

# LPEE MAGAZINE

Mai - Juin 2007

مجلة المختبر العمومي للتجارب والدراسات

Bulletin Externe • N° 36



▶ **Contrôle des conduites  
en PVC-U & métalliques**

▶ **La protection  
cathodique des  
conduites enterrées**



▶ **Notions de reconnaissance  
des sols**



  
LABORATOIRE PUBLIC D'ESSAIS ET D'ETUDES  
المختبر العمومي للتجارب والدراسات



▶ **Remblais  
des tranchées :  
comportement  
et pathologie**

# SEMINAIRE SUR LES TRANCHÉES EN MILIEU URBAIN ET L'ASSAINISSEMENT : TECHNIQUES ET RÈGLES DE L'ART



Le 19 avril dernier s'est tenu à Tetouan un séminaire sur les tranchées en milieu urbain et l'assainissement : Techniques et règles de l'art. Cette manifestation, organisée par Amendis et LPEE, et animée par des experts du LPEE, a porté sur les thèmes suivants :

- Caractéristiques géotechniques des sols et matériaux de remblai
- Généralités sur le compactage des sols
- Objectifs de densification des matériaux de remblai des tranchées
- Matériels de compactage
- Moyens de contrôle de compactage
- Remblais de tranchées : comportement et pathologie
- La protection des conduites vis-à-vis de l'agressivité du trafic
- Tranchées sous l'eau
- La protection cathodique des canalisations
- Contrôle des conduites métalliques et en PVC



L'ouverture de cette rencontre s'est déroulée sous la présidence de Monsieur le Gouverneur de la Province de M'diq-Fnideq et en présence de Monsieur le Directeur Régional d'Amendis Tétouan et de Monsieur le Directeur Général par intérim du LPEE ainsi que d'autres partenaires représentant les autorités locales, les communes Urbaines, les services extérieurs ainsi que d'autres opérateurs concernés par le domaine de la distribution de l'eau, de l'électricité et de l'assainissement.



L'organisation de cette manifestation rentre dans le cadre des grands chantiers que connaît la région Nord du Maroc, notamment dans le secteur d'assainissement. Les opérateurs concernés ont été amenés à réfléchir sur les nouvelles techniques à introduire dans les cahiers de charges afin de réaliser les travaux d'ouverture de tranchées selon les règles de l'art et dans des conditions permettant de garantir la pérennité des projets sans porter préjudices aux infrastructures existantes.

Dans ce sens, Les techniques faisant appel à l'utilisation de blindages, de palplanches, le rabattement de la nappe, le creusement de galerie par forage dirigé et façonnage ont été largement débattus lors du séminaire.

La mise en application de ces techniques a nécessité le déploiement d'importants efforts en termes de formation et d'investissement par AMENDIS, d'où l'intérêt d'organiser ce séminaire qui a permis l'échange d'expérience et de savoir faire dans ce domaine entre les différents participants.

# Sommaire

**LPEE MAGAZINE**  
**Numéro 36**

Directeur responsable de  
la publication  
Abdihakim Jakani

Comité de Rédaction  
Mme Iraki • Mme Lahlou • MM. Ait Elaai  
• Bennani • Benabderrazik • Chemaou  
Elfihri • Karioune • Moussaddykine  
• Mrhizou • Ejjaouani • Lemssouguer

Ce bulletin est édité à 2500 exemplaires

Conception et Réalisation :  
Strategic Partners  
Impression : Express Print  
Autorisation de publication n° 9/83  
Dépôt Légal : 24 / 1984

**LPEE**  
25, rue d'Azilal - BP 13389 Casablanca  
Tél : 022 54 75 75 (LG)  
Fax : 022 30 15 50

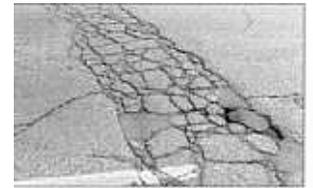
4



## NOTIONS DE RECONNAISSANCE DES SOLS

10

## REMBLAIS DES TRANCHEES: COMPORTEMENT ET PATHOLOGIE



11

## CONTRÔLE DES CONDUITES EN PVC-U POUR L'ASSAINISSEMENT



13



## CONTRÔLE DES CONDUITES MÉTALLIQUES

14

## LA PROTECTION CATHODIQUE DES CONDUITES ENTERREES



15



## BRÈVES

# NOTIONS DE RECONNAISSANCE DES SOLS

## La diversité des sols impose l'utilisation de classification

### Les cailloux, galets et graviers

Ce sont des débris de roches dures et compactes, assez volumineux, de formes anguleuses (cailloux) ou arrondies (galets). Les éléments de plus petites dimensions sont appelés graviers.

Ils sont définis essentiellement d'après un critère granulométrique, c'est-à-dire d'après leur dimension moyenne.

### Les sables

Ils ont, en général, la même origine que les matériaux décrits précédemment, mais sont de dimensions plus réduites ( $d \leq 2\text{mm}$ ). Le minéral le plus fréquemment rencontré est le quartz.

### Les limons et loess

Ils sont constitués par des éléments de dimensions comprises entre 2 et 20 microns. Le principal minéral constitutif

est le quartz associé le plus souvent avec l'argile, la calcite, les feldspaths, les oxydes et hydroxydes de fer, le mica ou les minéraux lourds.

### Les argiles

En général, le terme argile s'applique à tous les matériaux dont la fraction granulométrique prédominante (taille des particules) est inférieure à  $2\ \mu$ .

Les espèces minérales essentiellement rencontrées sont : la kaolinite, la montmorillonite et l'illite.

### Les marnes

Ce sont des minéraux qui font à la fois pâte avec l'eau et effervescence à l'acide diluée à froid.

Ils marquent le passage entre le calcaire et l'argile.

### Les vases

On peut les considérer comme des argiles en formation. Ce sont des dépôts d'eau douce ou salée que l'on rencontre aussi bien dans les lacs, les ports, les estuaires, les bassins fluviaux ou marins.

Les vases sont essentiellement constituées de minéraux argileux variés, de matières organiques, de quartz, de mica et de calcaire.

Ce sont des matériaux gorgés d'eau.

### Les tourbes

Les tourbes se présentent comme un matériau de texture fibreuse qui provient de la décomposition de certains végétaux à l'abri de l'air et en milieu aqueux. Elles peuvent contenir des éléments détritiques : sables, graviers, vases. Elles contiennent une très forte proportion d'eau.

## les constituants du sol

### La phase solide

les grains solides constituant cette phase proviennent soit d'une altération mécanique pour les éléments le plus gros, soit d'une altération chimique combinée à une altération mécanique pour les éléments les plus fins.



### La phase liquide

l'eau rencontrée dans le sol peut se présenter sous trois formes :

- L'eau de constitution qui correspond à l'eau de cristallisation
- L'eau adsorbée qui constitue un film autour de chaque grain. Elle a une incidence sur le comportement mécanique du matériau.
- L'eau libre ou eau interstitielle qui remplit les vides du squelette solide. Elle joue également un grand rôle sur le comportement tant physique que mécanique du matériau.



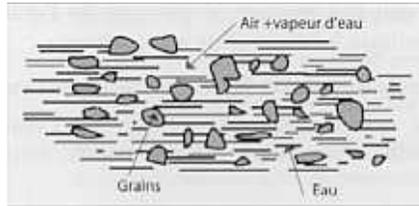
### La phase gazeuse

cette phase n'existe que lorsque tous les vides ne sont pas occupés par l'eau libre (sol non saturé).

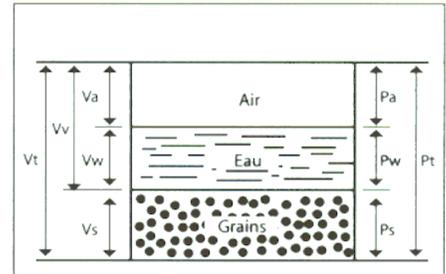
## Les essais de laboratoire des sols

### Les caractéristiques physiques :

- Le teneur en eau
- L'analyse granulométrique
- La valeur au bleu de méthylène
- Les limites d'atterberg
- L'équivalent de sable
- L'essai protor normal et modifié



Le schéma suivant donne une représentation du complexe sol



Avec :

$V_a$  : volume de l'air  
 $V_w$  : volume de l'eau  
 $V_s$  : volume de grains  
 $V_v$  : volume des vides  
 $V_t$  : volume total

$P_a$  : poids de l'air  
 $P_w$  : poids de l'eau  
 $P_s$  : poids des grains  
 $P_t$  : poids total

## Teneur en eau (norme NF P 94-050)

### Définition des caractéristiques physiques communes à tous les sols :

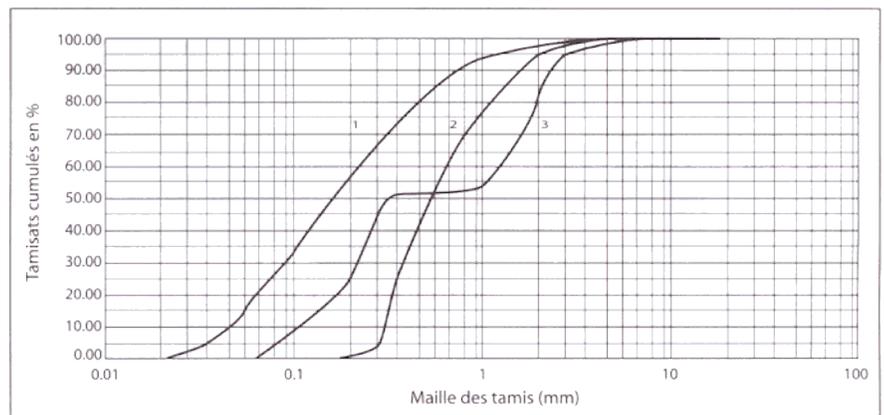
On appelle teneur en eau  $W$  le rapport du poids  $P_w$  de l'eau interstitielle contenue dans un certain volume de sol au poids de matériau sec (grains uniquement)  $P_s$  contenu dans ce même volume.

$$W = \frac{P_w}{P_s} \times 100$$

## Analyse granulométrique par tamisage (norme NF P 94-056)

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de taille décroissante.

Les masses des différents refus ou celles des différents tamisats sont rapportées à la masse initiale de matériau, les pourcentages ainsi obtenus sont exploités, soit sous leur forme numérique, soit sous une forme graphique appelée courbe granulométrique.



## Les limites d'atterberg (norme NF P 94-051)

En fonction de la teneur en eau qu'il contient, un sol peut se présenter sous quatre états différents :

**L'état liquide** : le sol est gorgé d'eau, il ne résiste à aucun effort de cisaillement.

**L'état plastique** : le sol contient beaucoup moins d'eau, des tensions capillaires apparaissent qui rapprochent les grains. Il présente une certaine résistance au cisaillement.

**L'état solide avec retrait** : la déformabilité du sol est beaucoup plus faible : soumis à dessiccation on peut observer un retrait appréciable.

**L'état solide sans retrait** : pas de retrait lors de la dessiccation.

Par définition, les limites d'atterberg sont des constantes physiques conventionnelles qui marquent le passage d'un état à un autre.

**Limite de liquidité  $W_L$**  : c'est la teneur en eau qui marque le passage de l'état liquide à l'état plastique.

**Limite de plasticité  $W_p$**  : c'est la teneur en eau qui marque le passage de l'état plastique à l'état solide avec retrait.

**Limite de retrait  $W_r$**  : c'est la teneur en eau qui marque le passage de l'état solide avec retrait à l'état solide sans

retrait. Cette limite est toutefois très peu utilisée dans la pratique. Il existe une relation linéaire en échelle semi-logarithmique entre  $W$  et le nombre de chocs lorsque ce dernier est compris entre 15 et 35.

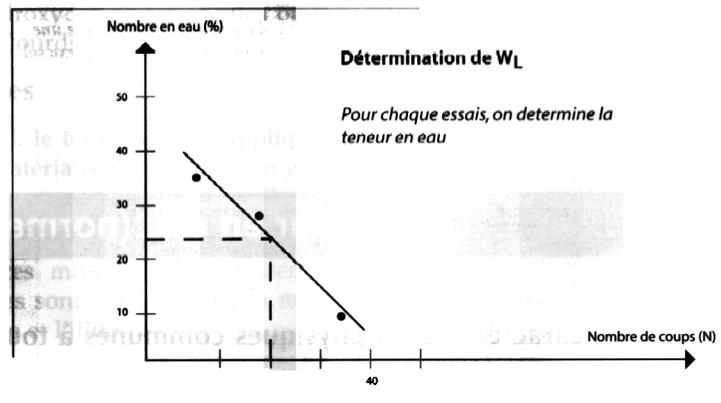
On peut également utiliser la formule approchée suivante :  $W_L = w.(N/25)^{0,121}$

avec  $N$  : nombre de chocs ( $15 < N < 35$ )  
 $w$  : teneur en eau

La détermination de  $W_p$  se fait sur la même pâte que celle utilisée pour la détermination de  $W_L$ . La teneur en eau est ramenée à une valeur plus faible par malaxage.

On roule ensuite l'échantillon de manière à obtenir un cylindre qu'on amincit progressivement.

Par définition, la limite de plasticité correspond à la teneur en eau pour laquelle le cylindre, soulevé se fissure lorsqu'il atteint un diamètre de 3mm.



SOLS	$W_L$	$W_p$	$I_p$
Tourbe de Bourgoin	66	37	29
Argile de Mexico	500	125	375
Argile de Chênelette (Rhône)	28	17	11
Limon d'Orly	36	24	12
Marne d'Argenteuil	76	31	45

L'indice de plasticité  $I_p$  marque l'étendue du domaine plastique et s'exprime par la relation .

$$I_p = W_L - W_p$$

Le tableau ci-dessus donne quelques valeurs de ces caractéristiques relevées dans la littérature .

L'indice de consistance  $I_C$  est défini par l'expression

$$I_C = (W_L - w) / I_p$$

Si  $I_C \leq 0$ , le sol a l'aspect de la boue (sa teneur en eau naturelle est supérieure à la limite de liquidité).

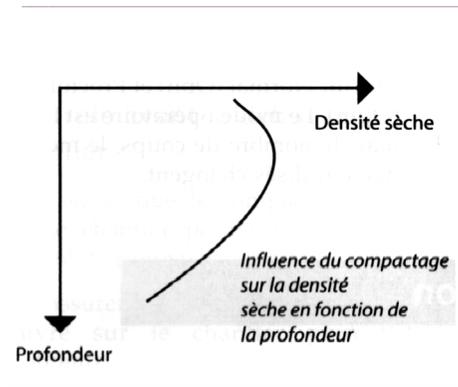
Si  $I_C \geq 1$ , le sol est voisin de l'état solide.

## L'essai au bleu de méthylène VBS (norme NF P 94-068)

L'essai consiste à mesurer par dosage la quantité de bleu de méthylène pouvant s'adsorber sur l'échantillon de sol utilisé pour faire l'essai. Cette valeur est rap-

portée par proportionnalité directe à la fraction 0/50 mm du sol. La valeur de bleu du sol est directement liée à la surface spécifique des particules constitu-

ant le sol, laquelle est avant tout régie par l'importance et l'activité des minéraux argileux présents dans la fraction fine du sol.

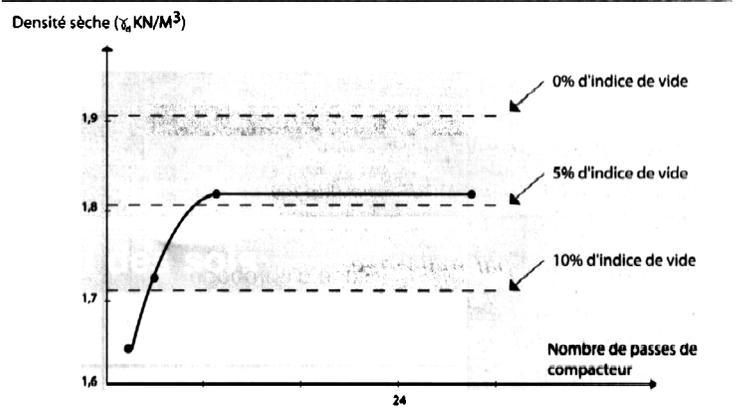
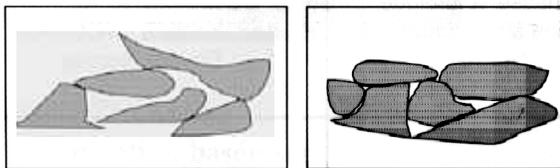


**Les objectifs du compactage (accroître la densité) d'un sol en place sont :**

- D'éviter les déformations (tassements) ultérieures en réduisant le volume des interstices « les vides »
- De provoquer artificiellement dans un temps très court, un équilibre proche (consolidation et densification) de l'équilibre naturel du sol qui, sans compactage, serait atteint après de longues années
- D'éviter les différences de perméabilité trop importantes
- D'assurer une bonne stabilité mécanique (capacité portante) du remblai
- L'extraction d'un sol provoque un décompactage ou une décompression correspondant à une augmentation de volume (foisonnement) de 20 à 30 % en moyenne. C'est l'opération inverse qu'il faudra réaliser par compactage.

La densité augmente avec le nombre de passes jusqu'à une certaine valeur au delà de laquelle elle reste constante, quel que soit le nombre de passes supplémentaires.

Mais c'est aussi faire glisser les uns sur les autres les éléments du squelette de façon à aboutir à un meilleur arrangement des grains.



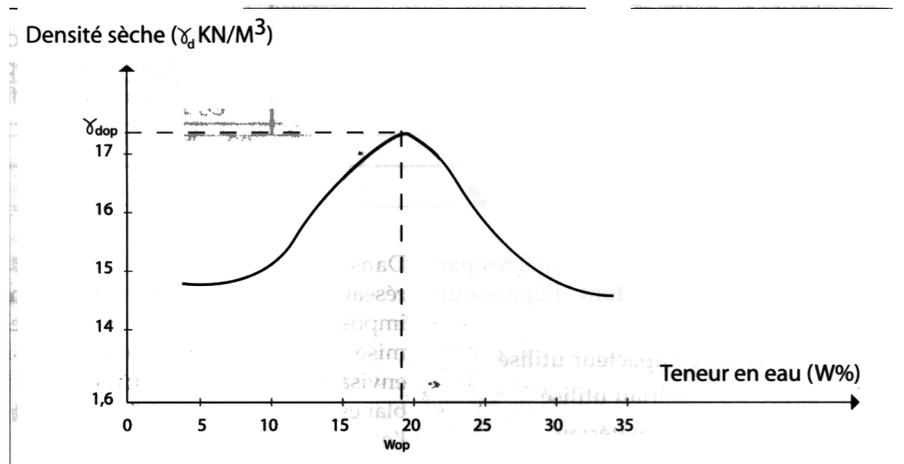
Influence du nombre de passes de compacteur sur la densité

**Notions de qualité de compactage**

**La référence : l'optimum PROCTOR**

L'essai Proctor a pour but de déterminer en laboratoire, pour une énergie de compactage donnée, la variation de la densité sèche en fonction de la teneur en eau du sol.

L'essai consiste à compacter, dans un moule spécial à l'aide d'une dame normalisée, un échantillon du sol à étudier. On mesure la teneur en eau et la densité sèche après compactage. On répète cette manipulation plusieurs fois, avec des teneurs en eau différentes afin de pouvoir tracer à l'aide de plusieurs points ce qu'on a l'habitude d'appeler la courbe Proctor.



Exemple de courbe Proctor

Cette courbe présente pour une certaine teneur en eau un maximum de la densité sèche.

C'est cet optimum que l'on appelle Optimum Proctor. La teneur en eau de la densité sèche correspondante à cet opti-

mum est respectivement appelée teneur en eau Optimum Proctor ( $W_{op}$ ) et densité Optimum Proctor ( $\gamma_{op}$ ).

Il faudra se rapprocher de cette valeur lors de compactage.

Il existe deux énergies de compactage qui différencient deux types d'essais : le Proctor Normal (Opn) et Proctor Modifié (Opm). Le mode opératoire est identique mais le nombre de coups, le moule et la dame utilisés changent.

## Les objectifs de densification

Le niveau de qualité de compactage se traduit par une valeur de la densité à atteindre pour réaliser un remblayage et réfection de la structure de manière à garantir la tenue dans le temps de l'ouvrage.

Quatre niveaux de qualité sont déterminés pour les matériaux de remblai et les matériaux de chaussée :

Objectifs de densification / Qualités de compactage	Zone d'application	Valeur minimale de masse volumique moyenne	Valeur minimale de masse volumique en fond de couche
Q5	Zone d'enrobage	90% de la masse volumique de référence à l'Optimum Proctor Normal	87% de la masse volumique de référence à l'Optimum Proctor Normal
Q4	Parties inférieures et supérieures du remblai non sollicitées par des charges lourdes. Zone d'enrobage	95% de la masse volumique de référence à l'Optimum Proctor Normal	92% de la masse volumique de référence à l'Optimum Proctor Normal
Q3	Parties supérieures du remblai subissant des sollicitations dues à l'action du trafic. Couches sous la surface dans les cas sans charges lourdes.	98,5% de la masse volumique de référence à l'Optimum Proctor Normal	96% de la masse volumique de référence à l'Optimum Proctor Normal
Q2	Couches d'assises de chaussées	97% de la masse volumique de référence à l'Optimum Proctor modifié	95% de la masse volumique de référence à l'Optimum Proctor modifié

## La mise en œuvre

Les remblais doivent être compactés par couches successives dont l'épaisseur sera fonction de :

- L'efficacité du compacteur utilisé
- La nature du matériau utilisé
- L'état hydrique de matériau
- La qualité de compactage exigée

Dans le cas où l'enchevêtrement des réseaux, ou autres contraintes, rendent impossible l'emploi de petits matériels, la mise en place hydraulique peut être envisagée si toutefois le matériau de remblai est apte à subir un tel traitement et si l'eau peut correctement s'évacuer, sans endommager les ouvrages environnants.

C'est la diffusion rapide des contraintes dans le sol qui impose un compactage par couche. La densité d'un sol chute en fonction de l'augmentation de l'épaisseur de la couche mise en œuvre, quelque soit le nombre de passes.

## Le contrôle de compactage

### Contrôle avant le début de chantier

- S'assurer que le compacteur présent sur le chantier permettra d'obtenir la qualité de compactage désirée.
- S'assurer que les matériaux mis en œuvre sur le chantier permettront d'obtenir la qualité de compactage désirée.
- Vérifier les hauteurs minimales de compactage au-dessus des canalisations.

### Contrôle pendant le chantier

- Vérifier le nombre de passes du compacteur

- Vérifier la vitesse de balayage du compacteur
- Vérifier l'épaisseur des couches à compacter
- Vérifier que le volume de matériau compacté pendant un temps donné est inférieur ou égal au volume maximum que l'on peut correctement mettre en œuvre en fonction de différents paramètres (coefficient de rendement,

coefficient de balayage, débit théorique par largeur de compacteur, largeur du compacteur, temps d'utilisation du compacteur).

### Contrôle après le chantier

Procéder à des contrôles de compactage. L'interprétation des résultats obtenus, quel que soit le matériel utilisé, nécessite une formation adaptée.

Linéaire (m)	<5	20	100	500	>500
Nombre de Points	1	2	4	8	Un point de mesure tous les 200 mètres supplémentaires

*Fréquence des contrôles de réception*

## Classification des sols

### Classification basée sur la granulométrie

Nous donnons ci après la classification la plus largement utilisée. Suivant les dimensions des éléments constitutifs d'un sol (d), on distinguera :

Blocs	$d \geq 200$ mm
Cailloux	$200 \text{ mm} > d > 20 \text{ mm}$
Graves	$20 \text{ mm} > d > 2 \text{ mm}$
Sables grossiers	$2 \text{ mm} > d > 0,2 \text{ mm}$
Sables fins	$0,2 \text{ mm} > d > 0,2 \text{ mm}$
Limons	$20 \mu > d > 2 \mu$
Argiles	$d > 2 \mu$

### Classification basée sur les limites d'Atterberg

Le tableau suivant donne très schématiquement les dénominations de sable, limon et argile en fonction de la limite de liquidité et de l'indice de plasticité :

Caractère dominant	Limite de liquidité en %	Indice de plasticité en %
Sableux	$WI < 35$	$Ip < 15$
Limoneux	$20 < WI < 60$	$5 < Ip < 25$
Argileux	$WI > 30$	$Ip > 15$

### Classification basée sur la valeur au bleu de mythène (VBS)

- $VBS < 0,2$  : sols sableux
- $0,2 < VBS < 2,5$  : sols limoneux
- $2,5 < VBS < 6$  : sols limono argileux
- $6 < VBS < 8$  : sols argileux
- $VBS > 8$  : sols très argileux.

## REMBLAIS DES TRANCHEES: COMPORTEMENT ET PATHOLOGIE

### IMPACT DES TRANCHEES SUR LES CHAUSSEES

- défauts de surface : fissures, irrégularités ...
- réduction du confort au roulement
- infiltration de l'eau dans les fondations
- perte de l'intégrité structurale
- réduction significative de la durée de vie

### FAMILLES DES DEGRADATIONS

- les affaissements
- les fissurations
- les arrachements
- les remontées

### LES AFFAISSEMENTS

Tassement sous l'action du trafic et du poids propre avec ou sans saturation

#### Origine :

- en général déficit de compactage notamment au niveau de la partie inférieure du remblai de la tranchée
- rarement : départ de matériaux fins par renardage



#### Remède :

reprise de tout ou partie du remblai de la tranchée avec ou sans adoption de dispositions constructives particulières (matériaux particuliers, traitement de la PSR, géotextile par exemple)

### LES FISSURATIONS

- Fissures de joints au niveau des bords de la tranchée
- Fissures ramifiées ou faïençage au niveau de la réfection de chaussée



#### Causes :

- mauvaise qualité des matériaux de chaussée avec ou sans déficit d'épaisseurs des couches
- défaut de portance de la PSR (déformabilité élevée)

#### Remèdes :

- réfection de la PSR si nécessaire sur l'épaisseur requise
- réfection de tout ou partie de la chaussée

### LES REMONTEES

- en général remontée de liant bitumineux mou ou en excès
- souvent présence de bourrelets

#### Causes :

- matériaux bitumineux de mauvaise qualité
- formule inadaptée à l'agressivité du trafic lourd



#### Remèdes :

- rabotage des matériauxorniérés et leur remplacement par des matériaux adaptés

### LES ARRACHEMENTS

- décollement des matériaux de la chaussée très faïençée (état ultime de la fissuration avec ou sans affaissement)



#### Remèdes :

suivant les causes des dégradations adoption de l'une des solutions présentées pour les affaissements ou les fissurations

## CONTRÔLE DES CONDUITES EN PVC-U POUR L'ASSAINISSEMENT



Balance hydrostatique

L'étude au laboratoire consiste à qualifier l'élément de canalisation à être utilisée au niveau du réseau d'assainissement sans mettre l'ouvrage en péril.

Sur le plan national, la norme pratiquée NFP 16-352 concerne les systèmes de canalisations en plastique polychlorure de vinyle non plastifié (PVC-U) pour les branchements et les collecteurs d'assainissement (tubes et raccords) enterrés sans pression.

La matière de base est constituée du PVC-U, à laquelle sont ajoutés les additifs nécessaires pour faciliter la production.

Conformément à la norme, la teneur en PVC doit être supérieure ou égale à 80% en masse pour les tubes et 85% en masse pour les raccords moulés par injection.

Dans l'état actuel, les tubes et raccords fabriqués à partir du poly chlorure de vinyle rigide non plastifié (PVC-U) sont de plus en plus utilisés au niveau des branchements et collecteurs d'assainissement sans pression :

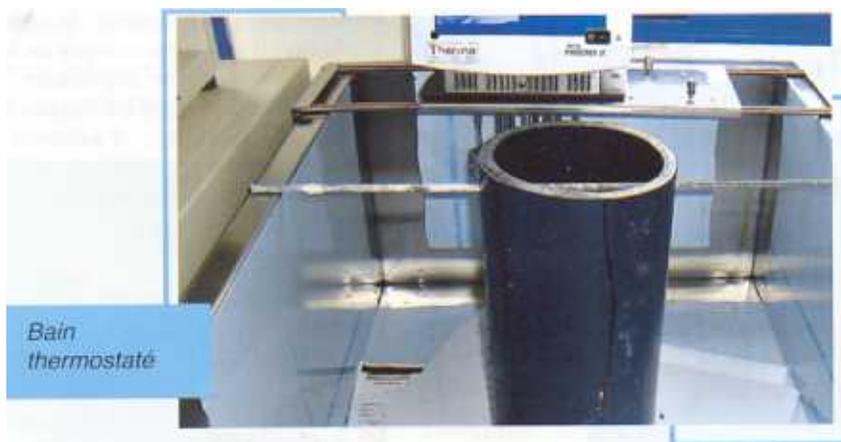
- à l'extérieur de la structure du bâtiment public,
- en enterré dans la structure du bâtiment.

Pour un gestionnaire du service d'assainissement, un élément de canalisation en PVC-U doit assurer sa fonction à laquelle il a été destiné et ce, dans les meilleures conditions possibles de qualité et d'étanchéité. Aussi, doit-il assurer une grande sécurité d'exploitation.

Un élément de canalisation doit être résistant aux contraintes du terrain et aux conditions d'exploitation. L'impact d'une fuite étant très important en terme financier et d'image auprès des clients. Il doit être étanche et fiable. Ceci est d'autant plus important qu'il est enterré et donc invisible.

Par sa qualité et sa composition chimique, l'élément de canalisation peut affecter d'une manière significative :

- le comportement mécanique,
- le comportement thermomécanique,
- la durabilité du réseau d'assainissement.



Bain thermostaté

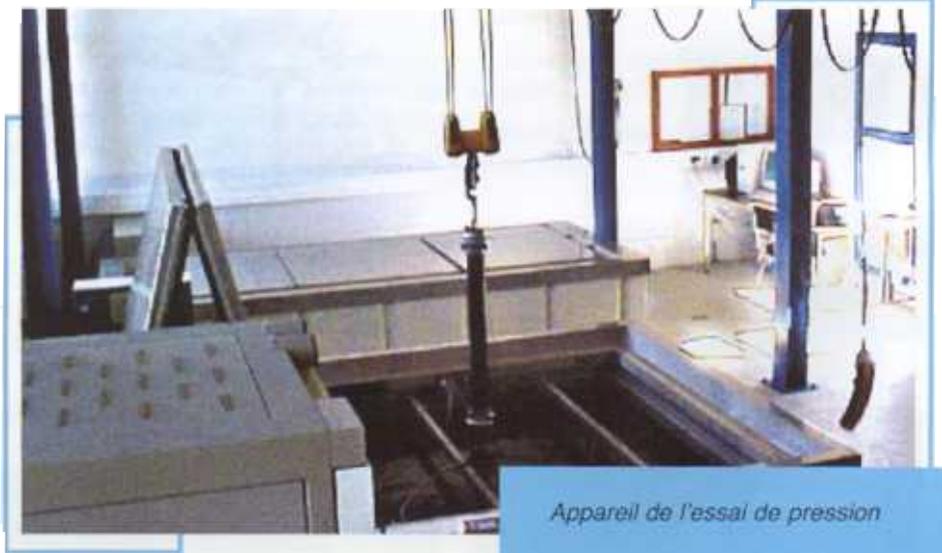


Bac chauffant pour essai de l'absorption d'eau

Les essais réalisés au laboratoire visent à déterminer :

- la vérification du marquage ( fabricant, symbole de la matière, les dimensions)

- Les caractéristiques générales des tubes et raccords ( série I et série II)
- Les caractéristiques dimensionnelles (diamètre, épaisseur, longueur)
- Les caractéristiques de la matière (température de ramollissement Vicat, masse volumique, absorption d'eau)
- Les caractéristiques mécaniques et thermo mécaniques (essai de retrait, essai de résistance à la pression interne, traction, ...)
- Les caractéristiques d'aptitude à l'emploi (essai d'étanchéité, résistance à la déformation, module de rigidité)



Appareil de l'essai de pression

Un élément de canalisation est réalisé pour servir longtemps dans des conditions de sécurité. L'utilisation d'un bon élément de canalisation seul reste insuffisante pour assurer la durabilité souhaitée, il faut tenir compte de tous les facteurs pouvant se répercuter sur la durabilité entre autres les bagues d'étanchéité et produits d'adhésifs pour collage sans pour autant oublier la correcte exécution des travaux, les conditions d'exploitation de l'ouvrage et l'entretien ultérieur.

La réussite des travaux de mise en œuvre concerne l'ensemble des intervenants dans l'acte de bâtir à savoir :

- Le maître d'ouvrage
- Les fournisseurs des produits
- Les bureaux d'études
- Le laboratoire



Appareil Charly Robot pour usinage des éprouvettes



Appareil de l'essai de traction

Appareil de déformation des tubes



Etuve ventilée

L'analyse de ce qui vient d'être relaté met en évidence les essais à réaliser et une bonne concertation entre les différents acteurs s'avère nécessaire pour élaborer des documents normatifs adaptés au contexte national.

# CONTRÔLE DES CONDUITES MÉTALLIQUES



Le contrôle des conduites métalliques porte sur :

- les raccordements des conduite âme – tôle des collecteurs
- les pièces spéciales métalliques de raccordement des collecteurs : coudes , té, by passe, ...
- les conduites métalliques de raccordement des équipements des stations de traitement (aspiration et refoulement)
- l'émissaire : conduites métalliques des rejets

## REFERENTIEL DE CONTRÔLE DE QUALITE DES CONDUITES METALLIQUES :

*Code de tuyauterie industriel Codeti 2001*

**Partie matériaux :** choix , conditions de Livraison, identification des produits à la livraison

**Partie fabrication et installation :** règles applicables aux matériaux ordinaires et inoxydables, assemblages soudés et qualification des modes opératoires de soudage

**Partie contrôle et inspection :** contrôle non destructif des assemblages soudés et essai hydraulique

**Identification des matériaux métalliques de fabrication**

*profilés et tôles métalliques selon la norme NF EN 10025*

### Essais destructifs

- Essais mécaniques : traction, pliage, résilience et dureté
- Analyse chimique
- Essais métallographiques : macrographie et micrographie des structures

### Assemblages soudés : Essais non destructifs

- Vérification de la soudabilité des aciers de construction: carbone équivalent  $C_{eq}$
- Établir des procédures de soudage et les qualifier par des essais destructifs NF EN ISO 15 614-1 (Février 2005)
- Qualification des opérateurs et soudeurs NF EN 287-1 (Juin 2004)

### Essais non destructifs :

- de surface
- de volume

Ces essais peuvent être effectués avant, au cours et en fin des travaux de soudage



### Contrôle de qualité de la protection contre la corrosion

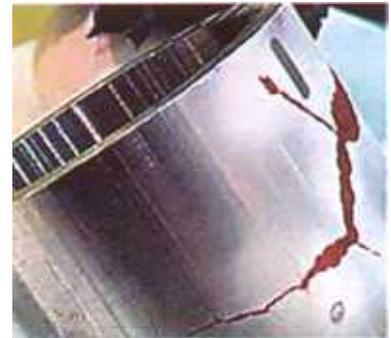
Galvanisation à chaud : norme NF EN ISO 1461 (NFA 91.121)

- essai de convenance au laboratoire sur échantillon :
  - Examen visuel
  - mesure de la masse de zinc par unité, de surface
  - Essai d'adhérence

### Contrôle de la continuité

- essais sur site
- Examen visuel
- mesure d'épaisseur par méthode magnétique
- Essai d'adhérence

### Contrôle de qualité de la protection contre la corrosion



### Revêtement plastique des émissaires :

NF EN 10280 : Tubes et raccords en acier pour canalisations enterrées et immergées. Revêtements externes double couches à base de polyéthylène extrudé à chaud.

La protection externe des conduites est assurée par un revêtement plastique de type polyéthylène PE extrudé à chaud

La continuité du revêtement plastique est effectuée par essai au balais électrique.

### Essai de continuité du revêtement plastique

#### Essai au balais électrique

L'essai consiste à rechercher les porosités du revêtement à l'aide d'une électrode exploratrice excitée par l'énergie d'un arc électrique à haute tension.

La porosité doit être détectée par une étincelle, qui se produit entre l'acier du tube et l'électrode à l'emplacement du défaut et qui s'accompagne d'un signal sonore et lumineux émis par l'instrument.

# LA PROTECTION CATHODIQUE DES CONDUITES ENTERREES

## PRINCIPE DE LA PROTECTION CATHODIQUE

La protection cathodique est le moyen le plus efficace permettant d'assurer une protection totale et permanente contre la corrosion des structures métalliques enterrées ou immergées.

En effet, cette protection consiste à abaisser et à maintenir le potentiel du métal, à un niveau suffisamment bas pour que la corrosion soit éliminée, et ceci sous l'effet d'un courant cathodique permanent.

Notons que pour les conduites en béton précontraint, les armatures métalliques sont en principe déjà protégées par le béton de recouvrement ; la protection cathodique n'est nécessaire que dans les zones très agressives et où ce béton ne serait pas assez efficace pour assurer cette protection.

### CRITERES D'AGRESSIVITE DES SOLS VIS A VIS DES DIFFERENTS TYPES DE CONDUITES : DELIMITATION DES TRONÇONS A PROTEGER

La nature du terrain constitue un élément très important dans la corrosion des canalisations enterrées. Cette dernière dépend en effet de plusieurs paramètres (nature du sol, hétérogénéité du terrain, humidité, teneur en chlorure, en sulfate, PH, matières organiques ...

Un certain nombre d'analyses chimiques permettent éventuellement la détermination des paramètres précités, et par suite de définir le degré d'agressivité du sol.

En pratique, il est difficile et très lourd de réaliser ces analyses le long de tout le tracé de la canalisation. De ce fait, on procède à la mesure d'une caractéristique essentielle qui tient compte de tous les constituants du sol à savoir la résistivité électrique. Les analyses chimiques restent nécessaires dans ces cas critiques pour affiner le diagnostic sur la corrosivité du terrain vis à vis de la nature de la canalisation enterrée.

Les critères de protection contre la corrosion dépendent également de la nature de l'ouvrage à protéger.

Pour l'acier nul, qui est l'élément le plus exposé à la corrosion, le seuil de protection est porté à 100 Ohms-mètres. Pour le béton précontraint qui est moins vulnérable à la corrosion que l'acier grâce à la couche protectrice du béton secondaire, le seuil de protection est généralement porté à 10 voir 5 Ohms-mètre selon la qualité et l'épaisseur du béton de recouvrement.

Notons que ces critères ne sont valables que pour un béton d'enrobage de qualité standard, caractérisé par une porosité comprise entre 12% et 18% et un recouvrement des armatures homogène et sans défaut de 30 mm.

Pour la fonte qui est considéré comme la moins vulnérable à la corrosion vue sa constitution chimique et la couche de protection classique qui est appliquée en usine, il est conseillé généralement de porter le seuil de protection à 5 Ohms-mètres.

Notons que dans l'impossibilité de mettre en place une protection cathodique, une solution consiste à remplacer le remblais au voisinage de la conduite avec une protection passive par manche en polyéthylène, peut être envisagée.

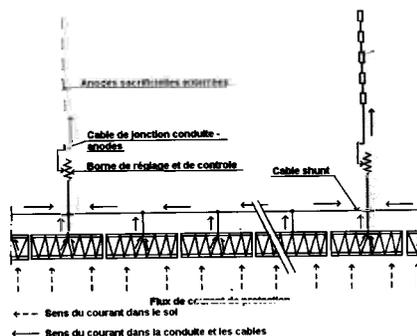
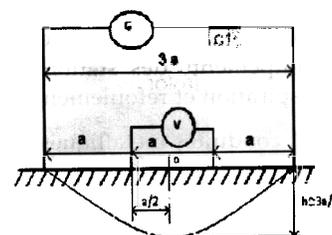
## PROTECTION CATHODIQUE DES TUYAUX EN BETON PRECONTRAIT

### Première Etape :

#### Etude d'agressivité des sols :

#### Mesures électriques

- Analyses chimique sur des échantillons des sols
- Délimitation des zones critiques



### Deuxième Etape :

#### Dimensionnement des installations de protection cathodique :

- Choix du système de protection à adopter
- Anodes sacrificielles
- Courant imposé
- Notes de calcul ( $2\text{mA/m}$  d'acier)

### Troisième Etape :

#### Suivi et contrôle de réalisation de la protection cathodique

- Contrôle de pose du câble shunt



- Contrôle de pose des anodes

- Contrôles des équipements des postes anodiques



## Convention LPEE-LNM/TUBITAK-UME



Le 10 Avril 2007 le LPEE/LNM a signé à Gebze en Turquie une convention de coopération avec l'Institut National de Métrologie de Turquie (TUBITAK-UME) se rapportant à la métrologie et notamment :

- Développer la coopération mutuelle dans le domaine de la métrologie et les activités se rapportant à l'élaboration des règlements techniques, de la normalisation et l'évaluation de la conformité.
- Echanger les informations dans la préparation et l'élaboration des règlements nationaux
- Coopérer dans l'organisation des conférences, séminaires et ateliers relatifs à la métrologie

- Organisation et réalisation des comparaisons inter-laboratoires dans les différents domaines métrologiques entre les deux laboratoires ou avec d'autres organismes internationaux ...



## Assemblée Générale constituante pour AFRIMET

Après avoir réuni en Mars 2006 tous les représentants des différentes organisations sous régionales africaines de métrologie en Afrique du sud dont le réseau maghrébin MAGMET pour assoire les assises de développement interafricain en matière de

développement, le protocole d'accord (Mou) d'AFRIMET est maintenant fin prêt et l'assemblée générale constituante d'AFRIMET est prévue du 04 au 06 Juillet 2007 à Midrand en Afrique du Sud.

## Conférence Mondiale de Métrologie

La Journée Mondiale de Métrologie est célébrée chaque année par le Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) pour commémorer la signature de la convention du mètre le 20 Mai 1875 à Paris. A cette occasion et pour cette année le LNM/LPEE, L'Institut National de Métrologie Allemand (PTB) et REME-Maroc organisent le 21 Mai 2007, sous l'égide du Ministère de l'Industrie du Commerce et de la Mise à Niveau de l'Economie, dans le cadre du projet régional de **"Coopération Maghrébine en Infrastructure Qualité"** un séminaire intitulé "La coopération Maghrébine en Métrologie".

L'occasion durant cette manifestation est de présenter le développement de la métrologie dans chacun des trois pays maghrébins : Algérie, Maroc et Tunisie et de présenter l'organisation maghrébine de métrologie MAGMET et de s'enrichir de l'expérience Turque en matière de métrologie avec la communication de l'Institut National de Métrologie Turque (TUBITAK-UME).

**CMTC**  
**Centre des Matériaux et Techniques de Construction**  
*Bétons, Bâtiments, Matériaux, Produits préfabriqués*  
**Tél. : 022 54 75 62 - 022 54 75 58 - Fax : 022 54 75 85**

**Siège social : LPEE, 25 Rue d'Azilal, BP 13389 Casablanca 20 000 Maroc**  
**Tél. : 022 54 75 00 à 99 (LG) - Fax : 022 30 15 50**

## ABORATOIRES A CASABLANCA

**Route d'El Jadida Km 7, BP 8066, Lignes groupées standard : 022 48 87 87 / 022 48 87 00**

### CSTC

**Centre Scientifique et Technique  
des Constructions**  
*Structures-Ouvrages d'art*  
**Tél. : 022 48 87 30**  
**Fax : 022 25 06 44**

### CERIT

**Centre d'Etudes et de Recherches  
des Infrastructures de Transport**  
*Routes - Autoroutes - Voies ferrées*  
**Tél. : 022 48 87 12**  
**Fax : 022 23 19 54**

### CEGT

**Centre Expérimental des Grands Travaux**  
*Contrôle Qualité des Grands Travaux*  
**Tél. : 022 48 87 25**  
**Fax : 022 48 87 06**

### CES

**Centre Expérimental des Sols**  
*Géotechnique - Sols - Fondation*  
*Géologie - Géophysique*  
**Tél. : 022 48 87 49**  
**Fax : 022 23 41 88**

### CEEE

**Centre d'Essais et d'Etudes Electriques**  
*Electricité -Energie*  
**Tél. : 022 48 87 70**  
**Fax : 022 23 42 14**

### LNM

**Laboratoire National de Métrologie**  
*Métrologie-Etalonnage*  
**Tél. : 022 48 87 27 / 28**  
**Fax : 022 98 25 72**

### CEH

**Centre Expérimental de l'Hydraulique**  
*Etudes - Modélisations*  
**Tél. : 022 48 87 62 / 67**  
**Fax : 022 23 43 04**

### CEMGI

**Centre Expérimental des Matériaux  
et du Génie Industriel**  
*Génie industriel - Sécurité*  
**Tél. : 022 48 87 04/03**  
**Fax : 022 25 03 61**

### DQ

**Direction de la Qualité**  
**Tél. : 022 48 87 21**  
**Fax : 022 25 06 89**

**Croisement Routes Nationales 106 et 107 B.P 61 -Tit Mellil**

### CEREP

**Centre d'Etudes et de Recherches sur  
l'Environnement et la Pollution**  
*Eau-Air-Dechets Solides-Etudes d'impact-Audits*  
**Tél. : 022 69 90 10**  
**Fax : 022 69 90 34**

### CEMGI

**Centre Expérimental de Matériaux  
et du Génie Industriel - Institut National  
de l'Emballage et du Conditionnement**  
*Physico-Chimie-des Matériaux-Emballage et Conditionnement*  
**Tél. : 022 69 90 20 - Fax : 022 51 06 29**

## LABORATOIRES REGIONAUX

### OUJDA

Bd Mohamed V N°146 Zi B.P 427  
**Tél. : 036 68 39 45**  
**Fax : 036 68 19 95**

### NADOR

170, Rue khalid bnou loualid B.P. 131  
**Tél. : 036 60 45 37**  
**Fax : 036 33 02 90**

### AL HOUCHEIMA

Quartier calabonita lot Cherrate N°146  
**Tél. : 039 98 53 17**  
**Fax : 039 98 53 18**

### TANGER

Km7, Route de Rabat BP 1006  
**Tél. : 039 38 07 66**  
**Fax : 039 38 07 65**

### LARACHE

Rue el menzeh  
**Tél. : 039 91 22 11 / 039 91 01 08**  
**Fax : 039 91 51 29**

### TETOUAN

Zone Industrielle BP 6015  
**Tél. : 039 97 96 67 / 68**  
**Fax : 039 98 80 21**

### FES

Quartier de la pépinière  
dokkaat  
BP 2407 - Fés principal  
**Tél. : 035 65 44 63**  
**Fax : 035 65 49 61**

### TAZA

Route d'oujda  
**Tél. : 035 67 21 84**  
**Fax : 035 21 14 79**

### MEKNES

BD saadyine QI  
BP 5041 AL Bassatine  
**Tél. : 035 50 23 97 / 035 50 36 41**  
**Fax : 035 50 24 88**

### KENITRA

Lot 58 Bir Rami Est Q.I. kénitra  
**Tél. : 037 37 85 14 / 92 / 037 36 23 39**  
**Fax : 037 37 84 95**

### RABAT

Avenue John Kennedy  
Lotissement Laoufir BP 1479  
**Tél. : 037 63 06 41 / 42**  
**Fax : 037 63 06 43**

### MARRAKECH

Hay Al Massira I Lot 675 B et 681B-BP4732  
**Tél. : 024 34 63 22 / 024 34 59 55 à 56**  
**Fax : 024 34 62 54**

### OUARZAZATE

Quartier Industriel N°6  
**Tél. : 024 88 51 81 40**  
**Fax : 024 88 51 40**

### SAFI

Résidence Niass Rue Taib Ben  
Hima - plateau  
**Tél. : 024 62 00 12 - Fax : 024 62 65 23**

### BENI MELLAL

ROUTE de Tadla BP 136  
**Tél. : 023 48 28 46**  
**Fax : 023 48 49 02**

### EL JADIDA

Lot 206 Zone Industrielle  
**Tél. : 023 37 38 82**  
**Fax : 023 35 39 12**

### AGADIR

Rue 18 Novembre  
Q.I. B.P 3136  
**Tél. : 028 82 05 22 / 028 82 46 88**  
**Fax : 028 82 51 52**

### LAAYOUNE

Parc des travaux Public  
BP 353  
**Tél. : 028 89 48 33**  
**Fax : 028 89 11 06**