République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة

فرنسيس جانسون

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Étude en APD de la liaison autoroutière reliant SIDI BEL ABBES, SAIDA sur 120 km tronçon du PK 20+000 au PK 30+000 Avec conception d'un échangeur au PK 29+800

Présenté par :

Boufroua Fatma Zohra Manel

Encadré par :

Mr. GOUMETTRE Ahmed

Promotion 2024/2025

REMERCIEMENT

Tous d'abord je remercie dieu ; le tout puissant pour la santé, la patience et la force qu'il m'a accordé tout au long de cette formation et plus particulièrement durant la réalisation de mon projet fin d'étude

J'exprime ma profonde gratitude à mon encadrant Mr. GOUMETTRE AHMAD pour son encadrement rigoureux ; son accompagnement précieux, sa disponibilité constante et ses conseil éclairés tous au long de ce projet

Je remercie également Mme MEHIAOUI pour son soutien technique ; sa bienveillance et ses orientation pertinente qui m'ont beaucoup aidé dans la phase étude et de rédaction

Mes sincères remerciements vont également à tout le personnel de l'entreprise GCB, pour leur accueil, leur collaboration et les précieuses informations qu'ils ont bien voulu partager avec moi.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À mes parents, Pour leur amour, leurs sacrifices, leurs prières et leur soutien inconditionnel tout au long de ma vie et de mes études.

A mon père, mon roi, mon pilier, mon courage ; pour sa force sa patience sa sagesse et les sacrifices silencieux qu'il a toujours faits pour moi. Ta fierté m'a porté plus haut que je n'aurais pu l'imaginer. Qu'Allah dans sa miséricorde, te rétablisse pleinement et t'accorde santé et paix.

A ma mère, la lumière de ma vie pour son amour inconditionnel, ses prières et sa force qui m'a toujours porté

A ma chère sœur Amina, ma douceur ; mon repère. Ton écoute, ton sourire et ta tendresse m'ont réchauffé le cœur plus d'une fois. Tu es un vrai refuge.

A ma chère sœur Narimane, mon bras droit ma confidente. Ton amour inconditionnel, ta générosité et ton énergie m'ont porté dans mes moments les plus lourds.

À Zohir, mon frère, mon modèle, mon roc discret. Ton respect, ton calme et ta présence me rassurent plus que mille mots.

À Abdellah, mon frère, mon allié, celui qui veille avec sincérité. Ta force tranquille et ton soutien loyal ont toujours été là, même sans que je le demande.

À mes beaux-frères Abderahim et Okba,Pour leur gentillesse, leur bienveillance et leur présence dans les moments importants.

À mes nièces Sidra et Hafsa, et mes neveux Adem, Nouh et Mohamed,Petits rayons de soleil qui illuminent ma vie.

À ma petite cousine Cerine,à son frère Mohamed,et à leur maman Amel, Merci pour votre tendresse, votre chaleur et votre présence rassurante. Votre affection m'a toujours accompagnée, et vos sourires ont illuminé mes moments de doute

À mon cousin Samir,plus qu'un cousin, un frère de cœur. Merci pour ton soutien sans faille, ta présence rassurante et tes encouragements tout au long de ce parcours.

À mes cousins Mohamed, Redouane et Bilel,En souvenir des liens familiaux qui nous unissent, et avec une pensée reconnaissante pour votre présence, discrète mais appréciée.

À ma chère amie Mounia, ma coupine, celle qui a cru en moi même quand moi je doutais. Ta patience, ta présence et ton soutien ont été mon équilibre dans cette aventure.

À Maria, qui est une véritable amie, avec qui j'ai partagé non seulement les efforts et les défis, mais aussi nos fous rires et de beaux moments d'amitié.

Et à mon ami Oualid, Pour son soutien, sa disponibilité et sa motivation durant ce parcours.

Je vous dédie ce travail avec tout mon amour et ma reconnaissance. Ce mémoire est aussi le vôtre

ملخص:

يهدف هذا العمل إلى دراسة جزء من الطريق السريع الذي يربط ولاية سيدي بلعباس بسعيدة على مسافة 10 كم، من نقطة الكيلومتر PK 20 + 000 إلى PK 30 + 000 مع تصميم تقاطع عند PK 29 + 800، والذي اقترحته الشركة الجزائرية للدراسات الفنية للبنية التحتية (SAETI). لتطوير هذا العمل المتواضع، تم إجراء تحليل مروري، بالإضافة إلى دراسة هندسية باستخدام برنامج "Covadis"، ودراسة جيوتقنية، ودراسة هيدروليكية، وتصميم تقاطع، وتقدير كمي، وأخيراً استنتاج عام. الكلمات المفتاحية: APD، SAETI، طريق سريع، حركة المرور، دراسة جيوتقنية، هيكل الطريق، تقاطع، تقدير كمي، وأخيراً استنتاج عام.

Résumé :

Le but de ce travail porte sur l'étude d'une section de l'autoroute reliant la wilaya de Sidi bel Abbés à Saida sur une distance de 10 km, à partir du point kilométrique PK 20+000 au PK 30+000 avec conception d'un échangeur au PK 29+800, qui a était proposé par la société algérienne des études techniques d'infrastructures (SAETI). Pour l'élaboration de ce modeste travail, une analyse de trafic est réalisée, ainsi qu'une étude géométrique en utilisant le logiciel « Covadis », une étude géotechnique, une étude hydraulique, une conception d'un échangeur, , un devis quantitatif et estimatif, à la fin une conclusion générale. Mots clés : APD, SAETI, autoroute, trafic, étude géotechnique, corps de chaussée, échangeur, devis quantitatif et estimatif.

Abstract:

The aim of this work is to study a section of the highway that connects the Sidi bel Abbés province to Saida province over a distance of 10 km, from kilometer point PK 20+000 to PK 30+000, with the design of an interchange at PK 29+800. The Algerian Company proposed this project for Infrastructure Technical Studies (SAETI). To carry out this work, a traffic analysis was conducted, as well as a geometric study using the software "Covadis," a geotechnical study, a hydraulic study, the design of an interchange, a quantity and cost estimate, and finally a general conclusion.

Keywords: APD, SAETI, highway, traffic, geotechnical study, pavement structure, interchange, quantity and cost estimate.

Liste d'abréviation :

- APS : avant-projet-sommaire
- APD : avant-projet-détaillé
- DTP : direction des travaux publics
- ICTAAL : instruction sur les conditions technique d'aménagement des autoroutes de liaison.
- Vb : vitesse de base (km/h).
- RGPH : recensement général de la population et de l'habitat
- RPA : règles parasismique algériennes
- PK : point kilométrique
- CW : chemin de la wilaya
- RN : route nationale
- TJMA : Trafic journalier moyen annuel
- UVP : Unité de véhicule particulier.
- τ : taux d'accroissement du trafic(%).
- TCi : trafic cumulé de poids lourds.
- $Teff$: trafic effectif a l'année d'horizon (U.V.P/J).
- PL : poids lourd
- Z : pourcentage de poids lourds (%).
- P : coefficient d'équivalence pour le poids lourd
- Q : débit de pointe horaire, exprimé en (UVP/h).
- K1 : coefficient lié à l'environnement.
- K2 : coefficient de réduction de la capacité.
- 1/n : coefficient de pointe.
- N : nombre de voies.
- Qadm : débit admissible par voie.
- BAU : bande d'arrêt d'urgence.
- BDD : bande dérasée droite.
- BDG : bande dérasée gauche.
- ES : équivalent de sable
- wp: Limite de plasticité.
- wl : Limite de liquidité.
- Ip : L'indice de plasticité
- CBR : Californian-Bearing - Ratio.
- C/C : coup par couche
- εz : déformation verticale.
- εt :déformation horizontale.
- VBS : bleu de méthylène.
- BB : béton bitumineux
- GNT : grave non traité
- BC : béton ciment
- GT : grave traité
- GB : grave bitumineux
- CTTP : contrôle technique des travaux publics

- LCPC : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.
- Eeq : épaisseur équivalent
- PL : poids lourd
- A : facteur d'agressivité globale du trafic.
- Cr : coefficient de ruissèlement
- BV : bassin versant.
- $Hmax$: altitude maximale (m).
- $Hmin$: altitude minimale (m).
- $lc.e$: longueur du thalweg (km).
- I : pente longitudinale du thalweg.
- Tc : temps de concentration.
- L : longueur du bassin (km).
- I : pente moyenne du Bassin Versant (m/m).
- H : différence entre l'altitude maximale et minimale du bassin (m).
- Qa : débit d'apport.
- Qs : débit de saturation.
- It : intensité de la pluie, mm/h.

Liste des tableaux

Tableau I-1: les zones sismiques d'après le RPA 99/version 2003 13
Tableau II-1: Coefficient d'équivalence p (d'après le B40) 18
Tableau II-2: valeur de coefficient K1 19
Tableau II-3: valeur de coefficient K2 19
Tableau II-4: valeur de la capacité théorique 19
Tableau III-1: Coordonnées des sommets à calculer. 25
Tableau IV-1: Valeurs extrêmes des paramètres du profil en long 29
Tableau V-1: Les dimension transversales 35
Tableau V-2: Les dévers proposés 35
Tableau VI-1: implantation de puits de reconnaissance 42
Tableau VI-2:Résultat des essais physiques 45
Tableau VI-3 : Résultat des essais physiques 46
Tableau VI-4: implantation des sondages carottés au niveau des déblais 47
Tableau VI-5:Résultat d'analyse chimique du sondage2 48
Tableau VI-6 : Résultat d'analyse chimique du sondage3 48
Tableau VI-7 : Caractéristiques géotechniques des sondages carottés 49
Tableau VI-8:Caractéristiques géotechniques des sondages carottés 50
Tableau VII-1 : Coefficients d'équivalence des matériaux 59
Tableau VII-2: Réseaux principaux. 61
Tableau VII-3 : Classement du trafic suivant le catalogue. 61
Tableau VII-4 : Les zones climatique de l'Algérie 62
Tableau VII-5: Le coefficient d'agressivité structurelle moyenne 63
Tableau VII-6: Classe de portance du sol support Si. 63
Tableau VII-7: sur classement avec ouche de forme en matériaux non traité 64
Tableau VIII-1: VALEUR DE COEFFICIENT DE MONTANA (a et b) EN FONCTION DE PERIODE DE RETOUR(T) STATION DE SIDI BEL ABBES SOURCE ANRH D'ORAN 2015 73
Tableau VIII-2: coefficient de strickler 77
Tableau VIII-3:CARACTERISTIQUE MORPHOLOGIQUE ET HYDROGRAPHIQUE DES BASSINS VERSANT 81
Tableau VIII-4: DEBIT D'APPORT ET DEBIT CAPABLE DES OUVRAGES HYDRAULIQUES DES BASSINS VERSANTE DE L'AXE PRINCIPALE 83
Tableau IX-1: valeurs limites des rayons du tracé en plan 92
Tableau IX-2: les valeurs limites des paramètres du profil en long 92
Tableau IX-3: profil en travers des bretelles 93
Tableau X-1 : Volume de terrassement 97
Tableau X-2: Volume des matériaux du corps de chaussée 98
Tableau XII-1: Les ouvrages au niveau du tracé 107
Tableau XII-2: types de ouvrages retenus 108

Liste des Figures

Figure 1: Enrobés bitumineux 3
Figure 2: le bitume 4
Figure 3: granulat 4
Figure 4: Classification des enrobés selon la température de fabrication 5
Figure 5: résultat de fatigue d'un enrobé 0/14 en fonction de la formule 6
Figure I-1: Localisation de la wilaya de Sidi Bel Abbès 10
Figure I-2: Localisation de la wilaya de Saida 11
Figure I-3: les zones sismiques en Algérie 12
Figure I-4: Localisation de projet 14
Figure III-1: Schéma des éléments du tracé en plan 22
Figure IV-1: Type des raccordements 30
Figure IV-2: schéma représente les distances de visibilité 31
Figure V-1: type de profil en travers courant 33
Figure V-2: élément constitutif de profil en travers 33
Figure VI-1: Analyse granulométrique 39
Figure VI-2: Essai équivalent du sable 40
Figure VI-3: Limite d'Atterberg d'un sol. 40
Figure VI-4: l'appareil de Casagrande 41
Figure VI-5: Machine CBR automatique. 41
Figure VI-6: Principe de l'essai Proctor normal et modifié 42
Figure VI-7: Vue de la planche d'emplacement du puits n°05 au PK 20+000 43
Figure VI-8 : Vue de la planche d'emplacement du puits n°06 au PK 25+000 44
Figure VI-9: Vue de la planche d'emplacement du puits n°7 au PK 30+000 45
Figure VII-1: constitution d'une chaussé 54
Figure VII-2: chaussé souple 54
Figure VII-3 : chaussé semi rigide 56
Figure VII-4: Structure type d'une chaussée rigide. 56
Figure VII-5: Schéma récapitulative des différents types de chaussée. 57
Figure VII-6: organigramme des étapes à suivre pour la méthode de catalogue. 60
Figure VII-7 : fiche structure grave bitume/grave bitume par la méthode du catalogue 65
Figure VII-8: Performances mécaniques des matériaux bitumineux 66
Figure VII-9 : valeurs de t=ƒ(***r***%) 66
Figure VII-10 : Résultats de la simulation (ALIZE-LCPC) 67
Figure VII-11: Comparaison des déformations admissibles 68
Figure VIII-1: situation des réseaux sur le profil en travers d'une route a 2 x 2 79
Figure IX-1: différent type échangeur 86
Figure IX-2: Echangeur en trèfle complet 86
Figure IX-3:échangeur bifurcation Y 87
Figure IX-4: losange 88
Figure IX-5: demi-trèfle 88
Figure IX-6 : échangeur trompette 89
Figure IX-7 : type de bretelle 90
Figure IX-8: dispositif d'entrée sur l'autoroute 93
Figure IX-9: dispositif de sortie de l'autoroute 93

Figure IX-10: Schéma type de l'échangeur. 94
Figure X-1: les positions des sections dans un profil en long donné 97
Figure XI-1: Fleche de signalisation 101
Figure XI-2: signalisation de danger type 102
Figure XI-3: signalisation de danger type A 102
Figure XI-4: Signaux de prescription 102
Figure XI-5: Les lignes longitudinales 103
Figure XI-6: Les lignes transversale 103
Figure XI-7: Dispositif d'entrée 103
Figure XI-8: Les lignes de délimitation de voies dans le tracé avec affectation de voies 104
Figure XI-9: Les lignes de délimitation de voies dans le tracé sans affectation de voies 104
Figure XI-10: Flèches de sélection. 104
Figure XI-11: Flèche de rabattement 104
Figure XI-12: Signalisation d'interdiction ou de restriction 105
Figure XI-13: Signalisation de direction 105
Figure XI-14: Signalisation de danger 105
Figure XI-15: Sortie / Entrée d'autoroute Figure XI-16: Balise de virages 105
Figure XIII-1: Ecran anti-bruit. 113
Figure XIII-2: Passage à petite faune 114

Table des matières

1. Introduction 3
2. Définition d'un enrobé bitumineux 3
3. Principaux constituants d'un enrobé bitumineux 4
3.2. Granulat 4
4. Différent type d'enrobé 5
4.1. Les enrobés à chaud 5
4.2. Les enrobés à froid 5
5. Des novelles innovation sur enrobé 6
5.1.GB5 conforme à la norme NF EN 13108-1 6
5.2. Recytal Biocold 7
5.3.BIO-ERTALH 8
6. Conclusion : 8

I CHAPITRE I : PRESENTATION DE PROJET 10
I.1 Introduction 10
I.2 Présentation de la wilaya 10
I.2.1 Situation géographique 10
I.2.2 Relief et topographie 11
I.2.3 Climat 12
I.2.4 Pluviométrie et température 12
I.2.5 Sismicité 12
I.3 Description de tronçon étudie 13
I.4 Objectif projet 14
I.5 CARACTERISTIQUES DE NOTRE PROJET : 14
I.5.1 Catégorie De L'autoroute : 14
I.5.2 Vitesse De Référence : 14

II Chapitre II : étude de trafic 15
II.1 Introduction 16
II.2 Analyse de trafic 16
II.2.1 Comptage manuel 16
II.2.2 Comptage automatique 16
II.3 Différents types de trafic 17

II.3.1 Trafic normal 17
II.3.2 Trafic induit 17
II.3.3 Trafic dévié 17
II.3.4 Trafic total 17
II.3.5 Trafic Moyen Journalier Annuel (T.M.J.A.) 17
II.3.6 Unité de véhicule particulier (U.V.P.) 17
II.4 Définition de la capacité : 17
II.4.1 Calcul du trafic moyen journalier (TJMA) horizon (Projection future du trafic) 17
II.4.2 Calcul du trafic effectif 18
II.4.3 Calcul de Débit de pointe horaire normal 18
II.4.4 Débit horaire admissible : 18
II.4.5 Détermination du nombre de voies : 19
II.5 Application de projet 20
III CHAPITRE III : TRACE EN PLAN 21
III.1 Introduction 22
III.2 Définition 22
III.3 Règles a respecté dans le tracé en plan 22
III.4 Contrainte de tracé 23
III.5 Les éléments du tracé en plan 24
III.5.1 Alignements Droits : 24
III.5.2 Rayons De Courbure : 24
III.6 Application de projet 25
IV CHAPITRE IV Profil en long 27
IV.1 Introduction 28
IV.2 Règle à respecter 28
IV.3 Coordination du tracé en plan et du profil en long 28
IV.4 Valeur limite 29
IV.5 Déclivité 29
IV.5.1 Déclivité maximale 29
IV.5.2 Déclivité minimale 29
IV.6 Raccordement en profil en long 30
IV.6.1 Raccordement convexe (angle saillant) 30
IV.6.2 Raccordement concave (angle rentrant) 31
IV.7 Application de projet 31
V CHAPITRE V : PROFIL EN TRAVERS 32
V.1 Introduction 33

V.2 Type de profil en travers 33
V.2.1 Profil en travers type 33
V.2.2 Profil en travers courant 33
V.3 Elément de profil en travers 33
V.3.1 La chaussé 34
V.3.2 Les accotements 34
V.3.3 Le fossé 34
V.3.4 Le talus 34
V.3.5 Terre-plein centrale (TPC) 34
V.3.6 Voie de circulation 34
V.3.7 L'emprise 35
V.3.8 La plate-forme 35
V.3.9 L'assiette 35
V.3.10 Bordure 35
V.4 .Profil en travers type du notre projet 35
VI CHAPITRE VI : étude géotechnique 37
VI.1 Introduction : 38
VI.2 Objectif de la géotechnique : 38
VI.3 Les travaux de reconnaissance 38
VI.3.1 L'étude des archives et documents existants 38
VI.3.2 Les essais in-situ : 38
VI.3.3 Essai au laboratoire 39
VI.4 CARACTERISATION GEOTECHNIQUE 42
VI.4.1 Puits de reconnaissance 42
VI.4.2 Sondage carotté 47
VII CHAPITRES VII : dimensionnement corps de chaussé 52
VII.1 Introduction 53
VII.2 Notion sur la chaussé 53
VII.2.1 Définition 53
VII.2.2 Diffèrent type de la chaussé 53
VII.3 LES FACTEURS POUR LES ETUDES DE DIMENSIONNEMENT 57
VII.3.1 Trafic 57
VII.3.2 Environnement 57
VII.3.3 Sol support 58
VII.3.4 Matériaux 58
VII.4 Méthode de dimensionnement 58

VII.4.1 La méthode de C.B.R (California - Bearing – Ratio): 58
VII.4.2 La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves 59
VIII CHAPITRES VIII assainissement 69
VIII.1 Introduction 70
VIII.2 Rappel notion d'assainissement 70
VIII.3 Etude hydrologique 70
VIII.3.1 Vitesse de propagation de la crue 70
VIII.3.2 Débit de crue 71
VIII.3.3 Débit d'apport 72
VIII.3.4 Pente moyenne 72
VIII.3.5 Intensité 72
VIII.3.6 Coefficient de ruissellement 73
VIII.3.7 Temp de concentration 74
VIII.3.8 Choix du période de retour T 76
VIII.4 Dimensionnement hydraulique 76
VIII.4.1 Débit de saturation 76
VIII.4.2 Conception 78
VIII.4.3 Assainissement de la plateforme 78
VIII.5 Application de projet 80
IX CHAPITRE IX : ECHANGEUR 84
IX.1 Introduction 85
IX.2 Avantage et inconvénient 85
IX.2.1 Avantages 85
IX.2.2 Inconvénients 85
IX.3 Rôle des échangeurs 85
IX.4 Types des échangeurs 85
IX.4.1 Echangeur majeur 86
IX.4.2 Echangeur mineur 87
IX.5 Constituants des échangeurs 89
IX.5.1 Pont 89
IX.5.2 Carrefour plan 89
IX.5.3 Brettelle 90
IX.6 Conditions d'implantation d'un échangeur 90
IX.7 Règle de conception 90
IX.8 Choix de type de l'échangeur 91
IX.9 Application à notre projet : 91

IX.9.1 Choix du type de l'échangeur 91
IX.9.2 Justification du choix de ce type d'échangeur 91
IX.9.3 Caractéristiques géométriques des bretelles 92
IX.9.4 Raccordement avec l'autoroute 93
X Chapitre X : cubature 95
X.1 Introduction 96
X.2 Cubature de terrassement 96
X.3 Méthode de calcule 96
X.4 Description de la méthode 96
X.5 Calcul des cubatures de terrassement 97
X.6 Calcul des volumes du corps de chaussée 97
XI CHAPITRE XI : signalisation routière 99
XI.1 Introduction 100
XI.2 But de la signalisation 100
XI.3 Règle a respecté pour la signalisation 100
XI.3.1 Signalisation horizontale 100
XI.3.2 Signalisation verticale 101
XI.3.3 Signalisation de direction 102
XI.4 Caractéristiques générales des marquages : 103
XI.4.1 Signalisation horizontale : 103
XI.4.2 Signalisation verticale 104
XII Chapitre XII : OUVRAGE D'ART 106
XII.1 . INTRODUCTION : 107
XII.2 . CONCEPTION DES OUVRAGES D'ARTS : 107
XII.3 . GABARIT A RESERVER : 107
XII.4 . PRESENTATION DES OUVRAGES : 107
XII.5 CHOIX DES TYPES D'OUVRAGE : 108
XII.6 SOLUTION TECHNIQUE RETENUE : 108
XIII CHAPITRE XIII :Etude d'impact sur l'environnement 109
XIII.1 Introduction 110
XIII.2 Objectif de l'étude 110
XIII.3 Méthodologie de l'étude 110
XIII.4 Cadre juridique 111
XIII.5 Identification et évaluation des impacts du projet 111
XIII.5.1 Impact positif 111
XIII.5.2 Impact négatif 111

XIII.6 Mesure prise pour minimiser les impacts 112
XIII.6.1 Mesures relatives aux sols et reliefs 112
XIII.6.2 Mesures relatives à la pollution de l'air 112
XIII.6.3 Mesures relatives à la pollution de l'eau 113
XIII.6.4 Mesures relatives à la nuisance sonore 113
XIII.6.5 Mesures relatives à la faune et la flore 113
DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF
Annexe

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Le développement d'un pays ne peut se faire sans des infrastructures solides, capables de soutenir et d'accompagner la croissance dans tous les secteurs : économique, social, industriel ou agricole. Parmi ces infrastructures, la route occupe une place centrale ; et constitue un secteur principal des échanges économiques. Elle relie les villes, désenclave les régions isolées, facilite les échanges et contribue directement à améliorer les conditions de vie des populations.

En Algérie, le réseau routier constitue un élément stratégique de la structure territoriale. Avec plus de 129 000 km de routes, dont une part importante classée en routes nationales, de wilaya et communales, le pays dispose d'un maillage routier en constante évolution. Ce réseau a connu un développement significatif au cours des dernières décennies, avec des projets majeurs tels que l'Autoroute Est-Ouest, qui a permis de désenclaver plusieurs régions et de renforcer la cohésion nationale

C'est dans ce contexte que s'inscrit le présent travail, qui porte sur l'étude en avant-projet détaillé portant sur un tronçon de 10 km de la liaison autoroutière entre Sid bel abbés et Saida, incluant la conception d'un échangeur.

Recherche bibliographique

1. Introduction

Le développement des infrastructures routières représente un pilier essentiel de la croissance économique. Les réseaux de transport, particulièrement les routes, doivent garantir une rentabilité économique et un bénéfice social optimal.

L'objectif principal consiste à améliorer la durabilité des chaussées routières. Ces structures doivent être dimensionnées pour résister efficacement aux sollicitations mécaniques (charges de trafic) et aux contraintes environnementales (variations climatiques, gel-dégel, précipitations).

La conception optimale d'une chaussée implique :

- L'analyse des charges d'exploitation
- L'étude des conditions géotechniques locales
- La sélection de matériaux adaptés
- La définition des épaisseurs de couches structurelles

Cette approche technique vise à maximiser la durée de vie des infrastructures tout en minimisant les coûts de maintenance, assurant ainsi un service de transport durable et économiquement viable. Cette approche technique vise à maximiser la durée de vie des infrastructures tout en minimisant les coûts de maintenance, assurant ainsi un service de transport durable et économiquement viable. C'est précisément dans cette optique que les enrobés bitumineux connaissent aujourd'hui une révolution technologique sans précédent**.**

2. Définition d’un enrobé bitumineux

L’enrobé bitumineux est un matériau composite constitué d’un mélange de granulats (graviers, sables, fines) et d’un liant hydrocarboné (bitume, éventuellement des additifs) ; Les granulats assurent la structure rigide de l'enrobé et le bitume procure la cohésion de l'ensemble et il est responsable du caractère visqueux. Chacun de ces deux constituants est défini par ses caractéristiques rhéologiques et mécaniques. La connaissance de ces caractéristiques permet d’obtenir la bonne tenue du mélange bitumineux

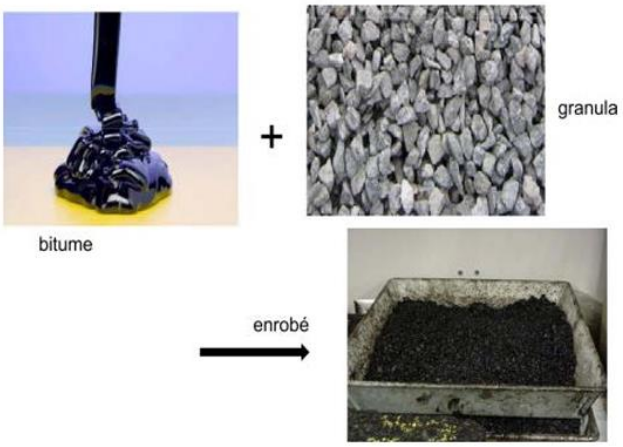


***Figure 1*: Enrobés bitumineux**

3. Principaux constituants d'un enrobé bitumineux

3.1. Liant hydrocarboné

Le liant hydrocarboné est une matière visqueuse constituée principalement d'atomes de carbone et d'hydrogène. Il permet de souder les granulats entre eux pour former un ensemble cohérent. Ce liant est aussi appelé « liant noir » par opposition au liant hydraulique utilisé pour le béton de ciment.



***Figure 2*: le bitume**

3.2. Granulat

Les granulats représentent près de 95 % d'un enrobé bitumineux. Il est donc important de bien les caractériser afin de faire un choix optimal lors de la formulation et de la fabrication d'un enrobé performant. Granulat est un matériau granulaire utilisé en construction ou bien est un ensemble des grains de dimensions comprises entre 0 mm et 125 mm, qui participe intimement aux performances et à la durabilité des ouvrages. Les granulats contenus dans un enrobé constituent son squelette granulaire dont le rôle est de reprendre les efforts auxquels sera soumise la chaussée.



***Figure 3*: granulat**

4. Différent type d'enrobé

Il existe différents types d'enrobés qui généralement se distinguent entre eux par les fractions granulaires, le type et la teneur du liant, le procédé de fabrication et les éventuels additifs. Une des classifications des enrobés est basée sur la température de fabrication.

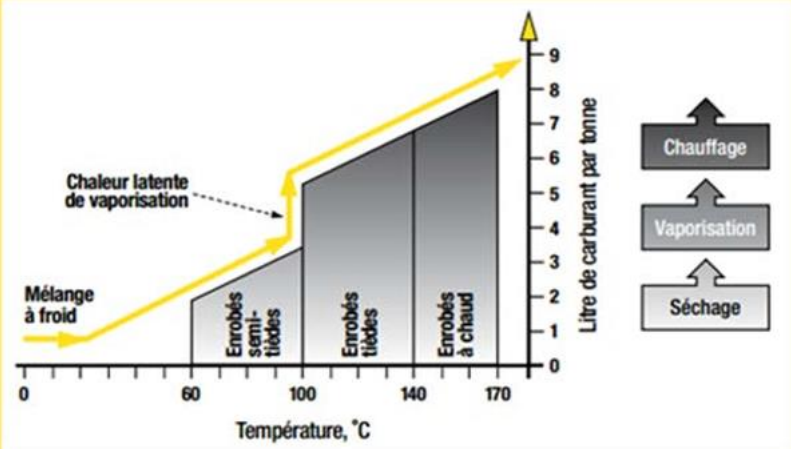


***Figure 4*: Classification des enrobés selon la température de fabrication**

On distingue deux types d'enrobés :

- Les enrobés à chaud
- Les enrobés à froid

4.1. Les enrobés à chaud

Les enrobé à chaud sont fabriqué à une température comprise entre 160 et 180 °C et mis en œuvre à150 °C. La mise en œuvre de l'enrobé à chaud se fait au moyen d'un finisseur pour les applications en grande largeur, et manuellement pour les petites surfaces. Sa mise en œuvre nécessite un compactage final précis pour assurer un « uni » correct et une bonne étanchéité.

- Les enrobé à chaud sont utilisés dans les couches de surface :(BB, BBSG, BBM, BBTM, BBUM) et (GB, SB, EME)
- Sont utilisés aussi dans les couches d'assise de chaussée : (couche de base – couche de fondation)

Les bétons bitumineux (BB) : utilisés pour les couches de roulement ; il contient plusieurs classes en fonction de la granulométrie

On citera :

- Le béton bitumineux mince (BBM)
- Le béton bitumineux très mince (BBTM)
- Le béton bitumineux ultra mince (BBUM).

4.2. Les enrobés à froid

Les enrobé à froid sont mis en œuvre à température ambiante. Il est réservé à des usages de réparation, sur des petites surfaces. Son épaisseur d'application est plus faible que celle d'un enrobé à chaud, et sa résistance moindre.

5. Des novelles innovation sur enrobé

5.1.GB5 conforme à la norme NF EN 13108-1

- **Description**

Le GB5 est un enrobé bitumineux Développé par EIFFAGE Infrastructures à très hautes performances et avec une très grande résistance à la fatigue, un module élevé et une très grande résistance à l'orniérage qui se classe dans la catégorie des enrobés d'assise et de liaison les plus performants.

- **Domaine d'emploi**

GB5 s'utilise en couche d'assise ou de liaison sans limitation de trafic dans tous les cas où l'on recherche :

- Pour des voiries, depuis la voie urbaine jusqu'à l'autoroute. Une solution adaptée à toutes intensités de trafic, y compris les plus lourds (autoroutiers).
- Pour une structure de chaussée à très longue durée de vie
- Pour un renforcement de structure quand l'épaisseur disponible est faible
- En solution à un problème d'orniérage ou encore de poinçonnement (circulation lourde canalisée, zone d'arrêt, voie de bus, plate-forme de stockage de containers…

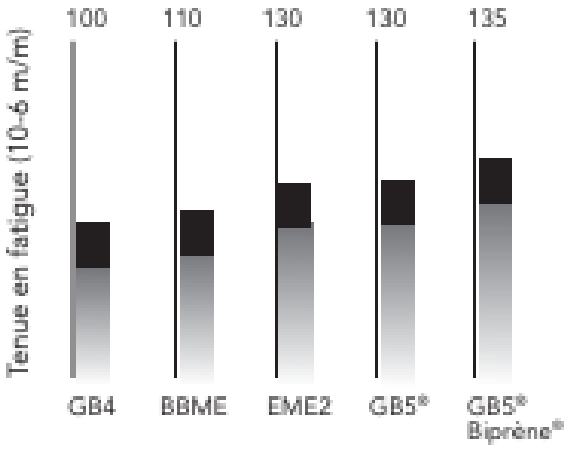


***Figure 5*: résultat de fatigue d'un enrobé 0/14 en fonction de la formule**

- **L'innovation**

L'enrobé GB5, très dense (6% de vides), a une composition brevetée comprenant un squelette granulaire optimisé à simple ou double discontinuité. Cet enrobé fait appel soit à un bitume pur, soit à un bitume multigrade, très résistant à l'orniérage, soit au Biprène, bitume élastomère prêt à l'emploi, pour une très grande durabilité

Il permet une réduction d'épaisseur des couches d'assises significatives sans perte de performances.

Le GB5 à une granulométrie à simple ou double discontinuité de manière à maximiser les contacts gravillon-sur-gravillon et à augmenter le module, sans recours aux bitumes durs,

- **Avantage**

– Performances exceptionnelles
– Optimiser la durée de vie des infrastructures
– Excellente aptitude au compactage apportant une amélioration de l'uni

– Un coût de construction et d'entretien faible (Son emploi dans les structures de chaussées réduit la quantité de matériaux nécessaires et la durée de mise en œuvre optimisant)

5.2. Recytal Biocold

- **Description**

Recytal Biocold est un enrobé à froid à hautes performances environnementales, destiné à l'entretien des chaussées. Il revalorise 100 % des agrégats d'enrobés recyclés, régénérés par une émulsion de liant végétal issu de la sylviculture. Il est fabriqué par malaxage selon une technique à froid classique.

- **Domaine d'emploi**

– Rebouchage de trous (nids-de-poule,…)
– L'entretien des chaussées supportant un trafic faible à moyen
– Très souple, il s'adapte parfaitement aux chaussées présentant une déformabilité élevée

- **L'innovation**

Recytal Biocold est composé de 100 % d'agrégats d'enrobés issus de la déconstruction de chaussées. Les matériaux sont caractérisés, homogénéisés et régénérés par une émulsion végétale. Une étude de formulation en laboratoire est systématiquement réalisée.

- **Avantage**

– Prêt à l'emploi pour l'entretien et les petits travaux
– Applicable à froid sans dégagement de poussières ou de fumées
– Facile à travailler grâce à sa maniabilité durable
– Circulable dès la fin du compactage
– Résistante après mûrissement
– Température de fabrication <100°C
– Emploi de bitume additivé à partir d'ester d'huile biosourcée

5.3.BIO-ERTALH

- **Description**

BIO-ERTALH est un Enrobé Recyclé Traité Au Liant Hydraulique BIO masse bas carbone pour renforcement de chaussée.

- **Domaine d'emploi**

Le BIO- ERTALH est un matériau d'assise de chaussée

- **L'innovation**
  - Matériau mixte enrobé/liant hydraulique sans clinker majoritairement composé de cendres biomasse.
  - Solution bas carbone pour assise de chaussée.
  - Economie circulaire associant recyclage d'agrégats d'enrobés et valorisation de cendres biomasse.
- **Avantage**
  - Elle permet de réduire le coût global de l'infrastructure en ayant recours au recyclage pour renforcer les chaussées.
  - Valorise des cendres issues de la bio masse, en lieu et place du clinker.
  - Présente une faible empreinte carbone.
  - Il présente de très bonnes performances mécaniques et une excellente durabilité

6. Conclusion :

Face à l'augmentation de trafic, des charges à l'essieu et des exigences environnementale, le domaine de la route doit sans cesse évoluer pour offrir des infrastructures durables, performantes.

L'innovation dans les matériaux bitumineux devient alors une solution technique stratégique. Ces avancées technologiques permettent d'optimiser la résistance mécanique des chaussées, d'étendre leur cycle de vie utile et de minimiser leur empreinte écologique.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE PROJET

I.1 Introduction

Ce chapitre est dédié à la présentation du projet de la liaison autoroutière entre Sidi Bel Abbès et Saïda, une infrastructure stratégique destinée à renforcer la connectivité entre ces deux wilayas et à faciliter les échanges économiques et sociaux avec les régions avoisinantes.

Le projet a d'abord fait l'objet d'une étude préliminaire menée à la demande de la Direction des Travaux Publics (DTP) de Sidi Bel Abbès, puis a été approfondi lors des phases d'Avant-Projet Sommaire (APS) et d'Avant-Projet Détaillé (APD), confiées aux bureaux d'études SAETI et SETO.

Cette liaison autoroutière s'inscrit dans une dynamique de développement régional et national, répondant à la nécessité d'améliorer la circulation entre les wilayas, de désenclaver certaines zones et de renforcer les échanges économiques à l'échelle nationale.

I.2 Présentation de la wilaya

I.2.1 Situation géographique

- **Wilaya de Sidi Bel Abbés**

La wilaya de Sidi Bel Abbés est située au Nord-ouest du pays, Elle est limitée géographiquement au Nord par la wilaya d'Oran, au Nord-est par la wilaya de Mascara, au Nord – Ouest par la wilaya d'Ain Témouchent, au Ouest par la wilaya de Tlemcen, à Est par les wilayat de Mascara – Saida, au Sud par les wilayat de Nâama et El Bayad.

Avec une population de 613 621 habitants (RGPH 2008) et une superficie de 9 150,63 Km², soit une densité de 67 hab. /km².

La wilaya est composée de quinze (15) daïras chacune comprenant plusieurs communes pour un total de 52 communes.

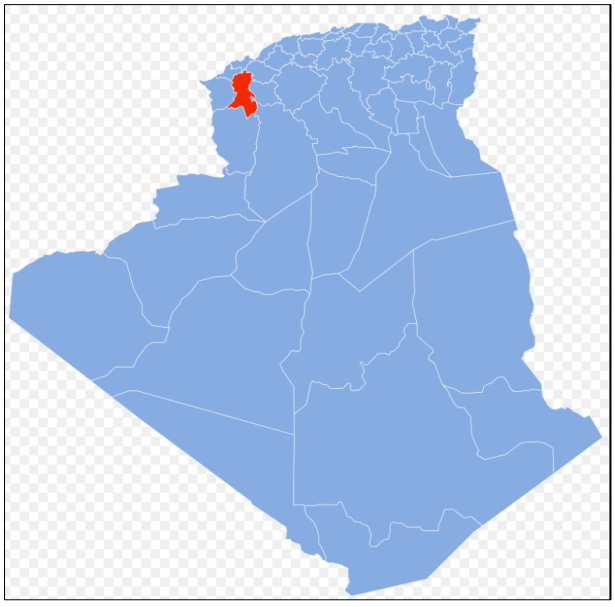


Figure I-1: Localisation de la wilaya de Sidi Bel Abbès

- **Wilaya de Saida**

La Wilaya de Saïda couvre une superficie totale de 6765 km2 et une population de 330 641 habitants (RGPH 2008) soit une densité de 49 hab/Km2. Elle est limitée au Nord par la Wilaya de Mascara, à l'ouest par celle de Sidi Bel Abbés, au sud par la Wilaya d'El Bayadh et à l'Est par celle de Tiaret.

Elle est constituée de six (06) Daïras et de seize (16) communes.

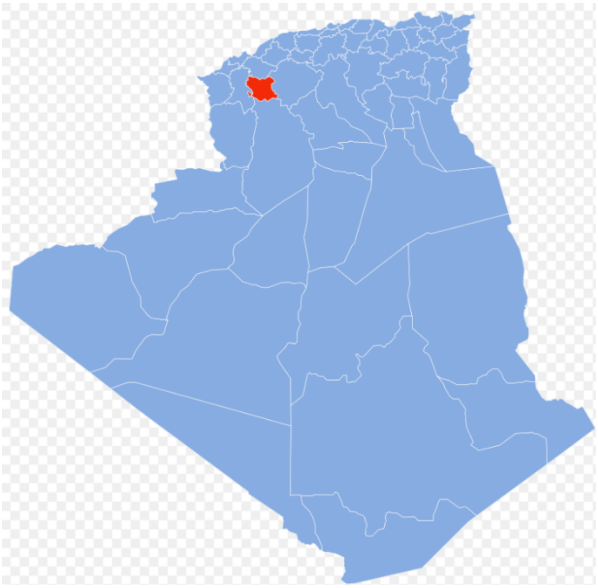


Figure I-2: Localisation de la wilaya de Saida

I.2.2 Relief et topographie

•Wilaya de Sidi Bel Abbès

La topographie de la wilaya de Sidi Bel Abbès peut être décomposer en :

- Montagne au nord
- Plaines centrales : Ces plaines sont circonscrites de toutes parts par les monts de Dhaya, Elles sont constituées de dépôts lacustres et alluviaux anciens. C'est dans ce sous-ensemble que se situe les aquifères les plus importants de la wilaya (nappes de Téghalimet, Mezaourou et Sidi Ali Benyoub).
- Plateaux au sud

•Wilaya de Saida

La division la plus schématique fait ressortir deux grands ensembles :

- Au nord ce sont les monts de Daïa, les vallées et les dépressions qui constituent les unités de reliefs les plus caractéristiques,
- Au sud les hautes plaines steppiques qui recèlent d'importantes potentialités de mise en valeur agricole et d'élevage sont confrontées à des altérations multiples.

I.2.3 Climat

•Wilaya de Sidi Bel Abbès

La majeure partie de la wilaya se définisse dans l'étage bioclimatique semi-aride continental (été très chaud et hivers assez froids).

• Wilaya de Saida

Le climat dominant sur la wilaya est continental en été sec et chaud et à hiver froid.

I.2.4 Pluviométrie et température

- **Wilaya de Sidi Bel Abbés**

L'isohyète des pluies varie entre 400 et 500 mm par an (ANRH). Et la température moyenne annuelle et de 03 à 31 °C.

- **Wilaya de Saida**

L'isohyète des pluies varie entre 200 et 600 mm par an. Et la température moyenne annuelle et de 0 à 35 °C.

I.2.5 Sismicité

- **Wilaya de Sidi Bel Abbès**

La carte de zonage sismique ci-dessous, révèle l'appartenance de la région de Sidi Bel Abbes à la Zone **I**, comme étant une zone de faible sismicité.

Le coefficient d'accélération à prendre en compte est A = 0,12

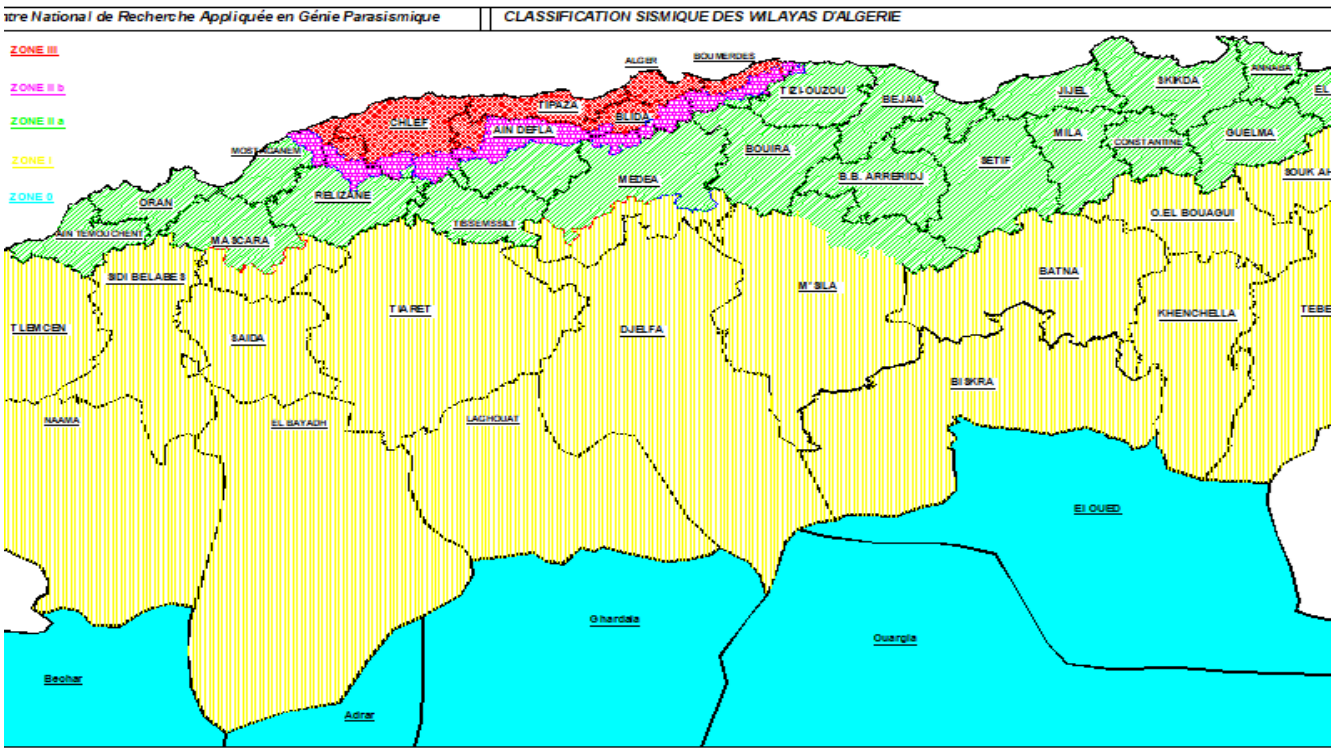


Figure I-3: les zones sismiques en Algérie

- **Wilaya de Saida**

Faisant partie du domaine tellien occidental (pays des nappes) qui désigne le rameau algérien de la chaîne alpine (schéma de collision entre les plaques Africaine et Eurasienne) en Méditerranée occidentale (Maghrébides), la région de Saida est-une zone tectoniquement instable.

Du point de vue sismicité, d'après les renseignements recueillis, nous pouvons conclure que l'activité sismique faible à modérée de la région de SAIDA a été ponctuée par des séismes intenses et destructeurs. Elle peut être classée dans la "**Zone I**" caractérisée par une sismicité faible, selon la « CARTE DE ZONAGE SISMIQUE DU TERRITOIRE NATIONAL- RPA99/ APRES ADDENDA ».

	Zone		**Sismicité**
	0		Négligeable
	I		Faible
	II	**II a**	Moyenne
		II b	
	III		Elevée

Tableau I-1: les zones sismiques d'après le RPA 99/version 2003

I.3 Description de tronçon étudie

Le tronçon étudié d'un linéaire de 10 km, s'étendant du Pk 20+000 au Pk 30+000, le projet porte sur la conception d'un échangeur de type trèfle au PK 29+800, assurant la connexion entre la RN17C et la nouvelle infrastructure autoroutière en cours de développement

Le tracé intercepte plusieurs éléments sensibles, dont les terrains agricoles, en plus d'un réseau énergétique qui se résume à des lignes électriques de haute et moyenne tension, des conduites de gaz, de fibre optique.

Dans mon tronçon en objet est prévue la réalisation des ouvrages d'art suivants :

Un pont de 30m au PK 25+862,

Un pont de 30m au PK 29+758,

Un échangeur de type trèfle au PK 29+800.



Figure I-4: Localisation de projet

I.4 Objectif projet

- Assurer une fluidité de la circulation et sécuriser les usagers sur ce tronçon où le trafic est en croissance permanente.
- L'augmentation de la capacité de la route
- Créer un nouvel espace socio-économique rentable et attractif pour l'investissement, que ce soit au niveau commercial, industriel ou touristique
- Permettra de désengorger les RN 94, RN92, RN104.
- Offre un nouvel axe de développement pour les deux wilayas

I.5 CARACTERISTIQUES DE NOTRE PROJET :

Notre projet est une liaison autoroutière. Donc on utilise l'ICTAAL 2015 (Instructions sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison).

I.5.1 Catégorie De L'autoroute :

Le projet s'inscrit dans un relief plat à légèrement vallonné, la catégorie d'autoroute sera « L1 » selon l'ICTAAL 2015.

I.5.2 Vitesse De Référence :

Selon l'ICTAAL 2015 et pour une catégorie « L1 » de l'autoroute, la vitesse maximale autorisée est de 130 km/h.

Chapitre II : étude de trafic

II.1 Introduction

L'étude de trafic constitue une étape fondamentale dans la conception des infrastructures routières. Elle permet d'analyser les déplacements des véhicules afin de prévoir et d'organiser la circulation sur le réseau routier.

Les résultats obtenus grâce à cette étude sont indispensables pour dimensionner correctement les routes, assurer la fluidité du trafic et garantir la sécurité des usagers. Pour cela, il est nécessaire de réaliser un comptage afin de recueillir des données précises sur la circulation. Cette étape et importante pour évaluer :

- ✓ La valeur économique des projets
- ✓ Les couts d'entretien
- ✓ Les caractéristiques techniques des différents tronçons.

II.2 Analyse de trafic

Pour connaître en un point et à un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage. Ces derniers nécessitent une logistique et une organisation appropriée.

Les analyses de circulation sur les diverses artères du réseau routier sont nécessaires pour l'élaboration des plans d'aménagement ou de transformation de L'infrastructure, détermination des dimensions à donner aux routes et appréciation d'utilité des travaux projetés. Les éléments de ces analyses sont multiples :

- Statistiques générales.
- Comptages sur routes (manuels, automatique).
- Enquêtes de circulation.

II.2.1 Comptage manuel

Ils sont réalisés 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 de poids lourds et de transports communs. Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.J.M.A)

II.2.2 Comptage automatique

Ils sont effectués à l'aide d'un appareil enregistreur comportant une détection pneumatique réalisée par un tube en caoutchouc tendu en travers de la chaussée. On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires

- Les comptages permanents : sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes : réseau autoroutier, réseau routier national et le chemin de Wilaya les plus circulés.
- Les comptages temporaires : s'effectuent une fois par an durant un mois pendant la période ou le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournant.

L'inconvénient de cette méthode : tous les matériels de comptage actuellement utilisés ne détectent pas la différence entre les véhicules légers et les poids lourds.

II.3 Différents types de trafic

II.3.1 Trafic normal

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau projet.

II.3.2 Trafic induit

C'est le volume de trafic supplémentaire qui n'existait pas auparavant, mais qui résulte de l'ouverture ou de l'amélioration des infrastructures de transport.

II.3.3 Trafic dévié

C'est le trafic dévié vers la nouvelle route aménagée et empruntant sans investissement d'autres routes ayant la même destination.

II.3.4 Trafic total

C'est le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.

II.3.5 Trafic Moyen Journalier Annuel (T.M.J.A.)

Egal au trafic total de l'année divisé par 365.

II.3.6 Unité de véhicule particulier (U.V.P.)

Exprimé par jour ou par heure, on tient compte de l'impact plus important de certains véhicules, en particulier les poids lourds en leur affectant un coefficient multiplicateur de deux.

II.4 Définition de la capacité :

La capacité d'une route est le flux horaire maximum des véhicules qui peuvent raisonnablement passer en un point ou s'écouler sur une section de route uniforme (ou deux directions), avec les caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propres durant une période bien déterminer. La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

La capacité dépend :

- Des conditions de trafic.
- Des conditions météorologiques.
- Le type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire.
- Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs variables d'une route à l'autre)
- Des caractéristiques géométriques de la section considérée (nombre et largeur des voies).
- La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

II.4.1 Calcul du trafic moyen journalier (TJMA) horizon (Projection future du trafic)

La formule qui donne le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est :

$$\mathbf{TJMA_h = TJMA_0(1+\tau)^n}$$

$TJMA_h$: le trafic à l'année horizon.

$TJMA_0$: le trafic à l'année de référence.

n : nombre d'année.

τ : taux d'accroissement du trafic (%).

II.4.2 Calcul du trafic effectif

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particuliers (UVP), en fonction de types de route et de l'environnement. Ainsi on utilise des coefficients d'équivalences pour convertir le PL (Poids Lourd) en (UVP).

Le trafic effectif est donné par la formule ci-dessous :

$$\boldsymbol{Teff = [(1 - Z) + ZxP]\ TJMAh}$$

Avec :

Teff: trafic effectif à l'année horizon en UVP/j

Z : pourcentage de Poids lourd

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourd, il dépend de la nature de la route.

Environnement	E1	E2	E3
Route de bonne caractéristique	2-3	4-6	8-16
Route étroite	3-6	6-12	16-24

Tableau II-1: Coefficient d'équivalence p (d'après le B40)

II.4.3 Calcul de Débit de pointe horaire normal

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon h. Il est donné par la formule suivante :

$$\boldsymbol{Q = (1/n) \times Teff:}$$

En général, on retient (1/n) = 0,12.

Soit :

$$\boldsymbol{Q = 0{,}12 \times Teff:}$$

Q : est exprimé en UVP/h

II.4.4 Débit horaire admissible :

Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par application de la formule

$$\boldsymbol{Qadm\ (UVP/h) = K1 \times K2 \times Cth}$$

Avec :

- K1 : coefficient lié à l'environnement.

Les valeurs usuelles de K1 sont données par le tableau suivant :

Environnement	E_1	E_2	E_3
K_1	0.75	0.85	0.95

Tableau II-2: valeur de coefficient K1

- K2 : coefficient de réduction de capacité.

Les valeurs usuelles de K2 sont données par le tableau suivant :

	Catégorie de la route				
Environnement	1	2	3	4	5
E_1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E_2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E_3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau II-3: valeur de coefficient K2

- C th : La capacité théorique pour des conditions normales de trafic prend les valeurs moyennes ci-dessous :

Type de route	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3.5 m	1500 à 2000 uvp/h
Route à 3 voies de 3.5 m	2400 à 3200 uvp/h
Route à chaussées séparées	1500 à 1800 uvp/h

Tableau II-4: valeur de la capacité théorique

II.4.5 Détermination du nombre de voies :

-Cas d'une chaussée bidirectionnelle : on compare Q à Qadm et on opte pour le profil auquel Correspond la valeur de la plus proche à Q.

-Cas d'une chaussée unidirectionnelle : le nombre de voie à retenir par chaussée est le nombre le plus proche du rapport

$$S \times \frac{Q}{Qadm}$$

Avec :

Qadm: débit admissible par voie

S : coefficient de dissymétrie, en général égale à 2/3

II.5 Application de projet

Selon les résultats des comptages et des prévisions, effectués par le service spécialisé SAETI :

- ✓ Le trafic journalier moyen annuel {l'année 2022, $TJMA_{2022}$= **12750v/j**}.
- ✓ Année de mise en service : **2030.**
- ✓ L'environnement : E2, catégorie **C1.**
- ✓ Le pourcentage des poids lourds : **Z = 27.4%.**
- ✓ Taux de croissance annuelle de trafic : **τ = 3.5%.**
- ✓ La durée de vie : **20ans.**

– Le trafic journalier moyen annuel à l'année de mise en service :

$$TJMA_{2030} = TJMA_{2022}\,(1+\tau)^{8}$$

$$\mathbf{TJMA_{2030} = 16789\ v/j}$$

– Le trafic journalier moyen annuel à la fin de vie du projet :

$$TJMA_{2050} = TJMA_{2030}\,(1+\tau)^{20}$$

$$\mathbf{TJMA2050 = 33407 v/j}$$

– Le trafic effectif :

C'est le trafic exprimé en unité de véhicule particulier uvp/j

$$Teff_{2050} = [(1-Z) + ZxP]\ TJMA_{2050}$$

$$\mathbf{Teff_{2050} = 60868 uvp/j}$$

– Le débit de pointe horaire normale :

$$Q = (1/n) \times Teff$$

$$Q = 0{,}12 \times Teff:$$

$$\mathbf{Q = 7304 uvp/j}$$

– Le nombre de voie

$$N = S \times \frac{Q}{Qadm}$$

$$N = S \times \frac{7304}{0.99 \times 0.85 \times 1800}$$

$$\mathbf{N = 3}$$

D'où le nombre de voies est égal à **2 * 3 voies**

CHAPITRE III : TRACE EN PLAN

III.1 Introduction

Dans tout projet routier, la définition de l'axe en plan est une étape essentielle qui influence l'ensemble des études techniques et la réalisation des travaux. Elle correspond au tracé horizontal de la route, établi à partir de la topographie fournie par une carte ou un plan à courbes de niveau.

III.2 Définition

Le tracé en plan est la projection sur un plan horizontale de l'axe de la chaussé, c'est une succession des droites, d'arcs de cercle et de courbes de raccordement, la combinaison de ces éléments, en coordination avec le profil en long, doit en premier lieu permettre de réserver une proposition convenable de zones ou' la visibilité est suffisante pour permettre le dépassement, simultanément on doit éviter l'effet de monotonie et réduire en conduite nocturne le temps d'éblouissement par les phares lié aux grands alignements droit

Les éléments géométriques du tracé en plan sont :

−Droites = alignements.

− Arcs de cercle.

− Courbes de raccordement de courbure progressive « clothoïde ».

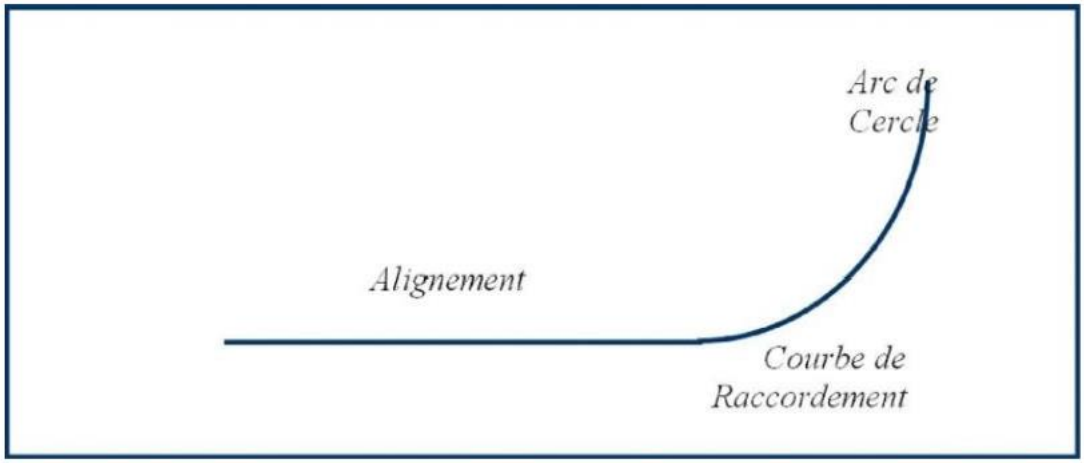


Figure III-1: Schéma des éléments du tracé en plan

III.3 Règles a respecté dans le tracé en plan

Les règles à respecter pour le tracé en plan sont résumés dans l'ICTAAL comme suit :

-L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements Importants.

-Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant.

-Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.

-Eviter au maximum les propriétés privées.

-Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'art et cela pour

Des raisons économiques.

-Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.

-Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur totale de tracé.

- Pour les routes neuves

Il convient en outre, pour les projets de routes neuves :

- D'éviter les tracés en succession de grandes courbes (tracés de type autoroutier),
- De recourir de préférence à des alignements droits (au moins 50 % du linéaire pour permettre l'implantation de carrefours et de zones de visibilité de dépassement dans de bonnes conditions) alternant avec des courbes moyennes (de rayon supérieur au rayon minimal, et ne dépassant guère le rayon non déversé)
- D'éviter, en extrémité d'alignements droits importants (plus de 1 km) et quelle que soit la catégorie, les courbes de rayon inférieur à 300 m, de même qu'en bas de longues descentes rapides, en extrémité d'alignements plus courts (0,5 à 1 km) éviter les courbes de rayon inférieur à 200 m,
- De respecter, lorsque deux courbes se succèdent (même séparées par un alignement droit, quelle que soit sa longueur) la condition suivante concernant leurs rayons R1 et R2 $0{,}67 < R1/R2 < 1{,}5$, sauf si R1 et R2 sont supérieurs à 500 m,
- D'exclure les courbes en ove, en C, et à sommet

III.4 Contrainte de tracé

➢ Pk 20+225 → Piste

➢ Pk 20+550→ Piste

➢ Pk 22+600 au PK 24+000 → terrain agricole.

➢ Pk 22+800 → Piste

➢ Pk 23+050 → Ligne électrique THT.

➢ Pk 24+946→ conduite de gaz

➢ Pk 25+272 → conduite de gaz

➢ Pk 25+523 → câble d'Algérie télécom.

➢ Pk 25+600 → Ligne électrique MT.

➢ PK 25+650→Ferme 35

➢ Pk 25+862 → RN13.

➢ Pk 26+350 → Ligne électrique MT.

➢ Pk 26+412 → Piste agricole (OLIVIER).

➢ Pk 28+250 → Piste agricole (OLIVIER).

➢ Pk 28+425 → Ligne électrique THT.

➢ Pk 29+750 → Ligne électrique MT.

➢ Pk 29+750 → RN17C.

III.5 Les éléments du tracé en plan

Les caractéristiques géométriques adoptées sont conçues pour offrir des conditions de confort et de sécurité relativement homogènes, adaptées à la catégorie L1 et à une vitesse de base de 130 km/h dans un environnement E2.

En fonction de la vitesse de référence mentionnée précédemment, les caractéristiques du tracé en plan sont les suivantes :

III.5.1 Alignements Droits :

Les valeurs minimales et maximales des alignements du tracé en plan doivent respecter des valeurs en fonction de la vitesse de référence, dans notre cas, la vitesse de base est Vb=130Km/h.

La longueur minimale d'alignement Lmin devra séparer deux courbes circulaires de même sens, elle sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercles. Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes circulaires sont raccordées par une courbe. La longueur maximale Lmax est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes.

Les longueurs minimales et maximales des alignements droits sont données par les équations suivantes :

$$\mathbf{Lmin} = 5 \times \frac{Vb}{3.6}$$

$$\mathbf{Lmax} = 60 \times \frac{\mathbf{Vb}}{3.6}$$

Avec une vitesse de base V= 130km/h

Où :

Lmax : correspond à la distance (en m) parcourue en un temps t=5s.
Lmin : correspond à la distance (en m) parcourue en un temps t=60s.

Dans le cas de notre projet :
Lmax=2176m
Lmin=181m

III.5.2 Rayons De Courbure :

Les rayons en plan doivent respecter les valeurs minimales résumées dans le tableau suivant :

Symbole et unité		Valeur
Rayon Minimal	Rm(m)	600
Rayon Minimal au Dévers Normal	Rdn(m)	1000
Rayon Minimal Non Déversé	RND(m)	1500
Catégorie	/	L1

Tableau III-1: Coordonnées des sommets à calculer.

III.6 Application de projet

Sommets	X(m)	Y(m)	R(m)	Vb(Km/h)
A (x,y)	166439.55	3881722.98	1500	130
C (x,y)	166955.18	3881571.43		
B (x,y)	167133.55	3881506.49		

Tableau III-2 : Coordonnées des sommets à calculer.

Pour notre projet on a calculé pour le rayon de :PK 20+650 au PK 20+850

On a les gisements :

G^S = 118.20Grad

G^B =126.26Grad

Calcul de l'angle γ :

γ = $|G^B - G^S|$ = | 118.20 –126.26 | = **8.06Grad**S

- Calcul de la tangente :

$T_1 = T_2$ = T = R * Tan (γ/2) = 1500 * Tan (8.06 /2) = 105.68m

- Calcul de la longueur de la courbe :

L = R*γ = 1500* (8.06* / 200) = 189.81m.

- Calcul des coordonnées de S et D :

G_A^S= 118.20 Grad G_S^A=318.20Grad

G_S^B= 126.26Grad G_B^S=326.26 Grad

- Coordonnées du sommet S :

$X_S = X_C - T * \sin G_S^A$=1669625.62m

$Y_S = Y_c - T * \cos G_S^A$=3881492.65m

- Coordonnées du point D :

$X_D = X_S - T * \sin G_B^S$=1669566.92m

$Y_D = Y_S - T * \cos G_B^S$=3881580.53m

- Coordonnées du point M :

$G_C^M = G_A^S + 100$=218.20 Grad

$X_M = X_C + R * \sin G_C^M$=166027.567m

$Y_M = Y_c + R * \cos G_C^M$=3880392.645m

D'après le calcul manuel donc on trouve presque les mêmes résultats trouves par le logiciel COVADIS. (Le listing d'axe se trouve dans l'ANNEXE**).**)

CHAPITRE IV Profil en long

IV.1 Introduction

Une fois l'axe en plan défini, l'étude du profil en long devient une étape clé dans la conception d'une infrastructure routière. Ce profil se compose d'une succession de segments droits et d'arcs de cercle.

IV.2 Règle à respecter

Le tracé de la ligne rouge qui constitue la ligne projet retenue n'est pas arbitraire mais il doit répondre à certaines conditions concernant le confort, la visibilité, la sécurité et l'évacuation des eaux pluviales. Parmi ces conditions il y a lieu :

- De s'adapter au terrain naturel pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être coûteux.
- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- D'éviter les angles rentrants en déblai, pour éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers nul dans une pente du profil en long.
- Recherche un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Éviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long

IV.3 Coordination du tracé en plan et du profil en long

La coordination du tracé en plan et du profil en long doit faire l'objet d'une étude d'ensemble afin d'assurer une bonne insertion dans le site.

Outre les objectifs d'intégration dans le site, cette coordination vise également en termes de sécurité à assurer pour l'usager :

- La perception des points singuliers de l'itinéraire.
- La prévision anticipée des évolutions du tracé.
- L'appréciation de l'adaptation au terrain sans être abusé par des trompe-l'œil ou gêné par des brisures ou des discontinuités.

Pour cette approche, il est nécessaire d'utiliser des perspectives qui permettent une synthèse entre les deux éléments en deux dimensions. Les outils informatiques actuels incluent généralement cette fonctionnalité.

L'expérience acquise dans ce domaine permet d'édicter quelques règles simples :

- Associer un profil en long concave, même légèrement, à un alignement droit en plan ou un à une courbe de très grand rayon.
- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, en essayant de respecter la proportion R vertical > 6R horizontal, pour éviter un défaut d'inflexion.
- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de surcoût sensible.

- Eviter qu'un début de courbe faible (< 300m) se situe en point haut de profil en long car cela entraîne une dégradation de la perception du virage.
- Eviter de positionner des carrefours ou accès en point haut, courbes ou zone de visibilité réduite (éventuellement côté externe des courbes non déversées après vérification des conditions de visibilité).

IV.4 Valeur limite

Les paramètres du profil en long doivent respecter les valeurs limites suivantes :

Catégorie	L1
Déclivité maximale (%)	5
Déclivité minimale (%)	0.2
Rayon minimal en angle saillant Rvcx (m)	12500
Rayon minimal en angle rentrant Rvcv (m)	4200

Tableau IV-1: Valeurs extrêmes des paramètres du profil en long

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

IV.5 Déclivité

On appelle déclivité d'une route la tangente de l'angle qui fait le profil en long avec l'horizontale. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montés.

IV.5.1 Déclivité maximale

La déclivité maximale dépend de :

- Condition d'adhérence.
- Vitesse minimum de PL (vitesse minimum).
- Condition économique (coût des transports, coût de construction)

IV.5.2 Déclivité minimale

Pour les déclivités minimales en profil en long, il n'est plus imposé en règle générale de valeur minimale, il est nécessaire d'avoir une déclivité :

- Dans les zones de dévers nul, au moins de 0.5% à 1% pour éviter la stagnation des eaux.
- Dans la longue section en déblai ; au moins 0.2% Pour l'ouvrage longitudinal d'évacuation des eaux ne soit pas trop profondément enterré du côté aval (pour assurer le bon écoulement des eaux pluviales).

IV.6 Raccordement en profil en long

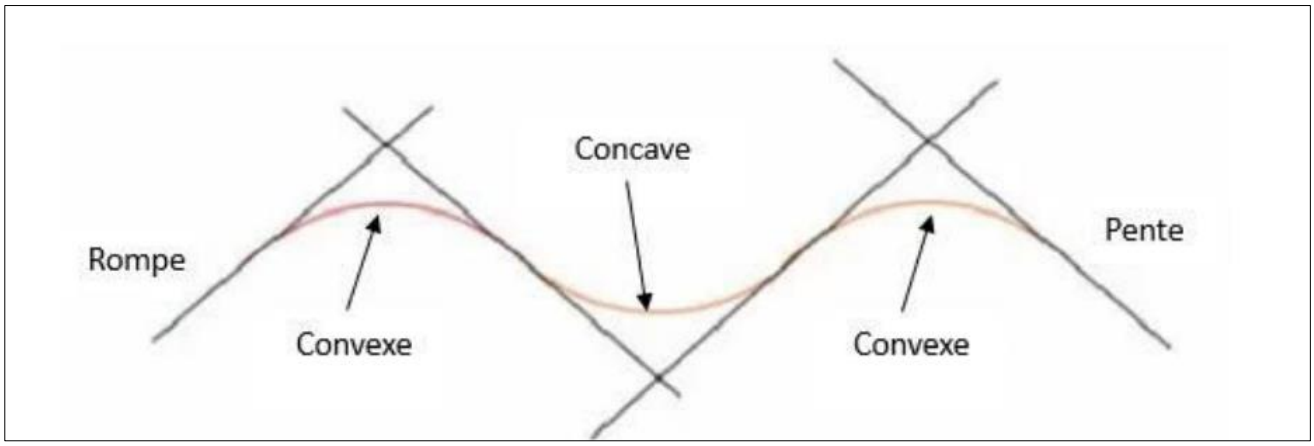


Figure IV-1: Type des raccordements

Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long, ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilités et de confort, on distingue deux types de raccordements :

IV.6.1 Raccordement convexe (angle saillant)

Les rayons correspondants doivent être dimensionnés au regard des contraintes de sécurité et de visibilité. En fonction des caractéristiques du tracé en plan, on s'attachera à garantir la visibilité sur obstacle ou pour dépassement.

- **Condition de confort**

Elle consiste à limiter l'accélération verticale à laquelle le véhicule est soumis lorsque le profil en long comporte une forte courbure convexe

- **Condition de visibilité**

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme conditions supplémentaires à celle du confort. Pour une visibilité satisfaisante il faut que deux véhicules circulant en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum

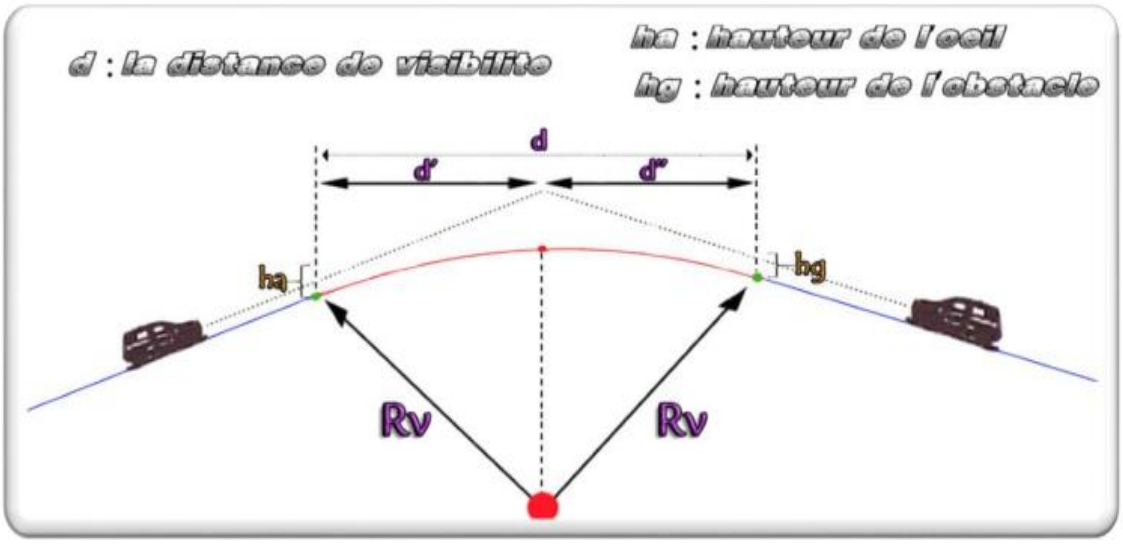


Figure IV-2: schéma représente les distances de visibilité

IV.6.2 Raccordement concave (angle rentrant)

Ces rayons ne posent pas de problèmes de sécurité majeurs mais leur dimensionnement est essentiellement conditionné par des contraintes de confort dynamiques, les conditions de visibilité nocturnes et l'évacuation des eaux de ruissellement.

IV.7 Application de projet

Le tracé détaillé ainsi que les calculs géométriques associés sont présentés **en annexe**

CHAPITRE V : PROFIL EN TRAVERS

V.1 Introduction

Le profil en travers constitue le troisième élément de l'étude géométrique d'un projet routier. Il correspond à la coupe de la route selon un plan perpendiculaire à l'axe en plan. Ce profil permet principalement de visualiser la largeur de la chaussée et des accotements, ainsi que d'indiquer les pentes transversales.

V.2 Type de profil en travers

V.2.1 Profil en travers type

Le profil en travers type est un modèle de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou d'aménagement de routes existantes. Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais). L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la côte du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements

V.2.2 Profil en travers courant

Le profil en travers courant est un modèle de base dessinée dans les projets à des distances régulières (5, 10, 15,20m…ect), qui permet de calculer les cubatures.

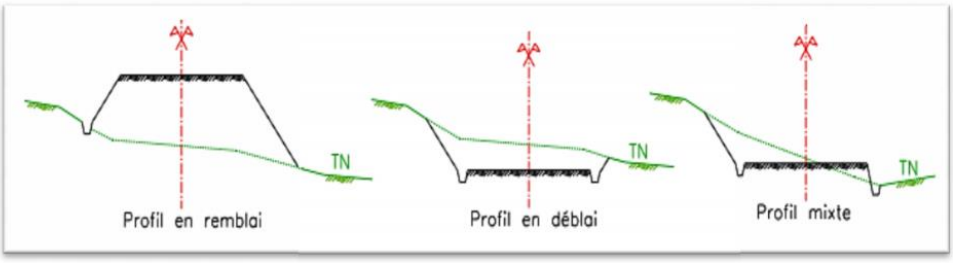


Figure V-1: type de profil en travers courant

V.3 Elément de profil en travers

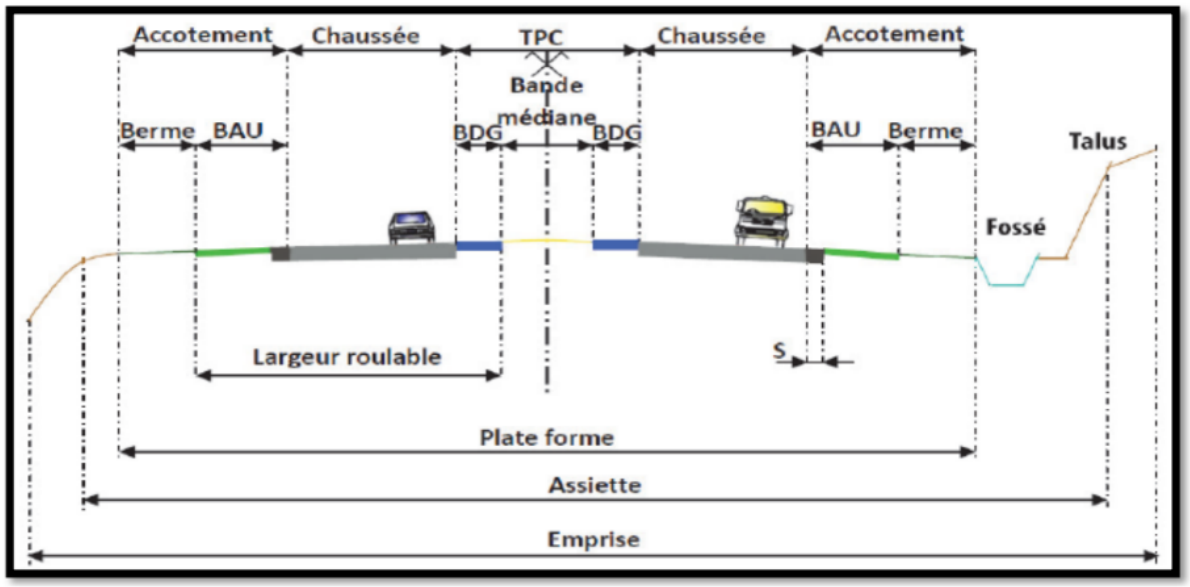


Figure V-2: élément constitutif de profil en travers

V.3.1 La chaussé

C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules, elle peut être à chaussée unique ou à chaussée séparée par un terre-plein central.

V.3.2 Les accotements

Partie latérale de la plate-forme bordant une chaussée, il comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) revêtue et bordée à l'extérieur d'une berme.

V.3.2.1 Bande d'arrêt d'urgence (BAU)

Partie de l'accotement, 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.

V.3.2.2 Sur largeur

Surlargeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive (b. g : bande de guidage. (0.2m à 0.3m).

V.3.2.3 La berme

Partie latérale non roulable de l'accotement, bordant une B.A.U, et généralement engazonnée

V.3.3 Le fossé

C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et talus et les eaux de pluie.

V.3.4 Le talus

La ligne d'équilibre de la terre, l'inclinaison du talus est de 1/1,5 pour les remblais et déblais.

V.3.5 Terre-plein centrale (TPC)

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.

V.3.5.1 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.

V.3.5.2 Bande médiane

Partie non roulable du terre-plein central comprise entre les deux bandes dérasées de gauche, elle est stabilisée et revêtue car sa largeur est inferieur a 3m.

V.3.6 Voie de circulation

C'est la partie de la chaussée réservée à une file de véhicules.

V.3.7 L'emprise

La surface du terrain affecte a la route ; elle varie suivant la catégorie de la route. Elle coïncide généralement avec le domaine public.

V.3.8 La plate-forme

C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes de talus de remblais, comprenant la ou les deux chaussées et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêts.

V.3.9 L'assiette

La surface du terrain réellement construite pour créer la route (y compris les talus), c'est-à-dire dans les limites des terrassements

V.3.10 Bordure

C'est une séparation en béton, en pavés ou en pierres taillées que l'on construit le long des chaussées pour les délimiter.

V.4 .Profil en travers type du notre projet

Description	Largeur(m)	Nombre	Largeur totale(m)
Voie de circulation 2×3	3.5	6	**21**
Accotement			**8**
- Bande d'arrêt d'urgence (BAU)	3	2	6
-Berme	1	2	2
Terre-plein central (T.P.C)			**2**
-Bande dérasée de gauche	1	2	2
-Bande médiane (BM)	1	1	1
total	**33**		

Tableau V-1: Les dimension transversales

DEVERS PROPOSES	
- Chaussée	2,5 % vers l'extérieur
- (B.D.G)	2,5 % vers l'extérieur
- Band d'arrêt d'urgence (B.A.U)	4 % vers l'extérieur
-Berme extérieure	8% vers l'extérieur

Tableau V-2: Les dévers proposés

Le Profil détaillé est présenté **en annexe**

CHAPITRE VI : étude géotechnique

VI.1 Introduction :

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de chaussée. La reconnaissance géotechnique constitue une étape fondamentale dans un projet routier car elle consiste à collecter des informations précises sur la nature de terrain, à travers des sondages ; des essais in situ….etc.

VI.2 Objectif de la géotechnique :

Les objectifs de cette étude sont les suivants :

- D'Identifié les risques liés au sol
- D'Optimiser la conception des fondations
- Déterminer la nature, la profondeur et la pression des diverses nappes d'eau souterraine
- Permet de réaliser les travaux avec un minimum de risques possibles
- Le bénéfice apporté sur les travaux de terrassement.
- La sécurité en indiquant la Stabilité des talus et des remblais
- Préserver l'environnement et les ressources naturelles

VI.3 Les travaux de reconnaissance

- L'étude des archives et documents existants.
- Les essais « in-situ ».
- Les essais en laboratoire.

VI.3.1 L'étude des archives et documents existants

Les études antérieures effectuées au voisinage du tracé sont source précieuse d'informations préliminaires sur la nature des terrains traversés.

Les cartes géologiques et géotechniques de la région, lorsqu'elles existent, peuvent aussi apporter des indications assez sommaires mais tout aussi précieuses pour avoir une première idée de la nature géologique et géotechnique des formations existantes.

VI.3.2 Les essais in-situ :

Les visites sur chantier permettent de vérifier et de mieux préciser les informations déjà recueillis. Cependant la connaissance géotechnique précise des caractéristiques des sols en présence nécessite des recherches in-situ qui permet :

- La mesure de certaines caractéristiques.
- Le prélèvement d'échantillons pour les essais de laboratoire.

VI.3.2.1 Sondage carotté :

Un sondage carotté à foncer en rotation dans le sol un tube muni à sa partie inférieur d'une couronne très résistante qui isole un cylindre de sol, ou carotte, du reste du terrain, et à remonter cette carotte à la surface. L'outil est refroidi par un courant d'eau, de boue, d'air comprimé. Ce moyen de sondage satisfaisantes, et demeure, de ce fait, un moyen de reconnaissance privilège, notamment pour l'étalonnage de la coupe géologique dans une zone donnée.

VI.3.2.2 Puit de reconnaissance

Puits de reconnaissance de 2,5 m à 3 m profondeur ;

VI.3.2.3 Essai pressiométrique

Il s'agit d'un essai de chargement statique du terrain en place, effectué grâce à une sonde cylindrique dilatable radialement introduite dans un forage. L'essai permet d'obtenir une courbe de variation des déformations volumétriques du sol en fonction de la contrainte appliquée, et de définir une relation contrainte déformation du sol en place dans l'hypothèse d'une déformation plane.

VI.3.3 Essai au laboratoire

VI.3.3.1 Analyse granulométrique.

Il s'agit du tamisage (soit au passant de 2mm, soit au passant de 80µm) qui permet par exemple de distinguer la portion prédominante du sol testé tel que : sol fin, sol sableux (riches en fines) et sol graveleux (pauvres en fines). C'est un essai qui a pour objectif de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur. Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique.



Figure VI-1: Analyse granulométrique

VI.3.3.2 Equivalent de sable.

C'est un essai qui permet de mesurer la propreté d'un sable. C'est-à-dire, déterminer la quantité d'impureté soit des éléments argileux ultra fins ou des limons.

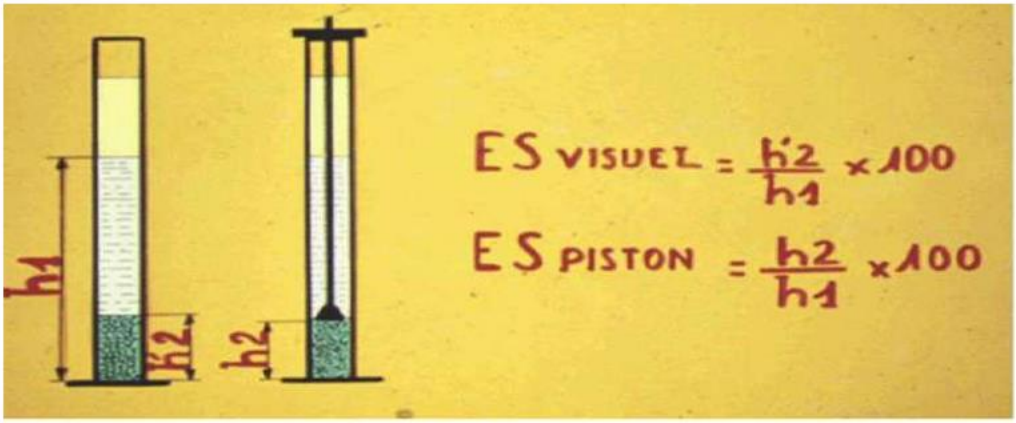


Figure VI-2: Essai équivalent du sable

VI.3.3.3 Limites d'ATTERBERG

Limite de plasticité (Wp) et limite de liquidité (WL), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol : WP sépare l'état solide de l'état plastique et WL sépare l'état plastique de l'état liquide ; les sols qui présentent des limites d'Atterberg voisines, c'est à dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité (IP = WL – WP), sont donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau.

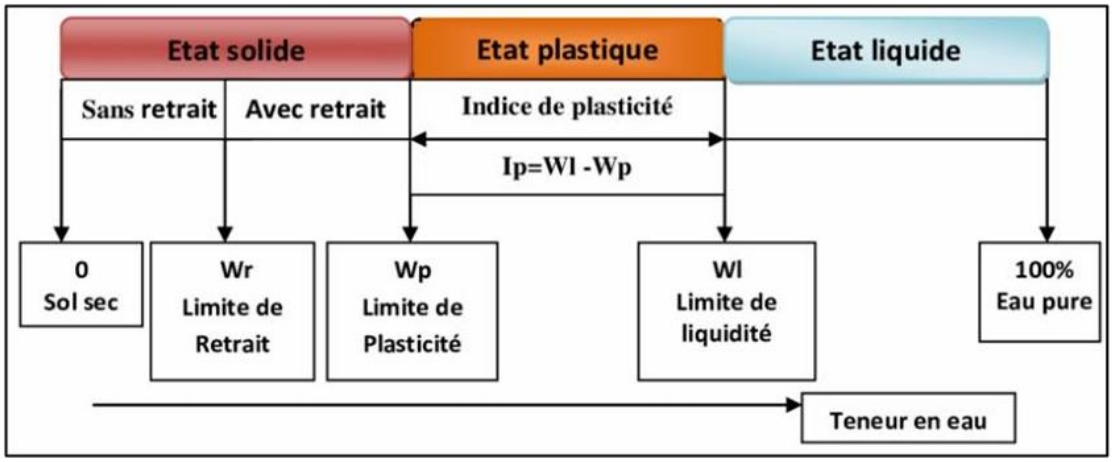


Figure VI-3: Limite d'Atterberg d'un sol.

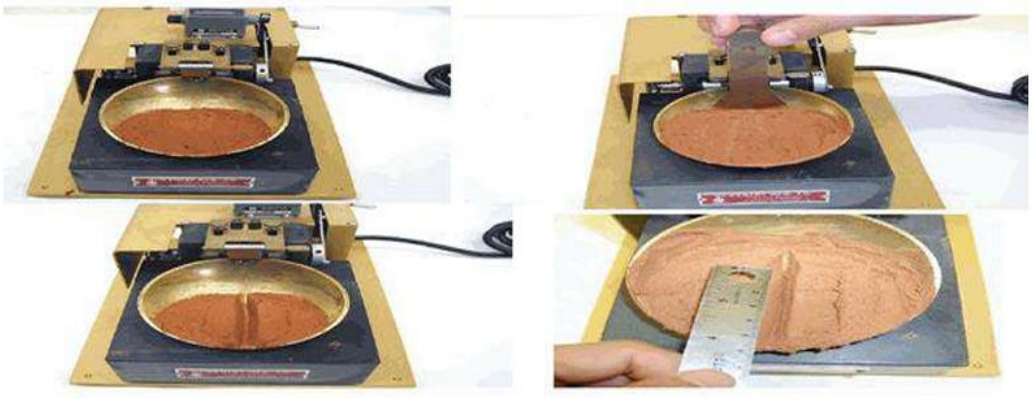


Figure VI-4: l'appareil de Casagrande

VI.3.3.4 Essai CBR.

Cet essai a pour but d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au

Poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner la chaussée et orienter les travaux de terrassements. L'essai consiste à soumettre des échantillons d'un même sol au poinçonnement, les échantillons sont compactés dans des moules au teneur en eau optimum

(PROCTOR modifié) avec trois (3) énergies de compactage 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant quatre (4) jours. Il ne concerne que les sols cohérents.



Figure VI-5: Machine CBR automatique.

VI.3.3.5 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 optimale afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol, cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée « optimum PROCTOR ».

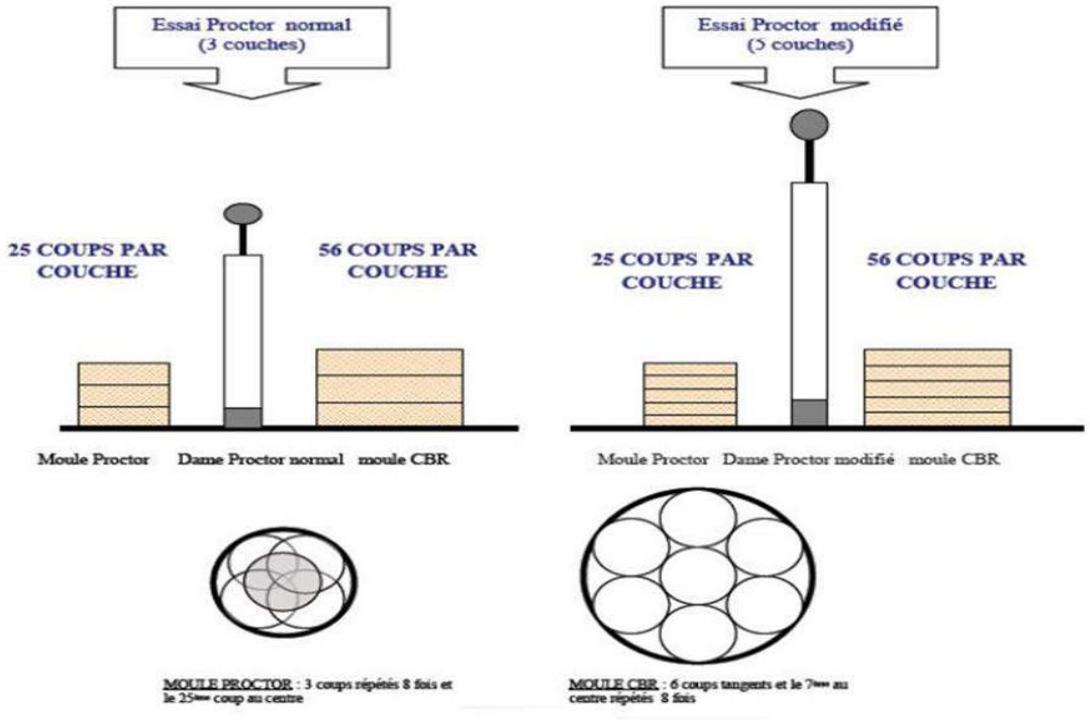


Figure VI-6: Principe de l'essai Proctor normal et modifié

VI.4 CARACTERISATION GEOTECHNIQUE

VI.4.1 Puits de reconnaissance

La réalisation des puits de reconnaissance du du PK20+000 au PK 30+000 au nombre de trois (3) échantillons pour les puits ont été prélevées, à l'aide une pelle mécanique ; Leurs profondeurs variant entre (0.00 à3.00) mètre

Les puits de reconnaissance réalisés sont énumérés ci-dessous :

Puits n	PK	Hauteur	X	Y
5	20+00	3	166 437,7308	3 881 712,7108
6	25+00	3	171 262,3029	3 880 431,8436
7	30+00	3	175 746,4425	3 878 373,2188

Tableau VI-1: implantation de puits de reconnaissance

Les échantillons prélevés ont été soumis aux essais de laboratoire suivants :

Essais physiques	
Essais	Normes
Teneur en eau naturelle Wn	NF P 94-050
Masse volumique des particules solides des sols	NF P 94-054
Masse volumique des sols fins	NF P 94-053
Limites d'Atterberg (WL)	NF P 94-051 ou NF P 94-052-1
Analyse granulométrique (tamisage à sec)	NF P 94-056
Analyse granulométrique (par sédimentométrie)	NF P 94-057
Teneur en carbonates (CaC03)	NF P 94-048
Équivalent de sable (ES)	NF P.18-598
Essais mécaniques	
Essais	Normes
Essai Proctor normal et modifié	NF P 94-093
Portance CDR imbibé et immédiat	NF P 94-078
Essais chimiques	
Essais	Normes
Analyse Chimique complète du sol	

Tableau VI -2 : Norme des essais

VI.4.1.1 Descriptions lithologiques

- **Puits n 5 :**



Figure VI-7: Vue de la planche d'emplacement du puits n°05 au PK 20+000

- Profondeur atteinte : 3 m
- Description lithologique

✓ 0,00 m à 0,50 m : Terre végétale,
✓ 0,50 m à 0,70 m : Argile blanchâtre très riche en concrétions carbonatées ;
✓ 0,70 m à 3,00 m : Sables moyens à fins, contenant quelques passées indurées de taille centimétrique.

- ✓ 0,60 m à 3,00 m : Argile limono-sableuse brunâtre à jaunâtre contenant des concrétions carbonatées ;

➢ **Puits n6 :**

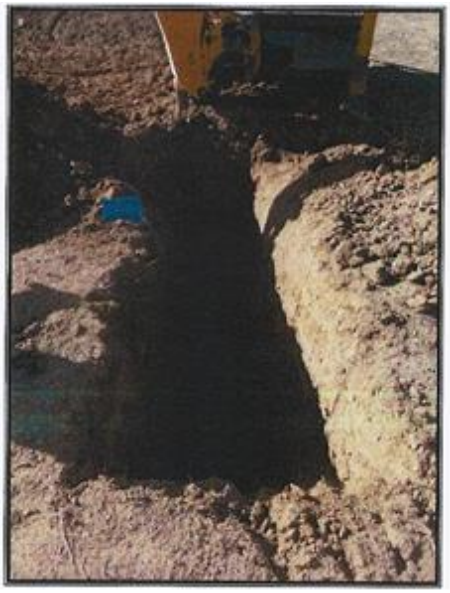


Figure VI-8 : Vue de la planche d'emplacement du puits n°06 au PK 25+000

– Profondeur atteinte : 2.25 m

– Description lithologique

- ✓ 0,00 m à 0,60 m : Terre végétale,
- ✓ 0,60 m à2,20 m : Limon sablo-argileux, brunâtre, peu graveleux contenant quelques galets;
- ✓ 2,20 m à 2,25m : blocs d'alluvions.
- ✓ 0,60 m à 3,00 m : Argile limono-sableuse brunâtre à jaunâtre contenant des concrétions carbonatées ;

➢ **Puit n7 :**

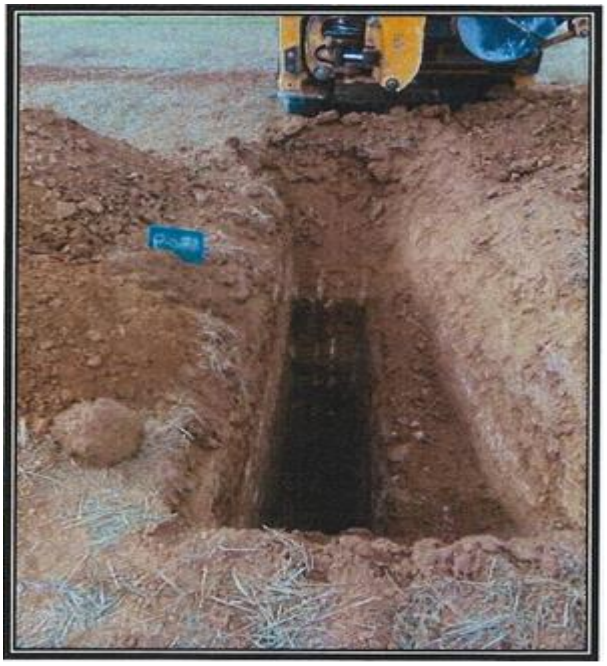


Figure VI-9: Vue de la planche d'emplacement du puits n°7 au PK 30+000

- Profondeur atteinte : 3 m
- Description lithologique

✓ 0,00 m à 0,60 m : Terre végétale,

✓ 0,60 m à 3,00 m : Argile limono-sableuse brunâtre à jaunâtre contenant des concrétions carbonatées ;

VI.4.1.2 Résultat De Puits De Reconnaissance

Limite d'Atterberg (%)		VBS	Teneur en eauWn(%)
WL(%)	IP(%)		
29.30	11.5	1.67	10.70
20.30	-	0.64	6.20
25.5	10.70	1.63	12

Tableau VI-2:Résultat des essais physiques

PK	Proctor modifiée		Proctor normal		CBR
	W_{opt} (%)	γ_{opt} (KN/m³)	W_{opt} (%)	γ_{opt} (KN/m³)	
20+000	9.70	1.89	13.80	1.80	22.60
25+000	8.00	2.01	11.2	1.88	16.60
30+000	7.80	2.00	10	1.86	5.90

Tableau VI-3 : Résultat des essais physiques

VI.4.1.3 Interprétation des résultats

- **Puit n5**

Les résultats des essais montrent un Ip=11.50%, c'est à dire un sable de plasticité moyenne ; ils présentent une valeur de teneur en eau naturelle faible et aussi une valeur de densité sèche OPM bonne (1,89 t/m3).

Ce qui permet de le classer en B-B6 (selon la nature) et B6s (selon l'état hydrique), d'après le GTR

Les sols présentent une portance moyenne, ils sont de classe de portance S2 (CBR imbibé=22,60), selon le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves « C.T.T.P»

- **Puit n6**

Le sol testé s'agit de limons sablo-argileux et présente une plasticité non mesurable. Il présente une valeur de teneur en eau naturelle très faible, Ainsi une densité sèche OPM élevée (2,01 t/m3).

Ils sont de classe B-B2 (selon la nature) et B2s (selon l'état hydrique), d'après le GTR

Les sols à cet emplacement présentent une portance moyenne, ils sont de classe de portance S2 (CBRimbibé=16,60), selon le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves « C.T.T.P »

- **Puit n7**

Les argiles limono-sableuses testées sont de plasticité moyenne (Ip = 10,7%), elles présentent une valeur de teneur en eau naturelle moyenne et une valeur de la densité sèche OPM élevée (2,00 t/m3).

Elles sont de classe A-A1 (selon la nature) et A1m (selon l'état hydrique), d'après le GTR

Les sols à cet emplacement présentent une portance faible, ils sont de classe de portance S3 (CBRimbibé=5,90), selon le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves « C.T.T.P »

VI.4.2 Sondage carotté

Les investigations géotechniques réalisées par le LTPO conformément au programme établi par le client sont indiquées dans le tableau suivant :

N°	PK	Type zone	Prof
SC.02	21+125	Déblai	20
SC.03	24+350	Déblai	20

Tableau VI-4: implantation des sondages carottés au niveau des déblais

VI.4.2.1 Description lithologique :

- **SONDAGE 2 :**

La description lithologique est la suivante :

- 0,00 m à 0,30 m : Terre végétale brunâtre ;
- 0,30 m à 11,40m : Argile jaunâtre carbonatée légèrement friable, de 3 à 5,5m de profondeur. Cette argile est consolidée, elle est carbonatée par endroits, en profondeur elle est gravelo-sableuse ;
- 11,40m à 17,00m : Graviers et galets arrondis à subarrondis hétérométriques et hétérogéniques dans un sable friable légèrement argileux. On note une présence d'argile entre quelques galets et graviers ;
- 17,00m à 20,00m : Argile jaunâtre compacte, qui se débite en feuillets par endroits.

- **Sondage 3 :**

La description lithologique est la suivante :

- 0,00 m à 0,30 m : Terre végétale jaunâtre à brunâtre ;
- 0,30 m à 18,00m : Argile jaunâtre limoneuse contenant quelques fragments rocheux, quelques fragments de gypse. Cette argile est légèrement carbonatée en profondeur ;
- 18,00m à 20,00m : Marne bleuâtre.

VI.4.2.2 Analyse chimique

- **SONDAGE 2 :**

Les échantillons de sols prélevés du sondage SC.2 (Prof.: 3,00m/3,50m) et (Prof.:15,50m/15,90m) correspondants à la formation argileuse ont été soumis à une analyse chimique complète en vue d'apprécier leur degré d'agressivité (degré d'attaque) vis-à-vis du béton et des armatures.

Selon la norme NA 16002 (2007), l'échantillon de sol analysé entre 3,00m et 3,50m de profondeur présente un degré d'agressivité nul vis-à-vis du béton.

II n'y a aucune précaution particulière à prendre pour la confection du béton au contact de ce sol. Le ciment ordinaire est toléré pour la confection du béton au contact de ce sol.

Par contre, l'échantillon prélevé entre 15,50m et 15,90m a donné un degré d'agressivité très fort.

Profondeur		3,00m/3,50m	15,50m/15,90m
Caractéristiques	Symboles	Teneurs	
SILICE	SiO_2%	63,74	54,65
CHAUX	Ca0%	14,43	18,37
ALUMINE	AL_20_3%	Nul	0,60
OXYDE DE FER	Fe_20_3%	3,90	3,39
SULFATES	S04 mg/kg	1715,00	42977,90
CARBONATES	$CaC0_3$%	23,36	15,89
ANHYDRIDE CARBONIQUE	$C0_2$ %	10,28	6,99

Tableau VI-5:Résultat d'analyse chimique du sondage2

- **SONDAGE 3 :**

L'échantillon de sol prélevé du sondage SC.3 (Prof.: 3,50m/4,OO m) correspondant à la formation argileuse a été soumis à une analyse chimique complète en vue d'apprécier son degré d'agressivité (degré d'attaque) vis-à-vis du béton et des armatures.

Selon la norme NA 16002 (2007), l'échantillon de sol analysé présente un degré d'agressivité moyen vis-à-vis du béton.

II n'y a aucune précaution particulière à prendre pour la confection du béton au contact de ce sol. Le ciment ordinaire est toléré pour la confection du béton au contact de ce sol.

CARACTÉRISTIQUES	SYMBOLES	TENEURS
SILICE	SiO_2%	67,31
CHAUX	Ca0%	17,66
ALUMINE	AL_20_3%	0,32
OXYDE DE FER	Fe_20_3%	0,88
SULFATES	S04 mg/kg	493920
CARBONATES	$CaC0_3$%	32,71
ANHYDRIDE CARBONIQUE	$C0_2$ %	14,39

Tableau VI-6 : Résultat d'analyse chimique du sondage3

VI.4.2.3 Résultat :

- **SONDAGE 2 :**

SONDAGE PK 21+125	SC02			
Profondeur	2/2.5	4.3/4.8	7.40/7.70	12.00/12.30
W%	19.2	28.9	25.1	31.3
γ_h	1.99	1.91	1.94	1.93
γ_s	2.54	2.61	2.63	2.63
γ_d	1.67	1.48	1.55	1.47
W_S	22.8	30.5	27.5	31
S_r	84	95	91	100
W_L	83.2	83.94	57.82	70.84
Wp	43.26	44.17	30.29	37.09
I_P	39.94	39.77	27.54	33.75
I_c	1.6	1.38	1.18	1.17
CaCo	7	12	12	29
GTR / sous class	A3-A3ts	A3-A3ts	A3-A3ts	A3-A3ts

Tableau VI-7 : Caractéristiques géotechniques des sondages carottés

- **SONDAGE 3 :**

SONDAGE PK 24+350	SC03
Profondeur	5.25/5.50
$W\%$	2.66
γ_h	2.07
γ_s	2.66
γ_d	1.72
Ws	21.1
S_r	98
Wp	19.88
I_P	16.26
I_c	0.96
CaCo	18
GTR / sous class	A3-A3ts

Tableau VI-8:Caractéristiques géotechniques des sondages carottés

VI.4.2.4 Interprétation des résultats

- **Sondage 2 :**

D'après les résultats on constate que Les argiles jaunâtres limoneuses testées présente une plasticité élevée Ce qui les rend sensibles au phénomène de retrait-gonflement.

Les valeurs de la densité sèche « γ_d » relevées varient entre 1,47 t/m3 et 1,67 t/m3 ce qui montrent que le sol est faiblement a moyennement compact.

Les valeurs de "Sr" obtenues montrent que les échantillons testés sont partiellement saturés a saturés.

Analyse chimique :

Selon la norme NA 16002 (2007), l'échantillon de sol analysé entre 3,00m et 3,50m de profondeur présente un degré d'agressivité nul vis-à-vis du béton.

II n'y a aucune précaution particulière à prendre pour la confection du béton au contact de ce sol. Le ciment ordinaire est toléré pour la confection du béton au contact de ce sol.

Par contre, l'échantillon prélevé entre 15,50m et 15,90m a donné un degré d'agressivité très fort.

- **Sondage3 :**

Les argiles limoneuses testées sont de plasticité moyenne ;

La valeur de la densité sèche «yd » est moyenne (yd = 1,72 t/m3);

La valeur de "Sr" obtenue montre que l'échantillon testé est partiellement saturé.

Analyse chimique

L'échantillon de sol prélevé du sondage SC.3 (Prof.: 3,50m/4,OO m) correspondant à la formation argileuse a été soumis à une analyse chimique complète en vue d'apprécier son degré d'agressivité (degré d'attaque) vis-à-vis du béton et des armatures.

Selon la norme NA 16002 (2007), l'échantillon de sol analysé présente un degré d'agressivité moyen vis-à-vis du béton.

II n'y a aucune précaution particulière à prendre pour la confection du béton au contact de ce sol. Le ciment ordinaire est toléré pour la confection du béton au contact de ce sol.

CHAPITRES VII : dimensionnement corps de chaussé

VII.1 Introduction

Le dimensionnement du corps de chaussée est une étape essentielle dans la conception d'un projet routier. Il consiste à déterminer les caractéristiques et l'épaisseur des différentes couches de la chaussée afin qu'elles puissent supporter efficacement les contraintes liées à la circulation, au trafic, aux poids lourds et aux conditions climatiques. Il est donc primordial que la chaussée présente une résistance suffisante pour éviter toute déformation sous les pressions exercées.

La structure de la chaussée, composée de plusieurs couches de matériaux, doit être soigneusement sélectionnée en fonction de leur qualité et de leur capacité à résister aux agressions extérieures telles que la pluie, la neige, le verglas, ainsi qu'aux surcharges (véhicules légers et surtout poids lourds) et aux efforts mécaniques (accélération, freinage, dérapage).

Tout cela en fonction de paramètres fondamentaux suivants : (choix de matériaux)

- L'environnement de la route.
- Le trafic.
- La nature du sol support.
- Les matériaux choisis.
- La durée de vie de la chaussée

VII.2 Notion sur la chaussé

VII.2.1 Définition

• Au sens géométrique :

C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.

• Au sens structurel :

C'est l'ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges :

VII.2.2 Diffèrent type de la chaussé

Il existe trois types de chaussée :

- Chaussée souple.
- Chaussée semi - rigide.
- Chaussée rigide.

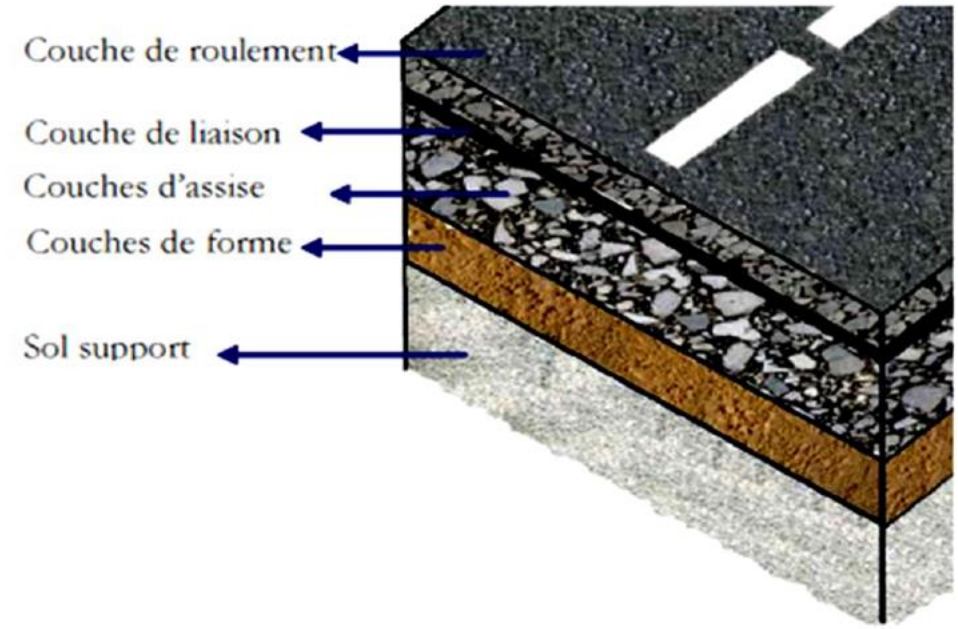


Figure VII-1: constitution d'une chaussé

VII.2.2.1 Chaussé souple

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

- Les sols et matériaux pierreux granulométrie étalée ou serrée.

- Les liants hydrocarbonés qui donnent de la cohésion en établissant des liaisons souples entre les grains de matériaux pierreux

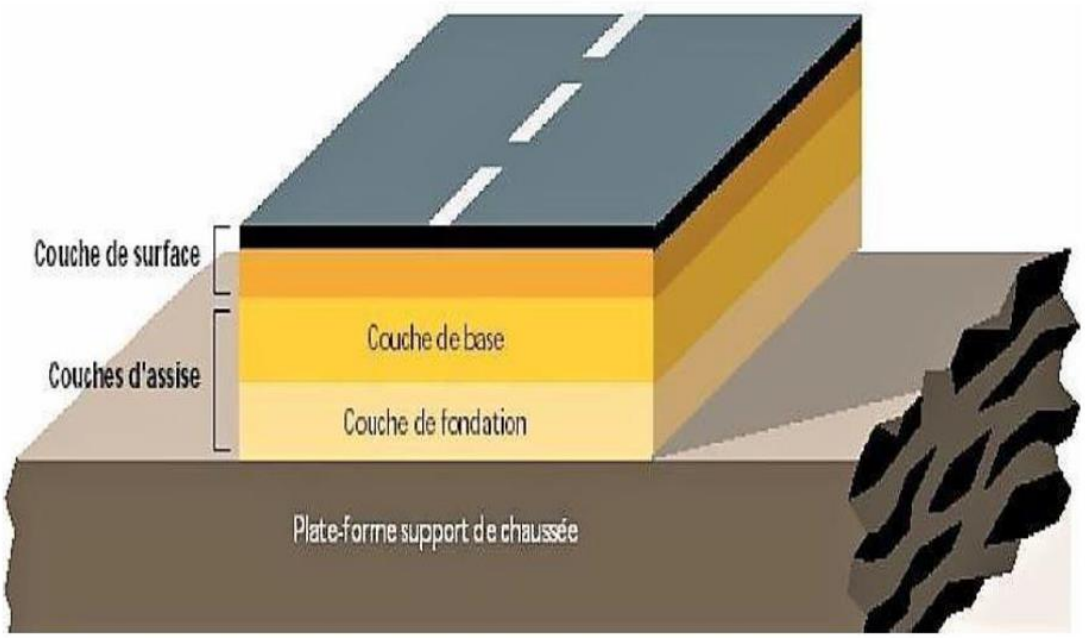


Figure VII-2: chaussé souple

- Couche de surface :
  Elle est composée de la couche de roulement et d'une couche de liaison et elle est en contact direct avec le pneumatique de véhicule et la charge extérieure.
  Son rôle est :
- Encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.
- Imperméabiliser la surface de la chaussée.
- Assurer la sécurité (adhérence) et le confort (bruit et uni.).

- Couche de roulement : qui est la couche supérieure de la structure de chaussée sur la quelles exercent directement les agressions conjuguées du trafic et du climat,

Son rôle est :

-assurer la sécurité : la couche doit posséder des propriétés antidérapantes c'est-à-dire. Une bonne rugosité.

-le confort : qui consiste à ne pas ressentir de la vibration excessive ni des secousses brutales; il est conditionné par la suspension des véhicules et l'uni de la chaussée.

-imperméabiliser la surface de chaussées faire obstacle à la pénétration d'eau

- Couche de liaison : entre les couches d'assise et la couche de roulement, son rôle est d'assurer une transition avec les couches inférieures les plus rigide
- Couche de base : Elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraints normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes
- Couche de fondation : Complètement en matériaux non traités (en Algérie), elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic. Assurer un bon uni et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, elle a le même rôle que celui de la couche de base.
- Couche de forme : La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée. L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 et 70 cm.

VII.2.2.2 Chaussé semi-rigide

C'est un cas intermédiaire entre les chaussées souples et les chaussées rigide. On peut le retrouver dans les chaussées renforcées, qui comportent une couche de base en matériaux traités avec un liant hydrocarboné (ciment

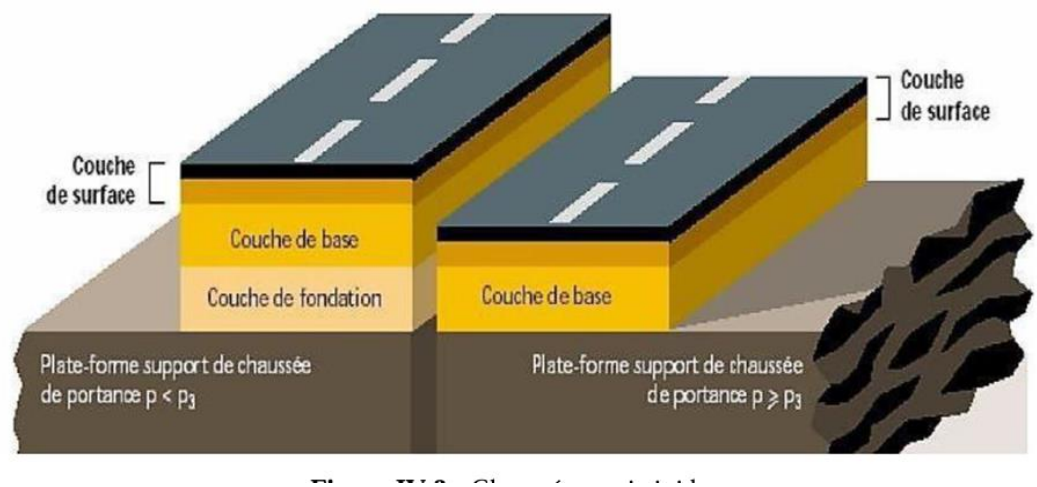


Figure VII-3 : chaussé semi rigide

VII.2.2.3 Chaussé rigide

Comportant des dalles en béton (correspondant à la couche de surface de la chaussée souple) qui, en fléchissant élastiquement sous les charges, transmettent les efforts à distance et les répartissent ainsi sur une couche de fondation qui peut être une grave stabilisée mécaniquement, elle peut être traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques.

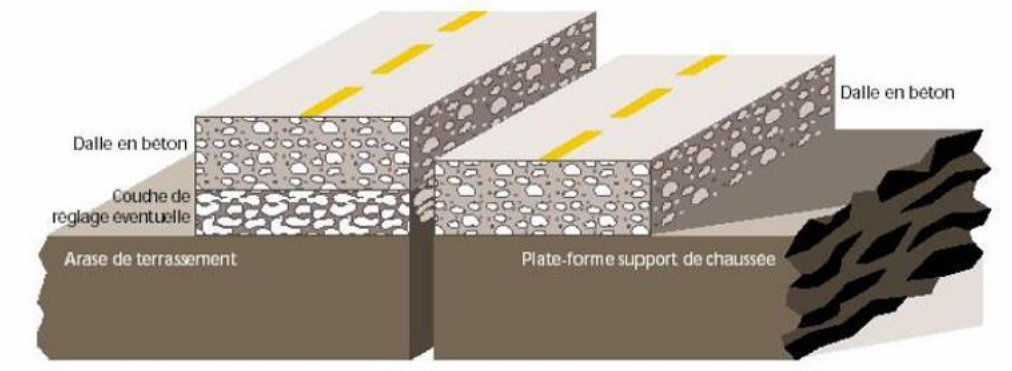


Figure VII-4: Structure type d'une chaussée rigide.

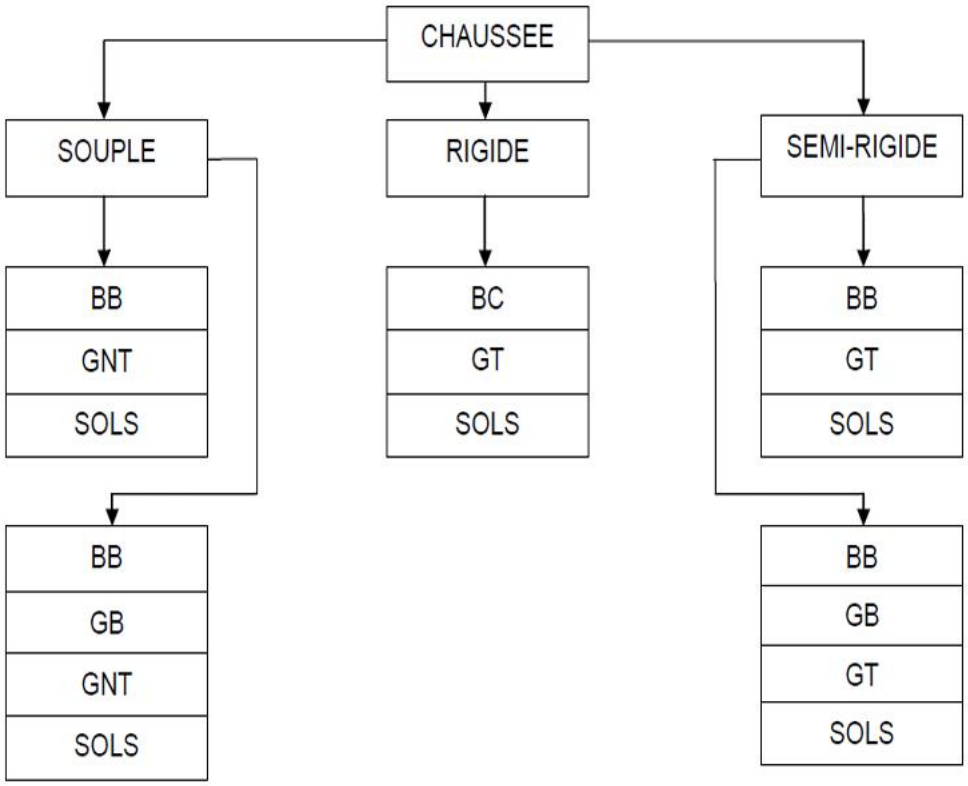


Figure VII-5: Schéma récapitulative des différents types de chaussée.

Avec :

GB : grave bitume ; BB : Béton bitumineux ; GNT : Grave non traitée ; GT : Grave traité ; BC : Béton de ciment.

VII.3 LES FACTEURS POUR LES ETUDES DE DIMENSIONNEMENT

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

VII.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 façon plus détaillée, le trafic gouverne les choix suivants :

-choix d'un niveau de service qui 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

VII.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 in fluence marquée sur les propriétés des matériaux bitumineux et conditionne la fissuration des matériaux traités par des liants hydraulique.

VII.3.3 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

VII.3.4 Matériaux

Les performances mécaniques des matériaux sont calculées moyennant des formules correspondant à chaque type de matériau (sol support, matériaux traités avec bitume (BB), matériaux traités avec liant hydraulique (GB), matériaux non traité (GC)

VII.4 Méthode de dimensionnement

On distingue deux familles de méthodes :

− Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées.

− Les méthodes rationnelles basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

Toutes les méthodes existantes de dimensionnement du corps de chaussée s'appuyant sur la force portante du sol, le trafic et les caractéristiques mécaniques des Matériaux constituant les différentes couches.

Il existe plusieurs méthodes de dimensionnement :

− La méthode de C.B.R (California - Bearing - Ratio) :

− La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.

− La méthode du catalogue des structures du CTTP (Algérie).

− La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées).

VII.4.1 La méthode de C.B.R (California - Bearing – Ratio):

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifier sur une épaisseur d'eau moins de 15 cm.

$$\mathbf{E_{eq}} = \frac{100+\sqrt{P}(75+50log\frac{N}{10})}{ICBR+5}$$

Avec :

- Eeq : épaisseur équivalant.
- ICBR : indice CBR du sol support.
- N : le nombre journalier moyen de camions de plus 1500kg à vide .
- P : charge par roue P=6.5 t (essieu13t).
- Log : logarithme décimal.

VII.4.1.1. Notion de l'épaisseur équivalente :

La notion de l'épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte des qualités mécaniques différentes des couches et l'épaisseur équivalente d'une couche est égale à son épaisseur réelle multipliée par un coefficient numérique « a » appelé coefficient d'équivalence

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

Eeq= a1×e1+a2×e2+a3×e3. Avec :

- e1, e2, e3 : épaisseurs réelles des couches.
- a1, a2, a3 : coefficients d'équivalence des matériaux.

Matériaux utiliser	Coefficient d'équivalence
Beton bitumineux ou enrobé dense	2
Grave bitume	1.20 à 1.7
Grave concassé ou Gravier	1.00
Grave roulé - grave sableuse T.V.O	0.75
GNT	1.00
sable	0.50
Tuf	0.60

Tableau VII-1 : Coefficients d'équivalence des matériaux

VII.4.2 La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

Cette méthode fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement des chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement.

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

- Approche théorique.
- Approche empirique.

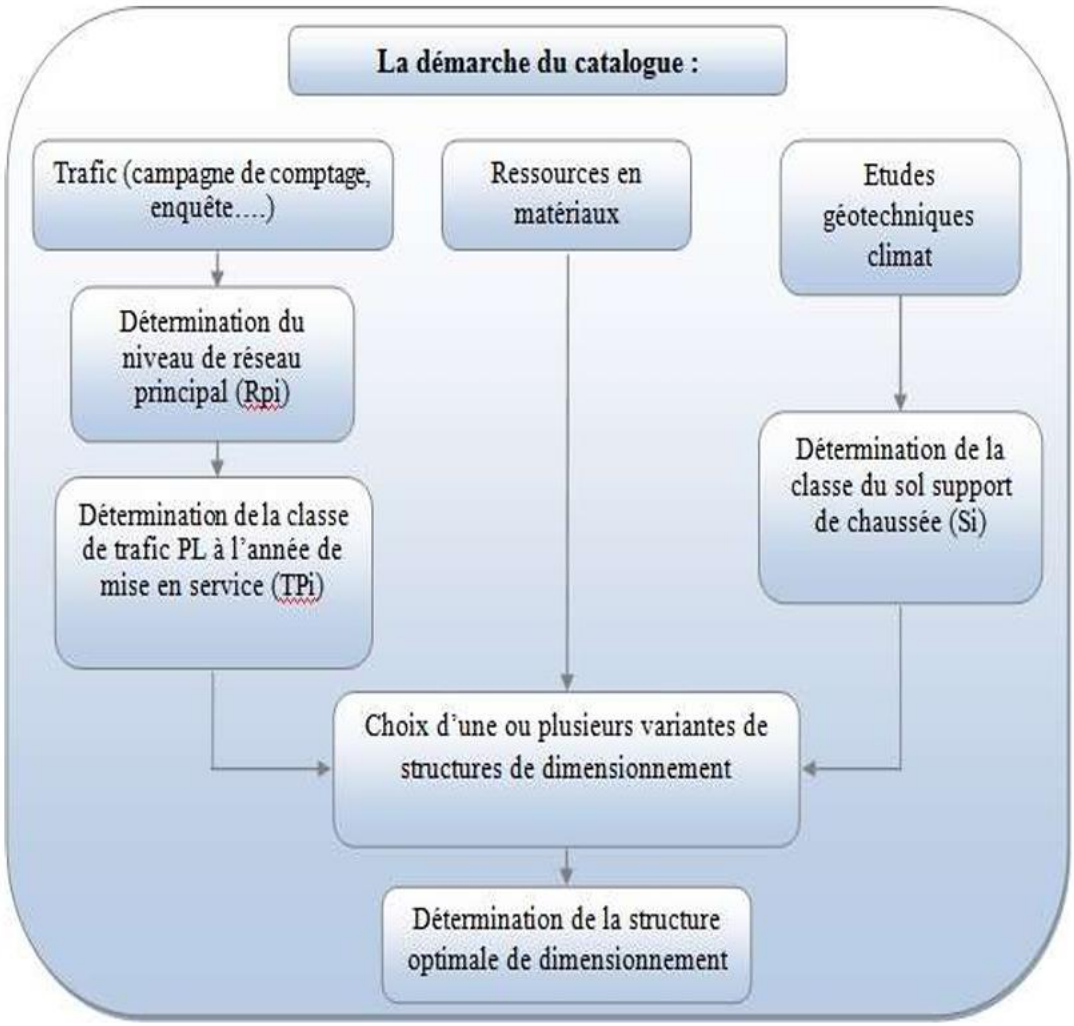


Figure VII-6: organigramme des étapes à suivre pour la méthode de catalogue.

VII.4.2.1 Détermination type de réseau

VII.4.2.1.1 Le réseau principal de niveau 1 (RP1)

Il comporte des :

-essentiellement d'un réseau Liaisons supportant un trafic supérieur à 1500 V/J.

-Liaisons reliant deux chefs-lieux de wilaya.

-Liaisons présentant un intérêt économique et /ou stratégique. Il s'agit composé des routes nationales (RN).

VII.4.2.1.2 Le réseau principal de niveau 2 (RP2)

Il est constitué de liaisons supportant un trafic inférieur à 1500 V/J. Ce réseau est composé de routes nationales (RN), de chemins de wilaya (CW) et de liaisons reliant l'Algérie aux pays riverains.

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

Tableau VII-2: Réseaux principaux.

Donné de projet :

• Année de mise en service : 2030

• Le pourcentage des poids lourds : Z =27.4%.

• Taux de croissance annuelle de trafic : τ= 4%

• La durée de vie : 20ans.

• TJMA2030 = 16789 v/j

TJMA = 12750v/j >1500 v/j => RP1 (réseau principal niveau un)

- Notre projet relie la wilaya de sidi belabes à Celle de saida donc c'est une liaison de deux chefs-lieux de wilaya
- Cela nous permet de dire que le réseau principal de notre projet est RP1

VII.4.2.2 Détermination la classe de trafic

La classe du trafic (*TPLI*) est déterminée à partir du trafic poids lourd par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service

TPLi	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
PL/J/sens	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

Tableau VII-3 : Classement du trafic suivant le catalogue.

$TPL2030 = TJMA2030 * Z$

$TPL2030 = 16789 * 0.274 * 0.5$

TPL2030 = =2300PL/J/sens/vpc

VII.4.2.3 Répartition transversale

On adoptera les valeurs suivantes :

− Chaussées unidirectionnelles à 2 voies : 90 % du trafic PL sur la voie lente de droite.

− Chaussées unidirectionnelles à 3 voies : 80 % du trafic PL sur la voie lente de droite.

− Chaussées bidirectionnelles à 2 voies : 50 % du trafic PL.

− Chaussées bidirectionnelles à 3 voies : 50 % du trafic PL.

Pour une chaussée unidirectionnelle à 3 voies, nous avons 80% du trafic poids lourds sur la voie lente de droite

Donc :

TPL2030 = 2300 ∗ 0.8

TPL2030 =1840PL/J/sens / vpc

On a un réseau principal numéro 1 (RP1), d'après le fascicule 01 du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

On a 1840 appartient [1500-3000] alors : La classe de trafic est **TPL6**

VII.4.2.4 Zone climatique

Les zones climatiques de l'Algérie sont mentionnées

Zone climatique	Pluviomètre (mm/an)	Climat	Température Equivalente	Région
I	>600	Très humide	20	Nord
II	350-600	Humide	20	Nord, hauts plateaux
III	100-350	Semi-aride	25	Haut plateaux
IV	<100	Aride	30	Sud

Tableau VII-4 : Les zones climatique de l'Algérie.

Après le tableux VII.4 et avec une pluviométrie entre 350 et 450mm on classe la wilaya de sidi bel abbés en **zone II** ce qui nous donne aussi **Teq=20**

VII.4.2.5 Le trafic cumulé de poids lourd (TCi)

C'est le trafic cumulé des PL sur la période considérée pour le dimensionnement

; il est donné par la formule suivante :

$$TCi = 365 \times TPLi \times \left(\frac{(1+\tau)^n - 1}{\tau}\right)$$

$$TCi = 365 \times 1840 \times \left(\frac{(1+0.035)^{20} - 1}{0.035}\right)$$

$$\mathbf{TCi = 19 \times 10^6 PL/J/sens}$$

VII.4.2.6 Le trafic cumulé équivalent (TCEi) :

C'est le trafic à prendre en compte dans le calcul du dimensionnement, il correspond au nombre cumulé d'essieu équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée (20ans).

$$TCEi = TCi \times A$$

Niveau de réseau principal (RPi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussée à matériaux traités au bitume	0.6
	Chaussée à matériaux traités aux liants hydrauliques	1
RP2	Chaussée à matériaux non traités	0.6
	Matériaux traités au bitume	0 .4
RP1 et RP2	Sol support	0.6

Tableau VII-5: Le coefficient d'agressivité structurelle moyenne

VII.4.2.7 Classe de portance

Le classement des sols se fait en fonction de l'indice CBR mesuré sur éprouvette compactée à la teneur en eau optimale de Proctor modifié et à la densité maximale correspondante.

Après immersion de quatre jours, le classement se fait en respectant les seuils suivants :

Portance (Si)	S4	S3	S2	S1	S0
CBR	<5	5-10	10-25	25-40	>40

Tableau VII-6: Classe de portance du sol support Si.

Pour notre cas, nous avons adopté la valeur minimale de l'indice CBR égale à ICBR=5.90 entre 5et 10 alors E=29.5MPA, donc on dispose d'un sol de portance S3

- **Amélioration de la portance du sol support**

Afin d'améliorer la capacité portante d'un sol, on utilise des couches de forme. Le CentreTechnique des Travaux Publics (CTTP) a mené des recherches sur la variation de l'Indice CBR (CaliforniaBearing Ratio) en fonction de différentes épaisseurs de couches de forme, du mode de mise en place (nombre de couches) et de la nature des matériaux utilisés (les plus couramment utilisés en Algérie).

Pour la réalisation de la CF. Le tableau donne des indications sur le choix de la couche de forme à réaliser :

Classe de portance de sol terrassé (Si)	Matériau de couche de forme	Epaisseur de matériau de couche de forme	Classe de portance de sol-support visée (Sj)
< S4	Matériaux non traités (*)	50 cm (en 2 couches)	S3
S4	//	35 cm	S3
S4	//	60 cm (en 2 couches)	S2
S3	//	40 cm (en 2 couches)	S2
S3	//	70 cm (en 2 couches)	S1

Tableau VII-7: sur classement avec ouche de forme en matériaux non traité

Ainsi, pour renforcer la structure, une couche de forme de 40 cm d'épaisseur composée de matériaux sélectionnés de bonne portance (GNT) est ajoutée. Cette couche est appliquée en deux couches de 20 cm chacune, compactée selon les résultats obtenus grâce au test du Proctor modifié

VII.4.2.8 Structure du corps de la chaussée :

Nous sommes dans le réseau principal RP1, la zone climatique II, durée de vie de 20 ans, taux d'accroissement 3.5%, portance de sol S2 et une classe de trafic TPL6.

Avec toutes ces données, le catalogue Algérien (fascicule 3) nous propose la structure Suivante :

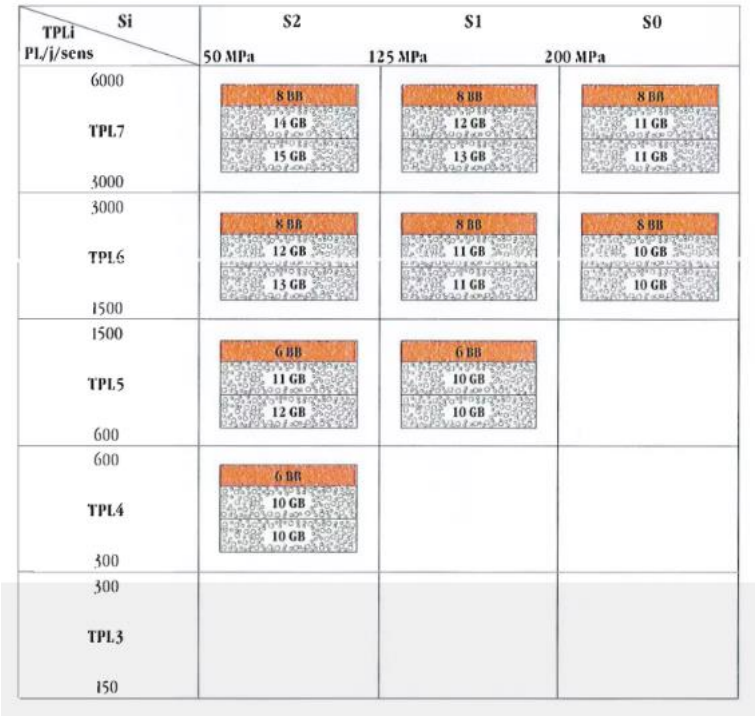


Figure VII-7 : fiche structure grave bitume/grave bitume par la méthode du catalogue

D'après la fiche structure, on choisit :

8 BB+12 GB+ 13GB avec une couche de forme de 40 cm de TVC en deux couches.

Il faudra vérifier que εt et εz calculées à l'aide d'ALIZE LCPC, sont inférieurs aux valeurs admissibles calculées, c'est-à-dire respectivement à εt, adm et εz, adm.

VII.4.2.9 Calcule de la déformation admissible sur le sol support ξz,ad

A partir les études sur des chaussées algériennes on a la relation empirique suivante :

$$\varepsilon_{z,\,adm}=22*10^{-3}*TCE^{-0.235}$$

$\varepsilon_{z,\,adm}=22*10^{-3}*(11.4*10^{6})^{-0.235}$

$\varepsilon_{z,\,adm}=4.83*10^{-4}$

Déformation admissible de traction « $\varepsilon_{t,adm}$» à la base des couches bitumineuses :

$$\varepsilon_{t,adm}=\varepsilon_{6}(10°C,25Hz)*Kne*K\theta*Kr*Kc$$

Où :

ε_6(10°C,25Hz): déformation limite obtenue au bout de 10^6 cycles (essai de fatigue).

$\varepsilon_6(10°C,25Hz)=100*10^{-6}$

Kne : facteur lié au nombre cumulé d`essieux équivalents supportes par la chaussée.

Kθ : facteur lié au risque et aux dispersions.

Kr : facteur lié au calage des résultats du modèle.

Avec :

$$Kne=\left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b \quad ; \quad K\theta=\sqrt{\frac{E(10°C,10Hz)}{E(\theta_{eq},10Hz)}} \quad \text{et} \quad kr=10^{-tb\delta}$$

• b : pente de la droite de fatigue de matériau.

E (10°C°) Module complexe de matériau bitumineux à 10°C

E (θ_{eq}) : Module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est en fonction de la zone climatique considérée

δ: f(dispersion),

$$\delta=\sqrt{(SN^2+(\frac{c}{b}*Sh)^2)}$$

Avec :

SN : dispersion sue la loi de fatigue

Sh : dispersion sur les épaisseurs (en cm)

c : coefficient égal à 0.02

t : fractile de la loi normale , qui est en fonction du risque adopté (r%)

Matériau (MTB)	E (30°C,10Hz) (Mpa)	E(25°, 10Hz) (Mpa)	E(20°, 10Hz) (Mpa)	E(10°,10Hz) (Mpa)	ε_6(10°, 25Hz) (10^{-6})	-1/b	SN	Sh (cm)	υ	kc Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

Figure VII-8: Performances mécaniques des matériaux bitumineux

kne= $(\frac{TCEi}{10^6})^b = (\frac{11.4*10^6}{10^6})^{-0.146}$

kne=0.70

kθ= $\sqrt{\frac{E(10°C,10Hz)}{E(\theta_{eq},10Hz)}} = \sqrt{\frac{12500}{7000}}$

kθ = 1.33

kr = $10^{-tb\delta}$ tel que t=-1.645 avec r=5%

r%	2	3	5	7	10	12	15
t	-2,054	-1,881	-1,645	-1,520	-1,282	-1,175	1,036
r%	20	23	25	30	35	40	50
t	-0,842	-0,739	-0,674	-0,524	-0,385	-0,253	0

Figure VII-9 : valeurs de t=ƒ(*r*%)

$\delta = \sqrt{(SN^2 + \frac{c}{b} * SH^2)}$

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

$$\boldsymbol{\delta = 0.61}$$

$$kr = 10^{-(-1.645*(-0.146)*0.61)}$$

$$\boldsymbol{kr = 0.713}$$

$$\boldsymbol{kc=1.3}$$

$$\varepsilon_{t,adm}=\varepsilon_6(10°C,25Hz)*Kne*K\theta*Kr*Kc = 100* 10^{-6} * 0.70 * 1.33 * 0.713 * 1.3$$

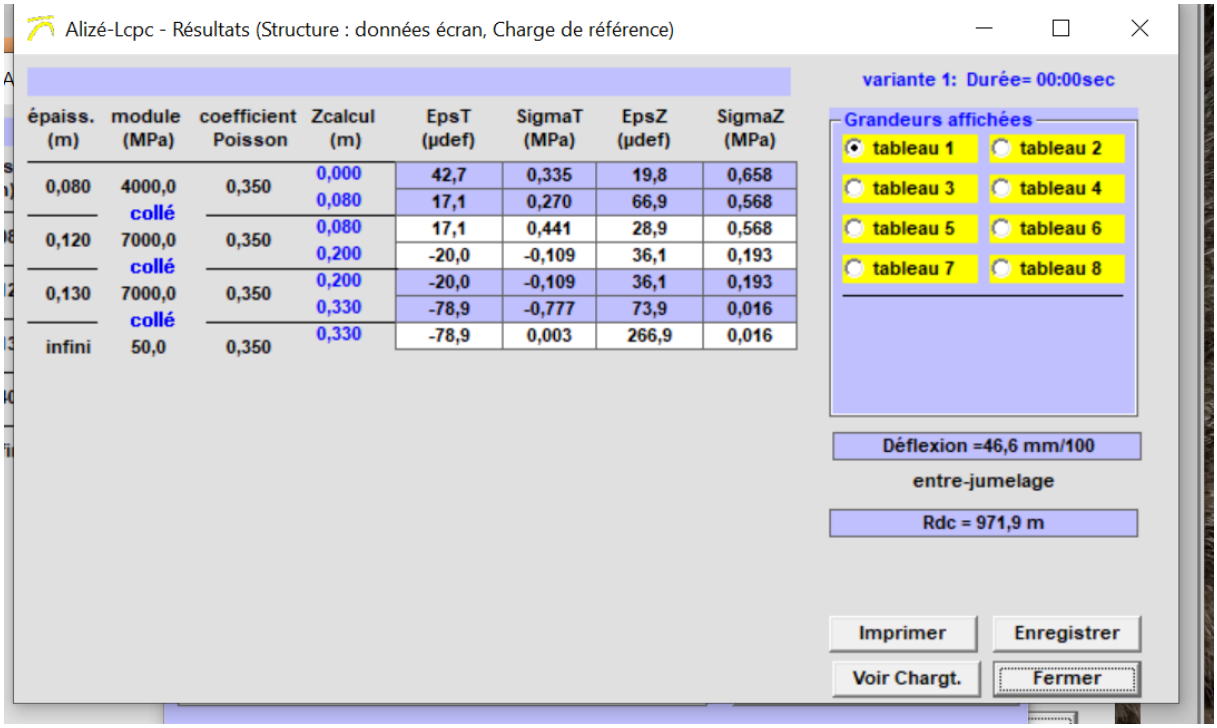
$$\boldsymbol{\varepsilon_{t,adm}=86{,}29* 10^{-6}}$$

VII.4.2.10. Vérification des résultats de calcul par Alize

Le logiciel ALIZE-LCPC est le programme de référence utilise pour les calculs de dimensionnement des chaussées. Donc à l'aide d'Alizé LCPC, on vérifie que :

$$\boldsymbol{\xi t,<\xi t,adm}$$

$$\boldsymbol{\xi z<\xi Z,ad}$$



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,080	4000,0	0,350	0,000	42,7	0,335	19,8	0,658
	collé		0,080	17,1	0,270	66,9	0,568
0,120	7000,0	0,350	0,080	17,1	0,441	28,9	0,568
	collé		0,200	-20,0	-0,109	36,1	0,193
0,130	7000,0	0,350	0,200	-20,0	-0,109	36,1	0,193
	collé		0,330	-78,9	-0,777	73,9	0,016
infini	50,0	0,350	0,330	-78,9	0,003	266,9	0,016

Figure VII-10 : Résultats de la simulation (ALIZE-LCPC)

	Déformations calculées	Déformations admissibles
ξz	**266.6×10^{-6}**	**483×10^{-6}**
$\xi t,$	**-78.9×10^{-6}**	**86.29×10^{-6}**

Figure VII-11: Comparaison des déformations admissibles

La structure est bien vérifiée

La structure retenue pour notre projet est **: 8 BB+12 GB+ 13GB avec une couche de forme de 40 cm de TVC en deux couches.**

CHAPITRES VIII assainissement

VIII.1 Introduction

La durabilité d'une infrastructure routière ne repose pas uniquement sur la qualité des matériaux ou la conception géométrique, mais dépend également d'une gestion efficace des eaux.

Dans tout projet routier, l'assainissement occupe une place essentielle, car il influence directement la longévité et la performance de la chaussée. L'eau, qu'elle provienne des précipitations, du ruissellement de surface ou de la nappe phréatique, représente le principal ennemi de la route. Si elle n'est pas correctement maîtrisée, elle peut entraîner de nombreux désordres structurels et superficiels.

L'étude d'assainissement a pour objectif de collecter, canaliser et évacuer efficacement les eaux afin d'éviter leur stagnation ou leur infiltration dans les différentes couches de la chaussée. Il s'agit ainsi de protéger l'infrastructure tout en assurant la sécurité et le confort des usagers.

Les principales dégradations dues à une mauvaise gestion de l'eau sont bien connues : perte de portance des couches de fondation, formation d'ornières, fissures longitudinales et transversales, soulèvement dû au gel-dégel, ou encore décollement du revêtement. Ces désordres compromettent la qualité de service de la route et entraînent une augmentation significative des coûts d'entretien.

C'est pourquoi la conception d'un système d'assainissement performant – comprenant fossés, caniveaux, buses, regards, drains et ouvrages de collecte – est une étape incontournable dans tout projet de voirie. Ce système doit être adapté aux caractéristiques topographiques, hydrologiques et géotechniques du site

VIII.2 Rappel notion d'assainissement

L'hydrologie : l'hydrologie peut se définir comme l'étude du cycle de l'eau et l'estimation de ses différents flux. L'hydrologie de surface est la science qui traite essentiellement des problèmes qualitatifs et quantitatifs des écoulements à la surface des continents.

Bassin versant : Un bassin versant est une zone géographique délimitée par des lignes de crête, comme un grand entonnoir naturel, toute l'eau qui tombe à l'intérieur du bassin versant s'écoule vers un seul point de sortie, appelé exutoire

Temps de concentration : C'est le temps que met une particule d'eau provenant de la partie du bassin la plus éloignée pour parvenir à l'exutoire.

VIII.3 Etude hydrologique

VIII.3.1 Vitesse de propagation de la crue

La vitesse est calculée par la formule suivant :

$$V = \frac{L}{Tc}$$

V : Vitesse de propagation de la crue (km/heure) ;

L : long du thalweg (km) ;

Tc : temps de concentration.

VIII.3.2 Débit de crue

VIII.3.2.1 Calcul des débits de crue des bassins versant de superficie supérieure a 200 Km2

Pour les bassins versants de superficie supérieure à 200 km2 les temps de concentrations sont supérieurs à 12 heures la pluie continue de durée égale au temps de concentration présente une probabilité de retour quasi-nulle.

Le ruissellement est provoqué par une succession d'averses de plus en moins grande intensité.

Les débits de crues sont alors fonction des rythmes de succession des averses continues.

Le calcul de débit est obtenu en majorant ; par un coefficient variant de 1.5 à 4. Le débit moyen de la crue définie par la hauteur d'eau ruisselée sur le bassin versant divisée par le temps dit de concentration Tc.

$$Q = \frac{P\,(t) \times Cr \times A \times Ka}{3.6 \times Tc} \qquad (m^3/s)$$

Q : débit du bassin versant (m3/s) ;

P (t) : pluie tombée pour une durée égale au temps de concentration du bassin versant en (mm) ;

Cr : coefficient de ruissellement ;

A : superficie du bassin versant en (km^2).

Ka : coefficient d'abattement égale du rapport de pluie moyenne sur la pluie maximale et varient de 0.5 à 0.9 ;

Tc : temps de concentration détermine par la formule de GIONDOTTI en heures.

VIII.3.2.2 CALCUL DES DEBITS DE CRUE DES BASSINS VERSANT DE SUPERFICIE INFERIEURE A 200 KM^2

Il existe deux méthodes de calcul le débit de pointe de crue.

- Méthode rationnelle ;
- Méthode superficielle de Caquot.

Après l'analyse les deux méthodes disponibles pour l'estimation des débits de pointe de crue on a opté pour l'application de la méthode rationnelle (***Guide technique Assainissement routier –SETRA service d'Études techniques des routes et autoroutes***).

La méthode rationnelle permet un grand contrôle sur les résultats obtenus. vu que les variables utilisées ont une signification physique bien définie.

La méthode rationnelle se traduit par l'équation suivante :

$$Q = \frac{Cr \times i \times A}{3.6} \qquad (m^3/s)$$

Q : débit de point de drue (m^3/s) ;

i : intensité de précipitation pour le temps de concentration du bassin versant et la récurrence souhaitée (mm/h) ;

A : aire du bassin versant qui contribue pour la section objet d'étude (km^2).

Cr : coefficient d'écoulement.

VIII.3.3 Débit d'apport

Le débit d'apport est calculé en appliquant la méthode rationnelle :

Qa=K.C.I.A

- K : coefficient qui permet la conversion des unités (les mm/h en l/s).
- I : intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration (mm/h).
- C : coefficient de ruissellement.
- A : aire du bassin versant (m2). Remarque : D'après SETRA, la formule : Qa=K.C.I.A est empirique, elle a été faite pour les unités suivantes :
- En (m3 /s) valable pour : I en (mm/h), A en (km2) et K= 0.278.
- En (l/s) valable pour : I en (mm/h) ; A en (ha) et K= 2.78.

VIII.3.4 Pente moyenne

L'idée première qui vient à l'esprit est de caractériser les pentes par leur valeur moyenne I pondérée par les surfaces.

Soit D l'équidistance des courbes de niveau soit dj la largeur moyenne de la bande j comprise entre les lignes de niveau j et j+1 et soit lj la longueur moyenne de cette bande et A la surface du bassin.

La pente moyenne

$$I = \frac{D \times \sum l_j}{A}$$

VIII.3.5 Intensité

La recherche de la loi Intensité - Durée - Fréquence (I.D.F) s'effectue sur la base d'enregistrement pluviographiques par un dépouillement à intensité constante.

L'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) fait des traitements statistiques à partir de fichiers de série de données pour chaque pas de temps.

L'ajustement de ces séries de données et les pluies journalières se fait avec la loi de Gumbel. Log - Normale.

La relation Intensité - Durée - Fréquence recherchée est la suivante :

$$\frac{P(t)}{Pj\ max} = a \cdot t^b$$

- P (t) : Pluie de durée t (temps de concentration) en mm.
- Pj max : Pluie journalière maximale en mm
- t : Temps de concentration en heures.
- a et b : Paramètres climatiques MONTANA.

Nom de Station	**Sidi Bel Abbés**
Code	110305
X (Lambert)	199.07
Y (Lambert)	219.75
Altitude (m)	480.00

b = 0.60						
T (ans)	2	5	10	20	50	100
a (T)	12.10	17.60	21.20	24.70	29.20	32.60

Tableau VIII-1: VALEUR DE COEFFICIENT DE MONTANA (a et b) EN FONCTION DE PERIODE DE RETOUR(T) STATION DE SIDI BEL ABBES SOURCE ANRH D'ORAN 2015

VIII.3.6 Coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement est défini comme le rapport de la hauteur d'eau ruisselée à la hauteur d'eau précipitée.

Il est choisi compte tenu de la nature du bassin versant en particulier de sa couverture du type de sol, de la pente, ainsi qu'en fonction du temps de retour de l'événement.

Le coefficient de ruissellement dépend des caractéristiques et conditions d'infiltration du sol l'intensité de précipitation de la proximité de la nappe phréatique du degré de compactage du sol de sa porosité du couvert végétal de la typologie d'occupation de la pente du bassin de la récurrence etc….

Le coefficient de ruissellement est estimé par la méthode préconisée de KENESSEY qui est la somme de trois (03) coefficients partiels :

- C1 : dépendant de la pente du bassin versant.
- C2 : dépendant de la nature du sol (perméabilité).
- C3 : dépendant de la couverture végétale du bassin versant.

Coefficient C1 :

Pente	C1		
≤ 3.5 %	0.01	0.03	0.05
Entre 3.5 et 11 %	0.06	0.08	0.10
Entre 11 et 35 %	0.12	0.16	0.20
> à 35 %	0.22	0.26	0.30

Tableau VIII.4 : coefficient de ruissellement C1

Coefficient C2 :

Nature du sol	C2		
Imperméable	0.22	0.26	0.30
Peu perméable	0.10	0.15	0.20
Perméable	0.06	0.08	0.10
Très perméable	0.03	0.04	0.05

Tableau VIII.5 : coefficient de ruissellement C2

Coefficient C3 :

Couverture végétale	C3		
Rocheux	0.22	0.26	0.30
Prairie	0.17	0.21	0.25
Labours champs	0.07	0.11	0.15
Forêt et territoire sableux	0.03	0.04	0.05

Tableau VIII.6 : coefficient de ruissellement C3

VIII.3.7 Temp de concentration

VIII.3.7.1 POUR DES BASSINS VERSANT DE SUPERFICIE SUPERIEURE A 200 KM2

Se définit comme le maximum de durée nécessaire à une goutte d'eau pour parcourir le chemin hydrologique entre un point du bassin et l'exutoire de ce dernier.

Le temps de concentration de chacune des bassins a été calculé par l'expression de GIONDOTTI:

$$Tc = \frac{4 \times \sqrt{A} + 1.5 \times L}{0.8 \times \sqrt{Hmoy}}$$

Où :

Tc : temps de concentration en (heures) ;

A : surface du bassin versant en (km^2) ;

L : longueur du thalweg en (km) ;

Hmoy : Altitude moyenne du bassin versant en (m). et calculé par la formule suivante :

$$H_{moy} = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i H_i}{A}$$

Avec :

$$H_I = \frac{H_{n-1} + H_n}{2}$$

H_i : altitude moyenne entre 2 courbes de niveaux consécutives n-1 et n en m

A_i : surface partielle comprise entre 2 courbes de niveau consécutives n-1 et n en Km^2.

VIII.3.7.2 POUR LES BASSINS VERSANT DE SUPERFICIE INFERIEUR A 200 KM2

L'utilisation de la méthode rationnelle pour le calcul des débits de crue suppose la connaissance des caractéristiques géométriques et du temps de concentration de chaque bassin-versant.

Pour déterminer le débit-maximal à envisager pour un ouvrage avec une période de retour donnée. il a convenu de considérer l'averse la plus défavorable qui puisse alimenter le bassin d'apport avec la même période de retour. On admet généralement qu'il s'agit de l'averse de durée égale au temps de concentration du bassin-versant.

Suivant la superficie du bassin-versant nous utilisons les formules de détermination du temps de concentration ci-dessous.

- ***Superficie inférieure à 5 Km²***

Le temps de concentration est calculé à l'aide de la formule de **VENTURA**.

$$Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{I}}$$

Tc : Temps de concentration en (heures) ;

A : Superficie du bassin-versant en (Km^2) ;

I : Pente moyenne du thalweg principal en (m.p.m).

- ***Superficie comprise entre 5 et 25 Km²***

Le temps de concentration est calculé à l'aide de la formule de **PASSINI**.

$$Tc = 0.108 \times \frac{\sqrt[3]{A \times L}}{\sqrt{I}}$$

Tc : Temps de concentration en (heures) ;

A : Superficie du bassin-versant en (Km^2) ;

L : Longueur du thalweg en (Km) ;

I : Pente moyenne du thalweg principal en (m.p.m).

- ***Superficie comprise entre 25 et 200 Km^2***

Le temps de concentration est calculé à l'aide de la formule de **GIANDOTTI**.

$$Tc = \frac{4 \times \sqrt{A} + 1.5 \times L}{0.8 \times \sqrt{Hmoy}}$$

Tc : Temps de concentration en (heures) ;

A : Superficie du bassin-versant en (Km^2) ;

L : Longueur du thalweg en (Km) ;

Hmoy : Hauteur moyenne du bassin-versant par rapport à l'exutoire en (m).

VIII.3.8 Choix du période de retour T

Pour chaque type d'infrastructure les conditions d'écoulement et l'effet d'une crue exceptionnelle doivent être appréciés.

- Pour les buses en à la période de retour de T= 10 ans et vérifié à T=20ans ;
- Pour les dalots en à la période de retour de T= 50 ans ;
- Pour les ponts en à la période de retour de T= 100 ans.

VIII.4 Dimensionnement hydraulique

VIII.4.1 Débit de saturation

Le calcul des ouvrages ne peut se faire qu'après avoir disposé des contraintes de l'écoulement naturel en aval recueillies jusqu'à au moins 100 m de l'ouvrage hydraulique.

Par ailleurs les ouvertures des ouvrages hydrauliques de rétablissement sont généralement inférieures à la section courante du ruisseau ou du thalweg pour des raisons de coûts.

Ce rétrécissement hydraulique n'est pas neutre pour son fonctionnement et notamment en période d'évacuation du débit de crue.

L'écoulement est entièrement conditionné par les caractéristiques de l'oued.

Le débit est calculé par la formule de MANNING - STRICKLER.

$$\mathbf{Q = K \times Sm \times Rh^{2/3} \times I^{1/2}}$$

S_m : section mouillée en (m^2) ;

Rh : rayon Hydraulique en (m) ;

$$\mathrm{Rh} = \frac{S_m}{P_m}$$

P_m : périmètre mouillé en (m) ;

I : pente moyenne de l'oued ;

K : coefficient de rugosité de Strickler.

Voici quelques ordres de grandeur du

Nature de parois	Valeur de K en $m^{1/3}/s$
Béton lisse	75-90
Canal en terre, non enherbé	60
Canal en terre, enherbé	50
Rivière de plaine, sans végétation arbustive	35-40
Rivière de plaine, large, végétation peu dense	30
Rivière à berges étroites très végétalisées	10-15
Lit majeur en prairie	20-30
Lit majeur en vigne ou taillis	10-15
Lit majeur urbanisé	10-15
Lit majeur en foret	<10

Tableau VIII-2: coefficient de strickler

Nous avons adopté la valeur :

- 30 pour les ponts
- 70 pour les dalots
- 80 pour les buses

De façon à contrôler les effets de l'érosion la vitesse maximale de l'écoulement devra être limitée à 4.5 m/s.

Pour la hauteur utile si la hauteur totale

- Pour Ht ≤ 2.5 m → hauteur utile = 80 % hauteur totale.
- Pour Ht > 2.5 m → hauteur utile = hauteur totale - 0.50 m.

VIII.4.2 Conception

On distingue généralement 5 familles d'ouvrages :

Les buses circulaires, les dalots, les buses arches, les ouvrages à voûte cintrée et les ouvrages d'art.

Dans la mesure du possible les produits industrialisés seront à rechercher plutôt que des ouvrages coulés en place plus coûteux. Les ouvrages en béton armé sous réserve de dispositions constructives soignées présentent d'excellentes garanties de solidité et de longévité.

VIII.4.3 Assainissement de la plateforme

Le but de l'assainissement de la plate-forme ces collecté et évacué les eaux superficielles dans un chemin bien définie dans la route.

Assainissement de la plate-forme regroupe trois objectifs :

- Sécurité des utilisateurs :en évacuant l'eau des chaussées et des talus ;
- Continuité de l'infrastructure (route) : en collectant les eaux et en les évacuant de la route ;
- Lutte contre la pollution routière (sans oublier la partie d'environnement).

Un réseau mal dimensionné donne directement des troubles de la surface de la route (débordements des ouvrages. faire des zones d'inondations. l'infiltration des eaux et fissuration de la route …) à ce point la durée de vie de la route et limité.

Le réseau d'assainissement peut être décomposé généralement en 5 grandes parties : Les réseaux de collecte longitudinaux les ouvrages transversaux les ouvrages de raccordement les ouvrages de contenance et de dépollution et les exutoires.

VIII.4.3.1 Réseaux de collecte longitudinaux

- Réseau de crête de talus de déblai

Le rôle du réseau de crête de talus de déblai est d'éviter l'érosion du talus et d'alimenter en écoulement le réseau de pied de talus.

- Réseau de pied de talus de déblai

Ce réseau a pour fonction de collecter les eaux issues du ruissellement du talus de déblai de la chaussée de la bande d'arrêt d'urgence et de la berme.

- Réseau du Terre-Plein Central (TPC)

Le réseau du TPC a pour fonction de collecter et d'évacuer les eaux issues du TPC et de la demi-chaussée déversée.

- Réseau de crête de talus de remblai

Cette partie du réseau longitudinal a pour fonction de canaliser l'eau issue du ruissellement de la chaussée pour éviter son déversement en rive sur le talus de remblai.

VIII.4.3.2 Ouvrages transversaux

On classe sous cette famille les ouvrages assurant un transfert des écoulements d'un réseau longitudinal vers un autre. Classiquement cette famille d'ouvrages intègre les ouvrages superficiels comme les descentes d'eau tuilées et les traversées sous-chaussée (collecteurs enterrés).

VIII.4.3.3 Ouvrage de raccordement

Le but de cet ouvrage et raccordée les liaisons transversales (fossé. drain et collecteur…) avec le réseau longitudinal pour un bon fonctionnement du système d'assainissement de la route.

Ces ouvrages sont préfabriqués et plus rarement coulés en place question de temps. Il s'agit des :

- Regards de visite : nécessaires pour l'entretien et le contrôle des collecteurs enterrés ;
- Regards avaloirs : nécessaires pour raccordée entre les fossés (eaux de ruissellement) et le collecteur.
- Têtes de buse : nécessaires pour collecter des eaux et le maintien des terres ; divers raccordements (bourrelets /descentes. Descentes/fossés. ...).

VIII.4.3.4 Ouvrages de contenance et de dépollution

En distinguer les bassins de régulation (décantation) qui ont un but de stocker et retarder les débits avant rejeter vers l'exutoire et aussi décantation (traitement) contre la pollution de la plate-forme routière.

VIII.4.3.5 Exécutoire

Les exutoires pouvant recevoir les rejets en termes de quantité et qualité sont à identifier en amont de la conception du réseau généralement ces les oueds ou Bassins de décantation pour la protection des terrains récepteurs.

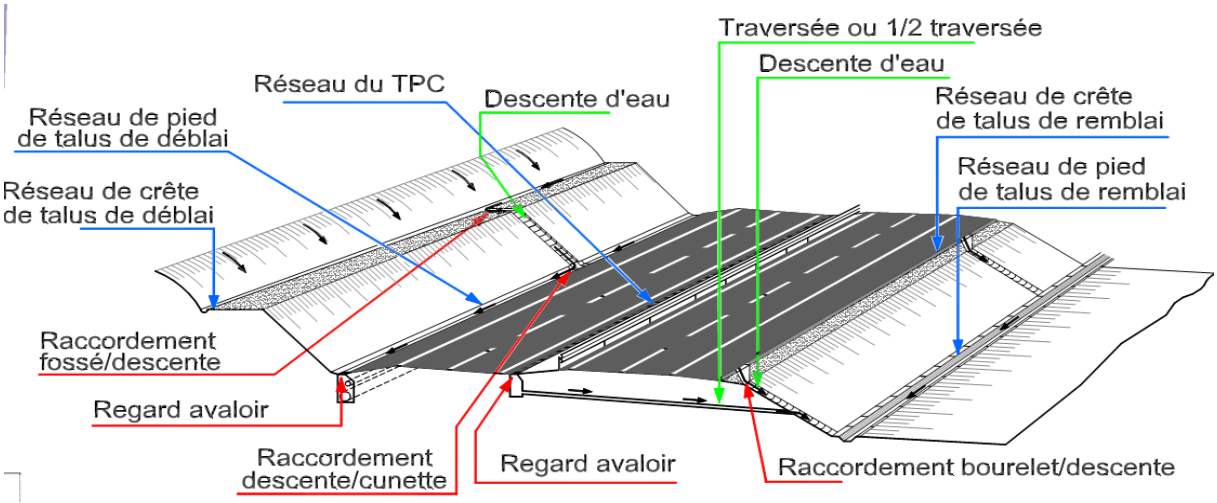


Figure VIII-1: situation des réseaux sur le profil en travers d'une route a 2 x 2

VIII.5 Application de projet

BV17 :

- **Coefficient De Ruissellement :**

P=0.0605 entre 0.035 et 0.11 donc : C1=0.08

La nature du sol (perméabilité) : Perméable C2=0.1

La couverture végétale du bassin versant : foret et territoire sable : C3=0.05

- C=C1+C2+C3=0.23
- **Temps De Concentration :**

1- La formule de VENTURA lorsque A < 5 km² :

$$\mathrm{Tc} = 0.127 \times \sqrt{\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{I}}}$$

- $\mathrm{Tc} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.087}{0.0605}}$
-
- $\mathrm{Tc} = 0.152\mathrm{h}$
- Intensité de pluie

$$\frac{\mathrm{P}\ (\mathrm{t})}{\mathrm{Pj\ max}} = \mathrm{a}\ .\ \mathrm{t}^{\mathrm{b}}$$

$$I(t; 50) = \frac{29.20}{0.152^{0.6}}$$

$\boldsymbol{I(t; 50)}$**=90.422** $\boldsymbol{mm/h}$

- **Débits d'apports :**

Qa=K.C.I.A

Qa=0.278×0.230× 90.422× 0.087

Qa=0.50 (m3 /s)

- **Résultats de calcul des débits de notre projet :**

N° du Bassin versant	PK	Surface du B.V (Km^2)	Longueur du thalweg (Km)	H max (m)	H min (m)	Pente moyenne (mm/mm)	Coeff Ruissellement Cr	Temps de concentration (Heures)
15	21+507.24	1.007	0.795	723.000	707.26	0.035	0.20	1.181
16	22+725	2.397	1.674	800.000	719.87	0.035	0.25	0.836
17	24+788.32	0.087	0.550	720.00	687.74	0.0605	0.23	0.152
18	24+935.57	0.550	0.900	800	685.94	0.1267	0.27	0.265
19	25+257.92	0.380	0.830	828	685.25	0.1720	0.27	0.189
20	25+498.35	0.240	0.750	820	695.27	0.1663	0.27	0.153
21	25+692.18	0.100	0.270	790	695.27	0.3509	0.37	0.068
22	25+909.61	0.040	0.180	770	700.61	0.3855	0.37	0.041
23	26+124.32	0.760	1.360	828	693.50	0.0989	0.37	0.352
24	26+321.37	0.040	0.190	796	705.99	0.4737	0.41	0.037
25	26+544.00	0.090	0.240	796	708.24	0.3657	0.37	0.063
26	26+828.20	0.070	0.220	778	704.23	0.3353	0.37	0.058
27	27+045.31	2.900	2.590	850	689.52	0.0620	0.23	0.869
28	27+493.55	0.170	0.550	849	710.94	0.2510	0.31	0.105
29	27+643.65	0.029	0.210	800	706.62	0.4447	0.37	0.032
30	27+682.3	0.026	0.160	770	707.00	0.3938	0.37	0.033
31	27+860.58	0.130	0.560	849	700.65	0.2649	0.31	0.089
32	28+278.28	3.180	3.120	914	685.92	0.0731	0.23	0.838
33	28+559.63	0.095	0.360	770	691.78	0.2173	0.31	0.084
34	28+775.39	0.340	0.980	896	692.98	0.2072	0.31	0.163
35	29+050.44	0.083	0.490	852	688.77	0.3331	0.35	0.063
36	29+292.34	0.300	1.360	920	688.01	0.1706	0.31	0.168
37	29+719.22	0.970	1.800	920	684.81	0.1307	0.27	0.346

Tableau VIII-3:CARACTERISTIQUE MORPHOLOGIQUE ET HYDROGRAPHIQUE DES BASSINS VERSANT

Estimation des débits de saturation Qs :

Le calcul du débit est déterminé par la formule de Manning Strickler.

$$\mathbf{Qs = K \times Sm \times Rh^{2/3} \times I^{1/2}}$$

Le cas d'un dalot :

- La surface mouillée : Sm = 0.8H×B
- Le périmètre mouillé : Pm =1.6×H+B
- Le rayon hydraulique Rh = Sm/Pm

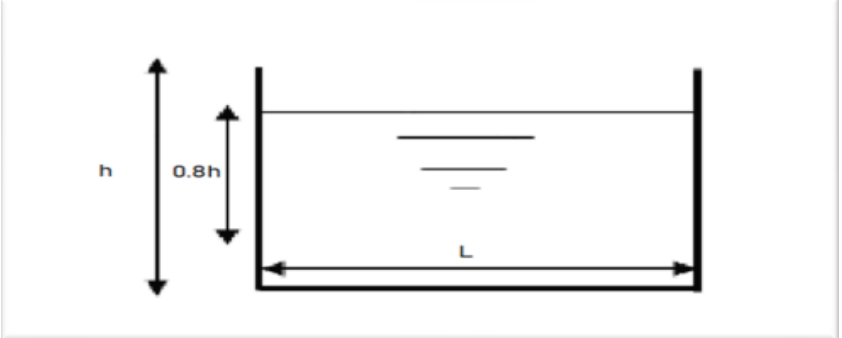


Figure. Caractéristiques d'un dalot

D'où :

$$\mathbf{H = \frac{1}{0{,}8*b} * \left(\frac{Q_a}{Ks\sqrt{I}}\right)^{\frac{3}{5}} * (1{,}6H + b)^{2/5}}$$

Donc :

$$\boldsymbol{H = \frac{1}{0{,}8 * b} * \left(\frac{Q_a}{Ks\sqrt{I}}\right)^{\frac{3}{5}} * (1{,}6H + b)^{2/5}}$$

On prend b= 1.5m et on tire la hauteur h par itération qui vérifie cette inégalité. On trouve : un dalot de 1.5m de hauteur et 1.5m de largeur (1.5×1.5).

On prend H=1.5 alors le dalot est de dimension **1.5*1.5**

Vérification De La Vitesse :

$$v = \frac{Q}{s_m}$$

$v = \frac{0.5}{0.8\times1.5\times1}$=0.27 $m/s < 4m/s$ (Vérifié).

Vérification de la hauteur critique :

$$hc = \sqrt[3]{\frac{Q^3}{g \times b^2}}$$

$hc = \sqrt[3]{\frac{0.5^3}{9.81 \times 1.5^2}}$=0.17 m < 2m (Vérifié)

N° du Bassin versant	PK	Surface du B.V (Km^2)	Intensité de précipitation (mm/h)	Débit de crue (m^3/s)	T (Ans)	Type d'ouvrage	Dimension
15	21+507.24	1.007	26.421	1.478	T50	Dalot	(1.5x1.5)
16	22+725	2.397	32.503	5.410	T50	Dalot	(1.5x1.5)
17	24+788.32	0.087	90.3	0.5	T50	Dalot	1,5x1,5
18	24+935.57	0.550	64.8	2.7	T50	Dalot	1,5x1,5
19	25+257.92	0.380	79.4	2.3	T50	Dalot	1,5x1,5
20	25+498.35	0.240	90.2	1.6	T50	Dalot	1,5x1,5
21	25+692.18	0.100	146.8	1.5	T50	Dalot	1,5x1,5
22	25+909.61	0.040	198.7	0.8	T50	Dalot	1,5x1,5
23	26+124.32	0.760	54.6	4.3	T50	Dalot	2,0x2,0
24	26+321.37	0.040	211.4	1.0	T50	Dalot	1,5x1,5
25	26+544.00	0.090	153.4	1.4	T50	Dalot	1,5x1,5
26	26+828.20	0.070	161.1	1.2	T50	Dalot	1,5x1,5
27	27+045.31	2.900	31.8	5.9	T50	Dalot	2,0x2,0
28	27+493.55	0.170	113.2	1.7	T50	Dalot	1,5x1,5
29	27+643.65	0.029	228.5	0.7	T50	Dalot	1,5x1,5
30	27+682.3	0.026	227.6	0.6	T50	Dalot	1,5x1,5
31	27+860.58	0.130	124.7	1.4	T50	Dalot	1,5x1,5
32	28+278.28	3.180	32.5	6.6	T50	Dalot	2,0x2,0
33	28+559.63	0.095	129.1	1.1	T50	Dalot	1,5x1,5
34	28+775.39	0.340	86.8	2.5	T50	Dalot	1,5x1,5
35	29+050.44	0.083	152.8	1.2	T50	Dalot	1,5x1,5
36	29+292.34	0.300	85.0	2.2	T50	Dalot	1,5x1,5
37	29+719.22	0.970	55.2	4.0	T50	Dalot	2,0x2,0

Tableau VIII-4: DEBIT D'APPORT ET DEBIT CAPABLE DES OUVRAGES HYDRAULIQUES DES BASSINS VERSANTE DE L'AXE PRINCIPALE

CHAPITRE IX : ECHANGEUR

IX.1 Introduction

Un échangeur routier est une infrastructure permettant de relier deux ou plusieurs routes à des niveaux différents, sans croisement direct. Il joue un rôle fondamental dans l'amélioration de la fluidité du trafic en éliminant les conflits entre les flux de circulation. Conçu pour renforcer la sécurité et réduire les temps de trajet, l'échangeur constitue une solution essentielle dans l'aménagement des réseaux routiers à forte circulation.

IX.2 Avantage et inconvénient

Comme tout type d'ouvrage, l'échangeur a des avantages et des inconvénients.

IX.2.1 Avantages

- Faciliter aux usagers un déplacement dans des bonnes condition de confort et de sécurité.
- Eviter des points de conflits qui peuvent causer de graves accidents.
- Eviter des points d'arrêt qui provoquent des pertes de temps considérables.
- Eviter des contraintes d'arrêt et de reprise.
- Assurer la continuité du réseau autoroutier.

IX.2.2 Inconvénients

- Investissement financier volumineux.
- Grande surface d'utilisation.
- Non prise en charge, en général, des traversées des piétons.
- Entretiens couteux.
- Éclairage indispensable ce qui implique en plus un cout d'exploitation.

IX.3 Rôle des échangeurs

L'échangeur a pour rôle d'assurer la continuité des réseaux autoroutiers et de desservir plusieurs directions en même temps en distribuant les flux dans les différentes directions selon l'ordre d'importance et dans des bonnes conditions de confort et de sécurité tout en évitant les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents, et les points d'arrêt qui provoquent des pertes de temps. Malgré tout ce rôle et avantages pour l'échangeur il a toujours quelque inconvénient qui s'influence beaucoup plus sur l'environnement (faune et flore) à cause de sa nécessité pour une grande surface pour son exécution et aussi l'exécution très couteuse parce qu'on prend toujours en compte sa partie esthétique

IX.4 Types des échangeurs

Le type d'échangeur à adopter est en fonction de :

- La catégorie et les classes des routes en croisement
- L'importance des différents courants tournants avec leurs volumes (débit) respectif
- Les contraintes topographiques et environnementales

On distingue deux classes d'échangeurs :

- Echangeur majeur : raccordement autoroute - autoroute.

– Echangeur mineur : raccordement autoroute - route.

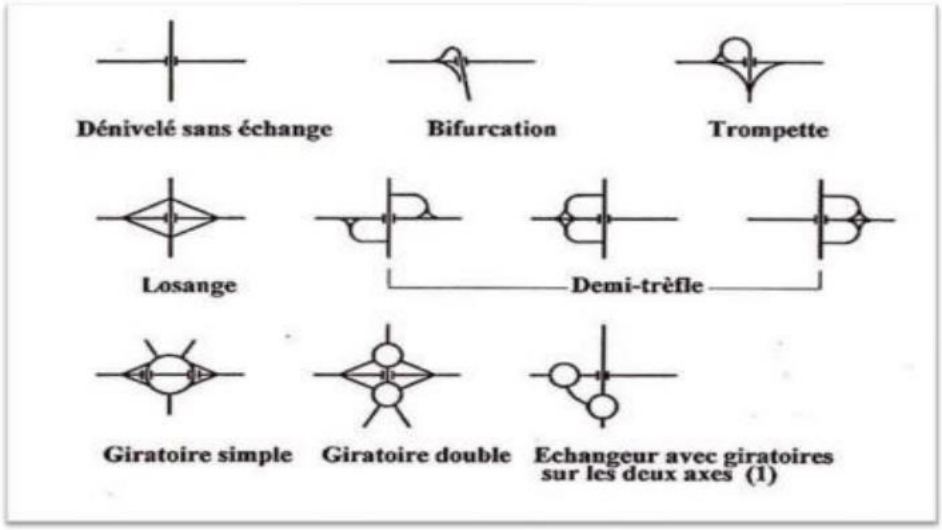


Figure IX-1: différent type échangeur

IX.4.1 Echangeur majeur

L'échangeur majeur est un moyen de raccordement au niveau d'un croisement de deux

(02) autoroutes sans qu'il y ait cisaillement dans ce point, voici quelques types :

IX.4.1.1 Echangeur en trèfle complet :

C'est l'un des tout premiers types d'échangeurs, apparu dans les années 1930 aux États

Unis. C'est un échangeur massif, demandant une très grande emprise, et qui est généralement justifié par un trafic important. Le modèle ci-contre comprend également des collectrices latérales, destinées à éviter les croisements de flux de circulation.



Figure IX-2: Echangeur en trèfle complet

IX.4.1.2 Echangeur en turbine

Ce type d'échangeur occupe la même superficie qu'un échangeur en trèfle mais en corrige l'un des inconvénients : les bretelles en boucles du trèfle ont un rayon assez serré pour éviter de trop s'étendre, induisant l'obligation de réduire fortement sa vitesse (parfois jusqu'à 30 km/h), donc une capacité limitée et un risque accru de sortie de route, alors que la turbine met en œuvre des courbes à plus grand rayon.

IX.4.1.3 Echangeur a niveau

Ce sont des échangeurs à plusieurs niveaux (4 ou 5 niveaux) et sont les types les plus massifs existants. Ils sont destinés à des circulations très importantes et atteignent des hauteurs supérieures à 25 mètres.

IX.4.1.4 Bifurcation Y

Pour le raccordement à trois branches on utilise le type « Y » tel que la branche qui présente le plus faible doit se détaché par la droite de tronc principal en rejoignant par le droit le même tronc principal.

Ce type a une structure asymétrique qui offre une excellente connexion avec les caractéristiques des autoroutes continues.

N.B :

Pour le raccordement plus que quatre branches on a recours soit :

− Au giratoire qui comporte ou moins un ouvrage d'art.

− Au directionnel qui comporte beaucoup d'ouvrage d'art



Figure IX-3:échangeur bifurcation Y

IX.4.2 Echangeur mineur

Il est utilisé pour les raccordements d'une autoroute « route principale » et une route ordinaire « route secondaire », les schémas concernés par le raccordement, voici quelques types:

IX.4.2.1 Losange

Il est composé de quatre (04) diagonale unidirectionnelle est un carrefour à niveau sur la route secondaire, les quatre (04) diagonales sont symétriques entre elles par rapport à l'axe de l'autoroute et il est adapté principalement pour une distribution symétrique des trafics d'échange.

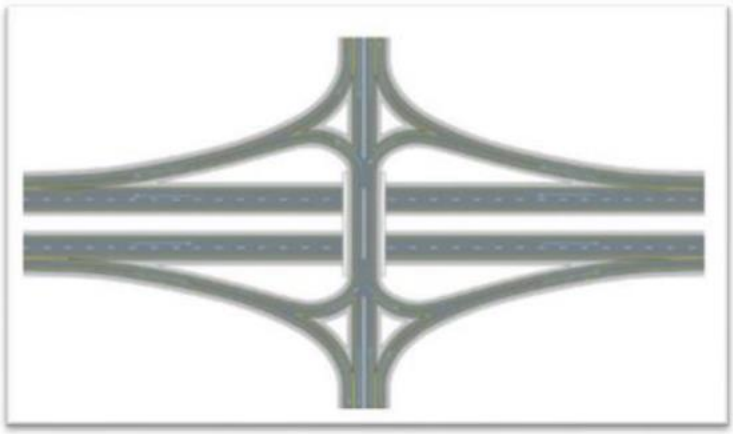


Figure IX-4: losange

IX.4.2.2 Demi-trèfle

Comporte deux (02) boucles et deux (02) diagonales et un (01) carrefour à niveau sur la route secondaire, il est envisagé de préférence au schéma de type losange dans le cas en particulier d'une distribution nettement dissymétrique des trafics d'échange dans la mesure de possible utilisation des boucles en voies d'entrée ce qui améliore les conditions de visibilité et de sécurité. Généralement on a deux (02) types de demi-trèfle :

- Demi-trèfle symétrique.
- Demi trèfle asymétrique « quadrant opposé ».

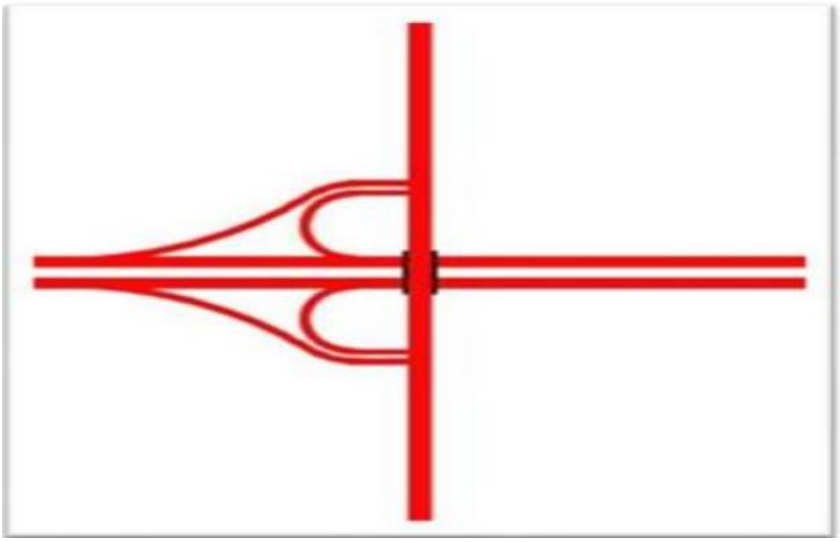


Figure IX-5: demi-trèfle

IX.4.2.3 Trompette

Utilisé dans le cas de raccordement entre trois branches il comporte :

- Alignement droit commun à toutes les bretelles.
- Une diagonale de sortie.

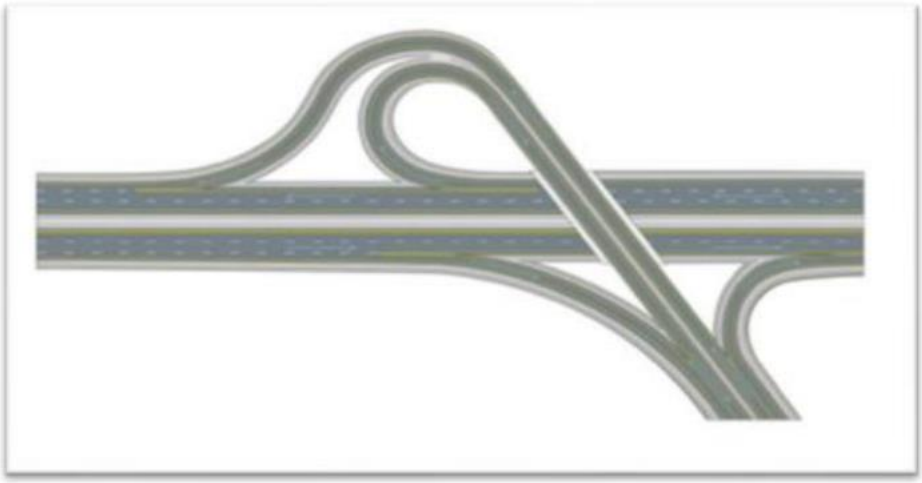


Figure IX-6 : échangeur trompette

IX.5 Constituants des échangeurs

Les échangeurs sont constitués des éléments suivants :

- Pont.
- Carrefour (s) plans (s).
- Bretelles.

IX.5.1 Pont

Le fait qu'on parle d'échangeur « qui n'est rien d'autre qu'un carrefour dénivelé implique impérativement une dénivellation de courant qui est assurée par le passage supérieur, ce passage supérieur est un ouvrage d'art désigne pont.

Le nombre d'ouvrage d'art « pont » dans un échangeur est en étroite relation avec :

− Le type d'échangeur choisi.

− La condition de coordination profil en long-tracé en plan.

− Les contraintes du terrain d'implantation.

− Les instructions et réglementation de conception.

IX.5.2 Carrefour plan

On trouve les carrefours plans seulement sur les raccordements autoroute-route ordinaire, leur aménagement doit tenir compte des facteurs sécurité commodité et débite un compromis entre ces conditions doit être recherche

IX.5.3 Brettelle

Ce sont des voies qui se détachent et se raccordent de/et vers l'autoroute « route ordinaire » du côté droite de la chaussée considérée, terminer à une de ses extrémités par une voie de décélération et à l'autre par des voies d'accélération, comportant une section de manœuvre et une section de décélération proprement dite, dont les caractéristiques découlent principalement de la vitesse d'insertion des véhicules sur l'autoroute ou de départ de celle-ci.

IX.5.3.1 Type de bretelles

Il y a trois types de brettelles, leurs combinaisons nous donnes plusieurs types d'échangeurs :

- Bretelles diagonales
- Bretelles anse
- Bretelles en boucle

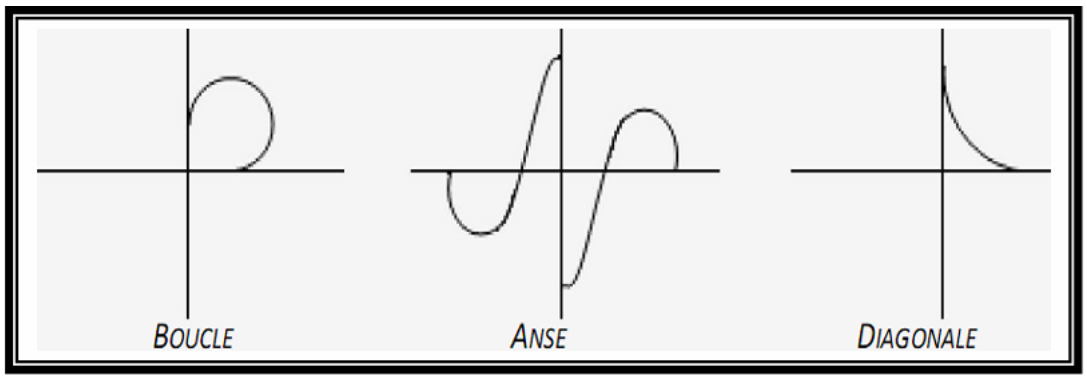


Figure IX-7 : type de bretelle

IX.6 Conditions d'implantation d'un échangeur

L'implantation d'un échangeur doit permettre de respecter les conditions suivantes :

- Eviter les sites en courbe de faibles rayons.
- Eviter les sites en point haut profil en long.
- Eviter de passage au voisinage ou sur des habitations et édifices publics.
- Eviter les sections à fortes déclivités.
- Les terrassements importants.
- Passage au terrain agricole.

IX.7 Règle de conception

Le principal objectif d'un échangeur est de servir aux intérêts des usagers, donc dans la conception on tient compte des paramètres tels que :

- La sécurité
- L'utilisation du sol
- La vitesse de base
- Le débit de la composition de trafic
- L'environnement
- L'aspect économique

IX.8 Choix de type de l'échangeur

La connaissance des différents types d'échangeurs existants, de leurs propriétés «

Avantages, inconvénient… » et la limite de leur utilisation, permettent de choisir la configuration la plus adoptée ou cas qui présente.

Donc le choix du type de l'échangeur devient automatique après la détermination de certains paramètres bien spécifiques au site d'implantation et aux objectifs à atteindre.

Pour ce but on suit les étapes suivantes :

- **1ére Etape**

Détermination du tracé à partir de :

− Type de route et nombre de branches à raccorder.

− Présentation du site d'implantation.

− Distribution du trafic avec les différents sens de parcours.

- **2éme Etape**

Configuration du tracé à adopter :

L'échangeur a adopté doit aussi assurer un haut niveau de sécurité et de service, et ceci est garant en respectant les normes de l'art de la conception qui se résume da le suivant :

− Tracé respectant les valeurs limitées de conception « valeur de rayon, d'alignements ».

− Longueurs des voies « insertion, décélération » réglementaires.

- **3émé Etape**

Analyse :

C'est cette dernière étape qui valide le choix sous la base que le futur échangeur doit assurer les meilleures conditions de visibilités, de confort et de sécurité.

IX.9 Application à notre projet :

IX.9.1 Choix du type de l'échangeur

Pour notre projet l'échangeur va relier la pénétrante autoroutière (2×3 voies) avec RN 17C donc l'échangeur sera de type trèfle

IX.9.2 Justification du choix de ce type d'échangeur

L'échangeur qu'on va réaliser doit raccordée la RN17C et la pénétrante, avec une géométrie de type trèfle, c'est un échangeur massif, demandant une très grande emprise et justifié par un trafic important équilibré.

Vitesse sur les bretelles

- La vitesse sur l'autoroute est de 130km/h.

● La vitesse sur la RN17C est de 80 km/h.

● La vitesse sur l'échangeur est 40 à 60 Km/h.

On va prendre la vitesse sur les bretelles **VB=40 Km/h.**

IX.9.3 Caractéristiques géométriques des bretelles

Pour les diffuseurs, généralement, les bretelles sont à 1 voie (d'après l'ICTAAL).

IX.9.3.1 Tracé en plan des bretelles

- **Valeurs limites des rayons**

Rayon	symbol	Voie de sortie	Voie de boucle
Rayon minimale(m) a 7%	Rm	40	40
Rayon minimale non déversé(m)	Rnd	300	/
Rayon maximale dans la boucle (m)	Rmax	/	60
Dévers entre Rnd et Rm	d	d=(675/R) +0.25	/

Tableau IX-1: valeurs limites des rayons du tracé en plan

- **Enchainement des éléments du tracé en plan**
  - Une boucle comporte un arc circulaire unique encadré par des arcs de clothoïdes.
  - Deux courbes successives de sens contraire doivent satisfaire à la condition :

$R1 \leq 2R2$, où R1 et R2 notent les rayons de la première et de la seconde courbe

Rencontré dans le sens de circulation $R1>1.5Rnd$ et si $R1 >R2$.

  - Deux courbes successives de même sens doivent être séparées par un alignement droit de longueur correspondant à 3s à la vitesse autorisée hors clothoïdes.
- **Raccordement progressif**

Une courbe circulaire est encadrée par deux arcs de clothoïde de longueur égale à la plus grande des deux valeurs : $6R0.4$ et $7|\Delta\delta|$; où R note le rayon de courbure (en m), et $\Delta\delta$ la différence des pentes transversales (en %) des éléments du tracé raccordés.

Il s'agit de longueurs minimales, mais il n'est pas recommandé de recourir à des valeurs supérieures qui peuvent rendre l'appréciation de la courbure finale plus difficile pour l'usager.

IX.9.3.2 Profil en long des bretelles

Le tableau suivant représente les valeurs limites des paramètres du profil en long.

Declivité maximale	6 %
Rayon minimale en angle saillant	1500m
Rayon minimale en angle rentrant	800m

Tableau IX-2: les valeurs limites des paramètres du profil en long

IX.9.3.3 Profil en travers des bretelles

- **Largeur des éléments du profil en travers**

BDG	BDD	Chaussé	Berme
0.5	1	3.5	0.5

Tableau IX-3: profil en travers des bretelles

IX.9.4 Raccordement avec l'autoroute

Le raccordement d'une bretelle et de l'autoroute est réalisé en entrée par une voie d'insertion, et en sortie par une voie de décélération.

Le dispositif d'entrée comprend successivement :

● Une section d'accélération dont l'obliquité avec l'axe de l'autoroute est comprise entre 3 et 5 %. Sa longueur qui dépend du rayon de la dernière courbe de la bretelle doit permettre d'atteindre au point E = 1.00 m.

● Une section de manœuvre adjacente à la chaussée, de longueur de 200 m.

● Un biseau long de 75 m.

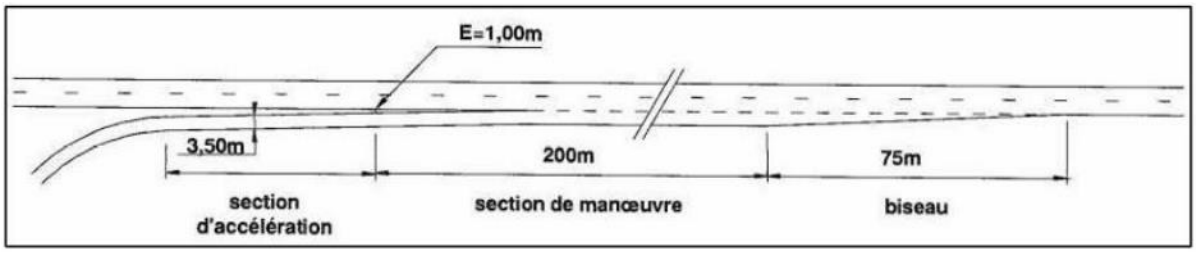


Figure IX-8: dispositif d'entrée sur l'autoroute

Le dispositif de sortie comporte successivement :

• Une section de manœuvre qui est un biseau contigu à l'autoroute, longue de 150 m jusqu'à l'endroit où le musoir de divergence atteint une largeur de 1m.

• Une section de décélération

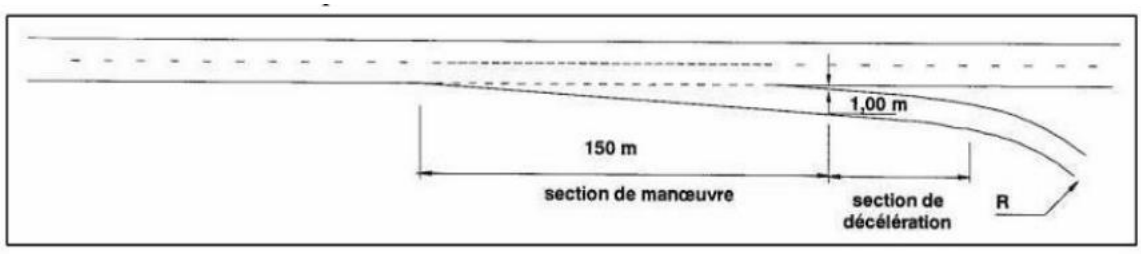


Figure IX-9: dispositif de sortie de l'autoroute

Après l'analyse qui est faite sur le choix de l'échangeur qui raccordera notre autoroute avec la RN17C, on a conclu qu'il sera constitué de quatre (04) branches et comme le trafic de ces derniers est très important on a trouvé que l'échangeur le plus avantageux est celui de type trèfle complet.

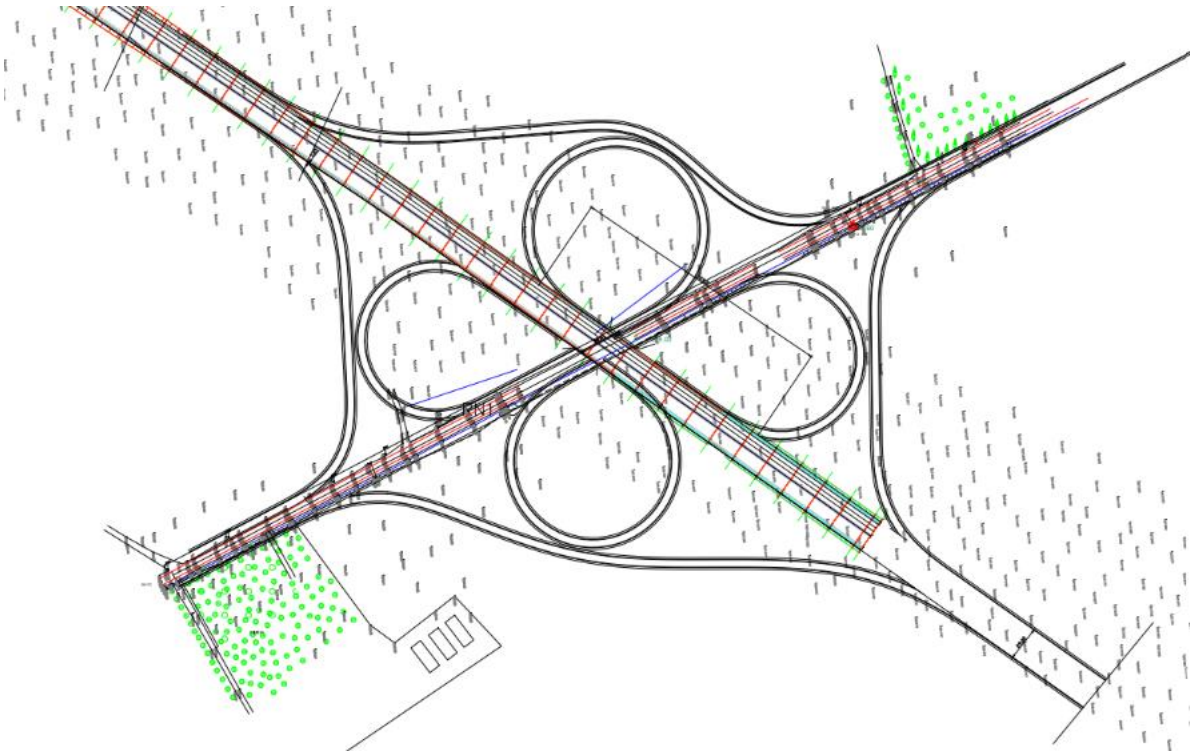


Figure IX-10: Schéma type de l'échangeur.

Chapitre X : cubature

X.1 Introduction

L'analyse des volumes de déblais et de remblais constitue une étape essentielle dans l'estimation et la planification des travaux de terrassement. En se basant sur la topographie du terrain, la cubature permet d'évaluer les mouvements de terre nécessaires pour adapter le projet routier aux contraintes altimétriques et géométriques du site. Elle consiste à déterminer avec précision les quantités de matériaux à excaver ou à remblayer, en s'appuyant sur les profils en long et en travers.

Cette démarche favorise une gestion optimale des matériaux, limite les surcoûts liés au transport et assure une organisation efficace du chantier. Les calculs de cubature sont réalisés selon des méthodes éprouvées, qu'elles soient manuelles ou assistées par des logiciels spécialisés.

X.2 Cubature de terrassement

Les cubatures de terrassement, c 'est l'évolution des cubes de déblais et remblais que comporte le projet afin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne projet.

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

- Les profils en long.
- Les profils en travers.
- Les distances entre les profils.

X.3 Méthode de calcule

On peut citer :

- Méthode de la moyenne des aires (méthode par excès.)
- Méthode de l'air moyenne : (méthode par défaut.)
- Méthode de la longueur applicable.
- Méthode approchée.

X.4 Description de la méthode

Le principe de la méthode de la moyenne des aires est de calculer le volume compris entre deux profils successifs par la formule suivante :

$$\boldsymbol{V = \frac{Hm}{6} \times (S1 + S2 + 4S)}$$

- Hm : Distance moyenne entre deux profils.
- S1, S2 : les surfaces verticales des profiles en travers P1et P2.
- S : surface limitée à mi-distances des profils.

La figure ci-dessous représente les sections de profil d'un tracé donné :

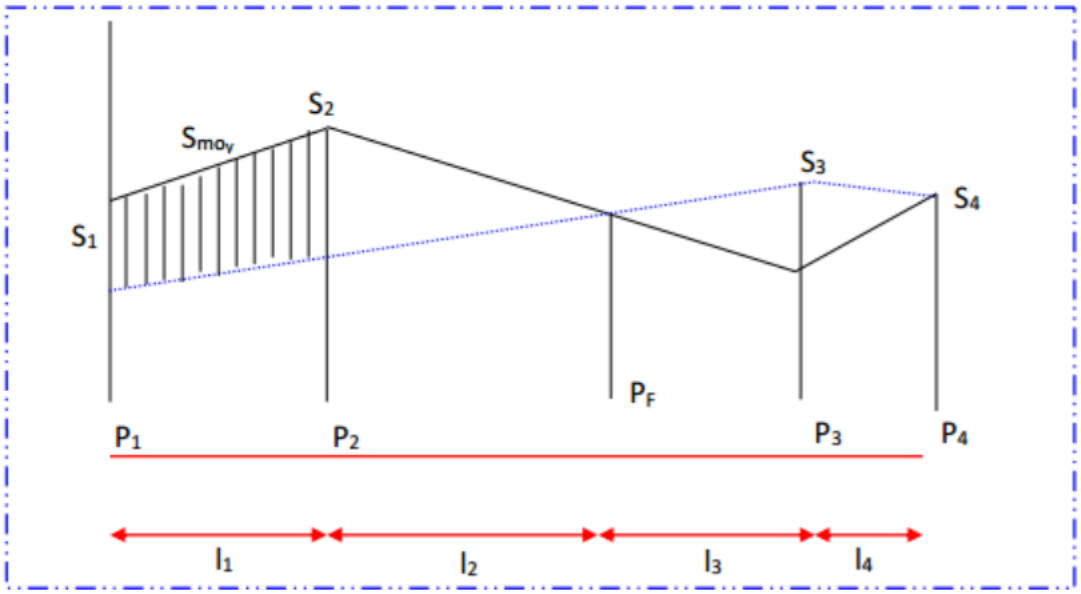


Figure X-1: les positions des sections dans un profil en long donné

Le volume compris entre deux profils en travers Pi et Pi+1 de section Si, Si+1 égale à :

$Vi = \frac{Li}{6} \times (Si + Si+1 + 4Sm)$

Pour un calcul plus simple, on considère que : Sm=Si+Si+1/2

Donc :

- Entre P1 et P2 : V1= L1× (S1+S2/2)
- Entre P2 et PF : V2= L2× (S2+0/2)
- Entre PF et P3 : V3= L3× (0+S3/2)
- Entre P3 et P4 : V4= L4× (S3+S4/2)

Le volume total : V=V1+V2+V3+ V4

V = (L1/2) × S1+ ((L1+ L2)/2) × S2+ ((L3+ L4)/2) × S3+ (L4/2) × S4

X.5 Calcul des cubatures de terrassement

Pour ce projet, le calcul des cubatures a été effectué à l'aide du logiciel « COVADIS » qui nous donne :

Terrassement	Volume ($m3$)
Ramblais	**1653095.3**
Déblais	**345347.0**

Tableau X-1 : Volume de terrassement

X.6 Calcul des volumes du corps de chaussée

Matériaux	Volume ($m3$)
BB	**12296.6**
GB	**41954.3**
GB	**50580.1**
TVC	**81066.3**

Tableau X-2: Volume des matériaux du corps de chaussée

Les résultats du calcul des cubatures sont joints **en annexe**

CHAPITRE XI : signalisation routière

XI.1 Introduction

La signalisation routière constitue un élément fondamental de l'organisation de la circulation. Elle regroupe l'ensemble des dispositifs visuels, implantés le long ou sur les voies, destinés à transmettre aux usagers des indications nécessaires à une conduite sûre et efficace. Son objectif principal est d'assurer la fluidité du trafic, de prévenir les conflits entre usagers et de réduire les risques d'accidents. En structurant les comportements et en imposant des règles claires, la signalisation contribue directement à la sécurité routière.

XI.2 But de la signalisation

- Faciliter la circulation.
- Rappeler certaines prescriptions du code de la route.
- Rendre plus sûre la circulation.
- Donner des informations relatives à l'usager de la route.

XI.3 Règle a respecté pour la signalisation

- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale ;
- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- Eviter la publicité irrégulière.

Type de signalisation

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation horizontale.
- Signalisation verticale.

XI.3.1 Signalisation horizontale

La signalisation horizontale a pour but d'indiquer les parties de la chaussée réservées aux différents sens de la circulation ou à certaines catégories d'usages. Le rôle essentiel de ce type de signalisation est de délimiter les voies de circulation afin d'augmenter la sécurité routière, et de complémenter la signalisation verticale.

Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur la chaussée définitive et le jaune pour les marquages provisoires et pour la Bande d'arrêt d'urgence BAU

Elle se divise en deux types qui sont : lignes longitudinales, lignes transversales.

XI.3.1.1 Marquage longitudinale

Les marques longitudinales peuvent être :

- Ligne continue :
- Lignes discontinue

- **Ligne continue**

Interdisant le franchissement ou le chevauchement (en particulier en raison de la mauvaise visibilité) ; éventuellement complétée par des flèches de rabattement et il sont de largeur variable.

- **Ligne discontinue**

Les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir ; elles se différent par leur module, qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle.

XI.3.1.2 Marquage transversale

Ils indiquent, en général, des recommandations obligatoires ou des précautions, telles que les lignes de stop ou de passage pour piétons.

- **Lignes transversales continue :** Éventuellement tracées à la limite où les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.
- **Lignes transversales discontinue :** Éventuellement tracées à la limite où les conducteurs devraient céder le passage aux intersections.

XI.3.1.3 Autre marquage

- Flèches de rabattement : une flèche un peu incurvée signalant aux usagers la direction ou la voie qu'ils doivent emprunter
- Flèches de sélection unidirectionnelle.
- Flèches de sélection bidirectionnelle.



Flèche de rabattement **Flèches de sélection**

Figure XI-1: Fleche de signalisation

XI.3.2 Signalisation verticale

La signalisation verticale est divisée en deux grandes catégories :

- Signalisation de danger, de prescription et d'indication.



Figure XI-2: signalisation de danger type

- Signalisation de direction

XI.3.2.1 Signalisation de danger, de prescription et d'indication.

La signalisation de danger, de prescription et d'indication est utilisée pour indiquer un danger à venir (150 m en avant de l'obstacle à Signaler), et demandent à ralentir, ils sont placés à droite chaussée. Comme ils peuvent être répétés à gauche.



Figure XI-3: signalisation de danger type A



Figure XI-4: Signaux de prescription

XI.3.3 Signalisation de direction

L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche

XI.4 Caractéristiques générales des marquages :

XI.4.1 Signalisation horizontale :

- Le marquage horizontal est réalisé sur la chaussée à l'aide de peinture.
- La couleur blanche est utilisée pour les marquages définitifs, tandis que le jaune est réservé aux marquages provisoires.
- La largeur U des lignes varie selon la catégorie de la route et ils sont définies par rapport à une unité U :

– U = 7,5 cm sur les autoroutes et voies rapides
– U = 6 cm sur les routes et voies urbaines
– U = 5 cm pour les autres routes

À noter : dans notre cas(autoroute), la largeur des lignes est définie comme suit : 7,5 cm pour les voies principales et 5 cm pour les bretelles et les voies d'accès.

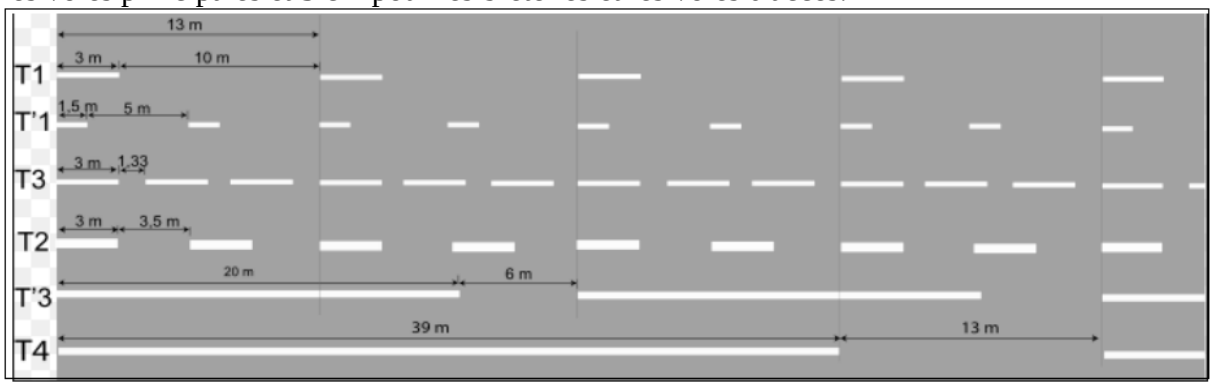


Figure XI-5: Les lignes longitudinales

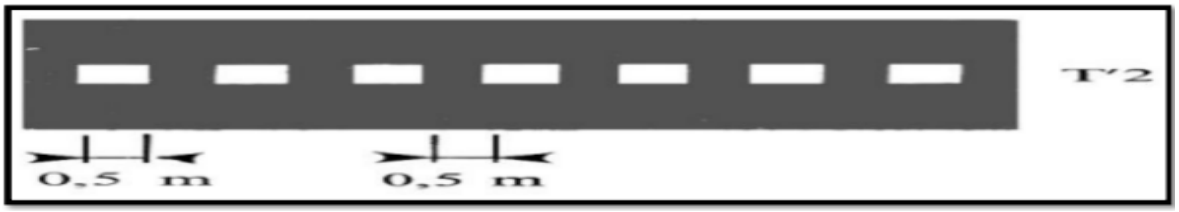


Figure XI-6: Les lignes transversale

- **Voies d'accélération**

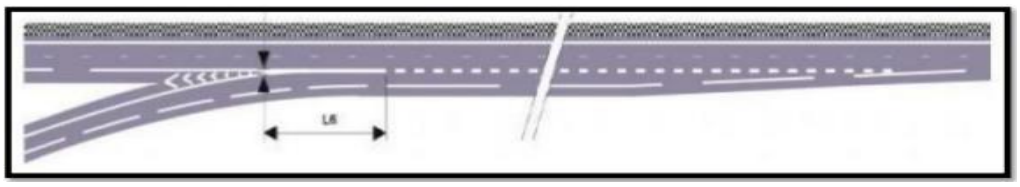


Figure XI-7: Dispositif d'entrée

- **Voies de décélération**

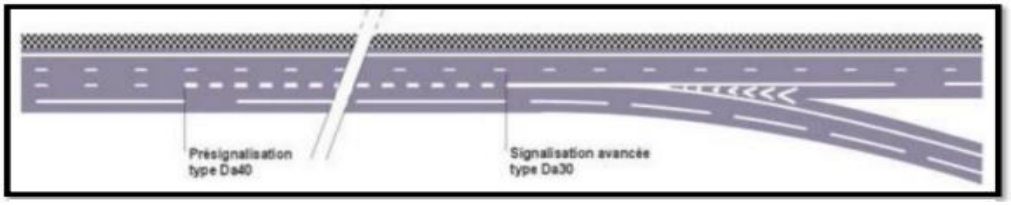


Figure XI-8: Les lignes de délimitation de voies dans le tracé avec affectation de voies

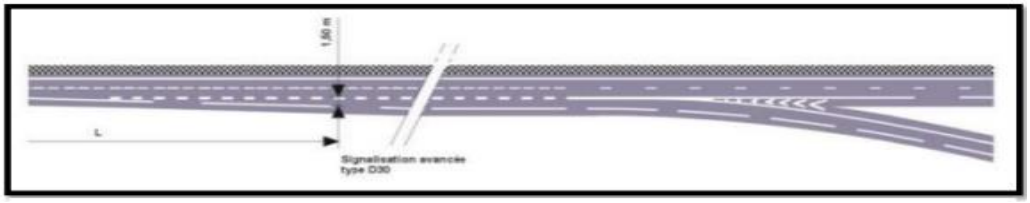


Figure XI-9: Les lignes de délimitation de voies dans le tracé sans affectation de voies

- **Flèches de sélection**

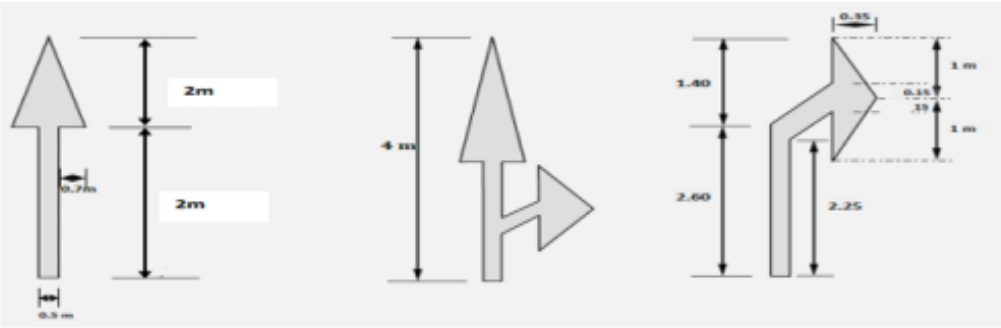


Figure XI-10: Flèches de sélection.

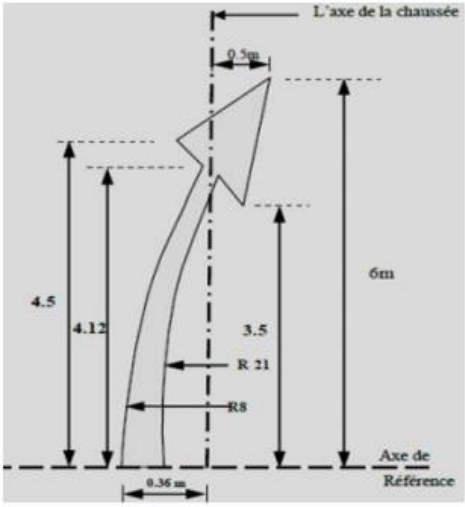


Figure XI-11: Flèche de rabattement

XI.4.2 Signalisation verticale

Les différents types de panneaux utilisés pour notre étude sont les suivants :

– Signalisation d'interdiction ou de restriction



Figure XI-12: Signalisation d'interdiction ou de restriction

- Signalisation de direction :



Figure XI-13: Signalisation de direction

- Autres signalisations
- Signalisation de danger



Figure XI-14: Signalisation de danger

- Autre signalisation

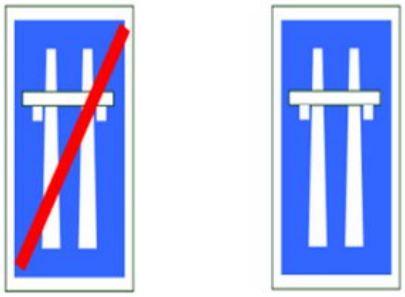


Figure XI-15: Sortie / Entrée d'autoroute



Figure XI-16: Balise de virages

Chapitre XII : OUVRAGE D'ART

XII.1 . INTRODUCTION :

Les ouvrages d'art jouent un rôle essentiel dans les projets d'infrastructures routières, car ils permettent de franchir des obstacles naturels (comme les rivières ou les vallées) ou artificiels (tels que les voies ferrées ou les routes), et de s'adapter aux contraintes géométriques du terrain. Ils assurent la continuité du tracé tout en garantissant la fluidité et la sécurité de la circulation.

XII.2 . CONCEPTION DES OUVRAGES D'ARTS :

La conception des ouvrages d'art a pour objectif de définir des structures appropriées permettant de franchir des obstacles naturels ou artificiels, tout en garantissant la sécurité et la longévité de l'infrastructure. Elle s'appuie sur une analyse technique des contraintes du site, le respect des normes en vigueur et une intégration harmonieuse dans l'environnement. Cette phase est déterminante pour assurer la qualité, la stabilité et la durabilité de l'ouvrage.

Les critères de base dans la conception des ouvrages structuraux sont les suivants :

• La sécurité ;

• L'économie ;

• La stabilité ;

• Les délais de réalisation ;

• Le respect de l'environnement.

XII.3 . GABARIT A RESERVER :

Le gabarit désigne l'espace minimal à dégager au-dessus de la voie franchie, mesuré perpendiculairement à celle-ci. En Algérie, la réglementation précise que le passage sur ::

▪ Les autoroutes et les routes express doivent respecter un gabarit de 5.25m ;

▪ Les routes ordinaires doivent respecter un gabarit de 4.50 à 4.80 m ;

▪ Pour le chemin de fer on doit respecter un gabarit de 7 m.

XII.4 . PRESENTATION DES OUVRAGES :

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des ouvrages d'art existants, indiquant leurs caractéristiques ainsi que les points kilométriques (PK) correspondants :

PK	Type d'ouvrage	Remarque
25+862	Passage supérieur	RN 13
29+758	Passage supérieur	RN 17C

Tableau XII-1: Les ouvrages au niveau du tracé

XII.5 CHOIX DES TYPES D'OUVRAGE :

L'objectif est de sélectionner le type d'ouvrage le mieux adapté, tant sur le plan technique qu'économique, tout en répondant de manière optimale à l'ensemble des exigences requises. Les principaux facteurs qui influencent le choix du type d'ouvrage sont les suivants :

- La nature du sol ;
- Le gabarit à respecter
- Le profil en long de la chaussée ;
- La portée de l'ouvrage ;
- Position possible des appuis

XII.6 SOLUTION TECHNIQUE RETENUE :

Vu les conditions techniques exiger par le site, le choix de nos ouvrages récapitulé dans le tableau suivant :

OA	Solution recommandée	Longueur (m)	Gabarit (m)	Nombre de travée
Pont	Pont à poutre précontrainte	30	5.25	Une travée
Pont	Pont à poutre précontrainte	30	5.25	Une travée

Tableau XII-2: types de ouvrages retenus

CHAPITRE XIII : Etude d'impact sur l'environnement

XIII.1 Introduction

L'étude d'impact sur l'environnement est une analyse technique préalable à la réalisation d'un projet, visant à évaluer ses effets sur les milieux naturels et humains. Elle prend en compte les composantes du milieu physique (sol, relief, qualité de l'air, hydrologie), biologique (faune, flore) et anthropique (bruit, santé publique, réseaux techniques).

Le but de cette étude est d'identifier les impacts potentiels du projet, qu'ils soient positifs ou négatifs, directs ou indirects. Une évaluation qualitative et quantitative de ces effets est réalisée, afin de proposer des mesures d'atténuation, de compensation ou de valorisation, garantissant une insertion harmonieuse et durable du projet dans son environnement.

XIII.2 Objectif de l'étude

L'objet d'une étude d'impact sur l'environnement est d'identifier, d'évaluer et de mesurer les effets directs et indirects à court, moyen et long terme d'un projet et de proposer les mesures adéquates pour limiter les effets négatifs du projet.

Cette étude vise à :

• Disposer toutes les informations sur site d'implantation de projet.

• Évaluer correctement toutes les interactions entre le site (milieu naturel et humain) et son activité qui est susceptible d'agresser et dégrader le milieu naturel

• Savoir aussi si le milieu va avoir des effets négatifs sur le projet.

• Préserver les conditions de vie des générations futures.

• Préserver les espèces végétales et animales.

•Rechercher la meilleure intégration de la route dans l'environnement, et favoriser la valorisation mutuelle de la route et de l'environnement ;

• Proposer des mesures visant à atténuer les impacts identifiés afin d'optimiser l'intégration du projet dans le milieu récepteur.

XIII.3 Méthodologie de l'étude

L'Etude d'impact sur l'environnement pris en charge les phases suivantes :

• La description et contenu du projet par un bureau d'étude.

• Cadre juridique et réglementaire de l'étude d'impact sur l'environnement.

• L'étude d'impact sur l'environnement qui comporte :

- Analyse de l'état initial du site.

- Études des impacts sur l'environnement.

- Mesures réductrices et préventives contre les différents impacts négatifs.

XIII.4 Cadre juridique

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n° 90-78 du 27 février 1990. Une telle étude doit comprendre :

• Une analyse détaillée du projet.

• Une analyse de l'état initial du site et de son environnement.

• Une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes à court, moyen et long terme du projet sur l'environnement.

• Les raisons et les justifications techniques et environnementales du choix du projet ainsi que l'estimation des coûts correspondants.

XIII.5 Identification et évaluation des impacts du projet

XIII.5.1 Impact positif

Cette étude permet d'anticiper les effets du projet sur les milieux naturels et humains, ce qui contribue à la préservation de l'environnement. Elle améliore la conception du projet en y intégrant des mesures de protection et d'atténuation adaptées. Elle favorise aussi la conformité réglementaire, limite les risques de conflits avec les riverains et encourage une gestion durable des ressources.

XIII.5.2 Impact négatif

La présente section contient l'analyse des impacts du projet sur les composantes des milieux physique, naturel et humain.

- **Sols et reliefs**

Les terrassements modifient la topographie naturelle, provoquent une érosion accélérée, une compaction du sol par les engins lourds, et réduisent la perméabilité, perturbant les fonctions pédologiques.

- **Pollution de l'air**

Les engins de chantier et la mise en œuvre des matériaux émettent des particules en suspension (PM10, PM2.5), ainsi que des gaz polluants comme Monoxyde de carbone, d'hydrocarbures, ainsi que de métaux lourds;contribuant à la dégradation de la qualité de l'air et affectant la santé humaine.

- **Pollution de l'eau**

Le ruissellement des eaux pluviales sur les surfaces contaminées entraîne des polluants (huiles, hydrocarbures, fines, liants) vers les nappes phréatiques et les cours d'eau, affectant leur qualité physico-chimique et biologique.

- **Perturbation des écoulements :**

Les impacts pendant les travaux de construction des ouvrages d'art, hydraulique et pont sont temporaires et provoquent la modification des régimes d'écoulement, causant ainsi une

augmentation des niveaux de sédimentation, entrainent aussi des risques de perturbation des drainages des sols susceptibles de produire des effets d'érosion.

- **La flore**

Le tracé de l'autoroute traverse des zones semi-naturelles, entraînant le défrichement et l'arrachage de la végétation, ce qui provoque une perte de couverture végétale et la fragmentation du milieu naturel.

- **La faune**

La construction de l'infrastructure engendre la destruction d'habitats fauniques, tandis que les nuisances sonores et lumineuses perturbent les espèces locales, favorisant leur fuite ou leur disparition du site.

- **Nuisances sonores**

Les travaux et la mise en service de l'autoroute génèrent des nuisances acoustiques importantes, notamment dues aux engins de chantier et au trafic routier, affectant le confort des riverains.

- **Réseaux divers**

Le tracé traverse plusieurs zones équipées en réseaux (eau, électricité, télécommunication), nécessitant des déviations ou des réaménagements, pouvant engendrer des interruptions temporaires de service pour les populations locales

XIII.6 Mesure prise pour minimiser les impacts

Afin de réduire les effets négatifs identifié lors de l'étude, plusieurs mesures d'atténuation, de compensation et de suivi ont été proposées pour minimiser l'impact de projet sur l'environnement.

XIII.6.1 Mesures relatives aux sols et reliefs

- Réduire la durée des travaux d'excavation ou de terrassement des pentes à réaliser pendant la saison des pluies selon les normes
- Afin de réduire les risques de glissement de train pendant et à la suite des travaux, limiter au strict nécessaire le décapage, le déblayage, l'excavation, le remblayage et le nivellement des aires de travail.
- Stabiliser l'érosion des terrains susceptibles d'être érodés par des paillis ou la disposition d'enrochement par la reprise végétale avec des espèces couramment rencontrées

XIII.6.2 Mesures relatives à la pollution de l'air

- Eviter les déversements accidentels des matières chimiques ou polluantes provenant des stocks entreposés sur les sites par des mesures de contrôle périodique
- Utiliser un abat poussière conforme aux normes en vigueur pour les voies d'accès à la zone des travaux qui sont sur fondation granulaire

XIII.6.3 Mesures relatives à la pollution de l'eau

- Mettre en place un réseau de fossés de drainage afin de favoriser l'écoulement normal des eaux de surface ainsi
- Placer des ouvrages de rétention temporaires (berme filtrante, trappe et barrière à sédiments, bassin) en cas ou les sols sont sensibles à l'érosion
- Implantation des bassins déshuileurs et bassins de décantation

XIII.6.4 Mesures relatives à la nuisance sonore

- Choisir les sites d'implantation des chantiers de construction loin des habitations et des industries
- Utiliser des matériels de construction et d'entretien peu bruyants
- S'assurer que les véhicules, la machinerie et les engins de chantier sont munis de silencieux performants et en bon état de fonctionnement
- Mise en place de murs antibruit ou ecran végétal Antibruit dans les zones sensibles

On a prévu :

- ✓ PK 25+650→Ferme 35→Butte en terre



Figure XIII-1: Ecran anti-bruit.

XIII.6.5 Mesures relatives à la faune et la flore

- Délimiter de façon claire les zones des travaux et s'y limiter, avant le début des travaux
- Éviter la formation de mares stagnantes, favorisant la fréquentation par la faune, durant les travaux de construction
- La réalisation des passages à faunes pour assurer le déplacement des animaux et des population locales
- L'installation de clôtures anti-intrusion en grillage de part et d'autre de la chaussée dans les zones forestières et à forte activité faunistique, pour empêcher les animaux d'accéder à la voie.
- La création des Passages simples comme des buses ou dalots

On a prévu :

- ✓ PK 20+400→Ouvrage pour faune (4.00×2.00)
- ✓ PK 23+875→Ouvrage pour faune
- ✓ PK 25+850→Ouvrage pour faune (4.00×2.00)



Figure XIII-2: Passage à petite faune

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N°	Désignation	Unité	Quantités	Prix unitaire	Montants
1	**Installation et logistiques du chantier**				
1.1	Installation de chantier	F	1	5 000 000,00	5 000 000,00
2	**Terrassement**				
2.1	Décapage de la terre végétale	M^3	62640.7	200,00	12 528 140,00
2.2	Déblais mis en dépôt	M^3	345347	1000,00	345 347 000,00
2.3	Remblai d'emprunt	M^3	1653095.3	1200,00	1 983 714 360,00
3	**Chaussée**				
3.1	Couche de forme en TVC	M^3	81066.6	2000,00	162 132 600,00
3.2	Couche de fondation en GB	M^3	50580.1	8500,00	429 930 850,00
3.3	Couche de base en GB	T	41954.3	8500,00	356 611 550 ,00
3.4	Couche d'imprégnation (1.5kg/m²)	T	525	80000,00	42 000 000,00
3.5	Couche d'accrochage(0.3kg/m²)	T	105	80000,00	8 400 000,00
3.6	Couche de roulement en béton bitumineux,	T	12296.6	8 500,00	104 521 100,00
4	**Assainissement**				
4.1	Dalots 2*2 en BA	ML	56	65000,00	3 640 000,00
4.2	Dalots 1.5*1.5en BA	ML	266	65000,00	17 290 000,00
5	**Signalisation horizontal et verticale**				
5.1	Signalisation horizontal				
5.1.1	Ligne discontinu	ML	40000	250,00	1 0000 000,00
5.1.2	Ligne continu	ML	20000	250,00	5 000 000,00
5.2	Signalisation vertical	U	40	35 000,00	1 400 000,00
6	**OUVRAGE D'ART**				
6.1	Pont a poutre en BP	M²	210	250000,00	52 500 000,00
	MONTANT TOTAL EN HT				3 540 015 600,00
	TVA 19 %				672 602 964,00
	MONTANT TOTAL EN TTC				4 212 618 564,00

Soit En Lettres : Quatre milliards deux cent douze millions six cent dix-huit mille cinq cent soixante-quatre dinars algériens en Toutes Taxes Comprises.

Conclusion générale

Conclusion générale :

Ce projet de fin d'études a été une opportunité pour nous, de mettre en pratique nos connaissances acquises pendant nos cinq années de Formation à l'école supérieure des travaux public (ENSTP).

L'élaboration d'un projet routier repose sur une approche méthodique et multidisciplinaire. Elle commence par la compréhension du site et de ses contraintes naturelles, puis se poursuit par le choix du tracé le plus adapté, l'optimisation des mouvements de terre (déblais/remblais), le traitement des eaux, et la mise en place des équipements de sécurité. Cette étude d'APD nous a permis de cerner tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter dans un projet routier.

Nous avons dû travailler dans le respect des normes et prendre en compte diverses contraintes liées au terrain ; à la sécurité ; à l'environnement ainsi à l'aspect économique.

Ce travail nous a permis d'approfondir la maitrise a des outils informatiques spécialisé tel que Covadis autopiste, autocad, ALIZE. Leur utilisation nous a non seulement aidé a automatiser certain tache complexes, mais aussi à mieux simuler et valider non choix technique.

En somme, ce projet a constitué une expérience formatrice et complète, alliant théorie et pratique, et nous préparant à intégrer efficacement le milieu professionnel.

BIBLIOGRAPHIE :

Documents :

[1] L'ICTAAL 2015.

[2]. ICTAAL ECHANGEUR.

[3] B40 : Normes techniques d'aménagement des routes octobre 1977.

[4] Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves « CTTP » (2000).

[5] " Assainissement Routier" – Guide technique. SETRA (octobre 2006).

[6] Signalisation routière arrêté et instruction interministériels du 15 Juillet 1974

[7] GTR (Guide des Terrassement Routiers, Réalisation des remblais et des couches de formes LCPC, SETRA ,1992) Norme NF-P 11-300

[8] MANUEL DE PROJET DE ROUTES. Kalli F.Z- Goumettre Ahmed. Edition OPU.

[9] RPA 99 : REGLES PARASISMIQUES ALGERIENNES VERSION 2003

[10] L'expérience GB5 sur le manège de fatigue de l'IFSTTAR Juliette Blanc1, Pierre Hornych1, Simon Pouget2, François Olard2, Hervé Dumont2 1MAST-LAMES, Université Gustave Eiffel, IFSTTAR, Campus de Nantes, F-44344 Bouguenais, France 2Eiffage Infrastructures, France (2019)

[11] IDRRIM (2020) – Bio-ERTALH : Enrobé recyclé au liant biomasse bas carbone, EIFFAGE Route, mis en ligne en octobre 2020.

[12] EIFFAGE Route. Biocold –Enrobé végétal à froid 100 % recyclé, Gamme végétale

Cours :

[1]. Cours de dimensionnement des chaussées ENSTP 2ème année

[2]. Cours de géotechnique routière 4eme année ENSTP (Mr Hammadi Kamel).

[3]. Cours d'hydraulique appliquée ENSTP 4eme année (Mr RAHMANI).

Logiciels utilisés :

[1]. COVADIS version 2017.

[2]. Alizé-LCPC.

[3]. Microsoft Office (Word).

Autres :

[1]. Aide-mémoire Routes.

ANNEXE

Axe En Plan

Axe : Axe 01

Table courante : Aucune...

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	127.20gr	620.606	20+000.000	166449.489	3881739.919
Arc 1	Rayon	1500.000 m	234.320	20+620.606	167014.313	3881482.769
	Centre X	167635.842 m				
	Centre Y	3882847.944 m				
Droite 2	Gisement	117.25gr	863.128	20+854.926	167234.274	3881402.695
Arc 2	Rayon	2000.000 m	47.157	21+718.054	168065.896	3881171.625
	Centre X	168601.321 m				
	Centre Y	3883098.623 m				
Droite 3	Gisement	115.75gr	833.783	21+765.211	168111.476	3881159.538
Arc 3	Rayon	-1500.000 m	120.388	22+598.994	168919.864	3880955.326
	Centre X	168552.481 m				
	Centre Y	3879501.012 m				
Droite 4	Gisement	120.86gr	745.537	22+719.381	169035.278	3880921.190
Arc 4	Rayon	1800.000 m	381.654	23+464.919	169741.142	3880681.228
	Centre X	170320.498 m				
	Centre Y	3882385.442 m				
Droite 5	Gisement	107.36gr	822.454	23+846.573	170112.759	3880597.470
Arc 5	Rayon	-1600.000 m	205.277	24+669.027	170929.717	3880502.550
	Centre X	170745.061 m				
	Centre Y	3878913.242 m				
Droite 6	Gisement	115.53gr	914.206	24+874.304	171131.546	3880465.862
Arc 6	Rayon	1500.000 m	54.300	25+788.510	172018.680	3880245.032
	Centre X	172381.010 m				
	Centre Y	3881700.614 m				
Droite 7	Gisement	113.23gr	688.722	25+842.809	172071.597	3880232.873
Arc 7	Rayon	-2000.000 m	465.742	26+531.531	172745.508	3880090.807
	Centre X	172332.958 m				
	Centre Y	3878133.818 m				
Droite 8	Gisement	128.05gr	633.276	26+997.273	173185.990	3879942.779
Arc 8	Rayon	-2000.000 m	275.902	27+630.549	173758.776	3879672.676
	Centre X	172905.744 m				
	Centre Y	3877863.716 m				
Droite 9	Gisement	136.83gr	907.282	27+906.451	173999.429	3879538.187
Arc 9	Rayon	-1800.000 m	26.393	28+813.733	174759.038	3879042.047
	Centre X	173774.721 m				
	Centre Y	3877535.023 m				
Droite 10	Gisement	137.77gr	649.163	28+840.126	174781.028	3879027.452
Arc 10	Rayon	-1700.000 m	35.837	29+489.289	175319.267	3878664.532
	Centre X	174368.866 m				
	Centre Y	3877255.015 m				
Droite 11	Gisement	139.11gr	481.940	29+525.126	175348.767	3878644.185
				30+007.066	175742.589	3878366.389
Longueur totale de l'axe 10007.066 mètre(s)						

Profil En Long Projet

Axe : Axe 01

Table courante : Aucune...

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	4.00 %	600.532	20+000.000	674.199
Parabole 1	Rayon	-30000.000 m	537.673	20+600.532	698.220
	Sommet Absc.	21+800.532 m			
	Sommet Alt.	722.220 m			
Pente 2	Pente	2.21 %	836.270	21+138.205	714.909
Parabole 2	Rayon	-4044.596 m	95.165	21+974.475	733.372
	Sommet Absc.	22+063.770 m			
	Sommet Alt.	734.357 m			
Pente 3	Pente	-0.15 %	1971.343	22+069.640	734.353
Parabole 3	Rayon	-12140.631 m	583.131	24+040.983	731.492
	Sommet Absc.	24+023.364 m			
	Sommet Alt.	731.505 m			
Pente 4	Pente	-4.95 %	739.804	24+624.114	716.642
Parabole 4	Rayon	6749.447 m	277.684	25+363.918	680.034
	Sommet Absc.	25+697.898 m			
	Sommet Alt.	671.771 m			
Pente 5	Pente	-0.83 %	1135.733	25+641.602	672.006
Parabole 5	Rayon	-11335.793 m	55.725	26+777.335	662.533
	Sommet Absc.	26+682.785 m			
	Sommet Alt.	662.927 m			
Pente 6	Pente	-1.33 %	2651.084	26+833.061	661.931
Parabole 6	Rayon	12000.000 m	231.709	29+484.145	626.787
	Sommet Absc.	29+643.226 m			
	Sommet Alt.	625.732 m			
Pente 7	Pente	0.61 %	291.211	29+715.855	625.952
				30+007.066	627.714
Longueur totale de l'axe 10007.066 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 10009.597 mètre(s)					

Cubatures Déblai Remblai (Gulden)

Axe : Axe 01
Table courante : Aucune...

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P01	20+000.000	12.500	21.09	0.00	263.6	0.0	263.6	0.0
P02	20+025.000	25.000	0.52	7.25	12.9	181.3	276.5	181.3
P03	20+050.000	25.000	0.00	44.42	0.0	1110.5	276.5	1291.8
P04	20+075.000	25.000	0.00	78.40	0.0	1960.1	276.5	3251.9
P05	20+100.000	25.000	0.00	113.12	0.0	2828.0	276.5	6079.9
P06	20+125.000	25.000	0.00	147.42	0.0	3685.4	276.5	9765.3
P07	20+150.000	25.000	0.00	177.79	0.0	4444.7	276.5	14210.0
P08	20+175.000	25.000	0.00	191.40	0.0	4784.9	276.6	18994.9
P09	20+200.000	25.000	0.00	166.43	0.0	4160.8	276.6	23155.7
P10	20+225.000	25.000	0.00	141.43	0.0	3535.8	276.6	26691.5
P11	20+250.000	25.000	0.00	125.79	0.0	3144.8	276.6	29836.2
P12	20+275.000	25.000	0.00	116.75	0.0	2918.8	276.6	32755.1
P13	20+300.000	25.000	0.00	126.29	0.0	3157.2	276.6	35912.2
P14	20+325.000	25.000	0.00	161.64	0.0	4040.9	276.6	39953.2
P15	20+350.000	25.000	0.00	191.38	0.0	4784.4	276.6	44737.6
P16	20+375.000	25.000	0.00	208.32	0.0	5208.1	276.6	49945.6
P17	20+400.000	25.000	0.00	224.69	0.0	5617.2	276.6	55562.8
P18	20+425.000	25.000	0.00	198.93	0.0	4973.1	276.6	60535.9
P19	20+450.000	25.000	0.00	120.24	0.0	3006.0	276.6	63542.0
P20	20+475.000	25.000	0.00	65.59	0.0	1639.8	276.6	65181.8
P21	20+500.000	25.000	0.00	38.40	0.0	960.0	276.6	66141.8
P22	20+525.000	25.000	0.00	19.11	0.0	477.7	276.6	66619.5
P23	20+550.000	25.000	0.13	6.86	3.3	171.6	279.8	66791.1
P24	20+575.000	25.000	1.07	1.09	26.9	27.2	306.7	66818.4
P25	20+600.000	25.000	7.31	1.49	182.6	37.2	489.4	66855.5
P26	20+625.000	25.000	0.91	14.74	22.6	369.6	512.0	67225.1
P27	20+650.000	25.000	0.25	25.29	6.1	634.3	518.1	67859.4
P28	20+675.000	25.000	0.00	42.53	0.0	1065.5	518.1	68924.9
P29	20+700.000	25.000	0.00	27.12	0.0	679.3	518.1	69604.1
P30	20+725.000	25.000	0.59	14.28	14.7	358.1	532.8	69962.3

P31	20+750.000	25.000	7.74	5.97	192.3	149.8	725.1	70112.1
P32	20+775.000	25.000	13.15	1.24	327.2	31.2	1052.3	70143.4
P33	20+800.000	25.000	24.06	0.11	599.1	2.8	1651.4	70146.1
P34	20+825.000	25.000	37.78	0.00	941.3	0.0	2592.6	70146.1
P35	20+850.000	25.000	65.30	0.00	1630.0	0.0	4222.6	70146.1
P36	20+875.000	25.000	98.57	0.00	2464.3	0.0	6686.9	70146.1
P37	20+900.000	25.000	145.68	0.00	3642.1	0.0	10329.0	70146.1
P38	20+925.000	25.000	201.02	0.00	5025.5	0.0	15354.5	70146.1
P39	20+950.000	25.000	271.62	0.00	6790.4	0.0	22145.0	70146.1
P40	20+975.000	25.000	344.75	0.00	8618.8	0.0	30763.7	70146.1
P41	21+000.000	25.000	404.98	0.00	10124.6	0.0	40888.3	70146.1
P42	21+025.000	25.000	445.02	0.00	11125.6	0.0	52013.9	70146.1
P43	21+050.000	25.000	487.70	0.00	12192.5	0.0	64206.5	70146.1
P44	21+075.000	25.000	542.76	0.00	13569.0	0.0	77775.5	70146.1
P45	21+100.000	25.000	587.71	0.00	14692.9	0.0	92468.4	70146.1
P46	21+125.000	25.000	636.94	0.00	15923.6	0.0	108391.9	70146.1
P47	21+150.000	25.000	675.42	0.00	16885.5	0.0	125277.4	70146.1
P48	21+175.000	25.000	621.70	0.00	15542.5	0.0	140819.9	70146.1
P49	21+200.000	25.000	506.80	0.00	12670.0	0.0	153489.9	70146.1
P50	21+225.000	25.000	349.29	0.00	8732.3	0.0	162222.2	70146.1

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P51	21+250.000	25.000	212.49	0.00	5312.2	0.0	167534.5	70146.1
P52	21+275.000	25.000	118.23	0.00	2955.8	0.0	170490.2	70146.1
P53	21+300.000	25.000	52.28	0.00	1307.0	0.0	171797.2	70146.1
P54	21+325.000	25.000	0.36	1.82	9.0	45.5	171806.2	70191.6
P55	21+350.000	25.000	0.00	58.50	0.0	1462.5	171806.2	71654.1
P56	21+375.000	25.000	0.00	140.48	0.0	3512.0	171806.2	75166.1
P57	21+400.000	25.000	0.00	259.96	0.0	6499.0	171806.2	81665.1
P58	21+425.000	25.000	0.00	397.99	0.0	9949.9	171806.2	91614.9
P59	21+450.000	25.000	0.00	510.51	0.0	12762.7	171806.2	104377.7
P60	21+475.000	25.000	0.00	629.20	0.0	15730.1	171806.2	120107.7
P61	21+500.000	25.000	0.00	691.31	0.0	17282.7	171806.2	137390.5
P62	21+525.000	25.000	0.00	670.26	0.0	16756.5	171806.2	154146.9
P63	21+550.000	25.000	0.00	600.31	0.0	15007.8	171806.2	169154.7
P64	21+575.000	25.000	0.00	481.36	0.0	12034.1	171806.2	181188.8
P65	21+600.000	25.000	0.00	369.77	0.0	9244.1	171806.2	190432.9
P66	21+625.000	25.000	0.00	287.72	0.0	7193.0	171806.2	197626.0
P67	21+650.000	25.000	0.00	215.61	0.0	5390.3	171806.2	203016.2
P68	21+675.000	25.000	0.00	164.21	0.0	4105.2	171806.2	207121.5
P69	21+700.000	25.000	0.00	116.05	0.0	2901.3	171806.2	210022.8
P70	21+725.000	25.000	0.00	88.24	0.0	2204.5	171806.2	212227.2
P71	21+750.000	25.000	0.00	47.56	0.0	1188.2	171806.2	213415.4
P72	21+775.000	25.000	0.00	6.75	0.0	168.6	171806.2	213584.0
P73	21+800.000	25.000	39.04	0.00	976.1	0.0	172782.3	213584.0
P74	21+825.000	25.000	84.22	0.00	2105.4	0.0	174887.7	213584.0
P75	21+850.000	25.000	122.16	0.00	3054.0	0.0	177941.6	213584.0
P76	21+875.000	25.000	133.82	0.00	3345.6	0.0	181287.2	213584.0
P77	21+900.000	25.000	105.81	0.00	2645.3	0.0	183932.5	213584.0
P78	21+925.000	25.000	70.71	0.00	1767.8	0.0	185700.4	213584.0
P79	21+950.000	25.000	27.04	1.16	675.9	29.0	186376.3	213613.1
P80	21+975.000	25.000	9.09	13.74	227.2	343.4	186603.5	213956.5
P81	22+000.000	25.000	6.36	14.45	158.9	361.2	186762.4	214317.7
P82	22+025.000	25.000	9.01	10.75	225.3	268.8	186987.7	214586.5
P83	22+050.000	25.000	25.95	2.99	648.7	74.8	187636.4	214661.3
P84	22+075.000	25.000	46.89	0.09	1172.2	2.2	188808.6	214663.5
P85	22+100.000	25.000	75.55	0.01	1888.7	0.2	190697.3	214663.7

P86	22+125.000	25.000	77.24	0.00	1931.0	0.0	192628.3	214663.7
P87	22+150.000	25.000	66.27	0.00	1656.8	0.0	194285.2	214663.7
P88	22+175.000	25.000	51.73	0.00	1293.3	0.0	195578.5	214663.7
P89	22+200.000	25.000	50.70	0.00	1267.5	0.0	196845.9	214663.7
P90	22+225.000	25.000	23.47	0.10	586.7	2.5	197432.6	214666.2
P91	22+250.000	25.000	6.78	2.40	169.6	60.1	197602.2	214726.3
P92	22+275.000	25.000	0.00	16.02	0.0	400.5	197602.2	215126.8
P93	22+300.000	25.000	0.00	37.98	0.0	949.5	197602.2	216076.3
P94	22+325.000	25.000	0.00	61.59	0.0	1539.8	197602.2	217616.1
P95	22+350.000	25.000	0.00	73.15	0.0	1828.8	197602.2	219445.0
P96	22+375.000	25.000	0.00	70.18	0.0	1754.6	197602.2	221199.5
P97	22+400.000	25.000	0.00	60.30	0.0	1507.5	197602.2	222707.0
P98	22+425.000	25.000	0.00	56.36	0.0	1409.1	197602.2	224116.1
P99	22+450.000	25.000	0.00	54.29	0.0	1357.2	197602.2	225473.3
P100	22+475.000	25.000	0.00	87.19	0.0	2179.8	197602.2	227653.1
P101	22+500.000	25.000	0.00	176.02	0.0	4400.6	197602.2	232053.7
P102	22+525.000	25.000	0.00	248.82	0.0	6220.6	197602.2	238274.3
P103	22+550.000	25.000	0.00	337.55	0.0	8438.7	197602.2	246713.0
P104	22+575.000	25.000	0.00	409.66	0.0	10241.4	197602.2	256954.4
P105	22+600.000	25.000	0.00	485.52	0.0	12142.9	197602.2	269097.3
P106	22+625.000	25.000	0.00	513.93	0.0	12857.0	197602.2	281954.3
P107	22+650.000	25.000	0.00	525.10	0.0	13136.9	197602.2	295091.2
P108	22+675.000	25.000	0.00	523.86	0.0	13107.2	197602.2	308198.3
P109	22+700.000	25.000	0.00	520.40	0.0	13021.6	197602.2	321220.0
P110	22+725.000	25.000	0.00	516.92	0.0	12926.2	197602.2	334146.2
P111	22+750.000	25.000	0.00	509.04	0.0	12726.0	197602.2	346872.2

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P112	22+775.000	25.000	0.00	477.61	0.0	11940.3	197602.2	358812.5
P113	22+800.000	25.000	0.00	427.06	0.0	10676.6	197602.2	369489.1
P114	22+825.000	25.000	0.00	377.14	0.0	9428.5	197602.2	378917.5
P115	22+850.000	25.000	0.00	335.35	0.0	8383.7	197602.2	387301.2
P116	22+875.000	25.000	0.00	293.60	0.0	7340.1	197602.2	394641.3
P117	22+900.000	25.000	0.00	230.71	0.0	5767.9	197602.2	400409.1
P118	22+925.000	25.000	0.00	163.93	0.0	4098.2	197602.2	404507.3
P119	22+950.000	25.000	0.00	107.45	0.0	2686.3	197602.2	407193.6
P120	22+975.000	25.000	0.00	64.60	0.0	1614.9	197602.2	408808.5
P121	23+000.000	25.000	0.00	37.32	0.0	933.0	197602.2	409741.5
P122	23+025.000	25.000	0.00	5.56	0.0	139.1	197602.2	409880.6
P123	23+050.000	25.000	27.42	0.00	685.6	0.0	198287.8	409880.6
P124	23+075.000	25.000	64.62	0.00	1615.5	0.0	199903.3	409880.6
P125	23+100.000	25.000	84.97	0.00	2124.2	0.0	202027.5	409880.6
P126	23+125.000	25.000	77.90	0.00	1947.6	0.0	203975.1	409880.6
P127	23+150.000	25.000	44.61	0.00	1115.2	0.0	205090.3	409880.6
P128	23+175.000	25.000	16.40	0.09	410.0	2.2	205500.3	409882.8
P129	23+200.000	25.000	0.54	3.57	13.4	89.3	205513.7	409972.1
P130	23+225.000	25.000	0.00	18.74	0.0	468.5	205513.7	410440.6
P131	23+250.000	25.000	0.00	29.94	0.0	748.5	205513.7	411189.1
P132	23+275.000	25.000	0.00	34.36	0.0	859.1	205513.7	412048.2
P133	23+300.000	25.000	0.00	49.53	0.0	1238.2	205513.7	413286.4
P134	23+325.000	25.000	0.00	59.36	0.0	1484.1	205513.7	414770.5
P135	23+350.000	25.000	0.00	51.60	0.0	1289.9	205513.7	416060.5
P136	23+375.000	25.000	0.00	42.26	0.0	1056.5	205513.7	417117.0
P137	23+400.000	25.000	0.00	52.31	0.0	1307.8	205513.7	418424.7
P138	23+425.000	25.000	0.00	51.16	0.0	1279.1	205513.7	419703.8
P139	23+450.000	25.000	0.00	46.92	0.0	1172.9	205513.7	420876.8
P140	23+475.000	25.000	0.00	35.20	0.0	879.3	205513.7	421756.1
P141	23+500.000	25.000	0.00	20.75	0.0	518.2	205513.7	422274.4
P142	23+525.000	25.000	0.27	7.79	6.8	194.2	205520.5	422468.6
P143	23+550.000	25.000	11.72	0.14	294.0	3.5	205814.4	422472.0
P144	23+575.000	25.000	36.30	0.00	908.9	0.0	206723.4	422472.0
P145	23+600.000	25.000	63.59	0.00	1591.7	0.0	208315.1	422472.0
P146	23+625.000	25.000	121.00	0.00	3030.3	0.0	211345.5	422472.0

P147	23+650.000	25.000	185.79	0.00	4657.1	0.0	216002.6	422472.0
P148	23+675.000	25.000	247.02	0.00	6194.8	0.0	222197.4	422472.0
P149	23+700.000	25.000	294.80	0.00	7395.0	0.0	229592.4	422472.0
P150	23+725.000	25.000	347.87	0.00	8727.2	0.0	238319.6	422472.0
P151	23+750.000	25.000	360.50	0.00	9045.8	0.0	247365.4	422472.0
P152	23+775.000	25.000	377.12	0.00	9462.8	0.0	256828.3	422472.0
P153	23+800.000	25.000	374.52	0.00	9396.6	0.0	266224.8	422472.0
P154	23+825.000	25.000	377.24	0.00	9463.4	0.0	275688.3	422472.0
P155	23+850.000	25.000	375.22	0.00	9392.2	0.0	285080.5	422472.0
P156	23+875.000	25.000	372.03	0.00	9300.7	0.0	294381.2	422472.0
P157	23+900.000	25.000	343.40	0.00	8585.1	0.0	302966.3	422472.0
P158	23+925.000	25.000	312.60	0.00	7814.9	0.0	310781.2	422472.0
P159	23+950.000	25.000	275.09	0.00	6877.3	0.0	317658.5	422472.0
P160	23+975.000	25.000	218.47	0.00	5461.9	0.0	323120.3	422472.0
P161	24+000.000	25.000	169.16	0.00	4229.0	0.0	327349.3	422472.0
P162	24+025.000	25.000	118.75	0.00	2968.8	0.0	330318.2	422472.0
P163	24+050.000	25.000	77.39	0.00	1934.9	0.0	332253.0	422472.0
P164	24+075.000	25.000	47.40	0.00	1185.1	0.0	333438.1	422472.0
P165	24+100.000	25.000	20.43	0.07	510.7	1.8	333948.8	422473.8
P166	24+125.000	25.000	10.68	0.91	266.9	22.7	334215.7	422496.6
P167	24+150.000	25.000	6.60	5.12	164.9	128.0	334380.7	422624.6
P168	24+175.000	25.000	1.85	7.62	46.2	190.5	334426.9	422815.1
P169	24+200.000	25.000	5.94	9.73	148.5	243.3	334575.4	423058.4
P170	24+225.000	25.000	6.66	7.33	166.4	183.3	334741.8	423241.7
P171	24+250.000	25.000	8.13	4.82	203.1	120.5	334944.9	423362.2
P172	24+275.000	25.000	13.27	0.81	331.7	20.4	335276.6	423382.5

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P173	24+300.000	25.000	22.20	0.00	555.0	0.1	335831.6	423382.6
P174	24+325.000	25.000	35.92	0.00	898.0	0.0	336729.5	423382.6
P175	24+350.000	25.000	5.23	0.07	130.9	1.8	336860.4	423384.3
P176	24+375.000	25.000	0.00	35.66	0.0	891.6	336860.4	424275.9
P177	24+400.000	25.000	0.00	99.92	0.0	2498.1	336860.4	426774.0
P178	24+425.000	25.000	0.00	192.67	0.0	4816.7	336860.4	431590.7
P179	24+450.000	25.000	0.00	291.35	0.0	7283.9	336860.4	438874.6
P180	24+475.000	25.000	0.00	429.97	0.0	10749.3	336860.4	449623.9
P181	24+500.000	25.000	0.00	543.53	0.0	13588.2	336860.4	463212.0
P182	24+525.000	25.000	0.00	622.13	0.0	15553.1	336860.4	478765.2
P183	24+550.000	25.000	0.00	705.67	0.0	17641.8	336860.4	496407.0
P184	24+575.000	25.000	0.00	757.42	0.0	18935.6	336860.4	515342.6
P185	24+600.000	25.000	0.00	807.30	0.0	20182.4	336860.4	535525.0
P186	24+625.000	25.000	0.00	888.02	0.0	22200.5	336860.4	557725.5
P187	24+650.000	25.000	0.00	936.81	0.0	23420.3	336860.4	581145.8
P188	24+675.000	25.000	0.00	980.86	0.0	24465.3	336860.4	605611.1
P189	24+700.000	25.000	0.00	1041.42	0.0	25950.3	336860.4	631561.4
P190	24+725.000	25.000	0.00	1082.61	0.0	26971.6	336860.4	658533.0
P191	24+750.000	25.000	0.00	1134.19	0.0	28259.6	336860.4	686792.6
P192	24+775.000	25.000	0.00	1199.09	0.0	29883.9	336860.4	716676.5
P193	24+800.000	25.000	0.00	1427.91	0.0	35451.3	336860.4	752127.8
P194	24+825.000	25.000	0.00	1523.59	0.0	37814.0	336860.4	789941.8
P195	24+850.000	25.000	0.00	1426.66	0.0	35593.3	336860.4	825535.0
P196	24+875.000	25.000	0.00	1390.02	0.0	34721.0	336860.4	860256.1
P197	24+900.000	25.000	0.00	1366.53	0.0	34163.4	336860.4	894419.4
P198	24+925.000	25.000	0.00	1310.74	0.0	32768.5	336860.4	927187.9
P199	24+950.000	25.000	0.00	1257.76	0.0	31443.9	336860.4	958631.8
P200	24+975.000	25.000	0.00	1187.84	0.0	29695.9	336860.4	988327.7
P201	25+000.000	25.000	0.00	1113.72	0.0	27843.0	336860.4	1016170.7
P202	25+025.000	25.000	0.00	1073.83	0.0	26845.7	336860.4	1043016.5
P203	25+050.000	25.000	0.00	1064.80	0.0	26620.1	336860.4	1069636.6
P204	25+075.000	25.000	0.00	984.74	0.0	24618.4	336860.4	1094255.0
P205	25+100.000	25.000	0.00	894.08	0.0	22352.1	336860.4	1116607.1
P206	25+125.000	25.000	0.00	794.48	0.0	19862.0	336860.4	1136469.1
P207	25+150.000	25.000	0.00	733.87	0.0	18346.7	336860.4	1154815.8

P208	25+175.000	25.000	0.00	691.44	0.0	17286.0	336860.4	1172101.8
P209	25+200.000	25.000	0.00	624.56	0.0	15614.0	336860.4	1187715.9
P210	25+225.000	25.000	0.00	544.43	0.0	13610.7	336860.4	1201326.5
P211	25+250.000	25.000	0.00	463.29	0.0	11582.2	336860.4	1212908.7
P212	25+275.000	25.000	0.00	418.58	0.0	10464.4	336860.4	1223373.1
P213	25+300.000	25.000	0.00	375.58	0.0	9389.6	336860.4	1232762.7
P214	25+325.000	25.000	0.00	345.41	0.0	8635.3	336860.4	1241398.0
P215	25+350.000	25.000	0.00	306.80	0.0	7670.1	336860.4	1249068.1
P216	25+375.000	25.000	0.00	253.42	0.0	6335.4	336860.4	1255403.5
P217	25+400.000	25.000	0.00	226.79	0.0	5669.7	336860.4	1261073.3
P218	25+425.000	25.000	0.00	182.39	0.0	4559.6	336860.4	1265632.9
P219	25+450.000	25.000	0.00	128.46	0.0	3211.4	336860.4	1268844.3
P220	25+475.000	25.000	0.00	75.24	0.0	1880.9	336860.4	1270725.3
P221	25+500.000	25.000	0.00	55.17	0.0	1379.3	336860.4	1272104.6
P222	25+525.000	25.000	0.00	63.82	0.0	1595.6	336860.4	1273700.2
P223	25+550.000	25.000	0.00	84.15	0.0	2103.8	336860.4	1275803.9
P224	25+575.000	25.000	0.00	100.83	0.0	2520.8	336860.4	1278324.7
P225	25+600.000	25.000	0.00	119.65	0.0	2991.2	336860.4	1281315.9
P226	25+625.000	25.000	0.00	138.35	0.0	3458.8	336860.4	1284774.7
P227	25+650.000	25.000	0.00	160.59	0.0	4014.8	336860.4	1288789.5
P228	25+675.000	25.000	0.01	177.64	0.2	4441.0	336860.7	1293230.5
P229	25+700.000	25.000	0.00	226.08	0.0	5651.9	336860.7	1298882.4
P230	25+725.000	25.000	0.00	272.17	0.0	6804.2	336860.7	1305686.6
P231	25+750.000	25.000	0.00	287.94	0.0	7198.4	336860.7	1312885.0
P232	25+775.000	25.000	0.00	256.20	0.0	6405.1	336860.7	1319290.1
P233	25+800.000	25.000	0.00	258.69	0.0	6471.3	336860.7	1325761.4

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P234	25+825.000	25.000	0.00	262.80	0.0	6574.2	336860.7	1332335.6
P235	25+850.000	25.000	0.00	269.88	0.0	6748.3	336860.7	1339083.9
P236	25+875.000	25.000	0.00	256.17	0.0	6404.3	336860.7	1345488.2
P237	25+900.000	25.000	0.00	250.15	0.0	6253.7	336860.7	1351741.9
P238	25+925.000	25.000	0.00	238.27	0.0	5956.8	336860.7	1357698.7
P239	25+950.000	25.000	0.00	222.15	0.0	5553.7	336860.7	1363252.4
P240	25+975.000	25.000	0.00	196.51	0.0	4912.7	336860.7	1368165.0
P241	26+000.000	25.000	0.00	164.35	0.0	4108.8	336860.7	1372273.9
P242	26+025.000	25.000	0.00	155.92	0.0	3898.0	336860.7	1376171.9
P243	26+050.000	25.000	0.00	146.54	0.0	3663.5	336860.7	1379835.4
P244	26+075.000	25.000	0.00	143.09	0.0	3577.3	336860.7	1383412.7
P245	26+100.000	25.000	0.00	146.62	0.0	3665.5	336860.7	1387078.2
P246	26+125.000	25.000	0.00	169.31	0.0	4232.6	336860.7	1391310.8
P247	26+150.000	25.000	0.00	184.17	0.0	4604.2	336860.7	1395915.1
P248	26+175.000	25.000	0.00	185.36	0.0	4634.1	336860.7	1400549.2
P249	26+200.000	25.000	0.00	184.69	0.0	4617.2	336860.7	1405166.4
P250	26+225.000	25.000	0.00	192.31	0.0	4807.7	336860.7	1409974.1
P251	26+250.000	25.000	0.00	201.37	0.0	5034.3	336860.7	1415008.4
P252	26+275.000	25.000	0.00	207.94	0.0	5198.4	336860.7	1420206.8
P253	26+300.000	25.000	0.00	210.91	0.0	5272.8	336860.7	1425479.6
P254	26+325.000	25.000	0.00	211.16	0.0	5279.0	336860.7	1430758.6
P255	26+350.000	25.000	0.00	209.56	0.0	5239.1	336860.7	1435997.7
P256	26+375.000	25.000	0.00	204.56	0.0	5113.9	336860.7	1441111.6
P257	26+400.000	25.000	0.00	174.38	0.0	4359.5	336860.7	1445471.1
P258	26+425.000	25.000	0.00	151.25	0.0	3781.3	336860.7	1449252.4
P259	26+450.000	25.000	0.00	132.49	0.0	3312.2	336860.7	1452564.7
P260	26+475.000	25.000	0.00	125.92	0.0	3148.0	336860.7	1455712.7
P261	26+500.000	25.000	0.00	120.92	0.0	3023.1	336860.7	1458735.7
P262	26+525.000	25.000	0.00	108.39	0.0	2709.5	336860.7	1461445.3
P263	26+550.000	25.000	0.00	91.68	0.0	2291.4	336860.7	1463736.6
P264	26+575.000	25.000	0.00	72.06	0.0	1800.9	336860.7	1465537.5
P265	26+600.000	25.000	0.00	53.88	0.0	1346.6	336860.7	1466884.1
P266	26+625.000	25.000	0.00	37.55	0.0	938.5	336860.7	1467822.6
P267	26+650.000	25.000	0.00	21.41	0.0	534.9	336860.7	1468357.5
P268	26+675.000	25.000	0.00	8.79	0.0	219.7	336860.7	1468577.2

P269	26+700.000	25.000	0.78	1.66	19.5	41.4	336880.2	1468618.6
P270	26+725.000	25.000	4.10	0.14	102.5	3.4	336982.7	1468622.0
P271	26+750.000	25.000	12.63	0.11	316.4	2.7	337299.1	1468624.7
P272	26+775.000	25.000	21.82	0.00	545.9	0.0	337845.1	1468624.7
P273	26+800.000	25.000	24.12	0.00	603.5	0.0	338448.6	1468624.7
P274	26+825.000	25.000	23.51	0.00	588.3	0.0	339036.9	1468624.7
P275	26+850.000	25.000	19.46	0.00	487.3	0.0	339524.1	1468624.7
P276	26+875.000	25.000	18.17	0.00	455.0	0.1	339979.1	1468624.8
P277	26+900.000	25.000	15.42	0.04	386.1	1.0	340365.2	1468625.8
P278	26+925.000	25.000	11.98	0.00	300.2	0.0	340665.4	1468625.8
P279	26+950.000	25.000	5.32	0.07	133.0	1.8	340798.4	1468627.6
P280	26+975.000	25.000	2.37	0.28	59.4	6.9	340857.8	1468634.6
P281	27+000.000	25.000	1.23	1.18	30.7	29.6	340888.5	1468664.2
P282	27+025.000	25.000	0.56	2.81	14.0	70.3	340902.6	1468734.4
P283	27+050.000	25.000	0.25	3.78	6.2	94.6	340908.8	1468829.1
P284	27+075.000	25.000	0.21	4.04	5.1	101.1	340913.9	1468930.1
P285	27+100.000	25.000	0.18	4.20	4.5	104.9	340918.4	1469035.0
P286	27+125.000	25.000	0.24	3.99	5.9	99.6	340924.3	1469134.7
P287	27+150.000	25.000	0.28	3.82	7.1	95.4	340931.4	1469230.1
P288	27+175.000	25.000	0.33	3.69	8.4	92.2	340939.8	1469322.3
P289	27+200.000	25.000	0.29	3.80	7.3	95.1	340947.1	1469417.4
P290	27+225.000	25.000	0.27	3.85	6.8	96.1	340953.9	1469513.6
P291	27+250.000	25.000	0.02	6.05	0.5	151.3	340954.3	1469664.8
P292	27+275.000	25.000	0.00	9.22	0.0	230.4	340954.3	1469895.3
P293	27+300.000	25.000	0.00	13.51	0.0	337.8	340954.3	1470233.1
P294	27+325.000	25.000	0.00	18.84	0.0	471.0	340954.3	1470704.2

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P295	27+350.000	25.000	0.00	23.91	0.0	597.7	340954.3	1471301.9
P296	27+375.000	25.000	0.00	28.73	0.0	718.4	340954.3	1472020.2
P297	27+400.000	25.000	0.00	33.75	0.0	843.7	340954.3	1472863.9
P298	27+425.000	25.000	0.00	38.56	0.0	964.0	340954.3	1473827.8
P299	27+450.000	25.000	0.00	43.29	0.0	1082.2	340954.3	1474910.1
P300	27+475.000	25.000	0.00	48.23	0.0	1205.8	340954.3	1476115.8
P301	27+500.000	25.000	0.00	53.36	0.0	1333.9	340954.3	1477449.7
P302	27+525.000	25.000	0.00	58.03	0.0	1450.6	340954.3	1478900.4
P303	27+550.000	25.000	0.00	61.80	0.0	1545.1	340954.3	1480445.4
P304	27+575.000	25.000	0.00	67.11	0.0	1677.7	340954.3	1482123.2
P305	27+600.000	25.000	0.00	73.89	0.0	1847.3	340954.3	1483970.5
P306	27+625.000	25.000	0.00	79.92	0.0	1997.9	340954.3	1485968.4
P307	27+650.000	25.000	0.00	85.72	0.0	2142.5	340954.3	1488110.9
P308	27+675.000	25.000	0.00	91.99	0.0	2299.1	340954.3	1490410.0
P309	27+700.000	25.000	0.00	98.09	0.0	2451.7	340954.3	1492861.7
P310	27+725.000	25.000	0.00	104.83	0.0	2620.2	340954.3	1495481.9
P311	27+750.000	25.000	0.00	109.08	0.0	2726.6	340954.3	1498208.5
P312	27+775.000	25.000	0.00	111.52	0.0	2787.4	340954.3	1500995.9
P313	27+800.000	25.000	0.00	111.62	0.0	2790.1	340954.3	1503786.0
P314	27+825.000	25.000	0.00	114.50	0.0	2861.5	340954.3	1506647.5
P315	27+850.000	25.000	0.00	115.36	0.0	2883.0	340954.3	1509530.4
P316	27+875.000	25.000	0.00	118.41	0.0	2959.5	340954.3	1512489.9
P317	27+900.000	25.000	0.00	121.49	0.0	3036.5	340954.3	1515526.4
P318	27+925.000	25.000	0.00	119.57	0.0	2989.3	340954.3	1518515.7
P319	27+950.000	25.000	0.00	117.31	0.0	2932.8	340954.3	1521448.5
P320	27+975.000	25.000	0.00	115.65	0.0	2891.3	340954.3	1524339.8
P321	28+000.000	25.000	0.00	113.74	0.0	2843.6	340954.3	1527183.4
P322	28+025.000	25.000	0.00	111.05	0.0	2776.2	340954.3	1529959.6
P323	28+050.000	25.000	0.00	108.83	0.0	2720.7	340954.3	1532680.3
P324	28+075.000	25.000	0.00	107.23	0.0	2680.8	340954.3	1535361.0
P325	28+100.000	25.000	0.00	105.95	0.0	2648.8	340954.3	1538009.8
P326	28+125.000	25.000	0.00	103.42	0.0	2585.4	340954.3	1540595.2
P327	28+150.000	25.000	0.00	103.20	0.0	2580.0	340954.3	1543175.3
P328	28+175.000	25.000	0.00	102.88	0.0	2572.0	340954.3	1545747.2
P329	28+200.000	25.000	0.00	101.81	0.0	2545.3	340954.3	1548292.5

P330	28+225.000	25.000	0.00	104.16	0.0	2604.0	340954.3	1550896.5
P331	28+250.000	25.000	0.00	107.20	0.0	2680.0	340954.3	1553576.5
P332	28+275.000	25.000	0.00	111.66	0.0	2791.4	340954.3	1556367.9
P333	28+300.000	25.000	0.00	110.59	0.0	2764.9	340954.3	1559132.8
P334	28+325.000	25.000	0.00	107.54	0.0	2688.4	340954.3	1561821.2
P335	28+350.000	25.000	0.00	106.76	0.0	2669.0	340954.3	1564490.2
P336	28+375.000	25.000	0.00	106.98	0.0	2674.5	340954.3	1567164.7
P337	28+400.000	25.000	0.00	107.59	0.0	2689.7	340954.3	1569854.4
P338	28+425.000	25.000	0.00	108.21	0.0	2705.3	340954.3	1572559.7
P339	28+450.000	25.000	0.00	108.61	0.0	2715.4	340954.3	1575275.1
P340	28+475.000	25.000	0.00	107.83	0.0	2695.9	340954.3	1577971.0
P341	28+500.000	25.000	0.00	104.82	0.0	2620.5	340954.3	1580591.5
P342	28+525.000	25.000	0.00	100.70	0.0	2517.5	340954.3	1583108.9
P343	28+550.000	25.000	0.00	97.67	0.0	2441.7	340954.3	1585550.7
P344	28+575.000	25.000	0.00	95.50	0.0	2387.5	340954.3	1587938.2
P345	28+600.000	25.000	0.00	92.99	0.0	2324.8	340954.3	1590263.0
P346	28+625.000	25.000	0.00	91.21	0.0	2280.2	340954.3	1592543.2
P347	28+650.000	25.000	0.00	90.59	0.0	2264.8	340954.3	1594808.0
P348	28+675.000	25.000	0.00	90.00	0.0	2249.9	340954.3	1597057.9
P349	28+700.000	25.000	0.00	89.50	0.0	2237.6	340954.3	1599295.5
P350	28+725.000	25.000	0.00	88.88	0.0	2222.1	340954.3	1601517.6
P351	28+750.000	25.000	0.00	88.51	0.0	2212.8	340954.3	1603730.3
P352	28+775.000	25.000	0.00	89.03	0.0	2225.8	340954.3	1605956.1
P353	28+800.000	25.000	0.00	90.13	0.0	2253.3	340954.3	1608209.4
P354	28+825.000	25.000	0.00	90.46	0.0	2261.1	340954.3	1610470.6
P355	28+850.000	25.000	0.00	90.17	0.0	2254.3	340954.3	1612724.9

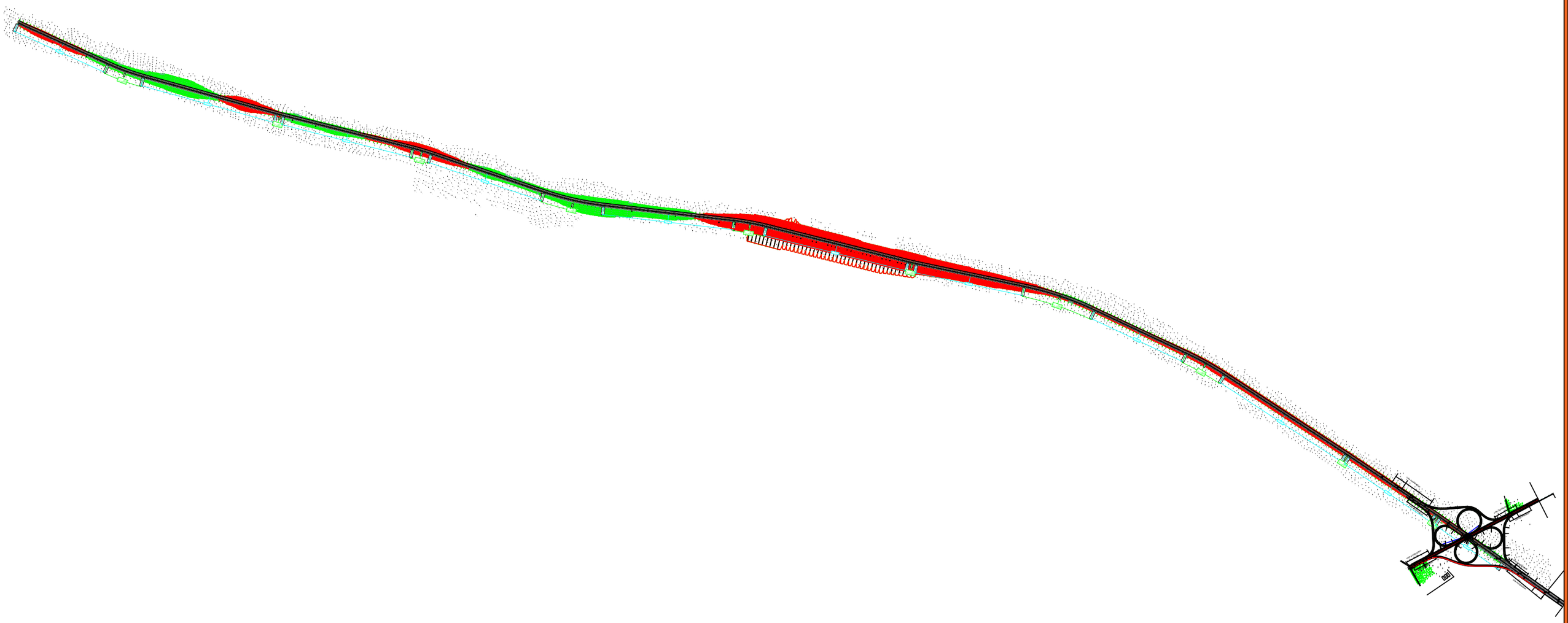
Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P356	28+875.000	25.000	0.00	89.77	0.0	2244.2	340954.3	1614969.1
P357	28+900.000	25.000	0.00	89.31	0.0	2232.7	340954.3	1617201.8
P358	28+925.000	25.000	0.00	88.82	0.0	2220.5	340954.3	1619422.3
P359	28+950.000	25.000	0.00	88.31	0.0	2207.7	340954.3	1621630.0
P360	28+975.000	25.000	0.00	87.49	0.0	2187.2	340954.3	1623817.2
P361	29+000.000	25.000	0.00	86.61	0.0	2165.3	340954.3	1625982.5
P362	29+025.000	25.000	0.00	86.24	0.0	2156.0	340954.3	1628138.5
P363	29+050.000	25.000	0.00	86.31	0.0	2157.8	340954.3	1630296.3
P364	29+075.000	25.000	0.00	85.49	0.0	2137.1	340954.3	1632433.4
P365	29+100.000	25.000	0.00	83.71	0.0	2092.9	340954.3	1634526.3
P366	29+125.000	25.000	0.00	80.01	0.0	2000.1	340954.3	1636526.4
P367	29+150.000	25.000	0.00	76.00	0.0	1900.1	340954.3	1638426.5
P368	29+175.000	25.000	0.00	74.21	0.0	1855.2	340954.3	1640281.7
P369	29+200.000	25.000	0.00	72.96	0.0	1824.1	340954.3	1642105.8
P370	29+225.000	25.000	0.00	72.02	0.0	1800.5	340954.3	1643906.3
P371	29+250.000	25.000	0.00	67.32	0.0	1682.9	340954.3	1645589.2
P372	29+275.000	25.000	0.00	60.99	0.0	1524.9	340954.3	1647114.1
P373	29+300.000	25.000	0.00	49.95	0.0	1248.6	340954.3	1648362.7
P374	29+325.000	25.000	0.00	40.71	0.0	1017.8	340954.3	1649380.5
P375	29+350.000	25.000	0.00	33.63	0.0	840.7	340954.3	1650221.2
P376	29+375.000	25.000	0.00	28.77	0.0	719.4	340954.3	1650940.6
P377	29+400.000	25.000	0.00	24.75	0.0	618.8	340954.3	1651559.4
P378	29+425.000	25.000	0.00	20.78	0.0	519.6	340954.3	1652079.0
P379	29+450.000	25.000	0.00	16.27	0.0	406.7	340954.3	1652485.7
P380	29+475.000	25.000	0.00	11.41	0.0	285.2	340954.3	1652770.9
P381	29+500.000	25.000	0.00	6.15	0.0	153.6	340954.3	1652924.6
P382	29+525.000	25.000	0.13	1.61	3.2	40.2	340957.6	1652964.7
P383	29+550.000	25.000	2.76	0.05	69.0	1.3	341026.5	1652966.0
P384	29+575.000	25.000	5.19	0.11	129.9	2.8	341156.4	1652968.8
P385	29+600.000	25.000	5.64	0.09	141.0	2.3	341297.4	1652971.1
P386	29+625.000	25.000	4.86	0.12	121.5	3.1	341418.9	1652974.2
P387	29+650.000	25.000	4.12	0.02	102.9	0.4	341521.9	1652974.6
P388	29+675.000	25.000	2.13	0.09	53.4	2.3	341575.2	1652976.8
P389	29+700.000	25.000	0.06	2.99	1.6	74.8	341576.8	1653051.6
P390	29+725.000	25.000	0.99	1.48	24.9	37.0	341601.7	1653088.6

P391	29+750.000	25.000	4.44	0.08	111.1	1.9	341712.8	1653090.6
P392	29+775.000	25.000	7.35	0.03	183.8	0.8	341896.6	1653091.4
P393	29+800.000	25.000	6.31	0.13	157.7	3.2	342054.3	1653094.5
P394	29+825.000	25.000	12.26	0.02	306.6	0.5	342360.9	1653095.1
P395	29+850.000	25.000	9.12	0.01	227.9	0.1	342588.8	1653095.2
P396	29+875.000	25.000	14.11	0.00	352.9	0.0	342941.7	1653095.3
P397	29+900.000	25.000	18.50	0.00	462.5	0.0	343404.2	1653095.3
P398	29+925.000	25.000	18.30	0.00	457.4	0.0	343861.6	1653095.3
P399	29+950.000	25.000	19.86	0.00	496.5	0.0	344358.0	1653095.3
P400	29+975.000	25.000	21.67	0.00	541.7	0.0	344899.7	1653095.3
P401	30+000.000	16.033	22.79	0.00	365.4	0.0	345265.1	1653095.3
P402	30+007.066	3.533	23.21	0.00	82.0	0.0	345347.0	1653095.3



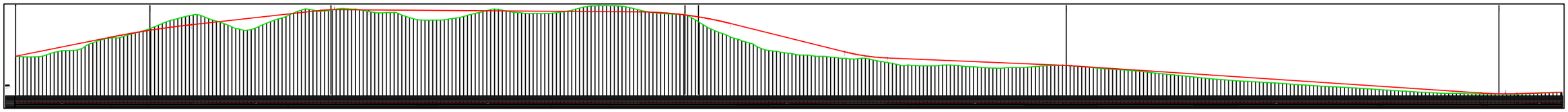
Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 **Site web :** www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 **E-mail :** enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Étude en APD de la liaison autoroutière reliant SIDI BEL ABBES, SAIDA sur 120 km tronçon du PK 20+000 au PK 30+000 Avec conception d'un échangeur au PK 29+800	Bouferoua	Mr. GOUMETRE			2024/2025



Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 **Site web :** www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 **E-mail :** enstp@enstp.edu.dz

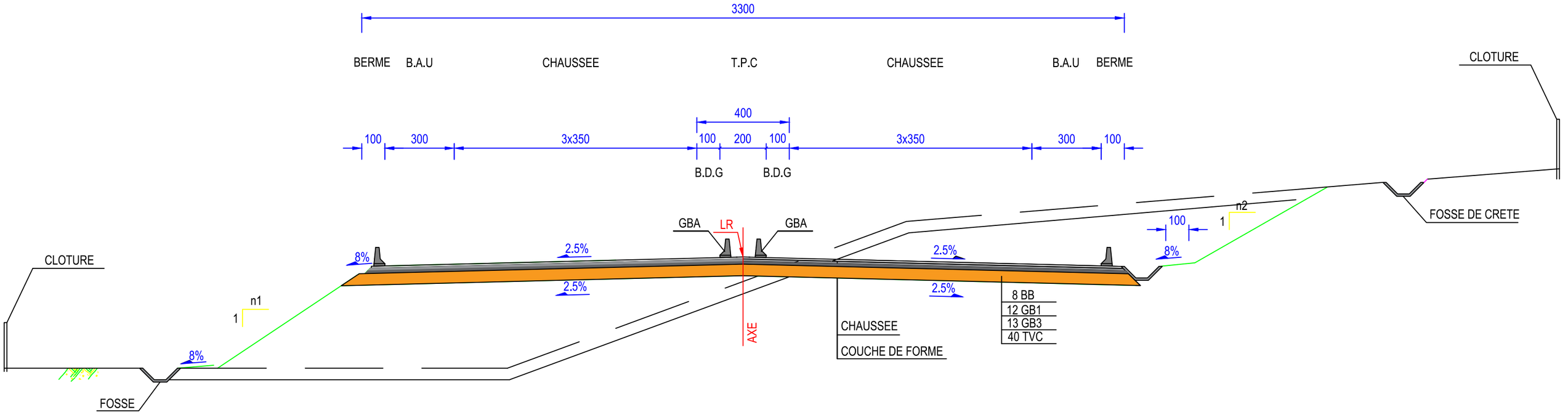
PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Étude en APD de la liaison autoroutière reliant SIDI BEL ABBES, SAIDA sur 120 km tronçon du PK 20+000 au PK 30+000 Avec conception d'un échangeur au PK 29+800	Bouferoua	Mr. GOUMETRE			2024/2025



Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 **Site web :** www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 **E-mail :** enstp@enstp.edu.dz

Titre	Réalisé par	Encadré par	Echelle	Titre	Année universitaire
Etude en APD de la liaison autoroutière reliant SIDI BEL ABBES, SAIDA sur 120 km tronçon du PK 20+000 au PK 30+000 Avec conception d'un échangeur au PK 29+800	Bouferoua	Mr.Goumetre		PROFIL EN LONG	2024/2025

PROFIL EN TRAVERS TYPE 2x3 VOIES DE LA LIAISON AUTOROUTIERE SBA - SAIDA



ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Build and Ground works engineering

Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 **Site web :** www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 **E-mail :** enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Étude en APD de la liaison autoroutière reliant SIDI BEL ABBES, SAIDA sur 120 km tronçon du PK 20+000 au PK 30+000 Avec conception d'un échangeur au PK 29+800	Bouferoua	Mr. GOUMETRE			2024/2025