

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed khider –Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie civil et d'Hydraulique
Référence :/2020



جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية و الري
المرجع/2020

Mémoire de Master

Filière : Travaux publics

Spécialité : voies et ouvrages d'art

Thème

**Etude et Suivi de réalisation d'un tronçon routier à Alger
(liaison Oued Ouchayah – Ben ghazi)**

Nom et Prénom de l'étudiant :

Bouzidi Aissa Amine

Encadreur :

Dr. KHELIFA Tarek

Année universitaire : 2019 – 2020

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le Tout-Puissant et miséricordieux qui m'a donné la force et la patience d'accomplir ce travail.

En second lieu, mon encadreur monsieur "**KHLIFA TAREK**" pour tous les efforts qu'il a fourni pour me faciliter et aider à accomplir mon travail je le remercie pour ces conseils avisés qui ont rendu ce travail possible.

Nos remerciements de reconnaissance vont adresser au m'ombre de jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Mes remerciements vont aussi à la direction de travaux publics de la wilaya d'Alger "**DTP d'Alger**", et à l'entreprise "**ENGOA**" et l'ensemble de son personnel administratif.

Également nos vifs Remerciements au personnel administratif de la Faculté et à tous personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce Modeste travail durant toute notre formation.

Bouzidi Aissa Amine

Dédicace

Je dédie ce travail à la noble et à la merveilleuse étoile à moi à celle que je dois la vie grâce à elle que j'existe aujourd'hui à celle qui m'a tout donner et appris à « **ma mère** » j'aurais aimé que vous soyez présente que Dieu ait ton âme à sa sainte miséricorde.

A mon premier ami à mon précieux le plus beau et bon de tous « **mon père** » Puisse Dieu le Très-Haut vous accorder santé bonheur et longue vie.

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formuler le fruit de vos innombrables sacrifices; bien que je ne vous en accueillerai jamais assez.

A mes chers frères : Islam et Aymen.

A mes chères sœurs : Lina, Maria et Ilhem.

À mes chers amis : Aymen, Djafar, Ismail et Mouhamed.

A tous ceux qui m'ont aidé à faire ce modeste travail « Mme. AKROUR et Dembri » Et à ma famille de près et de loin.

A toute la promotion VOA 2020.

Bouzidi Aissa Amine

RESUME

Le présent travail se propose d'aboutir à une étude complète d'un tronçon routier il s'agit de la **liaison Oued Ouchayah – Ben ghazi** sur environ de 2 km.

Nous avons eu l'opportunité de réaliser un stage pratique et de suivre l'ensemble du projet jusqu'au moment de son lancement. (Inauguration)

Ce projet, dans ses grandes phases, est constitué de :

- ✚ La conception géométrique de la route (Trace en plan, profil en long et profil en travers par logiciel AutoPISTE).
- ✚ La conception structurale (composée de l'étude du trafic et dimensionnement de la Chaussée).
- ✚ Etude géotechnique.

ملخص

إن هذا العمل يهدف إلى تحقيق دراسة كاملة من مقطع الطريق و يتعلق بالطريق الرابط بين وادي أوشايح و بن غازي على مسافة 2 كم تقريبًا.

لقد أتاحت لنا الفرصة لإجراء تدريب عملي ومتابعة المشروع بأكمله حتى لحظة إطلاقه . (افتتاح)

يتكون هذا المشروع من مراحل الرئيسية:

- ✚ التصميم الهندسي للطريق (الإسقاط الأفقي المقطع الطولي و المقطع العرضي بواسطة برنامج (AUTOPISTE)
- ✚ التصميم الهيكلي (يتكون من دراسة حركة المرور وقياسات حجم الطريق)
- ✚ دراسة جيوتقني

SOMMAIRE

RESUME

INTRODUCTION GENERAL	1
----------------------------	---

CHAPITRE I : Présentation du projet

I .1. Introduction	2
I .1. Contexte du projet	2
I .2.Présentation de projet	4
I .3.Aperçu de la wilaya d'Alger	6
I .4. LES INTERVENANTS SUR LE PROJET	9

CHAPITRE II : Etude de trafic

II .1.Introduction	13
II .2.Le trafic routier	13
II .3.Les classes de trafic	13
II .4.Les différents types de trafic	14
II .5.Analyse de trafic	14
II .6.La capacité pratique	16
II .7.Le trafic moyen journalie futur	16
II .8.Trafic effectif	17
II .9.Débit de point horaire normal	18
II .10.Débit horaire admissible	18
II .11.Détermination de nombre de voies	20
II .12.Calcul de l'année de saturation	20

CHAPITRE III Dimensionnement de chaussée

III.1. INTRODUCTION :	21
III.2. DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEES :	21
III.3. FACTEURS POUR LES ETUDES DE DIMENSIONNEMENT	24
III.4. PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT	25
III.5. APPLICATION AU PROJET	27
III.6.Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support.....	33
III.7. Conclusion.....	38

CHAPITRE IV : Etude Géométrique

IV.1. Introduction	39
--------------------------	----

IV .2. TRACE EN PLAN.....	39
IV .2.1 . Définition	39
IV .2.2 Règles et principes de trace en plan.....	39
IV.2.3 Choix de la catégorie	39
IV.2.4 Géométrie en plan.....	40
IV .2.5. Tableau description du tracé en plan proposé.....	41
IV.3. Profil en long	42
IV .3.1. Définition	42
IV .3.2. Règles du profil en long.....	42
IV .3.3. Caractéristiques du profil.....	42
IV .3.4. Conclusion	43
IV.4.Profil en travers.....	44
VI.4.1. Définition	44
VI .4.2.LES défèrent type du profil en travers : (ICTAAL 2000).....	44
VI.4.3.Les éléments de profil en travers	44
VI.4.4 .Profil en travers type du notre projet	47

CHAPITRE V : ANALYSE DU RESULTAT DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE

V.1. Introduction	48
V. 2.Objectif de l'étude géotechnique	48
V.3.CONTEXTE GEOLOGIQUE	48
V.4. PROGRAMME DE RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE	50
V.5. RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE	62
V.6. Résultats des essais de laboratoire	66
V.7. Classification selon GTR (Guide des Terrassements Routiers)	72
V.8. Conclusion	80
V.9.Coupes lithologiques et photo.....	80

CHAPITRE VI : Plan De Signalisation

VI .1. Introduction.....	97
VI .2.Type de signalisation.....	97
VI .3.Dispositif de retenue	102

CHAPITRE VII : Suivi de réalisation du tronçon routier

VII. 1.Introduction	104
VII. 2.Son organigramme	104
VII.3.Réalisation	106
VII. 3.1 TOUT VENANT DE CARRIERE 0/150mm	106
VII.3 .2 GRAVE NON TRAITÉE (GNT) 0/40	110
VII. 3.3 GRAVE BITUME (GB) 0/20	116

VII. 3.4 BETON BITUMINEUX (BB) 0/14	122
---	-----

VII.4 Contrôle	130
-----------------------------	------------

Devis Quantitatif et Estimatif
Conclusion général
Bibliographie
Annexe

LISTE DES FIGURES

Figure. I.1 : Communes limitrophes de baraki	6
Figure. I.2 : Réseau routier de la wilaya d'Alger	8
Figure. II.1 : Exemple de répartition horaire des flux routiers	15
Figure .II.2 : Exemple de répartition horaire des vitesses moyenne	16
Figure .III.1 : type de chaussée	23
Figure .III.2: la démarche catalogue	27
Figure.III.3 : le corps de chaussée	29
Figure.III.4 : les zones climatiques	32
Figure.III.5 : Choix d'une structure de dimensionnement suivant le catalogue Algérien	33
Figure IV.4.1: les éléments du profil en travers (ICTAAL 2000)	44
Figure IV.4.2: Exemple du terre-plein central (TPC)	46
Figure IV.4.3: Profils en Travers type de L' autoroute en 2×3 voies	47
Figure V.1: Essai pressiométrique	51
Figure V.2 : Courbe Pressiométrique	52
Figure V.3 : Essai équivalent de sable	54
Figure V.4: la Boite de Casagrande	57
Figure VI.1 : Les lignes de délimitation de voies dans le tracé	99
Figure VI.2 : Les lignes longitudinales (source S -H partie 1-7)	99
Figure VI.3 : Schéma de marquage avec hachures	100
Figure VI.4: séparateur en béton	103
Figure VI.5 : glissière de sécurité	103

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II.1 : classe des véhicules	13
Tableau II.2 : classes de trafic	14
Tableau II.3 : Trafic moyen journalier annuel (v/j)	17
Tableau II.4 : Coefficient d'équivalence (P)	17
Tableau II.5 : Valeurs du coefficient (K1)	18
Tableau II.6 : Valeurs du coefficient (K2)	19

Tableau II.7 : Valeurs de la capacité théorique (Cth).....	19
Tableau II.8 : résultats du calcul de trafic.....	20
Tableau III.1 : Les valeurs des coefficients d'équivalence.....	26
Tableau III.2 : Répartition de trafic.....	27
Tableau III.3 : la classification des réseaux principaux.....	30
Tableau III.4 : Classe de trafic.....	30
Tableau III.5 : détermination de la classe du sol support de chaussée (Si).....	31
Tableau III.6: Sur classement avec couche de forme en matériau mon traité.....	31
Tableau III.7 : température équivalente.....	32
Tableau IV.2.1: Valeurs extrêmes des alignements droits du tracé en plan (source ICTAAL 2000)....	40
Tableau IV.2.2: Valeurs minimales des rayons du tracé en plan (source ICTAAL2000)....	41
Tableau IV.3.1: Valeurs limites des paramètres du profil en long (ICTAAL2000).....	43
Tableau IV.4.1: Profil en travers type proposé.....	47
Tableau V.1 : qualité de sable en fonction Es.....	54
Tableau V.2: Degré de plasticité (suivant la norme P 94-011).....	55
Tableau V.3 : Valeur du bleu de méthylène (norme P 94-068).....	60
Tableau V.4: résultats des essais d'identification «sondage ».....	67
Tableau V.5: résultats des essais d'identification «puits».....	69
Tableau V.6: Résultats des analyses chimiques des sols.....	71
Tableau V. 7 : Classification des matériaux utilisés pour la construction des remblais (classe A).....	72
Tableau V. 8 : Sous classe des matériaux utilisés pour la construction des remblais(A2)	73
Tableau V.9: représente le code E G W T R C H.....	76
Tableau VI.1 : Les caractéristiques de tous les types des lignes adoptées.....	98
Tableau VI. 2 : Les caractéristiques des lignes discontinues.....	99
Tableau VI.3: Panneaux de signalisation verticale.....	100
Tableau VI.4 : Implantation de la signalisation directionnelle sur une sortie.....	101
Tableau VI.5 : Signalisation des bretelles de sorties (diffuseurs).....	102
Tableau VII.1 : fuseaux de spécification (0 /150) de GNT (0 /150).....	106
Tableau VII.2 : Fuseaux de spécification 0/40 de GNT 0/40.....	111
Tableau VII 3 : Les spécifications des granulats de La graves-bitumes 0/20.....	116
Tableau VII.4 : Fuseau de spécification 0/20 de la GB (0/20).....	117
Tableau VII.5 : Valeurs usuelles du module de richesse.....	117
Tableau VII.6: performances mécaniques de graves bitumes 0/20	117
Tableau VII.7 : spécifications des granulats de BB 0/14.....	123
Tableau VII. 8 : Fuseau 0/14 de la BB (0/14).....	123

Tableau VII. 9: Valeurs usuelles du module de richesse.....	124
Tableau VII. 10 :performances mécaniques de béton bitumineux0/14.....	124
Tableau VII. 11 : Fuseau spécifique 0/14 de la BB (0/14) « CONTROL KUMAGAWA ».....	137

LISTE DES PHOTOS

Photo. I.1 : Situation du projet	3
Photo. I.2 : représentation du tronçon à étudier.....	3
Photo I.3: lot ouvrage d'art	4
Photo I.4: lotroute.....	5
Photo II.1 : Localisation des postes d'enquêtes et de comptages.....	15
Photo.III.1 : modélisation par alizé LCPC.....	36
Photo.III.2 : résultat de la simulation	36
Photo.III.3: résultats Alizé de la modélisation optimisée	37
Photo V.1 : Plan de situation du tracé.....	49
Photo V.2 : Limite de liquidité	56
Photo V.3 : Appareil Odométrique.....	57
Photo V.4 : Essai Proctor	58
Photo V.5 : Presse CBR.....	59
Photo V.6 : Essai au bleu de méthylène	60
Photo V.7 : Essai LOS ANGELES	61
Photo V.8 : Essai Micro Deval	61
Photo V.9 : Coupes lithologiques des sondages carottés « SC1 ».....	83
Photo V.10 : Coupes lithologiques des sondages carottés « SC2 »	87
Photo V.11 : Puits «N1 »	88
Photo V.12 : Puits « N2	89
Photo V.13 : Puits « N3 »	90
Photo V.14 : Puits « N4 »	91
Photo V.15 : Puits « N5 ».....	92
Photo V.16 : Puits « N6 »	93
Photo V.17 : Puits « N7 ».....	94
Photo V.18 : Puits « N8	95
Photo V.19 : Puits « N9»	96
Photo VI.1: Signalisation de direction	101
Photo.VII .1 : livraison de tout venant de carrière «TVC»	108
Photo.VII.2 : l'étalement de matériaux «TVC»	108

Photo .VII.3 : Opération de compactage «TVC»	109
Photo .VII.4 : humidification de matériaux «TVC»	109
Photo.VII. 5 : les deux types de compacteurs	110
Photo.VII.6 : livraison de la Graves non traitées «GNT»	113
Photo.VII.7: humidification de matériaux «GNT»	114
Photo.VII.8 : nivellement du produits «GNT»	115
Photo .VII.9 : Opération de compactage «GNT»	115
Photo .VII.10 : les différents types de gravier pour le « GB »	119
Photo .VII.11 : les différents types de bitume	119
Photo .VII.12 : les trémies « prédoseurs »	120
Photo .VII.13 : un tapis convoyeur	120
Photo .VII.14 : Opération de séchage et de malaxage	121
Photo .VII.15 : chargement du « GB ».....	121
Photo .VII.16: La mise de la couche d'imprégnation	122
Photo .VII. 17 : les différents types de gravier pour le « BB »	126
Photo .VII .18 : les différents types de bitume.....	126
Photo .VII .19 : chargement du « BB ».....	127
Photo .VII .20 : l'arrosage de surface	127
Photo .VII. 21 : Émulsion de bitume « couche d'accrochage ».....	128
Photo .VII. 22 : la mise de la couche de roulement « BB »	128
Photo .VII. 23 : Opération de compactage «Compacteur pneumatique »	129
Photo .VII. 24 : la finition avec le compacteur « cylindrique »	129
Photo .VII.25 : L'appareil Trans Tech model SDG 200.....	130
Photo .VII.26 : Control sur site	131
Photo .VII.27 : résultat d'opération.....	132
Photo .VII.28 : operation de contrôle visuel.....	133
Photo .VII.29 : remède du défaut	133
Photo .VII .30 : Appareil KUMAGAWA.	134
Photo .VII .31 : Quartage de l'échantillon	135
Photo .VII .32 : Pesage de la cartouche vide	135
Photo .VII.33 : Pesage de la cartouche pleine	136
Photo .VII.34: diagnostic de l'échantillon.....	136

Introduction Général

Le développement des voies de communication constitue un instrument incontournable de toute politique d'aménagement du territoire et de développement d'un pays, Le trafic routier connaît une évolution rapide et une forte croissance nécessitant des aménagements plus appropriés pour endiguer le phénomène de congestion que connaît le réseau aujourd'hui.

La route fait partie d'un système technique : son tracé, sa construction, son entretien et son exploitation font appel à des considérations politiques, économiques et financières, à des connaissances et des techniques variées et variables au cours du développement des sociétés qui les créent et les utilisent.

L'Algérie a connu une forte croissance de sa population depuis son indépendance, nécessitant davantage de développement des grandes infrastructures de base, surtout de transport, pour répondre aux besoins exprimés par la population. Le trafic routier représente plus de 85% du secteur de transport.

L'idée de ce projet est déjà apparue dans les années 98, le projet a été bloqué cause de bidonvilles construits aux abords de l'oued suite à la baisse du prix du pétrole .

Dans mon projet fin d'étude, j'ai trouvé une bonne occasion pour améliorer mes compétences et intégrer le milieu et découvrir le métier de travaux publics dans le monde professionnel par l'étude d'un projet de grande envergure.

Le projet faisant l'objet du présent mémoire et qui s'intitule : **Etude et suivi de réalisation d'un tronçon routier à Alger (liaison Oued Ouchayah – Ben ghazi) .**

CHAPITRE I :

PRESENTATION DE PROJET

I.1. Introduction

Étant donné que les voies de communications sont aujourd'hui les sources même du développement d'un pays, les recherches et les études sur les tracés linéaires (routes, autoroutes,...) ont pris une importance considérable à travers le monde.

Ce chapitre porte sur une description générale sur l'état de lieux du projet en question et livre quelques informations sur l'aspect environnemental du projet **liaison oued ouchayah – ben ghazi**

I.1. Contexte du projet :

I.1.1. Description générale :

Le projet de réalisation de la **liaison Oued Ouchayah – Ben ghazi** s'inscrit dans le cadre du développement du réseau routier au niveau de la capitale, il répond à un besoin en matière de fluidité du trafic occasionné par la forte intensité de la circulation routière que drainent les différents axes routiers : Radiale Oued Ouchayah, Route Nationale n°38, Baraki et Ben ghazi.

La réalisation de ce projet va assurer :

- Une liaison directe et rapide entre la Radiale Oued Ouchayah et Benghazi,
- Les échanges des flux de circulation entre les différents axes routiers tout en assurant une meilleure fluidité du trafic,
- Raccordement de l'axe principal autoroutier vers Blida (A1)
- Bretelle Blida vers Dar El Beida
- Bretelle sens Oued Ouchayah vers Baraki
- Raccordement de l'axe principal autoroutier vers Oued Ouchayah
- Bretelle d'accès Oued Ouchayah vers RN38
- Bretelle d'accès Dar El Beida vers Oued Ouchayah
- Le désengorgement de la RN38 actuellement saturée par le trafic poids lourds se dirigeant et en provenance de l'Ouest d'Alger



Photo. I.1 : Situation du projet

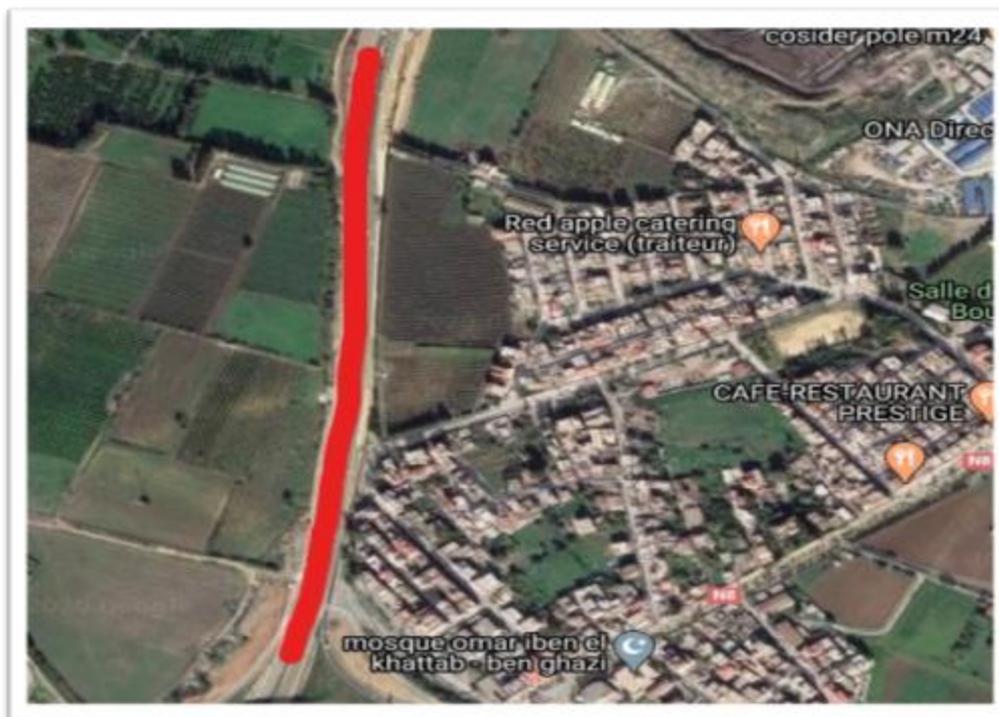


Photo. I.2 : représentation du tronçon à étudier

I.2.Présentation de projet :

Le projet consiste en la réalisation du lot ouvrage d'Art et lot Route :

I .2.1.CONSISTANCE PHYSIQUE DU PROJET :

- **A / lot ouvrage d'art**



- Deux ouvrages en poutres d'une longueur totale de 2 x 920 ml
- Deux ouvrages métalliques d'une longueur totale de 2 x 92 ml.
 - ◆ Longueur du tablier : 2 x 1.260 ml
 - ◆ Profil en travers pour chaque viaduc : 03 voies + BAU + trottoirs (16 mètres)
 - Chaussée de 10.50 m + BAU de 2.50 m+ Trottoir (2 x 1.50m)



Photo. I.3 : lot ouvrage d'art

- B / lot route:



- Longueur du tracé routier : 2 Km.
- Travaux de terrassement en grande Masse :
- Déblais en Masse = 123 000 m³
- Remblais = 34 500 m³
 - ◆ Profil en travers et de : 03 voies + BAU + TPC
 - Chaussée de 10.50 m + BAU de 2.50 m + TPC de 2 m



Photo. I.4 : lot route

I.3.Aperçu de la wilaya d'Alger :

I.3.1.Localisation :

Alger est la capitale de l'Algérie. Elle se trouve sur la côte méditerranéenne du pays. La Wilaya est limitée par la mer Méditerranée au Nord, la Wilaya de Blida au Sud, la Wilaya de Tipaza à l'Ouest et la Wilaya de Boumerdes à l'Est.

Le relief se caractérise par trois zones longitudinales: Le Sahel, le littoral et la Mitidja.

Le territoire de la Wilaya d'Alger s'étend sur une superficie de 1190 km² et compte

- Nombre de circonscriptions administratives : 13, dirigées par des Walis délégués.

: le daïra de Bab El-Oued, le daïra de Baraki, le daïra de Bir Mourad Raïs, le daïra de Birtouta, le daïra de Bouzareah, le daïra de Cheraga, le daïra de Dar El Beïda, le daïra de Draria, le daïra d'El Harrach, le daïra de Hussein Dey, le daïra de Rouïba, le daïra de Sidi M'Hamed...

La wilaya d'Alger gère un parc roulant public et privé pour le transport de voyageurs et de marchandises, et est desservie par plusieurs routes nationales:

- Route nationale 1: RN1 (Route de Tamanrasset).
- Route nationale 5: RN5 (Route de Constantine).
- Route nationale 8: RN8 (Route de Bou Saâda).
- Route nationale 11: RN11 (Route d'Oran).
- Route nationale 24: RN24 (Route de Bejaïa).
- Route nationale 36: RN36 (Route de Daly Ibrahim).
- Route nationale 38: RN38 (Route de Bourouba).
- Route nationale 41: RN41 (Route de Sidi Fredj).
- Route nationale 61: RN61 (Route de Boufarik).
- Route nationale 63: RN63 (Route de Zéralda).
- Route nationale 67: RN67 (Route de Hadjout).
- Autoroute Est-Ouest.

I.3.2.Localisation de la commune de baraki :

Baraki est située à environ 14 km au sud-est d'Alger et à 35 km au nord-est de Blida.



Figure I.1 : Communes limitrophes de Baraki

Principaux quartiers et cités de la commune :

- El-Merdja
- Menaceria
- Bentalha: anciennement *Saint Raphaël*
- BENGHAZI

I.3.3. Les coordonnées géographiques d'Alger :

Latitude : 36°45'08" Nord

Longitude : 3°02'31" Est

L'altitude par rapport au niveau de la mer : 186 m

A / Démographie :

Selon le recensement de 2008, la population de la wilaya d'Alger 2 988 145 habitants contre 2 561 992 en 1998

La fin de 2015 la Population total (Hbt) : 3 154 792

Dont: Masculin (Hbt) : 1 585 268

Féminin (Hbt) : 1 569 524

Taux d'accroissement moyen annuel (1998/2008) : 1,60%

Densité de population (hbt/km²) : 3 900

Population active : 1 379 004

Population occupée : 1 311 993

B/CLIMAT :

La ville d'Alger bénéficie d'un climat tempéré chaud. La pluie dans Alger tombe surtout en hiver, avec relativement peu de pluie en été. D'après Koppen et Geiger, le climat y est classé Csa (conseil supérieur de l'audiovisuel).

La température moyenne annuelle à Alger est de 17.7 °C. Chaque année, les précipitations sont en moyenne de 707 mm

C /Transport :

I.4. LES INTERVENANTS SUR LE PROJET :

- Entreprise de réalisation : Entreprise **ENGOA**,
- Contrôle conformité et qualité : - **BET SAETI** et Laboratoire **LCTP**.

I.4.1. Entreprise Nationale des Grands Ouvrages d'Art



Un leader national Avec pour objet social, l'étude de la réalisation d'ouvrages d'art de toute nature ainsi que les travaux de génie civil s'y reportant l'Entreprise **Nationale des Grands Ouvrages d'Art (ENGOA)** est un des premiers opérateurs algériens dans le secteur des travaux publics

Aujourd'hui

Aujourd'hui, **l'ENGOA** est associée à tous les projets phares il est nombreux dans le domaine des travaux publics

Avec son expérience , elle est non seulement un des éléments clés de la réalisation des mégas chantiers de l'Algérie mais un acteur majeur de la mutation que connaît le transport urbain pour absorber la croissance continue du flux automobile dans les grandes villes et réduire les contraintes et engorgements tout en préservant l'environnement urbain l'ENGOA a étendu sa maîtrise aux ouvrages en milieu fermé les trémies réalisées sur le territoire national (Alger , Oran, Constantine) sont là pour témoigner des capacités d'adaptation de l'entreprise aux défis de la ville avec plus de 500 ouvrages de différentes conceptions a son actif dont plus de 10 (PRCNTG) des projets majeurs ces dix dernières années **l'ENGOA** par sa fiabilité et son histoire est a coup sur un partenaire incontournable du développement du pays notamment dans le domaine des voies de communications un partenaire d'autant plus présent auer l'entreprise a acquis un savoir-faire inégalé dans son domaine tant par ses collaborations avec des opérateurs internationaux qu'avec les procédés développés par ses propres ingénieurs

Un savoir-faire algérien

- Le savoir-faire de l'ENGOA qui intervient partout dans le pays recouvre aujourd'hui un vaste panel d'ouvrages :
- Ponts poutres en béton précontraint ou en béton armé
- Ponts à dalle en dalle en béton précontraint
- Ponts à culées en terres armée
- Ponts à caisson ou à poutres métalliques
- Ponts ars

- Viaducs en béton précontraint construits en encorbellements successifs coulés sur place ou préfabriqués
- Ouvrages totalement préfabriqués ou en optica-dre (trémies)

Une entreprise publique au sens propre du terme

A l'ENGOA la philosophie qui nous anime ne concerne pas uniquement la technicité le savoir-faire ou le respect des délais comme cela a été le cas pour plusieurs projets nous avons une approche globale ou la maîtrise des couts est un élément important sur nombre d'ouvrages d'art réalisés par l'ENGOA nous avons proposé des devis inférieurs à ceux qui nous étaient impartis ainsi nous avons bâti des liens tout en faisant faire des considérons que cela fait partie de notre mission de bâtisseurs dans un pays a de gros besoins en infrastructures et dont les capacités de financement ne sont pas illimitées ENGOA est dans ce sens une entreprise publique au sens propre du terme !

I.4.2. La Société Algérienne D'Études D'Infrastructures



La société Algérienne d'études d'infrastructures par abréviation «SAETI» est un bureau d'étude d'ingénierie en infrastructure de transport (Routes, autoroutes, aéroport, et chemin de fer).

I. Ses missions :

Les domaines de compétences du bureau d'études SAETI couvre les filières relevant des études de conception, de l'assistance technique aux maitres d'ouvrages, du contrôle suivi des travaux de réalisation des infrastructures de transport.

II. Domaines d'Activités

Il s'agit principalement des :

Routes, autoroutes et ouvrages d'art (viaducs, ponts, trémies,...)

- Aéroports ;
- Chemins de fer.

Ces activités font appel à une pluridisciplinarité sectorielle obéissant à une méthodologie de travail qui couvre des spécialités des distances et variées parmi lesquelles il convient de citer :

- **La topographie** : consistant à élaborer des présentations graphiques et cartographies des reliefs naturels et artificiels de la surface où l'infrastructure est projetée.
- **La géométrie** : étudiant l'ensemble des points, lignes, droites, courbes, surface, et volumes qui forment un plan, appelé aussi « tracés », de l'infrastructure future.
- **La géologie et géotechnique** : analysant les matériaux et la composition des couches externes de la terre ainsi que leurs implications dans la construction de l'infrastructure.
- **L'hydraulique et l'hydrologie** : étudiant l'écoulement des liquides, leur propriété et leurs circulations sur le périmètre de l'infrastructure projetée ou existante.
- **L'économie des transports et trafic** : calculant la rentabilité du projet, le flux et la fréquence du mouvement des usagers (véhicules tous types, marchandises et personnes) sur les moyen et long termes.
- **L'environnement** : analysant l'ensemble des impacts que peuvent engendrer la réalisation de l'infrastructure sur la faune, la flore ainsi que d'un point de vue social.
- **L'élaboration des dossiers d'appels d'offres** : Pour le choix des entrepreneurs et les entreprises de réalisations.

I.4.3. Laboratoire Central des Travaux Publics

/ LCTP :



Le Laboratoire **LCTP** a pour mission d'intervenir dans les domaines des Travaux Publics et du Bâtiment, il est notamment chargé de :

- Réaliser, la demande, toutes les investigations (sondage et essais in situ), tous les essais de laboratoire sur les matériaux ainsi que toutes études géologiques et géotechniques des infrastructures routières, aéroportuaires, hydrauliques, maritimes et ferroviaires et des constructions de génie civil.
- Effectuer les prestations de contrôle qualitatif et d'expertise de signalisation et des équipements routiers.
- Réaliser, la demande, toutes les investigations (sondage et essais in situ), tous les essais de laboratoire sur les matériaux ainsi que toutes études géologiques et géotechniques des infrastructures routières, aéroportuaires, hydrauliques, maritimes et ferroviaires et des constructions de génie civil.
- Effectuer les prestations de contrôle qualitatif et d'expertise, de conformité, de production, de fabrication et de mise en œuvre matériaux utilisés dans les constructions routières, ferroviaires et des édifices en génie civil.

- Effectuer les prestations de contrôle qualitatif et d'expertise de signalisation et des équipements routiers.

L'activité du L.C.T.P se répartit comme suit :

- Contrôle de travaux 53%
- études de géotechnique routière 12%
- études de sol pour Ouvrages d'art 7%
- études de sol pour divers Bâtiments 21%
- Divers (Essais Isoles, Auscultations etc.) 6%

CHAPITRE II :

ETUDE DE TRAFIC

II .1.Introduction

L'étude de trafic est une étape fondamentale en amont de toute réflexion relative à l'aménagement qui convient et aide à la détermination des caractéristiques à y affecter depuis le nombre de voie jusqu'à l'épaisseur des différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée.

Cette étude permet de déterminer le type d'aménagement correspondant depuis le simple traitement d'un carrefour jusqu'à la grande liaison autoroutière.

II .2 Le trafic routier :

- *Définition :*

C'est l'ensemble des véhicules qui passent dans une unité de temps sur la route. Les véhicules routiers sont : les automobiles, les tracteurs, les camions, les cycles, les motocycles etc.

Les véhicules sont classés comme suit :

Classe	Nature des véhicules.
P1	Véhicules particuliers
P2	Véhicules utilitaires (camionnettes)
P3	Bus
P4	Camions à deux essieux
P5	Camions à trois essieux
P6	Véhicules articulés (à remorques)

Tableau II.1 : classe des véhicules

II .3.Les classes de trafic :

Le trafic est établi par des pointages périodiques et continus. L'accroissement du trafic pose des problèmes très complexes et intervient surtout pour la détermination des caractéristiques de profils en travers et du dimensionnement du corps de chaussées (donc la résistance de la chaussée).

Pour les calculs de trafic, les poids lourds dont la charge utile est supérieure à cinq (05) tonnes sont pris en considération et les classes de trafic sont définies dans le tableau ci-après :

Classe	Trafic (PL/Jour) sur la voie la plus chargée
T0	750 à 2000
T1	300 à 750
T2	150 à 300
T3	50 à 150
T4	25 à 50
T5	0 à 25

Tableau II.2 : classes de trafic

II .4.Les différents types de trafic :

- **Trafic normal** : C'est un trafic recensé sur l'itinéraire de la route avant son aménagement à une année donnée ;
- **Trafic dévié** : C'est le trafic dévié sur d'autres itinéraires considérant le faible niveau de service offert par la route avant aménagement ;
- **Trafic induit** : C'est le nouveau trafic attiré suite à l'amélioration du niveau de service de la route aménagée ;
- **Trafic total** : Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic normal, induit et du trafic dévié.

II .5.Analyse de trafic :

Cette analyse est réalisée par différents procédés complémentaires à savoir :

- **Le comptage manuel** :
Il est réalisé par les agents qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage du poids lourd et les transports en communs par rapport au trafic global.
- **Le comptage automatique: (appareil MetroCount 5600)** :
Le compteur de trafic routier **MC 5600** est relié à 1 ou 2 tubes pneumatiques tendu en travers de la chaussée.
Le fichier d'horodate des impacts des essieux des véhicules permet d'analyser la catégorie, la vitesse, la distance inter véhicules, la période d'agrégation des données .

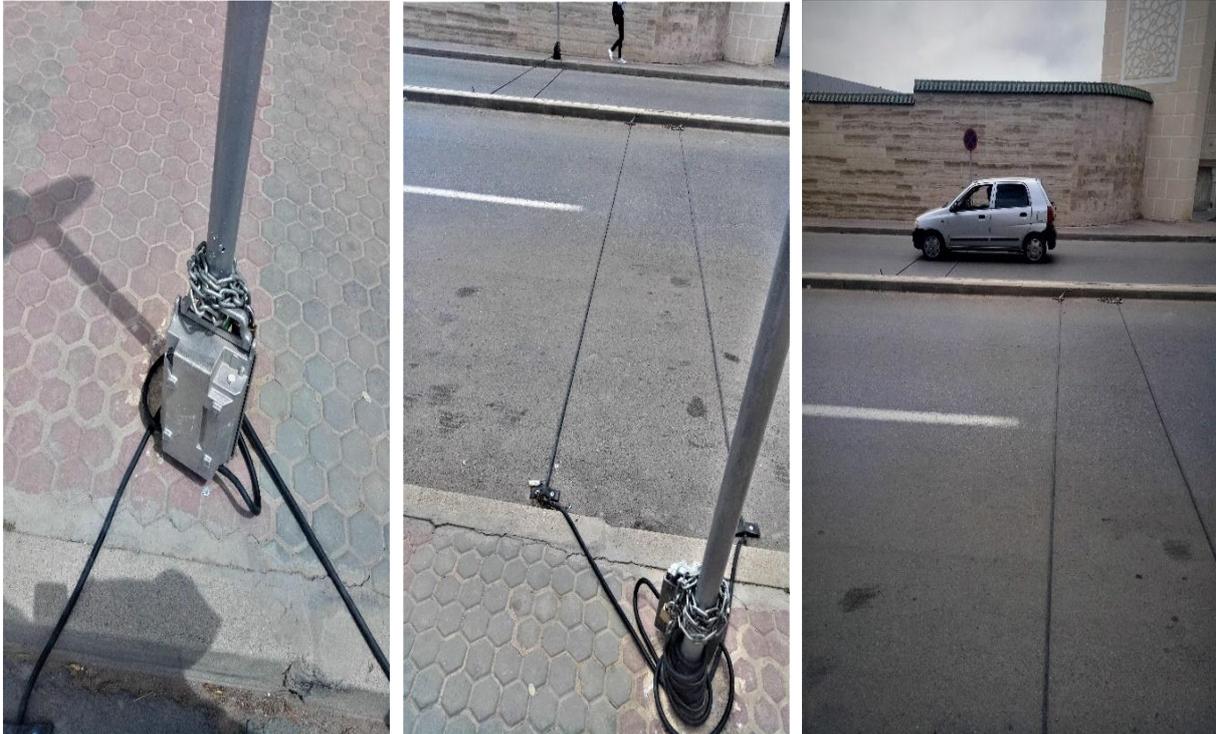


Photo II.1 : Localisation des postes d'enquêtes et de comptages.

- Les résultats sont présentés sous la forme de tableaux et de graphiques représentant la variation temporelle des flux et des vitesses pratiquées.
- La durée standard d'un comptage automatique est de 7 jours pleins et continus.
- Voici un exemple de répartition horaire des flux routiers, et des vitesses moyenne :

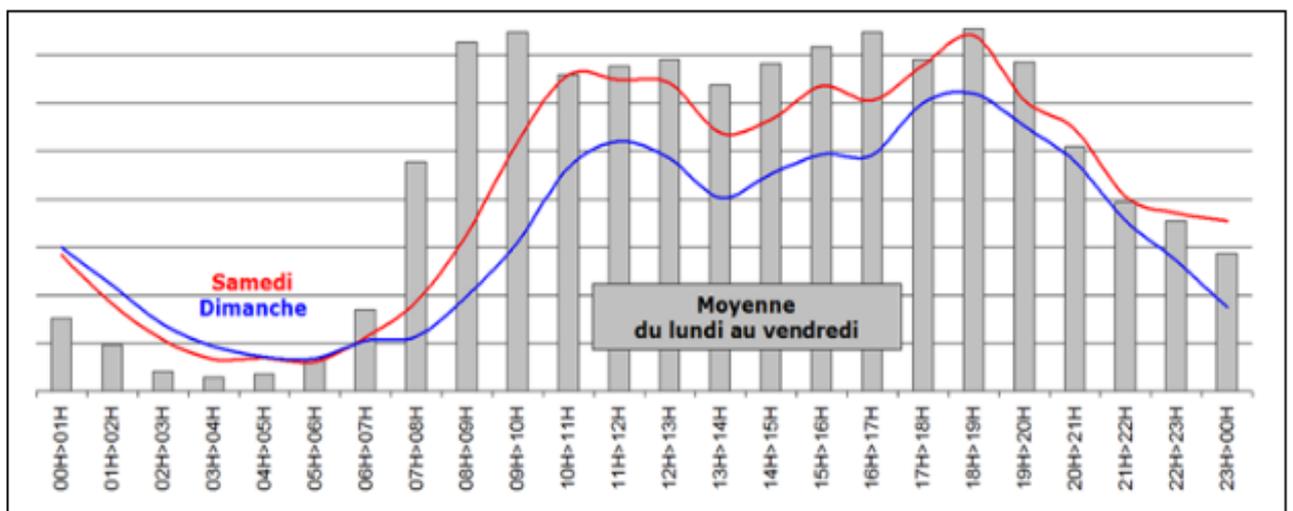


Figure II.1 : Exemple de répartition horaire des flux routiers

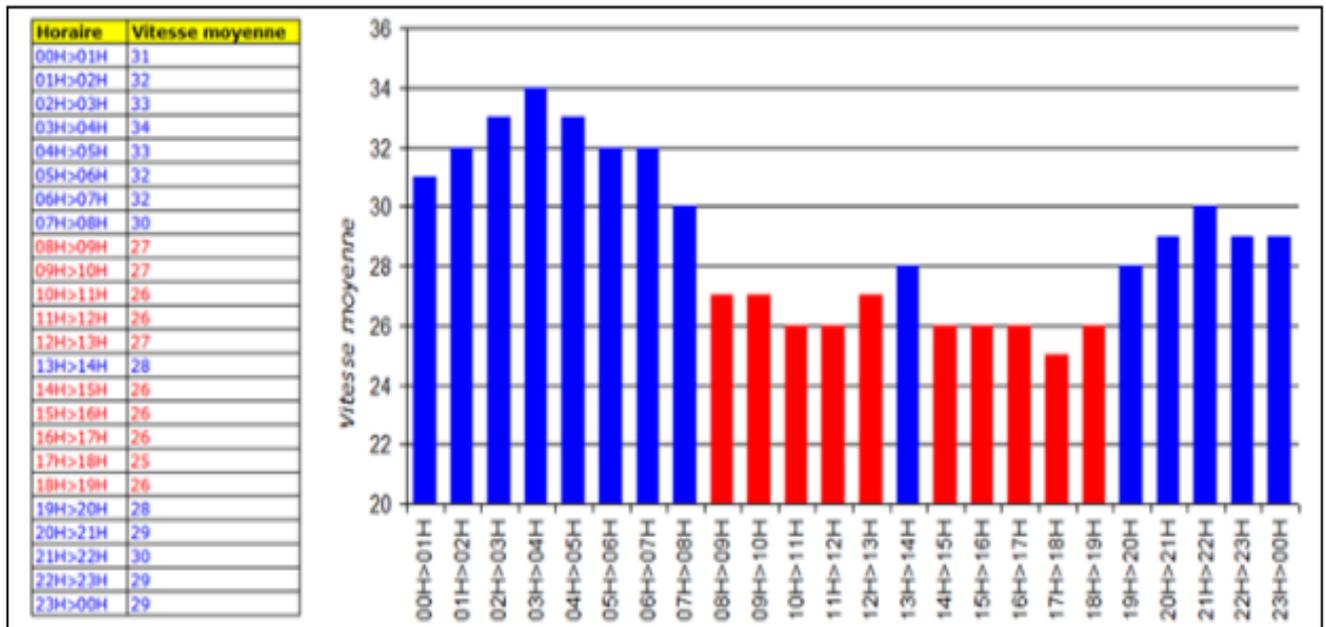


Figure II.2 : Exemple de répartition horaire des vitesses moyenne

L'analyse du trafic routier et plus particulièrement le comptage automatique du flux des véhicules a permis de révéler ce qui suit :

- Le trafic journalier moyen annuel à l'année 2011 : TJMA = 20 000 v/j/ 2 sens.
- Année de mise en service : 2021
- Le pourcentage des poids lourds : Z= 25 %
- Taux de croissance annuelle de trafic : $\tau=4\%$ (taux admis à l'échelle nationale)
- La durée de vie : 20 ans.

II .6.La capacité pratique :

Définition :

La capacité pratique est le débit horaire moyen à saturation. C'est le trafic horaire au-delà duquel le plus petit incident risque d'entraîner la formation de bouchons

II .7.Le trafic moyen journalier futur :

Le trafic moyen journalier est donné par la formule suivante :

$$TJMA_n = TJMA_0 (1+\tau)^n \text{ Telle que :}$$

- TJMA_n : le trafic à l'année horizon ;
- τ : taux d'accroissement du trafic ;
- TJMA₀ : le trafic à l'année de référence ;
- n : nombre d'années.

Application :

$$TJMA_0 = TJMA_{2011} = 20\,000 \text{ v/j}/2 \text{ sens} = 10\,000 \text{ v/j/sens}$$

$$TJMA_{2021} = TJMA_{2011} (1+\tau)^n = 10\,000 \times (1+0.04)^{10} = 14\,802 \text{ v/j.}$$

$$TJMA_{2041} = TJMA_{2020} (1+\tau)^{20} = 14\,233 \times (1+0.04)^{20} = 32\,433 \text{ v/j.}$$

Année	Taux de croissance τ (%)	TJMA (v/j)
2011	4	10 000
2021	4	14 802
2041	4	32 433

Tableau II.3 : Trafic moyen journalier annuel (v/j)

II .8. Trafic effectif :

Définition :

C'est le trafic en unité de véhicule particulier (**up**), en fonction du type de route et de l'environnement.

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

$$T_{\text{eff}} = [(1-Z) + PZ] \times TJMA_n$$

Avec :

T_{eff} : trafic effectif à l'horizon en (UVP/j)

Z : pourcentage de poids lourd (%)

P : coefficient d'équivalence pour les poids lourds

Pour convertir les poids lourd (**PL**) en (**uvp**), on utilise le coefficient d'équivalence en fonction de type de route et l'environnement ; donné par le tableau suivant :

Environnement	E1 : Facile	E2 : Moyen	E3 : Difficile
	(plat)	(vallonnée)	(montagneux)
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-12
Route étroite, ou visibilité réduite	3-6	6-12	16-24

Tableau II.4 : Coefficient d'équivalence (P).

Application :

L'analyse d'environnement de wilaya d'Alger présentée dans le premier chapitre permet de conclure que le terrain de projet est de classe **E1 (terrain plat)**.

Et d'après le tableau ci-dessous, le coefficient d'équivalence « **p= 3** »

$$T_{\text{eff}}(2041) = [(1-Z) + P \times Z] \times TJMA_{2041}$$

$$T_{\text{eff}}(2041) = [(1-0.25) + 3 \times 0.25] \times 32433 = \mathbf{48650 \text{ uvp/j}}$$

Donc le trafic effectif obtenu est le suivant : **$T_{\text{eff}}(2041) = 48\ 650 \text{ uvp/j}$**

II .9. Débit de point horaire normal :

Définition : Le débit de point horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon, il est donné par la formule suivante :

$$Q = (1/n) \cdot T_{\text{eff}}$$

Avec :

n : nombre d'heures (en général n = 8 heures) ;

Q : est exprimé en (**uvp/h**).

Application :

$$Q_{\text{prévisible}}(2041) = \mathbf{0.12 \times T_{\text{eff}}(2041)}$$

$$Q_{\text{prévisible}}(2041) = \mathbf{0.12 \times 48650 = 5838 \text{ uvp/h.}}$$

Donc : **$Q_{\text{prévisible}}(2041) = 5838 \text{ uvp/h}$**

II .10. Débit horaire admissible :

Définition : Le débit horaire maximal accepté par voie est donné par la formule suivante :

$$Q_{\text{adm}} = k_1 \cdot k_2 \cdot C_{\text{th}}$$

Avec :

- **K1** : coefficient lié à l'environnement ;
- **K2** : coefficient de réduction de capacité ;
- **C_{th}** : capacité effective par voie qu'un profil en travers peut écouler en régime stable ;
- **Q_{adm}** : est exprimé en UVP/h.
- **K1, K2** et **C_{th}** sont donnés respectivement dans les tableaux suivants :

Environnement	E1	E2	E3
K ₁	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau II.5 : Valeurs du coefficient (K₁)

Catégorie de la route :

Le choix de la catégorie est fonction de l'importance de la liaison ; les caractéristiques imposées par les normes. Chaque catégorie, vise à assurer l'adéquation de la route aux fonctions que celle-ci doit assurer.

En Algérie, les routes sont classées en cinq catégories :

1. **La catégorie C1** : liaison entre deux grands centres économiques et des centres L'industrie lourde
2. **La catégorie C2** : liaison des pôles d'industries de transformations entre eux.
3. **La catégorie C3** : liaison des chefs-lieux de daïra et ceux de wilaya.
4. **La catégorie C4** : liaison de tous les centres de vie avec le chef-lieu de daïra.
5. **La catégorie C5** : routes pistes non comprises dans les catégories précédentes.

Environnement	Catégorie de la route				
	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau II.6 : Valeurs du coefficient (K_2).

Capacité Théorique C_{th}	
Route à 2 voies de 3.5m	1500 à 2000 (uvp/h)
Route à 3 voies de 3.5m	2400 à 3200 (uvp/h)
Route à chaussée séparée	1500 à 1800 (uvp/h)

Tableau II.7 : Valeurs de la capacité théorique (C_{th}).

Application :

Pour ce projet qui a les caractéristiques (E1, C1), donc :

$$K_1 = 0.75 \quad K_2 = 1$$

Route à chaussée séparée donc la capacité théorique $C_{th} = 1800$ (uvp/h)

$$Q_{adm} = k_1 \cdot k_2 \cdot C_{th}$$

$$Q_{adm} = 0.75 \times 1 \times 1800 = 1350 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{adm} = 1350 \text{ uvp/h.}$$

II .11.Détermination de nombre de voies :

$$N = [S \cdot Q / Q_{adm}]$$

Avec :

Q_{adm} : débit admissible par voie.

S : coefficient de dissymétrie dans les 2 sens, en général on prend $S=2/3$.

$$N = S \times Q_{prévisible} / (K_1 \cdot K_2 \cdot C_{th}) = 2/3 \times (5838 / 1350) = 2,88 = 3$$

On opte pour : **N=3 voies/sens**

Le résultat des calculs est représenté dans les tableaux suivants :

TJMA ₂₀₂₁ (v/J)	TJMA ₂₀₄₁ (v/J)	T _{eff2041} uvp/h	Q _{prévisible} (2041)	Nombre de voies/sens
14233	31186	46779	5613	3

Tableau II.8 : résultats du calcul de trafic.

II .12.Calcul de l'année de saturation :

$$TJMA_{2021} = 14802 \text{ v/j}$$

$$T_{eff} (2021) = 22203 \text{ (uvp/h)}$$

$$Q_{prévisible} (2021) = 2664 \text{ uvp/h}$$

$$C_{th} = 1800 \text{ uvp/h} \text{ et } Q_{adm} = 1350 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{saturations} = 1350 \times 4 = 5400 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{saturations} = Q_{2021} (1+\tau)^n \longrightarrow n = \frac{\ln\left(\frac{Q_{sat}}{Q_{2021}}\right)}{\ln(1+\tau)} = 18,01$$

On opte pour **n = 18 ans**

Dou notre route sera saturée à 12 ans après la mise en service, donc l'année de saturation **2039**.

CHAPITRE : III

Dimensionnement de corps

De chaussée

III.1. INTRODUCTION :

La qualité d'un projet routier ne se limite pas seulement à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long.

En effet, une fois réalisée, la route devra résister aux :

- agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation actions des essieux des véhicules et notamment les poids lourds.
- Effet des gradients thermiques, pluie, neige, verglas etc..., pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques qui lui permettra de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie.

La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial. Celle-ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à réaliser. Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude.

Il s'agit en même temps de choisir les matériaux nécessaires ayant les caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée. Tout cela en fonction des paramètres fondamentaux suivants :

- Le trafic
- L'environnement de la route (le climat essentiellement)
- Le sol support

III.2. DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEES :

III.2.1. Chaussée souple :

La chaussée souple est constituée de deux éléments :

- les sols et matériaux pierreux à granulométrie étalée ou serrée.
- les liants hydrocarbonés qui donnent de la cohésion en établissant des liaisons souples entre les grains de matériaux pierreux.

La chaussée souple se compose généralement de différentes couches qui sont :

Couche de roulement (de surface ou encore d'usure) :

La couche de surface subit directement les agressions du trafic et du climat, elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoqué par la circulation.

Elle est en général composée d'une couche de roulement qui a pour rôle :

- D'imperméabiliser la surface de chaussée
- D'assurer la sécurité (par l'adhérence)
- D'assurer le confort des usages (diminution de bruit, bon uni)

La couche de liaison a pour rôle essentiel, d'assurer une transition, avec les couches inférieures les plus rigides.

En général, l'épaisseur de la couche de roulement varie entre 6 et 8 cm.

Couche de base :

Cette couche permet de résister aux déformations permanentes sous l'effet de trafic et de reprendre les efforts verticaux en répartissant les contraintes qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 cm.

Couche de fondation :

Elle assure un bon uni et une bonne portance de la chaussée finie, et aussi, elle a le même rôle que celui de la couche de base.

Couche de forme :

- À court terme, la couche de forme doit :
 - ✓ assurer la traficabilité quasi continue des engins approvisionnant les matériaux de la couche de fondation,
 - ✓ permettre le compactage efficace de la couche de fondation,
 - ✓ satisfaire les exigences de nivellement de la plate-forme support de chaussée et
 - ✓ assurer la protection de l'arase de terrassement vis-à-vis des agents climatiques dans l'attente de la réalisation de la chaussée.
- À long terme, elle doit :
 - ✓ permettre d'homogénéiser la portance du support pour concevoir des chaussées d'épaisseur constante,
 - ✓ maintenir dans le temps, en dépit des fluctuations de l'état hydrique des sols supports sensibles à l'eau, une portance minimale pouvant être estimée avec une précision suffisante au stade du dimensionnement de la structure de chaussée et
 - ✓ Améliorer la portance de la plate-forme pour optimiser le coût de l'ensemble couche de forme - structure de chaussée.

L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 et 70 cm.

III.2.2. Chaussée semi –rigide :

On distingue :

Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée aux liants hydrauliques (ciment, granulat,...).

La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé strictement minimale doit être de 15 cm. Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.

Les chaussées comportent une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

III.2.3. Chaussée rigide :

Elle est constituée d'une dalle de béton, éventuellement armée (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) reposant sur une couche de fondation qui peut être une grave stabilisée mécaniquement, une grave traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques.

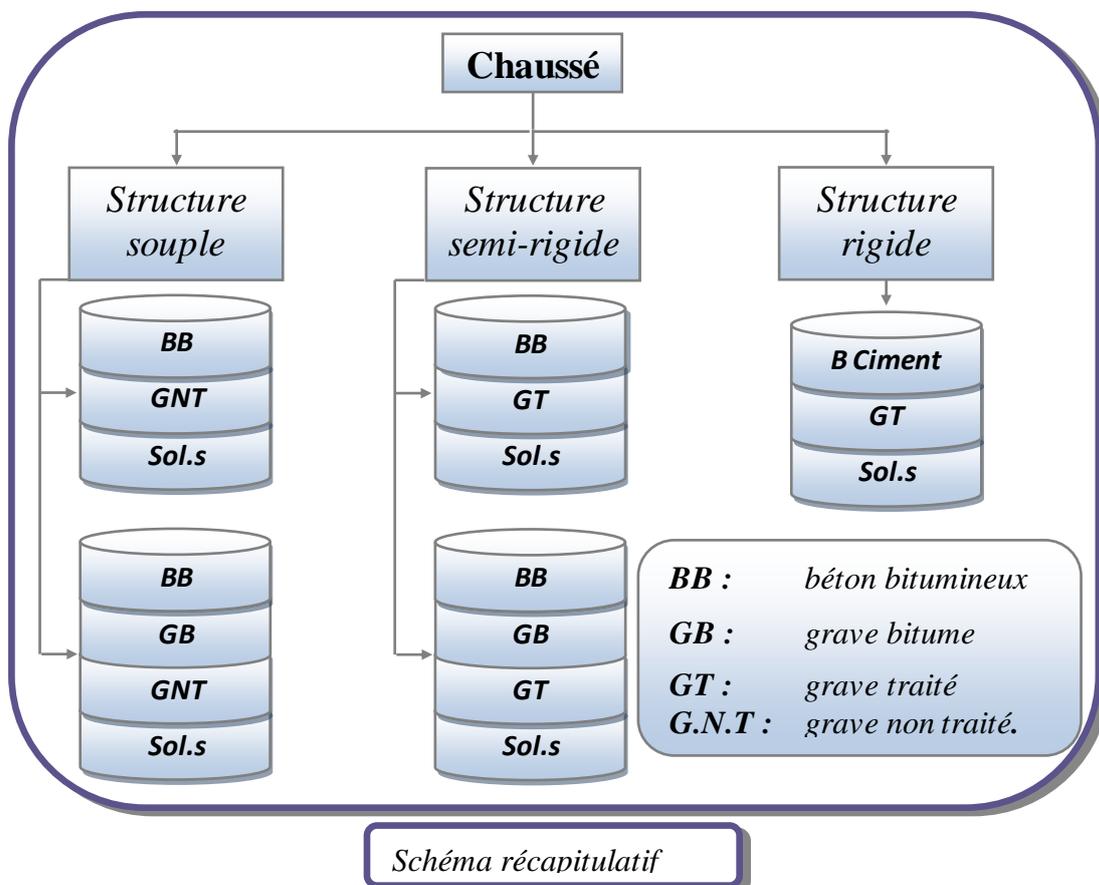


Figure .III.1 : Type de chaussée

III.3. FACTEURS POUR LES ETUDES DE DIMENSIONNEMENT :

Toutes les méthodes de dimensionnement basées sur la connaissance de certains paramètres fondamentaux liés au :

III.3.1. Trafic :

Le trafic principalement le poids lourd est l'un des paramètres prépondérants dans la conception des structures, il intervient en fait d'abord dans le choix des matériaux puis dans le dimensionnement proprement dit de façon plus détaillée, le trafic gouverne les choix suivants :

- Choix d'un niveau de service qui se traduira notamment par le choix de la couche de surface.
- Choix de l'épaisseur des structures qui implique la fixation d'un niveau de risque.

Il est apparu nécessaire de caractériser le trafic à partir de deux paramètres :

De trafic poids lourds « T » à la mise en service, résultat d'une étude de trafic et de comptages sur les voies existantes.

De trafic cumulé sur la période considérée qui est donnée par :

$$N = T \times A \times C$$

N: Trafic cumulé.

A: Facteur d'agressivité globale du trafic.

C: Facteur de cumul.

$$C = \frac{[(1+\tau)^P - 1]}{\tau}$$

τ : Taux de croissance du trafic.

P: Nombre d'années de service (durée de vie) de la chaussée.

III.3.2. Environnement :

L'environnement extérieur de la chaussée est l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement. La teneur en eau des sols détermine leurs propriétés. La température a une influence marquée sur les propriétés des matériaux bitumineux et conditionne la fissuration des matériaux traités par des liants hydrauliques.

III.3.3. Le sol support:

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate – forme support de chaussée » constitué du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme.

Les plates-formes sont définies à partir :

- De la nature et de l'état du sol.
- De la nature et de l'épaisseur de la couche de forme.

III.4. PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

On distingue deux familles des méthodes :

- ❖ Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées.
- ❖ Les méthodes dites « rationnelles » basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

Les méthodes du dimensionnement de corps de chaussée les plus utilisées sont :

- La méthode de C.B.R (California -Bearing - Ratio)
- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves
- Méthode du catalogue des structures
- La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)

Pour le dimensionnement du corps de chaussée dans notre projet on va utiliser deux méthodes qui sont : la méthode dite CBR et la méthode de C.T.T.P.

III.4.1. Méthode de C.B.R :

C'est une méthode (semi-empirique) qui est basée sur essai de poinçonnement sur un échantillon de sol support en compactant des éprouvettes à (90-100%) de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau moins de 15 cm .

L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

$$e = \frac{100 + (\sqrt{P}) \times \left(75 + 50 \cdot \log \frac{N}{10}\right)}{I_{\text{CBR}} + 5}$$

N: Désigne le nombre moyen de plus de camion 1500 Kg à vide à l'année horizon.

P: Charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).

log : Logarithme décimal.

I_{CBR} : Indice portant C.B.R.

L'épaisseur équivalente :

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$E_q = \sum e_{réelle} \times a_i$$

- $e_1 \times a_1$: couche de roulement.
- $e_2 \times a_2$: couche de base.
- $e_3 \times a_3$: couche de fondation.

Les valeurs usuelles du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé sont données dans le tableau suivant :

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence « a_i »
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concasse ou gravier	1.00
Tuf	0.7 à 0.8
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume	1.60 à 1.70

Tableau III.1 : Les valeurs des coefficients d'équivalence

III.4.2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées (trafic, matériaux, sol support et environnement..).

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.

La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelle qui se base sur deux approches :

- Approche théorique.
- Approche empirique.

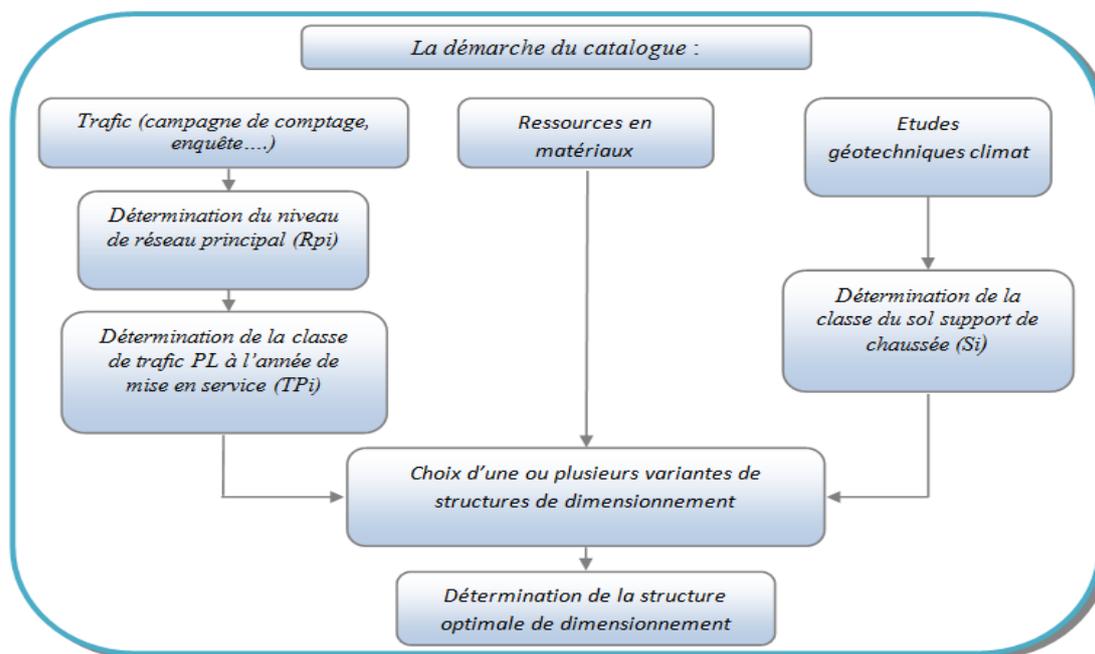


Figure .III.2: la démarche catalogue

III.5. APPLICATION AU PROJET :

Pour le dimensionnement du corps de chaussée on va utiliser deux méthodes les applicables en Algérie qui sont:

- La méthode dite CBR
- la méthode du catalogue des chaussées neuves « CTPP ».

III.5. 1. Méthode CBR :

Type de chaussée	Trafic PL sur la voie lente
2 voies	$(TMJA \times z) \times (1/2)$
3 voies	$(TMJA \times z) \times (1/2)$
2x2 voies	$(TMJA \times z) \times (1/2) \times 0.9$
2x3 voies	$(TMJA \times z) \times (1/2) \times 0.8$

Tableau III.2 : Répartition de trafic

III.5.1.1 Détermination du trafic pl/sens :

Type de chaussée	Comptage		Taux accrt	% PL	Mise en service		Nombre PL de ux sens	Nombre PL/J/sens
	Année	TMJA	τ	z	Année	TMJA _{ser}	PL	TPLI
2×3 voies	2011	10000	4%	25%	2021	14802	3701	2847

$$PL = 14802 \times 0.25 = 3701 \text{ pl/j}$$

$$TPLI = 0.8 \times 1/2 \times 3701 = 1480 \text{ PL/J/sens}$$

$$N_{20\text{ème année}} = 1480 \times (1 + 0.04)^{20} = 3243 \text{ PL/J/sens}$$

P: Charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).

$$CBR = 4,6$$

Donc L'épaisseur est :

$$e = \frac{100 + (\sqrt{P}) \times \left(75 + 50 \cdot \log \frac{N}{10}\right)}{I_{CBR} + 5}$$

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6,5}) \times \left(75 + 50 \cdot \log \frac{3243}{10}\right)}{4,6 + 5}$$

$$e = 63,67 \quad \mathbf{e \approx 64 \text{ cm}}$$

III.5.1.2 Epaisseur équivalente :

$$E_{\text{équivalente}} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3.$$

Pour proposer le dimensionnement de la structure de notre chaussée, il nous faut résoudre l'équation suivante : $a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 = 43 \text{ cm}$.

Pour résoudre l'équation précédente, on fixe 2 épaisseurs et on calcule la 3ème

- Couche de roulement en béton bitumineux (B.B) : $a_1 \times e_1 = 6 \times 2 = 12 \text{ cm}$.
- Couche de fondation (GNT) : $a_2 \times e_2 = 20 \times 1 = 20 \text{ cm}$.
- Couche de forme (TVO) : $a_3 \times e_3 = 30 \times 0.75 = 22$.

Donc L'épaisseur de la couche de base e_4 en (GB) est de :

$$e_4 = \frac{63 - (e_1 \cdot a_1 + e_2 \cdot a_2 + e_3 \cdot a_3)}{a_4} = \frac{63 - (2 \times 6 + 1 \times 22 + 30 \times 0.75)}{1.5} = 5 \text{ cm}$$

$$E_{\text{équivalent}} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 + a_4 \times e_4$$

$$= (2 \times 6) + (1 \times 22) + (0.75 \times 30) + (1.5 \times 5) = 64 \text{ cm.}$$

C'est-à-dire notre structure comporte : **6BB+10GB+ 22GNT+30TVO**

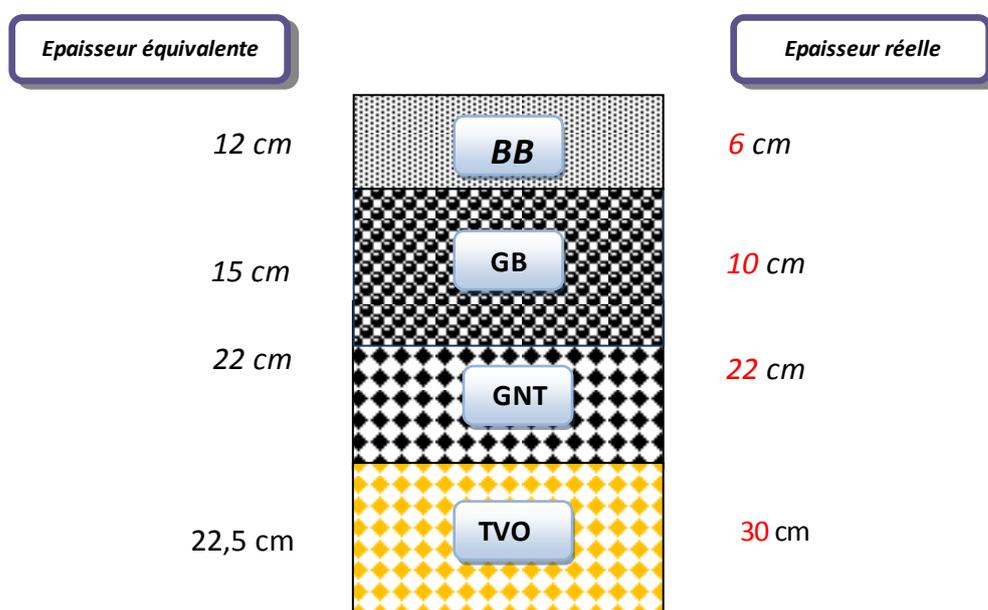


Figure.III.3 : le corps de chaussée

III.5. 2. Méthode Du Catalogue Des Chaussées Neuves « CTPP »:

Données de l'étude :

- Année de comptage : 2011.
- TJMA2011=10000 v/j/sens
- Mise en service : 2021
- Durée de vie : 20 ans
- Taux d'accroissement : $\tau = 4 \%$
- Pourcentage de poids lourds : $Z = 25 \%$
- C.B.R=4,6
- E2, C1
- Zone climatique I

* Détermination du type de réseaux principaux :

D'après le catalogue on a la classification des réseaux principaux suivante :

Réseau principal	Trafic (véhicules/jour)
RP1	>1500
RP2	<1500

Tableau III.3 : la classification des réseaux principaux

$$TJMA_{2011} = 10000(V/j).$$

$10\,000 (V/j) > 1500(V/j)$ —————> le réseau principal est RP1.

* Détermination de la classe de trafic TPL_i :

$$TPL_1 = 0.8 \times 1/2 \times 3558 = 1423 \text{ PL/J/sens}$$

	TPL ₀	TPL ₁	TPL ₂	TPL ₃	TPL ₄	TPL ₅	TPL ₆	TPL ₇
PL/J/sens pour RP ₁	-	-	-	150 à 300	300 à 600	600 à 1500	1500 à 3000	3000 à 6000

Tableau III.4 : Classe de trafic

$TPL_1 = 1423 (PL/j/sens)$. —————> La classe de trafic est TPL₅.

* Détermination de la portance de sol-support de chaussée :

-Présentation des classes de portance des sols :

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S4 à S0. Cette classification sera également utilisée pour les sol-supports de chaussée.

-classes de portances de sols supports pour le dimensionnement :

portance (S_i)	CBR
S4	<5
S3	5-10
S2	10-25
S1	25-40
S0	>40

Tableau III.5 : détermination de la classe du sol support de chaussée (S_i)

Pour notre projet CBR : $I=4.6$ donc la classe de portance de sol support est de S4

* Sur classement des sols supports de chaussées :

Le cas de sols de faible portance (**S4** en **RP1**) est rencontré, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussées dans des conditions acceptables.

Classe de Portance du sol S_i	Epaisseur de couche de forme	Nombre de couches	Nouvelle Classe de Portance du sol S_j
<S4	50	2 couches	S3
S4	35	1 couche	S3
S4	60	2 couches	S2
S3	40	2 couches	S2
S3	70	2 couches	S1

Tableau III.6 Sur classement avec couche de forme en matériau non traité

- D'après le rapport géotechnique, notre sol est de faible portance .Il faut surclasser S4 en S2 avec une couche de forme en TVO de 60 cm d'épaisseur (2 couche de 30 cm), pour améliorer la portance du sol support.

* Les données climatiques :

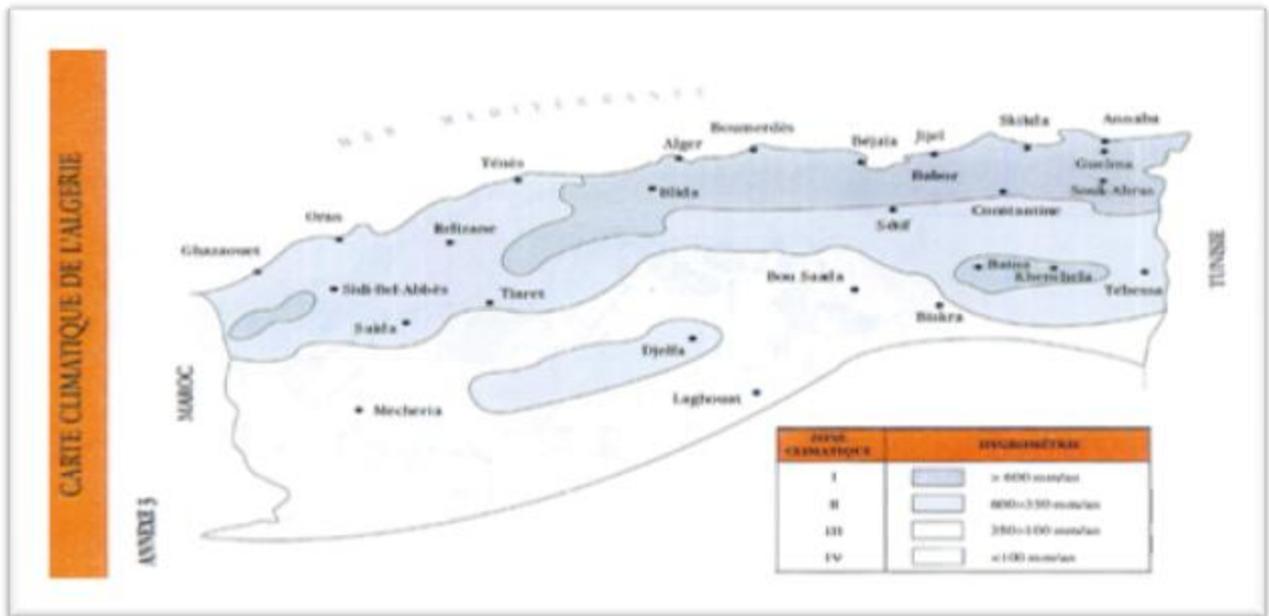


Figure.III.4 : les zones climatiques

Les données directement utilisées dans le calcul de dimensionnement de la chaussée se rapportent :

- à l'état hydrique de sol support
- aux cycles saisonniers de température.

Zone climatique			
Température équivalente Θ_{eq}	I et II	III	IV
(°c)	20	25	30

Tableau III.7 : température équivalente

-la température équivalente est généralement déterminée selon le zonage climatique de site d'après le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (2001 CCTP), le site de projet est classé en zone I.

*** Choix d'une structure de dimensionnement :**

On a :

Le réseau principal (RP1), la zone climatique I, durée de vie de 20 ans, taux d'accroissement moyen (4%), la portance du sol (S2) et une classe de trafic (TPL5).

-Le catalogue Algérien (fascicule N°3) propose la structure suivante :

TPI PL/l/secs	S1	S2	S1	S0
	50 MPa	125 MPa	200 MPa	
6000				
TPI7				
3000				
5000				
TPI6				
1500				
1500				
TPI5				
600				
600				
TPI4				
500				
500				
TPI3				
100				

Figure.III.5 : Choix d’une structure de dimensionnement suivant le catalogue Algérien

-les choix d’une structure de dimensionnement suivant le catalogue Algérien c’est :

Couche de roulement : BB=06

Couche de base : GB=20

Couche de fondation : GNT = 30

Résultat de deux méthodes :

C.B.R	Catalogue CTPP
6BB+10 GB+21GNT+30TVO	6BB+20GB+30 GNT+60 TVO

III.6.Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support :

Il faut vérifier que ϵ_t et ϵ_z calculées à l’aide d’algorithme III, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées $\epsilon_{t,adm}$ et $\epsilon_{z,adm}$

$$\epsilon_t < \epsilon_{t,adm} \quad \text{et} \quad \epsilon_z < \epsilon_{z,adm}$$

$$\epsilon_{z, adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCE_i)^{-0.235}$$

$$\epsilon_{t, adm} = \epsilon_6 (10^\circ\text{c}, 25\text{Hz}) \times (TCE_i / 106) \times \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{eq})}} \times 10^{-tb\delta} \times K_c$$

On veut vérifier la structure suivante :

6BB+20GB+30 GNT+60 TVO

Les données

Selon les **3 fascicules** de catalogue on a :

- Importance du projet routier : Réseau Principal de Niveau 1 (**RP1**).
- Durée de vie : $n = 20$ ans.
- Année de mise en service : **2021**
- Trafic : $TPLi = 1423$ PL/J/sens
- Taux de croissance : $\tau = 4$ %.
- Coefficient d'agressivité PL : $A = 0,6$.
- Risque de calcul : $r = 10\%$. (Tableau : 5; fascicule : 2)
- La zone climatique: **I**. (Tableau : 7 ; fascicule : 2)
- $\Theta_{eq} = 20^\circ\text{C}$ (Tableau : 8 ; fascicule : 2)
- Sol support : CBR= 4.6. Classe : S4.
- $ESOL = 5 \times CBR = 5 \times 4.6 = 23$ Mpa.
- Coefficient de poisson = **0,35**.
- Condition aux interfaces : Toutes les couches sont collées.
- Coefficient de calage : $kC = 1,3$ (Tableau : 13 ; fascicule : 2)
- Dispersion sur la loi de fatigue : $SN = 0,45$ (Tableau : 13 ; fascicule : 2)
- Dispersion sur les épaisseurs (en cm) : $Sh = 3$ (Tableau : 13 ; fascicule : 2)
- Pente de la fatigue : $b = -0.146$ (Tableau : 13 ; fascicule : 2)
- Coefficient $c = 0,02$
- Fractale de la loi normale : $t = -1,282$ (Tableau : 16 ; fascicule : 2)
- Module complexe du matériau bitumineux à 10°C : $E(10^\circ\text{C}) = 12500$ Mpa
 - o (Tableau : 13 fascicule : 2)
- Module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente : E
($\Theta_{eq} = 20^\circ\text{C}$) $GB = 7000$ Mpa. $BB = 4000$ Mpa (Tableau : 13; fascicule : 2)
- Déformation limite : $\Theta(10^\circ\text{C}, 25\text{HZ}) = 100 \cdot 10^{-6}$ Mpa. (Tableau : 13 ; fascicule : 2)
- Calcul du trafic cumulé équivalent (TCEi) :

$$\begin{aligned}
 - \text{TCEi} &= \text{TPLi} \times \frac{(1+\tau)^n - 1}{\tau} \times A \times 365 \\
 &= 1423 \times \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04} \times 0.6 \times 365
 \end{aligned}$$

- TCEi = 9,279×10⁶ essieux équivalents de 13 tonnes

- Calcul de la déformation admissible sur le sol support $\epsilon_{z, adm}$:

$$\epsilon_{z, adm} = 22 \times 10^{-3} \times (9,279 \times 10^6)^{-0.235} = \mathbf{507 \times 10^{-6}}$$

$$\epsilon_{z, adm} = \mathbf{507 \times 10^{-6}}$$

- -Calcul de la déformation admissible $\epsilon_{t, adm}$ à la base de la GB :

$$\delta = \sqrt{Sn^2 + \left(\frac{c}{b} Sh\right)^2}$$

$$\delta = \sqrt{(0.45)^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} 3\right)^2}$$

$$\delta = 0.61$$

$$\epsilon_{t, adm} = 100 \times 10^{-6} \times (6.795 \times 10^6 / 10^6)^{-0.146} \times \sqrt{\frac{12500}{7000}} \times 10^{-(1.282 \times 0.61 \times 0.146)} \times 1.3$$

$$\epsilon_{t, adm} = \mathbf{101 \times 10^{-6}}$$

Modélisation de la structure de chaussée :

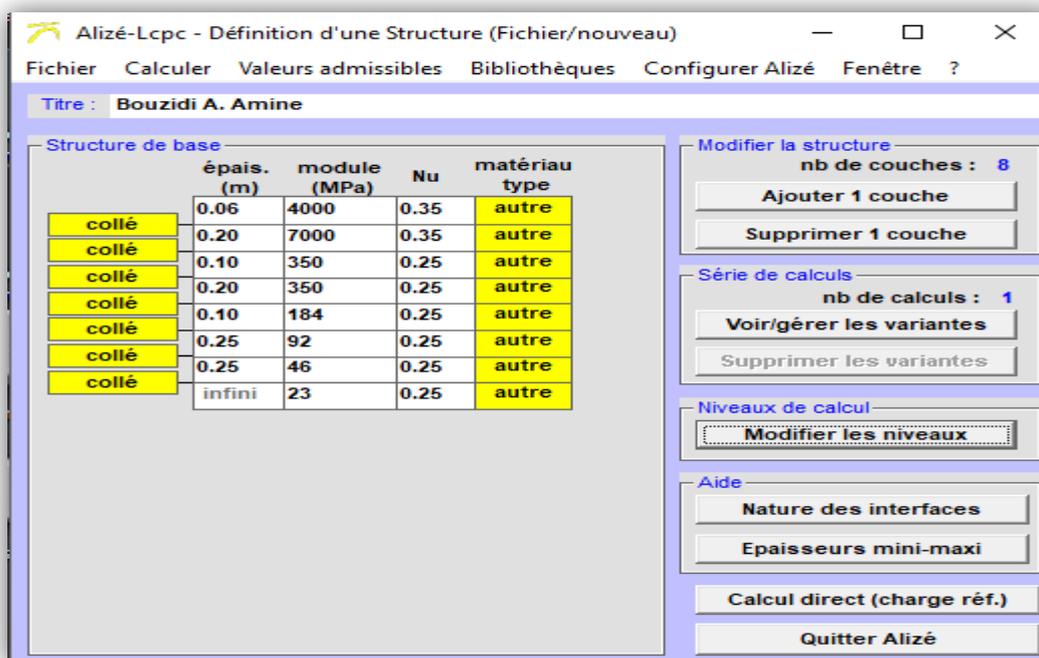


Photo.III.1 : modélisation par alizé LCPC

Résultats de calcul par alizé LCPC

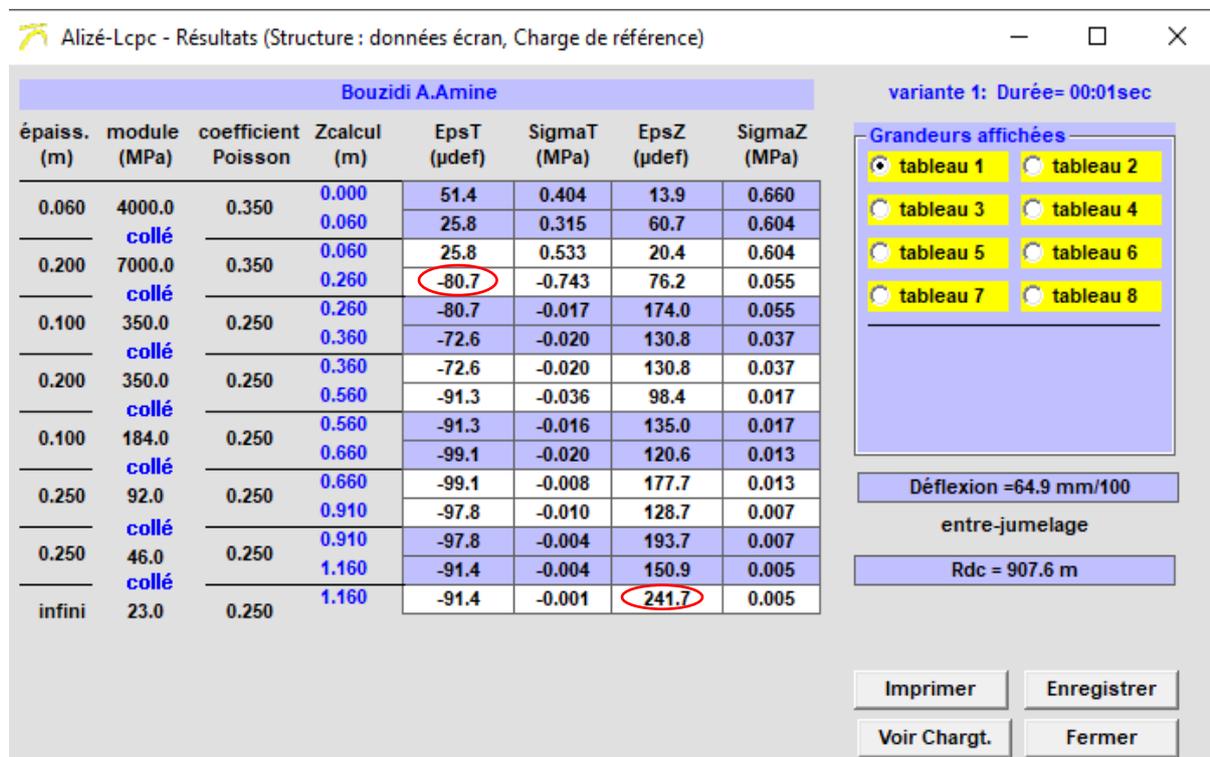


Photo.III.2 : résultat de la simulation

	Déformation calculée	Déformation admissible
ϵ_z sol support	241.7×10^{-6}	507×10^{-6}
ϵ_t a la base de GB	80.7×10^{-6}	101×10^{-6}

La structure de chaussée à adopter pour vérifier les déformations admissible de la GB est :

6BB+20GB+30 GNT+60 TVO est vérifier lorsque : ϵ_z calculée < ϵ_z admissible

$$\epsilon_t \text{ calculée} < \epsilon_t \text{ admissible}$$

-le calcul avec ALIZE montre que les valeurs admissibles sont vérifiées largement.

- Par ailleurs il faut peut-être, optimiser l'épaisseur de GB. Faire en sorte que :

$$\epsilon_t \approx \epsilon_{t.adm} = 101 \times 10^{-6}$$

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

variante 1: Durée= 00:00sec

Bouzidi A.Amine							
épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0.060	4000.0	0.350	0.000	61.7	0.485	-3.6	0.660
			0.060	29.4	0.346	53.4	0.592
0.160	7000.0	0.350	0.060	29.4	0.590	13.9	0.592
			0.220	-96.6	-0.894	92.4	0.074
0.100	350.0	0.250	0.220	-96.6	-0.017	228.4	0.074
			0.320	-86.9	-0.022	164.8	0.048
0.200	350.0	0.250	0.320	-86.9	-0.022	164.8	0.048
			0.520	-110.5	-0.043	120.9	0.022
0.100	184.0	0.250	0.520	-110.5	-0.019	167.3	0.022
			0.620	-120.0	-0.024	147.4	0.016
0.250	92.0	0.250	0.620	-120.0	-0.009	218.4	0.016
			0.870	-116.1	-0.011	152.7	0.009
0.250	46.0	0.250	0.870	-116.1	-0.004	230.0	0.009
			1.120	-106.9	-0.005	174.9	0.006
infini	23.0	0.250	1.120	-106.9	-0.001	279.6	0.006

Grandeurs affichées

- tableau 1
- tableau 2
- tableau 3
- tableau 4
- tableau 5
- tableau 6
- tableau 7
- tableau 8

Déflexion = 70.9 mm/100

entre-jumelage

Rdc = 709.1 m

Imprimer Enregistrer

Voir Chargt. Fermer

Photo.III.3: résultats Alizé de la modélisation optimisée

III.7. Conclusion

Donc après les calculs on prend la structure qui est donnée par la méthode de catalogue Algérien

METHODE	Corps de chaussée du projet
Catalogue Algérien	6BB+16GB+30 GNT+60 TVO

CHAPITRE IV :

ETUDE GEOMETRIQUE

IV.1. Introduction :

La conception géométrique d'une route consiste à étudier les éléments nécessaires à la détermination et au tracé des alignements horizontaux ou verticaux, et des profils en travers, de la route projetée.

Ces paramètres varient en fonction des conditions climatiques et topographiques, et leur choix conditionne toute l'étude géométrique de la route. Elles sont calculées suivant des normes variables, le (ICTAAL2000), mais découlant des principes fondamentaux universels que sont la sécurité, le confort, l'économie et l'esthétique.

IV .2. TRACE EN PLAN

IV .2.1 . Définition :

Dans sa définition, le tracé en plan (en situation ou horizontal) est la projection verticale de la route sur un plan horizontal, ce plan est en générale une carte topographique ou un plan de situation où une carte du relief du terrain représentée par des courbes de niveau. Il doit assurer aux usagers de l'autoroute un trajet confortable et une bonne qualité de service dont le niveau est cependant fonction des difficultés du site.

Les règles de dimensionnement du tracé en plan et du profil en long visent à garantir de bonnes conditions de sécurité et de confort adaptées à chaque catégorie d'autoroute

IV .2.2 Règles et principes de trace en plan:

Pour une bonne conception de tracé en plan, il est recommandé de.

- ✚ Adapter au maximum le terrain naturel.
- ✚ Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- ✚ Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.
- ✚ Se raccorder sur les réseaux existants .
- ✚ Eviter de passer sur les terrains agricoles si possibles et surtout les arboricoles.
- ✚ Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter la construction des ouvrages d'art sinon on essaie de les franchir perpendiculairement pour minimiser les couts.

IV .2.3 Choix de la catégorie : (ICTAAL2000)

Les autoroutes ou sections d'autoroute sont classées en deux catégories se distinguant par le niveau de leurs caractéristiques de tracé en plan et de profil en long. Le choix de la catégorie résulte de l'environnement (relief, occupation du sol...) dans lequel s'inscrit l'autoroute et doit être cohérent avec la perception qu'en aura l'utilisateur.

On distingue :

- la **catégorie L1**, appropriée en région de plaine ou vallonnée où les contraintes de relief sont modérées .
- la **catégorie L2**, mieux adaptée aux sites de relief plus difficile, compte tenu des impacts économiques et environnementaux qu'il implique.

Ces catégories **L1** et **L2** sont respectivement appropriées à des vitesses maximales autorisées de 130 et 110 km/h.

Pour notre projet (**liaison Oued Ouchayah – Ben ghazi**) à **Alger** situé dans un environnement (**E1**), et classé en catégorie (**C1**) avec une vitesse de base de **120km/h**,

IV.2.4 Géométrie en plan

En première approximation, le tracé de l'axe de route est composé d'une succession de lignes droites raccordées par des cercles, mais la pratique des grandes vitesses et l'existence des petits rayons a imposé l'emploi d'un élément supplémentaire pour le raccordement progressif entre les précédents qui est la clothoïde.

Le tracé en plan d'une route est caractérisé par une vitesse de base à partir de laquelle on peut déterminer les caractéristiques géométriques de la route.

Les éléments du tracé en plan ont été conçus selon les critères de conception décrits dans la section précédente sur les normes géométriques comme suit :

A. Les alignements :

Bien qu'en principe la droite soit l'élément géométrique le plus simple et le plus utiliser, son emploi dans le tracé des routes est restreint à cause de la mauvaise adaptation de la route au paysage et la monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents.

La longueur des alignements dépend de la durée du parcours rectiligne, pour :

- ✚ La longueur minimale c'est le chemin parcouru en $t=6\text{sec}$ à une vitesse de base V_B ;
- ✚ La longueur maximale c'est le chemin parcouru en $t=1\text{ min}$ à une vitesse de base V_B .

Vitesse de base	V_B (km/h)	120
La longueur minimale	L_{\min} (m)	200
La longueur maximale	L_{\max} (m)	2000

Tableau IV.2.1: Valeurs extrêmes des alignements droits du tracé en plan (source ICTAAL 2000)

B. Les valeurs des rayons :

La limitation des valeurs des rayons dépend de la stabilité des véhicules, l'inscription de véhicules longs dans les courbes et de la visibilité en courbe.

Les valeurs minimales des rayons sont résumées dans le tableau V.2.2:

Catégorie	L1	
Rayon minimal	Rm (m)	600
Rayon minimal non déversé	Rnd (m)	1000

Tableau IV.2.2: Valeurs minimales des rayons du tracé en plan (source ICTAAL2000)

Il est conseillé de remplacer les longs alignements droits par des grands rayons ;

- L'emploi de rayons supérieurs ou égaux à **1,5 Rnd** est souhaitable, dans la mesure où cela n'induit pas de surcoût sensible, afin d'améliorer le confort et faciliter le respect des règles de visibilité.

IV .2.5. Tableau description du tracé en plan proposé

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	66.4877 g	302.602	0.000	9068.350	17028.439
Arc 1	Rayon	1000.000 m	445.803	302.602	9329.984	17180.476
	Centre X	8827.551 m				
	Centre Y	18045.092 m				
Droite 2	Gisement	38.1070 g	375.069	748.405	9653.686	17481.619
Arc 2	Rayon	1000.000 m	670.358	1123.474	9865.027	17791.477
	Centre X	9038.892 m				
	Centre Y	18354.949 m				
Droite 3	Gisement	395.4307 g	306.958	1793.832	10036.318	18426.663
				2100.790	10014.305	18732.831
Longueur totale de l'axe 2100.790 mètre(s)						

IV .3. Profil en long :

IV .3.1. Définition :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développée et représentée sur un plan à une certaine échelle.

Le profil en long se caractérise par une succession de déclivités liées par des raccordements paraboliques constituant les raccordements verticaux (convexes et concaves).

Son but est d'assurer pour une continuité dans l'espace de la route afin de permettre de prévoir l'évolution du tracé et la bonne perception des points singuliers, en assurant toujours les d'assainissement, notamment dans la zone inondable.

IV .3.2. Règles du profil en long:

Parmi les règles qu'il faut les tenir en compte on peut citer :

- ✚ Adaptation au relief et à l'environnement ;
- ✚ Suivre le terrain naturel afin d'optimiser les mouvements de matériaux ;
- ✚ Utilisation des grands rayons verticaux ;
- ✚ Assurer la coordination entre le tracé en plan et le profil en long ;
- ✚ Respecter la valeur maximale et minimale de déclivité ;
- ✚ Considération de l'exigence de PHE d'une crue centennale ;
- ✚ Adaptation aux réseaux divers (gazoducs, réseaux d'alimentation en eau et d'assainissement, lignes électriques...) ;
- ✚ Gabarits exigés à l'intersection avec des routes et des oueds.

IV .3.3. Caractéristiques du profil:

A. Valeurs limites :

Les paramètres du profil en long doivent respecter les valeurs limites données dans le tableau suivant : (source ICTAAL2000)

Catégorie	L1
Déclivité maximale (%)	5
Déclivité minimale (%)	0.1
Rayon minimal en angle saillant $R_{V^{\wedge}}$ (m)	12500
Rayon minimal en angle rentrant $R_{V^{\vee}}$ (m)	4200

Tableau IV.3.1: Valeurs limites des paramètres du profil en long (ICTAAL2000).

L'utilisation de rayons supérieurs aux rayons minimaux est préconisée si cela n'induit pas de surcoût sensible.

B. Déclivité minimum :

Les tronçons de route absolument horizontaux, dits « en palier » sont si possibles à éviter, pour la raison de l'écoulement des eaux pluviales. La pente transversale seule de la chaussée ne suffit pas, il faut encore que l'eau accumulée latéralement s'évacue longitudinalement avec facilité par des fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante.

Déclivité minimum : $I_{min} = 0,5 \%$, de préférence 1% .

IV .3.4 Conclusion :

La réalisation de profil en long est faite à l'aide du **logiciel AUTOPISTE**, les normes que propose l'ICTAAL ont été respectées assurant les conditions de sécurité et de confort

IV.4.Profil en travers :

VI.4.1. Définition :

Le profil en travers d'une chaussée est la coupe perpendiculaire à l'axe de celle-ci par un plan vertical. Le choix d'un profil en travers dépend du trafic qui détermine le nombre de voies, il doit assurer la circulation des véhicules actuels et prévisionnels dans de bonnes conditions de sécurité et de confort.

VI.4.2.LES différents type du profil en travers : (ICTAAL 2000)

1) Profil en travers type :

Il représente théoriquement une section transversale dans le corps de la chaussée, étant composé ordinairement de deux demi profil juxtaposés l'un «en remblai» l'autre «en déblai», et il contient tous les éléments constructifs de la future route dans toutes les situations (en remblais, en déblais).

2) Profil en travers courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à des distances régulières qui dépendent du terrain naturel (Accidenté ou plat).

VI.4.3.Les éléments de profil en travers :

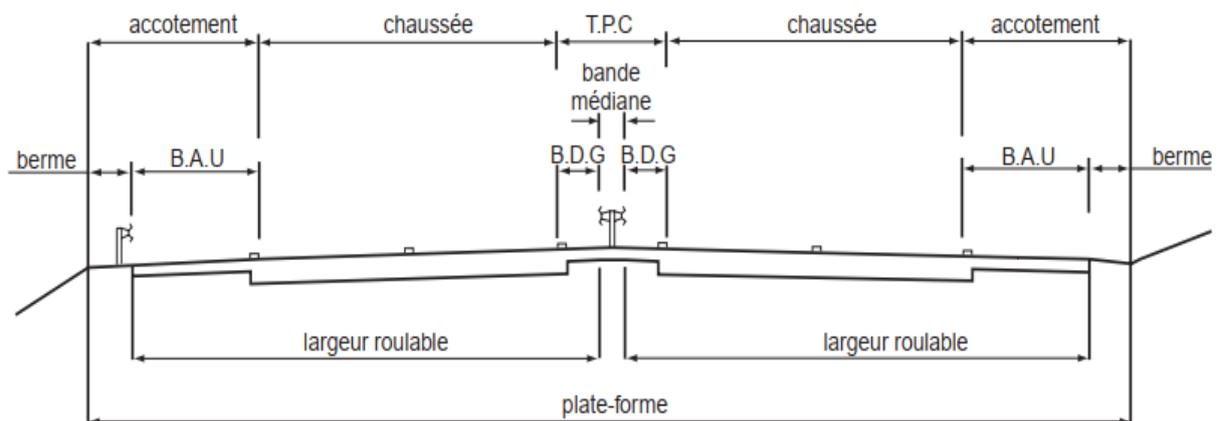


Figure IV.4.1: les éléments du profil en travers (ICTAAL 2000).

Avec :

T.P.C : Terre Plein Central ;

B.A.U : Bande d'Arrêt d'Urgence ;

B.D.G : Bande Dérasée de Gauche.

1. Chaussée :

D'après l'étude de trafic, nous avons trouvé une chaussée de **2×3** voies larges de **3,50 m**.

2. Terre-plein central (T.P.C) :

Le T.P.C assure la séparation matérielle des deux sens de circulation. Sa largeur résulte de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.

a) *Bande dérasée de gauche (B.D.G) :*

- ✚ elle est destinée à permettre de légers écarts de trajectoire et à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité. elle contribue dans les courbes à gauche au respect des règles de visibilité ;
- ✚ elle est dégagée de tout obstacle, revêtue et se raccorde à la chaussée sans dénivellation.

b) *Bande médiane :*

Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, à implanter certains équipements (barrières de sécurité, supports de signalisation, ouvrages de collecte et d'évacuation des eaux) et le cas échéant, des piles d'ouvrages et des aménagements paysagers.

Sa largeur dépend, pour le minimum, des éléments qui y sont implantés.

Si elle est inférieure ou égale à **3 m**, elle est stabilisée et revêtue pour en faciliter l'entretien. Sinon, elle peut être engazonnée et plantée d'arbustes, à moins que sa largeur et la topographie du site ne permettent la conservation du terrain naturel et de la végétation existante .

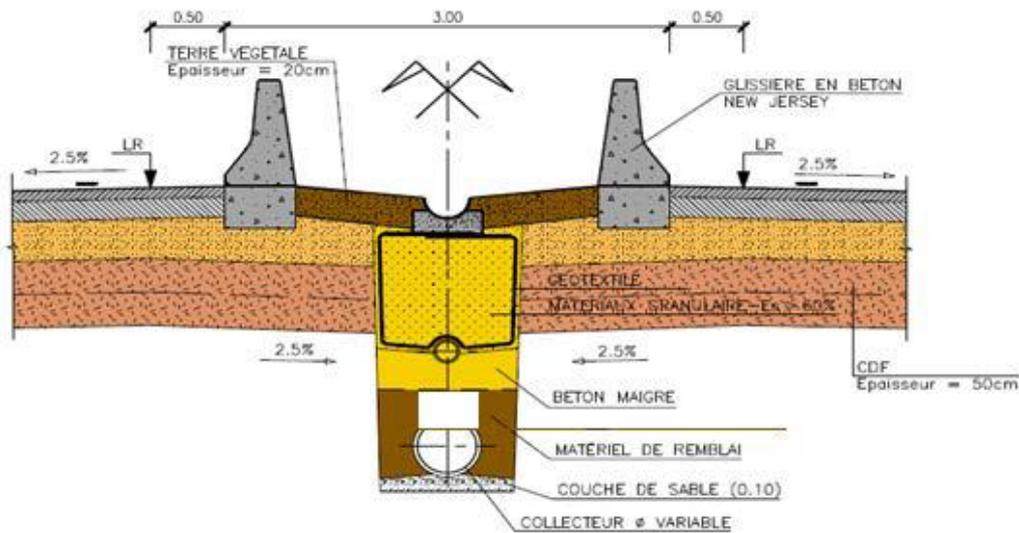


Figure IV.4.2: Exemple du terre-plein central (TPC)

c) Interruption du T.P.C (I.T.P.C) :

Elle permet, en cas de besoin, de basculer la circulation d'une chaussée vers l'autre. Les I.T.P.C sont implantées de part et d'autre des ouvrages d'art non courants, des tunnels et des échangeurs, et avec un intervalle maximal de **3 km**.

3. Accotement :

L'accotement comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) revêtue et bordée à l'extérieur d'une berme.

a) La bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) :

La B.A.U facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, la récupération d'un véhicule déviant de sa trajectoire, l'évitement d'un obstacle sur la chaussée, l'intervention des services de secours, d'entretien et d'exploitation.

Elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée d'une surlargeur de chaussée qui porte le marquage en rive, puis d'une partie dégagée de tout obstacle, revêtue et apte à accueillir un véhicule lourd en stationnement. Aucune dénivellation ne doit exister entre la chaussée et la B.A.U.

Sa largeur est de **2.5m**, ou de **3,00 m** lorsque le trafic poids lourd excède 2 000 v/j (deux sens confondus) $L_{(B.A.U)} = 2 \text{ m}$.

VI.4.4 .Profil en travers type du notre projet :

Description	Largeur (m)	nombre	largeur totale (m)
Voie de circulation 2x3	3.5	6	21
• Terre-plein central (T.P.C)	2	1	2
• Accotement	2.5	2	5
- Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	2.5	2	5
totale			28

Tableau IV.4.1: Profil en travers type proposé

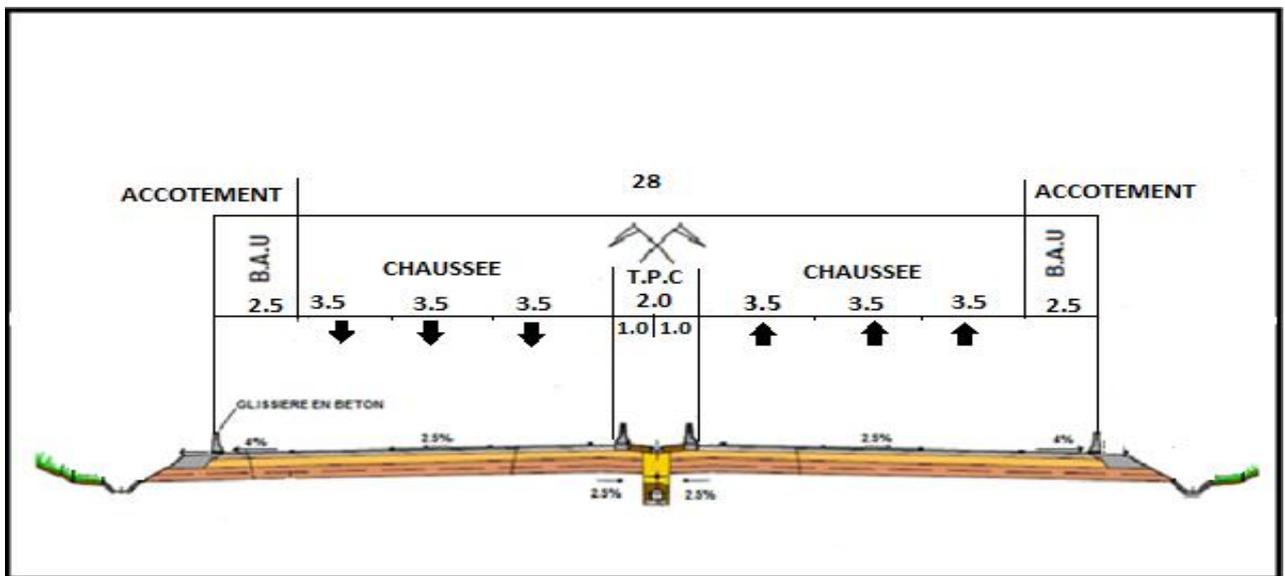


Figure IV.4.3: Profils en Travers type de L' autoroute en 2×3 voies

CHAPITRE V :

ANALYSE DU RESULTAT DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE

V.1. Introduction :

La géotechnique routière a pour objectif de définir les caractéristiques des sols qui serviront d'assise pour la structure de chaussée et détecter des zones d'emprunt de matériaux de construction pour les remblais et le corps de chaussée, elle est nécessaire pour mesurer dès l'avant-projet sommaire, l'incident des choix de profil en long et d'une manière générale du tracé en terme de coût. On peut dire aussi que la géotechnique est une science empirique qui se fait en partie sur les données recueillies lors d'essais en laboratoire et sur terrain. L'étude géotechnique du site est basée essentiellement sur la description géomorphologique et lithologique, l'interprétation des mouvements gravitaires et l'estimation des tassements, le recensement des gîtes a matériaux et en fin le dimensionnement de la chaussée.

V. 2 Objectif de l'étude géotechnique :

- La sécurité en indiquant la stabilité des talus et des remblais
- L'extraction et la réutilisation des matériaux de déblais.
- Une approche du type de fondation des Ouvrages d'Arts
- Déterminer la nature géologique des formations rencontrées en place.

V.3.CONTEXTE GEOLOGIQUE :

V.3- 1 Topographie du site :

Le site choisi pour le tracé est représenté par une topographie plus ou moins onduleuse.



Photo V.1 : Plan de situation du tracé

V.3. 2. Géologie régionale :

D'après la carte géologique de **Larbaa** au **1/50.000^e**, la partie sud-est d'Alger est représentée par les formations suivantes :

- **Le primaire** par des roches éruptives (dacitoïde andésitique à biotite, pyroxène et hornblende), de roches métamorphiques (schistes à aspect lustré), grès micacés rouges et poudingues à galets et quartz blanc (*Permien*)
- **Le secondaire** correspond aux brèches dolomitiques et gypseuses du *Trias* et aux calcaires *liasiques*.
- **Le tertiaire** est représenté par de nombreux termes tels que :
 - les flyschs *albo-optiens*
 - les calcaires (*cénomaniens*)
 - les marnes et calcaires du *sénonien*
 - les formations de Takourabett, poudingues, grès, marnes et calcaires de l'*éocène*
 - marnes et argiles, grès et poudingues du *Carténien*
 - calcaires et tufs (*Helvétien*)
 - marnes et argiles bleues du sahel

- marnes jaune, calcaires, sables, grès et poudingue coquillé de l'Astien
- poudingues grès et sables du *Villafranchien*
- **Le quaternaire** correspond aux marnes et cailloutis de maison carrée (comblement de la Mitidja) d'âge *Pliocène récent* et *Quaternaire ancien*, alluvions récentes et de terrasses de vallées *Pleistocène*, éboulis et dépôts de pentes et enfin par les alluvions actuelles.

La région de BARAKI est cartée a¹, a², a³ et p²q'' qui correspondent successivement aux alluvions caillouteuses et limoneuses, limoneuses, marécageuses et marnes et cailloutis de maison carrée en plus des alluvions récentes.

V.3 .3.Géologie locale :

D'après notre visite du site concerné par l'étude, les formations affleurées sont constituées essentiellement par des argiles sableuses et des alluvions anciennes (comblement de la MITIDJA).

V.3 .4. SISMICITE :

La conception et la réalisation des ouvrages projetés devront tenir compte de la sismicité de la région et du règlement parasismique algérien en vigueur.

La région d'Alger est située dans une zone de forte sismicité, pour le calcul dynamique de l'ouvrage, il y a lieu de se référer au règlement parasismique Algérien en vigueur

(RPA 99 version 2003)

V.4- PROGRAMME DE RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE :

Le programme de la reconnaissance géotechnique a été établi et implanté par les soins du client et a porté sur l'exécution de :

V.4 .1.Essais in Situ :

- Quatre (04) sondages carottés de 50 m de profondeur.
- Un (01) sondage carotté de 30 m de profondeur.
- Neuf (09) puits de 3.00 m de profondeur.
- Onze (11) essais pressiométriques de 50.00 mètres de profondeur comprenant le forage et

L'essai tous les 1.00 m de profondeur.

Prélèvement des échantillons paraffinés pour les essais au laboratoire

V.4 .1.1. Sondage Carotté :

Les sondages carottés réalisés nous ont permis de déterminer la nature des formations géologiques en place (voir les coupes lithologiques des sondages jointes en annexes) et de récupérer des échantillons intacts, transmis au laboratoire pour subir les différents analyses et essais physiques et mécaniques.

V.4 .1.2. Essai Pressiométrique:(normes EN-ISO 22475-4 et NFP 94-110-1) :

Principe d'essai :

L'essai Pressiométrique est un essai de chargement statique du terrain qui est effectué en place. Il consiste en l'expansion radiale d'une sonde cylindrique recouverte d'une gaine en caoutchouc, introduite dans un forage préalable.

Les spécifications du CPV -Contrôleur Pression Volume- sont :

Dimensions : 86 x 43 x 26 cm.

Masse : 24.5 Kg (trépied 3.5 kg).

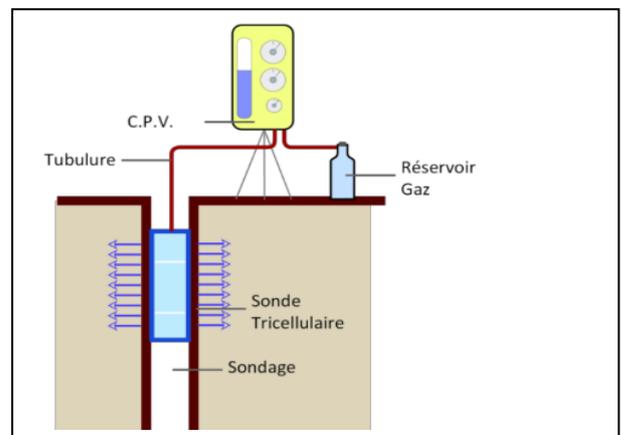


Figure V.1: Essai pressiométrique

Le résultat d'un essai Pressiométrique permet d'obtenir les paramètres suivants du terrain.

- E:Module Pressiométrique (bars)

$$E = 2(1 + \vartheta)V \frac{\Delta p}{\Delta v}$$

ϑ : Coefficient de Poisson fixé à 0.33.

V = Volume de la sonde au point d'inflexion de la courbe dans la zone pseudo – élastique ($V=V_0+V_r$).

V_0 : est le volume au repos de la sonde qui en pratique égal à 535 cm³ et V_r le volume d'eau injecté au point d'inflexion de la zone pseudo -élastique (volume correspondant au milieu de cette zone)

$\Delta P/\Delta V$: Pente de la partie linéaire de la courbe dans la zone pseudo-élastique de chaque essai.

- **Pf: Pression de fluage**, pression à laquelle le terrain ne se comporte plus d'une manière élastique
- **Pl: Pression limite**, pression qui correspond à la rupture du terrain. Celui-ci n'admet plus d'augmentation de pression

I : phase de mise en contact de la paroi de Sonde avec le sol
II : phase pseudo-élastique.
III : phase plastique.

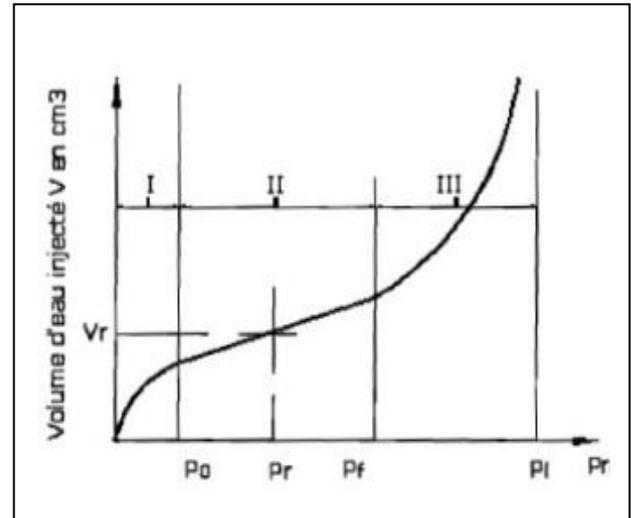


Figure V.2 : Courbe Pressiométrique

L'objectif de l'essai Pressiométrique est d'obtenir une relation contrainte-déformation du terrain in situ, de sorte qu'on puisse calculer le module de déformation pressiométrique du terrain ainsi que la capacité portante des fondations pour LOD (**investigation réalisée pour un lot ouvrages d'art**).

V.4 .2. Les différents essais en laboratoire :

Les essais de laboratoire visent à déterminer les propriétés physiques et mécaniques des Matériaux afin de choisir le dimensionnement du corps de chaussée ou type de fondations

(Superficielles ou profondes) et leurs dimensions et ce, pour chaque ouvrages d'art.

Les essais réalisés en laboratoire sont :

a. Les essais d'identification

- Teneur en eau naturelle ;
- Masse volumique des particules solides des sols ;
- Masse volumique des sols fins ;
- Limites d'Atterberg ;
- Analyse granulométrique (tamisage à sec) ;
- Analyse granulométrique (par sédimentométrie) ;

- Équivalent de sable.

b. Les essais mécaniques

- Essai Proctor normal et modifié ;
- Portance CBR imbibé et immédiat ;
- Essai Los Angeles ;
- Essai Micro Deval ;
- Essai œdométrique ;
- Essai Cisaillement direct.

V.4 .2.1. Analyse granulométrique avec sédimentation (AG) :

Les résultats de l'analyse granulométrique facilite l'identification du matériau et permet de prévoir certaines propriétés du sol (perméabilité, aptitude au compactage etc.). L'analyse granulométrique complète comprend 2 étapes :

Le tamisage : pour les particules de dimensions supérieures à 0,080 mm ou 80mm.

La sédimentométrie : pour les particules de dimensions inférieures à 80 mm

Principe d'essai:

Cette analyse consiste à séparer au moyen d'une série de tamis (ou de passoirs normalisés), montés en colonne l'un sur l'autre, un sol en plusieurs catégories de grains de diamètres décroissants. La distribution en poids suivant la dimension des particules est traduite par une courbe granulométrique.

Domaine d'utilisation:

La granulométrie est utilisée pour la classification des sols en vue de leur utilisation dans la chaussée.

V.4 .2.2. Equivalent du sable:

Le but de l'essai de l'équivalent est de déterminer la qualité d'impureté (ou pour déterminer le pourcentage d'impureté dans un échantillon) soit des éléments argileux ultra fins ou des limons.

$$Es = 100 \frac{h2}{h1}$$

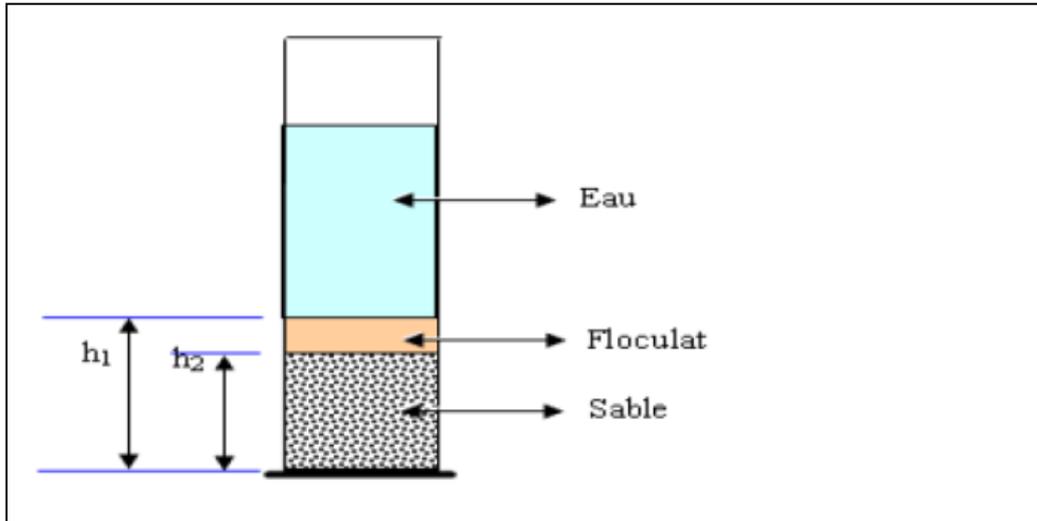


Figure V.3 : Essai équivalent de sable.

ES	Qualité de sable
ES=100	Sable parfaitement propre (pur)
ES > 90	Sables très propre
69 < ES < 90	Sable propre
10 < ES < 69	Sable mauvais
ES < 10	Sable très mauvais
ES = 0	Argile pure (pas de sable)

Tableau V.1 : qualité de sable en fonction Es.

V.4 .2.3.Teneur en eau et la masse volumique :

- **Teneur en eau**

On définit la teneur en eau comme le poids de l'eau contenu dans un échantillon de sol ramené au poids des grains solides contenus dans le même échantillon. On la note en ω , soit :

$$\omega = \frac{W_w}{W_s}$$

Avec :

- W_w : Poids de l'eau.
- W_s : Poids du sol sec.

- **Masse Volumique :**

a) La masse volumique humide correspond à la masse d'un matériau par unité de volume soit :

$$\gamma_h = \frac{W}{V}$$

- b) La masse volumique sèche est le rapport du poids des grains secs au volume total
Soit :

$$\gamma_d = \frac{W}{V}$$

- **Le degré de saturation :**

Le degré de saturation, noté S_r , indique dans quelle proportion les vides sont remplis par l'eau. Il est défini comme le rapport du volume de l'eau au volume des vides. Il s'exprime en pourcentage :

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100$$

V.4 .2.4. Limites d'Atterberg:

Cet essai a pour but de déterminer les limites de consistance qui sont exprimées en termes de teneur en eau marquant les limites entre états solides, plastiques, et liquides.

Limite de liquidité (W_L) : Définit la teneur en eau limite qui sépare le passage du sol de la consistance plastique à la consistance liquide avec :

$$W_L = w \times (N/25)^{0.121}$$

Avec

N : Nombre de coups.

w : Teneur en eau au moment de l'essai donnant N coups.

Limite de plasticité (W_P) : Définit la teneur en eau limite qui sépare le passage du sol de la consistance plastique à l'état solide faible.

L'indice de plasticité (IP) : L'indice de plasticité mesure l'étendue de la plage de teneur en eau dans laquelle le sol

se trouve à l'état plastique. Suivant la valeur de leur indice de plasticité, les sols peuvent se classer comme suit : $IP = W_L - W_P$

Indice de plasticité	Degré de plasticité
$0 < IP < 5$	Non plastique (L'essai perd sa signification dans cette zone de valeurs)
$5 < IP < 15$	Moyennement plastique
$15 < IP < 40$	Plastique
$IP > 40$	Très plastique

Tableau V.2: Degré de plasticité (suivant la norme P 94-011).

Indice de consistance I_c :

$$I_c = \frac{Wl - W}{I_p}$$

Un sol à la limite de liquidité a un indice de consistance nul.

- Si $I_c < 0$, le sol est à l'état liquide.
- Si $0 < I_c < 1$, le sol est à l'état plastique (les déformations sont possibles).

Le sol est d'autant plus susceptible de se tasser que la valeur d' I_c est proche de 0.

- Si $I_c > 1$, le sol est solide.



Photo V.2 : Limite de liquidité

Remarque :

Les limites de plasticité portent le nom de limites d'Atterberg ; la mesure de ces limites s'opère sur la fraction 0 à 0,4 mm (mortier)

V.4 .2.5 : Essai de résistance au Cisaillement des sols :

Cisaillements direct :

La résistance au cisaillement d'un sol est la résistance interne par unité de surface qu'un sol peut offrir pour résister à une rupture ou à un cisaillement le long d'un plan.

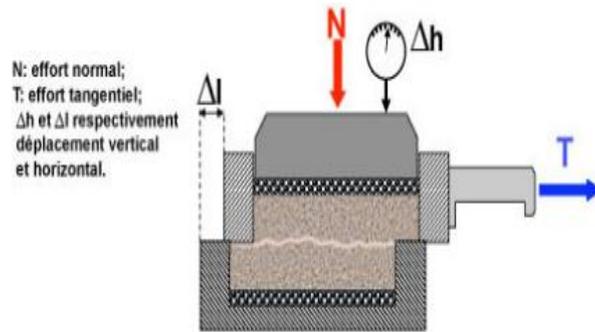
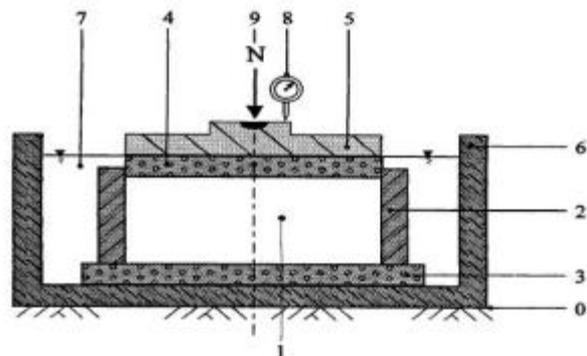
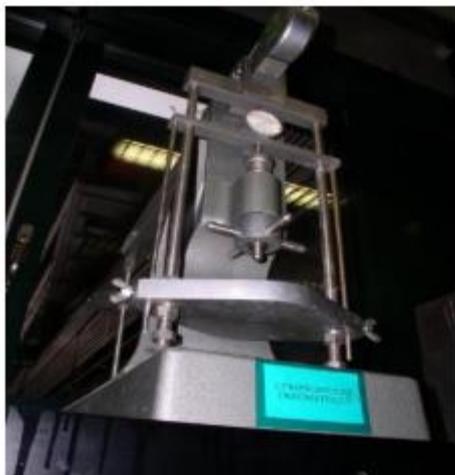


Figure V.4: la Boite de Casagrande

V.4 .2.6.Essai Odométrique :

L'Odomètre est un appareil de chargement permettant la réalisation de compressions verticales pour lesquelles les déformations horizontales sont empêchées par une bague.

L'hypothèse sera de préciser que les déformations latérales seront quasiment nulles. Le but est de déterminer le coefficient de consolidation(C_v) et de trouver l'indice des vides(e).



- | | | | |
|---|---------------------------|---|---------------------------|
| 0 | Bâti | 5 | Dispositif de chargement |
| 1 | Éprouvette de matériau | 6 | Réservoir |
| 2 | Enceinte odométrique | 7 | Liquide d'imbibition |
| 3 | Disque drainant inférieur | 8 | Mesurage du déplacement |
| 4 | Disque drainant supérieur | 9 | Effort N sur l'éprouvette |

Photo V.3 : Appareil Odométrique.

V.4 .2.7. Essai Proctor:

L'essai Proctor est un essai routier, il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage et une teneur en eau, il a donc pour but de déterminer une teneur en eau afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol prévu pour l'étude, cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée (optimum Proctor). Le principe de l'essai consiste à humidifier l'échantillon de sol recueilli à plusieurs teneurs en eau et à le compacter selon un procédé et une énergie conventionnels. Pour chacune des valeurs de teneur en eau considérée, la masse volumique sèche du sol en sera déterminée et la courbe des variations en sera établie.

- c) **L'essai Proctor normal** : Il rend compte des énergies de compactage pratiquées pour les remblais et ce de manière correcte.
- d) **L'essai Proctor modifié** : Le compactage est beaucoup plus poussé et correspond aux énergies mises en œuvre pour les couches de forme et les couches de chaussée.

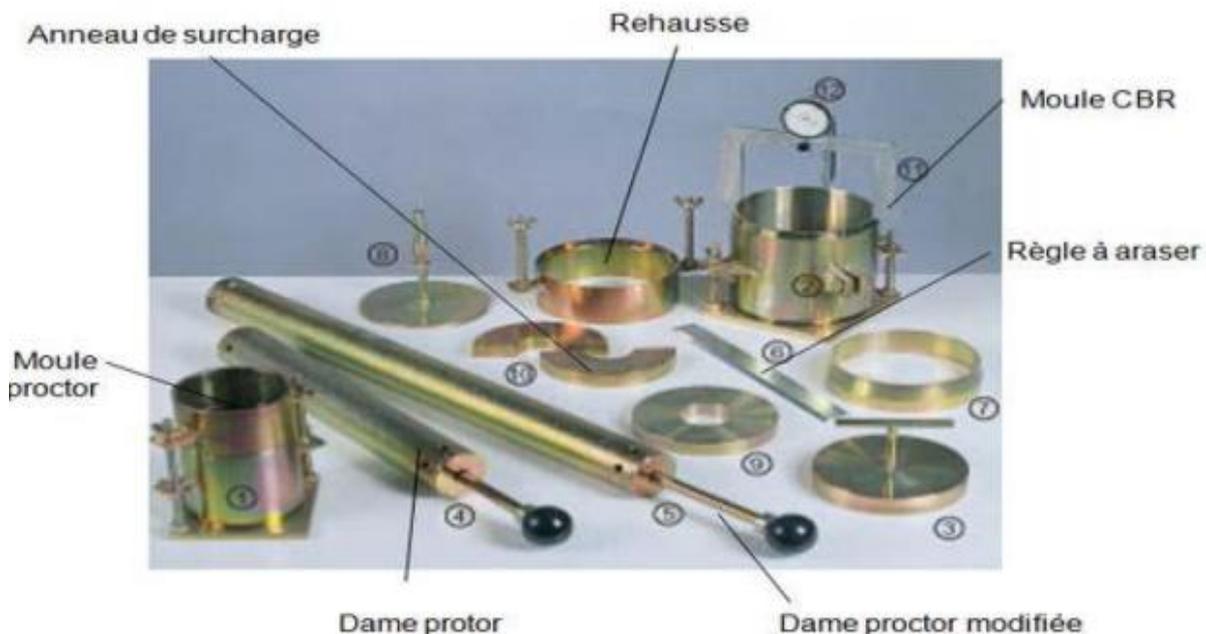


Photo V.4 : Essai Proctor.

V.4 .2.8. Essai CBR (California - Bearing – Ratio) :

L'essai CBR nous permet de réaliser la caractérisation mécanique des sols naturels et de sols compactés dans des remblais et des couches de forme, de fondation et de sous fondation de routes et aéroports. On distingue trois (3) types d'essai :

- **L'indice portant immédiat (IPI) :**

Il mesure la résistance au poinçonnement d'un sol compacté à sa teneur en eau naturelle ou dans la plage de teneur en eau dans laquelle il est susceptible d'évoluer. Il caractérise

l'aptitude du sol à permettre la circulation des engins en phase chantier. Le matériau est compacté à l'énergie Proctor Normal dans le cas d'un sol et à l'énergie Proctor Modifiée dans le cas d'un matériau d'assise de chaussée.

• **L'essai C.B.R immédiat :**

Il mesure la résistance au poinçonnement d'un sol compacté généralement à l'énergie Proctor Modifiée à sa teneur en eau à l'optimum Proctor (WOPN). En plus, dans la mesure où le matériau est un support ou un constituant d'une structure de chaussée, l'éprouvette de sol testé sera surchargée en tête par des disques représentant l'équivalent de la contrainte imposée par la chaussée sur la plate-forme.

• **L'essai C.B.R imbibé :**

Il mesure la résistance au poinçonnement d'un sol compacté à différentes teneurs en eau immergée pendant plusieurs jours (quatre (04) en général). Il caractérise l'évolution de la portance d'un sol compacté et soumis à des variations de régime hydrique



Photo V.5 : Presse CBR.

V.4 .2. 9. Essai au bleu de méthylène (ou à la tache) :

L'essai au bleu de méthylène, également appelé « essai au bleu », est un procédé utilisé en géotechnique pour déterminer la propreté d'un sable, d'un granulat et plus généralement d'un sol, et les différents types d'argiles qu'il contient. Le bleu de méthylène est en effet adsorbé préférentiellement par les argiles du type montmorillonites (argiles gonflantes) et les matières organiques. Les autres argiles (Illites et Kaolinites) sont peu sensibles au bleu. L'essai consiste à mesurer la quantité de colorant (bleu de méthylène) fixée par 100 g de la fraction granulaire analysée.

Principe:

L'essai au bleu de méthylène est pratiqué sur la fraction granulaire **0/2mm** des sables courants ou sur les fillers (**0 / 0,125 mm**) contenus dans un sable fileries, un gravillon ou un tout venant. Il a pour but de révéler la présence de fines de nature argileuse et d'en déterminer la concentration.

On appelle valeur de bleu VB d'un sable (MB dans la norme européenne), la quantité en grammes de bleu de méthylène adsorbée par 1 kg de fraction **0/2mm** du sable.

Valeur de bleu de méthylène (V_{BS})	Catégorie de sol
$V_{BS} < 0,1$	Sol insensible à l'eau
$0,2 \leq V_{BS} < 1,5$	Sol sablo-limoneux, sensible à l'eau
$1,5 \leq V_{BS} < 2,5$	Sol sablo-argileux, peu plastique
$2,5 \leq V_{BS} < 6$	Sol limoneux de plasticité moyenne
$6 \leq V_{BS} < 8$	Sol argileux
$V_{BS} > 8$	Sol très argileux

Tableau V.3 : Valeur du bleu de méthylène (norme P 94-068).

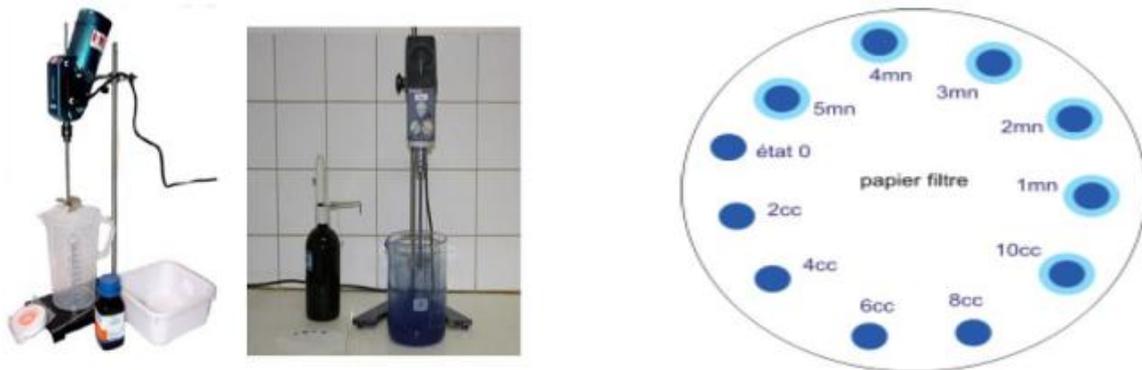


Photo V.6 : Essai au bleu de méthylène

V.4 .2.10.Essai Los Angeles :

Cet essai a pour but de mesurer la résistance à la fragmentation par chocs des granulats utilisés dans le domaine routier, et leur résistance par frottement réciproques dans la machine (Los Angeles).

Le principe de l'essai consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à 1,6 mm produite en soumettant le matériau aux chocs de boulets normalisés dans la machine Los Angeles.

Le coefficient Los-Angeles (LA) est donné, en pourcentage par le rapport des éléments passant au tamis de 1,60 mm séchés après lavage (M_1) et de la masse initiale des grains intacts (M_0).

$$LA = 100 \times \frac{M_0}{M_1}$$



Photo V.7 : Essai LOS ANGELES.

V.4 .2.11 .Essai Micro Deval:

L'essai a pour but d'apprécier la résistance à l'usure par frottements réciproques des granulats et leur sensibilité à l'eau. Deux types d'essai sont généralement pratiqués, essai à sec ou humide.

Fournissant une évaluation à l'aptitude du granulat à se transformer dans la chaussée sous l'action mécanique des véhicules, il s'applique à tous les matériaux, qu'elle qu'en soit la nature minéralogique. L'essai consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à 1,6 mm (tamis de 1,6 mm) produits dans la machine Deval par les frottements réciproques.



Photo V.8 : Essai Micro Deval

V.5. RESULTATS DE LA RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE :

V.5 .1. Résultats des sondages Pressiométrique (NF P 94-110):

Les résultats des essais Pressiométrique n'ont pu être exploités à cause de la nature géologique des couches traversées (nature gréseuse et alluvionnaire), En effet, lors de la réalisation du sondage Pressiométrique au niveau de la couche alluvionnaire, des éboulements de parois se sont produit, ce qui a rendu la réalisation des essais Pressiométrique impossibles.

V.5 .2. Sondages carottés :

Les sondages carottés réalisés sur site et implantés par le client ont permis de dresser les coupes lithologiques suivantes :

a/sondage :

Sondage SC 00:

0.00 – 3.50 m : Remblai.

3.50 – 30.00 m : Marne de maison carrée brunâtre à jaunâtre avec tâche grisâtre, graveleuse avec peu de galets par endroit et concrétions calcaires avec un passage de sable

argileux entre 14.80 m – 15.60 m, 17.90 m – 18.00 m et 22.00 m – 22.80 m et un dépôt alluvionnaire (sable moyen avec galet dans une matrice argilo marneuse) entre 22.80 m – 25.90 m et 27.90 – 30.00 m.

Sondage SC 01:

0.00 – 6.50 m: Remblai.

6.50 – 12.70 m: Marne grisâtre avec débris de coquilles et traces d'oxydations à la base.

12.70 – 13.70 m : Argile brunâtre graveleuse avec concrétion calcaire de couleur brunâtre.

13.70 – 15.00 m : Marne jaunâtre à tâche brunâtre, graveleuse, avec trace d'oxydation (marne

de maison carrée).

15.00 – 21.40 m : Dépôt alluvionnaire constitué de sable moyen à grossier avec graviers et galets de différentes tailles enrobé dans une matrice marneuse

21.40 – 24.00 m : Marne de maison carrée jaunâtre sableuse par endroit peu graveleuse.

24.00 – 24.40 m : Banc de grés grisâtre.

24.40 – 43.00 m : Dépôt alluvionnaire avec passage de conglomérat de mauvaise qualité et un

présence de grés beige entre 27.00 m et 27.20 m.

43.00 – 50.00 m : Marne de maison carrée jaunâtre à tâche grisâtre, graveleuse avec débris de coquilles.

Sondage SC 02 :

0.00 – 0.80 m : Remblai.

0.80 – 9.30 m : Marne argileuse grisâtre à noirâtre avec débris de coquille finement sableuse par endroit

9.30 – 11.25 m: Argile brunâtre à tâche grisâtre très graveleuse avec des concrétions calcaire et débris de coquilles

11.25 – 27.00 m: Dépôt alluvionnaire constitué de sable moyen à grossier avec graviers et galets de différentes tailles enrobés dans une matrice argileuse avec présence de galets à la base.

27.00 – 36.00 m: Banc de grés beige.

36.00 – 38.50 m: Sable argileux peu graveleux brunâtre.

38.50 – 50.00 m: Marne de maison carrée jaunâtre à tâche grisâtre, graveleuse, finement sableuse par endroit avec concrétions calcaire et débris de coquilles

Sondage SC 03 :

0.0 – 14.80 m : Dépôt alluvionnaire constitué de sable grossiers avec graviers et galets de Différentes tailles enrobés dans une matrice marneuse grisâtre à noirâtre avec un passage de tourbe entre 11.00 m – 11.15 m.

14.80 – 16.50 m : Marne de maison carrée jaunâtre à tâche grisâtre finement sableuse avec

des concrétions calcaire et traces d'oxydation et présence rare de galets.

16.50 – 27.00 m : Dépôt alluvionnaire constitué de sable grossiers avec graviers et galets de différentes tailles enrobés dans une matrice marneuse grisâtre.

27.00 – 37.50 m : Banc de grés beige avec trace des filtrations d'eaux.

37.50 – 40.50 m : Dépôt alluvionnaire constitué de graviers et galets de différentes tailles dans

une matrice marneuse grisâtre.

40.50 – 50.00 m : Marne de maison carrée jaunâtre à tâche grisâtre, sableuse, peu graveleuse

par endroit devenant grisâtre à verdâtre à la base avec passage de sable fin jaunâtre avec galets entre 43.60 m – 45.70 m.

Sondage SC 04 :

0.0 – 3.00 m : Remblai.

3.00 - 3.50 m : Sable fin peu argileux avec débris de coquilles et traces d'oxydation et présence

de racines.

3.50 – 12.60 m : dépôt alluvionnaire constitué de graviers et galets de différentes tailles enrobe dans une matrice argilo marneuse grisâtre avec présence de traces d'oxydations et un passage de tourbe entre 3.60 m – 3.80 m.

12.60 – 19.40 m : Marne grisâtre avec trace brunâtre très graveleuse avec débris de coquilles,

vaseuse entre 16.50 m – 17.00 m et tourbeuse entre 16.40 m – 16.50 m et 18.00 m – 18.20 m.

19.40 – 26.00 m : Marne brunâtre à grisâtre avec concrétions calcaire et débris de coquilles.

26.00 – 28.50 m : Tourbe noirâtre.

28.50 – 36.00 m : Banc de grés avec traces des filtrations d'eau.

36.00 – 39.00 m : Dépôt alluvionnaire constitué de sable moyen avec peu de graviers et galets

De différentes tailles.

39.00 – 50.00 m : Marne de maison carrée jaunâtre à tâche grisâtre, graveleuse, finement
Sableuse par endroit avec concrétions calcaire.

b/ Puits :

Les puits implantés par les soins du client et réalisés par la LCTP ont permis de dresser les coupes lithologiques suivantes :

Puits N°1 :

0.00 – 1.60 m: Remblai.

1.60 – 3.00 m : Marne jaunâtre graveleuse avec galets et trace d'oxydation.

Puits N°2 :

0.00 – 0.80 m : Remblai

0.80 – 2.20 m : Argile brunâtre graveleuse avec trace d'oxydation.

2.20 – 3.00 m : Marne sableuse jaunâtre avec peu de galets avec concrétion calcaire humide.

Puits N°3 :

0.0 – 1.30 m : Remblai

1.30 – 3.00 m : Marne verdâtre à jaunâtre à tâche grisâtre graveleuse avec trace d'oxydation
et concrétion calcaire humide.

Puits N°4 :

0.00 – 1.60 m : Remblai.

1.60 – 3.00 m : Marne sableuse jaunâtre avec peu de galets avec concrétion calcaire humide.

Puits N°5 :

0.0 – 1.20 m : Remblai.

1.20 – 3.00 m : Marne très graveleuse avec galets de différentes tailles jaunâtre.

Puits N°6 :

0.00 – 1.60 m : Remblai.

1.60 - 3.00 m : Marne argileuse brunâtre avec galets et concrétions calcaires et traces
d'oxydations.

Puits N°7 :

0.00 – 0.20 m : Remblai.

0.20 – 2.20 m : Marne argileuse brunâtre avec galets et concrétions calcaires et traces d'oxydations.

2.20 – 3.00 : Marne grisâtre graveleuse avec débris de coquilles.

Puits N°8 :

0.00 – 1.30 m : Remblai.

1.30 – 3.00 m : Marne argileuse brunâtre à grisâtre avec galets et concrétions calcaires et traces d'oxydations.

Puits N° 9:

0.00 – 1.00 m : Remblai.

1.00 – 2.00 m : Argile marneuse peu sableuse avec concrétion calcaire.

2.00 – 3.00 m : Sable argileux graveleux avec galets de différentes tailles humide

V.6. Résultats des essais de laboratoire :

Les essais réalisés au laboratoire sur les échantillons paraffinés et remaniés ont porté essentiellement sur :

- Des essais physiques et d'identifications.
- Des essais mécaniques.

Les résultats des essais d'identification obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

A / Sondage :

A-1/ Essais 'identification

Tableau V.4: résultats des essais d'identification «sondage »

Sondages N°	Profondeur (m)	Analyse granulométrique				Essais physiques				Limites d'Atterberg			Interprétation selon la norme XP P 94 – 011
		< 2 mm	< 80 □	< 2 □	□ (%)	γ_h (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	Sr (%)	Wl (%)	Wp (%)	Ip (%)	IC	
SC 0	14.20 – 14.60	99.78	76.01	29.00	17.10	2.03	1.73	82.21	39.08	19.74	19.34	1.14	Sol fin, non saturé, dense, peu plastique, dur.
	20.00 – 20.40	En cours											
	26.00 – 26.50	99.75	97.42	27.00	20.00	2.04	1.70	91.66	48.36	23.68	24.68	1.15	Sol fin, non saturé, dense, peu plastique, dur.
SC 01	7.80 – 8.00	95.73	64.70	20.00	15.18	2.04	1.77	77.85	27.57	15.20	12.37	1.00	Sol fin, non saturé, dense, peu plastique, dur.
	10.00 – 10.45	99.91	95.04	25.00	23.28	2.04	1.65	98.60	39.67	19.93	19.74	0.83	Sol fin, non saturé, dense, peu plastique, très ferme.
	11.80 – 12.30	99.90	96.56	25.00	22.07	2.04	1.67	96.46	40.72	20.41	20.31	0.92	Sol fin, non saturé, dense, peu plastique, très ferme.
	13.40 -13.70	99.88	97.10	53.00	22.18	2.06	1.69	100	57.72	27.74	29.98	1.19	Sol fin, saturé, dense, plastique, dur.
	22.90 -23.90	99.92	75.80	26.00	23.16	2.04	1.66	99.66	33.72	18.08	15.64	0.68	Sol fin, proche de la saturation, dense, peu plastique, ferme.
	45.30-45.80	96.14	90.44	47.00	17.19	2.03	1.73	82.64	44.75	23.11	21.64	1.27	Sol fin, non saturé, dense, peu plastique, dur.
	49.40 – 49.80	98.54	66.52	39.80	9.69	2.10	1.91	63.09	33.73	18.44	15.29	1.57	Sol fin, non saturé, très dense, peu plastique, dur.

LA SUITE DE TABLEAU

Sondages N°	Profondeur (m)	Analyse granulométrique				Essais physiques				Limites d'Atterberg			Interprétation selon la norme XP P 94 – 011
		< 2 mm	< 80 μ	< 2 μ	ω (%)	γ _h (t/m ³)	γ _d (t/m ³)	S _r (%)	W _I (%)	W _p (%)	I _p (%)	I _c	
SC 04	3.20 – 3.60	88.51	82.49	27.00	29.68	1.92	1.48	97.00	40.73	20.10	20.63	0.54	Sol fin, non saturé, peu dense, peu plastique, ferme.
	15.40 – 15.70	99.57	99.19	47.00	26.87	1.92	1.51	92.60	51.81	26.09	25.72	0.97	Sol fin, non saturé, peu dense, plastique, très ferme.
	18.30 – 18.70	92.92	91.77	38.00	72.45	1.53	0.89	95.51	87.36	42.75	44.61	0.33	Sol fin, non saturé, densité faible, plastique, molle.
	22.30 – 22.50	99.88	97.24	27.00	41.13	1.76	1.25	95.72	60.00	30.63	29.37	0.64	Sol fin, non saturé, densité faible, plastique, très ferme.
	27.20 – 27.50	99.52	76.20	16.00	35.55	1.50	1.11	66.96	79.18	38.33	40.85	1.07	Sol fin, non saturé, densité faible, très plastique, dur.
	39.90 – 40.40	99.34	85.03	24.00	18.77	2.13	1.79	99.69	31.97	16.33	15.64	0.84	Sol fin, proche de la saturation, dense, peu plastique, très ferme.
	43.50 – 44.00	98.60	94.95	26.00	18.40	2.12	1.79	97.99	35.25	16.81	18.44	0.91	Sol fin, non saturé, dense, peu plastique, très ferme.
	49.00 – 49.50	99.50	69.73	17.90	14.07	2.09	1.83	79.76	27.80	14.27	13.53	1.01	Sol fin, non saturé, très dense, peu plastique, dur.

b / Puits :

Tableau V.5: résultats des essais d'identification «puits»

Puits N°		P01	P02	P03	P04	P05	
Profondeur (m)		1.60-3.00	2.20-3.00	1.70-3.00	1.60-3.00	1.20-3.00	
Classe du sol selon GTR		A2	A2	A2	A2	A2	
Teneur en eau naturel (%)		11.91	14.29	17.69	18.86	14.31	
Analyse granulométrique	% des passants à 50	/	/	/	/	/	
	% des passants à 2	80.49	90.95	78.68	87.15	63.99	
	% des passants à 80 μ	41.05	79.54	60.14	77.31	40.91	
	% des passants à 2 μ	18.00	24.80	/	23.00	15.80	
Interprétation selon XP P94-011		Sol grenu	Sol fin	Sol fin	Sol fin	Sol grenu	
Limites D'Atterberg	Limite de liquidité W_L	29.03	41.71	46.78	41.58	33.42	
	Limite de plasticité W_p	15.13	21.96	25.40	22.21	18.49	
	Indice de plasticité I_p (%)	13.90	19.75	21.38	19.37	14.93	
Interprétation selon XP P94-011		Sol plastique	Sol plastique	Sol plastique	Sol plastique	Sol plastique	
Proctor modifié	γ_{dopm} (t/m ³)	2.07	2.06	1.87	1.81	2.03	
	ω_{opm} (%)	10.30	7.20	13.00	14.40	10.10	
C.B.R imbibé A 4 jours	56 coups	γ_d (t/m ³)	2.06	2.07	1.84	1.85	2.04
		I_{CBR}	7.20	1.81	4.54	4.32	6.42
		Gonflement	3.62	6.77	5.11	5.11	4.48
	25 coups	γ_d (t/m ³)	1.96	1.96	1.76	1.67	1.97
		I_{CBR}	5.26	1.15	3.72	2.48	4.32
		Gonflement	5.00	9.21	8.42	6.85	7.48
	10 coups	γ_d (t/m ³)	1.84	1.57	1.60	1.48	1.72
		I_{CBR}	3.71	0.90	2.48	1.48	2.06
		Gonflement (%)	6.69	11.57	11.81	9.84	11.57
Analyses chimiques Sommaires	Carbonates (%)	-	-	-	-	-	
	Anhydrides (%)	-	-	-	-	-	
	Sulfates (%)	-	-	-	-	-	
	Chlorures (%)	-	-	-	-	-	

Suite du tableau

Puits N°		P06	P07		P08		P09		
Profondeur (m)		1.60 - 3.00	0.20 - 2.20	2.20 - 3.00	1.30 - 3.00	2.00 - 2.80	1.00 - 1.40	2.50 - 3.00	
Classe du sol selon GTR		AZ	AZ	/	AZ	/	/	/	
Teneur en eau naturel (%)		11.50	/	33.0	/	19.15	14.15	/	
Analyse granulométrique	% des passants à	/	/	-	/	-	-	/	
	% des passants à 2 mm	75.44	84.94	-	93.63	-	-	75.44	
	% des passants à 80 μ	48.30	63.21	-	86.41	-	-	48.30	
	% des passants à 2 μ	26.00	22.00	-	24.00	-	-	26.00	
Interprétation selon XP P94-011		Sol grenu	Sol fin	-	Sol fin	-	-	Sol grenu	
Limites D'Atterberg	Limite de liquidité W _L (%)	31.05	33.10	-	39.04	-	-	-	
	Limite de plasticité W _p (%)	15.70	18.28	-	20.38	-	-	-	
	Indice de plasticité I _p (%)	15.35	14.82	-	18.66	-	-	-	
Interprétation selon XP P94-011		Sol plastique	Sol plastique	-	Sol plastique	-	-	-	
Proctor modifié	γ _{dopm} (t/m ³)	-	2.03	-	2.01	-	-	2.22	
	ω _{opm} (%)	-	8.40	-	8.50	-	-	6.00	
C.B.R imbibé A 4 jours	56 coups	γ _d (t/m ³)	1.96	2.00	-	1.99	-	-	2.21
		I _{CBR}	4.65	1.48	-	1.66	-	-	39.08
		Gonflement (%)	6.95	4.84	-	4.25	-	-	0.11
	25 coups	γ _d (t/m ³)	1.86	1.90	-	1.90	-	-	2.07
		I _{CBR}	2.04	1.07	-	1.38	-	-	29.31
		Gonflement (%)	6.95	6.22	-	6.77	-	-	0.78
	10 coups	γ _d (t/m ³)	1.71	1.70	-	1.62	-	-	1.81
		I _{CBR}	0.77	0.77	-	0.83	-	-	19.54
		Gonflement (%)	10.00	9.05	-	11.53	-	-	2.32
Analyses chimiques sommaires	Carbonates (%)	27.59	54.31	-	12.93	-	-	31.90	
	Anhydrides (%)	12.12	23.90	-	5.69	-	-	14.04	
	Sulfates (%)	traces	traces	-	traces	-	-	traces	
	Chlorures (%)	0.47	0.35	-	0.53	-	-	0.41	
	VBS (%g)	0.53	1.44	-	1.53	-	-	0.44	

De l'analyse des résultats de tous les essais d'identification, il ressort que :

- les valeurs de la limite liquidité présentent des valeurs entre 29,03 et 46,78 %.
- les valeurs de la limite de liquidité augmentent jusqu'à 46,78 %.
- les indices de plasticité présentent des valeurs comprises entre 13,90 et 21,38 %, Donc le degré de plasticité varie entre un état moyennement plastique et un état plastique.
- Les valeurs en bleu au méthylène ont varié entre 0,44 g/100 g et 1,53 g/100 g.
- Le teneur en eau naturelle présente une variation en fonction de la granulométrie. Les valeurs d'humidité les plus basses (11,5%) correspondent à des formations granulaires et les valeurs d'humidités les plus élevées (33%) correspondent à des échantillons cohésifs (limon).

C/ Résultats des analyses chimiques de sol :

L'analyse chimique effectuée sur des échantillons prélevés à partir des sondages carottés a donné les résultats récapitulés dans le tableau suivants :

N° de sondage	Profondeurs (m)	Sulfates Ca SO ₄ 2H ₂ O	Carbonates CaCO ₃ (%)	Chlorures (Na Cl)	Anhydride carbonique (CO ₂)	Matière organique (%)
Sc 03	10.08 – 11.05	traces	28.44	0.47	12.51	/
Sc 04	27.50 – 27.70	traces	6.90	0.35	3.03	2.98

Traces* : une trace désigne une très faible quantité.

Tableau V.6: Résultats des analyses chimiques des sols.

- Dans la zone où la teneur CaCO₃ est plus de 30%, le sol est marneux
- Selon le résultat d'analyse, le sulfate est faiblement présenté de façon à ne pas influencer

Suivant la norme NF P18-011, les résultats montrent que le sol analysé n'est pas agressif

Remarque :

Comme on peut le voir dans le tableau, les résultats géochimiques ne sont pas élevés, par conséquent le sol n'est pas agressif.

- AVIS DU L.C.T.P :

- Stabilité d'ensemble :

L'état actuel des lieux n'indique aucun signe d'instabilité apparent de type glissement de terrain, toute fois, il serait toujours utile de rappeler la nécessité de réaliser le projet en question suivant les règles de l'art

V.7. Classification selon GTR (Guide des Terrassements Routiers) :

Ce document rassemble l'ensemble des connaissances accumulées au cours de ces quarante dernières années par l'ensemble de la profession. Le contenu de ce guide permet une classification des sols et la connaissance des conditions d'extraction et de réutilisation de ces sols.

Le type de sol de notre projet est tuf marneux et limon sableux de la classe A, donc D'après le GTR on a :

Classement selon la nature				Classement selon l'état hydrique	
Paramètres de nature Premier niveau de classification	Classe	Paramètres de nature Deuxième niveau de classification	Sous classe fonction de la nature	Paramètres d'état	Sous classe fonction de l'état
D _{max} ≤ 50 mm et Tamisat à 80 μm > 35 %	A sols fins	VBS ≤ 2,5 ^(*) ou I _p ≤ 12	A ₁ Limos peu plastiques, loess, silt alluvionnaires, sables fins peu polués, arènes peu plastiques...	I _p ⁽¹⁾ ≤ 3 ou w _n ≥ 1,25 w _{OPN}	A ₁ th
				3 < I _p ⁽¹⁾ ≤ 8 ou 1,10 w _{OPN} ≤ w _n < 1,25 w _{OPN}	A ₁ h
				8 < I _p ⁽¹⁾ ≤ 25 ou 0,9 w _{OPN} ≤ w _n < 1,10 w _{OPN}	A ₁ m
				0,7 w _{OPN} ≤ w _n < 0,9 w _{OPN}	A ₁ s
				w _n < 0,7 w _{OPN}	A ₁ ts
		12 < I _p ≤ 25 ^(*) ou 2,5 < VBS ≤ 6	A ₂ Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques, arènes...	I _p ⁽¹⁾ ≤ 2 ou I _c ⁽¹⁾ ≤ 0,9 ou w _n ≥ 1,3 w _{OPN}	A ₂ th
				2 < I _p ⁽¹⁾ ≤ 5 ou 0,9 < I _c ⁽¹⁾ ≤ 1,05 ou 1,1 w _{OPN} ≤ w _n < 1,3 w _{OPN}	A ₂ h
				5 < I _p ≤ 15 ou 1,05 < I _c ≤ 1,2 ou 0,9 w _{OPN} ≤ w _n < 1,1 w _{OPN}	A ₂ m
				1,2 < I _c ≤ 1,4 ou 0,7 w _{OPN} ≤ w _n < 0,9 w _{OPN}	A ₂ s
				I _c > 1,4 ou w _n < 0,7 w _{OPN}	A ₂ ts
		25 < I _p ≤ 40 ^(*) ou 6 < VBS ≤ 8	A ₃ Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques...	I _p ⁽¹⁾ ≤ 1 ou I _c ⁽¹⁾ ≤ 0,8 ou w _n ≥ 1,4 w _{OPN}	A ₃ th
				1 < I _p ⁽¹⁾ ≤ 3 ou 0,8 < I _c ⁽¹⁾ ≤ 1 ou 1,2 w _{OPN} ≤ w _n < 1,4 w _{OPN}	A ₃ h
				3 < I _p ≤ 10 ou 1 < I _c ≤ 1,15 ou 0,9 w _{OPN} ≤ w _n < 1,2 w _{OPN}	A ₃ m
				1,15 < I _c ≤ 1,3 ou 0,7 w _{OPN} ≤ w _n < 0,9 w _{OPN}	A ₃ s
				I _c > 1,3 ou w _n < 0,7 w _{OPN}	A ₃ ts
		I _p > 40 ^(*) ou VBS > 8	A ₄ Argiles et argiles marneuses, très plastiques...	Valeurs seuils des paramètres d'état, à définir à l'appui d'une étude spécifique.	
				A ₄ h	
				A ₄ m	
				A ₄ s	

Tableau V. 7 :Classification des matériaux utilisés pour la construction des remblais (classe A)

Plus détaillé (A_2). Puisque on a I_p (13,9 à 21,38 %) Plus détaillé (A_1). Puisque on a I_p (7à 12%)

$12 < I_p \leq 25$ (w) ou $2,5 < VBS \leq 6$	A_2 Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plas- tiques, arènes...	$w \leq 2$ ou $l_c \leq 0,9$ ou $w_s \geq 1,3 w_{lim}$	$A_2 th$
		$2 < w \leq 5$ ou $0,9 < l_c \leq 1,05$ ou $1,1 w_{lim} \leq w_s < 1,3 w_{lim}$	$A_2 h$
		$5 < w \leq 15$ ou $1,05 < l_c \leq 1,2$ ou $0,9 w_{lim} \leq w_s < 1,1 w_{lim}$	$A_2 m$
		$1,2 < l_c \leq 1,4$ ou $0,7 w_{lim} \leq w_s < 0,9 w_{lim}$	$A_2 s$
		$l_c > 1,4$ ou $w_s < 0,7 w_{lim}$	$A_2 ts$

Tableau V. 8 : Sous classe des matériaux utilisés pour la construction des remblais(A_2)

V.7 .1.Conditions d'utilisation des matériaux en remblai :

Les conditions d'utilisation des sols, des matériaux rocheux, des sous-produits industriels sont celles qu'il y a lieu de respecter pour autoriser l'emploi en remblai des différentes classes et sous-classes de matériaux

Ces conditions sont exprimées, en exigences techniques directement intégrables dans les cahiers des charges des marchés pour obtenir la qualité généralement recherchée pour ces ouvrages.

Elles ont été définies dans le double souci :

- D'une part, de viser le juste de qualité technique nécessaire, compte tenu des possibilités des matériels d'exécutions.
- D'autre part, de tenir compte des couts moyens des différentes techniques et méthode utilisés.

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI

A₁ (états s et ts), A₂ (états th et h)

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code							
					E	G	W	T	R	C	H	
A_{1s}	Ces sols sont difficiles à compacter. Il faut au moins éviter de réduire encore leur teneur en eau et pour des remblais de grande hauteur un changement de leur état hydrique est nécessaire.	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON							
		+	pluie faible	E : extraction en couches R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1	0	0	0	1	2	2	
		=	ni pluie ni évaporation importante	Solution 1 : humidification dans la masse W : humidification pour changement d'état R : réglage en couches minces C : compactage moyen	0	0	4	0	1	2	0	
				Solution 2 : emploi en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0	0	0	0	0	1	2	
		-	évaporation importante	Solution 1 : arrosage superficiel W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de faible hauteur (≤ 5 m)	0	0	3	0	0	1	1	
		Solution 2 : extraction avec arrosage superficiel E : extraction frontale W : arrosage superficiel C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	2	0	3	0	0	1	2			
		Solution 3 : humidification dans la masse W : humidification pour changement d'état R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0	0	4	0	1	1	2			
A_{1ts}	Sols normalement inutilisables en l'état Leur humidification pour les ramener dans l'état s voire m peut être envisagée sous réserve d'une étude spécifique				NON							
A_{2th}	Sols normalement inutilisables en l'état				NON							
A_{2h}	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible. La mise en dépôt provisoire et le drainage préalable ne sont habituellement pas des solutions envisageables dans le climat français moyen. Le matelassage est à éviter au niveau de l'arasement.	+	pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON							
		=	ni pluie, ni évaporation importante	Solution 1 : traitement E : extraction frontale T : traitement à la chaux C : compactage faible	0	0	0	2	0	2	0	
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage faible H : remblai de faible hauteur (≤ 5 m)	0	0	0	0	0	3	1	
		-	évaporation importante	Solution 1 : aération E : extraction en couches W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1	0	1	0	1	2	2	
		Solution 2 : traitement T : traitement à la chaux C : compactage moyen	0	0	0	2	0	2	0			

CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI

A₂ (états m, s et ts)

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code												
					E	G	W	T	R	C	H						
A_{2m}	Ces sols ne posent pas de problème de réutilisation en remblai sauf par pluie forte ou moyenne	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON												
				+	pluie faible	E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10m)	2	0	0	0	0	2	2				
						=	ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen	0	0	0	0	0	2	0		
								-	évaporation importante	Solution 1 : arrosage superficiel W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage moyen	0	0	3	0	0	2	0
										Solution 2 : emploi en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10m)	0	0	0	0	0	1	2
		Solution 3 : extraction frontale E : extraction frontale C : compactage intense	2	0	0	0	0	1	0								
A_{2s}	La teneur en eau faible de ces sols oblige à un compactage intense. Il faut au moins éviter de réduire encore leur teneur en eau et pour des remblais de grande hauteur un changement de leur état hydrique est nécessaire L'humidification dans la masse exige un malaxage soigné avec apport d'importantes quantités d'eau	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON												
				+	pluie faible	E : extraction en couches R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10m)	1	0	0	0	1	1	2				
						=	ni pluie, ni évaporation importante	Solution 1 : humidification dans la masse W : humidification pour changer l'état R : couches minces C : compactage moyen	0	0	4	0	1	2	0		
								Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10m)	0	0	0	0	0	1	2		
						-	évaporation importante	Solution 1 : humidification W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage intense	0	0	4	0	1	1	0		
								Solution 2 : arrosage W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0	0	3	0	0	1	1		
								Solution 3 : extraction frontale avec arrosage E : extraction frontale W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10m)	2	0	3	0	0	1	2		
A_{2ts}	Sols normalement inutilisables en l'état				NON												

V.7.2. Tableau récapitulatif des conditions pouvant être imposées pour utiliser les différents matériaux en remblai :

Rubrique	Code	Conditions d'utilisation
E Extraction	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Extraction en couches (0,1 à 0,3m)
	2	Extraction frontale (pour un front de taille > 1 à 2m)
G Action sur la granularité	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Elimination des éléments > 800mm
	2	Elimination des éléments > 250 mm pour traitement
	3	Fragmentation complémentaire après extraction
W Action sur la teneur en eau	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Réduction de la teneur en eau par aération
	2	Essorage par mise en dépôt provisoire
	3	Arrosage pour maintien de l'état
	4	Humidification pour changer d'état
T Traitement	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Traitement avec un réactif ou un additif adaptés
	2	Traitement à la chaux seule
R Régilage	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Couches minces (20 à 30 cm)
	2	Couches moyennes (30 à 50 cm)
C Compactage	1	Compactage intense
	2	Compactage moyen
	3	Compactage faible
H Hauteur des remblais	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Remblai de hauteur faible (\leq 5m)
	2	Remblai de hauteur moyenne (\leq 10m)

Tableau V.9: représente le code E G W T R C H

V.7 3.Explication de code « E G W T R C H »

- **Sol type A₂th (Sols normalement inutilisables en l'état)** : La réduction de teneur en eau par une mise en dépôt provisoire ou drainage préalable (plusieurs mois) peut être envisageable après étude spécifique et permettrait de les ramener en A h
- **Sol type A₂h**

Pluie faible : Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes

Ni pluie ni évaporation importante (Solution 1 : traitement) :

Rubrique	Code	Conditions d'utilisation
E,G,W,R,H	0	Pas de condition particulière à recommander
T	2	traitement à la chaux
C	2	compactage moyen

Ni pluie ni évaporation importante (Solution 2 : utilisation en l'état) :

Rubrique	Code	Conditions d'utilisation
E,G,W,T,R	0	Pas de condition particulière à recommander
C	3	compactage faible
H	1	remblai de faible hauteur (≤ 5 m)

Evaporation importante (Solution 1 : utilisation en l'état)

Rubrique	Code	Conditions d'utilisation
E,G,W,R,T	0	Pas de condition particulière à recommander
H	1	remblai de faible hauteur (≤ 5 m)
C	3	compactage faible

Evaporation importante (Solution1 : aération)

Rubrique	Code	Conditions d'utilisation
G, T	0	Pas de condition particulière à recommander
E	1	extraction en couches
W	1	réduction de la teneur en eau par aération
R	1	couches minces
C	2	compactage moyen
H	2	remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)

Evaporation importante (Solution 2 : traitement)

Rubrique	Code	Conditions d'utilisation
E,G,W,R,H	0	Pas de condition particulière à recommander
T	2	Traitement à la chaux
C	2	compactage moyen

➤ Sol type A₂ m

Pluie forte : Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes

Pluie faible :

Rubrique	Code	Conditions d'utilisation
G W T R	0	Pas de condition particulière à recommander
E	2	extraction frontale
C	2	compactage moyen
H	2	remblai de hauteur moyenne ($\leq 10\text{m}$)

Ni pluie ni évaporation importante :

Rubrique	Code	Conditions d'utilisation
E,G,W,R,H,T	0	Pas de condition particulière à recommander
C	2	compactage moyen

Evaporation importante (Solution 1 : arrosage superficiel)

Rubrique	Code	Conditions d'utilisation
E,G,T,R,H	0	Pas de condition particulière à recommander
W	3	arrosage superficiel pour maintien de l'état
C	2	compactage moyen

Evaporation importante (Solution 2 : emploi en l'état)

Rubrique	Code	Conditions d'utilisation
E,G,T,W,R	0	Pas de condition particulière à recommander
C	1	compactage intense
H	2	remblai de hauteur moyenne ($\leq 10\text{m}$)

Evaporation importante (Solution 3: extraction frontale)

Rubrique	Code	Conditions d'utilisation
H,G,T,W,R	0	Pas de condition particulière à recommander
E	2	extraction frontale
C	1	compactage intense

➤ Sol type A₁S

Pluie forte : Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes

Pluie faible :

Rubrique	Code	Conditions d'utilisation
G W T	0	Pas de condition particulière à recommander
E	1	extraction en couches
R	1	couches minces
C	1	compactage moyen
H	2	remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)

Ni pluie ni évaporation importante (Solution 1 : humidification dans la masse)

Rubrique	Code	Conditions d'utilisation
E G T H	0	Pas de condition particulière à recommander
W	4	humidification pour changement d'état
R	1	couches minces
C	2	compactage moyen

Ni pluie ni évaporation importante (Solution 2 : utilisation en l'Etat)

Rubrique	Code	Conditions d'utilisation
E G W T R	0	Pas de condition particulière à recommander
C	2	compactage intense
H	1	remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)

Evaporation importante (Solution 1 : humidification)

Rubrique	Code	Conditions d'utilisation
E G T H	0	Pas de condition particulière à recommander
W	4	humidification pour changer l'état
R	1	couches minces
C	1	compactage moyen

Evaporation importante (Solution 2 : arrosage)

Rubrique	Code	Conditions d'utilisation
G T R E	0	Pas de condition particulière à recommander
W	3	arrosage superficiel pour maintien de l'état
C	1	C : compactage intense
H	1	: remblai de hauteur faible (≤ 5 m)

Evaporation importante (Solution 3 : extraction frontal avec arrosage)

Rubrique	Code	Conditions d'utilisation
G T R	0	Pas de condition particulière à recommander
E	2	Extraction frontal
W	3	arrosage superficiel pour maintien de l'état
C	1	compactage intense
H	2	remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)

- **Sol type A₂TS** : Sols normalement inutilisables en l'état (Leur humidification pour les ramener dans l'état s voire m peut être envisagée sous réserve d'une étude spécifique).

V.8. Conclusion :

Après avoir fait une classification selon le guide des terrassements routiers (GTR), le taux de réutilisation des matériaux terrassés est de l'ordre de 50 % environ du global ce qui bien entendu joue un rôle très important sur l'aspect économique. Seule l'analyse géotechnique permet d'entamer l'étape suivant qui concerne le dimensionnement de chaussée.

V.9. Coupes lithologiques et photos de 2 sondages carottés et de 09 puits :



Sondage SC1 Caisse N° 1 profondeur 0.00 – 7.20 m



Sondage SC1 Caisse N° 2 profondeur 7.20 – 11.20 m



Sondage SC1 Caisse N° 3 profondeur 11.20 – 16.00 m



Sondage SC1 Caisse N° 4 profondeur 16.00 – 20.00 m



Sondage SC1 Caisse N° 4 profondeur 20.00 – 24.00 m



Sondage SC1 Caisse N° 5 profondeur 24.00 – 30.00 m

Photo V.9 : Coupes lithologiques des sondages carottés « SC1 »



Sondage SC02 Caisse N° 1 profondeur 0.00 – 7.00 m



Sondage SC02 Caisse N° 2 profondeur 7.00 – 11.00 m



Sondage SC02 Caisse N° 3 profondeur 11.00 – 18.00 m



Sondage SC02 Caisse N° 4 profondeur 18.00 – 25.00 m



Sondage SC02 Caisse N° 5 profondeur 25.00 – 33.00 m



Sondage SC02 Caisse N° 6 profondeur 33.00 – 39.50 m



Sondage SC02 Caisse N° 7 profondeur 39.00 – 44.00 m



Sondage SC02 Caisse N° 8 profondeur 44.00 – 50.00 m

Photo V.10 : Coupes lithologiques des sondages carottés « SC2 »

B/ Puits :



ETUDE : E/G liaison oued ouchaih N°Dossier : 31.11.0100 LIEU : Rocade Sud CLIENT : ENGOA		Réf : P01 COORDONNEES : X = 10023.765 Y = 18795.675 Z = Date d'exécution :												
Profondeur (m)	Coupe Lithologique	DESCRIPTION GEOTECHNIQUE	Profondeur Echantillon	Granulométrie			Essais d'identification				Proctor		Indice CBR	Classification LCPC
				< 2mm (%)	< 80 µ (%)	< 2 µ (%)	W _L (%)	W _p (%)	IP (%)	IC	W _{opt} (%)	γ _{opt} (g/cm ³)		
0,5	[Lithological diagram showing soil layers]	Remblai												
1,0														
1,5		Marnes jaunâtre graveleuse avec galets et trace d'oxydation.												
2,0														
2,5														
3,0														
3,5														
4,0														
4,5														
5,0														

Programme : 8016111 2007 ©



Photo V.11 : Puits N1

ETUDE : E/G liaison oued ouchaih N°Dossier : 31.11.0100 LIEU : Rociade Sud CLIENT : ENGOA		Réf : P02 COORDONNEES : X = 10024.070 Y = 18695.675 Z = Date d'exécution :												
Profondeur (m)	Coupe Lithologique	DESCRIPTION GEOTECHNIQUE	Profondeur Echantillon	Granulométrie			Essais d'identification				Proctor		Indice CBR	Classification LCPC
				< 2mm (%)	< 80 µ (%)	< 2 µ (%)	γ_d (g/cm ³)	W _L (%)	W _c (%)	IP (%)	IC	W _{opt} (%)		
0,5		Remblai												
1,0		Argile brunâtre avec trace d'oxydation												
2,0		Marne sableuse jaunâtre avec peu de galets avec concrétions calcaire humide												
2,5														
3,0														
3,5														
4,0														
4,5														
5,0														

Programme : Sotibeta 2007 ©



Photo V.12 : Puits N2



ETUDE : E/G liaison oued ouchaih N°Dossier : 31.11.0100 LIEU : Rocade Sud CLIENT : ENGOA		Réf : P03 COORDONNEES : X = 10025.177 Y = 18595.675 Z = Date d'exécution :													
Profondeur (m)	Coupe Lithologique	DESCRIPTION GEOTECHNIQUE	Profondeur Echantillon	Granulométrie			Essais d'identification					Proctor		Indice CBR	Classification LCPC
				< 2mm (%)	< 30µ (%)	< 2µ (%)	γ_d (g/cm ³)	W_p (%)	W_L (%)	IP (%)	IC	W_{opt} (%)	γ_{opt} (g/cm ³)		
0,5		Remblai													
1,0															
1,50		2,0 2,5 3,0 3,00	Marne verdâtre à jaunâtre à tâches grisâtre graveleuse avec traces d'oxydations et concrétion calcaires.												
3,5															
4,0															
4,5															
5,0															

Programme : Sofista 2007 ©



Photo V.13 : puits N3



ETUDE : E/G liaison oued ouchaih N°Dossier : 31.11.0100 LIEU : Rociade Sud CLIENT : ENGOA		Réf : P04 COORDONNEES : X = 10026.284 Y = 18495.675 Z = Date d'exécution :												
Profondeur (m)	Coupe Lithologique	DESCRIPTION GEOTECHNIQUE	Profondeur Echantillon	Granulométrie			Essais d'identification				Proctor		Indice CBR	Classification LCPC
				< 2mm (%)	< 80 µ (%)	< 2 µ (%)	γ _s (g/cm ³)	W _p (%)	W _L (%)	IP (%)	IC	W _{opt} (%)		
0,5		Remblai												
1,0														
1,60		Marnes sableuses jaunâtre avec peu de galets et concrétions calcaire, humide.												
2,0														
2,5														
3,0														
3,5														
4,0														
4,5														
5,0														

Programme : Sofibeta 2007 ©



Photo V.14 : Puits N4

ETUDE : E/G liaison oued ouchaïh N°Dossier : 31.11.0100 LIEU : Rocade Sud CLIENT : ENGOA				Réf : P05 COORDONNEES : X = 10027.391 Y = 18395.675 Z = Date d'exécution :											
Profondeur (m)	Coupe Lithologique	DESCRIPTION GEOTECHNIQUE	Profondeur Echantillon	Granulométrie				Essais d'identification				Proctor		Indice CBR	Classification LCPC
				< 2mm (%)	< 80 µ (%)	< 2 µ (%)	γ _d (g/cm ³)	W _p (%)	W _L (%)	IP (%)	IC	W _{opt} (%)	γ _{opt} (g/cm ³)		
0,5	[Lithological diagram showing soil layers]	Remblai													
1,0		1,20													
1,5		Marnes très graveleuses avec galets de différentes tailles, jaunâtre.													
2,0	2,0														
2,5															
3,0															
3,5															
4,0															
4,5															
5,0															

Programme : Sofibeta 2007 ©



Photo V.15 : Puits N5

ETUDE : E/G liaison oued ouchaïh N°Dossier : 31.11.0100 LIEU : Rocade Sud CLIENT : ENGOA		Réf : P06 COORDONNEES : X = 10028.117 Y = 18295.675 Z = Date d'exécution :													
Profondeur (m)	Coupe Lithologique	DESCRIPTION GEOTECHNIQUE	Profondeur Echantillon	Granulométrie				Essais d'identification				Proctor		Indice CBR	Classification LCPC
				< 2mm (%)	< 80 µ (%)	< 2 µ (%)	γ _d (g/cm ³)	W _p (%)	W _L (%)	IP (%)	IC	W _{opt} (%)	γ _{opt} (g/cm ³)		
0,5	[Lithological diagram showing soil layers]	Remblai													
1,0															
1,5		Marnes argileuses brunâtres avec galets et concrétions calcaires													
2,0															
2,5															
3,0															
3,5															
4,0															
4,5															
5,0															

Programme : Sofista 2007 ©

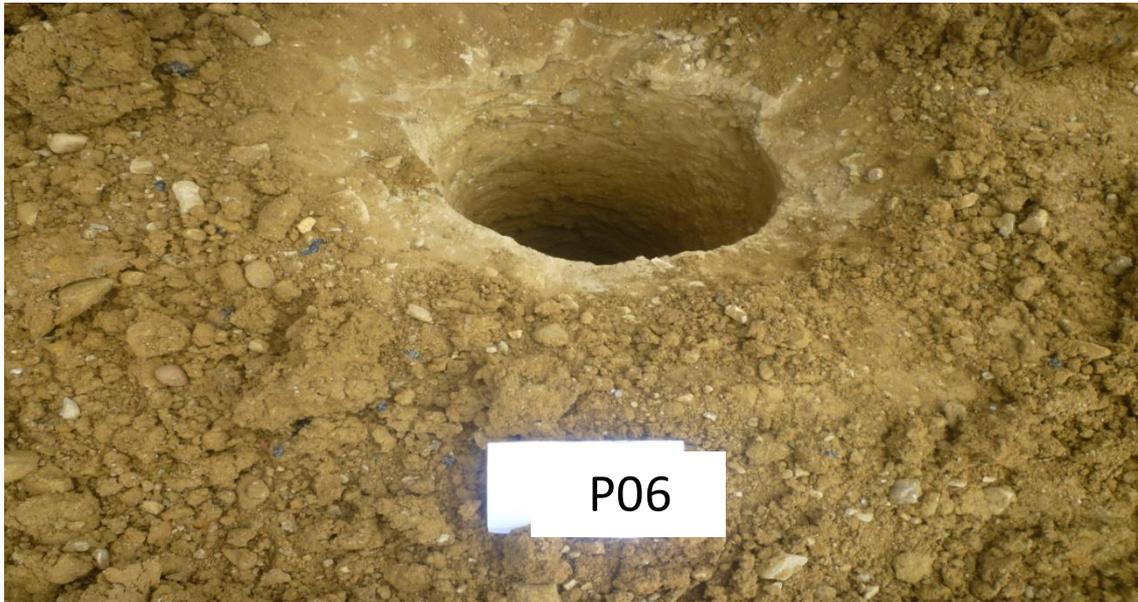


Photo V.16 : Puits N6

ETUDE : E/G liaison oued ouchaih N°Dossier : 31.11.0100 LIEU : Rocade Sud CLIENT : ENGOA				Réf : P07 COORDONNEES : X = 10021.473 Y = 18195.943 Z = Date d'exécution :													
Profondeur (m)	Coupe Lithologique	DESCRIPTION GEOTECHNIQUE	Profondeur Echantillon	Granulométrie				Essais d'identification				Proctor		Indice CBR	Classification LCPC		
				< 2mm (%)	< 300 µ (%)	< 2 µ (%)	γ _d (g/cm ³)	W _p (%)	W _L (%)	IP (%)	IC	W _{opt} (%)	γ _{opt} (g/cm ³)				
0,5		Remblai 2.00 Mame argileuse brunâtre avec galets et concrétions calcaires et traces d'oxydations. 2.20 Mame grisâtre graveleuse avec débris de coquilles. 3.00															
1,0																	
1,5																	
2,0																	
2,5																	
3,0																	
3,5																	
4,0																	
4,5																	
5,0																	

Programme : Sofista 2007 ©



Photo V.17 : Puits N7



Profondeur (m)		Coupe Lithologique	DESCRIPTION GEOTECHNIQUE	Profondeur Echérifton	Granulométrie				Essais d'identification				Proctor		Indice CBR	Classification LCPC
					< 2mm (%)	< 80 µ (%)	< 75 µ (%)	< 2 µ (%)	γ _s (g/cm ³)	W _L (%)	W _c (%)	IP (%)	IC	W _{opt} (%)		
0,5			REMBLAI													
1,0	1,33															
1,5			Marnes argileuses brunâtre à grisâtre avec galets et concrétions calcaires et traces d'oxydations.													
2,0																
2,5	3,00															
3,0																
3,5																
4,0																
4,5																
5,0																

Programme : Solbata 2007 ©



Photo V.18 : Puits N8



ETUDE : E/G liaison oued ouchaih N°Dossier : 31.11.0100 LIEU : Rocade Sud CLIENT : ENGOA		Réf : P09 COORDONNEES : X = 9979.171 Y = 18002.756 Z = Date d'exécution :												
Profondeur (m)	Coupe Lithologique	DESCRIPTION GEOTECHNIQUE	Profondeur Echérillon	Granulométrie			Essais d'identification				Proctor		Indice CBR	Classification LCPC
				< 2mm (%)	< 80 µ (%)	< 2 µ (%)	γ _s (g/cm ³)	W _L (%)	W _c (%)	IP (%)	IC	W _{opt} (%)		
0,5		Remblai												
1,0		Marne argileuse peu sableuse avec concrétions calcaires												
1,5														
2,0		Sable argileux graveleux avec galets de différentes tailles, humide.												
2,5														
3,0														
3,5														
4,0														
4,5														
5,0														

Programme : Solbata 2007 ©

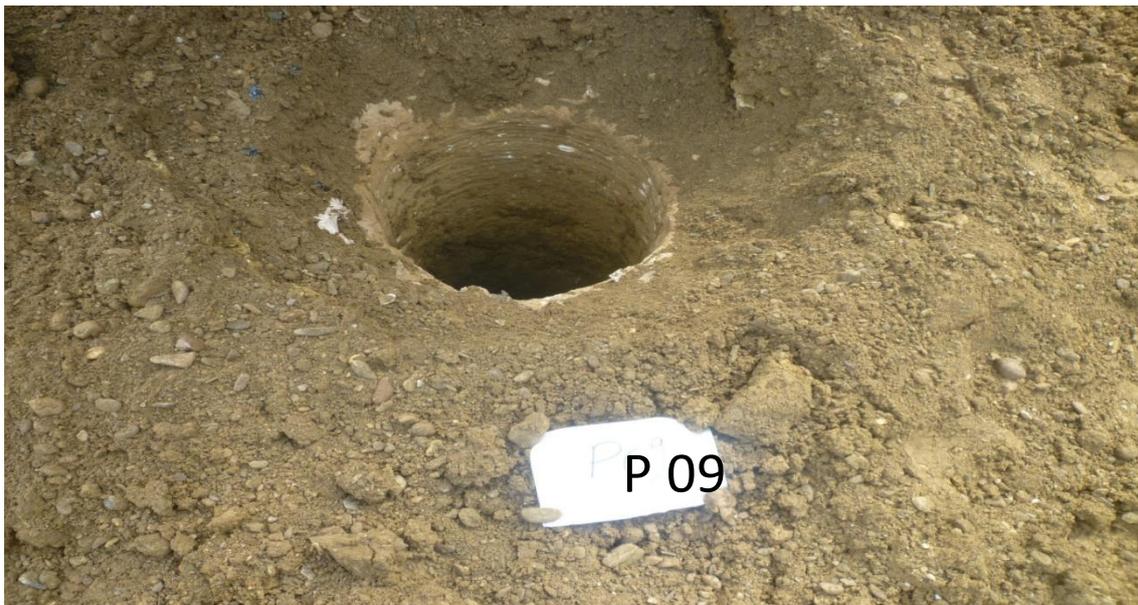


Photo V.19 : Puits N9

CHAPITRE VI :

PLAN DE SIGNALISATION

VI .1. Introduction :

La signalisation routière est un moyen de communication avec les usagers, bien signaler c'est bien communiquer, bien signaler c'est assurer l'écoulement du trafic dans les meilleures conditions de circulation, de gestion du trafic et de sécurité routière.

VI .2.Type de signalisation :

La signalisation prévue dans ce projet est basée sur les normes françaises retenues par « l'Arrêté et l'Instruction interministériels sur la signalisation routière » ainsi que sur les pratiques algériennes.

Dans ce cas on distingue deux types de signalisation :

- ✓ Signalisation horizontale.
- ✓ Signalisation verticale.

VI .2.1. Signalisation horizontale :

La signalisation horizontale a pour but d'indiquer sans ambiguïté les parties de la chaussée réservées aux différents sens de la circulation ou à certaines catégories d'usages.

Le marquage des chaussées joue un rôle essentiel dans la sécurité routière, il est obligatoire sur autoroute.

Le rôle essentiel de la signalisation horizontale est de délimiter les voies de circulation afin d'augmenter la sécurité routière, Un autre rôle est de compléter la signalisation verticale.

Le marquage de la chaussée est réalisé par plusieurs catégories de marques.

A. Caractéristiques générales des marques :

A.1. Couleur des marques de chaussée :

Les couleurs utilisées pour les marquages sur la chaussée est le blanc et le jaune, dont le jaune est pour T4 et de la délimitation du TPC, et le blanc pour d'autres marquages.

Les caractéristiques des peintures ou matériaux utilisés, notamment la durabilité et le rétro-réfléchissement.

A.2. Largeur des lignes :

Les largeurs de ligne sont définies par rapport à une unité U, les valeurs de U sont :

U = 7,5 cm : Sur l'Autoroute et les bretelles des diffuseurs, des nœuds autoroutiers et d'entrée/sortie sur aires.

U = 6 cm : Sur les bretelles de sortie de l'autoroute après les péages, sur les bretelles d'entrée de l'autoroute avant les péages et sur les RN.

U = 5 cm : Sur toutes les autres routes qui ne sont pas nationales.

Note : La valeur de U doit être homogène sur tout un itinéraire.

❖ **Lignes longitudinales :**

Pour notre projet la route est de type "autoroute", donc la valeur de U est 7.5 cm.

modulation	désignation des marques	largeur
Continue	Délimitation de terre-plein central (TPC).	3U
	Ligne séparant les sens de circulation opposés sur les routes à trois voies, avec deux voies affectées à un sens de circulation et ligne oblique marquant un rétrécissement de route de trois à deux voies.	3U
T1	Ligne axiale ou de délimitation de voie.	2U
T2	Délimitation des voies de décélération, d'insertion ou d'entrecroisement.	5U
	Ligne de rive de chaussée.	3U
T3	Ligne d'annonce d'une ligne continue.	2U
T'3	Ligne de rive aux approches de certains carrefours et dans les bretelles de raccordement.	3U
T4	Ligne délimitant une bande d'arrêt d'urgence, en section courante (hors bretelles de raccordement) sur autoroutes et routes à chaussées séparées et à carrefours dénivelés.	3U
T'2	Ligne " CÉDEZ-LE-PASSAGE ".	50 cm

Tableau VI.1 : Les caractéristiques de tous les types des lignes adoptées

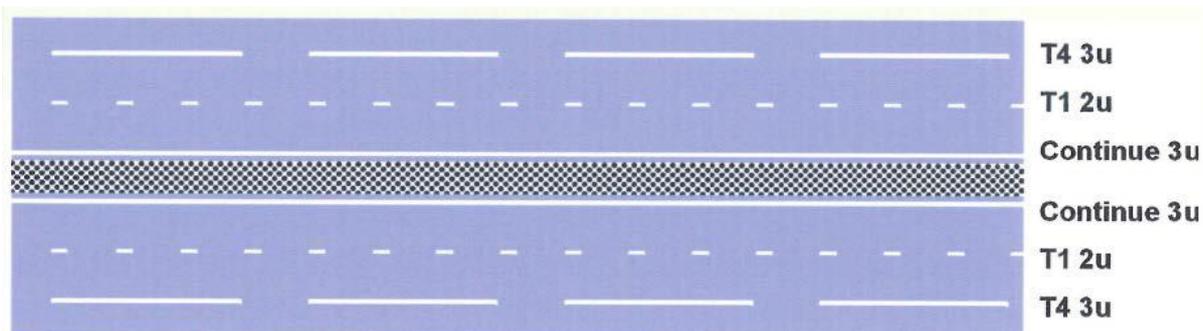


Figure VI.1 : Les lignes de délimitation de voies dans le tracé (source S -H partie 1-7)

Les lignes de délimitation de voies dans le tracé (source S -H partie 1-7)

B/Caractéristiques des lignes discontinues :

Type de marquage	Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre 2 traits successifs	Rapport plein/vide	Couleur
Axial longitudinal	T1	3	10	1/3	Blanc
	T'1	1.5	5	1/3	Blanc
	T3	3	1.33	3	Blanc
rive	T2	3	3.5	1	Blanc
	T'3	20	6	3	Blanc
	T4	39	13	3	Jaune
Transversal	T'2	0.5	0.5	1	Blanc
délimitation du TPC	LC				Jaune

Tableau VI. 2 : Les caractéristiques des lignes discontinues

T : type de modulation (voir Instruction sur la signalisation routière – 7ème partie p-6)

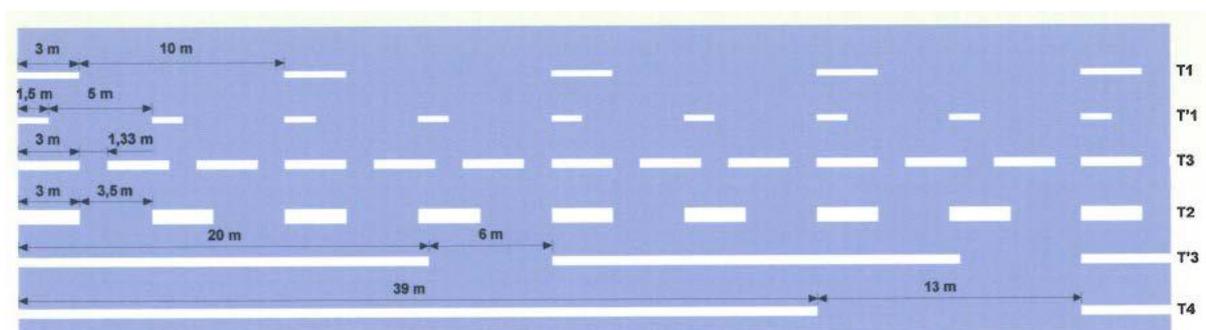


Figure VI.2 : Les lignes longitudinales (source S -H partie 1-7)

C/Autre marque :

- Marquage d’îlots séparateurs avec hachures.
- Marquage spécial pour stationnement ou aires d’arrêt d’appel d’urgence.

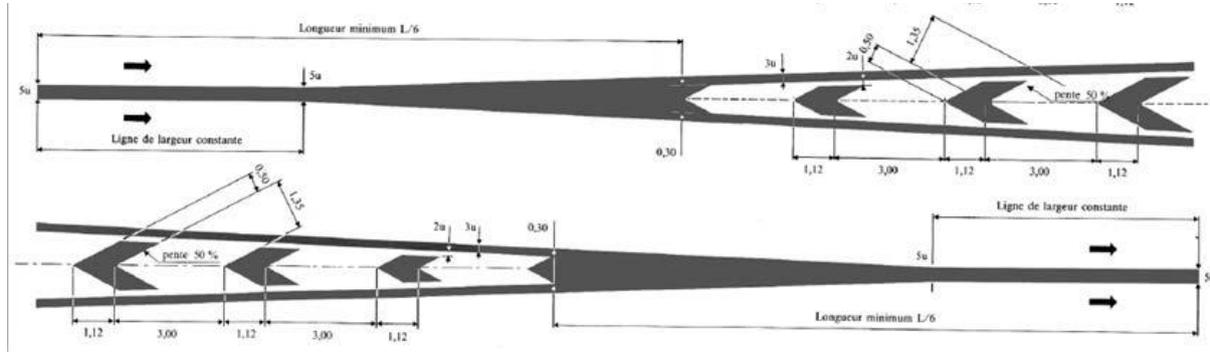


Figure VI.3 : Schéma de marquage avec hachures

VI .2.2.Signalisation verticale

Les signalisations qui ont été mises en place pour ce projet sont les suivants :

Désignation	Indication sur panneau
Limitation de vitesse.	
Limitation de vitesse.	
Limitation de vitesse.	
TGG Cote du triangle : 1000 mm. Virage a droit	
Hauteur Limite Gabarie	
Balise de musoir, signalant la divergence des voies	
Balisage de virage	

Tableau VI.3: Panneaux de signalisation verticale

A / Signalisation de direction :



Photo VI.1: Signalisation de direction

B/Signalisation de l'échangeur:

	Distance d'implantation	But
V (km/h)		120
Avertissement D(a)50	2000 m	pour attirer l'attention des usagers.
Pré signalisation D(a)40	1 000 m	pour marquer le début de la manoeuvre de sortie et notamment inciter les usagers à gagner la voie de droite.
Signalisation avancée D30	au point S= 1.50 m	Pour marquer la fin de la manoeuvre de sortie sur la chaussée émettrice

Tableau VI 4 : Implantation de la signalisation directionnelle sur une sortie

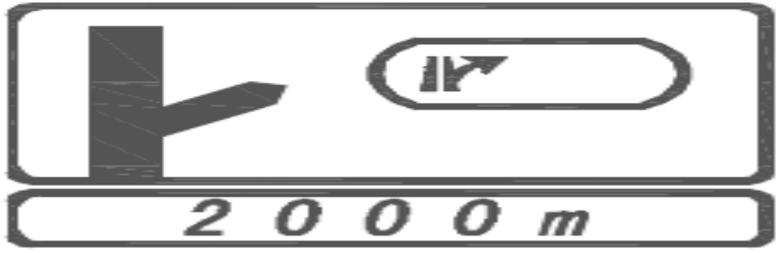
<p>Avertissement D50</p>	
<p>Pré-signalisation D40</p>	
<p>Signalisation avancée D30</p>	

Tableau VI.5 : Signalisation des bretelles de sorties (diffuseurs)

VI. 3. Dispositif de retenue :

Les dispositifs de retenue sont des équipements de protection des véhicules contre les sorties accidentelles de chaussées. Les dispositifs de retenue utilisés sont les suivants :

- **Glissières de sécurité métalliques fixes :**

La glissière de sécurité simple est utilisée pour implantation en TPC et du côté droit de la chaussée pour protection contre les obstacles.

- **Glissières de sécurité métalliques amovibles :**

Les glissières de sécurité métalliques amovibles sont les glissières démontables utilisées dans l'interruption du TPC pour permettre de basculer la circulation d'une chaussée à l'autre.

- **Séparateurs en béton :**

Les séparateurs en béton du type « DBA » (double séparateur en béton adhérent) sont des murets continus en béton coulé en place ou préfabriqué. Ils ont un comportement rigide lors d'un impact avec un véhicule, tout en facilitant le redressement de ce dernier.

VI. 3.1. Emploi des dispositifs de retenue :

Les glissières de sécurité sont nécessaires pour protéger les usagers de la route contre les dommages matériels et corporels lors d'une sortie de route.

VI.3.2. Modèle et type des dispositifs de retenue :

Le choix du modèle ou du type des dispositifs devra être déterminé en fonction d'un certain nombre de critères :

- Performances de sécurité et capacité de retenue.
- Coût de l'investissement et de l'entretien.
- Conditions de mise en œuvre et d'entretien.

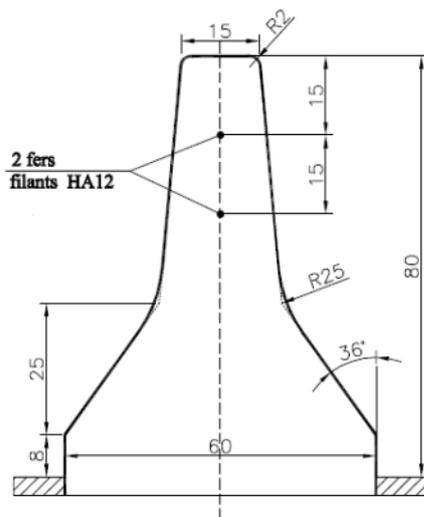


Figure VI.4: séparateur en béton

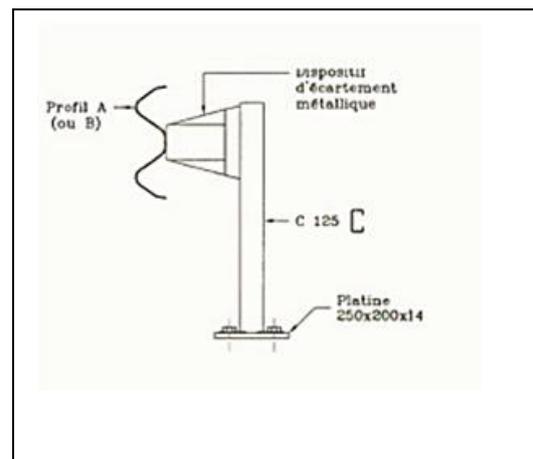


Figure VI.5 : glissière de sécurité

Pour le projet le dispositif de retenue sera un séparateur en béton sur tout le linéaire en accotements et deux séparateurs en béton sur la bande médiane.

CHAPITRE VII:

SUIVI DE REALISATION DE

TRONCON

OUED OUCHAIH – BEN GHAZI

WILAYA D'ALGER

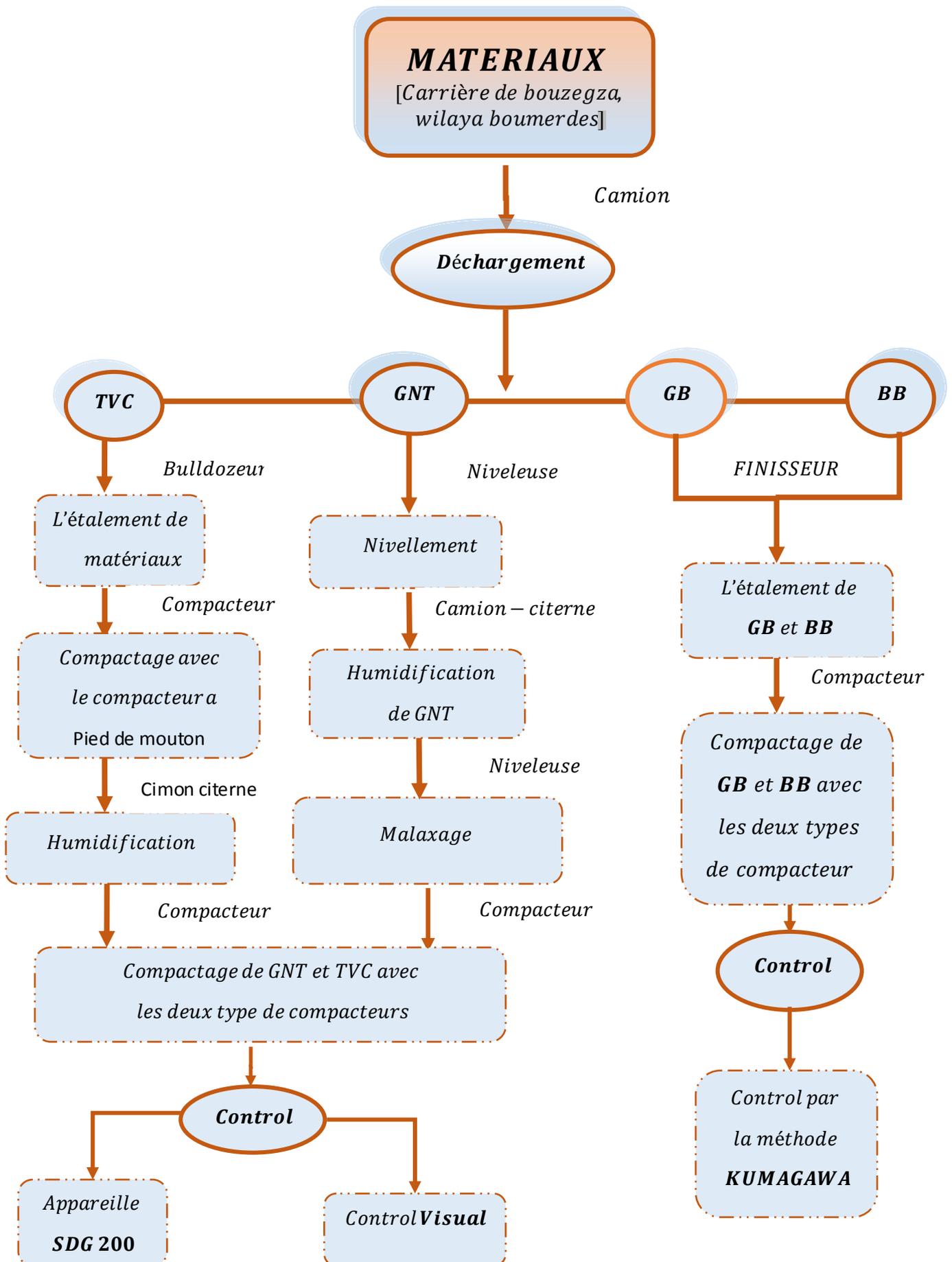
VII. 1 Introduction :

Suite à mon stage pratique que j'avais fait au sein de DIRECTION DES TRAVEAUX PUBLIC D'ALGER et avec l'Entreprise Nationale des Grands Ouvrages d'Art (ENGOA) et grâce aux sorties de terrain ou bien les visites de chantier à la wilaya d'Alger

Cela m'a donc permis d'acquérir des nouvelles connaissances et expérience, notamment une connaissance du monde de travail qui est pour moi très important.

Cela également m'a permis de bien collecter les données et les informations que j'avais besoin pour accomplir ou bien clôturer ma recherche.

VII. 2 Son organigramme :



VII.3 Réalisation :

Après la réalisation des travaux de terrassements couche de **forme** vient l'étape de la préparation de la couche de **fondation** de GNT (0/40) en épaisseur de 30 cm afin d'homogénéiser les caractéristiques du sol de fondation.

Ensuite la mise en œuvre la couche (**de basse**) de 16 cm GB.

Au niveau du revêtement, les couches de « surface » sont constituées de la couche de **roulement** de BB en épaisseur de 6 cm, associée à une couche de liaison. (**Couche d'accrochage**) cette couche a pour utilité lier les enrobés entre eux.

La préparation comporte le réglage de la forme et son compactage. Le réglage d'une couche consiste à la mettre au niveau exact établi par le projet, et à lui donner une pente transversale de pour assurer l'écoulement transversal des eaux de ruissellement.

Le réglage est effectué à l'aide d'une niveleuse automotrice, composée d'une poutre supportée par deux essieux fortement espacés et d'une lame, orientable dans tous les sens, placée sous la poutre, à mi-distance entre les deux essieux.

VII. 3 .1 TOUT VENANT DE CARRIERE 0/150mm :

A-1/ CARECTERISTIQUE DE LA TOUT VENANT DE CARRIERE :

1-DÉFINITION :

Le tout venant de carrière est l'extrait brut de carrière c'est-à-dire un mélange de sable et de graviers provenant de déblais non triés dont la grosseur normalisée est de 0-150, soit dont les éléments qui le composent ont une granulométrie comprise entre 0 et 150 millimètres.

2-DOMAINES D'UTILISATION :

La couche de forme qui protège le sol support pendant les travaux, permet d'améliorer les caractéristiques mécaniques des matériaux de remblais.

3-SPECIFICATIONS :

- CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-MÉCANIQUE :

Granulométrie : les courbes granulométriques doivent s'inscrire dans les fuseaux de spécification 0/150 suivant : (CAHIER DES CHARGES 'GRANULATS' (CDC-GRA08))

Tamis (mm)		150,00	125,00	63,00	45,00	16,00	4,00	1,00	0,25
Tamisât %	min	90,00	70,00	22,00	16,00	5,00	4,00	4,00	3,00
	max	100,00	100,00	56,00	47,00	33,00	25,00	20,00	4,00

Tableau VII. 1 : fuseaux de spécification (0 /150) de GNT (0 /150)

Dureté : $LA \leq 30 \%$, $MDE \leq 25 \%$ en couche de base.

$LA \leq 40 \%$, $MDE \leq 35 \%$ en couche de fondation.

Angularité : Les coefficients d'aplatissement : $A \leq 30 \%$.

Propreté : $ES \text{ à } 10 \%$ fines $\geq 40 \%$. Et $VB \leq 2$

LA : Los Angeles, MDE : micro Dorval,

VB : valeur de bleu (bleu de méthylène), ES : l'équivalent de sable

4- FABRICATION

Les TVC sont produites à partir de roches massives concassées et criblées en carrières.

C'est un concassa naturel de caractéristiques appropriées à la construction des couche profonde des routes.

5- MISE EN OEUVRE

Répannage :

- Utiliser des engins produisant peu de ségrégation (épandeuse, niveleuse),
- Faire respecter une utilisation correcte des engins de répannage lorsqu'ils comportent une lame de réglage :
 - ◆ lame de l'engin travaillant à pleine charge et disposée le plus perpendiculairement possible par rapport à la direction de progression de l'engin,
 - ◆ limitation du nombre de passes des engins,
 - ◆ répannage des granulats convenablement humidifiés dans la masse.

Humidification :

L'arrosage lorsqu'il est nécessaire, peut être exécuté au cours du réglage ou, sur un matériau déjà subi un premier compactage. Ce dernier doit intervenir avant la fin du compactage. La teneur en eau mise en œuvre doit être comprise dans un intervalle $W_{opm}-1$ à $W_{opm}+0.5$,

Compactage :

L'utilisation d'un compacteur vibrant est souhaitable, car il permet de briser les gros éléments. Si le pourcentage des éléments supérieurs à 50 mm est important, on utilisera un premier compactage au rouleau à grille ou au rouleau à pieds dameurs. Il est nécessaire de terminer le compactage avec un compacteur à pneus.

A-2/ Réalisation sur chantier :**Livraison de TVC :**

- Livraison de TVC
- Déchargement du camion après vérification de son contenu.



Photo.VII .1 : Livraison de tout venant de carrière «TVC»

L'étalement :

- L'étalement des matériaux déchargés à l'aide d'un bulldozer et niveleuse.

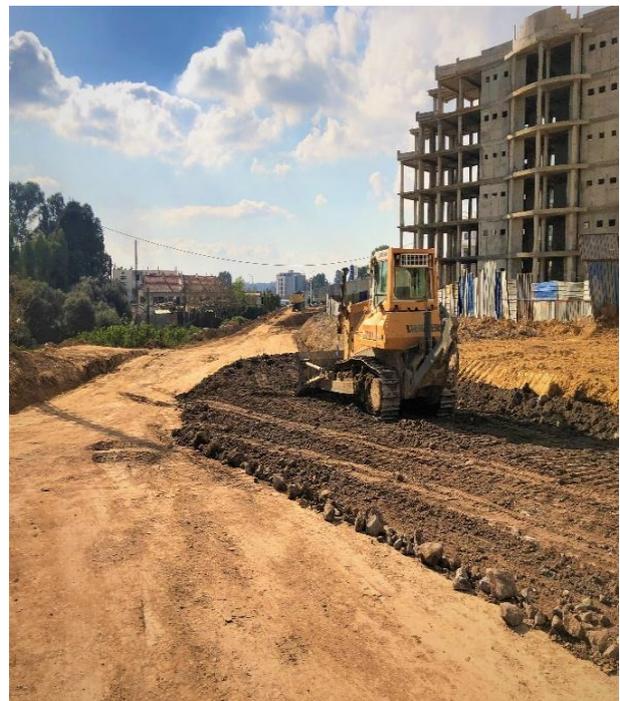


Photo.VII. 2 : l'étalement de matériaux «TVC»

Compactage :

- Cette opération se fait après l'étalement des matériaux, le compacteur à pieds de moutons permet de compacter tout en fragmentant les matériaux. Cette variante existe par ajout de la vibration.



Photo .VII.3 : Opération de compactage «TVC»

Humidification par un Camion-citerne

- L'humidification des matériaux étalés, par arrosage simple répondant à une nécessité hydrique des agrégats vue que les conditions climatiques étaient sèches.

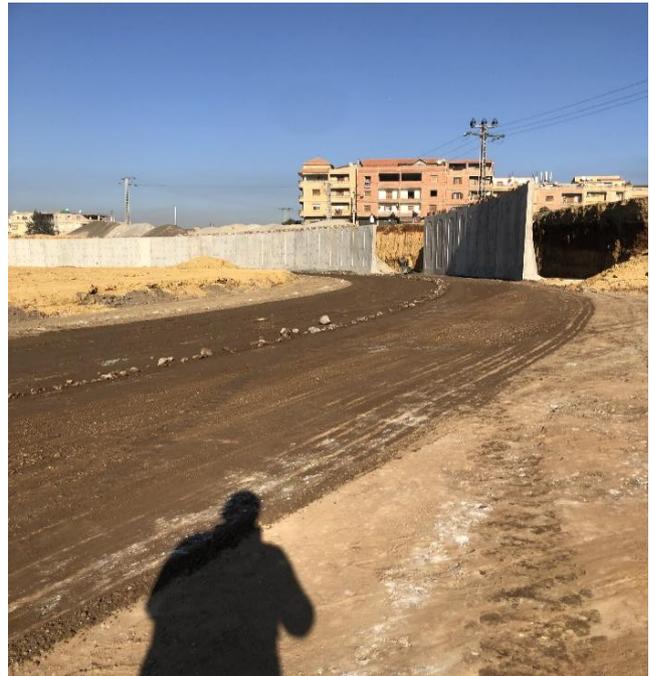


Photo .VII.4 : Humidification de matériaux «TVC»

- Après humidification, le compacteur pneumatique exerce un pétrissage des matériaux pour améliorer la force portante et la rigidité et ce, pour éviter tout tassement. **(Photo .VII. 5)**
- Le compacteur vibrant à cylindre lisse polyvalent est particulièrement efficace pour la finition. **(Photo .VII. 5)**



Photo .VII.5 : les deux types de compacteurs

VII. 3 .2 GRAVE NON TRAITÉE (GNT) 0/40 :

B-1/ CARACTERISTIQUE DE LA GNT :

1-DÉFINITION :

Les Graves non traitées [GNT] sont définies comme étant des graves 0/D, ne comportant pas de liant. On distingue deux types de GNT suivant leur mode d'élaboration :

- Les GNT de type «A» sont obtenues en une seule fraction (ce type de GNT ne permet pas une optimisation de la granulométrie et n'offre pas de garantie d'homogénéité),
- Les GNT de type «B» sont des matériaux provenant du mélange d'au moins deux fractions granulométriques, malaxées et humidifiées en centrale.

2-DOMAINES D'UTILISATION :

- Couches d'assises de chaussées (couche de base et de fondation) pour le réseau RP2,
- Couche de fondation pour le réseau de niveau 1 RP1.

Remarque: Il est recommandé de faire appel à l'utilisation des GNT de type «B» pour le réseau principal de niveau 1.

3-SPECIFICATIONS :

- CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-MÉCANIQUE :

Granulométrie : les courbes granulométriques doivent s'inscrire dans les fuseaux de spécification 0/40 et 0/31,5 définis ci-dessous :

Tamis (mm)		40	31.5	20	10	6.3	4	2	0.5	0.2	0.08
Tamisât %	min	100	85.4	62	40	31	25	18	10	6	4
	max	100	99	90	70	60	52	43	27	18	10

Tableau VII. 2. : Fuseaux de spécification 0/40 de GNT 0/40

Indice de concassage : $le = 100\%$

Dureté : $LA \leq 30\%$, $MDE \leq 25\%$ en couche de base.

$LA \leq 40\%$, $MDE \leq 35\%$ en couche de fondation.

Angularité : Les coefficients d'aplatissement : $A \leq 30\%$.

Propreté : $ES \text{ à } 10\% \text{ fines} \geq 40\%$. Et $VB \leq 2$

LA : Los Angeles, MDE : micro Dorval,

VB : valeur de bleu (bleu de méthylène), ES : l'équivalent de sable

4- FABRICATION

Les GNT sont produites à partir de roches massives concassées et criblées en carrières. Suivant le mode d'élaboration, on distingue deux niveaux de qualité :

- Les GNT de production directe (type «A») qui proviennent des niveaux de concassage primaire < secondaire et qui sont simplement criblées à une maille déterminée.
- Les GNT de type «B» proviennent du mélange d'au moins deux fractions granulométriques distinctes dans des proportions définies et qui sont malaxées et humidifiées, soit dans une chaîne de reconstitutions de la carrière, soit dans une centrale de malaxage distincte de la carrière.

5- MISE EN OEUVRE

Répannage :

- Utiliser des engins produisant peu de ségrégation (épandeuse, finisseur, niveleuse),
- Faire respecter une utilisation correcte des engins de répannage lorsqu'ils comportent une lame de réglage :
 - ◆ lame de l'engin travaillant à pleine charge et disposée le plus perpendiculairement possible par rapport à la direction de progression de l'engin,

- ◆ limitation du nombre de passes des engins,
- ◆ répandage des granulats convenablement humidifiés dans la masse.

Humidification :

L'arrosage lorsqu'il est nécessaire, peut être exécuté au cours du réglage ou, sur un matériau déjà subi un premier compactage. Ce dernier doit intervenir avant la fin du compactage. La teneur en eau mise en œuvre doit être comprise dans un intervalle $W_{opm}-1$ à $W_{opm}+0.5$,

Compactage :

Le compactage doit être réalisé de façon énergique, pour cela, utilisé :

- Les compacteurs vibrants ayant une masse par centimètre de génératrice vibrante ($M \text{ l/L} \geq 30 \text{ kg/Cr}$)
- Les compacteurs à pneumatiques de 3 tonnes par roue au moins.

Protection de surface :

- Grave Non Traitée devant supporter une autre assise
 - ◆ Maintenir l'humidité de surface, si besoin est, par arrosages légers et fréquents,
 - ◆ Éviter la circulation des véhicules de chantier sur l'assise,
 - ◆ Mettre en œuvre le plus rapidement possible la couche suivante.
- Grave non traitée devant supporter une couche de roulement ou provisoirement une circulation

Outre les dispositions ci-dessus, réaliser directement sur celle-ci, un enduit superficiel.

Épaisseurs technologiques de mise en œuvre :

Les seuils technologiques après compactage, en une seule couche sont :

- Epaisseur minimal = 15 cm
- Epaisseur maximale = 25 cm

6- CONTRÔLE :

Contrôle de fabrication

1 Avant fabrication :

- Contrôler le matériel de la chaîne de fabrication
- Contrôler l'installation et les réglages initiaux de la centrale pour la GNT de type «B».

2 En cours de fabrication :

Contrôler :

- l'alimentation des concasseurs,
- la charge des cribles,
- la qualité de la production (Granularité, LA, MDE, ES, YB, teneur en eau) et
- le chargement et stockage des matériaux.

Contrôle de mise en œuvre

Il s'agit de vérifier que :

- Les modalités définies lors des planches d'essai sont bien appliquées
- La qualité du compactage est considérée satisfaisante lorsque :
- Pour 95 % des valeurs contrôlées, $\gamma_d \geq \gamma_{dref} - 3 \text{ Sigma}$
- (Dans le cas où la planche de référence a été réalisée).
- Pour 95 % des valeurs contrôlées, $\gamma_d \geq 96\% \gamma_{de}$, (Dans le cas où la planche de référence n'a pas été réalisé)

B-2/ Réalisation sur chantier :

Livraison de grave (GNT)

- Livraison de gravie (GNT).
- Déchargement du camion après vérification de son contenu.



Photo .VII. 6 : livraison de la Graves non traitées «GNT»

HUMIDIFICATION PAR UN CAMION CITERNE

- L'étalement des matériaux déchargés,
- L'humidification des matériaux étalés, par arrosage simple répondant à une nécessité hydrique des agrégats vue que les conditions climatiques étaient sèches.



Photo .VII.7: Humidification de matériaux «GNT»

Malaxage:

- Le malaxage de matériaux après arrosage et humidification Le malaxage se fait en même temps que l'étalement en tenant compte de la pente nécessaire pour les eaux pluviales.



Photo .VII.8 : Nivellement du produits «GNT»

Compactage

- On utilise le Compacteur à deux essieux munis chacun de plusieurs pneus, dont l'action au sol est d'égaliser.
- Ce compacteur est utilisé pour les sols sableux, les graves fines et moyennes. Il est plus mobile que les cylindres, il exerce un pétrissage des matériaux pour améliorer la force portante et la rigidité et pour éviter tout tassement.



Photo .VII.9 : Opération de compactage «GNT»

VII. 3 .3 GRAVE BITUME (GB) 0/20 :

C-1/ CARECTERISTIQUE DE LA Grave Bitume :

1-DÉFINITION :

Les graves-bitumes 0/20 sont des enrobés bitumineux à chaud (mélange à chaud de granulats séchés et de bitume pur)

2-DOMAINES D'UTILISATION :

La technique du grave bitume est destinée à la réalisation des assises de chaussée (couche de base et couche de fondation).

- Réseau RP 1 : Classes de trafic TPL3 à TPL 7

3- SPECIFICATIONS :

3.1/ Granulats :

Classes granulaires utilisées pour la fabrication des graves bitumes 0/20 sont les suivantes Coupures granulométriques: 0/3; 3/8, 8/14, 14/20

Indice de concassage **IC** = 100

Caractéristique	Seuils
Intrinsèques	
LA	≤ 25
MDE	≤ 20
Fabrication	
A	≤ 25
P	≤ 2

Tableau VII. 3 : Les spécifications des granulats de La graves-bitumes 0/20

LA : Los Angeles, MDE : micro Dorval,
VB : valeur de bleu (bleu de méthylène), ES : l'équivalent de sable

3-2/ bitume :

Classe du bitume : 40/50 (pour le réseau principal de niveau 1: RP 1)

3.3) Mélange bitumineux (GB 0/20) :

- Les classes granulaires : 0/3, 3/8, 8/14, 14/20.

- Les limites du fuseau de référence (GB 0/20)

Tamisât %	Tamise (mm)	20	10	6,3	2	0,08
	min	85	65	45	25	6
	max	100	75	60	40	9

Tableau VII.4 : Fuseau de spécification 0/20 de la GB (0/20)

-Teneur en liant = $K \cdot \alpha^5 \cdot (\Sigma) 1/5$

Σ : surface spécifique conventionnelle

$\Sigma = 0.25G + 2.3S + 12s + 135f$ en m²/kg

- G : proportion pondérale des éléments supérieurs à 6.3 mm
- S : proportion pondérale des éléments compris entre 6.3 et 0.315
- s : proportion pondérale des éléments compris entre 0.315 et 0.08
- f : proportion pondérale des éléments inférieure à 0,08 mm

K : module de richesse

α : coefficient destiné à tenir compte de la masse volumique des granulats (MVRg)

Les valeurs usuelles du module de richesse sont données dans le tableau 5 :

Type d'enrobé	Valeur de K			
GB 0/20	2,45	2,60	2,75	2,90

Tableau VII. 5 : Valeurs usuelles du module de richesse

Performances mécaniques

Les performances mécaniques des graves bitumes 0/20 sont données dans le tableau 6 :

Caractéristiques	seuils	
	MIN	MAX
Stabilité Marshall (kN)	10,5	-
Fluage Marshall (mm)	-	4
%de vides	4	8

Tableau VII. 6: performances mécaniques de graves bitumes 0/20

4- FABRICATION

Les graves bitumes 0/20 sont fabriqués en centrales d'enrobage continues ou discontinues.

5- MISE EN OEUVRE

- Répandage : finisseur.
- Compactage : atelier «vibrant en tête»

Épaisseurs technologiques de mise en œuvre :

Les seuils technologiques après compactage, en une seule couche sont :

- Épaisseur minimale = 10 cm.
- Épaisseur maximale = 15 cm.

6-CONTROLE :

Fabrication :

Le contrôle portera sur toutes les étapes de la fabrication en centrale du grave bitume :

- Stockage des matériaux
- Dosage des matériaux (granulats, bitume)
- Température de malaxage des enrobés ...

Mise en œuvre :

Le contrôle portera sur :

- La température de répandage,
- La composition de l'enrobé (pourcentage de liant et granulométrie).
- Le contrôle de compactage (exécution des carottages et détermination de la compacité des carottes d'enrobés bitumineux).

C-2/ Réalisation sur chantier :

1 - Préparation des agrégat: GB

-Les composants :

Gravier : (origine : carrière de bouzegza, wilaya boumerdes).



Photo .VII.10 : les différents types de gravier pour le « GB »

Bitume 40/50 : origine Naftal.



Photo .VII.11 : les différents types de bitume

Le grave bitume GB :

Mélange de granulats (0/3, 3/8, 8/14, 14/20) et de bitume (40/50) fabriqué en poste d'enrobage.

Centrale d'enrobage mobile :

Le processus de fabrication d'enrobé (mélange des granulats et bitume) suit les étapes suivantes :

Alimentation: remplissage de trémies (« prédoseurs ») avec les différentes coupures de granulats, à l'aide d'un chargeur.



Photo .VII.12 : les trémies « prédoseurs »

Convoyage : les prédoseurs déversent leur contenu à des vitesses différentes correspondant à la proportion désirée par coupure de matériau (en fonction de la formule d'enrobé à produire), sur un tapis convoyeur.



Photo .VII.13 : Un tapis convoyeur

Séchage : les matériaux sont enfournés dans le tambour malaxeur de la centrale, et sont séchés par la température de la flamme à 130°.

Malaxage : tout au long de leur progression, les matériaux sont mélangés grâce à la rotation du tambour et des lames placées à l'intérieur.

Adjonction du bitume : les matériaux parvenant à l'autre extrémité du malaxeur sont « enrobés » avec le bitume injecté à l'aide d'une pompe selon la teneur désirée, et un dernier malaxage est effectué.



Photo .VII.14 : Opération de séchage et de malaxage

Chargement : l'enrobé stocké est ensuite chargé dans les camions qui se placent sous les trémies de stockage, où se trouve une bascule.



Photo .VII.15 : Chargement du « GB »

Imprégnation : L'imprégnation sera faite avec un Cut-back 0/11à raison de 1 à 1.4 Kg/m² utilisé pour :

- Stabiliser les éléments de surface du grave compacté
- Renforcer la cohésion
- Établir un barrage contre les remontées capillaires d'eau
- Assurer le bon accrochage du revêtement de surface



Photo .VII.16: La mise de la couche d'imprégnation

- La construction du tronçon ayant passé par la phase 1 et 2, la troisième phase consiste en une couche d'asphalte qui nécessite une durée de séchage (interdit à la circulation)
- Cette durée dépendant des conditions climatiques peut varier entre un nombre d'heures à un nombre de jour (mois)
- La période de séchage dépassée, la phase suivante consiste en l'étalement de la couche du bitume sur une épaisseur de 16 cm

VII. 3 .4 BETON BITUMINEUX (BB) 0/14 :

D-1/ CARACTERISTIQUE DE BETON BITUMINEUX (BB) :

1-DÉFINITION :

Les BETONS BITUMINEUX 0/14 sont des enrobés bitumineux à chaud (mélange à chaud de granulats séchés et de bitume pur)

2-DOMAINES D'UTILISATION :

La technique de béton bitumineux est destinée à la réalisation de couche de roulement

Réseau RP 1 : Classes de trafic TPL3 à TPL 7.

3- SPECIFICATIONS :

3.1/ Granulats :

Les classes granulaires utilisées pour la fabrication de bétons bitumineux 0/14 sont les coupures granulométriques: 0/3, 3/8, 8/14,

Indice de concassage **IC** = 100

Les spécifications des granulats sont données dans le tableau (7) :

Caractéristique	Seuils
<u>Intrinsèques</u>	
LA	≤ 25
MDE	≤ 20
<u>Fabrication</u>	
A	≤ 25
P	≤ 2

Tableau VII. 7 : spécifications des granulats de BB 0/14

LA : Los Angeles, MDE : micro Dorval,

VB : valeur de bleu (bleu de méthylène), ES : l'équivalent de sable

3-2/ bitume :

Classe du bitume : 40/50 (pour le réseau principal de niveau 1: RP 1)

3.3) Mélange bitumineux (BB 0/20) :

- Les classes granulaires : 0/3, 3/8, 8/14.
- Les limites du fuseau de référence (BB 0/14),
- Fuseau 0/14 de la BB (0/14)

Tamisât %	Tamise (mm)	14,00	10,00	6,30	2,00	0,08
	min	94,00	72,00	56,00	28,00	7,00
	max	100,00	84,00	66,00	40,00	10,00

Tableau VII. 8 : Fuseau 0/14 de la BB (0/14)

$$\text{Teneur en liant} = K \cdot \alpha^5 \cdot (\Sigma)^{1/5}$$

K : module de richesse

α : coefficient destiné à tenir compte de la masse volumique des granulats (MVRg)

Σ : surface spécifique conventionnelle

Surface spécifique conventionnelle Σ est donnée par :

$$\Sigma = 0,25 * G + 2,3 * S + 12s + 135 * f \quad (\text{m}^2/\text{kg})$$

G : proportion pondérale des éléments supérieurs à 6.3 mm

S : proportion pondérale des éléments compris entre 6.3 et 0.315

s : proportion pondérale des éléments compris entre 0.315 et 0.08

f : proportion pondéral des éléments inférieur a 0,08 mm

Les valeurs usuelles du module de richesse sont données dans le tableau 9 :

Type d'enrobé	Valeur de K			
	BB 0/14	3,45	3,60	3,75

Tableau VII. 9: Valeurs usuelles du module de richesse

- Performances mécaniques :

Les performances mécaniques de béton bitumineux 0/14 sont données dans le tableau 10

Caractéristiques	seuils	
	MIN	MAX
Stabilité Marshall (kN)	10,5	-
Fluage Marshall (mm)	-	4,0
%de vides	4,0	8,0

Tableau VII. 10 : performances mécaniques de béton bitumineux 0/14

4- FABRICATION

Le béton bitumineux 0/14 sont fabriqués en centrales d'enrobage continues ou discontinues.

5- MISE EN OEUVRE

- Répandage : finisseur.
- Compactage : atelier «vibrant en tête»

Épaisseurs technologiques de mise en œuvre :

Les seuils technologiques après compactage, en une seule couche sont :

- Épaisseur minimale = 5 mm
- Épaisseur maximale = 10 mm

6-CONTROLE :

Fabrication :

Le contrôle portera sur toutes les étapes de la fabrication en centrale du béton bitumineux :

- Stockage des matériaux
- Dosage des matériaux (granulats, bitume)
- Température de malaxage des enrobés ...

Mise en œuvre :

Le contrôle portera sur :

- La température de répandage,
- La composition de l'enrobé (pourcentage de liant et granulométrie).
- Le contrôle de compactage (exécution des carottages et détermination de la compacité des carottes d'enrobés bitumineux).

D-2/ Réalisation sur chantier :

1 - Préparation des agrégats: BB

- Les composants :

Gravie : (origine : carrière de bouzegza, wilaya boumerdes).



Photo .VII. 17 : les différents types de gravier pour le « BB »

Bitume : 40/50 origine Naftal.



Photo .VII. 18 : les différents types de bitume

Le béton bitumineux :

Mélange de granulats (0/3, 3/8 ,8/14) et de bitume (40/50) fabriqué en poste d'enrobage

- Centrale d'enrobage mobile :

Le processus de fabrication d'enrobé (mélange des granulats et bitume) suit les étapes précédant « couche de grave-bitume GB ».

Chargement : l'enrobé stocké est ensuite chargé dans les camions qui se placent sous les trémies de stockage, où se trouve une bascule.



Photo .VII. 19 : Chargement du « BB »

- **Pour** bénéficier d'un bon collage il faut avant tout veiller à la propreté de la surface avec :
- une balayeuse mécanique : pour éliminer tout matériau roulant ou toute poussière résiduelle.
 - Camion-citerne : l'arrosage légèrement la surface de la couche de fondation pour humidifier la couche.

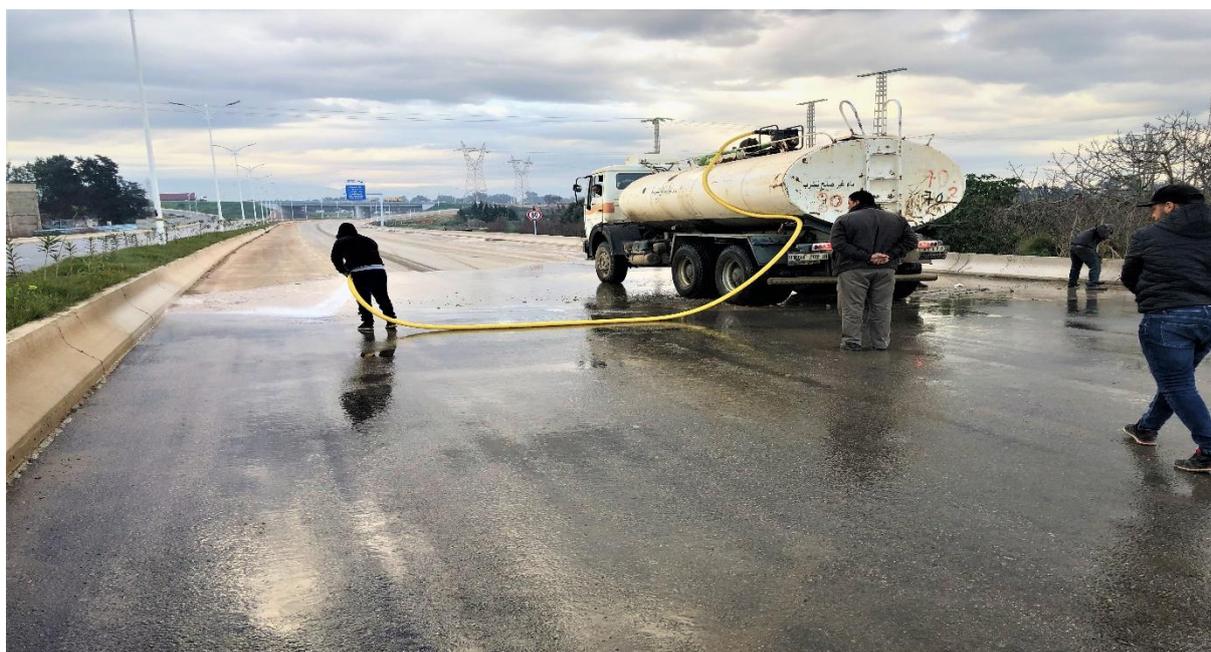


Photo .VII. 20 : l'arrosage de surface

Émulsion de bitume (pulvérisation) : pour couche d'accrochage

Un liant d'accrochage est une application d'émulsion de bitume par pulvérisation. Il est appliqué sur une surface existante en béton, en asphalte ou en ciment Portland, avant un nouveau revêtement bitumeux ou un rapiéçage. Cette mesure élimine les plans de décollement du revêtement et assure une meilleure liaison entre les couches de revêtement nouvelles et existantes.



Photo .VII.21 : Émulsion de bitume « couche d'accrochage »

Couche de roulement : après l'émulsion de bitume, la couche de béton bitumineux (**BB**) est posée par le finisseur de route sur une épaisseur de 8 cm.



Photo .VII.22 : la mise de la couche de roulement « BB »

Compactage : le compactage se fait avec deux types de compacteur :

- ◆ Compacteur pneumatique : l'action des pneumatiques permet de réaliser un excellent scellement de surface des enrobes bitumineux et améliore considérablement la rugosité des revêtements.



Photo .VII. 23 : Opération de compactage « Compacteur pneumatique »

- ◆ Les compacteurs cylindriques lisses sont plutôt utilisés en finition de couches de roulement pour obtenir une bonne finition



Photo .VII.24 : la finition avec le compacteur « cylindrique »

VII.4 Contrôle :

VII.4 1-Contrôle par l'appareil **SDG 200** :

Introduction sur l'appareil

L'appareil Trans Tech model **SDG 200** utilise une technologie de pointe n'utilisant aucune matière radio active pour obtenir des lectures de densité de sol précises, ses caractéristiques principales sont :

- Aucune autorisation préalable n'est nécessaire
- Léger et facile à utiliser
- 12 heures de fonctionnement portatif
- Mesure la densité en unités communes
- Mesure le pourcentage humidité
- Stock des volumes de lectures sur un enregistreur de données internes
- Téléchargement de données via un lecteur flash USB



Photo .VII.25 : L'appareil Trans Tech model **SDG 200**

Le SDG 200 est conçu pour :

- Effectuer des mesures de densité sur un élévateur standard de 12 pouces de sol pendant ou après le compactage,
- Mesurer les matériaux grossiers et à grain jauge avec les propriétés du sol à partir d'un rapport de distribution granulométrique standard et d'un essai Proctor.
- Le SDG200 fournit des mesures fiables et cohérentes.

Technologie de mesure :

La mesure du **SDG 200** permet de séparer les effets de densité et d'humidité sur la réponse du sol au sondage électromagnétique.

Le **SDG 200** effectue un calcul sur les données de mesure qui permet à l'appareil de signaler la densité et la teneur en humidité du sol

La densité ou niveau de compactage est mesuré par la réponse du champ de détection électrique du **SDG 200** aux variations de l'impédance électrique de la matrice du matériau.

Les étapes suivant devant être effectuées avant l'utilisation du SDG 200 :

- 1- Installation et chargement des piles
- 2- Démarrage du logiciel
- 3- Réglez la Date / l'heure locale
- 4- Configurez le GPS
- 5- Sélectionner les unités de mesure
- 6- Définissez le matériau test (détail sur le matériau GNT)
- 7- Définir les détails du projet.

L'appareil dispos d'un rayon de réponse de prélèvement des données à cet effet, nous procédons aux tests au niveau du chantier sur les cinq(05) positions affichées par l'écran,



Photo .VII.26 : Control sur site

Après, le déplacement de l'appareil sur les cinq 5 points affichés sur l'écran, nous récoltons les résultats affichés par l'appareil dont image dessous (**couche de GNT**) :



Photo .VII.27 : Résultat d'opération

- **Xh** : densité humide = 2336,2 kg/m³
- **Xd** : densité sèche = 2174,1 kg/ m³
- **W%** : teneur en eau = 7,5 %
- **C%** : compacité =99,7 %

2-Contrôle **Visuel** :

C'est un contrôle visuel, linéaire, superficiel pas par pas, permettant la prise en charge immédiate des imperfections.

Ce processus nécessite que l'engin traverse la surface à une vitesse très lente nous permette de voir le gonflement de la surface (matassage) ,



Photo .VII.28 : Operation de contrôle visuel

après l'apparition de la deformation nous frottons la zone affectee , en decapant une couche de 15cm d'épaisseur sur la longueur de la surface **.photo(2)**

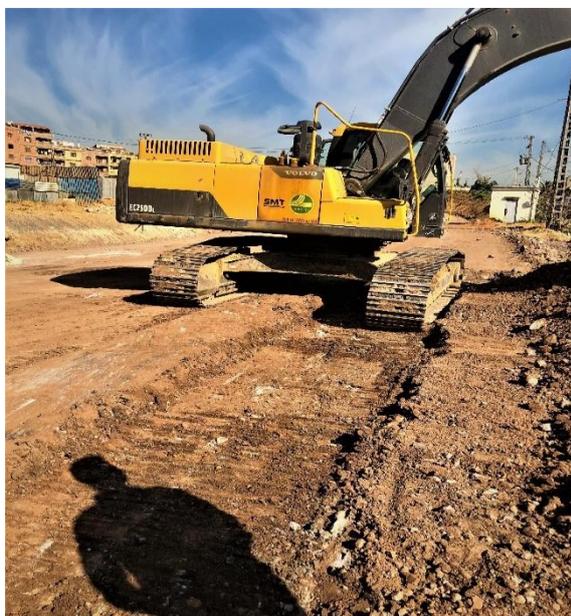


Photo .VII .29 : Remède du défaut

Lors de la préparation du lit de la route, nous avons procédé au remplacement des matériaux de recouvrement pour le remplacer soit des mêmes matériaux **TVC** , soit des matériaux de la couche suivante **GNT**.

3-Control d l'enrobe par extraction de liante méthode KUMAGAWA :

Control d l'enrobé par extraction de liant (BB 0/14) :



Photo .VII .30 : Appareil KUMAGAWA

L'essai repose sur une méthode indirecte c'est à dire en opérant par différence entre la masse du matériau avant desenrobage et la masse des matières minérales après desenrobage

Le bitume contenu dans le matériau est extrait par dissolution à chaud dans le toluène et la masse du liant est obtenue par différence entre la masse initiale du matériau et la masse des charges minérales extraites

Mode opératoire :

- Prélever un échantillon adéquat
- Mettre l'échantillon à l'étuve à une température inférieure à 160°
- Une fois qu'il devient maniable, retirer l'échantillon de l'étuve et procéder au quartage :



Photo .VII .31 : Quartage de l'échantillon

- Prendre deux (2) cartouches (filtres) et peser **M0** :



Photo .VII .32 : Pesage de la cartouche vide

- Remplir les deux cartouches avec l'enrobé et peser **M1**



Photo .VII .33 : Pesage de la cartouche pleine

- Introduire le cartouche dans l'appareil **KUMAGAWA** et mettre en marche la chauffe ballon



Photo .VII .34: diagnostic de l'échantillon

- Arrêt du chauffage dès que le solvant coule à travers le filtre

- Retirer la cartouche après égouttage et la mettre dans l'étuve pour le séchage
- Après séchage, refroidir la cartouche et peser soit **M2**

Détermination de la teneur en liant – Norme :NF EN 12697 -1

- Masse de la cartouche : **M₀** = 98 g
- Masse de la cartouche + Matériau Enrobe : **M₁** = 815 g
- Masse du matériau enrobe : **M_h** = M₁ - M₀ = 815 - 98 = 717g
- Masse de la cartouche + Matériau après extraction : **M₂** = 781 g
- Masse de matériau après extraction : **M_s** = M₂ - M₀ = 683 g
- Masse de liant : **m** = M_h - M_s = 34
- Teneur en liant : **TL** = 100 (m /M_s) = **4,97 %**

Analyse granulométrique

La masse de l'échantillon : 683 g

Tamis (mm)	masse refus cumule (g)	Pourcentage massique		Fuseau spécifique	
		Refus cumule	tamisât cumule	Min	max
16	00				
14	4	0,58	99,41	94	100
12,5	34				
10	129	18,88	81,11	72	80
8	213				
6,3	267	39,09	60,90	50	66
4	364				
2	467	68,37	31,62	28	40
1	546				
0,63	571				
0,315	602				
0,2	621				
0,08	635	92,97	7,02	7	10

Tableau VII. 11 : Fuseau spécifique 0/14 de la BB (0/14) « CONTROL KUMAGAWA »

Suite aux essais qu'ont été faits, ont distingué que les résultats sont dans les normes précis, le tableau et la photo ci-dessus montre les résultats finales. (**Tableau 11**) (**Photo VII.27**)

Le pourcentage de la teneur en liant donné par laboratoire et **4,77%** ($\pm 0,2$ %), le résultat obtenue sont concluants qui sont à l'ordre de **4,97%**. En peut dire que la teneur en bitume et bonne.

**DEVIS QUANTITATIF ET
ESTIMATIF DU PROJET**

DESIGNATION DES TRAVAUX	UNITE	METRE	PRIX UNITAIRE(DA)	COUT TOTAL(DA)
1-Terrassement				
1.1 Décapage de la terre végétale	m³	15312.638	300	4593791.4
1.2 Déblai	m³	123825	550	68103750
1.3 Remblai	m³	34531	600	20718600
TOTALE 1				93416141.4
2-Chaussée				
2.1 couche de forme en TVC ep =60 cm	m³	32277.91	1400	45189074
2.2 .couche de fondation GNT (0/40)	m³	17318.44	2000	34 636 880
2.3 .couche de base GB (2. 32t/m ³)	T	20711.61	4500	93202264.8
2.4 .couche de revêtement BB (2.4t/m ³)	T	7901.64	5500	43459020
2.5 .couche d'imprégnation en Cut-back 0/1	m²	54620.54	100	5462054
2.6 .couche d'accrochage dose à (0.3 kg/m ²)	m²	54620.54	100	5462054
TOTALE 2				227411346.8
3-Terre plain centrale				
3.1 Terre végétale	m³	1611.36	800	1289088
TOTALE 3				1289088
4-SIGNALISATION				
4.1 Signalisation	forfait	/	7% du partie 2	15918794.28
5. Installation du chantier	F 2%			6442331.524
TOTAL				344 477 702
TVA (19%)				65450763.38
TOTAL TTC				409 928 465.4

Conclusion Générale

La conclusion d'un tel projet **Etude et suivi de réalisation d'un tronçon routier à Alger (liaison Oued Ouchayah – Ben ghazi)** intervient dans son inauguration et de sa mise en service définitive. Ce sont les usagers qui apprécieront le travail quand ils prendront l'autoroute, surtout que ce projet est a une grande importance dans le réseaux routier nationale.

Ce projet de fin d'études a été une opportunité pour nous pour concrétiser nos Connaissances théoriques et techniques acquises pendant notre étude à l'université Mohamed khider Biskra.

Aussi il nous a permis de travailler avec des normes qui prennent en considération les aspects : sécurité, confort et économie, et de mener une étude en suivant les démarches générales de toute étude d'une infrastructure routière.

Encore une fois cette étude nous a permis de travailler avec les outils informatiques : **Alize, Covadis et Autocad.**

Au final, ce modeste travail a été bénéfique sur tous les aspects car nous avons enrichie les Connaissances acquises lors de notre cursus appréciable à l'université, et nous considérons qu'il permettra par la suite de franchir le domaine professionnel en toute confiance.

BIBLIOGRAPHIE

Règlements

- ICTAAL 2000 : instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison..
- Signalisation routière.
- Guide des terrassements routier GTR,
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves « CTPP ».

Mémoires

- Mémoire de l'USTHB 2019. Et 2018
- Mémoire de l'ENSTP 2016 ET 2014

Cours

- Cours de dimensionnement des chaussées 3^{ème}.année .

Sites

- <http://www.google.com/images/> (pour les figures des chapitres)
- Site Internet «www.SETRA.com ».

ANNEXE

Axe En Plan

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y	
Droite 1	Gisement 66.4877 g	302.602	0.000	9068.350	17028.439	
Arc 1	Rayon 1000.000 m Centre X 8827.551 m Centre Y 18045.092 m	445.803	302.602	9329.984	17180.476	
Droite 2	Gisement 38.1070 g	375.069	748.405	9653.686	17481.619	
Arc 2	Rayon 1000.000 m Centre X 9038.892 m Centre Y 18354.949 m	670.358	1123.474	9865.027	17791.477	
Droite 3	Gisement 395.4307 g	306.958	1793.832	10036.318	18426.663	
			2100.790	10014.305	18732.831	
Longueur totale de l'axe 2100.790 mètre(s)						

Profil En Long Projet

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente 1.34 %	315.339	0.000	194.500
Parabole 1	Pente 1.34 %	246.251	315.339	198.718
	Rayon -10000.000 m			
	Sommet Absc. 449.092 m			
	Sommet Alt. 199.612 m			
Pente 2	Pente -1.12 %	718.915	561.590	198.979
Parabole 2	Pente -1.12 %	158.991	1280.504	190.892
	Rayon 10000.000 m			
	Sommet Absc. 1393.002 m			
	Sommet Alt. 190.259 m			
Pente 3	Pente 0.46 %	661.295	1439.496	190.367
			2100.790	193.442
Longueur totale de l'axe 2100.790 mètre(s)				

Profils En Travers

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers	
									Gauche	Droite
P1	0.000	Droite 1	Pente 1	194.500	194.500	166.488	9068.350	17028.439	2.50	-2.50
P2	20.000	Droite 1	Pente 1	195.061	194.768	166.488	9085.642	17038.487	2.50	-2.50
P3	40.000	Droite 1	Pente 1	195.578	195.035	166.488	9102.934	17048.536	2.50	-2.50
P4	60.000	Droite 1	Pente 1	195.631	195.303	166.488	9120.227	17058.585	2.50	-2.50
P5	80.000	Droite 1	Pente 1	195.802	195.570	166.488	9137.519	17068.633	2.50	-2.50
P6	100.000	Droite 1	Pente 1	196.985	195.838	166.488	9154.811	17078.682	2.50	-2.50
P7	120.000	Droite 1	Pente 1	197.229	196.105	166.488	9172.104	17088.730	2.50	-2.50
P8	140.000	Droite 1	Pente 1	197.566	196.373	166.488	9189.396	17098.779	2.50	-2.50
P9	160.000	Droite 1	Pente 1	197.732	196.640	166.488	9206.688	17108.828	2.50	-2.50
P10	180.000	Droite 1	Pente 1	198.091	196.908	166.488	9223.981	17118.876	2.50	-2.50
P11	200.000	Droite 1	Pente 1	198.187	197.175	166.488	9241.273	17128.925	2.50	-2.50
P12	220.000	Droite 1	Pente 1	198.507	197.443	166.488	9258.565	17138.974	2.50	-2.50
P13	240.000	Droite 1	Pente 1	198.515	197.710	166.488	9275.858	17149.022	2.50	-2.17
P14	260.000	Droite 1	Pente 1	199.060	197.978	166.488	9293.150	17159.071	2.50	-0.68
P15	280.000	Droite 1	Pente 1	199.266	198.245	166.488	9310.442	17169.120	2.50	0.81
P16	300.000	Droite 1	Pente 1	199.233	198.513	166.488	9327.735	17179.168	2.50	2.31
P17	320.000	Arc 1	Parabole 1	199.659	198.779	165.380	9344.950	17189.347	2.50	2.50
P18	340.000	Arc 1	Parabole 1	199.628	199.017	164.107	9361.960	17199.866	2.50	2.50
P19	360.000	Arc 1	Parabole 1	199.983	199.215	162.834	9378.757	17210.722	2.50	2.50
P20	380.000	Arc 1	Parabole 1	200.198	199.374	161.560	9395.333	17221.913	2.50	2.50
P21	400.000	Arc 1	Parabole 1	200.297	199.492	160.287	9411.682	17233.432	2.50	2.50
P22	420.000	Arc 1	Parabole 1	200.283	199.570	159.014	9427.797	17245.276	2.50	2.50
P23	440.000	Arc 1	Parabole 1	200.369	199.608	157.741	9443.672	17257.440	2.50	2.50
P24	460.000	Arc 1	Parabole 1	200.106	199.606	156.467	9459.301	17269.919	2.50	2.50
P25	480.000	Arc 1	Parabole 1	200.083	199.565	155.194	9474.677	17282.709	2.50	2.50
P26	500.000	Arc 1	Parabole 1	200.076	199.483	153.921	9489.794	17295.803	2.50	2.50
P27	520.000	Arc 1	Parabole 1	200.002	199.361	152.648	9504.647	17309.197	2.50	2.50
P28	540.000	Arc 1	Parabole 1	199.849	199.199	151.374	9519.228	17322.885	2.50	2.50
P29	560.000	Arc 1	Parabole 1	199.717	198.997	150.101	9533.533	17336.862	2.50	2.50
P30	580.000	Arc 1	Pente 2	199.517	198.772	148.828	9547.556	17351.122	2.50	2.50
P31	600.000	Arc 1	Pente 2	199.220	198.547	147.555	9561.290	17365.660	2.50	2.50
P32	620.000	Arc 1	Pente 2	199.133	198.322	146.281	9574.731	17380.470	2.50	2.50
P33	640.000	Arc 1	Pente 2	198.874	198.097	145.008	9587.873	17395.545	2.50	2.50
P34	660.000	Arc 1	Pente 2	198.632	197.872	143.735	9600.711	17410.881	2.50	2.50
P35	680.000	Arc 1	Pente 2	198.358	197.647	142.462	9613.240	17426.470	2.50	2.50
P36	700.000	Arc 1	Pente 2	197.956	197.422	141.189	9625.454	17442.306	2.50	2.50
P37	720.000	Arc 1	Pente 2	197.848	197.197	139.915	9637.350	17458.384	2.50	2.50
P38	740.000	Arc 1	Pente 2	197.650	196.972	138.642	9648.921	17474.696	2.50	2.50
P39	760.000	Droite 2	Pente 2	197.134	196.747	138.107	9660.220	17491.199	2.50	1.63
P40	780.000	Droite 2	Pente 2	197.050	196.522	138.107	9671.489	17507.721	2.50	0.14
P41	800.000	Droite 2	Pente 2	196.804	196.297	138.107	9682.759	17524.244	2.50	-1.35
P42	820.000	Droite 2	Pente 2	196.459	196.072	138.107	9694.028	17540.767	2.50	-2.50
P43	840.000	Droite 2	Pente 2	196.266	195.847	138.107	9705.298	17557.289	2.50	-2.50
P44	860.000	Droite 2	Pente 2	195.909	195.622	138.107	9716.567	17573.812	2.50	-2.50
P45	880.000	Droite 2	Pente 2	195.742	195.397	138.107	9727.836	17590.335	2.50	-2.50
P46	900.000	Droite 2	Pente 2	195.563	195.172	138.107	9739.106	17606.857	2.50	-2.50
P47	920.000	Droite 2	Pente 2	195.191	194.947	138.107	9750.375	17623.380	2.50	-2.50
P48	940.000	Droite 2	Pente 2	194.957	194.722	138.107	9761.645	17639.903	2.50	-2.50
P49	960.000	Droite 2	Pente 2	194.709	194.497	138.107	9772.914	17656.425	2.50	-2.50
P50	980.000	Droite 2	Pente 2	193.927	194.272	138.107	9784.184	17672.948	2.50	-2.50
P51	1000.000	Droite 2	Pente 2	194.227	194.047	138.107	9795.453	17689.471	2.50	-2.50
P52	1020.000	Droite 2	Pente 2	193.896	193.823	138.107	9806.723	17705.994	2.50	-2.50
P53	1040.000	Droite 2	Pente 2	193.662	193.598	138.107	9817.992	17722.516	2.50	-2.50
P54	1060.000	Droite 2	Pente 2	193.354	193.373	138.107	9829.261	17739.039	2.50	-2.24
P55	1080.000	Droite 2	Pente 2	193.124	193.148	138.107	9840.531	17755.562	2.50	-0.74
P56	1100.000	Droite 2	Pente 2	192.930	192.923	138.107	9851.800	17772.084	2.50	0.75
P57	1120.000	Droite 2	Pente 2	192.887	192.698	138.107	9863.070	17788.607	2.50	2.24
P58	1140.000	Arc 2	Pente 2	192.756	192.473	137.055	9874.226	17805.206	2.50	2.50
P59	1160.000	Arc 2	Pente 2	192.617	192.248	135.782	9885.053	17822.022	2.50	2.50

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers	
									Gauche	Droite
P60	1180.000	Arc 2	Pente 2	192.052	192.023	134.508	9895.542	17839.050	2.50	2.50
P61	1200.000	Arc 2	Pente 2	191.053	191.798	133.235	9905.688	17856.285	2.50	2.50
P62	1220.000	Arc 2	Pente 2	190.688	191.573	131.962	9915.487	17873.720	2.50	2.50
P63	1240.000	Arc 2	Pente 2	190.984	191.348	130.689	9924.936	17891.347	2.50	2.50
P64	1260.000	Arc 2	Pente 2	191.041	191.123	129.415	9934.030	17909.159	2.50	2.50
P65	1280.000	Arc 2	Pente 2	191.436	190.898	128.142	9942.766	17927.150	2.50	2.50
P66	1300.000	Arc 2	Parabole 2	194.047	190.692	126.869	9951.141	17945.312	2.50	2.50
P67	1320.000	Arc 2	Parabole 2	199.003	190.526	125.596	9959.150	17963.637	2.50	2.50
P68	1340.000	Arc 2	Parabole 2	199.536	190.400	124.322	9966.792	17982.120	2.50	2.50
P69	1360.000	Arc 2	Parabole 2	193.637	190.314	123.049	9974.063	18000.751	2.50	2.50
P70	1380.000	Arc 2	Parabole 2	189.996	190.268	121.776	9980.959	18019.524	2.50	2.50
P71	1400.000	Arc 2	Parabole 2	189.889	190.262	120.503	9987.479	18038.431	2.50	2.50
P72	1420.000	Arc 2	Parabole 2	189.898	190.296	119.230	9993.619	18057.465	2.50	2.50
P73	1440.000	Arc 2	Pente 3	189.941	190.370	117.956	9999.377	18076.618	2.50	2.50
P74	1460.000	Arc 2	Pente 3	189.974	190.463	116.683	10004.752	18095.882	2.50	2.50
P75	1480.000	Arc 2	Pente 3	190.068	190.556	115.410	10009.739	18115.249	2.50	2.50
P76	1500.000	Arc 2	Pente 3	190.346	190.649	114.137	10014.339	18134.713	2.50	2.50
P77	1520.000	Arc 2	Pente 3	190.801	190.742	112.863	10018.548	18154.265	2.50	2.50
P78	1540.000	Arc 2	Pente 3	190.893	190.834	111.590	10022.366	18173.897	2.50	2.50
P79	1560.000	Arc 2	Pente 3	191.006	190.927	110.317	10025.790	18193.601	2.50	2.50
P80	1580.000	Arc 2	Pente 3	191.000	191.020	109.044	10028.819	18213.370	2.50	2.50
P81	1600.000	Arc 2	Pente 3	190.360	191.113	107.770	10031.453	18233.195	2.50	2.50
P82	1620.000	Arc 2	Pente 3	190.792	191.206	106.497	10033.689	18253.070	2.50	2.50
P83	1640.000	Arc 2	Pente 3	190.569	191.299	105.224	10035.528	18272.985	2.50	2.50
P84	1660.000	Arc 2	Pente 3	190.447	191.392	103.951	10036.967	18292.932	2.50	2.50
P85	1680.000	Arc 2	Pente 3	191.522	191.485	102.677	10038.008	18312.905	2.50	2.50
P86	1700.000	Arc 2	Pente 3	192.333	191.578	101.404	10038.649	18332.894	2.50	2.50
P87	1720.000	Arc 2	Pente 3	192.626	191.671	100.131	10038.890	18352.892	2.50	2.50
P88	1740.000	Arc 2	Pente 3	192.936	191.764	98.858	10038.731	18372.892	2.50	2.50
P89	1760.000	Arc 2	Pente 3	193.396	191.857	97.584	10038.173	18392.883	2.50	2.50
P90	1780.000	Arc 2	Pente 3	193.483	191.950	96.311	10037.214	18412.860	2.50	2.50
P91	1800.000	Droite 3	Pente 3	193.831	192.043	95.431	10035.875	18432.815	2.50	2.04
P92	1820.000	Droite 3	Pente 3	194.345	192.136	95.431	10034.441	18452.763	2.50	0.55
P93	1840.000	Droite 3	Pente 3	194.453	192.229	95.431	10033.007	18472.712	2.50	-0.95
P94	1860.000	Droite 3	Pente 3	194.507	192.322	95.431	10031.572	18492.661	2.50	-2.44
P95	1880.000	Droite 3	Pente 3	194.422	192.415	95.431	10030.138	18512.609	2.50	-2.50
P96	1900.000	Droite 3	Pente 3	194.582	192.508	95.431	10028.704	18532.558	2.50	-2.50
P97	1920.000	Droite 3	Pente 3	194.689	192.601	95.431	10027.270	18552.506	2.50	-2.50
P98	1940.000	Droite 3	Pente 3	194.687	192.694	95.431	10025.835	18572.455	2.50	-2.50
P99	1960.000	Droite 3	Pente 3	194.449	192.787	95.431	10024.401	18592.403	2.50	-2.50
P100	1980.000	Droite 3	Pente 3	194.573	192.880	95.431	10022.967	18612.352	2.50	-2.50
P101	2000.000	Droite 3	Pente 3	194.376	192.973	95.431	10021.533	18632.300	2.50	-2.50
P102	2020.000	Droite 3	Pente 3	194.300	193.066	95.431	10020.098	18652.249	2.50	-2.50
P103	2040.000	Droite 3	Pente 3	194.065	193.159	95.431	10018.664	18672.197	2.50	-2.50
P104	2060.000	Droite 3	Pente 3	193.855	193.252	95.431	10017.230	18692.146	2.50	-2.50
P105	2080.000	Droite 3	Pente 3	193.801	193.345	95.431	10015.796	18712.094	2.50	-2.50
P106	2100.790	Droite 3	Pente 3	193.442	193.442	95.431	10014.305	18732.831	2.50	-2.50

Cubatures Déblai Remblai

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P1	0.000	10.00	28.15	0.04	281.540	0.392	282	0
P2	20.000	20.00	33.61	0.08	672.161	1.547	954	2
P3	40.000	20.00	44.09	0.07	881.817	1.486	1836	3
P4	60.000	20.00	48.85	0.07	977.071	1.423	2813	5
P5	80.000	20.00	51.13	0.09	1022.556	1.826	3835	7
P6	100.000	20.00	61.91	0.08	1238.214	1.609	5073	8
P7	120.000	20.00	60.45	0.08	1208.987	1.601	6282	10
P8	140.000	20.00	68.13	0.08	1362.595	1.598	7645	11
P9	160.000	20.00	68.03	0.08	1360.657	1.596	9006	13
P10	180.000	20.00	70.03	0.08	1400.660	1.663	10406	15
P11	200.000	20.00	69.53	0.08	1390.560	1.594	11797	16
P12	220.000	20.00	68.13	0.07	1362.642	1.353	13159	18
P13	240.000	20.00	63.99	0.06	1279.899	1.193	14439	19
P14	260.000	20.00	67.96	0.07	1359.224	1.434	15799	20
P15	280.000	20.00	68.93	0.07	1378.510	1.344	17177	22
P16	300.000	20.00	60.86	0.07	1217.727	1.370	18395	23
P17	320.000	20.00	61.53	0.06	1231.758	1.159	19627	24
P18	340.000	20.00	51.21	0.06	1025.954	1.148	20653	25
P19	360.000	20.00	53.12	0.07	1064.486	1.401	21717	27
P20	380.000	20.00	56.01	0.06	1122.498	1.306	22840	28
P21	400.000	20.00	55.75	0.07	1117.161	1.352	23957	29
P22	420.000	20.00	49.10	0.07	983.172	1.324	24940	31
P23	440.000	20.00	49.70	0.06	995.484	1.143	25935	32
P24	460.000	20.00	45.17	0.06	904.820	1.150	26840	33
P25	480.000	20.00	51.38	0.06	1027.746	1.299	27868	34
P26	500.000	20.00	47.65	0.06	954.073	1.185	28822	35
P27	520.000	20.00	50.79	0.06	1017.175	1.241	29839	37
P28	540.000	20.00	43.15	0.07	862.769	1.364	30702	38
P29	560.000	20.00	40.21	4.88	807.607	96.064	31510	134
P30	580.000	20.00	52.84	0.07	1057.570	1.440	32567	136
P31	600.000	20.00	53.81	0.07	1077.167	1.310	33644	137
P32	620.000	20.00	50.62	0.08	1012.758	1.644	34657	139
P33	640.000	20.00	53.59	0.08	1072.981	1.619	35730	140
P34	660.000	20.00	41.96	0.07	840.447	1.367	36570	142
P35	680.000	20.00	51.50	0.08	1031.180	1.606	37602	143
P36	700.000	20.00	43.69	0.07	873.418	1.391	38475	145
P37	720.000	20.00	45.17	0.06	903.323	1.188	39378	146
P38	740.000	20.00	47.53	0.06	949.697	1.269	40328	147
P39	760.000	20.00	40.01	0.08	800.276	1.677	41128	149
P40	780.000	20.00	47.85	0.08	957.028	1.567	42085	150
P41	800.000	20.00	47.97	0.08	959.402	1.569	43045	152
P42	820.000	20.00	43.82	0.08	876.418	1.634	43921	153
P43	840.000	20.00	49.39	0.08	987.770	1.596	44909	155
P44	860.000	20.00	40.02	0.08	800.483	1.516	45709	157
P45	880.000	20.00	35.37	0.09	707.391	1.857	46417	158
P46	900.000	20.00	30.98	1.28	619.576	25.631	47036	184
P47	920.000	20.00	38.20	0.10	764.098	2.001	47801	186
P48	940.000	20.00	31.13	0.07	622.630	1.371	48423	187
P49	960.000	20.00	33.23	1.66	664.606	33.193	49088	221
P50	980.000	20.00	19.32	0.07	386.394	1.481	49474	222
P51	1000.000	20.00	30.94	1.61	618.897	32.225	50093	254
P52	1020.000	20.00	33.14	0.08	662.720	1.550	50756	256
P53	1040.000	20.00	28.79	0.07	575.889	1.389	51332	257
P54	1060.000	20.00	31.27	0.08	625.471	1.570	51957	259
P55	1080.000	20.00	33.72	0.08	674.435	1.531	52632	260
P56	1100.000	20.00	33.91	0.08	678.129	1.591	53310	262
P57	1120.000	20.00	32.62	0.66	652.450	13.122	53962	275
P58	1140.000	20.00	37.97	0.06	758.078	1.193	54720	276
P59	1160.000	20.00	40.78	0.07	813.209	1.470	55533	278

Récapitulatif des Cubatures des Matériaux (compensé)

Matériau	Volume Cumulé (m ³)
BETON BITUMINEUX	3292.35
GB	8927.42
GNT	17318.44
TERRE VEGETALE	1611.36
TVO	32277.91