

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
التعليم

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Mémoire de Master

Présenté à l'Université de Guelma

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de : Génie Civil & Hydraulique

Spécialité : Génie Civil

Option : Géotechnique

Présenté par : Chaouche Mehdi & Zerfa Ahmed

**Thème : REALISATION DES TRANCHEES EN ALGERIE : ASPECTS
REGLEMENTAIRES ET REALITE DU TERRAIN**

Sous la direction de : Dr. Bouteldja Fathe

Mai 2013

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

RESUME

Les tranchées dans le domaine public routier constituent une atteinte à l'intégrité et à la durabilité de la chaussée dont la fonction première est de permettre le déplacement de l'usager. La réalisation de ces tranchées en Algérie se fait de manière anarchique, artisanale et sans contrôle de la part des autorités locales. La présence de tranchées sur nos routes est devenu un problème de société qui agasse tous les usagers de la route surtout en zone urbaine.

L'objectif de ce PFE est d'étudier ce phénomène en Algérie en faisant le point sur la réglementation Algérienne afin de préciser les responsabilités de chaque partie intervenantes dans la réalisation des tranchées. L'évaluation de l'ampleur de ce phénomène a été montée à travers une étude statistique. Nous espérons à travers ce PFE de sensibiliser les différentes parties concernées, du danger de ce phénomène en diffusant le savoir faire de réalisation des tranchées selon les règles de l'art.

يشكل وجود الحضرية حقيقة تهدد سلامة الطريق و مستخدميها، حيث يتم إنجاز هذه الخنادق بطرق فوضوية وبدائية وفي غالب الأحيان من دون مراقبة السلطات المعنية.

الهدف من العمل المنجز في هذه المذكرة هو دراسة هذه الظاهرة في الجزائر من الجانب القانوني والتقني من أجل تحديد مسؤولية كل طرف يتدخل في إنجازها .
ة إحصائية لإظهار حجم إنتشار هذه الظاهرة على طرقنا متمنين أن يسمح هذا العمل بتوعية المصالح المعنية بالخطر المحدق بطرقاتنا، من خلال نشر المعرفة المتعلقة بإنجاز القواعد الفنية المعتمدة.

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|-----------|
| RESUME | 3 |
| | 3 |
| TABLE DES MATIERES..... | 4 |
| LISTE DES FIGURES | 6 |
| LISTE DES TABLEAUX..... | 7 |
| INTRODUCTION GENERALE..... | 1 |
| CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES TRANCHEES..... | 3 |
| 1. DEFINITION..... | 3 |
| 2. DEMARCHE ADMINISTRATIVE PREALABLE (CONTEXTE FRANÇAIS)..... | 4 |
| 2.1. Différents intervenants..... | 4 |
| 2.2. Procédure..... | 5 |
| 3. OUVERTURE DE LA TRANCHEE..... | 6 |
| 3.1. Matériels utilisés..... | 6 |
| 3.2. Méthodologie..... | 6 |
| 4. REMBLAYAGE ET COMPACTAGE DE LA TRANCHEE..... | 7 |
| 4.1. Les effets d'une mauvaise mise en œuvre..... | 7 |
| 4.2. Objectifs de densification..... | 8 |
| 4.3. Matériaux utilisables pour le remblayage des tranchées..... | 10 |
| 4.4. Matériels utilisés..... | 14 |
| 4.5. Modalités de compactage | 15 |
| 5. CONTROLE DE COMPACTAGE DES TRANCHEES | 17 |
| 5.1. Outils de contrôle..... | 17 |
| 5.2. Critères d'acceptation d'une tranchée | 19 |
| 6. REFECTION DE LA CHAUSSEE SUR TRANCHEES | 22 |
| 6.3. Les techniques de réfection de la couche de surface | 22 |
| CHAPITRE II : REALISATION DES TRANCHEES EN ALGERIE..... | 24 |
| 1. INTRODUCTION | 24 |
| 2. ASPECTS REGLEMENTAIRES..... | 24 |
| 2.1. Arrêté interministériel de 1984 | 24 |
| 2.2. Décret exécutif de 2004..... | 25 |
| 2.3. Conclusion | 28 |

| | |
|--|-----------|
| 3. ASPECTS TECHNIQUES | 28 |
| 3.1. Ouverture des tranchées..... | 28 |
| 3.2. Mesure de précaution | 28 |
| 3.3. Profondeur des tuyaux | 29 |
| 3.4. Remblais des tranchées..... | 29 |
| 3.5. Conclusion | 29 |
| 4. REALITE DU TERRAIN | 29 |
| 4.1. Dossier de permission de voirie..... | 29 |
| 4.2. Réalisation des tranchées sur terrain | 32 |
| 5. CONCLUSION | 39 |
| CHAPITRE III : ETUDE STATIQUE SUR LES TRANCHEES..... | 39 |
| 1. INTRUCTION | 39 |
| 2. POTENTIEL DES ROUTES AFFECTEES PAR CE PHENOMENE | 39 |
| 2.1. Emplacement des tranchées et leur nombre | 39 |
| 2.2. Classification des tranchées existantes | 41 |
| 3. CONCLUSION | 44 |
| CONCLUSION GENERALE | 45 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES | 46 |
| ANNEXES | 47 |
| 1. MATERIAUX UTILSABLES POUR LE REMPLAYAGE DES TRANCHEES..... | 48 |
| 2. TABLEAUX DE COMPACTAGE DES COUCHES DE REMBLAI | 50 |
| 3. TABLEAUX DE COMPACTAGE DES COUCHES DE ROULEMENT | 54 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Différents emplacements des tranchées | 3 |
| Figure 2 : Conditions à respectées pour les tranchées | 3 |
| Figure 3 : Différents éléments d'une tranchée sous chaussée | 4 |
| Figure 4 : Détail de la zone d'enrobage de la canalisation | 4 |
| Figure 5 : Objectifs de densification sous chaussées | 8 |
| Figure 6 : Variation de la masse volumique sèche sur la hauteur de la couche compactée | 9 |
| Figure 7 : Synoptique de la classification des matériaux selon leur nature (GTR) 11 | |
| Figure 8 : Photos de petits compacteurs vibrants | 14 |
| Figure 9 : Photo d'une plaque vibrante | 15 |
| Figure 10 : Photo d'une pilonneuses | 15 |
| Figure 11 : Principe et photo du pénétromètre PANDA | 18 |
| Figure 12 : Résultat sans anomalie | 19 |
| Figure 13 : Résultat avec anomalie de type 1 | 20 |
| Figure 14 : Résultat avec anomalie de type 2 | 20 |
| Figure 15 : Résultat avec anomalie de type 3 | 21 |
| Figure 16 : Résultat avec anomalie de type 4 | 21 |
| Figure 17 : Mode opératoire de l'analyse granulométrique par tamisage | 34 |
| Figure 18 : Courbes granulométrique des deux sols | 35 |
| Figure 19 : Photo du matériel utilisé pour l'essai équivalent de sable | 36 |
| Figure 20 : Emplacements des tranchées sur la carte (Guelma) | 40 |
| Figure 21 : Classification selon la configuration | 41 |
| Figure 22 : Classification selon la longueur des tranchées | 41 |
| Figure 23 : Classification selon la largeur des tranchées | 42 |
| Figure 24 : Classification selon la nature de la couche de surface | 43 |
| Figure 25 : Classement selon la santé des tranchées revêtues | 44 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Difficultés de compactage de quelques matériaux..... | 13 |
| Tableau 2 : Estimation de la réexcavation des matériaux autocompactants | 14 |
| Tableau 3 : Exemple de tableau de compactage | 16 |
| Tableau 4 : Exemple de compactage de qualité q4..... | 16 |
| Tableau 5 : Classes de trafics..... | 22 |
| Tableau 6 : Réfection des couches de roulement..... | 23 |
| Tableau 7 : Analyse granulométrique par tamisage | 35 |
| Tableau 8 : Quelques caractéristiques physiques des sols testés..... | 35 |
| Tableau 9 : Résultats des essais équivalent de sable..... | 37 |
| Tableau 10 : Modalités de compactage du sol 1 | 38 |
| Tableau 11 : Modalités de compactage du sol 2 | 38 |
| Tableau 12 : Nombre de tranchées..... | 39 |

Introduction

INTRODUCTION GENERALE

Les tranchées dans le domaine public routier constituent une atteinte à l'intégrité et à la durabilité de la chaussée dont la fonction première est de permettre le déplacement de l'utilisateur. La réalisation de ces tranchées en Algérie se fait de manière anarchique, artisanale et sans contrôle de la part des autorités locales. La présence de tranchées sur nos routes est devenu un problème de société qui aggrave tous les usagers de la route surtout en zone urbaine.

Il existe des guides techniques qui précisent la méthodologie qui doit être mise en œuvre en vue d'assurer un remblayage et une réparation de chaussée corrects afin de minimiser les effets nocifs de la tranchée sur la chaussée. Parmi ces effets on peut citer :

- détérioration du réseau routier en agglomération et hors agglomération (RN, CW, CC) ce qui engendre des encombrements dû aux ralentissements des véhicules au droit des tranchées altérées.
- les pertes matérielles et humaines dû aux dommages causés aux véhicules (suspensions, accidents).
- détérioration des réseaux divers (gaz, assainissement, eau,...) dû aux tassements des sols et aux charges routières qui se transmettent directement aux conduites. Cela conduit à des pertes économiques considérables (fuites d'eau,...), l'atteinte au confort et à la sécurité des personnes (fuite de gaz, d'assainissement,...).

L'objectif de ce PFE sera donc de :

- étudier ce phénomène en Algérie,
- évaluer l'ampleur de ce phénomène,
- préciser les responsabilités de chaque partie intervenantes dans la réalisation des tranchées,
- sensibiliser les différentes parties concernées du danger de ce phénomène,
- diffuser le savoir faire de réalisation des tranchées selon les règles de l'art afin de sensibiliser les équipes techniques qui interviennent sur terrain.

La démarche à suivre pour atteindre ces objectifs consiste à :

- faire une synthèse des règles de l'art de réalisation des tranchées,
- éclairer les choses sur l'état de la réglementation Algérienne en matière de réalisation de tranchées,
- faire une étude statistique sur le nombre de tranchées ouvertes et le nombre de routes affectées dans la ville de Guelma en faisant une classification de ces tranchées en fonction de leurs taille (largeur,

longueur) et configuration (parallèle ou perpendiculaire à la l'axe de la route, couvert ou non par un revêtement ...),

- réaliser une étude expérimentale de caractérisation des matériaux utilisés dans les tranchées.

Enfin, ce projet peut aboutir à la création d'une petite entreprise pilotée par des jeunes fraîchement diplômés pour réparer les chaussées des routes et des autoroutes.

Chapitre I

CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES TRANCHEES

1. DEFINITION

Les tranchées de faible longueur sont des tranchées de largeur variant de **0,15 m à 1 m** environ et de profondeur ≤ 2 m. Elles peuvent être placées sous espaces verts, sous accotements, sous trottoirs ou sous chaussées (figure 1).

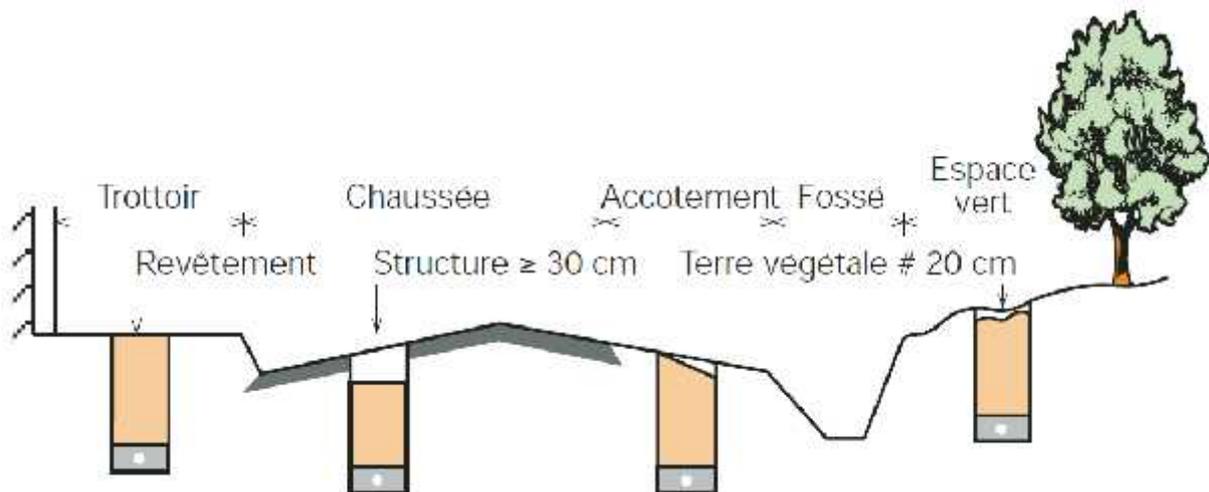


Figure 1 : Différents emplacements des tranchées

L'implantation des tranchées doit respectée certaines conditions à savoir :

- distance d'au moins de 2 m des arbres (exceptionnellement 1,50 m),
- distance d'au moins de 1 m des végétaux,
- distance d'au mois 0,30 m des constructions pour ne pas les déstabiliser.

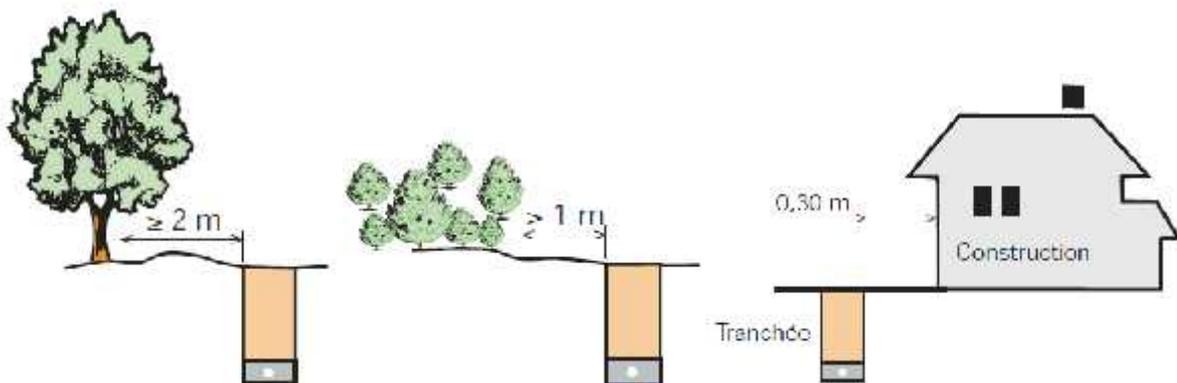


Figure 2 : Conditions à respectées pour les tranchées

La tranchée de faible longueur **sous chaussée** se présente de la manière suivant (figure 3) :

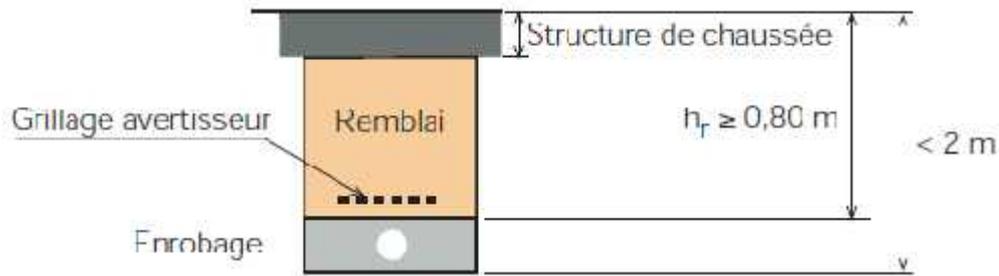


Figure 3 : Différents éléments d'une tranchée sous chaussée

La hauteur « h_r » est appelée hauteur de recouvrement.

Le détail de la zone d'enrobage de la canalisation est présenté dans la figure 4 ci-dessous :

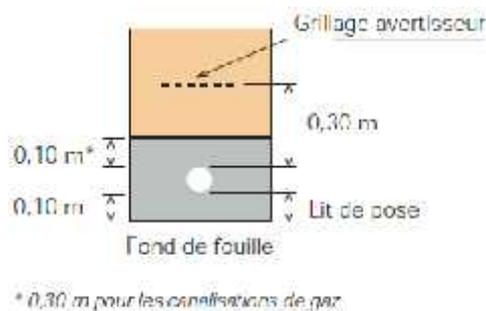


Figure 4 : Détail de la zone d'enrobage de la canalisation

2. DEMARCHE ADMINISTRATIVE PREALABLE (CONTEXTE FRANÇAIS)

Nous avons choisie dans ce mémoire d'exposer le contexte administratif Français comme modèle pour montrer l'importance de la démarche préalable aux travaux de réalisation des tranchées. Cette démarche est dans certain négligée dans notre pays (Algérie) où on peut intervenir sur la chaussée sans contrôle ni surveillance.

2.1. DIFFERENTS INTERVENANTS

- **Le gestionnaire de la voie** (Etat, Département, Commune)

Fixe au maître d'ouvrage des travaux et à son maître d'œuvre ses objectifs pour la sauvegarde de son patrimoine, par des prescriptions techniques.

- **Le maître d'ouvrage des travaux** (affectataire Permissionnaire, concessionnaire ou occupant de droit)

Transmettent au maître d'œuvre les prescriptions

- **Le maître d'œuvre**

Établit la commande à l'entreprise en y incluant les prescriptions transmises par le gestionnaire de la voie.

- **L'entreprise**

Offre ses services et précise ses procédures de travaux.

2.2. PROCEDURE

a) Envoi de la déclaration d'intention de commencement de travail

L'entreprise chargée de l'exécution des travaux envoie une déclaration d'intention de commencement de travaux (DICT) à chaque concessionnaire d'ouvrage concerné par les travaux. Cette déclaration est un formulaire destiné à informer les concessionnaires de l'exécution effective des travaux à proximité de leurs ouvrages. Cette déclaration doit être reçue par les concessionnaires respectifs 10 jours au moins avant la date de début des travaux. Chaque concessionnaire est tenu de répondre, au moyen d'un récépissé, à l'exécutant des travaux au plus tard 9 jours après la date de réception de la déclaration.

Cette déclaration est obligatoire pour des raisons de sécurité et pour faciliter les recherches en cas de dommage. Elle incombe à l'entreprise titulaire du marché.

b) Demande d'arrêté de circulation ou d'arrêté de travaux

Pour réaliser une tranchée sur la voie publique, il est généralement nécessaire de mettre en place des restrictions à la libre circulation. La prise de décisions des restrictions est du ressort exclusif de l'administration.

Sur la base d'une demande d'arrêté de circulation ou d'une déclaration de travaux, le gestionnaire de voirie se chargera d'établir un arrêté de circulation ou un arrêté de travaux précisant les dates de début et de fin de travaux et les modalités. La demande d'arrêté de circulation ou de travaux est faite par le responsable du chantier (l'entrepreneur).

c) Autorisation de travaux

L'autorisation de travaux est temporaire, donc nécessairement limitée dans le temps par une date de début de travaux et une durée. Si la durée autorisée ne suffit pas, il y a lieu de demander une prorogation. Cette autorisation de travaux est une sorte de permis de stationnement avec un certain transfert de responsabilité qu'il y a lieu de bien délimiter dans le temps. Si cette autorisation de travaux n'est pas liée à l'autorisation de voirie, elle doit être demandée.

d) Plan de prévention - la coordination sécurité

Le plan de prévention est rédigé par le maître d'ouvrage, informe des risques liés à l'environnement du chantier.

Il y a obligation pour le maître d'ouvrage de nommer un responsable de la coordination sécurité sur un chantier où au moins 2 entreprises travaillent simultanément ou successivement. Il est chargé de coordonner, c'est-à-dire de mettre en cohérence l'ensemble des différentes mesures de sécurité prises par chacune des entreprises présentes sur le chantier et par le maître d'œuvre.

3. OUVERTURE DE LA TRANCHEE

3.1. MATERIELS UTILISES

L'ouverture de la tranchée sous chaussée comporte principalement deux opérations à savoir : le découpage du revêtement et le démontage de structures de chaussée par creusement.

Le choix du matériel de découpage se fait en fonction notamment de la composition de l'assise de la chaussée, du linéaire de la tranchée et de l'encombrement hors sol. Les matériels couramment utilisés pour le découpage sont :

- le marteau pneumatique manuel ou autotracté,
- la scie à sol ou scie diamantée,
- la trancheuse, la fraiseuse (ou raboteuse) ou la découpeuse.

Concernant le démontage de la structure de chaussée, il faut choisir un matériel en fonction des matériaux à excaver. Les matériels destinés au creusement de la tranchée sont :

- les trancheuses à roue,
- les trancheuses à chaîne et les pelles hydrauliques

3.2. METHODOLOGIE

La réalisation d'une tranchée nécessite de procéder chronologiquement aux phases d'exécutions suivantes :

- Ouverture de la tranchée avec stockage des matériaux réemployés et évacuation des matériaux non réutilisés (extraction sélective). Dans le cas des tranchées étroites, il est nécessaire de prévoir une banquette de 0,40 m minimum de largeur entre la tranchée et le stockage pour assurer la

circulation du personnel et éviter la chute des matériaux dans la tranchée. Il est nécessaire d'ouvrir une longueur de tranchée ne dépassant pas la longueur journalière de pose, ceci pour des raisons de sécurité des usagers et de pérennité du domaine de la route.

- Si la nature du terrain pose des problèmes de stabilité, il est nécessaire d'envisager l'utilisation de blindages pour des tranchées de profondeur même inférieure à 1,30 m.
- Evacuation de l'eau si présence de nappe.
- Compactage du fond de la tranchée par 2 passes d'un compacteur permettant d'assurer la stabilité du fond de tranchée.
- Exécution du lit de pose des canalisations, conduits ou câbles. Suivant les réseaux, le lit de pose, dont l'épaisseur est d'environ 0,10 m, peut être en sable ou en béton.
- Déroulage, pose des câbles et canalisations.
- Enrobage ou protection de canalisations (sable, béton). L'enrobage doit être réalisé avec des matériaux non susceptibles d'être entraînés hydrauliquement. Il est nécessaire de s'assurer que les matériaux enveloppent bien tout le réseau afin de ne pas laisser de cavité. L'épaisseur de sable sur les câbles ou canalisations est de 0,30 m (pour le gaz) et de 0,10 m pour les autres réseaux.
- Déroulage du grillage avertisseur : il est placé à 0,30 m pour tous les réseaux, au-dessus des câbles ou canalisations et doit être pour :
 - l'eau potable : bleu
 - le téléphone : vert
 - le gaz : jaune
 - l'électricité : rouge
 - les eaux usées : marron

4. REMBLAYAGE ET COMPACTAGE DE LA TRANCHEE

4.1. LES EFFETS D'UNE MAUVAISE MISE EN ŒUVRE

Des sols ou des matériaux mal mis en place dans une tranchée engendrent des **faiblesses mécaniques** dans la chaussée qui accélère les phénomènes complexes de dégradation, pouvant conduire à la **destruction** de la chaussée si aucune mesure de réparation n'est prise rapidement.

En début d'évolution, ces préjudices apparaissent sous forme notamment :

- de tassements des matériaux de la tranchée qui conduisent à des affaissements en surface accompagnés de stagnations d'eau,
- d'altérations de la chaussée au droit de la tranchée,
- de fissures parallèles à la tranchée.

L'apparition de déformations dans les profils en travers et en long dégradent la sécurité et le confort de l'utilisateur. Seul un bon niveau de qualité de remblayage peut minimiser ces effets néfastes.

4.2. OBJECTIFS DE DENSIFICATION

Les objectifs de densification des matériaux sont fonction du rôle de la couche compactée. Quatre objectifs de densification sont utilisés pour les tranchées sous chaussée :

- L'objectif q2 qui est défini dans la norme NF P 98-115.
- Les objectifs q3, q4 et q5 qui sont définis dans la norme NF P 98-331.

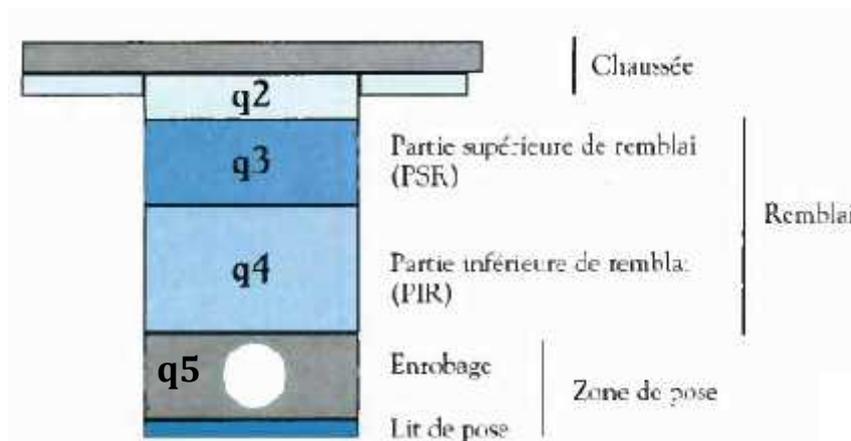


Figure 5 : Objectifs de densification sous chaussées

Pour une couche donnée, il convient de respecter deux critères :

- la valeur minimale de masse volumique moyenne (ρ_{dm}),
- la valeur minimale de masse volumique en fond de couche (ρ_{dfc}), cette valeur est par définition celle existant à la cote 4 cm au dessus de l'interface avec la couche sous-jacente, mesurée sur une tranche de 8 cm d'épaisseur (figure ci-dessous).

On distingue par ordre d'exigence décroissante, les objectifs de densification ci-après, qui ont servi de base à l'élaboration des tableaux de compactage qui seront présentés un peu plus bas dans ce mémoire :

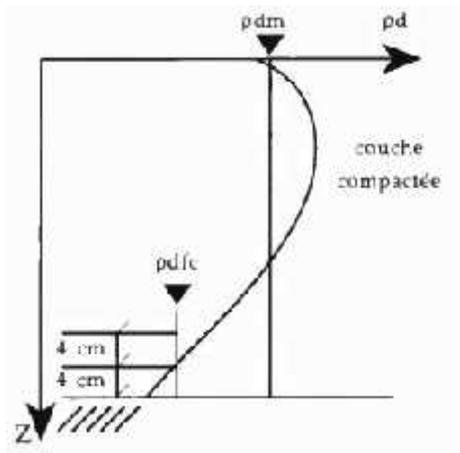


Figure 6 : Variation de la masse volumique sèche sur la hauteur de la couche compactée

a) Objectif de densification q2 :

Il s'applique aux couches d'assises de chaussées :

$$\dots dm = 97 \% \dots OPM \quad ; \quad \dots dfc = 95 \% \dots OPM$$

ρ_{OPN} (Optimum Proctor Normal) et ρ_{OPM} (Optimum Proctor Modifié) sont des masses volumiques de références réalisées en laboratoire pour un type de matériau donné.

b) objectif de densification q3 :

Il s'applique aux parties supérieures de remblai subissant des sollicitations dues à l'action du trafic et à la couche sous la surface dans les cas sans charges lourdes :

$$\dots dm = 98,5 \% \dots dOPN \quad ; \quad \dots dfc = 96 \% \dots dOPN$$

c) Objectif de densification q4 :

Il s'applique aux parties inférieures de remblai et aux parties supérieures de remblai non sollicitées par des charges lourdes, ainsi qu'à la zone d'enrobage (sauf stipulations particulières contraires).

$$\dots dm = 95 \% \dots dOPN \quad ; \quad \dots dfc = 92 \% \dots dOPN$$

d) Objectif de densification q5 :

Il s'applique pour la zone d'enrobage des réseaux dont la hauteur de recouvrement est supérieure ou égale à 1,30 m :

$$\rho_{dm} = 90\% \rho_{dOPN} \quad ; \quad \rho_{dfc} = 87\% \rho_{dOPN}$$

4.3. MATERIAUX UTILISABLES POUR LE REMBLAYAGE DES TRANCHEES

Le remblayage de la tranchée peut être exécuté :

- Avec des sols naturels extraits de la tranchée ou à partir de déblais du même chantier,
- Avec des sous-produits industriels,
- Avec des matériaux plus ou moins élaborés, fournis par un producteur de matériaux,
- Matériaux autocompactants.

La dimension granulométrique maximale D_{max} des matériaux utilisables en tranchées est définie dans la norme NF P 98-331. Le D_{max} doit être tel que :

- dans la zone de remblai proprement dit, comprenant la Partie Inférieure de Remblai (PIR) et la Partie Supérieure de Remblai (PSR) :
 - $D_{max} < 1/10$ de la largeur de tranchée,
 - $D_{max} < 1/5$ de l'épaisseur de couche compactée.
- dans la zone d'enrobage :
 - $D_{max} \leq 22$ mm pour une canalisation $\emptyset \leq 200$ mm,
 - $D_{max} \leq 40$ mm pour une canalisation $\emptyset \geq 200$ mm.

4.3.1. Sols naturels et sous-produits industriels

Ces matériaux sont désignés conformément à l'appellation de la classification de la norme NF P 11-300 et du Guide des Terrassements routiers (figure 7). Ils doivent par ailleurs satisfaire les conditions suivantes :

- les matériaux gélifs, lors de travaux sous chaussées sont à exclure lorsque la protection au gel apportée par les matériaux de chaussée n'est pas suffisante,
- les sous-produits industriels ne seront utilisés qu'après une étude particulière ayant démontré leur non nocivité vis-à-vis de l'environnement et du réseau concerné.

Remarques :

Certains matériaux dont l'utilisation est autorisée en remblai de grande masse dans le GTR ne sont pas acceptés pour le remblayage des tranchées car ils entraînent des risques de désordres élevés du fait de leur difficulté à être compactés efficacement, ou du fait d'une possibilité de dissolution (sols cohérents sec voire moyen, matériaux issus de roches argileuses et salines ...).

Les coefficients de foisonnement à prendre en compte pour déterminer l'épaisseur de matériau à régaler avant compactage varient pour les sols les plus couramment rencontrés de 1,1 à 1,3.

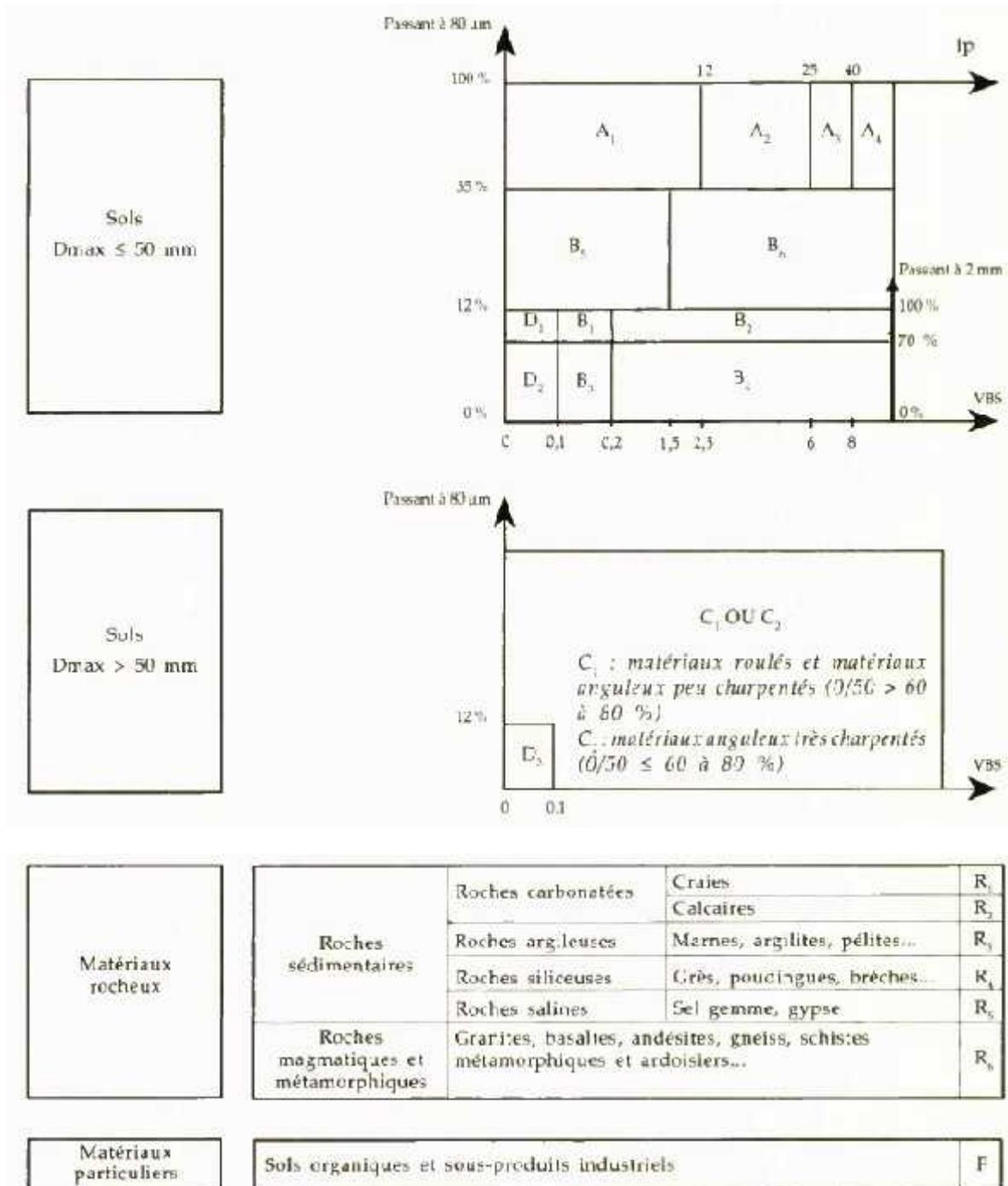


Figure 7 : Synthétique de la classification des matériaux selon leur nature (GTR)

4.3.2. Matériaux élaborés

Ce sont des matériaux à granulométrie discontinue (d/D) élaborés principalement en carrière par criblage. Le terme d/D désigne les dimensions minimales et maximales en mm des granulats qui composent le matériau (par exemple : 5/15). Ces matériaux, ne comportant pas de fines, sont utilisés en cas de présence de nappe phréatique (permanente ou temporaire), uniquement en zone d'enrobage. Ils s'écoulent facilement autour de la conduite. Les granulats de matériaux évolutifs (friables, dégradables à l'eau) sont proscrits. Ces matériaux sont très difficilement compactables. Leur mise en place est obtenue simplement par un serrage mécanique des grains, à l'aide par exemple de 2 passes de plaque vibrante légère.

Ces matériaux élaborés sont classés selon leur **difficulté de compactage (DC_i)** qui est fonction essentiellement des frottements qu'engendre la forme de leurs granulats. En revanche, les matériaux peu élaborés, tels que des graves naturelles criblées, divers sous-produits de matériaux normalisés..., sont plus difficiles à classer. On s'appuiera sur les difficultés de compactage mais de plus, on se recalera avec la classification des sols (en recherchant par exemple l'importance des fines nocives) afin de déterminer si ces matériaux sont effectivement utilisables.

Il existe trois niveaux de difficultés de compactage : DC1, DC2, DC3 (ordre croissant). Ces difficultés dépendent de l'indice de concassage (IC) d'un matériau donné :

- les matériaux DC1 ont un faible indice de concassage, les grains se mettent facilement en place pour un niveau d'énergie de compactage donné.
- les matériaux DC2 ont un indice de concassage moyen, pour un même niveau d'énergie de compactage, la mise en place des grains est plus difficile.
- Les matériaux DC3 ont un indice de concassage élevé, pour un même niveau d'énergie de compactage, la mise en place des grains devient encore plus difficile.

| MATERIAUX | DC1 | DC2 | DC3 |
|---|----------------------|------------------------------|------------|
| Graves non traitées sableuses peu concassées ou graves grenues entièrement reculées | IC < 60 % | | |
| Graves non traitées grenues | | IC < 80 % | IC > 80 % |
| Grave laitier | IC < 60 % | 60 < IC < 100 | IC = 100 % |
| Sable laitier | Autres cas | Si % de sable concassé élevé | |
| Sable ciment | Autres cas | Si % de sable concassé élevé | |
| Grave ciment | IC < 80 % | IC > 80 % | |
| Grave cendres volantes | IC < 80 % | IC > 80 % | |
| Béton bitumineux | IC < 60 % | 60 < IC < 100 | IC = 100 % |
| Graves bitumes | Autres cas | 60 < IC < 100 | IC = 100 % |
| Sable bitume | Autres cas | 60 < IC < 100 | IC = 100 % |
| Grave émulsion | | IC < 80 % | IC > 80 % |
| Béton maigre | Sauf si W est faible | | |

Tableau 1 : Difficultés de compactage de quelques matériaux

Les tableaux d'utilisations des matériaux en *partie inférieure et supérieure* du remblai de la tranchée pour les trois qualités de compactage (q3, q4 et q5) sont fournis en *annexes 2*.

4.3.3. Matériaux autocompactants

Ce sont des produits à base de liants hydrauliques (ciment, chaud,...etc.). Ils ne nécessitent pas de compactage ni de vibration lors de la mise en œuvre. Ils se répartissent en deux classes, ceux dont la granulométrie est inférieure à 6,3 mm, constitués de sables et/ou de cendres, de fillers... et ceux qui comportent des gravillons jusqu'à 20 mm. Ces matériaux semblent notamment adaptés aux tranchées *étroites* et aux tranchées de *faible longueur*.

Ces matériaux sont utilisables tant en zone d'enrobage, qu'en remblai en prenant en compte les contraintes inhérentes à chaque chantier. Leur utilisation en partie supérieure de remblai et en matériaux de rétablissement de chaussée est réservée en l'état des connaissances à des chaussées supportant un trafic inférieur à T3 soit 150 PL/jour/voie de circulation.

Dans le cas des matériaux autocompactants, il n'est pas exigé d'objectif de densification mais ils doivent être réexcavables à long terme. La réexcavation indique que le matériau doit pouvoir être excavé manuellement sans utiliser de moyen mécanique lourd. La résistance à la compression (Rc) à 28 jours pour un

matériau autocompactant devra être inférieure à 2MPa afin de rester réexcavable à long terme (tableau ci-dessous).

| Rc28] | < 0,7 MPa | 0,7 à 2 MPa | > 2 MPa |
|----------------|-----------|---------------------------------|--------------|
| Réexcavabilité | Facile | Moyennement facile | Difficile |
| | Manuelle | Manuelle ou mécanisation légère | Mécanisation |

Tableau 2 : Estimation de la réexcavation des matériaux autocompactants

4.4. MATERIELS UTILISES

Les matériels de compactage des tranchées sont répartis en quatre (4) groupes et font l'objet d'une classification spécifique, suivant leur morphologie ou leur mode d'action. On distingue :

- les compacteurs vibrants de largeur de compactage $L < 1,30$ m (PVi),
- les plaques vibrantes (PQi),
- les pilonneuses vibrantes et à percussion (PNi, PPi),
- les matériels spécifiques.

4.4.1. Compacteurs vibrants

Les compacteurs vibrants (noté **PV**) concernés sont les compacteurs à un ou deux cylindres vibrants à bandages lisses ou non lisses (pieds dameurs) de largeur de compactage $L < 1,30$ m. Trois sous-classes sont définies :

- compacteurs monocylindres
- compacteur tandem à 1 cylindre vibrant (T1bv)
- compacteur tandem à 2 cylindres vibrants (T2bv)

Le compacteur mixte (cylindre vibrant + train de pneumatiques) est assimilé à un compacteur tandem 1 cylindre vibrant (T1bv).



Figure 8 : Photos de petits compacteurs vibrants

4.4.2. Plaques vibrantes

Les plaques vibrantes sont désignées par les lettres **PQ** (Plaque Vibrante) et un indice compris entre 1 et 4.



Figure 9 : Photo d'une plaque vibrante

4.4.3. Pilonneuses

Il existe deux types de pilonneuses :

- les pilonneuses vibrantes **PNi**, dont la course de la semelle est 10 cm et la fréquence > 10 Hz,
- les pilonneuses à percussion **PPI**, dont la course de la semelle est > 10 cm et la fréquence < 10 Hz.



Figure 10 : Photo d'une pilonneuses

4.5. MODALITES DE COMPACTAGE

Les remblais des tranchées doivent être compactés par couches successives dont l'épaisseur est fonction de :

- l'efficacité du compacteur utilisé
- la nature du matériau utilisé
- l'état hydrique du matériau
- la qualité de compactage exigé

Le guide SETRA « Remblayage des tranchées et réfection des chaussées » fournit des tableaux de compactage relatifs aux qualités q5, q4, q3 et q2. Ces tableaux permettent de fournir deux valeurs importantes (**e** et **n**) à appliquer sur le chantier (voir l'exemple de tableau ci-dessous) :

- **e** : épaisseur maximale des couches après compactage (en cm), il s'agit de l'épaisseur de matériau compacté et non foisonné.
- **n** : nombre de passage du compacteur par couche.

Tableau 6.1 - Modalités de compactage en partie inférieure de remblai.

Objectif de densification **q4**

| Nature(*) | Etat | Para. | PV1 | PV2 | PV3 | PV4 | PQ1 | PQ2 | PQ3 | PQ4 | PN3 | PN1 | PN2 | PN3 | PP1 | PP2 | Commentaire |
|--|------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|---|
| B1-B3-R43 C1B1-C1B3 D1-D2-D3 F31-F32 [DC1-DC2] | - | e Q/L n V | 15 40 5 1.3 | 20 50 5 1.3 | 25 65 5 1.3 | 30 115 4 1.5 | 15 25 6 1.0 | 25 40 6 1.0 | 40 65 6 1.0 | 55 90 6 1.0 | 20 35 5 0.9 | 35 65 5 0.9 | 45 80 5 0.9 | 55 100 5 0.9 | 15 20 3 0.4 | 40 55 3 0.4 | Non argileux non très argileux, et assimilés (**) |
| C2B1-C2B3 R21-R41 R61 [DC3] | - | e Q/L n V | | 15 40 5 1.3 | 20 50 5 1.3 | 25 75 5 1.5 | | 20 25 8 1.0 | 30 50 6 1.0 | 40 65 6 1.0 | | 20 35 5 0.9 | 30 55 5 0.9 | 40 70 5 0.9 | | 30 30 4 0.4 | Non argileux très argileux et assimilés (**) |

Tableau 3 : Exemple de tableau de compactage

Ces tableaux traitent l'ensemble des cas de compactage définis par la classe du matériau à compacter, la classe du matériel de compactage retenu et l'objectif de densification. Il est très important de contrôler au moment du compactage, la teneur en eau en place (h : humide, m : moyen, s : sec) :

- La qualité q2 est obtenue uniquement avec des matériaux élaborés (DCi)
- La qualité q3 est obtenue uniquement avec des matériaux élaborés (DCi) ou naturels (GTR) insensibles à l'eau.
- La qualité q4 est obtenue avec la majorité des sols, sauf les plus plastiques.

L'ensemble des tableaux de compactage sont fournis en **annexe 3**.

Exemple d'application :

D'après le tableau précédent on peut déduire :

| Qualité Q4 | Pilonneuse vibrante PN3 | Plaque vibrante PQ2 |
|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Grave alluvionnaire propre D2 | e = 55 cm n = 5 passes | e = 25 cm n = 6 passes |

Tableau 4 : Exemple de compactage de qualité q4

5. CONTROLE DE COMPACTAGE DES TRANCHEES

Les contrôles de compactage des tranchées ont pour objet de :

- garantir l'absence de tassements futurs des remblais de la tranchée,
- s'assurer la pérennité de la chaussée après sa réfection,
- permettent de dégager les responsabilités en cas de litige.

Ces contrôles se font sur l'identification des matériaux de remblayage, la classification du compacteur utilisé présent sur chantier, le respect des épaisseurs de couches des matériaux de remblayage et le comptage du nombre de passes.

5.1. OUTILS DE CONTROLE

Les outils de contrôle de compactage des tranchées après leur mise en œuvre sont les **gamma-densimètres** les **pénétrromètres dynamiques**. Ces outils présentent l'avantage d'être peut encombrants et donc facilement adaptés à la taille très réduite des tranchées.

5.2.1. Gamma-densimètres

a) Gamma-densimètre à profondeur variable

Le principe de mesure consiste à enfoncer dans le sol, dans un forage réalisé au préalable, à une profondeur variable (profondeur d'investigation 40 cm maximum) un radioisotope de Césium et de mesurer à la surface des couches la quantité de rayonnement gamma. Celle-ci permettra par la suite de déterminer la teneur en eau du matériau et sa densité sèche sur le chantier. Ce contrôle doit être pratiqué couche par couche de la tranchée.

b) La double sonde gamma

Le principe physique est le même que pour les gamma-densimètres à profondeur variable. Les mesures se font effectuées selon un pas de 5 cm. Les résultats obtenus sont présentés sous forme de courbe : taux de compactage en fonction de la profondeur. Une bonne précision est obtenue jusqu'à une profondeur de 2 mètres.

5.2.2. Pénétrromètres dynamiques

L'essai de pénétration dynamique consiste à enfoncer dans le sol, par battage sous l'action de chocs répétés, un train de tiges muni en partie inférieure, d'une pointe conique débordante permettant de créer un espace annulaire entre le train de tiges et le sol. Les chocs répétés de battage sont exercés sur la tête du train de

tiges (enclume) par une masse (le mouton de battage) tombant en chute libre d'une hauteur constante.

On a essentiellement trois types de pénétromètres dynamiques normalisés :

- les pénétromètres de type A « PDA » [NF P 94-114]
- les pénétromètres de type B « PDB » [NF P 94-115]
- le pénétromètre dynamique léger à énergie variable PANDA [XP P 94-105]

Le PANDA :

Le Panda se différencie des pénétromètres dynamiques classiques par le fait que l'énergie fournie est manuelle et variable. Ces deux différences font du Panda :

- un appareillage particulièrement adapté aux sites d'accès difficiles (encombrement réduit)
- de pouvoir adapter l'énergie fournie en fonction du terrain rencontré (possibilité d'avoir des mesures fiables même dans des terrains de faible portance et éventuellement saturés)
- de pouvoir réaliser des sondages dans toutes les directions (possibilité de réaliser des sondages horizontaux ou inclinés souvent intéressants dans certains ouvrages urbains tels que les tunnels)
- une mise en œuvre rapide, la numérisation des résultats et leur visualisation sur place.

Le Panda est utilisé spécialement pour les faibles profondeurs < 6m. Le résultat sont présentés sous forme de pénétrogramme (résistance de pointe dynamique q_d en fonction de la profondeur). Le Panda calcul q_d automatiquement pour chaque coup de marteau en utilisant la formule des Hollandais.

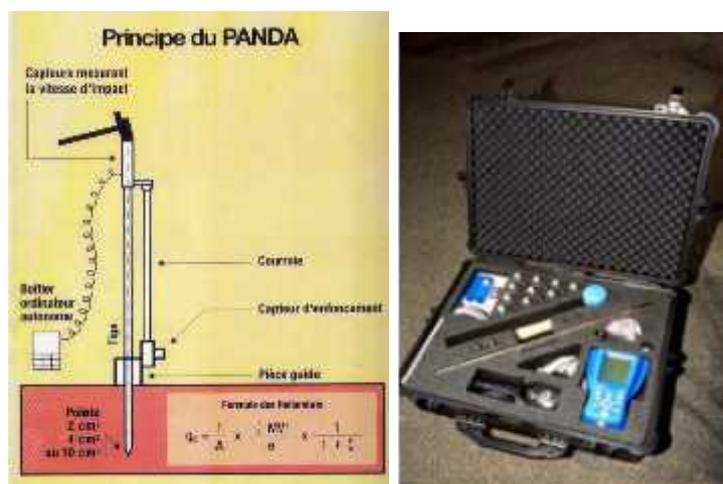


Figure 11 : Principe et photo du pénétromètre PANDA

5.2. CRITERES D'ACCEPTATION D'UNE TRANCHEE

Le contrôle de compactage consiste à comparer le pénétrogramme par rapport à deux droites à savoir :

- la droite de Référence (noté q_R) qui correspond à ce que l'on devrait obtenir en moyenne compte-tenu de l'objectif de compactage, du type de sol et de l'état hydrique,
- la droite de refus qui correspond à des tolérances limites (noté q_L), en fond de couche, sur le taux de compactage à ne pas dépasser. Elle est obtenue par translation de la droite de référence.

Cette comparaison permettra de vérifier si le résultat du compactage est conforme à celui attendu et, dans le cas contraire, de situer le niveau de gravité de l'anomalie rencontrée. Quatre (4) types d'anomalies sont possibles, elles dépendent des positions relatives du pénétrogramme et de q_L et q_R (sens croissant du niveau de gravité). Ces anomalies (de 1 à 4) introduites dans les normes relatives au contrôle du compactage servent à définir les critères d'acceptation de l'ouvrage au vu des résultats d'essais.

5.2.1. Résultat sans anomalie

Le pénétrogramme se trouve toujours en dépassement de q_L , et les épaisseurs de couche sont conformes aux prescriptions (figure ci-dessous).

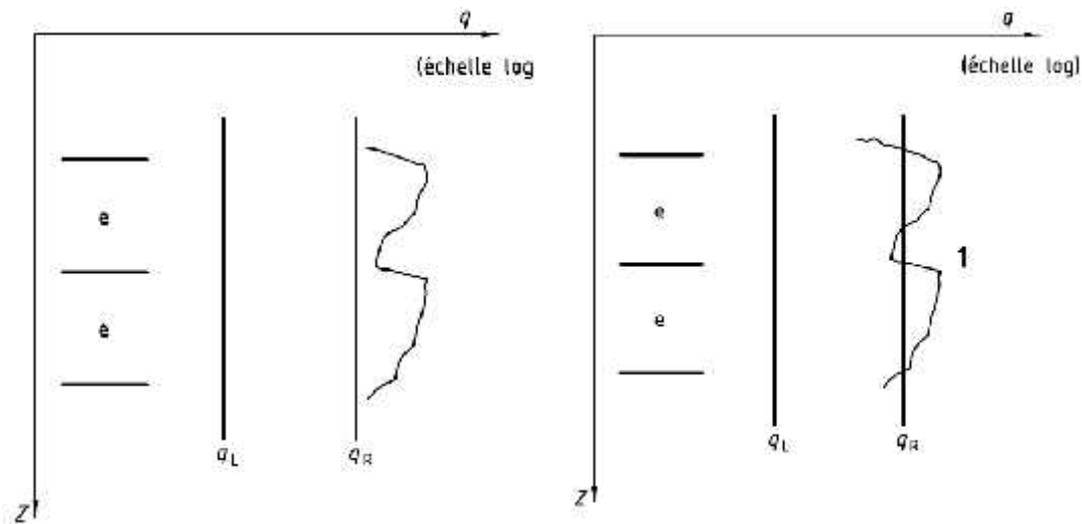


Figure 12 : Résultat sans anomalie

5.2.2. Résultat avec anomalie de type 1

Le pénétrogramme se trouve toujours en dépassement de q_L et les épaisseurs de couche sont systématiquement supérieures de plus de 20 % aux valeurs

prescrites. Ce type d'anomalie est **acceptable** à la fois pour la **zone de remblai** proprement dit et la **zone d'enrobage**.

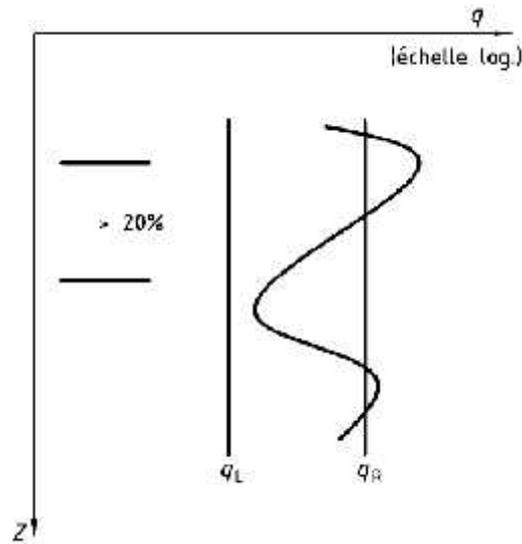


Figure 13 : Résultat avec anomalie de type 1

5.2.3. Résultat avec anomalie de type 2

Le pénétrogramme est inférieur à q_L d'un écart « a » inférieur à la distance « b » entre q_L et q_R et au total sur une hauteur de moins de 30 % de la profondeur contrôlée « h » (figure ci-dessous). Ce type d'anomalie est **acceptable** pour la **zone de remblai** proprement dit et **non acceptable** pour la **zone d'enrobage**.

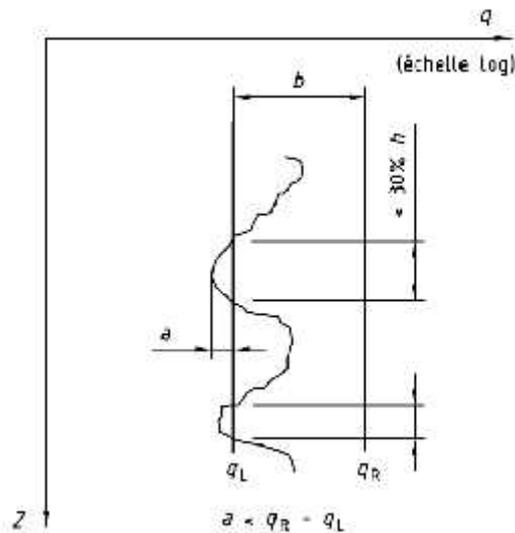


Figure 14 : Résultat avec anomalie de type 2

5.2.4. Résultat avec anomalie de type 3

Le pénétrogramme est inférieur à q_L d'un écart « a » supérieur à la distance « b » entre q_L et q_R , ou au total sur une hauteur de plus de 30 % à 50 % de la profondeur contrôlée « h », quelle que soit l'importance du dépassement. Ce type d'anomalie est **non acceptable** à la fois pour la **zone de remblai** proprement dit et la **zone d'enrobage**.

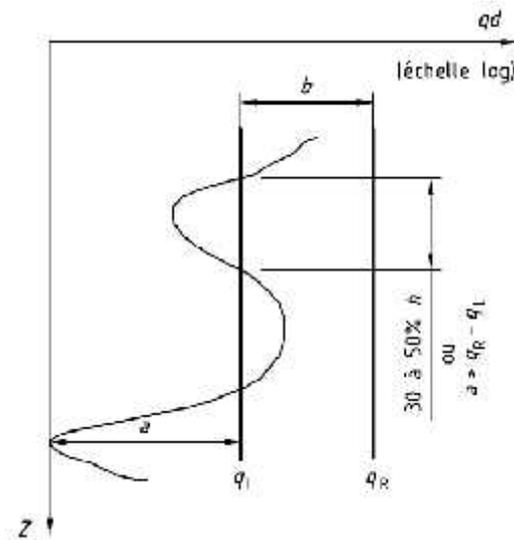


Figure 15 : Résultat avec anomalie de type 3

5.2.5. Résultat avec anomalie de type 4

Le pénétrogramme est inférieur à q_L sur plus de 50 % de la profondeur contrôlée « h ». Ce type d'anomalie est **non acceptable** à la fois pour la **zone de remblai** proprement dit et la **zone d'enrobage**.

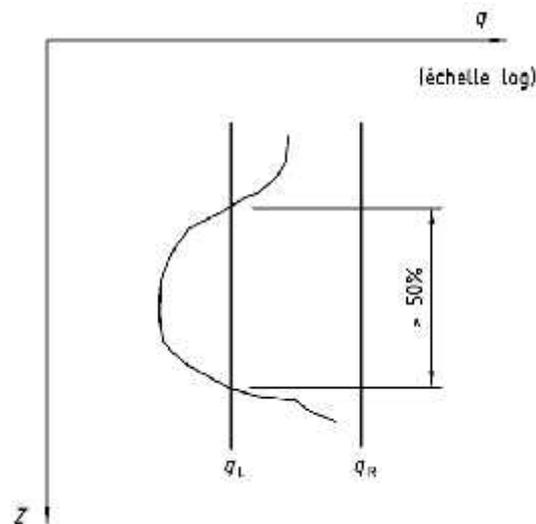


Figure 16 : Résultat avec anomalie de type 4

6. REFECTION DE LA CHAUSSEE SUR TRANCHEES

Il est nécessaire lorsque l'on envisage de réaliser une réfection de chaussée, de connaître le trafic qui circule sur la voie considérée. La structure existante et le trafic conditionneront le choix des matériaux et le dimensionnement du rétablissement. On notera que certains matériaux ne sont pas adaptés aux trafics élevés. Les classes de trafics t_i et T_i définies dans le tableau ci-dessous, pour l'interurbain, correspondent aux nombres de poids lourds dont le poids total autorisé en charge est supérieur à 35 kN ($PTAC > 35$ kN) par jour et par sens de circulation, conformément à la norme NF P 98-08.

| t5 | t4 | t3- | t3+ | T2 | T1 | T0 | |
|-----------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|------|
| 0 | 30 | 60 | 125 | 190 | 375 | 940 | 2500 |

Tableau 5 : Classes de trafics

6.3. LES TECHNIQUES DE REFECTION DE LA COUCHE DE SURFACE

Le choix de la nature de la couche de surface se fait selon le tableau suivant. Il faut préciser que l'objectif de densification pour les matériaux de chaussée est q_2 (tableau de compactage fournis en annexe 3).

| Existant | Réfection conseillée | Réfection possible | Commentaires |
|--|---|---|---|
| Asphalte roulement | Asphalte roulement | BBTM, BBUM | |
| Asphalte trottoir | Asphalte trottoir | BBTM, BBUM, enduit superficiel | |
| Enduit superficiel | Enduit superficiel (béton bitumineux) Enrobé à froid, dense, semi-dense | Béton bitumineux (enrobé coulé à froid) | Lorsqu'on est en présence d'une succession d'enduits, il est nécessaire de réaliser un BB. La technique des enduits en faible surface est délicate. Les ES posent des problèmes d'homogénéité. L'action du compacteur se limite à la mise en place de la mosaïque, qui ne sera définitivement constituée que par la circulation, après quelques jours. Le compactage doit être exécuté immédiatement après le gravillonnage (moins de 5 minutes). |
| Béton bitumineux | Béton bitumineux | Enrobé coulé à froid | Pour des épaisseurs de béton bitumineux supérieures à 3 ou 4 cm ou pour des trafics élevés, il est nécessaire de mettre des bétons bitumineux. |
| Enrobé coulé à froid | Béton bitumineux | Enrobé coulé à froid | Il sera difficile, pour des faibles quantités, de refaire des ECF. |
| Béton maigre | Béton maigre | Béton bitumineux | On devra assurer, lors de l'utilisation d'un Bm, des conditions de surfaces satisfaisantes (striage transversal par rapport à l'axe de la chaussée). |
| Enrobé drainant | Enrobé drainant | | Toute autre technique conduirait à rompre les écoulements ou nécessiterait des dispositions constructives particulières. |
| Pavage dallage | Pavage dallage | | |
| Techniques d'entreprise (ex. BBTM, BBUM, enduits spéciaux) | Béton bitumineux | Enduit superficiel si enduit spécial | Les faibles quantités concernées ne permettent pas, en général, d'avoir recours à la technique d'origine. |
| Béton de ciment | Béton de ciment | Béton bitumineux | On devra assurer lors de l'utilisation de BC, des conditions de surface satisfaisantes (striage transversal par rapport à l'axe de la chaussée). |

Tableau 6 : Réfection des couches de roulement

Après avoir terminé la partie bibliographique, nous passons maintenant au travail proprement dit de ce PFE.

Chapitre II

CHAPITRE II : REALISATION DES TRANCHEES EN ALGERIE

1. INTRODUCTION

Ce chapitre est une synthèse d'une recherche dans la réglementation Algérienne (administrative et technique) sur la réalisation des tranchées. L'objectif est de :

- éclairer les choses sur état de la réglementation Algérienne en matière de réalisation de tranchées,
- préciser les responsabilités de chaque partie intervenantes dans la réalisation des tranchées,
- faire le point sur la réalité du terrain.

Ce chapitre est divisé en trois parties ; nous présentons dans la première partie les aspects réglementaire (lois qui régies ce domaine) afin de préciser les responsabilités des différentes parties et définir les exigences et les obligations dans la réalisation des tranchées. Dans la deuxième partie, nous présentons les résultats de notre recherche documentaire sur les aspects techniques dans les normes et recommandations Algériennes. Enfin, nous terminons ce chapitre par une analyse de la réalité du terrain.

2. ASPECTS REGLEMENTAIRES

Les aspects réglementaires relatifs à la réalisation des tranchées sont présents dans les deux lois suivantes :

- *Arrêté interministériel du 10 novembre 1984 fixant les conditions et modalités d'octroi de la permission de voirie.*
- *Décret exécutif n° 04-392 du 18 Chaoual 1425 correspondant au 1^{er} décembre 2004 relatif à la permission de voirie.*

2.1. ARRETE INTERMINISTERIEL DE 1984

Cet arrêté a été établi par le ministre des travaux publics et le ministre de l'intérieur et des collectivités locales. Il touche en deux (2) points la réalisation des tranchées :

- la condition de délivrance de la permission de voirie pour la réalisation des tranchées,
- les prescriptions techniques liées à la réalisation des tranchées.

Ce dernier point sera abordé dans le paragraphe qui suit relatif aux aspects techniques.

L'arrêté précise dans son premier article que toutes les personnes physiques ou morales sont tenues à la **permission de voirie** pour tous travaux à effectuer sur le sol ou sous le sol des voies publiques. Cette permission est obtenue dans les conditions et formes suivantes (titre III) :

La personne physique ou morale qui va intervenir sur la voirie doit formuler une demande de permission de voirie sur papier libre comportant les indications suivantes :

- le nom et l'adresse du bénéficiaire des travaux,
- la description sommaire des travaux à réaliser,
- la désignation exacte de l'emplacement des travaux avec le nom de la rue et le numéro de la construction ainsi que les délais d'exécution des travaux et les moyens utilisés.
- la demande comportera les noms de l'entrepreneur et du maître de l'œuvre et leur adresse,
- sera joint à la demande, de plans de situation établi à l'échelle du 1/5000 ou 1/2000 et comportant l'orientation et les points de repères permettant de localiser le projet. L'échelle peut être plus grande lorsque les travaux projetés sont prévus le long des voies.

Ce dossier de demande devra être constitué en quatre (4) exemplaires et déposé au siège de l'assemblée populaire communale (APC) compétente un récépissé de dépôt sera délivré sans frais au signataire de la demande, après vérification des pièces nécessaires à la composition du dossier.

Par la suite le président de l'APC transmet, dans les quarante-huit (48) heures, à compter de la date de dépôt de la demande, le dossier avec les quatre exemplaires, accompagné de son avis, au directeur des infrastructures de base de wilaya (actuellement la DTP), pour instruction conformément aux dispositions du décret 83-699 du 26 novembre 1983 relatif à la permission de voirie. L'avis émis doit comporter les observations et, le cas échéant, ses propositions.

2.2. DECRET EXECUTIF DE 2004

Ce décret a été établi par le chef de gouvernement sur le rapport du ministre des travaux publics. Il **abroge** les dispositions du décret 83-699 du 26 novembre 1983 relatif à la permission de voirie et met en application de nouvelles lois en matière de permission de voirie.

Dans son premier article, le décret précise qu'il a pour objet de définir les conditions et modalités d'établissement et d'octroi des actes permettant l'utilisation et/ou l'occupation collective ou privative de portions du domaine public routier et autoroutier ainsi que les servitudes applicables au domaine public routier et autoroutier, et aux propriétés riveraines du domaine public routier et autoroutier.

Il précise dans son deuxième article que le domaine public routier et autoroutier est constitué par le domaine public artificiel de la voirie qui comporte :

- en agglomération, la chaussée augmentée des trottoirs, dans les limites définies par le plan d'alignement,
- en hors agglomération, la chaussée augmentée des parties accessoires à la constitution de la route tels que les talus de déblai et de remblai, les accotements (en rase campagne), les fossés, les murs de soutènement, les évitements ou refuges en montagne, les ouvrages d'assainissement,
- les ouvrages d'art,
- les équipements de sécurité et de signalisation routière,
- les échangeurs autoroutiers.

Le domaine public routier et autoroutier comprend, au sens de l'article 3 de ce décret l'ensemble des **autoroutes**, des **routes nationales**, des **chemins de wilayas** et des **chemins communaux**.

Dans l'article 9, le décret oblige les organismes publics de chaque wilaya d'installer une commission de la voirie présidée par le représentant du wali dont le secrétariat de cette commission est assuré par les services de la direction des travaux publics. Cette commission est composée :

- du directeur des travaux publics
- du directeur des domaines
- du directeur des transports
- du directeur de l'urbanisme et de la construction
- du directeur de l'hydraulique
- du directeur des mines et de l'énergie
- du directeur de la culture
- du directeur de la poste et des technologies de l'information et de la communication
- du directeur de la réglementation et des affaires générales
- de l'inspecteur de l'environnement

- du ou des présidents de(s) l'assemblée(s) populaire(s) communale(s) concerné(s).

Cette commission est chargée d'examiner et d'instruire les demandes de permission de voirie, de s'assurer que l'occupation projetée peut être autorisée, et d'émettre toutes les conditions ou clauses particulières relatives à cette occupation. Elle s'assure notamment que l'ensemble des désagréments ou dangers pour les riverains et/ou pour les usagers du domaine public concerné, sont prise en charge par les clauses particulières de la permission de voirie. En fonction de son ordre du jour, la commission de la voirie peut consulter toute personne ou toute administration, service ou organisme public ou privé, susceptible de l'éclairer dans ses travaux.

L'article 13 précise que **la permission de voirie** est délivrée par arrêté de l'autorité chargée de la gestion du domaine public concerné, soit :

- du président de l'assemblée populaire communale (**APC**) pour l'occupation projetée sur un **chemin communal**,
- du **wali**, lorsque l'occupation projetée porte sur un **chemin de wilaya**, ou sur une **portion de route nationale** située à l'intérieur du territoire de la wilaya,
- du **ministre des travaux publics** lorsque l'occupation projetée porte sur une **autoroute** ou sur une portion de **route nationale** située sur le territoire de **plusieurs wilayas**.

Cette permission de voirie est un acte administratif établi et délivré à titre temporaire et résiliable pour un délai déterminé. Toute intervention ou travaux sur le domaine public de la voirie sans permission de voirie est sanctionné conformément aux dispositions du code pénal. Cette permission est octroyée sous réserve des obligations suivantes :

- de supporter, sans indemnité, les gênes et les frais résultant de certains travaux faits sur le domaine public,
- de réparer les dommages causés au domaine public ou à ses dépendances après achèvement des travaux,
- de remettre les lieux en état à la fin de la permission de voirie.

Il faut préciser que le permissionnaire est tenu en plus des obligations précédentes d'enlever tous les décombres, dépôts de matériaux, débris et immondices, qui auraient pu être laissés sur la voie publique après leurs travaux et rétablir dans leur premier état les chaussées, trottoirs, talus, accotements, fossés, équipements ou ouvrages divers qui auraient été endommagés.

A défaut, toutes les opérations précédentes seront réalisées par l'autorité ayant délivré la permission de voirie aux **frais du permissionnaire**.

Enfin l'article 18 précise que les **autorités** chargées du domaine public routier et autoroutier, sont **habilitées à visiter** ou à effectuer **le contrôle** des travaux ou ouvrages chaque fois qu'ils le jugent utile.

2.3. CONCLUSION

L'analyse de ces deux lois administratives permet de conclure qu'ils sont complémentaire l'un par rapport à l'autre. Le décret de 2004 a permis de préciser les responsabilités de chaque autorité publique afin de ne pas tomber dans le chevauchement des pouvoirs. Si on applique ces lois dans le cadre de la réalisation des tranchées, il est clair que celui qui intervient sur le domaine public doit remettre la chaussée dans l'état et supporter, sans indemnité, les frais de réparation des dommages causés à la chaussée. Si cela n'a pas été fait par le permissionnaire, les autorités procèdent à la réparation de la chaussée au frais de ce dernier. Cela montre que la route devrait conserver un état correct vis-à-vis la circulation routière. Enfin ces lois parlent de contrôle des travaux sans préciser les modalités de ce contrôle.

3. ASPECTS TECHNIQUES

Comme il a été cité précédemment, les aspects techniques de la réalisation des tranchées sont fixés par le titre II de l'arrêté interministériel de 1984.

3.1. OUVERTURE DES TRANCHEES

La réalisation des tranchées longitudinales par rapport à l'axe de la route ne sera entreprise qu'au fur et à mesure de la construction ou de la pose des canalisations afin de limiter les désagréments liés à l'ouverture de la tranchée. Concernant les tranchées transversales, les travaux doivent se faire sur la moitié de la largeur de la voie publique de manière que l'autre moitié reste libre pour la circulation.

Dans le cas de travaux spéciaux qui engendrent l'interruption totale de la circulation, l'organisation serait fixée par un arrêté particulier de l'autorité chargée de délivrer la permission de voirie.

3.2. MESURE DE PRECAUTION

Les parties de tranchées qui ne pourraient pas être comblées à la fin de la journée seront défendues, pendant la nuit, par des barrières solidement établies et suffisamment éclairées et signalées, en cas de besoin, par un éclairage spécial.

Une présignalisation doit être installée avant l'abord du chantier, conformément aux dispositions prévues par les lois sur la signalisation routière.

3.3. PROFONDEUR DES TUYAUX

Les tuyaux pour la distribution d'eau, du gaz, de l'électricité seront toujours posés à 60 cm au minimum de profondeur et reconnaissent les uns des autres par la mise en place de grillage de différentes couleurs.

3.4. REMBLAIS DES TRANCHEES

Les remblais des tranchées, après pose des conduites seront réalisés **par couches de 20 cm d'épaisseur**, chaque couche aura été **pilonnée et arrosée avec soin**. On rétablira, sur le remblai, des chaussées par des **matériaux neufs de bonne qualité**, et en se conformant pour l'exécution, à toutes **les règles de l'art**, l'empierrement des trottoirs et des autres ouvrages qui auraient été démolis en supplément aux déchets des vieux matériaux tout en respectant lors du chargement :

- la **composition** du corps de chaussée,
- le **taux de compacité** des remblais,
- la couche de surface **en épaisseur et en résistance**.

3.5. CONCLUSION

La comparaison de ces aspects avec ceux présentés dans la partie bibliographique fournies en premier chapitre permet de conclure que les aspects techniques de la réglementation Algérienne sont très sommaires et trop vagues. Le législateur dans les années quatre-vingt c'est conformé à l'état des connaissances à cette époque, cette lois est encore en vigueur et elle n'a pas subie de modification pour se mettre à jour par rapport à l'état des connaissances actuelles.

4. REALITE DU TERRAIN

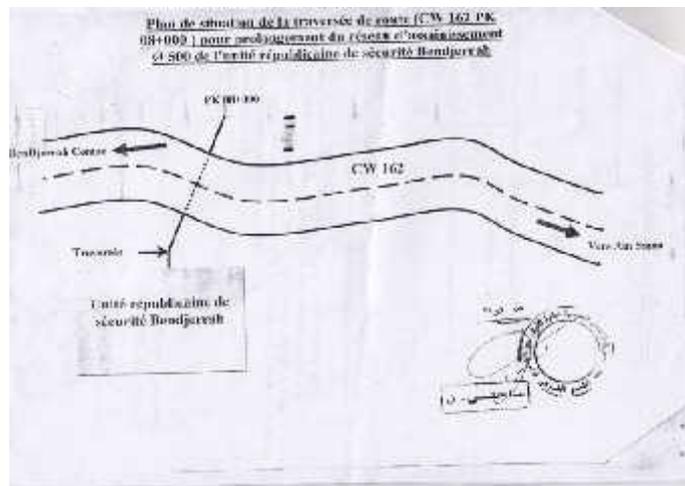
Nous présentons dans ce paragraphe comment sont réalisés les tranchées en Algérie. D'abord, nous exposons comment se fait la démarche administrative en fournissons un exemple réel de dossier demande de permission de voirie. Ensuite, nous décrivons la manière de réaliser les tranchées sur terrain.

4.1. DOSSIER DE PERMISSION DE VOIRIE

Notre stage de fin d'études effectué au niveau de la direction des travaux publics de la wilaya de Guelma, nous a permis d'avoir l'accès à un dossier de permission de voirie demandé par un entrepreneur de la région, pour procéder à l'ouverture

d'une tranchée au niveau du CW162 pour faire passer des conduite d'assainissement ($\phi 500$). Dans un premier temps, l'entrepreneur a adressé une demande manuscrite à l'attention du directeur des travaux publics. Cette demande a été déposée au niveau de l'APC pour prendre l'avis de maire (figure ci-dessous).

Après avoir l'avis favorable, il a rempli un formulaire qui précise les informations relatives aux travaux à effectuer (nom du bénéficiaire, description sommaire des travaux, emplacement des travaux,...etc.). Il a rajouté aussi à sa demande le plan de situation de la traversée de la tranchée (voir figure ci-dessous). Les pièces et les informations fournies dans ce dossier sont en accord avec ce qui prévoit la réglementation en vigueur (arrêté interministériel de 1984).



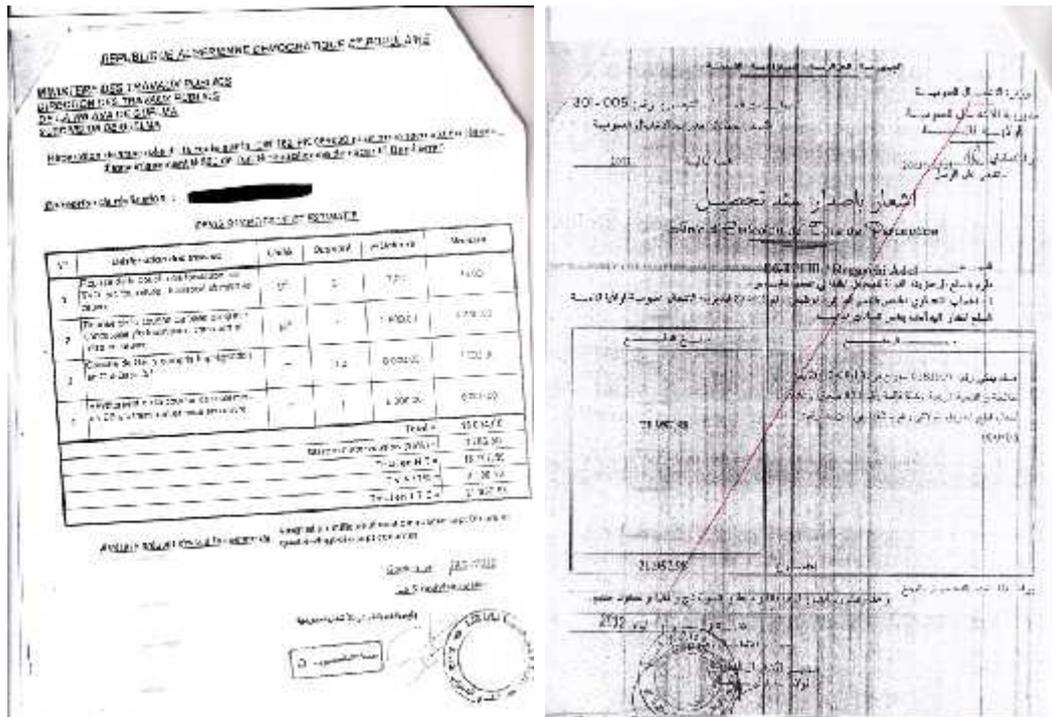
Sur la base de ces documents, le chef de la subdivision de la région concernée par ces travaux et le chef de service de l'entretien et l'exploitation des routes, approuvent la demande après avoir visité le chantier, et envoient au directeur des travaux publics de la wilaya un rapport qui permettra de délivrer la permission de voirie à l'entrepreneur (voir figure ci-dessous).

Enfin, le directeur des TP vérifie l'ensemble du dossier et délivre la permission de voirie sous forme de papier en rappelant les lois et les documents de base relative à cette permission. Il précise dans cette permission les obligations en terme d'aspects techniques (signalisation jours et nuit, matériaux à utiliser et le compactage, circulation routière,...etc.).



L'exemple du dossier que nous avons traité contient des pièces supplémentaires à savoir :

- un devis quantitative et estimatif du montant à la charge de l'entrepreneur pour la réparation de la chaussée, établie par la direction des travaux publics (voir figure ci-dessous).
- un avis d'émission de titre de perception, envoyé à l'entrepreneur pour le paiement de la somme demandée par l'entrepreneur (voir figure ci-dessous).



Il semble à travers ces deux documents que l'entrepreneur n'a pas effectué les réparations nécessaires de la chaussée après travaux. Dans ce cas et comme elle prévoit la loi (décret de 2004), la DTP a exercé son droit de facturer les travaux de réfection de chaussée à la charge du bénéficiaire de la permission de voirie (entrepreneur).

A partir de ce dossier exemplaire, nous pouvons conclure que la démarche administrative est respectée dans le cas de la réalisation des tranchées. On va passer maintenant aux aspects techniques du terrain.

4.2. REALISATION DES TRANCHEES SUR TERRAIN

Nous allons décrire de manière générale les étapes de réalisation des tranchées en Algérie :

Actuellement, les équipes de terrain utilisent dans la majorité des cas un matériel adapté au découpage de la couche de revêtement (scie marteau piqueur,...etc.) ce qui limite les surfaces de la tranchée démontées.

Le creusement des couches inférieures se fait manuellement ou/et par des engins mécaniques de taille moyenne ce qui conduit obligatoirement à réaliser des tranchées de largeur moyenne malgré que les conduites sont de petite taille. On remarque en Algérie le manque de pelle mécanique de taille réduite adaptée aux travaux urbains malgré leur disponibilité dans le marché mondial avec des prix abordables. Il se produit dans certains cas la détérioration des réseaux existants

par manque de vigilance, d'absence de grillage avertisseur ou/et des plans des réseaux en place.

Le remblayage de la tranchée se fait par compactage par couche, les matériaux sont remis à l'intérieur de la tranchée ouverte à l'état foisonné (lâche), ce qui provoque des tassements permanents qui durent dans le temps. Le phénomène de tassements ou d'affaissement conduit à la fissure de la couche de roulement et par la suite à la propagation de la dégradation sur une surface importante de la chaussée.

La couche de roulement est rarement réparée, la tranchée reste sans couche de revêtement jusqu'au prochain entretien de la chaussée (4 ans et plus). Cela amène au creusement de la partie supérieure de la tranchée par l'effet des écoulements d'eau de ruissellement après chaque précipitation. Cette situation conduit à créer des désagréments aux automobilistes et des dommages aux véhicules, sans oublier les encombrements sur les tronçons les plus chargés des routes.

Le contrôle de qualité des travaux réalisés après achèvement de chantier n'est pas systématique, la réglementation Algérienne prévoit des contrôles lorsqu'ils sont jugés utiles sans donner de détail dans quel cas il faut les effectuer ni sur la manière de le faire.

Les matériaux rapportés ou en place ne font aucun objet de caractérisation au laboratoire pour déterminer leurs propriétés et leur modalité de compactage (épaisseur de couches à compacter, nombre de passes du compacteur,...etc.).

Pour voir si les matériaux utilisés sont convenables pour le remblayage des tranchées, nous avons effectué des prélèvements au niveau de deux tranchées en cours de réalisation dans la wilaya de Guelma. Les deux échantillons ont fait l'objet d'essai au laboratoire pour connaître leur classification et par la suite leur modalité de mise en œuvre.

4.2.1. Essai granulométrique par tamisage

C'est le premier essai à réaliser afin de déterminer la distribution des tailles des particules nécessaire à la classification du matériau testé. Nous avons utilisé la classification GTR pour les deux échantillons prélevés car ils sont des sols naturels.

a) Mode opératoire de l'essai granulométrique

Tout d'abord, le matériau a été séché dans une étuve à 105°C. Ensuite, une masse « M » de l'échantillon sec est versé sur une série de tamis choisis de telle manière que la progression des ouvertures soit croissante du bas de la colonne vers haut. En partie inférieure, on dispose un tamis de 0,63mm sur montant un fond étanche afin de récupérer les éléments fins qui passant à travers ce tamis (figure ci-dessous). On considère que le tamisage est terminé lorsque les refus ne varient pas de plus de 1% entre deux séquences de variations de la tamiseuse.

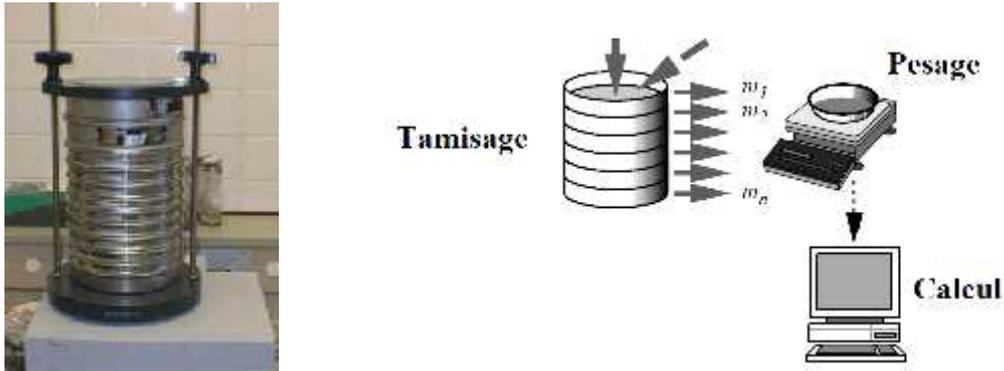


Figure 17 : Mode opératoire de l'analyse granulométrique par tamisage

Le refus du tamis ayant la plus grande maille est pesé, soit « R1 » la masse de ce refus. Le refus du tamis immédiatement inférieur est pesé, soit « R2 » la masse du refus deuxième refus. La somme « R1+R2 » représente le refus cumulé sur le deuxième tamis. Cette opération est poursuivie pour tous les tamis pris dans l'ordre des ouvertures décroissantes. Ceci permet de connaître la masse des refus cumulés « Rn » aux différents niveaux de la colonne de tamis. Le tamisât présent sur le fond de la colonne de tamis est également pesé, soit « P » sa masse. La somme de refus cumule mesurés sur les différents tamis et du tamisât sur le fond doit coïncider avec le poids de l'échantillon introduit en tête de colonne. La perte éventuelle de matériaux pendant l'opération de tamisage ne doit pas excéder plus de 2% du poids total de l'échantillon de départ. Ces opérations permettent de tracer la courbe granulométrique.

b) Résultats

Le poids des échantillons tamisés est de 2000g. Les tableaux suivant pressentent les résultats de l'essai de granulométrique pour les deux sols :

| Sol 1 ($D_{max} = 50\text{mm}$; %fines = 4,2) | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tamis (mm) | 0,063 | 0,09 | 0,125 | 0,18 | 0,25 | 0,355 | 0,5 | 0,71 |
| Passant (%) | 4,54 | 6,89 | 10,56 | 13,31 | 17,59 | 23,16 | 30,84 | 37,66 |
| Tamis (mm) | 1 | 1,4 | 2 | 2,8 | 4 | 5,6 | 8 | 11,2 |
| Passant (%) | 42,81 | 50,94 | 59,56 | 66,56 | 72,54 | 77,29 | 80,56 | 82,89 |
| Sol 2 ($D_{max} = 50\text{mm}$; %fines = 3,9) | | | | | | | | |
| Tamis (mm) | 0,063 | 0,09 | 0,125 | 0,18 | 0,25 | 0,355 | 0,5 | 0,71 |
| Passant (%) | 4,33 | 7,31 | 11,21 | 20,16 | 20,71 | 27,21 | 36,11 | 44,34 |
| Tamis (mm) | 1 | 1,4 | 2 | 2,8 | 4 | 5,6 | 8 | 11,2 |
| Passant (%) | 49,91 | 56,41 | 62,74 | 67,96 | 73,26 | 77,74 | 81,36 | 84,19 |

Tableau 7 : Analyse granulométrique par tamisage

Les courbes correspondant aux résultats du tableau sont présentées sous forme de graphe dans la figure ci-dessous :

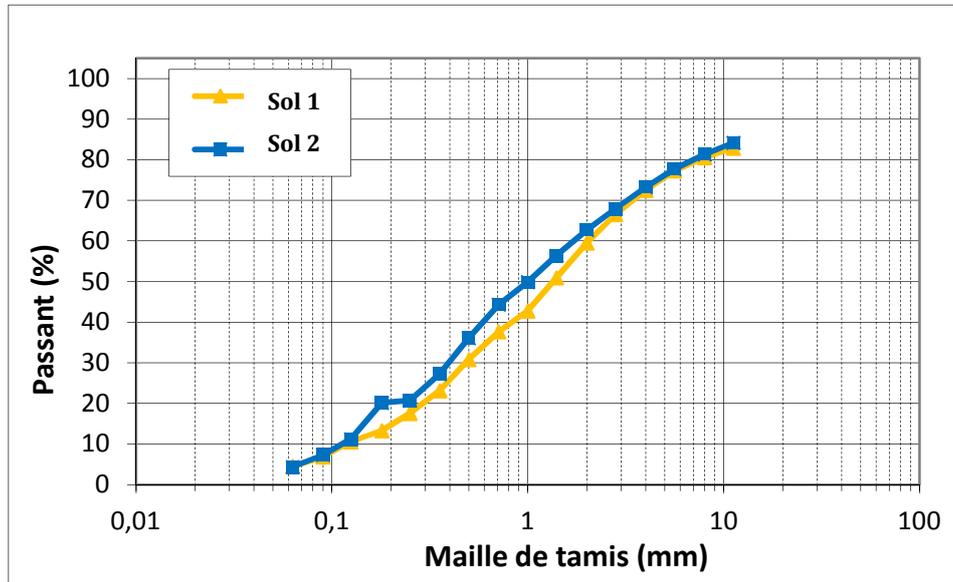


Figure 18 : Courbes granulométrique des deux sols

A partir de ces deux courbes nous avons déterminé les caractéristiques physiques suivantes :

| | SOL 1 | SOL 2 |
|---|--------------|--------------|
| Passant à 80-μm (%) | 6 | 6,5 |
| Passant à 2mm (%) | 59,6 | 62,7 |
| d_{10} | 0,11 | 0,13 |
| d_{60} | 2,04 | 1,68 |
| Cu | 18,06 | 13,24 |

Tableau 8 : Quelques caractéristiques physiques des sols testés

A partir de ces résultats, nous pouvons faire l'analyse suivante :

- $D_{\max} = 50\text{mm} \leq 50 \text{ mm}$
- Passant à $80\mu\text{m} = 6$ et $6,5\% < 12\%$
- Passant à $2\text{mm} = 59,6$ et $62,7\% < 70\%$

Donc les deux sols sont l'un ou deux types des classes suivantes : D2, B3, B4.

Pour déterminer ces classes, on a besoin d'effectuer l'un des deux essais complémentaires suivants :

- Valeur de bleu de méthylène (VBS),
- L'équivalent de sable (ES), nous avons choisi ce dernier dans notre cas.

4.2.2. Essai équivalent de sable

a) Mode opératoire

La solution lavant ayant été siphonnée dans l'éprouvette cylindrique, jusqu'au trait repère inférieur, on verse soigneusement du sable sec (quantité rempli d'un récipient métallique $\sim 120\text{g}$) à l'aide de l'entonnoir dans l'éprouvette posés verticalement.

On Agite un peu la base de l'éprouvette sur la paume de la main pour déloger les bulles d'air et favoriser le mouillage de l'échantillon. On laisser reposer dix (10) minutes, ensuite ; on ferme l'éprouvette à l'aide du bouchon de caoutchouc ; puis on fixe l'éprouvette sur la machine d'agitation, et on fait subir à l'éprouvette ~ 90 cycles en 30s.



Figure 19 : Photo du matériel utilisé pour l'essai équivalent de sable

Une fois l'agitation terminée, on enlève le bouchon de caoutchouc et on le rince au dessus de l'éprouvette avec la solution lavant. En descendant le tube laveur dans

l'éprouvette ; on rince également les parois de l'éprouvette avec la solution lavant, puis on enfonce le tube jusqu'au fond de l'éprouvette, pour faire remonter les particules fines (le floculat).

On remonter lentement le tube laveur et lorsque le niveau du liquide atteint le trait repère supérieur, on arrête l'écoulement du tube laveur. On laisse reposer 20 minutes. On mesure ensuite :

- la hauteur h_1 : sable propre + éléments fins
- la hauteur h_2 : sable propre seulement

Il ya deux façons de mesurer h_2 , soit visuellement pour déterminer équivalent sable à vue, soit avec un piston pour déterminer l'équivalent sable. Dans notre cas on a utilisé le piston car les deux hauteurs n'ont pas été visible à l'œil.

La valeur de l'équivalent sable (E_s) égale à : **$E_s = 100 (h_2/h_1)$**

Dans notre cas on a pris 2 échantillons de chaque sol et la valeur de l'équivalent de sable est la moyenne de deux valeurs obtenues.

b) Résultats

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau ci-dessous :

| | Eprouvette 1 | | | Eprouvette 2 | | | Ecart* | Es moyen |
|--------------|--------------|---------|------|--------------|---------|-------|--------|--------------|
| | h1 (cm) | h2 (cm) | Es1 | h1 (cm) | h2 (cm) | Es2 | | |
| Sol 1 | 5,9 | 2,6 | 44,1 | 5,8 | 2,35 | 40,5 | 3,6 | 42,25 |
| Sol 2 | 6,45 | 1,8 | 27,8 | 6,6 | 11,45 | 24,95 | 2,85 | 25 |

* l'écart entre les deux valeurs E_{s1} et E_{s2} doit être < 4 , sinon l'essai est à refaire

Tableau 9 : Résultats des essais équivalent de sable

Finalement, ces valeurs permettent de déterminer la classification GTR :

Sols 1 :

$E_s = 42,25\% > 25 \rightarrow$ sols de classe **B3 (grave silteuse insensible à l'eau).**

Sols 2 :

$E_s = 25 \leq 25 \rightarrow$ sols de classe **B4 (grave peu argileuse sensible à l'eau).**

Ce type de sol (B4) est en général perméable et réagit assez rapidement aux variations de l'environnement hydraulique et climatique (humidification, séchage).

4.2.3. Conditions d'utilisation dans les tranchées

a) Sol 1 (B3)

Selon les tableaux de matériaux utilisables en remblayage des tranchées (voir annexe 2), ce type de sol (B3) est utilisable en zone d'enrobage en qualité de compactage q5 et en remblai (partie supérieure et inférieure) en qualité q4 et q3.

Les modalités de compactage de ce type de matériau (épaisseurs des couches, type de compacteurs, nombre de passe) sont définies dans les tableaux de compactage fournis en annexe 3. On remarque dans les tableaux de compactage que ce type de matériau peut être compacté avec tous les compacteurs (rouleau vibrant PV, plaque vibrante PQ, Pilonneuse vibrante PN et à percussion PP). on remarque également que l'épaisseur des couches et le nombre de passe ne dépend pas de l'état hydrique du matériau (h : humide, m : moyen, s : sec) car c'est un matériau insensible à l'eau.

A titre d'exemple, si on utilise une pilonneuse vibrante PN2 le compactage des couches se fait selon le tableau suivant :

| Qualité q5 | Qualité q4 | Qualité q3 |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| e = 65 cm n = 2 passes | e = 45 cm n = 5 passes | e = 25 cm n = 6 passes |

Tableau 10 : Modalités de compactage du sol 1

b) Sol 2 (B4)

Le même constat pour le sol 2 c-à-dire qu'il est utilisable en zone d'enrobage en qualité de compactage q5 et en remblai (partie supérieure et inférieure) en qualité q4 et q3. En revanche, on remarque que le compactage de ce sol dépend de l'état hydrique du sol au moment de la mise en œuvre et que certains compacteurs ne sont adaptés pour ce sol. Cela est dû à la sensibilité de ce matériau à l'eau. Si on prend le même compacteur que précédemment (PN2) avec un état hydrique moyen (m), les modalités de compactage de ce sol seront donc :

| Qualité q5 | Qualité q4 | Qualité q3 |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| e = 65 cm n = 2 passes | e = 45 cm n = 5 passes | e = 25 cm n = 6 passes |

Tableau 11 : Modalités de compactage du sol 2

5. CONCLUSION

Nous avons pu monter à travers ce chapitre que la réglementation technique Algérienne est très ancienne (29 ans) et comporte beaucoup de lacunes. Les avancées scientifiques nouvelles doivent être prises en compte dans une réglementation nouvelle. On a montré aussi à travers l'exemple de dossier de permission de voirie, que la démarche administrative est respectée.

L'absence de contrôle de mise en œuvre et le non respect de la réglementation technique en vigueur sur terrain aggrave beaucoup plus l'état de la voirie. S'ajoute à cela l'utilisation de matériaux qui doivent être mis en œuvre selon des conditions bien précises (compactage par couches, respect des épaisseurs de couches, nombre de passes à effectuer, état hydrique au moment de la mise en œuvre,...etc.).

Chapitre III

CHAPITRE III : ETUDE STATIQUE SUR LES TRANCHEES

1. INTRUCTION

Ce chapitre a pour objectif de réaliser une étude statistique sur le nombre de tranchées ouvertes et le nombre de routes affectées dans la ville de Guelma afin montrer l'ampleur de ce phénomène. Nous faisons par la suite une classification de ces tranchées en fonction de plusieurs critères (taille, configuration, état de santé, couvert ou non par un revêtement ...).

Ce travail a été réalisé sur terrain en faisant le tour des routes les plus fréquentées de la ville de Guelma. Au total **34,62 km** de linéaire ont été parcouru sur des périodes discontinues sur un mois.

2. POTENTIEL DES ROUTES AFFECTEES PAR CE PHENOMENE

2.1. EMPLACEMENT DES TRANCHEES ET LEUR NOMBRE

La carte suivante représente l'emplacement des tranchées et leur nombre. Ce travail a été réalisé suite aux investigations faites sur terrain. A partir de cette carte, on remarque que presque la totalité de la ville est affectée par ce problème.

Le nombre total des tranchées compté, jusqu'à fin mars 2013, sur un linéaire de 34,62 km est de **95 tranchées**. En réalité, ce chiffre est le **double** voir le **triple** de ce qu'on a recensé au cours de notre étude car de nombreux travaux ont été multipliés ces derniers temps (depuis avril 2013) dans la ville pour faire passer le réseau Telecom (fibre optique).

Si on divise le linéaire total sur le nombre de tranchées on trouve une moyenne de 1 tranchée toutes les 364 m. Cela veut dire que l'automobiliste rencontre une tranchée toutes les 400 m environ. Ce chiffre montre que ce phénomène est très répandu dans nos villes si on généralise le cas de la wilaya de Guelma sur d'autres wilayas. Le tableau suivant présente le nombre des tranchées :

| | |
|---|--------------|
| Nombre total des tranchées | 95 tranchées |
| Nombre des tranchées transversal | 86 tranchées |
| Nombre des tranchées parallèle | 9 tranchées |

Tableau 12 : Nombre de tranchées

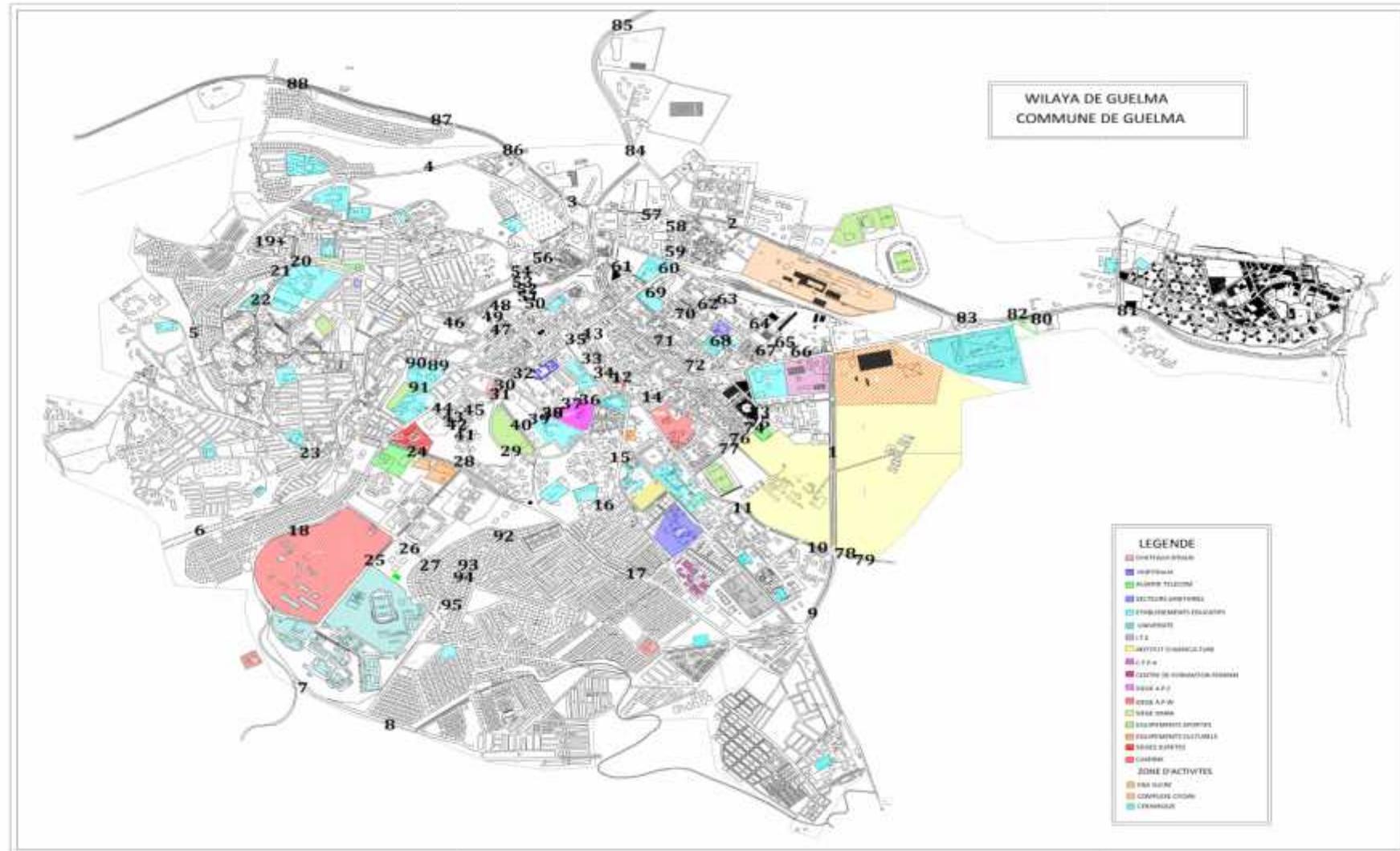


Figure 20 : Emplacements des tranchées sur la carte (Guelma)

2.2. CLASSIFICATION DES TRANCHEES EXISTANTES

2.2.1. Classification selon la configuration (parallèle /transversale)

On a 86 tranchées transversales ce qui représente environ 91% et 9 tranchées parallèles ce qui représente environ 9% du nombre totale (95 tranchées). Cela montre que les tranchées transversales affectent une grande partie des routes.

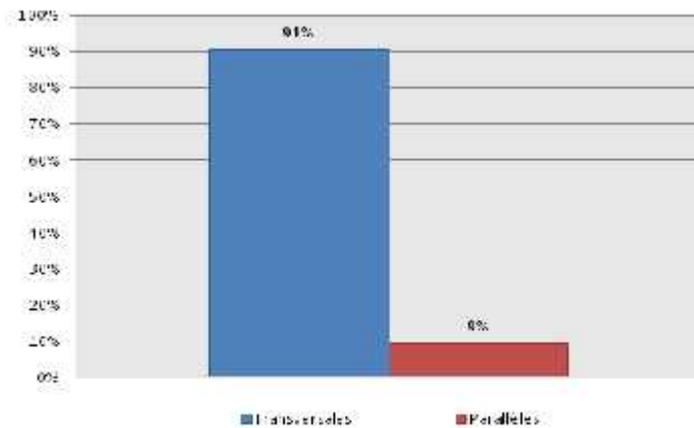


Figure 21 : Classification selon la configuration

2.2.2. Classification selon la longueur des tranchées

Les linéaires totaux des tranchées transversales et parallèles ont été calculés séparément. Les résultats montrent que les tranchées parallèles occupent la grande partie du linéaire total avec 2000m sur 2861,3 contre 861,3m pour les tranchées transversales. Ce résultat représente 69,9% de linéaire de tranchées parallèles et 30,1% de linéaire de tranchées transversales. Il faut préciser ici que les tranchées parallèles sont plus dangereuses à la route que les tranchées transversales car elles touchent une surface très grandes de la chaussées.



Figure 22 : Classification selon la longueur des tranchées

2.2.3. Classification selon la largeur des tranchées

Nous avons classé les 95 tranchées (parallèles et transversales) selon leur largeur. On a fixé trois (3) limites :

- Largeur < 0,5 m
- Largeur entre 0,5 et 1m
- Largeur > 1 m

Les résultats montrent que :

- 75 tranchées ont une largeur < 0,5 m ce qui représente environ 78% du nombre total des tranchées
- 14 tranchées ont une largeur entre 0,5 et 1m ce qui représente environ 15% du nombre total des tranchées
- 14 tranchées ont une largeur > 1m ce qui représente environ 7% du nombre total des tranchées

Cela permet de constater que les tranchées de largeur réduite englobent l'ensemble de la ville ce qui permet de dire que les petits travaux de passage de petite conduite d'eau et de gaz est la première cause de ce phénomène. Les tranchées de taille moyenne et grande sont essentiellement dues au passage du réseau d'assainissement (diamètre des conduites plus grand).

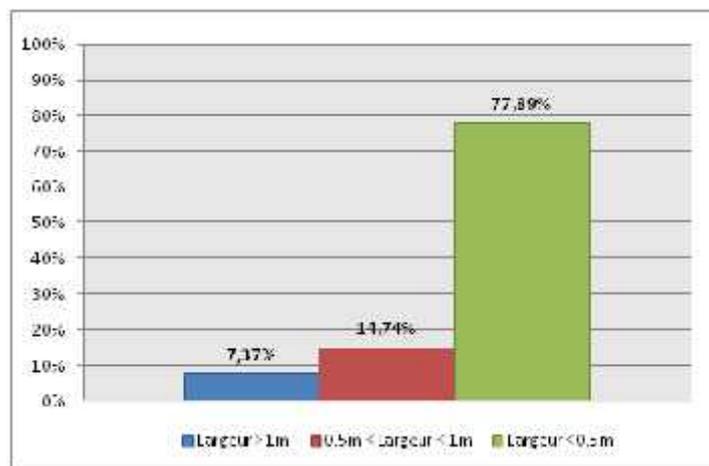


Figure 23 : Classification selon la largeur des tranchées

2.2.4. Classification selon la nature de la couche de surface

Les 95 tranchées ont été classées selon la nature de la couche de surface :

- Tranchées totalement revêtues
- Tranchées partiellement revêtues
- Tranchées non revêtues

Les résultats montrent que :

- 53 tranchées sont totalement revêtues ce qui représente environ 56% du nombre total des tranchées
- 4 tranchées sont partiellement revêtues ce qui représente environ 4% du nombre total des tranchées
- 38 tranchées sont non revêtues ce qui représente environ 40% du nombre total des tranchées

Cela montre que presque la moitié des tranchées ne disposent pas de couche de revêtement qui est nécessaire à la protection des couches inférieures. Cet indicateur permet de constater l'état déplorable des routes à l'intérieur de la ville de Guelma à cause des tranchées.

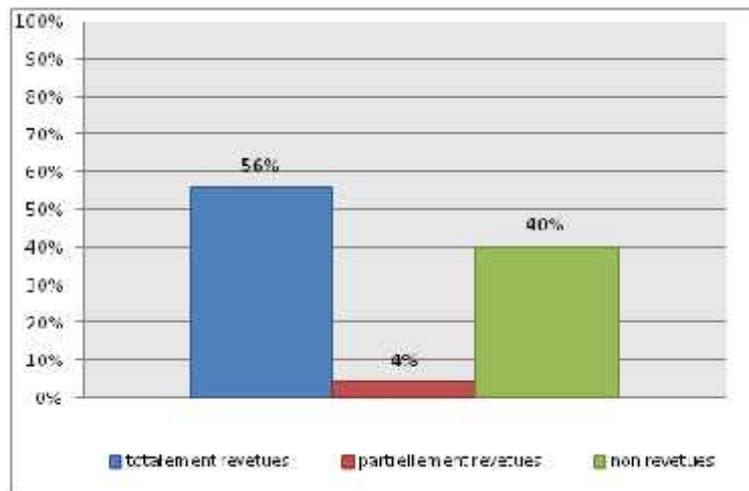


Figure 24 : Classification selon la nature de la couche de surface

2.2.5. Classification selon l'état de santé des tranchées revêtues

Nous avons regardé en détail l'état de santé des tranchées revêtues selon plusieurs critères à savoir :

- Tranchées sans défauts
- Tranchées avec bosse
- Tranchées affaissées
- Tranchées partiellement fissurées
- Tranchées fissurées

Les résultats montrent que 40% des tranchées sont fissurées et 20% sont partiellement fissurées. Cela permet de constater que près de 60% des tranchées n'ont pas été réfectionnées correctement et leur dégradation sera rapide.

Les tranchées avec bosse et celles affaissées représente ensemble près de 49% du nombre total des tranchées. Cela permet de constater que les couches inférieures de ces tranchées n'ont pas été compactées correctement lors de la mise en œuvre.

Malheureusement les tranchées sans défauts ne représentent que 6% de l'ensemble des tranchées. Ce chiffre est entièrement justifié vu la réalité du terrain dans la réalisation des tranchées.

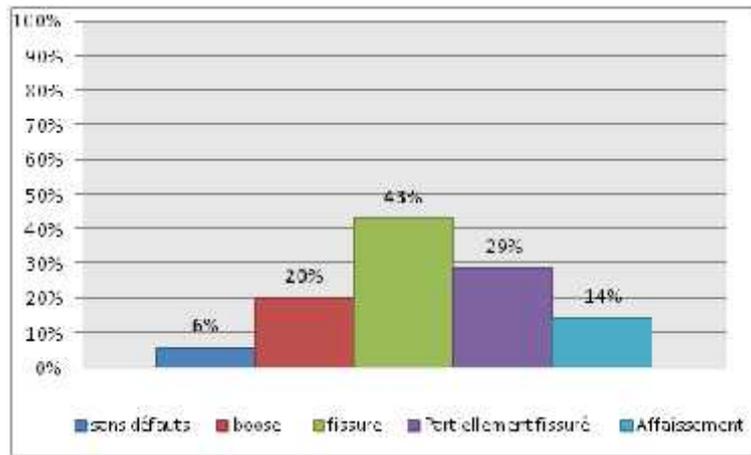


Figure 25 : Classement selon la santé des tranchées revêtues

3. CONCLUSION

Nous avons pu montrer à travers cette étude statistique l'ampleur du phénomène des tranchées dans la ville de Guelma. Les résultats obtenus montrent la gravité de la situation des routes à cause du non respect de la loi et des règles de l'art dans la réalisation des tranchées. Ces résultats peuvent être généralisés pour d'autres villes Algériennes.

Conclusion

CONCLUSION GENERALE

Ce projet de fin d'étude avait comme objectif de mener une étude sur la réalisation des tranchées en Algérie. En effet, deux aspects ont été traités dans cette étude ; techniques et administratives.

Nous avons commencé notre projet par une recherche bibliographique qui a été le cadre théorique de base pour la suite du travail. Nous avons pu réunir dans cette partie l'ensemble des informations relatives à la réalisation des tranchées telles que les méthodologies d'ouverture et de remblayage des tranchées ainsi que les matériaux utilisés et le contrôle de compactage.

Ensuite, on a fait le point sur la réglementation Algérienne pour repérer les lacunes de celle-ci. Nous avons constaté que la réglementation technique actuellement en vigueur est dépassée, elle nécessite de se mettre à jour pour suivre l'évolution des connaissances actuelles sur la réalisation des tranchées.

A travers l'étude statistique, nous avons pu montrer l'ampleur de ce phénomène pour la ville de Guelma. Nous avons constaté que la moitié de nombre de tranchées sont non revêtues et l'autre moitié revêtues se trouve dans un état déplorable.

Enfin, ce travail nous a permis d'acquérir des connaissances utiles pour la suite de notre vie professionnelle.

Références Bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 📖 Guide technique du SETRA : Remblayage des tranchées et réfection des chaussées – Mai 1994.
- 📖 Guide technique du SETRA : Etude et réalisation des tranchées – Novembre 2001.
- 📖 Guide technique du SETRA : Réalisation des remblais et des couches de forme (fascicules 1 & 2) – Juillet 2000.
- 📖 Note d'information SETRA : Remblayage des tranchées – Août 1994.
- 📖 Note d'information du STERA : Remblayage des tranchées et réfection des chaussées – Juin 2007. Compléments au guide SETRA du Mai 1994.
- 📖 NF P 94-056 : Analyse granulométrique par tamisage.
- 📖 NF P 18-598 : Equivalent de sable.
- 📖 XP P 94-105 : Contrôle de la qualité de compactage – méthode au pénétromètre dynamique à énergie variable.
- 📖 Arrêté interministériel du 10 novembre 1984 fixant les conditions et modalités d'octroi de la permission de voirie.
- 📖 Décret exécutif n° 04-392 du 18 Chaoual 1425 correspondant au 1^{er} décembre 2004 relatif à la permission de voirie.

Annexes

ANNEXES

1. Matériaux utilisables pour le remblayage des tranchées
2. Tableaux de compactage des couches de remblai
3. Tableaux de compactage des couches de roulement

1. MATERIAUX UTILISABLES POUR LE REMPLAYAGE DES TRANCHEES

Tableau 3.2 - Matériaux utilisables en remblayage de la partie inférieure de remblai

Objectif de densification q4

| Appellation selon NF P 11-300 Sols | Symbole classification GTR | Assimilation pour le compactage |
|---|--|--|
| Sols fins | A1h ; A1m ; A1s ; A2h ; A2m ; | |
| Sols sableux et graveleux avec fines | B1 ; B2h ; B2m ; B2s ; B3 ; B4h ; B4m ; B4s ; B5h ; B5m ; B5s B6h ; B6m ; | |
| Sols comportant des fines et des gros éléments | C1A1h ; C1A1m ; C1A2h ; C1A2m C2A1h ; C2A1m ; C2A2h ; C2A2m C1B2h ; C1B2m ; C1B4h ; C1B4m C1B5h ; C1B5m ; C1B6h ; C1B6m C2B2h ; C2B2m ; C2B4h ; C2B4m C2B5h ; C2B5m ; C2B6h ; C2B6m | |
| Sols comportant des fines (non argileuses) et des gros éléments | C1B1 ; C1B3 ; C2B1 ; C2B3 | |
| Sols insensibles à l'eau | D1 ; D2 ; D3 | |
| Appellation selon NF P 11-300 Matériaux rocheux | Symbole classification GTR | Assimilation pour le compactage |
| Craies | R11 ; R12h ; R12m ; R13a ; R13m | |
| Calcaires rocheux divers | R21 ; R22 ; R23 | R22 et R23 assimilés à C2B4 |
| Roches siliceuses* | R41 ; R42 ; R43 | R42 assimilé à C2B4 R43 assimilé à C1B1 |
| Roches magmatiques et métamorphiques | R61 ; R62 ; R63 ; | R62 et R63 assimilés à C2B4 |
| Appellation selon NF P 11-300 Sous-produits industriels | Symbole classification GTR | Assimilation pour le compactage |
| Cendres volantes et cendres de foyer silico-alumineuses de centrales thermiques | F2h ; F2m ; F2s | F2 assimilé à A1 |
| Schistes houillers | F31 ; F32 ; | F31 et F32 assimilés à D3 |
| Schistes des mines de potasse | F41 ; | F41 assimilé à B5 |
| Mâchefers d'incinération des ordures ménagères | F61 ; F62 ; | F61 et F62 assimilés à B4 |
| Matériaux de démolition | F71 ; | F71 assimilé à C2B4 |
| Laitiers de haut-fourneau | F8 ; | fonction du type d'obtention |
| Matériaux d'apport élaborés | Difficulté de compactage | |
| Matériaux élaborés | DC1, DC2, DC3 | |

Tableau 3.3 - Matériaux utilisables en remblayage de la partie supérieure de remblai

Objectif de densification q_3

| Appellation selon NFP 11-300 Sols | Symbole classification GTR | Assimilation pour le compactage |
|---|--|------------------------------------|
| Sols sableux et graveleux avec fines (non argileuses) | B1 ; B3 | |
| Sols comportant des fines (non argileuses) et des gros éléments | C1B1 ; C1B3 ; C2B1 ; C2B3 C1B4 ; C2B4 après élimination de la fraction fine 0/d | |
| Sols insensibles à l'eau | D1 ; D2 ; D3 | |
| Appellation selon NFP 11-300 Matériaux rocheux | Symbole classification GTR | Assimilation pour le compactage |
| Craies | R11 | |
| Calcaires rocheux divers | R21 ; R22 | R22 assimilé à C2B4 |
| Roches siliceuses* | R41 ; R42 ; | R42 assimilé à C2B4 |
| Roches magmatiques et métamorphiques | R61 ; R62 ; | R62 assimilé à C2B4 |
| Appellation selon NFP 11-300 Sous-produits industriels | Symbole classification GTR | Assimilation pour le compactage |
| Schistes houillers | F31 | F31 assimilé à D3 |
| Mâchefers d'incinération des ordures ménagères | F61 ; F62 Se référer à la réglementation pour l'utilisation | F61 et F62 assimilés à B4 |
| Matériaux de démolition | F71 | F71 assimilé à C2B4 |
| Lairiers de haut-fourneau | F8 | fonction du type d'obtention |
| Matériaux d'apport élaborés | Difficulté de compactage | |
| Matériaux élaborés | DC1, DC2, DC3 | |

2. TABLEAUX DE COMPACTAGE DES COUCHES DE REMBLAI

Objectif de densification q5

| Nature (*) | Etat (1) | Para. | PV1 | PV2 | PV3 | PV4 | PQ1 | PQ2 | PQ3 | PQ4 | PN0 | PN1 | PN2 | PN3 | PP1 | Commentaires |
|--|----------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| B1-B3-R43 C101-C103 D1 D2 D3 F31-F32 [DC1- DG2] | - | e n | 25 3 | 30 2 | 35 2 | 55 2 | 25 3 | 30 2 | 50 2 | 55 2 | 30 2 | 50 2 | 65 2 | 80 2 | 35 2 | Non argileux non très anguleux et assimilés (**) |
| C2B1-C2B3 R21-R41 R31 [DC1] | - | e n | 26 4 | 30 2 | 40 3 | 25 4 | 40 3 | 50 2 | 30 2 | 45 2 | 50 2 | 30 2 | 45 2 | 50 2 | | Non argileux très anguleux et assimilés (**) |
| B2-B4-C1B2 C1B4-F61 F62 | h | e n | 30 2 | 45 2 | 60 2 | 70 2 | 35 2 | 50 2 | 55 1 | 70 1 | 55 2 | 55 1 | 65 1 | 80 1 | 35 1 | Faiblement argileux non très anguleux et assimilés (**) sauf C1B1 à l'état s |
| | m | e n | 25 2 | 35 2 | 45 2 | 25 2 | 40 2 | 55 2 | 35 2 | 45 2 | 60 2 | 70 2 | 35 2 | | | |
| | s | e n | | | 30 3 | 40 3 | | 25 4 | 50 3 | | 25 3 | 40 3 | 50 3 | | | |
| A1-B5 C1A1-C1B5 C2A1 C2B2 C2B4-C2B5 F7-F41 F71 R22 R23 R42 R62-R63 | h | e n | | | 35 2 | 50 2 | | 25 3 | 45 2 | | 35 2 | 45 2 | 80 2 | | | Silteux ou argileux peu plastiques, et assimilés (**) sauf sols C1 ou C2 en s |
| | m | e n | | | | | | 40 3 | | 25 3 | 40 4 | 40 3 | | | | |
| | s | e n | | | | | | | | | | | | | | |
| A2-B6 C1A2 C1B6 C2A2-C2B6 | h | e n | | | | 40 2 | | | 40 3 | | | | 40 3 | 45 3 | | Matériaux Argileux |
| | m | e n | | | | | | 40 4 | | | | | | 40 2 | | |
| | s | e n | | | | | | | | | | | | | | |
| R11-R12 R13 | h, m | e n | | | | | | | | | | | | 40 4 | | Craies |

(*) Nature ou Difficulté de Compactage [DC1] pour les matériaux élaborés utilisés en technique routière.

(**) L'assimilation ne concerne que le compactage.

(1) Etat hydrique : h (humide), m (moyen), s (sec).

Remarque : La classe de compacteurs PP1 n'apparaît pas en raison des risques de dommages des conducteurs

Tableau 3 : tableau de compactage en objectif q5.

Tableau 6.1 - Modalités de compactage en partie inférieure de remblai.

Objectif de densification q_4

| Nature(*) | Etat | Para. | PV1 | PV2 | PV3 | PV4 | PQ1 | PQ2 | PQ3 | PQ4 | PN0 | PN1 | PN2 | PN3 | PP1 | PP2 | Commentaire |
|---|----------|--------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|---|
| B1-B3-R43 C1B1-C1B3 D1-D2-D3 F31-F32 (DC1-DC2) | - | e Q/L n V | 15 40 5 13 | 20 50 5 13 | 25 65 5 13 | 30 115 4 15 | 15 25 6 1.0 | 25 40 6 1.0 | 40 65 6 1.0 | 55 90 6 1.0 | 20 35 5 0.9 | 35 65 5 0.9 | 45 80 5 0.9 | 55 100 5 0.9 | 15 20 3 0.4 | 40 55 3 0.4 | Non argileux non très anguleux, et assimilés (**) |
| C2B1-C2B3 R21-R41 R61 (DC3) | - | e Q/L n V | | 15 40 5 13 | 20 50 5 13 | 25 75 5 15 | | 20 25 8 1.0 | 30 50 6 1.0 | 40 65 6 1.0 | | 20 35 5 0.9 | 30 55 5 0.9 | 40 70 5 0.9 | | 30 30 4 0.4 | Non argileux très anguleux et assimilés (**) |
| B2-B4 C1B2-C1B4 F61-F62 | h | e Q/L n V | 15 65 3 1.3 | 20 85 3 1.3 | 25 110 3 1.3 | 30 150 3 1.5 | 15 50 3 1.0 | 25 85 3 1.0 | 30 150 2 1.0 | 40 200 2 1.0 | 20 90 2 0.9 | 30 135 2 0.9 | 35 160 2 0.9 | 45 205 2 0.9 | 20 40 2 0.4 | 40 80 2 0.4 | Faiblement argileux non très anguleux et assimilés (**) (1) sauf C1Bi à l'état s |
| | m | e Q/L n V | | 15 50 4 1.3 | 20 65 4 1.5 | 25 95 4 1.5 | | 20 35 6 1.0 | 25 50 5 1.0 | 35 90 4 1.0 | 15 45 3 0.9 | 20 60 3 0.9 | 25 75 3 0.9 | 35 105 3 0.9 | 15 20 3 0.4 | 30 40 3 0.4 | |
| | s (1) | e Q/L n V | | 15 30 7 1.3 | 15 40 5 1.3 | 20 60 5 1.5 | | | 20 20 10 1.0 | 30 50 6 1.0 | | 15 25 6 0.9 | 20 30 6 0.9 | 30 45 6 0.9 | | 20 15 6 0.4 | |
| A1-B5 C1A1-C1B5 C2A1-C2B2 C2B4-C2B5 F2-F41 F71-R22 R23-R42 R62-R63 | h | e Q/L n V | | | 20 65 4 1.3 | 25 125 3 1.5 | | | 15 30 5 1.0 | 20 65 3 1.0 | | 15 45 3 0.9 | 20 60 3 0.9 | 25 75 3 0.9 | | 20 25 3 0.4 | Siltieux ou argileux peu plastiques, et assimilés (**) (1) sauf sols C1 ou C2 en s |
| | m | e Q/L n V | | | 15 40 5 1.3 | 20 60 5 1.5 | | | 15 30 5 1.0 | | 15 25 6 0.9 | 15 35 4 0.9 | 20 45 4 0.9 | | 15 15 4 0.4 | | |
| | s (1) | e Q/L n V | | | | 15 30 7 1.5 | | | | | | | | 15 25 6 0.9 | | | |
| A2-B6 C1A2-C1B6 C2A2-C2B6 | h | e Q/L n V | | | | 20 100 3 1.5 | | | | 15 30 5 1.0 | | | 15 45 3 0.9 | 20 60 3 0.9 | | 15 20 3 0.4 | Mat. argileux |
| | m | e Q/L n V | | | | 15 45 5 1.5 | | | | | | | | 15 35 4 0.9 | | | |
| | s | e Q/L n V | | | | | | | | | | | | | | | |
| R11-R12 R13 | h,m | e Q/L n V | | | | 15 45 5 1.5 | | | 15 20 8 1.0 | 20 25 8 1.0 | | 15 15 8 0.9 | 20 30 6 0.9 | 25 40 6 0.9 | | 20 15 6 0.4 | Craie |

(*) Nature ou Difficulté de Compactage (L.C.) pour les matériaux élaborés utilisés en technique routière

(**) L'assimilation ne concerne que le compactage

Voir paragraphe VI.2

Tableau 6.2 - Modalités de compactage en partie supérieure de remblai

Objectif de densification q_3

| Nature(*) | Etat | Para. | PV1 | PV2 | PV3 | PV4 | PQ1 | PQ2 | PQ3 | PQ4 | PN0 | PN1 | PN2 | PN3 | PP1 | PP2 | Commentaire |
|---|------|--------------------|-----|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----|----------------------|--|
| B1-B3 C1B1 C1B3-D1 D2-D3 F3I | | e Q/L n V | | 15 20 10 1.3 | 20 30 9 1.3 | 25 45 8 1.5 | | 15 15 10 1.0 | 20 25 8 1.0 | 30 40 8 1.0 | | 20 30 6 0.9 | 25 40 6 0.9 | 30 45 6 0.9 | | 25 15 6 0.4 | Mat. non argileux non très anguleux et assimilés (**) |
| C2B1 C2B3 R21-R41 R61 | | e Q/L n V | | | 15 25 8 1.3 | 20 40 8 1.5 | | | 15 15 10 1.0 | 20 25 8 1.0 | | 15 15 8 0.9 | 20 25 8 0.9 | 20 30 6 0.9 | | 20 10 8 0.4 | Mat. non argileux très anguleux |
| C1B4(1) C2B4 (1) R22-R42 R62 F71 | | e Q/L n V | | | 15 25 8 1.3 | 20 40 8 1.5 | | 15 15 10 1.0 | 20 20 10 1.0 | 20 30 7 1.0 | | 15 25 6 0.9 | 20 30 6 0.9 | 25 40 6 0.9 | | 20 15 6 0.4 | (1) : après élimination de la fraction fine O/d |
| R11 | | e Q/L n V | | | | | | | 15 15 10 1.0 | | | | 15 15 10 0.9 | 20 20 10 0.9 | | | Craies |
| [DC1] | | e Q/L n V | | 20 25 10 1.3 | 25 40 8 1.3 | 30 65 7 1.5 | | 20 20 10 1.0 | 30 40 8 1.0 | 35 50 7 1.0 | | 25 30 8 0.9 | 30 45 6 0.9 | 35 55 6 0.9 | | | Matériaux élaborés dont la difficulté de compactage est définie en III.3 |
| [DC2] | | e Q/L n V | | 15 20 10 1.3 | 20 30 9 1.3 | 25 45 8 1.5 | | 15 15 10 1.0 | 20 25 8 1.0 | 30 40 8 1.0 | | 15 25 6 0.9 | 25 40 6 0.9 | 30 45 6 0.9 | | | |
| [DC3] | | e Q/L n V | | | 15 20 10 1.3 | 15 30 8 1.5 | | | 15 15 10 1.0 | 20 25 8 1.0 | | 15 15 10 0.9 | 20 20 10 0.9 | 20 25 7 0.9 | | | |

(*) Nature, ou Difficulté de Compactage (DC 3) pour les matériaux élaborés utilisés en technique courante

(**) L'assimilation ne concerne que le compactage

Voir paragraphe VI.2

Tableau 6.3 - Autres modalités en partie supérieure de remblai (voir III.3)

Objectif de densification q_3

| Nature | Etat | Para. | PV1 | PV2 | PV3 | PV4 | PQ1 | PQ2 | PQ3 | PQ4 | PN0 | PN1 | PN2 | PN3 | PP1 | PP2 | Commentaire |
|--|--------|--|-----|-----|----------------------|-----------------------|-----|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----|----------------------|----------------------|-----------------------|-----|----------------------|--|
| B2-B4 C1B2 C1B4 C2B2 C2B4 F61-F62 | m s | e Q/L n V e Q/L n V | | | 15 25 8 1.3 | 20 40 8 1.5 | | 15 15 10 1.0 | 20 20 10 1.0 | 20 30 7 1.0 | | 15 25 6 0.9 | 20 30 6 0.9 | 25 40 6 0.9 | | 20 15 6 0.4 | Mat. faiblement argileux et assimilés (**) |
| A1-B5-B6 traités | m | e Q/L n V | | | | 15 20 12 1.5 | | | | | | | | 15 15 10 0.9 | | | Chantiers innovants |

(**) L'assimilation ne concerne que le compactage

Voir paragraphe VI.2

Tableau 6.4 - Modalités de compactage en assises de chaussées

Objectif de densification q_2

| Difficulté de compactage | | PV1 | PV2 | PV3 | PV4 | PQ1 | PQ2 | PQ3 | PQ4 | PN0 | PN1 | PN2 | PN3 | PP1 | PP2 | Commentaire |
|--------------------------|--------------------|-----|----------------------|----------------------|----------------------|-----|----------------------|----------------------|----------------------|-----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----|-----|---|
| [DC1] | e Q/L n V | | 15 15 12 13 | 20 25 10 13 | 30 45 10 15 | | 15 15 10 10 | 25 25 10 10 | 30 40 8 10 | | 20 25 8 0,9 | 25 30 8 0,9 | 30 40 7 0,9 | | | Matériaux de diverse natures GNI, GRH, GTLH, GB, GE |
| [DC2] | e Q/L n V | | 15 10 16 13 | 20 20 14 13 | 25 30 12 15 | | 15 10 14 10 | 20 15 12 10 | 25 25 10 10 | | 15 15 10 0,9 | 20 20 9 0,9 | 25 30 8 0,9 | | | |
| [DC3] | e Q/L n V | | | 15 10 16 13 | 20 20 16 15 | | | 15 10 14 10 | 20 15 12 10 | | | 15 15 10 0,9 | 20 20 10 0,9 | | | |

Voir paragraphe VI.2

3. TABLEAUX DE COMPACTAGE DES COUCHES DE ROULEMENT

Tableau 6.5 - Modalités de compactage en couche de roulement

| Nature | | PV1 | PV2 | PV3 | PV4 | PQ1 | PQ2 | PQ3 | PQ4 | PN0 | PN1 | PN2 | PN3 | PP1 | PP2 | Commentaire |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| Béton bitumineux de type entretien | e | | 8 | 8 | 8 | | | 8 | 8 | | | | | | | Le nombre de passes ne change pas avec l'épaisseur |
| | Q/L | | 7 | 13 | 24 | | | 6 | 10 | | | | | | | |
| | n | | 14 | 8 | 5 | | | 14 | 8 | | | | | | | |
| | V | | 1.3 | 1.3 | 1.5 | | | 1.0 | 1.0 | | | | | | | |

Voir paragraphe VI.2

Tableau 6.6 - Modalités de compactage pour les enduits superficiels

| Type d'enduit | Nombre de passes |
|---------------------------------|--|
| Monocouche | 3 à 5 passes |
| Monocouche double gravillonnage | 1 passe sur le 10/14 pour l'incruster puis compactage du 4/6 |
| Bicouche | 1 passe sur la première couche, 3 à 5 passes sur la deuxième |

Le compactage s'effectue à l'aide d'un compacteur à bandage lisse, non vibrant pour éviter l'écrasement des grains.