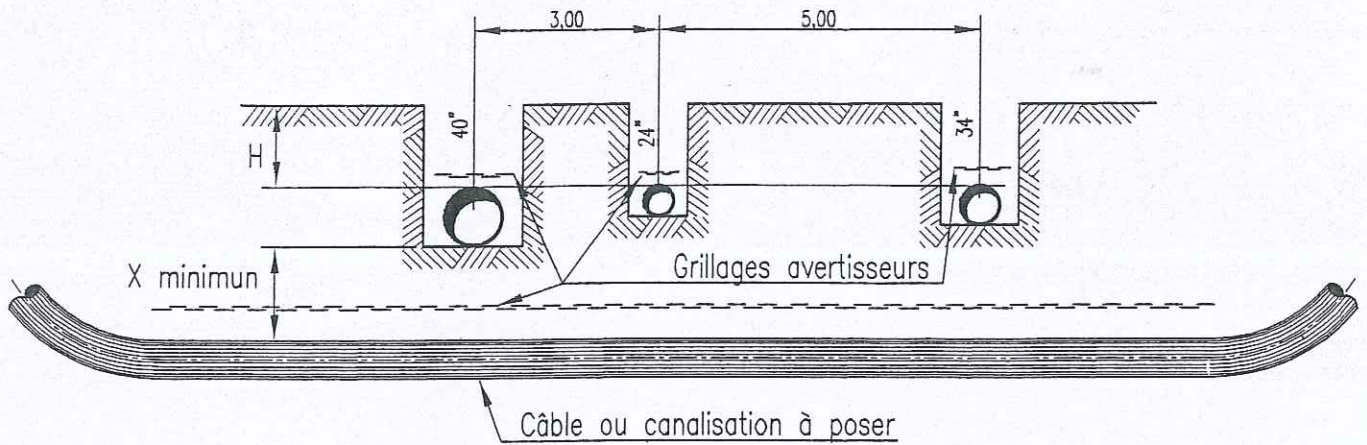
d'une bande de 6,00 m de large axée pour chaque ouvrage sur le point de croisement.

Dans la bande de servitude des Pipelines, les terrassements doivent être exécutés en présence d'un surveillant SPSE et sous la responsabilité de l'entrepreneur chargé des travaux.

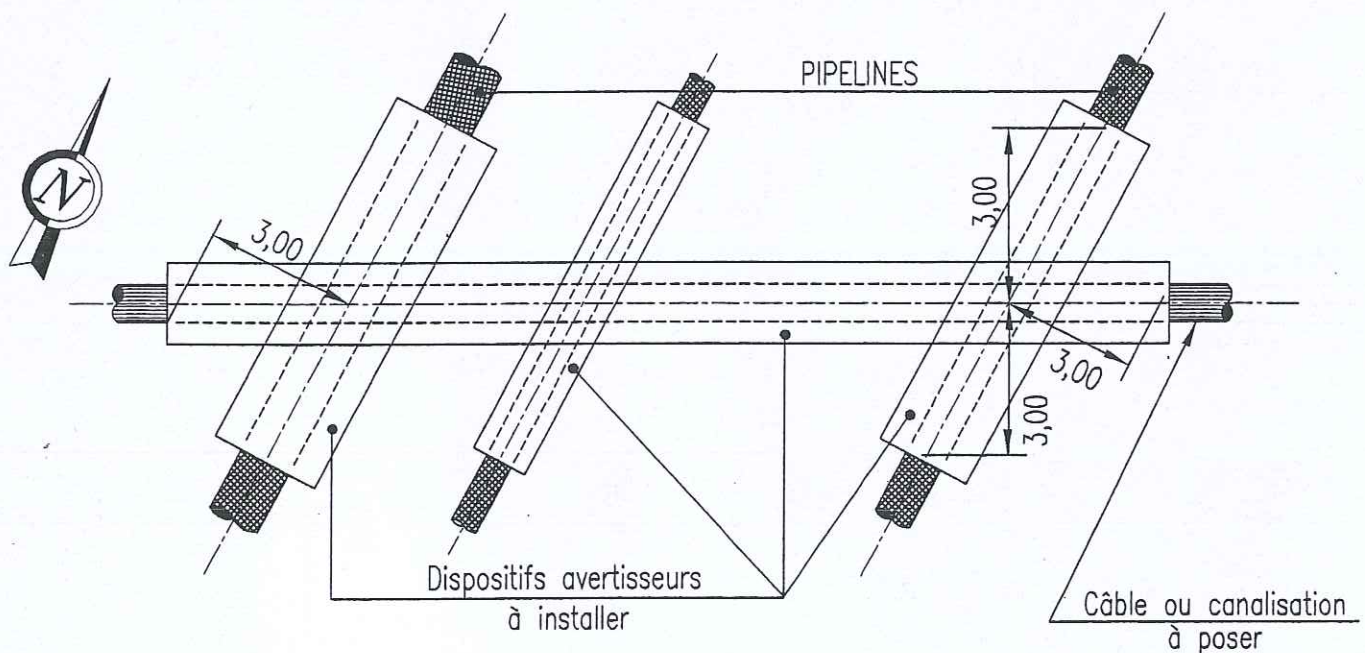
0	18.03.98	Plan Etabli	RN	RN	JJR
indice	Date	Désignation	Dessin.	Chef Dessin	Ing. Etude
SOCIETE DU PIPELINE SUD-EUROPEEN 195 AVENUE DU GENERAL DE GAULLE, NEUILLY/SEINE 92521 DIRECTION TECHNIQUE BP.14 - 13771 Fos sur Mer Cedex					

PASSAGE DE CANALISATIONS OU CABLES AU DESSUS DE 3 PIPELINES

Fichier Dessin	L:\SPSE\PB\PL\11.DWG					
Dossier	Tube	Echelles	Installation	Genre	Numéro	Indice
T4		/	PB	PL	10	0
Classement	Identification du Plan					



DESIGNATION DES OUVRAGES CROISES		X= distance entre génératrices
Câbles de télécommunications		0,40
Canalisations non métalliques, d'eau, de gaz ou de liquides non combustibles		0,40
Canalisations métalliques, d'eau, de gaz ou de liquides non combustibles		0,50
Câbles électriques		0,50
Canalisations métalliques, de liquides ou gaz combustibles		0,60



H = hauteur de recouvrement à contrôler par surveillant SPSE.

La protection des ouvrages par le dispositif avertisseur, s'étend à l'intérieur

d'une bande de 6,00 m de large axée pour chaque ouvrage sur le point de croisement.

Dans la bande de servitude des Pipelines, les terrassements doivent être exécutés en présence d'un surveillant SPSE et sous la responsabilité de l'entrepreneur chargé des travaux.

Si les Pipelines sont protégés par une gaine, celle-ci jouera le rôle de dispositif avertisseur.

indice	Date	Désignation	Dessin.	Chef Dessin	Ing. Etude	PASSAGE DE CANALISATIONS OU CABLES AU DESSOUS DE 3 PIPELINES						
0	17.03.98	Plan Etabli	RN	RN	JJR	Fichier Dessin	L:\SPSE\PB\PL\11.DWG					
SPSE SOCIETE DU PIPELINE SUD-EUROPEEN 195 AVENUE DU GENERAL DE GAULLE NEUILLY/SEINE 92521 DIRECTION TECHNIQUE BP.14 - 13771 Fos sur Mer Cedex						Dossier	Tube	Echelles	Installation	Genre	Numéro	Indice
						T4		/	PB	PL	09	0
						Classement	Identification du Plan					