République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة
فرنسـيس جانســون
École Nationale Supérieure desTravaux Publics
Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

ETUDE APD D'UN TRONCON DE LA PENETRANTE AUTOROUTIER RELIANT LE PORT CENTRE DE CHERCHELL A L'AUTOROUTE EST-OUEST SUR 10 KM DU PK 17+000 AU PK 27+000 AVEC CONCEPTION D'UN ECHANGEUR

Présenté par :
- BEDDI ABDEL HAMID
- CHETTIH NADRA CHAHINAZ

Encadré par :
- KHELIF AISSA

Co-Encadrant :
-Mr FEDGHOUCHE

Promotion 2022/2023

© ENSTP-FJ –Garidi– Vieux

Résumé :

Notre projet de fin d'étude rentre dans le domaine des infrastructures de transport, et en particulier les routes.
Ce travail présente une étude détaillée du projet d'un tronçon autoroutier en phase d'avant-projet détaillé de la liaison autoroutière reliant le port centre de Cherchell a l'autoroute est-ouest et cela du PK17+000 au PK27+000 . avec conception d'échangeur .
Les études menées dans ce mémoire comptent essentiellement : le calcul du trafic, l'assainissement routier et dimensionnement des ouvrages, une partie détaillée de la géométrie de notre projet avec le logiciel Covadis et Autopiste et l'utilisation de logiciel Autocad pour tracer l'axe de la route, ainsi Alize pour dimensionner le corps de chaussée.
A cet effet ce projet traite l'ensemble de la conception de cette route ainsi qu'il met le point sur les problèmes posés par cette route.

Mots clés : Autoroute, trafic, route, géométrie de la route, tracé, en plan, échangeur.

الملخص:

مشروعنا في نهاية الدراسة في مجال البنية التحتية للنقل ، و خاصة الطرق.
يقدم هذا العمل دراسة تفصيلية لمشروع قسم الطريق السريع في مرحلة التصميم الأولي التفصيلي لوصلة الطريق السريع التي .تربط
ميناء المركزي بشرشال بالطريق السريع بين الشرق والغرب ، من الكيلومتر 17+000 إلى27+000

تشمل الدراسات التي تم إجراؤها في هذه الأطروحة بشكل أساسي :حساب حركة المرور والصرف الصحي للطرق وتحديد أبعاد
الهياكل ، وجزء مفصل من هندسة مشروعنا باستخدام برنامجي Autopiste و Covadis واستخدام برنامج Autocad
لرسم محور الطريق كذلك استخدام برنامج اليزي لتحديد حجم جسم الطريق .تحقيقا لهذه الغاية ، يتعامل هذا المشروع مع التصميم الكامل لهذا الطريق كما يسلط الضوء على المشاكل التي يطرحها هذا الطريق
الكلمات الدالة: طريق سريع ، حركة مرور ، طريق ، هندسة طريق ، طريق ، في مخطط ، مبادل

:

Summary:

Our end-of-study project goes into the field of transport infrastructure, and inparticular roads.
The road is considered as an art work connecting the different regions of the country and contributing to their development through different economic activities and trade.
It presents a detailed study of the project of a motorway section in the preliminary detailed design phase of the motorway link linking the centre port of Cherchell to the east-west motorway from PK17+000 to PK27+000.
The studies carried out in this thesis mainly include: the calculation of traffic, road sanitation and dimensioning of structures, a detailed part of the geometry of our project with the Covadis and Autopiste software and the use of Autocad software to draw the axis. of the road, so Alize to size the body of the roadway.
To this end, this project deals with the entire design of this road as well as it highlights the problems posed by this road.
Keywords: Highway, traffic, road, road geometry, Route, in plan, exchanger.

Remerciements

Tout d'abord, je remercie le bon Dieu de m'avoir donné la patience et le courage pour mener à bien ce modeste travail.

Nous voudrions aussi exprimer nos vifs remerciement à notre encadreur Mr « AISSA KHELIF » pour sa sollicitude , disponibilité et ces précieux conseils.

Nous voudrions également remercier l'ingénieure Mr « BACHE SALAH » qui nous prodigué une aide précieuse vous au long de notre travaille.

Nos remerciements s'adressent aux membres du jury l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, et qui nous feront le plaisir d'apprécier.

Nos remercient vont également à tous ceux et celle qui nous a porter de soutien de prés ou de loin nous ont apporté aide et encouragement et surtout nos amis.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mon très cher père Chettih Mohamed.

Cette dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eu pur toi.
Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être . Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

Qu' Allah , le tout miséricordieux, te préserve, t'accorde santé, bonheur quiétude de l'esprit et le protège de tout mal

A ma très chère mère Bakhta Yamina

Affable , honorable , amiable : tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourage et de prier pour moi

Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener a bien mes études. Aucune dédicace ne saurait *être* assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites, pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et *même* a l'Age adulte. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfance suivant le bon chemin dans leur vie et leur études. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour et éternelle gratitude.

Qu'Allah le tout puissant , te préserve et t'accord santé, longue vie et bonheur.

En fin je le dédie mes collègues et mes proches amis qui ont été a coté de moi et contribué de prés ou de loin pour que ce projet soit possible son oublier mon binôme Beddi Abd El Hamid je vous dis merci. Écrit par **:** Nadra

Je dédié ce travail à :

Mes très chers parents qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin, ma mère Nacira qui a été a mes côtés et ma soutenue durant toute ma vie, et mon père Mohammed qui a sacrifié toute sa vie afin de me voir devenir ce que je suis, que dieu le tout puissant les protègent et les gardent.

A mes chers parents

Pour leurs sacrifices, leur disponibilité et leur soutien tout au long de mon parcours universitaire

A mon frère
ADEL
Pour leur appui et leur encouragement

Mes chères sœurs
NOUR EL HOUDA ET AICHA ET AYA
Pour leur appui et leur encouragement

À mes meilleurs amis :

MIDOU. LAMINE. YAZID. DJALAL. TAREK . CHEF HALIM ET LES KGBISTS. NADJI. CHEMSOU. ABDOU. SADEK. BRBACHI. GHANOU. KHALED COEFFEUR. AZIZ. MOURAD

écrit par : Hamid

Liste des abréviations :

- **RN : route nationale**
- **PK : Point kilométrique**
- **VB : vitesse de base**
- **BV : bassin versant**
- **Rh : rayon hydraulique**
- **Ø : pour les diamètres**
- **OA : ouvrage d'art**
- **Bb : béton bitumineux**
- **Gb : Grave bitume**
- **Tuf : Roche poreuse légère**

Listes des figures

Figure I.1. Localisation de la wilaya de Tipaza-Blida..... 2
Figure I.2. Classification sismique des wilayas d'Algérie (RPOA 2008).....4
Figure I.3. Réseau routier de la wilaya de Tipaza.....5
Figure I.4. Localisation du projet.....6
Figure II.1. Schéma des variantes.....11
Figure II.2. le tracé de la variante retenue pour APD.....12
Figure IV.1. Eléments de lothoïde.....27
Figure VI.1. Eléments constitutifs du profil en travers en section courante.....35
Figure VII.1. La méthode utilisée pour calculer les cubatures.....39
Figure VII.2. Méthode de la moyenne des aires (projection horizontale).....40
Figure VII.3. Méthode de la moyenne des aires (projection verticale)……40
Figure VIII.1. Carte géologique de la région……44
Figure VIII.2 Teneur eau……..58
Figure VIII.3 Limitd'atterberg……59
Figure VIII.4 Analyse granulométrique……59
Figure VIII.5 Essai de bleu deméthylène……60
Figure VIII.6 Essai de cisailleme……60
Figure VIII.7 Essai oedométrique…….62
Figure VIII.8 Essai de CBR……..64
Figure IX.1. Démarche du catalogue……. 71
Figure IX.2. zone climatique. …… 72
Figure IX.3. durée de vie. ……72
Figure IX.4. classe TPL pour les réseaux principale ……. 73
Figure IX.5. portance de sol en fonction CBR…… 74
Figure IX.7. structure proposées par le fascicule…… 75
Figure IX.8. Zone climatique ……..……. 77
Figure IX.9. performances mécanique des matériaux bitumineux…… 78
Figure IX.10. le risque du projet ……. 78
Figure IX.11. résultats de calcule par alize…… 79
Figure IX.12. composition de la structure dimensionnement par la méthode CBR……81
Figure X.1. échangeur trèfle complet ……. 85

Figure X.2. échangeur bifurcation (y)…….. 86
Figure X.3. échangeur losnage……. 87
Figure X.4. échangeur demi trèfle …….. 87
Figure X.5. échangeur trompette…… 88
Figure X.6. type de bretelles…….. 89
Figure X.7. zone décélération …… 91
Figure X. .8 zone d'accélération ……. 91
Figure X . 9 distance de visibilité sur une entrée d'autoroute ……. 93
Figure X .10 distance de visibilité sur une sortie d'autoroute…… 93
Figure X .11 vue en plan de l'échangeur……. 95
Figure XI.1. carte représente les bassins versant de notre zone…… 98
Figure XI.2. dimensionnement du dalots……. 103
Figure XI.3 dimensionnement des buses……. 106
Figure XI.4 dimensionnement des fosses standard…….. 108
Figure XII.1. Analyse de stabilité déblais PK (Situation dynamique) ……113
Figure XII.2. Analyse de stabilité déblais PK (Situation **statique**) ……113

Listes des tableaux

Tableau III.1 valeurs du coefficient d'équivalente ……19
Tableau III.2 les valeurs de K1 …….20
Tableau III.3 Les valeurs de K2…… 20
Tableau III.4 les valeurs de la capacité théorique. ……..…..20
Tableau III.5 Résultat de calcule du nombre de voies ……..21
Tableau IV.1 Valeur extrême des alignements droit de tracé en plan ……..25
Tableau IV.2 Valeur minimale de rayon de tracé en plane ……. 26
Tableau IV.3 Paramètres géométrique de tracé en plan…….. 28
Tableau V.1 Les limites des paramètres de profile en long …….. 31

Tableau V.2 Caractéristiques de profile en long. ……..45

Tableau VI.1 Profil en travers type proposé ……37

Tableau VIII.1 Puits de reconnaissance ……47

Tableau VIII.2 Les sondages carottés. ……48

Tableau VIII.3 Résultat des essais pressiométriques (SP15)……. 50

Tableau VIII.4 Résultats des essais pressiométriques (SP17) . ……52

Tableau VIII.5 Résultats des essais pressiométriques (SP18) ……53

Tableau VIII.6 Résultats des essais pressiométriques (SP19). ……...54

Tableau VIII.7 Résultats des essais pressiométriques (SP21) ……56

Tableau VIII.8 Résultats des essais de cisaillement …… 61

Tableau VIII.9 Résultats des essais de compressibilité à l'oedomètre. ……...63

Tableau VIII .10 Résultats des analyses chimiques……65

Tableau VII.11 Classification GTR des échantillons prélèves depuits……66

Tableau IX.1 Risque adopter par le réseau RP1……74

Tableau IX.2 Tableau récapitulatif des couches …… ……. 76
Tableau IX.3 Des performances mécaniques des matériaux bitumineux …….. 79
Tableau X.1 Valeurs des rayons du tracé en plan …….. 89.
Tableau X.2 Condition d'enchainement des éléments du tracé en plan d'un échangeur...90
Tableau X.3 Les valeurs limités des paramètres du profil en long ……91
Tableau X. 4 Les largeurs des composantes du profil en travers ……. 92
Tableau X. 5 Dévers de la chaussée……92
Tableau X. 6 Caractéristique de l'échangeur. ……94
Tableau XI.1 Caractéristiques des bassins versant ……98
Tableau XI.3 Valeurs des paramètres de montana pour différentes périodes. ……100
Tableau XI.4 Interprétation des résultats pour les ouvrages ……102
Tableau XI.5 Valeur de KS selon le guide SETRA…….. 103
Tableau XI.6 Tableau récapitulatif des dimensions des dalots ……98
Tableau XI.7 Vérification des condition d'auto curages …….. 106
Tableau XI.8 Les ouvrages proposées …… 107
Tableau XI.9 Valeur de coefficient de ruissellement. …… 109
Tableau XI 10 Caractéristiques des surfaces de plateforme …….. 109
Tableau XII.1 Les différentes hauteurs des remblais et déblais …… 111
Tableau XII.2 Caractéristiques du déblai de PK 17+875 à 18+375…… 112

Tableau XII.3 Paramètres géotechniques impliqués dans les calculs de stabilité ……112

Tableau XII. 3 Valeurs des Coefficients de sécurité FS…… …… 113
Tableau XIII.1 Caractéristiques des lignes……..…… 118
Tableau XIII.2 Modulation des lignes discontinues…… …… 119
Tableau XIV.1. Emplacement des ouvrages avec leur caractéristiques …..…… 126

Table des matières

Introduction générale

Recherche Bibliographique

CHAPITRE I : PRESENTATION DE PROJET

I Présentation de projet **2**

I.1 Présentation de la wilaya de Tipaza et Blida : 2

I.1.1 Situation géographique 2

- La wilaya de Tipaza : 2
- La wilaya de Blida : 2

I.1.2 Relief : 3

I.1.3 Climat : 3

Température : 3

Pluviométrie : 3

I.1.4 Hydrographie : 3

I.1.5 Sismicité : 3

I.1.6 Réseau routier : 4

I.2 Présentation du projet : 5

I.2.1 Description de la liaison reliant port centre a l'autoroute est-ouest : 5

I.2.2 Site de projet : 6

I.2.3 Présentation du tronçon concerné par l'étude ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.3 Objectifs du projet 7

I.4 Conclusion : **7**

CHAPITRE II RAPPEL SUR L'ETUDE D'APS

II.1 Introduction **9**

II.2 Contexte général **9**

II.3 Contraintes du projet **9**

II.4 Description des variantes de la phase préliminaire: 10

II.4.1 Tracé variante 1 : 10

II.4.2 Tracé variante 2 : 10

II.5 Comparaison entre les variantes : 11

- ❖ Terrassements, ouvrages, coûts de construction : 11
- ❖ Effets sur l'agriculture, périmètres irrigués, infrastructures d'irrigation : 11
- ❖ Fermes pilotes : 11
- ❖ Réseaux d'énergie : 12
- ❖ Ressources en eaux : 12

II.6 Conclusion : **12**

III Etude de trafic : **14**
III.1 Introduction 14
III.2 Les différents types de trafic 14
III.3 Campagne de recensement de trafic : 14
III.3.1 Les comptages : 15
III.3.1.1 Les comptages automatiques : 15
III3.1.2 es comptages manuels : 15
III.3.2 Déroulement des enquêtes : 15
III.4 Résultats de l'étude de trafic 15
III.5 Calcul de capacité : 15
III.5.1 Calcul du (TJMA) horizon : 16
III.5.4 Débit horaire admissible : 17
III.5.5 Calcul du nombre des voies : 17
III.6 Application au projet : **17**
III.6.6 Calcul de l'année de saturation 20
III.7 Conclusion 20
CHAPITRE IV TRACE EN PLAN
IV.1 Définition : 24
IV.2 Règles à respecter dans le tracé en plan : 24
IV.3 Les éléments du tracé en plan 24
IV-4. Stabilité En Courbe : 26
IV-5. COMBINAISON DES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN : 28
IV-6. Enchainement des éléments de trace en plan : 28
IV-7 Tableau Récapitulatif 28
CHAPITRE V **:**PROFIL EN LONG
V.1 Définition 30
V.2 Règles à respecter dans le tracé du profil en long : 30
V.3 Les éléments de composition du profil en long : 30
V.4.Valeurs limites : 30
V.4.1 Déclivités : 31
V.4.1.1. Déclivité minimale 31
V.4.1.2 Déclivité Maximum : 31
V.5 Raccordements en profil en long : 31
V.5.1 Raccordements Convexes (Angle Saillant) : 31
V.5.2 Raccordements Concaves (Angle Rentrant) : 31
V.7 Caractéristiques des rayons du profil en long : 31
V.8 Conclusion : 32

CHAPITRE VI : PROFIL EN TRAVERS

VI.1 Introduction 34
VI.2 Eléments constitutifs du profil en travers 34
VI.2. Pente transversale : 35
VI.3. Profil en travers type du notre projet : 37

CHAPITRE VII : CUBATURE

VII.1 Introduction 39
VII.2 Méthode de calcul des cubatures 39
VII.3 Calcul des cubatures de terrassement : 41

CHAPITRE VIII : ETUDE GEOTECHNIQUE

VIII.1 Introduction : 43
VII.2 Objectifs : 43
VII.3 Contexte géologique : 43
VIII.3.1 Géologie régionale 43
VII.3.2 Climat et hydrogéologie : 44
VIII.4 Moyens de la reconnaissance : 44
VIII.4.1 L'étude des archives et documents existants : 45
VIII.4.2 Essais in situ : 45
VIII.4.3 Essais de laboratoire : 45
Analyses chimiques : 45
Essais mécaniques 46
VIII.5 Résultats et interprétations des essais Géotechniques : 46
VIII.5.1 Essais in situ : 46
V11I. 5.2 Les essais de laboratoire : 56
VIII.5.2.1 Les essais d'identification 56
VIII.5.2.2 Les essais mécaniques 59
- Essai C.B.R (California Bearing Ratio) 63
VIII.6 Condition d'utilisation des sols: 63
VIII.6.1 Les recommandations d'utilisation des matériaux en remblai : 64
VII.6.2 Condition d'utilisation en couche de forme : 64
VIII.7 Conclusion 65

CHAPITRE IX :
DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

IX.1 Introduction 69
IX.2 La chaussée 69
IX.2.1 Définitions 69
IX.2.2 Les différents types de chaussée 69

IX.2.2.1 Chaussée souple : 69
IX.2.2.2 Chaussée rigide : 70
IX.2.2.3 Chaussée semi rigide : 70
IX.3 Méthodes de dimensionnement : 70
IX.4 Application au projet : 71
IX.4.1.1 Classification du trafics poids lourd : 72
IX.4.6 Amélioration de la portance du sol support : 74
IX.5 Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support 76
IX.5.2 Calcul de la déformation admissible de traction (ξt, adm) : 77
IX.6 APPLICATION NUMERIQUE 77
IX.9 Conclusion : 81
CHAPITRE X : CONCEPTION D'ECHANGEUR**83**
X.1 Introduction 84
X.2 Rôle de l'échangeur 84
X.3 Les avantages et les inconvénients de l'échangeur 84
X.4 Règle de conception 84
X.5 Type des échangeurs 85
X.6 Constituons des échangeurs : 88
X.7 Caractéristiques géométriques des bretelles : 89
X.9 Profil en travers d'une bretelle : 91
X.10 Type d'échangeur de notre projet : 94
CHAPITRE XI **:** ASSAINISSEMENT
XI. 1 Introduction 97
XI. 2Objectif de l'assainissement : 97
XI.3 Etude hydrologique : 97
XI.4 Dimensionnement des ouvrages d'assainissement : 99
XI.4.1 Estimation des débits de crue Qmax : 99
XI.4.2 Coefficient de ruissellement : 99
XI.4.3 Estimation du temps de concentration : 99
XI.4.4 Détermination de l'intensité (I) : 100
XI.4.5 La période de retour : 100
XI.5 Détermination des débits d'apport : 100
XI.5.1 Application au projet : 101
XI.6. Interprétation des résultats : **Erreur ! Signet non défini.**
XI.6.1.Pour les ouvrages d'art : **Erreur ! Signet non défini.**
XI.7.1 LES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT : 103
❖ Application au projet : 103

XI.6.2 DIMENSIONNEMENT DES DALOTS : 104
XI.6.3 Dimensionnement des buses : 106
XI.6.4 Dimensionnement des Fosses : 108
XI.8 Calcul de débit d'apport : 110

ETUDE XII :STABILITE DES TALUS

XI.1. Introduction : 112
XI.2. Philosophie de la méthode : 112
XI.3. Analyse de la stabilité des talus : 112
XI.4. Application aux déblais-remblais de notre projet : 112
CONCLUSION : 112

CHAPITRE : XIII SIGNALISATION

XIII.1 Signalisation **115**
XIII.1.1 Introduction 115
XIII.1.2 Objectifs de la signalisation routière 115
XIII.1.3 Règles à respecter pour la signalisation 115
XIII.1.4 Type de signalisation 116
XIII.1.4.1 Signalisation verticale 116
XIII.1.4.2 Signalisation horizontale : 117
XIII.1.5 Application au projet : 119
XIII.1.5.1 Signalisation horizontale : 119
XIII.1.5.2 Signalisation verticale : 120

CHAPITRE XIV :OUVRAGE D'ART

XIV.1 Introduction : 125
XIV.2 Présentation d'ouvrage : 125
XIV.3 Choix de type d'ouvrage : 126
XIV .4 Variantes proposées pour notre tracé : 126
XIV.5 Conclusion 128

CHAPITRE XV: IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XV.1 Introduction : 130
XV.2 Objectifs d'une étude d'impact sur l'environnement : 130
XV.3 Impact du projet sur l'environnement : 131
XV.3.1 Impacts positifs : 131
XV.4 Mesures prises pour minimiser les impacts : 133
XV.4.1 Mesures en phase travaux : 133
XV.4.2 Mesures en phase exploitation : 134
XV.5 Conclusion : 134

XVI. Devis quantitatif et estimatif : **136**
Conclusion générale **138**
Bibliographie **139**

Introduction générale

Les infrastructures de transport, et en particulier les routes, doivent présenter une efficacité économique et sociale. A travers des avantages et des coûts sociaux des aménagements réalisés, elles sont le principal vecteur de communication et d'échange entre les populations et jouent un rôle essentiel dans l'intégration des activités économiques à la vie sociale.

Parmi les problèmes fondamentaux auxquels sont confrontés les projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance de réseau existant par saturation, il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis pour en dessiner les solutions et d'en quantifier précisément les composantes. Cela conduit à mener des études sur le terrain naturel.

Les terrains naturels surtout en phase humide, sont incapables de supporter un trafic soutenu de véhicules lourds, le rôle d'une chaussée est de pallier à cette inaptitude, elle sera constituée par la superposition de plusieurs couches de matériaux. C'est pour la route, l'équivalent des fondations d'une maison qui vont permettre à la couche de roulement de nepas se déformer sous le passage des poids lourds. En effet le sol est incapable de supporter le trafic et le corps de chaussée va répartir les charges roulantes évitant ainsi les déformations dusol support.

En ce qui concerne notre région le projet très important qui sera un maillon fort de cette stratégie autoroutière nationale et qui permettra de relier le port centre de Cherchell à l'autoroute Est-Ouest à partir de l'échangeur au niveau el Hadjout de Blida, ce port doit répondre aux besoins induits par le développement industrielde la région de Tipaza et relancer tout le secteur économique.

Ce sujet de fin d'étude a été proposé par Agence Nationale des Autoroutes de la wilaya de Tipaza, Il devra nous permettre d'évaluer et mettre en pratique les connaissances théoriques acquises durant notre cursus universitaire et de s'adapter avec les différentes étapes de la conception routière.

Ce sujet de fin d'étude à nous permettre d'évaluer et mettre en pratique les connaissances théoriques acquises et de s'adapter avec les différentes étapesde la conception routière.

Recherche Bibliographique
« Le bitume »

❖ Introduction :

Le bitume est un matériau présent naturellement dans l'environnement ou pouvant être fabriqué industriellement après distillation de certains pétroles bruts. Il est composé d'un mélange d'hydrocarbures, peut se trouver à l'état liquide ou solide, et a une couleur brunâtre à noirâtre. Le bitume est liquéfiable à chaud et adhère aux supports sur lesquels on l'applique. Il possède un certain nombre de qualités physico-chimiques dont l'être humain a su faire usage depuis la Préhistoire. Dans le langage courant, on le confond souvent avec la poix, le goudron d'origine houillère, ou l'asphalte routier dont il n'est qu'un composant.

les 3 types de structuration des bitumes :

Les bitumes : des mélanges hydrocarbonés

aliphatique : hydrocarbures à chaîne carbonée ouverte (linéaire ou ramifiée) ;

naphténique : hydrocarbures cycliques saturés ;

aromatique : hydrocarbures à structure cyclique et plane non saturée particulièrement stable comme le benzène.

❖ Historique :

De l'Antiquité à la révolution industrielle ,Il était connu à cette époque, pour cet usage (étanchéité), sous le nom de « bitume de Judée » notamment des Égyptiens, Hébreux et Sumériens car il existait à l'état naturel sur les bords de la mer Morte (mais aussi de la mer Caspienne). Il avait déjà de multiples emplois:

liant;

produits pharmaceutiques - servant notamment à la conservation des momies égyptiennes - et cosmétologiques;

mais surtout, et ce dans tout le bassin méditerranéen, au calfatage des navires.

C'est également grâce au bitume de Judée que Nicéphore Niépce inventera la photographie à Saint-Loup de Varennes en 1824.

En 1627, une lettre patente autorisa son exploitation commerciale à Pechelbronn, en Alsace, d'une source qui produisait une « huile de pierre » réputée pour ses propriétés thérapeutiques.

En 1741 fut constituée la première société pétrolière de l'histoire, pour exploiter à côté de la source une veine de sable bitumineux dont on tirait une graisse apte à remplacer le « vieux oing » et le suif. Le roi Louis XV, conscient de l'intérêt de cette exploitation, la confia par lettre patente du 5 août 1772 à un certain Le Bel. Cette société créera Antar en 1927.

De nos jours

En construction routière, il sert de liant pour la réalisation de matériaux enrobés à chaud, tels que les bétons bitumineux ou les graves bitumes. Il entre également dans la fabrication d'enduits superficiels sous forme d'émulsion ou bien fluidifié par un solvant.

❖ Propriétés physico-chimiques :

Les qualités physiques et chimiques du bitume en ont fait un matériau de toute première importance.

Il possède un grand pouvoir agglomérant car il adhère à la majorité des matériaux usuels : pierre, béton, bois, métal, verre.

C'est un excellent isolant thermique et électrique.

Il est léger, ductile et souple. Du point de vue mécanique, il se comporte comme un matériau plastique ou élastique.

Il est insoluble dans l'eau, mais l'on peut en obtenir des solutions dans de nombreux solvants organiques. Il est pratiquement inerte vis-à-vis de la plupart des agents chimiques usuels.

Ses propriétés peu courantes et la complexité de sa composition ont d'abord conduit à introduire des essais empiriques destinés à repérer les différentes variétés obtenues, mais l'importance et la multiplicité des applications qui en sont faites ont ensuite amené producteurs et utilisateurs à l'étudier plus complètement.

- **Les types de bitume :**

- **Bitume naturel d'extraction de carrière**

Le bitume existe à l'état naturel sous forme de résidu d'anciens gisements de pétrole dont les éléments les plus légers ont été éliminés au cours du temps par une sorte de distillation naturelle. Extraits soit à ciel ouvert, les gisements se présentent alors comme de véritables lacs. Le bitume peut aussi se présenter sous forme de filons en sous-sol. Le plus connu de ces bitumes naturels est le bitume de Trinidad qui relève du premier type de gisement.
La production mondiale est très faible puisqu'elle ne dépasse pas 200 000 t.
Les bitumes naturels ne sont guère utilisés que comme ajouts pour certaines utilisations particulières, compte tenu de leurs caractéristiques spécifiques (aptitude à être colorés, effet stabilisateur pour les asphaltes coulés...).

- **Le bitume de Trinidad épuré**

est extrait par raffinage, il contient une partie minérale, sa masse volumique est voisine de 1,40 g/cm3, la pénétration à 25 °C est comprise entre 1 1/10 mm et 4 1/10 mm, et la température bille-anneau supérieure à 90 °C. (Le bitume « soluble » a une pénétration standard de 3 à 12 1/10 mm et une température bille-anneau comprise entre 68 et 78 °C).
Poudre de Trinidad 50/50
C'est un mélange composé de 50 % de bitume de Trinidad épuré et de 50 % de filler calcaire.

- **Gilsonite :**

La Gilsonite est un hydrocarbure naturel, qui se présente sous forme de 0/2. La masse volumique est de 1,05 g/cm3, la pénétration standard est voisine de 0 (1/10 mm) et la température bille-anneau supérieure à 150°C. Le dosage va de quelques pour-cent à 10 % des granulats secs.

- **Bitume brut dérivé du pétrole**

Les bruts à bitume sont des bruts lourds venant du Venezuela (Boscan, Bachaquero, Lagunillas et Tia Juana) ou du Moyen Orient (Safaniya (ou Arabe lourd) et Kuwait).
Ces bitumes comprennent les bitumes purs normalisés (norme NF EN 12591) et les bitumes spéciaux divisés en bitumes de grade « dur » (NF EN 13924) et en bitumes à susceptibilité améliorée.

- **Bitume fluidifié**

Un bitume fluidifié, ou cut back, est un bitume dont on a réduit la viscosité en lui ajoutant un diluant assez volatil (du pétrole ou du kérosène par exemple).

- **Bitume fluxé**

Un bitume fluxé est un bitume dont la viscosité a été réduite par l'ajout d'une huile de fluxage.

❖ La classification de bitume :

Plus la valeur absolue de la pénétrabilité est grande plus le bitume est mou.
En Europe, les bitumes sont définis par leur classe de pénétrabilité dont l'appellation correspond à sa borne inférieure et à sa borne supérieure
En France, les classes les plus utilisées sont : 20/30 – 35/50 – 50/70 – 70/100 – 160/220, pour les bitumes classiques.
Pour les bitumes de grade dur, les classes retenues sont : 10/20 et 15/25.
La détermination de la pénétrabilité peut se faire à d'autres températures mais en conservant identiques tous les autres paramètres. Dans ce cas, il est possible de tracer l'évolution de la pénétrabilité en fonction de la température et de calculer un indice de pénétrabilité très utile pour apprécier la susceptibilité thermique du bitume

❖ Utilisation :

On utilise pratiquement les bitumes ainsi préparés sous trois formes différentes :
telles quelles ;

- sous forme de cut-backs : bitumes fluidifiés par addition de solvants volatiles ;
- sous forme d'émulsion aqueuse ou émulsion de bitume.
- La combinaison de ces divers procédés permet d'obtenir une gamme très étendue de produits pouvant répondre aux exigences variées d'utilisations très différentes.

Mélangé avec des éléments fins (comme le sable),

- il est utilisé comme produit d'étanchéité dans le bâtiment ou le génie civil.

Les caractéristiques physiques des bitumes sont généralement décrites par divers paramètres dont la température de ramollissement (la "méthode bille-anneau" ou la méthode Kraemer-Sarnow) et la dureté (méthode de la Pénétration).
Tous les bitumes sont entièrement dissous par le sulfure de carbone.
Le bitume est transporté en mer sur les bitumiers.

❖ Consommation de bitume :

Environ 90 % du bitume produit dans le monde est utilisé pour la construction routière. Les consommations de bitume sont donc largement proportionnelles à l'importance des réseaux routiers, à leur développement et à la qualité de leur entretien. L'Amérique du Nord, avec son immense réseau, vient largement en tête, suivie de l'Europe, où la croissance des échanges commerciaux entraîne une forte demande de développement des infrastructures routières. En Asie, le bond en avant de l'économie chinoise dope la demande depuis plusieurs années.
En Europe, les pays les plus gros consommateurs sont la France, l'Allemagne, l'Italie et l'Espagne. L'Allemagne est le pays qui consomme le plus de liants modifiés. Le tableau ci-dessous présente la consommation de bitume à usage routier en 2006.

Consommation de bitume à usage routier en Europe en 2006

❖ Les risques du bitume et de ses fumes :

Le bitume est une matière très visqueuse noire qui provient de la distillation fractionnée du pétrole. Le bitume a remplacé le goudron issu de la distillation de la houille, car ce dernier est classé cancérogène (pouvant provoquer des cancers cutanés, du poumon et de la vessie).
En 1985, les fumées de bitume ont été classées 2B par le CIRC, Centre international de recherche contre le cancer. La seule classification réglementaire en France est celle de l'Union européenne.
En effet, Les facteurs de risque de cancer lors de la mise en oeuvre de bitume

Ce sont :

- la présence d'HAP dosable,
- des extraits de bitume de distillation directe classée 2B,
- le naphtalène (HAP) classé C3,
- le gazole classé C3.

Le groupe 3 dans le liste du CIRC correspond aux produits qui ne peuvent être classés du point de vue de leur pouvoir cancérogène chez l'homme.

Pour évitée c`est impacts il doit faire :

La prévention pour les activités liées au bitume consiste à baisser les températures de mise en œuvre des enrobés ou à utiliser des engins équipés de systèmes de captage des fumées.

- **Conclusion :**

Le bitume est donc un produit utilisé et nécessaire depuis l'Antiquité puisque nous lui devons des avancées considérables comme la peinture, l'isolation, la photographie ou encore la construction de notre réseau routier. Aujourd'hui, 85% du bitume exploité chaque année est utilisé pour la construction des routes. Du fait de ses performances inégalables ,son utilisation dans le monde la route a permis de régler le problème de la poussière sur les voiries causée par la circulation sur le macadam. Progressivement, des revêtements bitumineux ont recouverts des routes dans le monde entier, presque toutes les routes. C'est alors naturellement, via ses nombreuses propriétés incontestables, que le bitume remplaça le goudron après la Seconde Guerre mondiale. De ce fait, son industrialisation fut inévitable et irremplaçable.

CHAPITRE I :

PRESENTATION DE PROJET

I Présentation de projet

I.1 Présentation de la wilaya de Tipaza et Blida :

I.1.1 Situation géographique

La zone d'étude couvre administrativement les wilayas de Tipaza et Blida.

- **La wilaya de Tipaza :**

La Wilaya de Tipasa est située à l'Ouest d'Alger au Nord du Tell central, elle est limitée :

- ✓ Au Nord par la mer méditerranée .
- ✓ À l'Ouest par la wilaya de Chlef .
- ✓ Au Sud-ouest par la Wilaya d'Ain-Defla .
- ✓ Au Sud par la Wilaya de Blida et .
- ✓ A l'Est par la Wilaya d'Alger.

- **La wilaya de Blida :**

La wilaya de Blida est située dans le Tell central, elle est délimitée :

- ✓ Au nord, par les wilayas d'Alger et de Tipaza .
- ✓ A l'est, par les wilayas de Boumerdès et de Bouira.
- ✓ A l'ouest, par la wilaya d'Aïn Defla .
- ✓ Au sud, par la wilaya de Médéa.

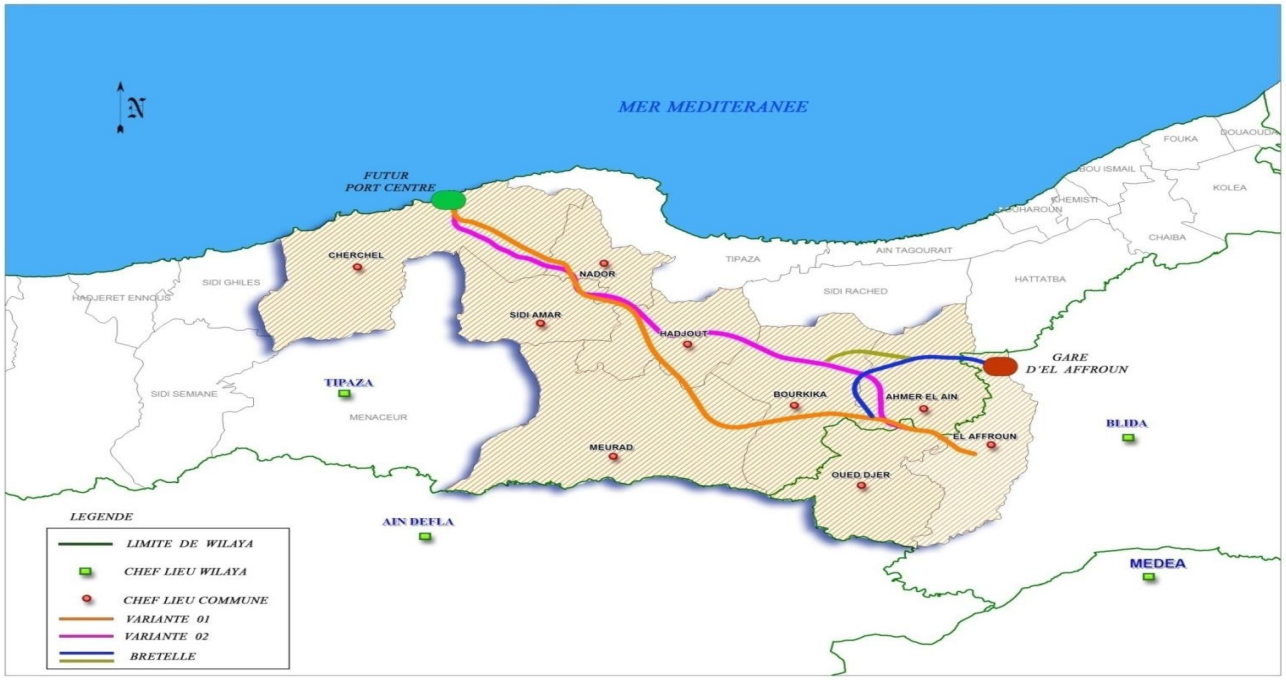


Figure I.1. Localisation administrative du projet

I.1.2 Relief :

Le territoire de la wilaya de Tipaza couvre une superficie de 1 707 km^2 qui se répartit en :

- montagnes : 336 km^2 .
- collines et piémonts : 577 km^2.
- plaines : 611 km^2 .
- autres : 183 km^2.

I.1.3 Climat :

La zone d'étude est caractérisée par un climat de type méditerranéen à été chaud et sec et à hiver doux et humide.

Température :

Les températures sont assez clémentes avec une moyenne annuelle qui varie entre 17°et 18°C en raison de l'influence du littoral, néanmoins la température moyenne en hiversest de 11°C entre le mois de décembre et février, et elle est de 25°C en été entre le moisde juin et aout.

Pluviométrie :

Les précipitations moyennes enregistrées par la station de Ahmer El Ain font ressortir une pluviométrie annuelle de 640 mm.

I.1.4 Hydrographie :

La climatologie de la zone d'étude lui confère un réseau hydrographique constitué de plusieurs courts d'eau permanents ou temporaires qui sont nés dans l'atlas Blédien et ledjebel Zaccar. Ils traversent la plaine du sud vers le nord aussi directement que possible, et franchissement le sahel par des cluses pour enfin aboutir à la mer.

I.1.5 Sismicité :

La zone d'étude est caractérisée par une sismicité élevée classée en zone III d'après le R.P.A.99/révisé en 2003.

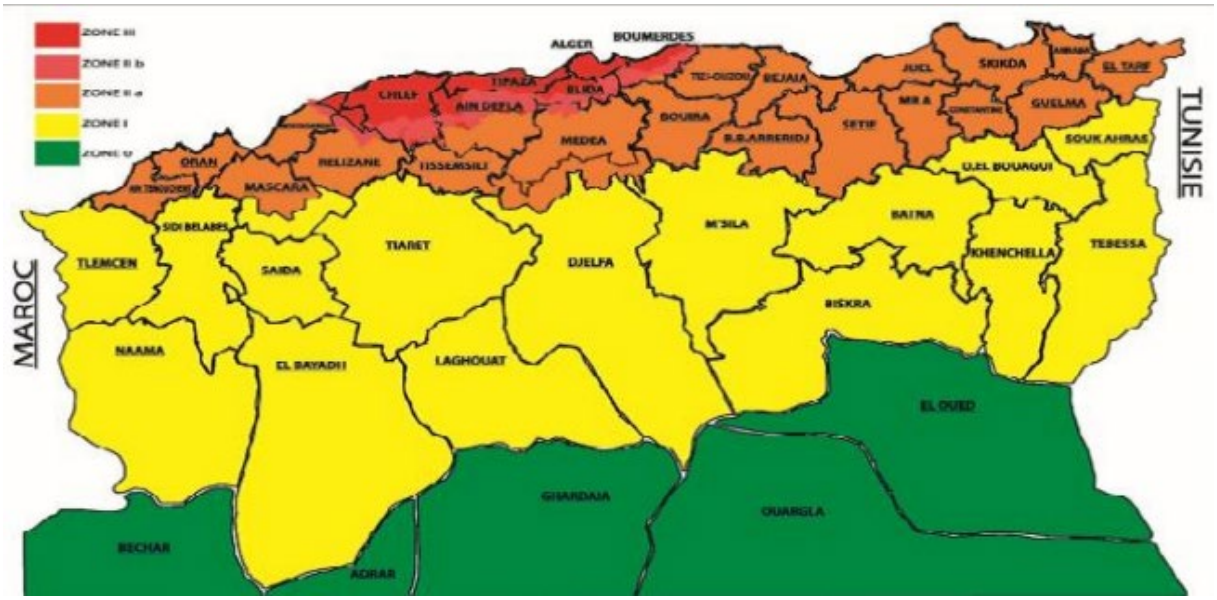


Figure I.2.Classification sismique des wilayas d'Algérie (RPOA 2008).

I.1.6 Réseau routier :

Le réseau routier de la wilaya de Tipaza totalise 1714km dont 03 km Route dédoublé, 70km autoroute, 247 route nationale, 265km chemin de wilaya et 1129 km chemins communaux dont576 km non revêtus soit 51%. Ce réseau dispose de 95 ouvrages d'arts dont 39 en bon état, 27 en état moyen et 29 en mouvais état.

Les axes routiers d'importance nationale sont : La R.N 11 (Alger-Tipasa-Cherchell- Ténès-Mostaganem-Oran) : Axe côtier Est- Ouest d'importance nationale drainant un nombre important de véhicules.
Les axes routiers d'importance régionale sont : La voie express Douaouda- Cherchell qui a été ouverte à la circulation de façon graduelle et dont il ne reste que le dernier tronçon, en cours de réalisation entre Oued EL Bellah et Sidi Ghilés (contournement de la ville de Cherchell).

Par ailleurs, d'autres projets tels que l'étude de dédoublement de la RN 42 Hadjout-Boumedfaa (wilaya de Ain Defla), l'étude de la réhabilitation de la RN66 sur 18 Km (de Menaceur à la limite de la wilaya d'Ain Defla au Sud), contribueront à insérer la wilaya dans soncadre région.

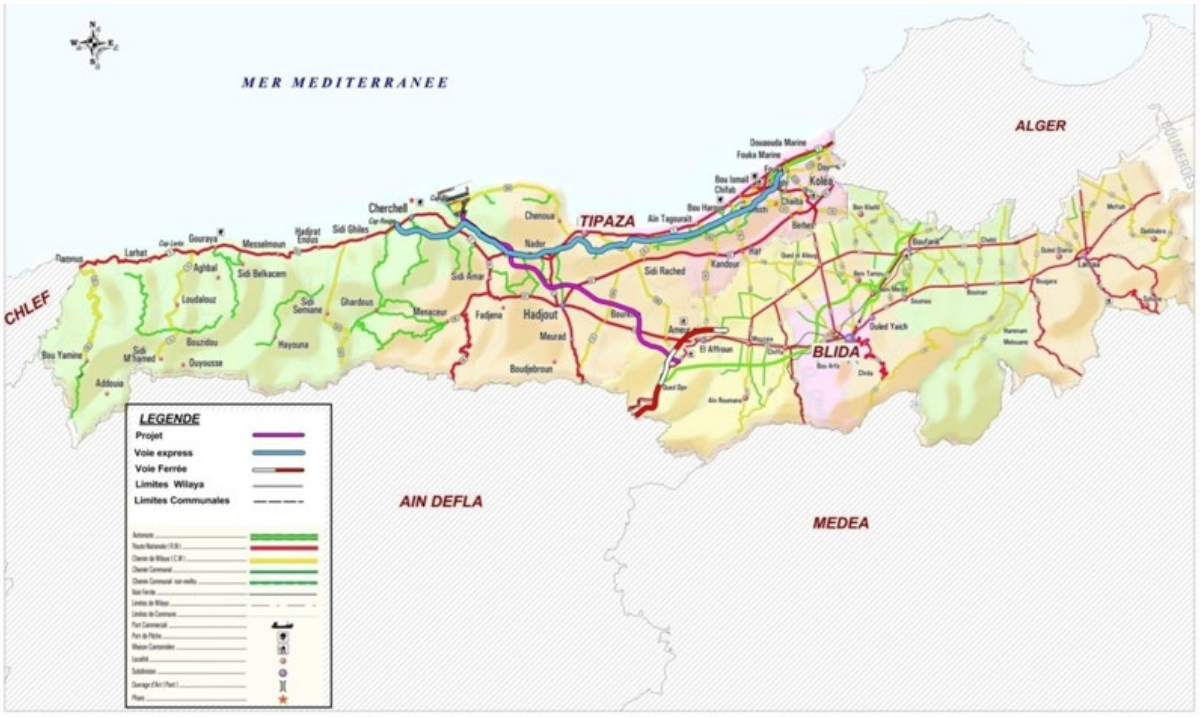


Figure I.3 réseau routière de la wilaya de Tipaza.

I.2 Présentation du projet :

I.2.1 Description de la liaison reliant port centre à l'autoroute est-ouest :

Le tracé prend origine au niveau de l'entrée principale du port centre de Cherchell au PK 0+075 travers le nouveau rétablissement de oued el Hachem par un ouvrage d'art ensuite au PK 0+450 franchit le CW 109 ou est projeté un ouvrage d'art

Le tracé s'oriente vers le sud-est en passant en parallèle a la voie express sur un linéaire d'environ 7 kms traversant un relief moyennement vallonne ensuite le trace croise la RN11 au pk7+325 qui sera rétablie afin de corriger le rayon et le biais de l'ouvrage projeté at aussi la voie express au PK 8+283, puis il s'oriente vers le Sud pour se diriger vers la ville de Hadjout en la contournant par le nord au niveau du PK 18.

Ensuite le tracé passe parallèlement à la route nationale N40 de son côté nord sur un linéaire d'environ 12 kms.

Dans cette section le tracé croise la RN 42 deux fois aux pk17+075 et 29+518, le CV03 ; la RN67 et le CW 104 successivement au pk 18+069, pk 18+937 et au pk24+624, il est à noter aussi que le trace croise le chemin de fer Alger -Boumadfaa au PK 36+428 et se raccorde a l'autoroute est -ouest en projetant un échangeur type diffuseur.

I.2.2 Site de projet :

Le projet de la liaison reliant le Port Centre à l'Autoroute Est Ouest avec une bretelle vers la gare ferroviaire d'El Affroun, est localisé administrativement dans les limites des wilayas de Blida et Tipaza. Il s'étend sur le territoire de deux (02) communes de la wilaya de Blida, à savoir : **Oued Djer** et **El Affroun** et cinq (05) communes de la wilaya de Tipaza, à savoir: **Cherchell, Sidi Ammar, Hdjout, Bourkika** et **Ahmer El Ain,** avec une longueur d'environ 38 Km.

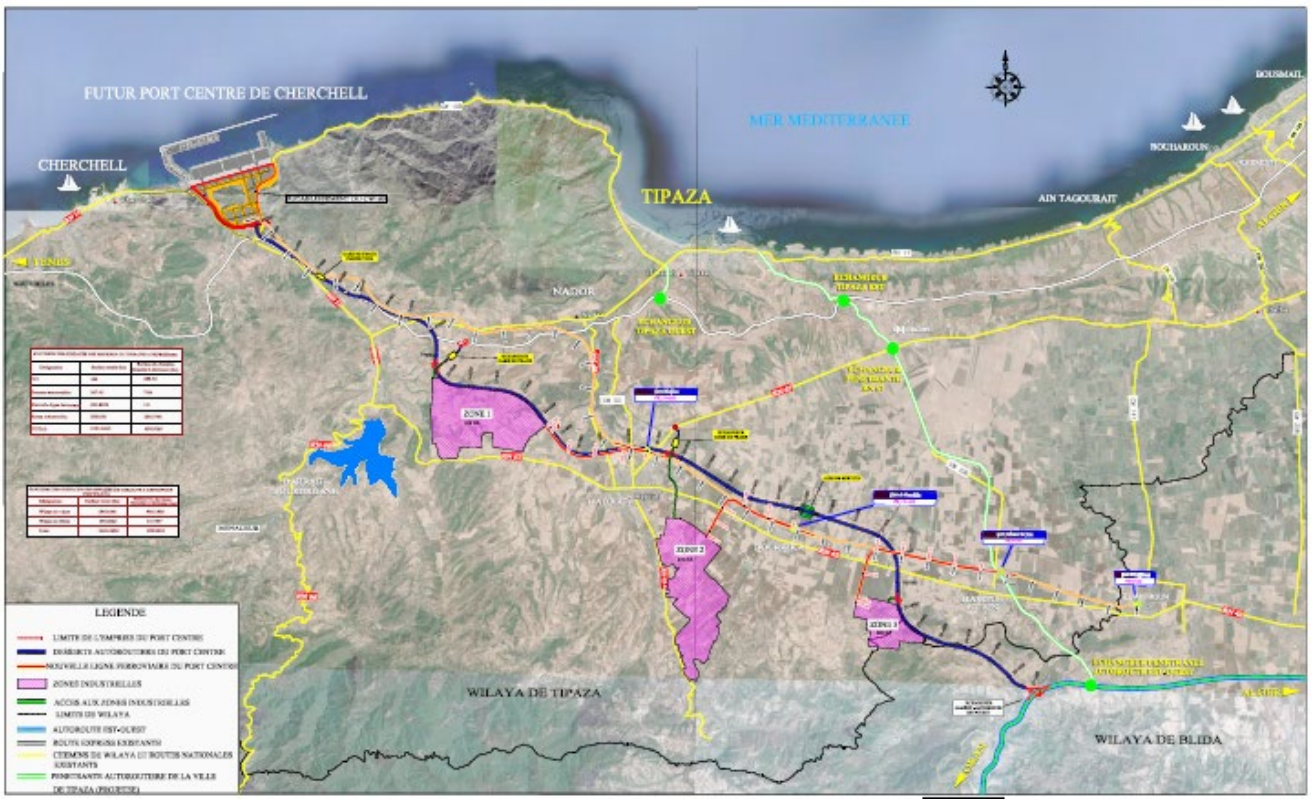


Figure I.4. Localisation du projet

I.3 Objectifs du projet

L'étude de la liaison reliant le port centre a l'autoroute est-ouest avec un échangeur

- Réduire le nombre d'accidents.
- Offrir une capacité suffisante à répondre à la demande de transport qui ne cesse pas de croitre.
- Réduire les coûts de transport
- Aider au développement socio- économique des zones desservies.
- Créer de valoriser les richesses locales.
- Augmenter le gain de temps pour les usagers.
- Promouvoir le tourisme de la région de Tipaza

I.4 Conclusion :

Le projet a pour but de concevoir en phase APD (avant-projet détaillé) un tronçon autoroutière située au PK 17+000 jusqu'au PK27+000 reliant le port centre de Cherchell à l'autoroute Est - Ouest avec la conception d'un échangeur au PK 21+025 à PK 21+775 de 750m.

CHAPITRE II :

RAPPEL SUR L'ETUDE D'APS

II. Rappel sur l'Etude D'APS :

II.1 Introduction

La phase Avant-projet sommaire consiste à étudier plus profondément les variantes retenues de l'étude préliminaire. L'échelle de la carte topographique et géologique, permettant de finir cette étape, est de 1/5000. On devra comparer entre ces deux dernières par l'ensemble des critères suivants :

- Les contraintes du site.
- Le coût du projet.
- Les difficultés trouvées lors du choix des tracés (caractéristiques techniques).
- Comparaison des impacts sur l'environnement.

Finalement après cette analyse multicritère, une seule variante sera gardée pour entamer la phase APD.

II.2 Contexte général

Ce projet occupe une zone géographique stratégique car il relie le port centre de Cherchell et autoroute este ouest 38km ; notre projet la liaison reliant port a l'autoroute est-ouest sur 10 kms.

II.3 Contraintes du projet

Les contraintes et les sensibilités des éléments environnementaux, étudiées dans le cadre de présent projet, s'articulent autour des paramètres suivants : la topographie, le réseau hydrographique, la géologie, le climat, la pédologie et l'occupation du sol, le couvert végétal, les terres agricoles et les réseaux divers.

- Des constructions privées à droite et à gauche de la route.
- La plain alluviale d'oued EL hachem.
- La vallée de l'oued Djer c'est une zone représenter par une forte aptitude agricole.
- Bassins et forages situés à proximité du tracé.
- Des lignes électriques.
- Puits localisés dans la zone d'influence du projet.
- La perturbation de des fermes portera un préjudice important sur la vocation principale de la wilaya.
- Des lignes électriques de très haute, haute et moyenne tension ;
- Des conduites d'alimentation en eau potable ;
- Des conduites d'assainissement
- Des conduites d'irrigation ;
- Des gazoducs.
- Instabilité tectonique

II.4 Description des variantes de la phase préliminaire:

II.4.1 Tracé variante 1 :

Le tracé prend origine au niveau de l'embouchure de l'oued El Hachem et oued El Bellaa endroit supposé du plan de situation de ce port et s'oriente vers le sud pour venir se placer en parallèle à la voie express sur un linéaire d'environ 07 km traversant un relief vallonné, ensuite le tracé franchi la voie express et s'oriente vers le sud pour se dirigé vers la ville de Hadjout en la contournant par le nord au niveau du PK18. Cette partie du tracé traverse un relief vallonné à fortement vallonné caractérisé par des terres agricoles et des circonscriptions de forêts d'un linéaire d'environ 10 km eninterceptant à deux reprises la ligne haute tension ainsi que le CW 103 .

Ensuite le tracé vient se placer parallèlement à la route nationale N°42 de son côté nord sur un linéaire d'environ 12 KM dans un relief quasiment plat empiétant des terrains agricoles à fort rendement (la plaine de Mitidja) dont la traversée des périmètres irrigués est inévitable, ceci jusqu'à la ville de Hameur El Ain endroit où le tracé vire vers le sud afin d'éviter le PDAU de cette dernière au niveau du PK 32 en la contournant pour traverser un relief relativement difficile sur un linéaire approximatif de 06 km pour se raccorder à l'autoroute Est-Ouest par un échangeur approprié au PK 38.

L'alternative recommandée consiste à se brancher directement à l'autoroute Est/Ouest par un échangeur dédié exclusivement à la liaison.

II.4.2 Tracé variante 2 :

Elle vient comme solution de substitution à la variante n°1.
Le tracé de cette dernière se développe quasiment sur les piémonts de montagne traversant un relief très vallonne à accidente en évitant ainsi d'empiéter sur les périmètresirrigués et les terres agricole à fort rendement en passant au sud de la ville de Meurad située elle-même au sud de Hadjout et au nord de l'agglomération du Sahel.
En contre partie cette variante engendrera plus d'ouvrages d'arts et des ouvrages hydrauliques ainsi que des volumes de terrassement plus importants par rapport à la variante n°1.
A noter que la bretelle prévue qui reliera la desserte à la gare ferroviaire d'El Affroun sera prolongée d'environ 4 km traversant de ce fait la RN42, la ferme pilote de Belalia sur une linéaire de 1,2 km ainsi que des lignes électriques haute et très haute tension.
Cette variante aura un linéaire d'environ 38 km avec une bretelle vers la gare de12 kms.



Figure II.1.Schéma des variantes.

II.5 Comparaison entre les variantes :

- **Terrassements, ouvrages, coûts de construction :**

Du fait de son linéaire important, et de son passage sur des terrains vallonnés, la variante2, est la plus contraignante en termes de volumes de terrassements et d'excédents de matériaux déblais/remblais.
Elle représente la variante la plus couteuse, vu que cette dernière générera aussi la réalisation d'un grand nombre d'ouvrage d'arts et de franchissements.

- **Effets sur l'agriculture, périmètres irrigués, infrastructures d'irrigation :**

La variante 1 est très contraignante pour plusieurs exploitations qui représentent une bonne valeur agronomique, en particuliers celles situées dans les deux périmètres irrigués Mitidja Ouest et Sahel Algérois. Le morcellement de la majorité des parcelles agricoles ainsi que la réduction de la production notamment l'arboricole, la viticole, le maraichère et les grandes cultures peuvent être pénalisants pour les agriculteurs.
La variante 2 génère des impacts plus modérés

- **Fermes pilotes :**

Le passage des deux variantes de tracé sur les fermes pilote, portera d'énormespréjudices sur les productions agricoles de ces dernières. Les fermes pilote en questionà savoir :
Fkairi, Belalia et Semiani ne pourront plus assurer leurs missions convenablement comme la production des semences, la vulgarisation et surtout la conservation des ressources génétiques.
Cela dit, la variante 2 portera moins de préjudices par rapport à la variante 1.

❖ **Réseaux d'énergie :**

L'inconvénient des deux variantes, est l'interférence inévitable avec les réseaux d'énergie en particulier les lignes électriques à haute et très haute tension et les gazoducs.

❖ **Ressources en eaux :**

Les ressources en eaux, la variante 2 traverse plus d'oued par rapport à la variante 1

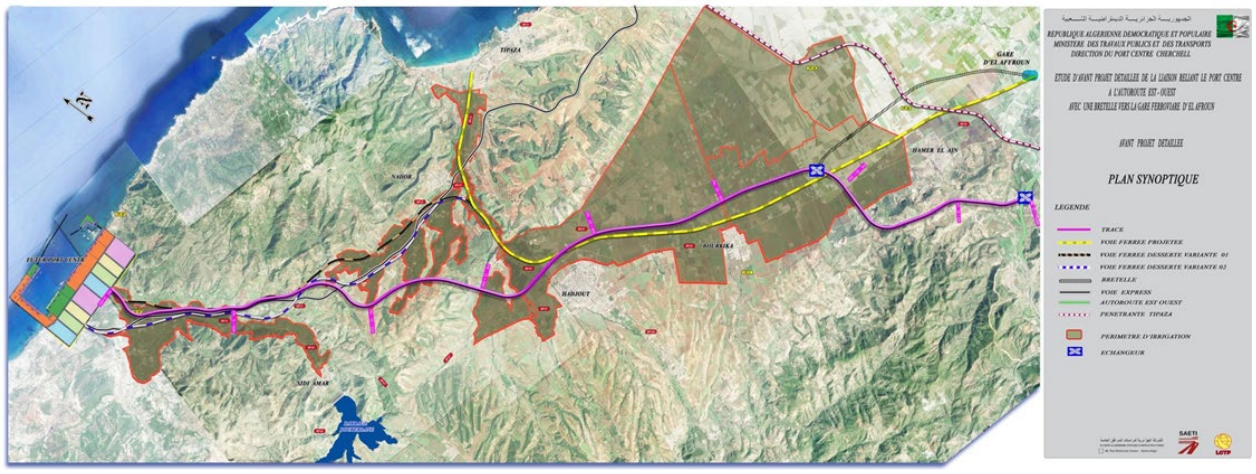


Figure II.2 Trace de la variante retenue pour l'étude d'avant projet (variante 02)

II.6 Conclusion :

A l'issu de la comparaison multicritère effectuée sur les deux variantes, il l'en résulte que la variante n°2 présente une meilleure note en particulier l'empiétement sur les terres, à très fort rendement agricole ainsi que la traversée des périmètres irrigués. Malgré quele cout de construction de la variant n°1 est moindre par rapport à celui de la variante n°2étant donnée que la valeur des terres agricoles est inestimable et le projet du périmètre irrigué a valu des milliards pour l'état.

CHAPITRE III :

ETUDE DE TRAFIC

III Etude de trafic :

III.1 Introduction

Lors de l'élaboration des projets de transport et de réseaux routiers , la définition des objectifs et des moyens a mettre en œuvre passe nécessairement par la connaissance et la compréhension des pratiques de déplacement , du trafic actuel et futur. pour pouvoir effectuer de telles études, il est nécessaire de mettre en ouvre des méthodologies d'estimation de trafic et des condition de fonctionnement souvent basées sur la modalisation .

Une étude du trafic est une phase fondamentale qui doit intervenir a l'amont de toute réflexion relative a un projet routier . Elle permet de déterminer l'intensité du trafic et son agressivité (poids lourd) .le dimensionnement du corps de chaussée nécessite la connaissance du trafic journalier moyen annuel (TJMA)ainsi que sa réparation sur les différentes catégories des véhicules.

Elle consiste un moyen crucial de saisir les grandes flux à travers un pays ou une région.

III.2 Les différents types de trafic

On distingue quatre types de trafic :

- **Le trafic normal :** C'est le trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau projet.
- **Le trafic dévié :** C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. La déviation du trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.
- **Le trafic induit :** C'est le trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.
- **Le trafic total :** C'est la somme des trois trafics précédents : le trafic normal, induit et dévié.

III.3 Campagne de recensement de trafic :

L'étude du trafic est une étape importante dans la mise au point d'un projet routier, elle consiste à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route (volume, composition, conditions de circulation, saturation, origine et destination).

Ils existent plusieurs manières qui permettent de recueillir des informations de nature et d'intérêt variable en ce qui concerne les trafics, Cette étude débute par le recueil des données, et pour cela, on utilise plusieurs méthodes, ces méthodes peuvent être classées en deux catégories :

- Une qui est quantitative : les comptages (manuels ou automatiques), mesure le nombre de véhicules, composition du trafic.
- Une qui est qualitative : les enquêtes de circulation (origine, destination).

III.3.1 Les comptages :

C'est l'élément le plus important de l'étude de trafic, on distingue :

III.3.1.1 Les comptages automatiques :

Permanent ou temporaire, les comptages automatiques de trafic ont été effectués sur une période d'une semaine complète à l'aide des matériels de mesure.

L'inconvénient de cette méthode est que quelques matériels de comptage utilisés maintenant ne détectent pas la différence entre les véhicules légers et les poids lourds, d'où la nécessité d'un comptage manuel.

III3.1.2 es comptages manuels :

En parallèle au comptage automatique, des agents recenseurs effectuent un comptage manuel de classification à différentes périodes de la journée, ils sont équipés de feuilles de comptage sur lesquelles ils reportent le nombre de véhicules par catégorie, qui permet donc de connaitre le pourcentage du poids lourd.

Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.J.M.A).

III.3.2 Déroulement des enquêtes :

Les informations recueillies à travers les comptages doivent être complétées par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux, les enquêtes permettent de recenser les flux de trafic inter zonaux, en définissant leur origine et destination. On peut recourir à plusieurs méthodes mais les enquêtes 'origine- destination' sont les plus souvent utilisées, elles se déroulent parallèlement aux comptages manuels.

Les agents enquêteurs sont chargés d'intercepter un échantillon d'automobilistes de chaque catégorie, et de les interroger sur leurs origines et destinations des déplacements.

III.4 Résultats de l'étude de trafic

Ce projet d'étude s'agit d'une autoroute et d'après des les différentes études de comptage de trafic récemment effectuées (l'année 2022).

III.5 Calcul de capacité :

Définition :

On définit la capacité de la route par le nombre maximal des véhicules qui peuvent raisonnablement passer sur une section donnée d'une voie dans une direction avec des caractéristiques géométriques et de circulation pendant une période bien déterminée, elle s'exprime sous forme d'un débit horaire.

Elle dépond des points suivants :

- La condition de trafic.
- La condition météorologique.
- Des caractéristiques géométriques de la section considérée (nombre et largeur des voies).
- Le type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire.

III.5.1 Calcul du (TJMA) horizon :

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

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

- **$TJMA_h$** : le trafic à l'année horizon.
- **$TJMA_0$** : le trafic à l'année de référence « année de comptage ».
- **n** : nombre d'année.
- **τ** : taux d'accroissement du trafic (%).

III.5.2 Calcul des trafics effectifs :

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (U.V.P) en fonction du type et l'environnement de la route. Pour convertir les PL en (U.V.P), on utilise des coefficients d'équivalence, la formule pour exprimer le trafic effectif est :

Teff = [(1 – Z) + PZ]. TJMAh

- **Teff** : trafic effectif à l'horizon en (UVP/J)
- **Z**: pourcentage de poids lourds (%).
- **P**: coefficient d'équivalence.

III.5.3 Débit de pointe horaire normale :

Le débit de pointe horaire normale est une fraction du trafic effectif à l'horizon ,il et exprimé en uvp/h, il est donné par la relation :

$$Q=(1/n) .Teff$$

Avec :

a) **1/n**=0.12
b) **Q**: débit de pointe horaire
c) **n**: nombre d'heure.

III.5.4 Débit horaire admissible :

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

$$Qadm = K1.K2.Cth$$

Avec :

- **K1** : coefficient lié à l'environnement.
- **K2** : coefficient de réduction de capacité.
- **C_{th}** : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régimestable (pour une chaussée séparée C=1800 UVP/h).

III.5.5 Calcul du nombre des voies :

Pour déterminer le nombre de voie par chaussée, on prend le nombre le plus proche du rapport : $S.Q / Q_{adm}$

Avec :

- **S** : coefficient de dissymétrie = 2/3.
- **Q_{adm}** : débit admissible par voie

III.6 Application au projet :

En se basant sur les données de l'étude de trafic faite par S,A,E,T,I pour la liaison reliant le port centre de Cherchell a l'autoroute Est-Ouest.

Les données :

- $TJMA_{2022}$=**7500 véh/j/sens**
- Vitesse de base : **110 Km/h** ;
- Catégorie : **L1**
- Environnement : **E2**.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté **T= 4%**
- On prend un pourcentage de poids lourds de : **Z= 30%**
- L'année de mise en service =**2025**
- La durée de vie de **20ans**.

Pour le trafic à l'année 2022 :

TJMA (2022) =7500 v/ j/ sens

Projection future de trafic :

- **Trafic à l'année de mise en service :**

$$TJMA(2025) = TJMA_{2022}(1+\tau)^n$$
$$= 7500 \times (1+0.04)^3$$
$$= 8436 \text{ v/ j/ sens}$$

III.6.1 Le trafic à l'année horizon

Trafic à l'année horizon (2045) pour une durée de vie de 20 ans :

$$TJMA(2045) = TJMA_{2025}(1+\tau)^{20}$$
$$= 8436 \times (1+0.04)20$$
$$= 18485 \text{ v/ j/ sens}$$

III.6.2 calcule le trafic effectif

$$Teff = [(1 - Z) + PZ]. TJMAh$$

Le coefficient d'équivalence (p) pour poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristiques de la route est donné par le tableau suivant :

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

Tableau III.1 Valeurs du coefficient d'équivalence « P »

P=6 car on a (une route à bonne caractéristique et E2).

$$Teff_{2045} = [(1 - Z) + PZ]. TJMA(2045)$$
$$= [(1 - 0.30) + 6*0.30].18484$$
$$= 46210 \text{ uvp /j/ sens}$$

III.6.3 débit de pointe horaire :

Q_{2045}= 0.12× $T_{eff\ 2045}$

Q_{2045}= 0.12× 46210 = 5545

Q2045 = 5545 uvp/h/2sens

III.6.4 Débit admissible :

Qadm = K1.K2. Cth

Les coefficients K_1, K_2 et la capacité théorique sont donnés par les tableaux suivants :

Tableau III.2 Les valeurs de K1.

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau III.3 Les valeurs de K2.

Environnement	E1	E2	E3
Cat1	1	0.99	0.91
Cat2	1	0.99	0.95
Cat3	1	0.99	0.97
Cat4	1	0.98	0.96
Cat5	1	0.98	0.96

Tableau III.4 Les valeurs de la capacité théorique.

	Capacité théorique (UVP/h)
Route à 2 voies de 3.5 m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3.5 m	2400 à 3200
Route a chaussée séparée	1500 à 1800

D'âpres les tableaux, on utilise les valeurs suivantes :

- **K_1**=0.85 .
- **K_2**=0.99 .
- **C_{th}**=1800uvp/h .

Qadm = 0.85 x 0.99 x 1800= 1515(uvp/h) par voie.

III.6.5 Le nombre des voies :

Cas d'une chaussée unidirectionnelle Pour ce cas c'est une pénétrante donc une chaussée unidirectionnelle Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport.

$$N = S.\ Q_{2045}/Q_{adm} = (2 / 3) \times (5545\ /1515) = 2.44 \text{ avec } S = 2/3$$

Donc le nombre de voie N=3

Résultats de calcul :

- **Tableau III.5 Résultat de calcul du nombre de voies.**

TJMA (2025) Véh/j	TJMA (2045) Véh/j	Teff uvp/j	Q (uvp/h)	Qadm (uvp/h)	N° desVoies Par sens
8436	18 484	46210	5545	1515	3

III.6.6 Calcul de l'année de saturation :

Qsat=3xQadm= 3x1515=4545 uvp/h

Q2025= 2530uvp/h

Q2025=(2/3) x 2530

Q2025= 1687uvp/h/sens

$$n = \frac{\ln(\text{Qsat} \div \text{Q2025})}{\ln(1+\tau)} = \frac{\ln(4545 \div 1687)}{\ln(1+0.04)} = \textbf{25 ans et 2 moi}$$

D'où notre route sera saturée en 25 ans et 2 mois après l'année mise en service.

III.7 Conclusion :

Donc, d'après le calcul de la capacité de la pénétrante, on concluants que son profil en travers est de 2×3 voies

CHAPITRE IV :

TRACE EN PLAN

IV.1 Définition :

Le tracé en plan d'une route est la projection de tous les points de cette route sur un plan horizontal, c'est une succession des alignements droits et des arcs reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif.

Ce tracé est caractérisé par une vitesse de base à partir de laquelle on détermine les caractéristiques géométriques de la route qui devront assurer les conditions de sécurité et de confort.

IV.2 Règles à respecter dans le tracé en plan :

- S'inscrire dans le couloir choisi.
- Se raccorder au réseau routier existant.
- Adapter au maximum le terrain naturel pour éviter les terrassements importants.
- Appliquer les normes du **ICTAAL 2000** si possible.
- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- Eviter les propriétés privées.
- Respecter la longueur minimale et maximale des alignements droits si c'est possible.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.

IV.3 Les éléments du tracé en plan :

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

- Des droites (alignements).
- Des arcs de cercle.
- Des courbes de raccordement progressives (arc de clothoïde).

La norme de conception utilisée pour l'étude géométrique dans notre projet est celle définie par les instructions sur les conditions techniques du **ICTAAL 2000**

Compte tenu du relief dans lequel s'inscrit le projet : un terrain vallonné et de sinuosité moyenne, notre route et d'environnement E2.

IV.3.1 Les Alignements :

L'alignement droit est l'élément géométrique le plus simple, cependant, son emploi dans le tracé des routes est reste restreint , car s'ils représentent des avantages comme :

- Bonne condition de visibilité.
- Il représente le plus court chemin pour relier entre deux points.
- Absence de la force centrifuge.
- Facilité de réalisation.

Cependant il représente aussi des inconvénients qu' on ne peut pas niée telle que:

- Montonie de conduite qui peut provoquer des accidents.
- Mauvais aspect ésthetique.
- Mauvais appréciation des distances entre les véhicules.

La longueur des alignements est fonction de :

- La vitesse de base (la durée du parcours rectiligne pour être précis).
- Les sinuosités qui précédent et suivent l'alignement.
- Les rayons de courbure de ces sinuosités.

IV.3.2.Règles concernant la longueur des alignements :

Une longueur minimale d'alignement **Lmin** devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant **cinq (5)** secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon de deux arcs de cercle. La longueur des alignements dépend de :

- La vitesse de base, plus précisément de la durée du parcours rectiligne.
- Des sinuosités précédant et suivant l'alignement
- Du rayon de courbure de ces sinuosités.

Tableau IV. 1. Valeur extrême des alignements droits de tracé en plan (source ICTAAL2000)

Vitesse de Base	VB (Km/h)	110 km/h
Longueur minimale	Lmin	200 m

IV.3.3. Arcs De Cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

- Stabilité, sous la sollicitation centrifuge des véhicules circulant à grande vitesse.
- Visibilité en courbe.
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible. Pour cela on essaie de choisir des rayons les plus grands possibles pour éviter de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.

IV-4. Stabilité En Courbe :

- Dans un virage R un véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du système, afin de réduire l'effet de la force centrifuge on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur du virage (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite devers exprimée par sa tangente.
- L'équilibre des forces agissant sur le véhicule nous amène à la conclusion suivante :

IV-4.1. Rayon minimal au dévers (Rnd) :

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et telle que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse VB serait équivalente à celle subie par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

- ✓ Il est recommandé de remplacer les longs alignements droits par de grands rayons.
- ✓ Rayons supérieurs ou égaux à 1.5 Rnd est préférable dans le cas où cela n'induit pas à plus de dépense, afin de faciliter le respect des règles de visibilité et offrir le confort au conducteur.

Tableau IV.2. Valeurs minimales des rayons de tracé en plan.

Catégorie	Symboles	L1
Rayon minimal (m)	Rm	600 m
Rayon minimal non déversé Rnd (m)	Rnd	1 000 m

IV-4.2. Les raccordements progressifs :

La **Clothoïde** est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul.

La courbure de la **Clothoïde**, est linéaire par rapport à la longueur de l'arc.

Parcourue à vitesse constante, la **Clothoïde** maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

IV-4.2.1.Expression mathématique de la clothoïde :

Courbure **K** linéairement proportionnelle à la longueur curviligne

$$\mathbf{K = C.\ L:\ K1}\ \frac{1}{R} \rightarrow L.R = \frac{1}{C} \rightarrow \frac{1}{R} = C.L$$

On pose: $\frac{1}{C} = A^2 \quad \rightarrow \quad L.R = A^2$

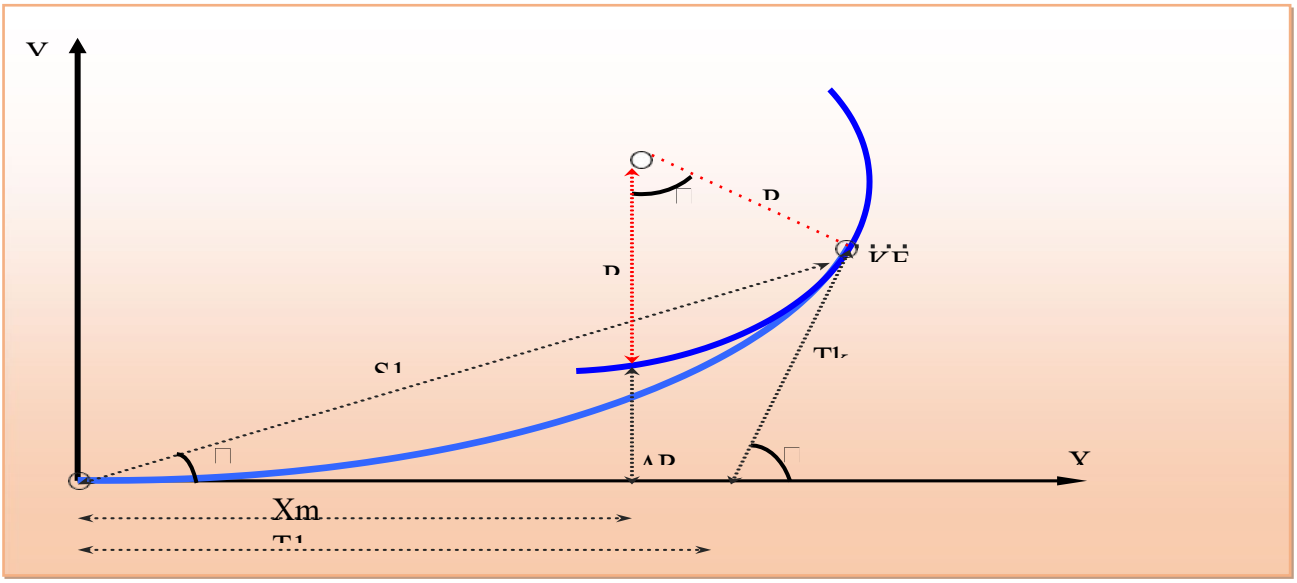


Figure IV.1.Eléments de clothoïde.

- **R : rayon du cercle.**
- **L : longueur de la branche de Clothoïde.**
- **A : paramètre de la Clothoïde.**
- **KA : origine de la Clothoïde.**
- **KE : extrémité de la Clothoïde.**
- **ΔR : ripage.**
- **τ : angle des tangentes.**
- **TC : tangente courte.**
- **TL : tangente longue**
- **σ : angle polaire.**
- **SL : corde KE –KA.**
- **M : centre du cercle d'abscisse Xm.**
- **Y : ordonnée de KE**
- **X : abscisse de KE**

Xm : abscisse du centre du cercle **M** à partir de **KA**
Ym : ordonnée du centre du cercle **M** à partir de **KA.**

IV-5. COMBINAISON DES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN :

La combinaison des éléments du tracé en plan donne plusieurs types de courbes, joints en annexes on cite :

IV-5.1. Courbe en S

IV-5.2. Courbe à sommet

IV-5.3. Courbe en C

IV-6. Enchainement des éléments de trace en plan :

Les courbes circulaires de rayon modéré (<1,5Rnd) ne peuvent être utilisées qu'en respectant les règles d'enchaînement du tracé en plan ci-après :

- Introduire de telles courbes sur une longueur de 500 à 1 000 m à l'aide de courbes de plus grand rayon. En ce cas, deux courbes successives doivent satisfaire à la condition : R1 ≤ 1,5 R2, où R1 est le rayon de la première courbe rencontrée et R2 (<1,5Rnd) celui de la seconde. Cette recommandation est impérative dans une section à risque, comme après une longue descente, à l'approche d'un échangeur, d'une aire ou dans une zone à verglas fréquent.
- Séparer deux courbes successives par un alignement droit d'au moins 200 m, sauf pour deux courbes de sens contraire introduits par des raccordements.

IV-7 Tableau Récapitulatif

Tableau IV. 3: paramètre géométrique de tracé en plan

Catégorie de la route	L1
Vitesse de référence	110 km/h
Rayon minimal (m) Rm	600 m
Rayon minimal non déversé Rnd (m)	1 000 m
$R_{souhaitable}$ = 1.5 RND	1500m
Dévers max associé	7 %
Dévers min associé	2.5 %

Les résultats du calcul d'axe sont faits automatiquement par le logiciel autopiste et sont joints en annexe.

CHAPITRE V

PROFIL EN LONG

V .Profil en Long

V.1 Définition :

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain, suivant le plan vertical passant par l'axe du tracé, il est constitué d'une succession d'alignements raccordés par des courbes circulaires.
Le profil fictif est le profil situé au point de rencontre de la ligne du terrain naturel et de la ligne du projet.
Le pourcentage de déclivité dans les rampes et les pentes est choisie de manière à :

- Assurer une circulation, sans gêne pour les poids en limitant la valeur des rampes.
- Assurer l'assainissement de la plateforme dans les longueurs section en déblais ou dans les zones de devers nul par création de pentes longitudinale.

V.2 Règles à respecter dans le tracé du profil en long :

Dans ce paragraphe on va citer les règles à considérer (sauf dans des cas exceptionnels)lors de la conception du profil en long. L'élaboration du tracé s'appuiera sur les règles suivantes:

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par le règlement (les déclivités minimales et maximales, les rayons minimums en angle saillant ou entrant).
- Eviter les angles entrants en déblai (il faut 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, car ce dernier complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Eviter les hauteurs excessives en remblais.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

V.3 Les éléments de composition du profil en long :

Le profil en long est constitué d'une succession de segments de droites (rampes et pentes) raccordés par des courbes parabolique ou circulaires, on doit déterminer pour chaque point du profil en long :

- L'altitude du terrain naturel
- L'altitude du projet
- La déclivité du projet, etc.…

V.4.Valeurs limites :

Les paramètres de profil en long doivent respecter les valeurs limités données dans le (tableau Selon **L'ICTAAL** :

Tableau V.1. Les limites des paramètres de profil en long.

Catégorie	L1	L2
Déclivité maximale (%)	5	6
Déclivité minimale (%)	0.5	0.5
Rayon minimale en angle saillant RV (m)	12500	6000
Rayon en angle rentrant RV (m)	4200	3000

V.4.1 Déclivités :

Et comme notre projet est de catégorie **L1** selon **l'ICTAAL** alors les valeurs de déclivités sont comme suites :

V.4.1.1. Déclivité minimale :

La pente transversale seule de la chaussée ne suffit pas pour l'écoulement des eaux de pluies, il faut éviter les paliers (tronçons de route absolument horizontaux) pour que l'eau accumulée latéralement s'évacue longitudinalement avec facilité par des fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante. Déclivité minimum : **imin = 0.5%**

V.4.1.2 Déclivité Maximum :

La déclivité maximale est fonction de :

- La condition d'adhérence.
- La vitesse minimum de **PL**.
- La condition économique.

Pour notre cas, pour la catégorie L1 et l'environnement E2 la pente maximale est de **I_{max} =5%.**

V.5 Raccordements en profil en long :

Les changements de déclivités constituent des points particuliers au niveau de 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 raccordements :

V.5.1 Raccordements Convexes (Angle Saillant) :

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain et des obstacles d'une part, des distances d'arrêt et de visibilité d'autre part, il faut que la conception doive satisfaire aux conditions de confort et de visibilité.
Rayon minimal e angle saillant : **12500 m**

V.5.2 Raccordements Concaves (Angle Rentrant) :

Dans un raccordement concave, les conditions de visibilité du jour ne sont pas déterminantes, lorsque la route n'est pas éclairée la visibilité de nuit doit par contre être prise en compte.
Rayon minimal en angle rentrant : **4200m**

V.6 Caractéristiques des rayons du profil en long :

L'étude géométriques du projet sera développée suivant les normes de L'ICTAAL (instruction sur les condition techniques d'aménagements des autoroutes de liaison circulaire de 12 décembre 2000) , ils sont donnés par le tableau suivant :

Tableau V.2 Caractéristiques du profil en long.

Catégorie	**L1**
Environnement	**E2**
Vitesses de base (Km/h)	**110**
Rayon en angle saillant RV	**12500m**
Rayon en angle rentrant RV	**4200m**
Déclivité minimale	**0.5%**
Déclivité maximale	**5%**

Les calculs sont faits à l'aide du logiciel autopiste et sont joints dans l'annexe.

V.7 Conclusion :

Dans ce chapitre, on a fait l'étude du profil en long, il est une coupe longitudinale du terrain, suivant le plan vertical passant par l'axe du tracé, vu que notre terrain est montagneux, la limite des normes surtout la pente est souvent atteinte 5% et cela au niveau dans la route et même dans les ouvrages d'arts.

CHAPITRE VI :

PROFIL EN TRAVERS

VI Profil en Travers

VI.1 Introduction

Le profil en travers d'une chaussée est la coupe perpendiculaire à l'axe de la chaussée par un plan vertical. Il existe deux types de profil en travers :

❖ Le profil en travers type :

C'est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes.

Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (en remblais, déblais ou mixte).

L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la cote du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements .

❖ Le profil en travers courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à des distances régulières (10, 15, 20,25m…) qui nous permettent à calculer les cubatures.

VI.2 Eléments constitutifs du profil en travers

L'emprise :

c'est la surface du terrain naturel appartenant à la collectivité et affectée à la route et à ses dépendances, elle coïncide généralement avec le domaine public.

L'assiette :

c'est la surface de la route délimitée par les terrassements. Ses limites sont les pieds de talus en remblai et crête de talus en déblai.

La plateforme :

elle se situe entre les fossés ou crêtes de talus de remblais comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement le terre-plein central.

La chaussée :

Portion de la route comprenant les différentes voies de circulation destinées aux différentes catégories de véhicules, d'après l'étude de trafic, la chaussée est de type 2×3voies de largeur 3,50 m**.**

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

il assure la séparation matérielle des deux sens de circulation. Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend :

- Les surlargeurs de chaussée (bande de guidage).
- Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.

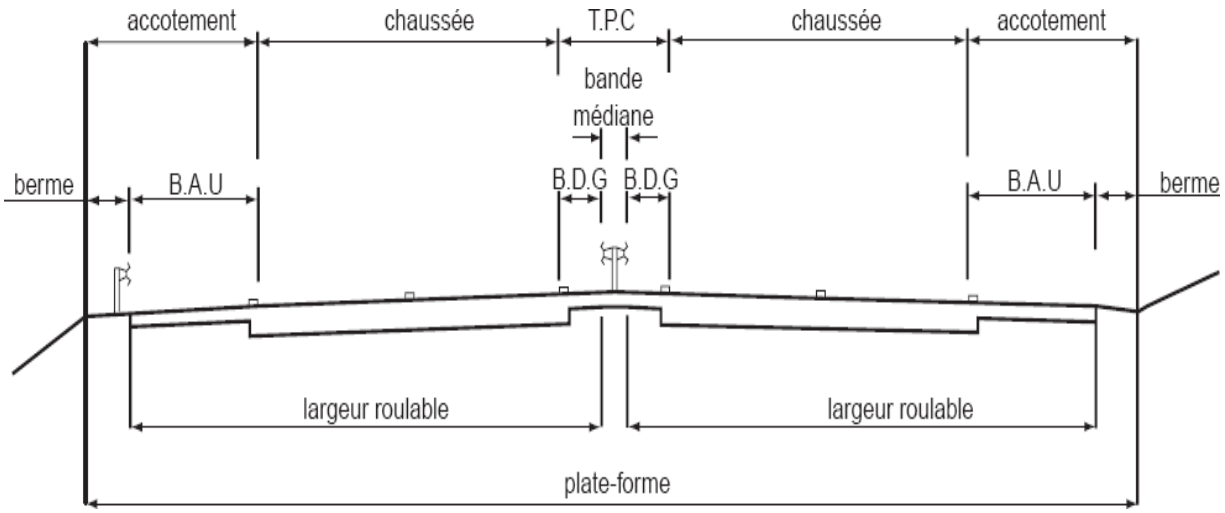


Figure VI.1. Eléments constitutifs du profil en travers en section courante

VI.2. Pente transversale :

Les courbes de rayon inférieur à Rnd sont déversées vers l'intérieur de la courbe.

VI.2.1. En alignement et en courbe non déversée :

La pente transversale d'une chaussée est de 2,5% vers l'extérieur.

La pente d'une B.A.U (ou d'une B.D.D), est identique à celle de la chaussée adjacente, mais au-delà de la sur largeur de chaussée portant le marquage de rive, elle peut être portée à 4% pour des raisons techniques.

Les pentes des B.D.G et du versant en toit d'un T.P.C revêtu sont identiques à celle de la chaussée adjacente. La berme extérieure présente une pente transversale de 8 %.

VI.2.2. En courbe déversée :

La pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de 1/R, entre 2,5 % pour Rnd et 7 % pour Rm.

La pente de la B.A.U (ou la B.D.D) intérieure à la courbe est la même que celle de la chaussée adjacente. La pente de la B.A.U extérieure (ou la B.D.D) reste la même qu'en alignement droit tant que le dévers ne dépasse pas 4 % ; au-delà, elle est de sens opposé au dévers et égale à 1,5 %, hormis là sur largeur de chaussée qui conserve la même pente que la chaussée.

Les accotements : ce sont les zones latérales de la plateforme qui bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasés ou surélevés, revêtues ou stabilisés…

Ils comportent généralement les éléments suivants :

- Une bande de guidage.
- Une bande d'arrêt d'urgence.
- Une berme extérieure.

La bande d'arrêt d'urgence :
elle facilite l'arrêt d'urgence hors chaussé d'un véhicule, la récupération d'un véhicule déviant de sa trajectoire , l'évitement d'un obstacle sue la chaussée, l'intervention des services de secours, d'entretien et d'exploitation .

Sa largeur est de 3m lorsque le trafic poids lourd excède 2000 v /j / sens.

La berme :
elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations verticale.).
Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place, est de 1.00 m minimum , mais elle peut être intégrée un dispositif d'assainissement dont la pente ne dépasse pas 2.5%.

VI.2.3.Changement de dévers :

La variation du dévers est habituellement linéaire le long du raccordement progressif (clothoïde).

VI.2.3.1.Point de rotation des dévers :

Lorsque le T.P.C est revêtu, le point de rotation des dévers se situe habituellement sur l'axe de la plate-forme ; sinon le point de rotation des dévers de chaque chaussée se situe sur le bord gauche de la chaussée.

VI.3. Profil en travers type du notre projet :

Tableau VI.1 Profil en travers type proposé.

Description	Largeur (m)	Nombre	Largeur totale (m)
Voie de circulation 2x3	3.5	6	**21**
Terre-plein centrale (T.P.C)	3	1	**3**
Bande de guidage	0.5	2	1
Bande médiane	2	2	2
Accotement	4	2	**8**
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	3	2	6
La berme	1	2	2
TOTAL			**32**
Dévers en section droite			
Chaussée	2.5% vers l'extérieur.		
TPC	Identique à celle de la chaussée.		
L'accotement	4%.		
Dévers en courbe			
Chaussée TPC	7% (maximum)		
L'accotement	Identique à celle de la chaussée. Selo n le devers mais au minimum 4%		

Le profil en travers type est joint en format A3.

Remarque :

Le calcul est traité automatiquement à l'aide de logiciel Covadis (Autopiste), Les détails du profil en travers sont donnés en annexe

CHAPITRE VII :

CUBATURE

VII.1 Introduction :

Les mouvements des terres désignent tous les travaux de terrassement, et ils ont objectif primordial de modifier la forme du terrain naturel pour qu'il soit disponible à recevoir des ouvrages en terme général.

Ces actions sont nécessaires et fréquemment constatées sur les profils en longs et les profils en travers.

La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions, la première s'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième s'agit d'enlever des terres (déblai).

Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle (les cubatures des terrassements).

On définit les cubatures par le nombre des cubes de déblais et remblais que comporte le projet à fin d'obtenir une surface uniforme sensiblement rapprocher et sous adjacente à la ligne rouge de notre projet .

Le profil en long et le profil en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente..

VII.2 Méthode de calcul des cubatures :

Les cubatures sont Les calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet.

Les cubatures sont fastidieuses, mais Il existe plusieurs méthodes de calcul descubatures qui simplifie le calcul qui sont :

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

La méthode SARRAUS est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

Le travail consiste a calculé les surfaces SD (surface de déblai) et SR (surface de remblai) pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.

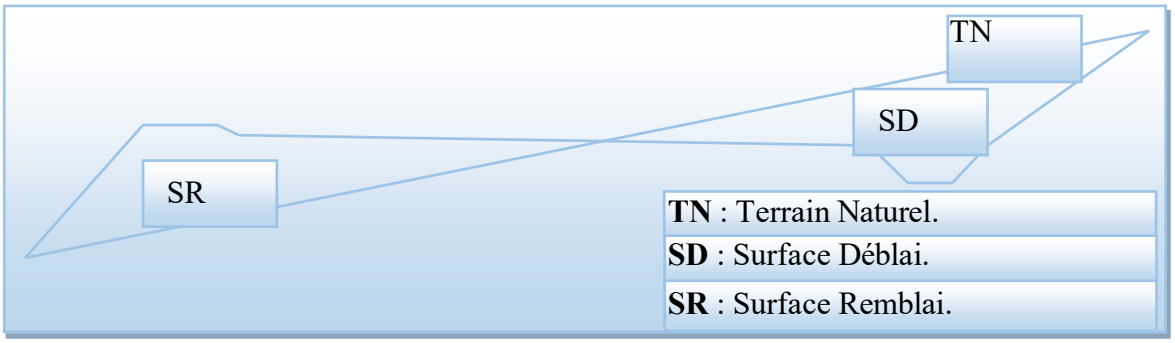


Figure VII.1. La méthode utilisée pour calculer les cubatures.

Pour calculer les volumes on utilise la formule suivante :

$$V = \frac{h}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S)$$

- H : hauteur entre deux profils.
- S moy : surface limitée à mi- distances des profils.
- S1 : surface de profil en travers P1
- S2 : surface de profil en travers P2.

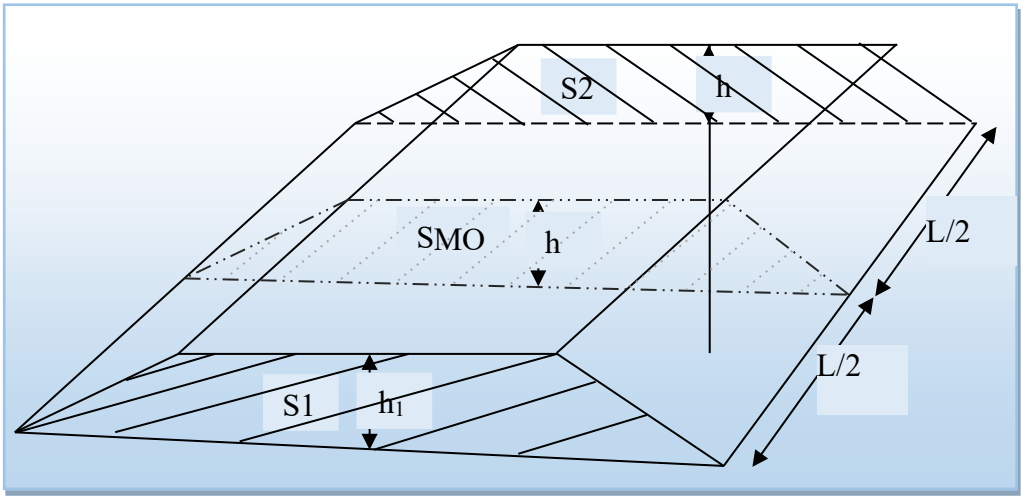


Figure VII.2.Méthode de la moyenne des aires (projection horizontale).

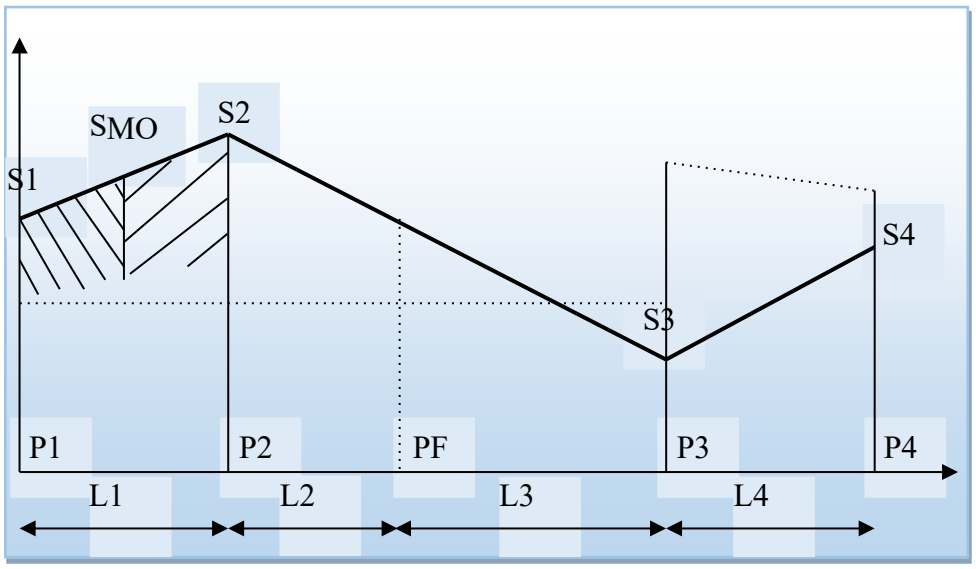


Figure VII.3. Méthode de la moyenne des aires (projection verticale).

Avec :

- PF : profil fictive, surface nulle
- Si : surface de profil en travers Pi
- Li : distance entre ces deux profils
- SMOY : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li)

Pour éviter des calculs longs, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions

Ça nous donne :

$$V_i = \frac{L_i}{2} \times (S_i + S_{i+1})$$

Donc :

$V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2)$ Entre P1 et P2

$V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0)$ Entre P2 et PF

$V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3)$ Entre PF et P3

$V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4)$ Entre P3 et P4

Le volume total est la somme des volumes V1, V2, V3 et V4 :

$$V = \frac{L_1}{2}S_1 + \frac{L_1 + L_2}{2}S_2 + \frac{L_2+L_3}{2} \times 0 + \frac{L_3 + L_4}{2}S_3 + \frac{L_4}{2}S_4$$

VII.3 Calcul des cubatures de terrassement :

En utilisant le logiciel Autopiste16 on a obtenu les résultats suivants :

- Le volume total des remblais est de : **354075.4 m^3**.
- Le volume total des déblais est de : **562495.8 m^3.**

Les résultats du calcul des cubatures sont joints en annexe .

CHAPITRE VIII :

ETUDE GEOTECHNIQUE

VIII Etude géotechnique

VIII.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.

Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs.

Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol. L'exécution d'un projet routier nécessite une bonne connaissance des terrains traversés, et qui s'exige des reconnaissances géotechniques.

VII.2 Objectifs :

Les objectifs de cette étude sont les suivants :

- Définition des conditions géologiques, hydrogéologiques et géotechniques de Référence, sur la base des données tirées des lèves géologiques, puits d'exploration, Sondages, essais pressiométriques, essais SPT, mesures piézométriques et essais De laboratoire.
- Caractérisation sismique de référence et définition de l'action sismique.
- Vérification de la stabilité globale des remblais selon la méthode de l'équilibre limite, Aussi bien en conditions statiques que séismiques.
- Évaluation des tassements, avec une attention particulière aux tassements différés dans le temps en correspondance des terrains cohésifs dans les fondations.
- Évaluation du degré de liquéfaction des terrains.

VII.3 Contexte géologique :

VIII.3.1 Géologie régionale

La consultation des cartes géologiques de la région de Tipaza révèle de formations représentées dans la figures :

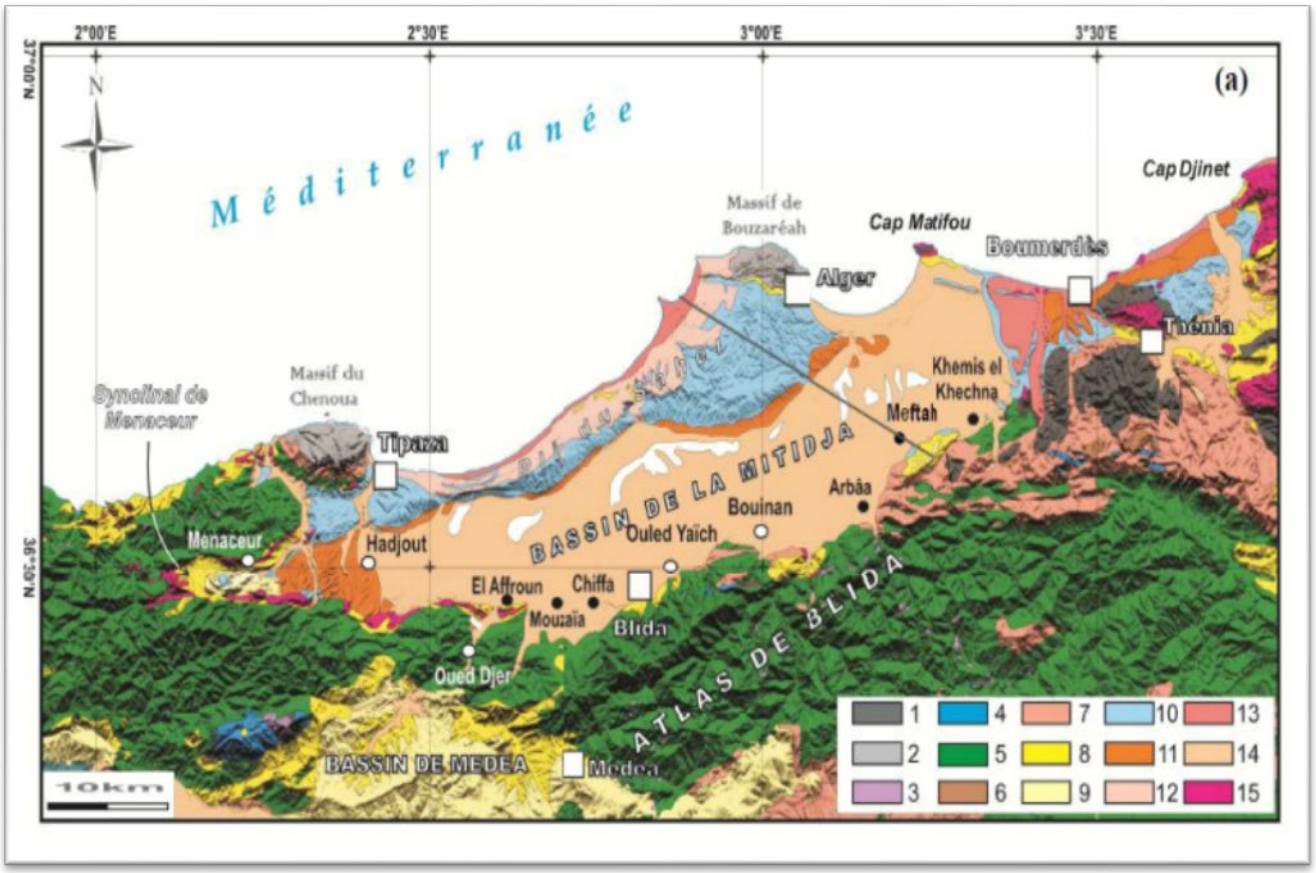


Figure VIII.1 Carte géologique de la zone

VII.3.2 Climat et hydrogéologie :

Le climat de la région est subhumide un été chaud et un hiver doux dans la partie nord (coté mer) et froid dans la partie sud (coté montagneux).
Les températures varient entre 33 c pour les mois chauds de l'été (juillet – aout) à 5.7 pour les mois froids (décembre- février).
La pluviométrie annuelle est comprise entre 600mm et 800mm .

VIII.4 Moyens de la reconnaissance :

Les moyens de la reconnaissance d'un tracé routier sont essentiellement :

- L'étude des archives et des documents existants.
- Les visites de site et les essais **« in-situ »**.
- Les essais de laboratoire.

VIII.4.1 L'étude des archives et documents existants :

Les études antérieures effectuées au voisinage du tracé sont une source importante d'informations préliminaires sur la nature des terrains traversés.
Les cartes géologiques et géotechniques de la région peuvent parfois apporter des indications précieuses pour avoir une première idée de la nature géologiques et géotechniques.

VIII.4.2 Essais in situ :

- ❖Les méthodes géophysiques : la prospection sismique, la prospection électrique…
- ❖Les sondages carottés (équipé d'un piézomètre pour déterminer le niveau de la nappe).
- ❖Les sondages pressiomètriques.
- ❖Les puits de reconnaissance.

VIII.4.3 Essais de laboratoire :

Essais physico-chimiques

- Analyses granulométriques et la sédimentométrie (**NF P 94 – 056 et NF P 94 – 057)** : servent à déterminer la répartition des grains suivant leurs dimensions ou grosseurs et après la classification des sols
- Teneurs en eau (W) du sol pour classer les différents types de sols.
- Les limites d'Atterberg eau (**NF P 94 – 051)** : les limites de plasticité (W_P) et liquidité (W_L), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol. W_P sépare l'état solide de l'état plastique et W_L sépare les deux états plastique et liquide ; Les sols qui présentent des limites d'Atterberg voisines, c'est à dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité ($I_P = W_L – W_P$), sont donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en
- Mesure des densités sèches (γ_s), humide (γ_h), et du degré de saturation (S_r).

Analyses chimiques :

- Teneurs en $CaCO_3$ **NA -2789 :** qui permet de façon directe de quantifier la fraction chimique carbonatée contenue.
- Teneurs en sulfates **NA-16002 :** pour connaitre l'agressivité du sol.
- Essai de bleu de méthylène **NF P 94 – 068/1993:** pour révéler la présence des fines de nature argileuse et d'en déterminer la concentration.
- Evaluation de la matière organique **NF P 94 – 055.**

Essais mécaniques

- Essai Proctor modifié **(NF P 94-093) :** permet de déterminer la teneur en eau optimale (W_{opm}) correspondante à la densité sèche maximale (γ_{opm}), nous servent à appréhender un sol à se compacter et définir les objectifs de compactage à atteindre.
- Essai CBR **(NF P 94-087)**: permet d'évaluer la portance du sol support pour dimensionner le corps de chaussée et de classer le sol support.
- Essai de compressibilité à l'odomètre pour estimer le tassement.
- Essais de cisaillement pour déterminer la cohésion et l'angle de frottement.
- Essai Los Angeles (NFP 18-573): pour mesurer la résistance à la fragmentation par chocs des granulats utilisés dans le domaine routier
- Essai Micro Deval (NFP 18-572): permet d'apprécier la résistance à l'usure par frottements réciproques des granulats.

VIII.5 Résultats et interprétations des essais Géotechniques :

L'étude géotechnique du projet autoroutier reliant le port centre de Cherchell à l'autoroute Est- Ouest fait par laboratoire central des travaux publics (LCTP) , on a récupéré les résultats suivants :

VIII.5.1 Essais in situ :

Cinq (05) sondage carottés, dont deux (02) sondages de 25m de profondeur et (03) sondages de 35m de profondeur, équipé chacun d'un piézomètre.

❖ A partir des puits de reconnaissance :

Tableau VIII.1 Puits de reconnaissance.

N° Puits	PK	Profondeur en (m)	Interprétation
1	17+625	0.00 – 2.00 m	**Terre végétale constituée d'argile de couleur brunâtre..**
		2.00 – 3.00 m	**Marne argileuse d'aspect tufeux, moyennement graveleuse, friable et altérée, d'une couleur tachetée de jaune orange et de bleu verdâtre.**
2	19+550	0.00 – 02.00 m	**Argile marneuse légèrement limoneuse, moyennement humide, d'aspect plastique, de couleur brunâtre.**
		2.00 – 2.30m	**Dépôt alluvionnaires très humide, constitués de sable argileux très graveleux, renferment quelques cailloux carbonatés.**
		2.30 – 3.00 m	**Marne argileuse d'aspect tufeux , moyennement graveleuse, friable et altérée, d'une couleur tachetés de jaune orange et de bleu verdâtre, peu humide.**
3	20+250	0.00 – 1.10 m	**Argile graveleuse légèrement marneuse, humide, d'aspect plastique, de couleur brunâtre.**
		1.10-3.00m	**Marne argileuse très graveleuse et caillouteuse, de couleur jaunâtre, renferment des concrétions carbonatées blanchâtres.**
4	24+875	0.00 – 0.35 m	**Terre végétale constituée d'argile de couleur brunâtre.**
		0.35-1.80m	**Argile moyennement caillouteuse, d'aspect plastique de couleur brunâtre.**
		1.80-3.00m	**Marne argileuse, friable, peu humide, de couleur grise jaunâtre , renferment des veinules de calcites blanchâtres.**
5	25+000	0.00-0.40m	**Terre végétale constituée d'argile de couleur brunâtre.**
		0.40-1.70m	**Argile moyennement caillouteuse, constitués , d'aspect plastique , de couleur brunâtre.**
		1.70-2.10m	**Dépôt alluvionnaires, constitués de sable graveleux avec quelques cailloux carbonatés , cimentés par des marnes argileuses.**
		2.10-3.00m	**Marna argileuse , friable , peu humide , de couleur jaunâtre , renferment des veinules de calcites blanchâtres.**
6	27+825	0.00-0.35m	**Terre végétale constituée d'argile de couleur brunâtre.**
		0.30-1.00m	**Argile marneuse , peu graveleuse avec des concrétions calcareuse de couleur blanchâtre.**
		1.00-3.00m	**Argile marneuse , très graveleuse , peu sableuse , de couleur beige, renferment des concrétion calcareuses blanchâtres.**

Description géologique du tracé :

Géologiquement, le tracé de la liaison reliant le port centre de Cherchell et autoroute Est -Ouest est caractérisé par un faciès argilo- marneux, avec des intercalations de niveaux alluvionnaires

- A partir des sondages carottés :

Tableau VIII.2 Les sondages carottés.

Sondage carotté (SC)	Localisation(PK)	Zone	Coordonnées		objectifs
			X	**Y**	
SC 01	**0+420**	**OA /01 rétablissement O. el Hachem**	**433508 ,2697**	**4050435,6353**	**Prélèvement d'échantillons intacts pour la réalisation des essais au laboratoire .** **Identification lithologique des matériaux prélevés .** **Connaitre les caractéristiques géotechniques des matériaux d'assise de fondation des ouvrages.** **Classer les matériaux par rapport au guide GTR.**
SC02	**04+140**	**OA4/02/O. El Hachem**	**436583,1989**	**4048375,6308**	
SC03	**17+795**	**Dalot**	**447244,6459**	**4042392,8550**	
SC04	**23+320**	**Dalot**	**452319,9197**	**404025,5837**	
SC05	**Axe p1 échangeur (00+310)**	**OA1/02/ O .Djer (échangeur axe p4)**	**462480,4729**	**4033364,6975**	

Remarque :

Au stade préliminaire, les sondages SC 03 et SC 04 étaient prévus à l'emplacement des ouvrages d'art.

Après étude hydraulique , les ouvrages d'art sont remplacés par des dalots.

❖ A partir des sondages pressiométriques:

Les tableaux suivants ont été exécutés pour :

- Calculer la contrainte admissible du sol de fondation des ouvrages a partir des résultats des essais pressiométriques .
- Evaluation de tassement du sol support de fondation de l'ouvrage.

Cinquante et un (51) sondage pressiométriques de 20m à 35m de profondeur avec des essais pressiométriques tous les 1.50m à 2m .

Certains essais n'ont pas été réalisés, pour les raisons suivantes :

- Problème d'inaccessibilité au site (terrains agricoles : opposition des agriculteurs.

- Sols très gorgés d'eau suite aux récentes intempéries.

On a réalisées 44 essais pressiométriques.

- **Sondage pressiométrique SP15 : OA17/ RN421PK17+068**

Description lithologique :

00.00-2.00m : terre végétale .

2.00-9.00m : argile marneuse de couleur beige à brune , très plastique.

9.00-18.00m : argile marneuse de couleur grise et brune riche en débris de coquilles de lamellibranche .

18.00-24.00m : passage alluvionnaire constitué de sable argileux très caillouteux.

24.00-35.00m : marne argileuse de couleur beige , très graveleuse.

- **Résultats des essais pressiométriques et interprétation (voir tableau 15) :**

Tableau VIII.3 : Résultats des essais pressiométriques(SP15)

Sondage pressiométrique SP15						
Profondeur (m)	Pf (bars)	E (bars)	PL (bars)	E / PL	Etat de consolidation (DTR BC 2.331)	Classe de sol (fascicule 62)
01m50	1.76	8.57	1.93	4.43	Sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Argiles et limons mous
03 m00	2.77	20.52	3.28	6.26	Sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Argiles et limons mous
04m50	2.91	21.45	3.58	5.99	Sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Argiles et limons mous
06m00	3.17	27.58	8.87	6.94	Sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Argiles et limons mous
07m50	4.05	54.09	4.42	12.24	Sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons mous
09m00	5.43	58.90	6.09	9.77	Sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons mous
10m50	4.97	21.86	6.43	3.40	Sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Argiles et limons mous
12m00	5.94	30.90	7.67	4.03	Sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Argiles et limons mous
13m50	4.45	17.49	4.85	3.61	Sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Argiles et limons mous
15m00	5.70	18.61	5.99	9.10	Sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Argiles et limons mous
16m50	8.76	25.22	8.76	2.88	Sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Argiles et limons mous
18m00	11.32	33.80	11.32	2.99	Sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Argiles et limons fermes
19m50	13.18	42.59	13.18	3.23	Sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Sables moy.compacts
21m00	21.58	332.78	30.90	10.77	sol normalement consolidé, normalement serré	Sables compacts
22m50	19.04	241.49	29.87	8.08	Sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Sables compacts
24m00	20.90	321.12	30.60	10.50	Sol normalement consolidé, normalement serré	Sables compacts
25m50	14.71	301.12	21.51	14.00	sol normalement consolidé, normalement serré	Marnes tendres
27m00	15.50	216.43	23.49	5.21	Sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Marnes tendres
28m50	13.48	476.87	21.09	22.61	Sol sur consolidé, très serré	Marnes tendres
30m00	14.88	329.55	21.97	14.72	sol normalement consolidé, normalement serré	Marnes tendres
31m50	13.98	186.94	20.08	9.31	Sol normalement consolidé, normalement serré	Marnes tendres
33m00	16.28	109.35	20.96	5.22	Sol normalement consolidé, normalement serré	Marnes tendres
34m50	14.47	129.00	25.73	5.01	Sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Marnes tendres

Le sondage pressiométrique SP15, a mis en évidence un sol doté de caractéristiques mécaniques relativement variables, avec des valleurs de pression limite allant de : **1.93 bars à 30.90 bars.**

- Le Sondage pressiométrique SP17: OA18/01 / CV03 PK18+069 :

  Description lithologique :

  00.00-00.20m : Terre végétale.

  00.20-01.50m : Argile très graveleuse de couleur beige, riche en concrétions calcareuse de couleur blanchâtre.

  01.50-06.00m : Argile marneuse de couleur grise.

  06.00-27.00m : Argile marneuse , , très graveleuse, de couleur beige à jaunâtre, riche en concrétions calcareuse de couleur blanchâtre.

  27.00-35.00m : Argile marneuse, très graveleuse , de couleur grise et beige .

- **Résultats des essais pressiométriques et interprétation**

  Le sondage pressiométrique SP17, a mis en évidence un sol doté de caractéristiques mécaniques relativement variables, avec des valeurs de pressions limites PL, allant de 6.44 bars à 85.20 bars.

.

Sondage pressiométrique SP17						
profondeur (m)	Pf (bars)	E (bars)	P (bars)	E / PL	Etat e consolidation (DTR BC 2.331)	Classe e sol (fascicule 62)
02m00	5.58	80.92	6.44	12.57	Sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons mous
04 m00	4.67	53.98	6.88	7.91	Sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Argiles et limons mous
06m00	7.43	85.87	9.72	8.83	sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons mous
08m00	7.32	80.25	8.33	9.64	Sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons mous
10m00	9.08	93.77	10.91	8.59	sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons fermes
12m00	10.87	136.09	12.28	11.08	Sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons fermes
14m00	4.93	30.60	7.50	4.08	Sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons mous
16m00	20.09	327.44	25.17	13.01	Sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons fermes
18m00	50.09	1141.89	85.04	13.43	Sol normalement consolidé, normalement serré	Marnes compactes
20m00	30.35	520.76	37.61	13.77	Sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons très fermes et dures
22m00	50.94	758.40	85.20	8.90	sol normalement consolidé, normalement serré	Marnes compactes
24m00	31.48	592.12	39.56	13.45	sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons très fermes et dures
26m00	27.93	483.46	35.14	13.76	sol normalement consolidé, normalement	Argiles et limons

					serré	très fermes et dures
28m00	24.38	480.18	31.54	13.64	sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons très fermes et dures
30m00	32.48	562.71	40.75	13.81	sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons très fermes et dures
	28.21	464.06	35.56	13.05	sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons très fermes et dures
34m00	32.51	510.85	40.09	12.74	sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons très fermes et dures

Tableau VIII.4 : Résultats des essais pressiométriques(SP17)

- Le Sondage pressiométrique SP18 : OA18/ 02/RN67 (PK18+937)

Description lithologique :

00.00-12.00m : Argile marneuse , très graveleuse de couleur beige et grise, avec des concrétions calcareuses de couleur blanchâtre et des débris de coquilles de lamellibranche.

12.00-35.00m : marne argileuse, graveleuse , très caillouteuse, de couleur beige, avec des concrétions calcareuses de couleur blanchâtre.

- **Résultats des essais pressiométriques et interprétation**

Le sondage pressiométrique SP18, a mis en évidence un sol dot » de caractéristiques mécaniques relativement variables, avec des valeurs de pressions limites PL, allant de 1.69 bars à 45.01 bars.

Tableau VII.5 : Résultats des essais pressiométriques

Sondage pressiométrique SP18						
profondeur (m)	**Pf (bars)**	**E (bars)**	**PL (bars)**	**E / PL**	**Etat de consolidation (DTR BC 2.331)**	**Classe de sol (fascicule 62)**
01m50	**1.39**	**10.37**	**1.69**	**6.13**	**sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche**	**Argiles et limons mous**
03 m00	**1.55**	**43.25**	**2.15**	**20.11**	**sol sur consolidé, très serré**	**Argiles et limons mous**
04m50	**2.64**	**36.04**	**3.91**	**9.22**	**sol normalement consolidé, normalement serré**	**Argiles et limons mous**
06m00	**3.99**	**156.79**	**5.29**	**29.66**	**sol sur consolidé, très serré**	**Argiles et limons mous**
07m50	**5.10**	**155.72**	**8.20**	**18.99**	**sol sur consolidé, très serré**	**Argiles et limons mous**
09m00	**7.95**	**182.85**	**9.73**	**8.51**	**sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche**	**Argiles et limons mous**
10m50	**10.88**	**143.54**	**17.60**	**8.16**	**sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche**	**Argiles et limons mous**
12m00	**16.22**	**247.69**	**24.12**	**10.27**	**sol normalement consolidé, normalement serré**	**Argiles et limons fermes**

13m50	9.63	171	23.07	7.41	sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Marnes tendres
15m00	8.37	333.36	25.09	13.29	Sol normalement consolidé, normalement serré	Marnes tendres
16m50	7.11	612.38	28.44	21.59	sol sur consolidé, très serré	Marnes tendres
18m00	19.73	667.06	21.11	22.08	sol sur consolidé, très serré	Marnes tendres
19m50	10.44	417.09	28.70	14.53	sol normalement consolidé, normalement serré	Marnes tendres
21m00	13.64	301.60	30.75	9.81	sol normalement consolidé, normalement serré	Marnes tendres
22m50	24.21	182.39	34.75	5.25	sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Marnes tendres
24m00	14.80	382.87	34.15	11.21	sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Marnes tendres
25m50	27.20	270.58	34.56	7.84	sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Marnes tendres
27m00	23.22	348.69	36.83	9.47	sol normalement consolidé, normalement serré	Marnes tendres
28m50	14.54	639.22	36.62	17.45	sol sur consolidé, très serré	Marnes tendres
30m00	24.17	299.59	39.20	7.64	sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Marnes tendres
31m50	26.71	261.33	42.72	6.12	sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Marnes tendres
33m00	29.84	316.87	43.06	7.36	sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Marnes tendres
34m50	16.55	426.20	45.01	9.47	sol normalement consolidé, normalement serré	Marnes tendres

Tableau VIII.5 Le sondage pressiométrique SP19 : OA 21/01 / Piste (PK 21+974)

Description lithologique :

00.00-9.00m : Argile marneuse peu graveleuse de couleur noire et brune.

09.00-15.00m : Argile marneuse très graveleuse à inclusions caillouteuses de couleur beige avec des concrétions calcareuse de couleur blanchâtre.

15.00-20.00m : Argile marneuse très graveleuse, caillouteuse, de couleur beige à tendance rougeâtre, avec des concrétion calcareuse blanchâtres.

20.00-25.00m : Argile marneuse , très graveleuse et caillouteuse de couleur beige .

25.00-35.00m : Argile marneuse peu graveleuse de couleur grise et beige avec des nodules calcareux blanchâtre et nodules noires avec trace d'oxydation de couleur ocre rouge.

- **Résultats des essais pressiométriques et interprétation**

Le sondage pressiométrique SP19, a mis en évidence un sol doté de caractéristiques mécaniques relativement variables , avec des valeurs de pressions limites PL, allant de 4.15 bars à 22.57 bars .

Sondage pressiométrique SP19						
profondeur (m)	P_f (bars)	E (bars)	P_L (bars)	E / P_L	Etat de consolidation (DTR BC 2.331)	Classe de sol (fascicule 62)
01^{m}50	2.64	31.11	4.15	7.49	Sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons mous
03 ^{m}00	3.67	33.88	4.93	6.88	Sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Argiles et limons mous
04^{m}50	5.51	92.69	7.83	11.83	Sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons mous
06^{m}00	7.35	34.37	11.30	8.35	Sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons fermes
07^{m}50	5.24	76.20	7.38	10.33	Sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons mous
09^{m}00	9.11	214.49	16.27	13.18	Sol sur consolidé, très serré	Argiles et limons fermes
10^{m}50	6.45	94.01	10.31	9.12	Sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons fermes
12^{m}00	6.42	109.29	10.16	10.75	Sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons fermes
13^{m}50	7.22	115.20	11.43	10.08	Sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons fermes
15^{m}00	8.25	131.31	12.77	10.28	Sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons fermes
16^{m}50	7.35	119.26	11.65	10.23	Sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons fermes
18^{m}00	8.91	133.52	13.62	9.81	Sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons fermes
19^{m}50	8.83	182.04	14.83	12.27	Sol sur consolidé, très serré	Argiles et limons fermes
21^{m}00	18.05	308.08	20.86	14.77	Sol sur consolidé, très serré	Argiles et limons fermes
22^{m}50	1120	207.11	18.29	11.92	sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons fermes
24^{m}00	12.78	369.61	20.22	17.98	Sol sur consolidé, très serré	Argiles et limons fermes
25^{m}50	7.83	89.68	11.71	7.66	sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons fermes
27^{m}00	8.40	119.17	12.73	9.36	sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons fermes
28^{m}50	8.64	93.83	12.44	7.54	Sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons fermes
30^{m}00	9.37	174.25	14.94	11.66	sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons fermes

31m50	11.07	186.61	16.84	11.08	sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons fermes
33m00	11.38	186.14	17.23	10.80	sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons fermes
34m50	14.45	300.67	22.57	19.92	Sol sur consolidé, très serré	Argiles et limons fermes

Tableau VII.6 : Résultats des essais pressiométriques

- **Le Sondage pressiométrique SP21: OA24/01/CW104 / PK 24+624 :**

Description lithologique :

00.20-04.00m : Argile marneuse très graveleuse de couleur brune.

04.00-06.00m : Argile marneuse très graveleuse de couleur grise , riche en concrétion calcaire de couleur blanchâtre.

06.00-09.00m : Argile marneuse , très caillouteuse, de couleur grise beige, riche en concessions calcareuse de couleur blanchâtre.

- **Résultats des essais pressiométriques et interprétation**

Le sondage pressiométrique SP 21, a mis en évidence un sol doté de caractéristiques mécaniques relativement variables avec des valeurs de pressions limites PL , allant de 4.70 bars à 25.47 bars**.**

Sondage pressiom étrique SP21						
Profondeur (m)	P_f (bars)	E (bars)	P_L (bars)	E / P_L	Etat de consolidation (DTR BC 2. 31)	Classe de sol(fascicule 62)
01m50	2.82	30.24	4.70	6.43	Sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Argiles et limons mous
03 m00	5.93	35.52	9.89	3.59	Sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Argiles et limons mous
04m50	10.71	101.54	13.96	7.27	Sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Argiles et limons fermes
06m00	10.86	101.54	14.11	7.20	Sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Argiles et limons mous
07m50	7.17	157.47	9.88	15.93	Sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons mous
09m00	7.89	141.53	12.38	11.43	Sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons fermes
10m50	18.47	267.52	25.31	10.57	Sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons très fermes à dures
12m00	16.74	267.60	23.90	11.19	sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons fermes

13m50	6.70	175.86	10.95	16.07	Sol sur consolidé, très serré	Argiles et limons fermes
15m00	8.03	198.29	12.71	15.60	sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons fermes
16m50	9.08	163.93	13.24	12.38	sol normalement consolidé, normalement serré	Argiles et limons fermes
18m00	8.79	233.95	14.45	16.19	Sol sur consolidé, très serré	Argiles et limons fermes
19m50	5.60	62.79	8.29	7.57	Sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Argiles et limons mous
21m00	5.34	58.46	8.61	6.79	Sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Argiles et limons mous
22m50	4.90	10.12	6.29	1.61	Sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	Argiles et limons mous
24m00	5.05	9.88	6.19	1.60	sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	argiles et limons mous
25m50	7.22	113.87	10.66	10.58	sol normalement consolidé, normalement serré	argiles et limons fermes
27m00	17.75	291.52	25.47	11.45	sol normalement consolidé, normalement serré	argiles et limons très fermes à dures
28m50	13.49	262.31	17.58	14.92	sol normalement consolidé, normalement serré	argiles et limons fermes
30m00	13.11	266.36	16.87	15.79	sol normalement consolidé, normalement serré	argiles et limons fermes
31m50	15.24	294.66	18.59	15.85	sol normalement consolidé, normalement serré	argiles et limons fermes
33m00	10.25	205.90	15.94	12.92	sol normalement consolidé, normalement serré	argiles et limons fermes
34m50	14.91	205.17	20.99	9.77	sol sous consolidé, altéré, remanié ou lâche	argiles et limons fermes

Tableau VIII.7 : Résultats des essais pressiométriques

V11I. 5.2 Les essais de laboratoire :

Les essais de laboratoire visent à déterminer les propriétés physiques et mécaniques des matériaux afin de choisir le dimensionnement du corps de chaussée ou type de fondations (superficielles ou profondes) et leurs dimensions et ce, pour chaque ouvrage d'art.

Les essais réalisés en laboratoire sont :

VIII.5.2.1 Les essais d'identification

– **Teneur en eau naturelle**

La Teneur en eau est un paramètre d'état qui permet d'approcher certaines Caractéristiques mécaniques et d'apprécier la consistance d'un sol fin.

La Teneur en eau est donnée par la formule :

$$\omega = W_w / W_s$$

Les échantillons présentent des densités faibles à élevées (1.35à 1.97 g/cm^3), associées à des teneurs en eau moyennes à élevées (12.86 à36.0).



Figure VIII.2 Teneur en eau.

- **Limite d'Atterberg**

Les Limites d'Atterberg sont paramètres géotechniques destinés à identifier un sol et àcaractériser son état au moyen de son indice de consistance.

Limites d'Atterberg (limite de liquidité, Limite de plasticité) : teneur en eau pondéralescorrespondant à des états particuliers d'un sol.
Limite de liquidité (W_L) : teneur en eau d'un sol remanié au point de transition entre les étatsliquides et plastiques.

Limite de plasticité (W_P) : teneur en eau d'un sol remanié au point de transition entre les états plastiques et solides.
L'indice de plasticité (I_P) : différence entre les limites de liquidité et de plasticité.

$$I_{pp} = W_L - W_P$$



Figure VIII.3 : Limite d'Atterberg

D'après le diagramme de plasticité de Casagrande il ressort que les sols prospectés , sont peu plastiques , à parfois plastiques avec des paramètres varient comme suit :

- **$31.10\% \leq W_L \leq 63.95\%$.**
- **$11.13\% \leq IP \leq 26.77\%$.**

– **Analyse granulométrique (tamisage à sec)**

Les échantillons étudiés (marne argileuse , argile marneuse , sable limono-argileux) ont un pourcentage élevé en fraction de diamètre inférieure à 80 u (58.83% à 99.61%) ce qui dénote des sol fin .



Figure VIII.4: Analyse granulométrique.

– **Essai au bleu de méthylène**

L'essai au bleu de méthylène est déterminité de la valeur de bleu de méthylène d'un solou d'un matériau rocheux.

La valeur de bleu de méthylène d'un sol (VBS) mesure la capacité d'absorption d'un solou d'un matériau rocheux.

L'essai consiste à mesurer par dosage la quantité de bleu de méthylène pouvant être absorbée par le matériau mis en suspension dans l'eau. Cette quantité est rapportée parproportionnalité directe à la fraction 0/50 mm du sol. La valeur de bleu du sol est directement liée à la surface spécifique des particules constituant le sol ou le matériau rocheux.

Le dosage s'effectue en ajoutant successivement différentes quantités de bleu de méthylène et

en contrôlant l'adsorption après chaque ajout. Pour ce faire, on prélève une goutte de la suspension que l'on dépose sur un papier filtre, ce qui provoque la création d'une tache.



Figure VIII.5 : Essai au bleu de méthylène.

VIII.5.2.2 Les essais mécaniques

- **Essais de cisaillement rectiligne**

L'essai a pour objet de mesurer les caractéristiques de rupture d'un échantillon de sol fin saturé soumis à un cisaillement direct selon un plan imposé, à une vitesse constante.
L'essai s'effectue sur une éprouvette de sol placée dans un bâti de cisaillement constitué de deux demi-boîtes indépendantes.

Le plan de séparation des deux demi-boîtes constitue un plan de glissement préférentiel correspondant au plan de cisaillement de l'éprouvette.



Figure VIII.6 : Essai de cisaillement.

Les valeurs obtenues sont résumées dans le tableau suivant :

Sondage N	PK	Profondeur échantillonnage (m)	Nature du sol	C'(bars)	Q'
SC01	00+420	10.55-11.00 17.65-18.00 21.20-21.80 24.50-25.00	Marne argileuse Marne argileuse Marne argileuse Marne argileuse	0.29 0.29 0.26 0.25	24.30 23.00 23.70 21.50
SC02	04+140	7.55-7.90 8.30-8.70 11.65-12.00 24.40-25.00	Argile marneuse Argile marneuse Argile marneuse Argile marneuse	0.04 0.36 0.18 0.042	23.90 18.20 23.60 29.60
SC03	17+795	5.60-6.00 9.00-9.50 19.00-19.40 24.60-25.00	Argile marneuse Argile marneuse Argile marneuse Argile marneuse	0.15 0.27 0.33 0.19	28.60 24.20 21.80 24.10
SC04	23+320	10.40-11.00 16.50-17.20	Sable limono-argileux Argile marneuse	0.70 0.37	24.00 21.5

TableauVIII.8 : Résultats des essais cisaillement.

- **Essai œdométrique**

L'essai œdométrique a pour but de déterminer la compressibilité des sols fins et matériaux fins cohérents, avec chargement par paliers.

L'essai consiste à soumettre l'éprouvette à une série de paliers de chargement et de déchargement d'intensité constante, et à mesurer pour chacun d'eux, la variation de la hauteur γ_h de cette éprouvette au cours du temps.



Figure VIII .7 essai oedométrique.

Les résultats des essais de compressibilité à l'oedomètre sont récapitulés dans le tableau suivant :

Légende :

Pc (bars) ; pression de consolidation.
Cc (%) : coefficient de compressibilité.
Cg(%) : coefficient de gonflement.
Pz (bars) : pression des terres au repos.

Sondage N	profondeur	Nature du sol	Pz(bars)	Pg (bars)	Pc (bars)	Cc (%)	Cg (%)	Interprétation des résultats
SC01	21.20-21.8	Marne argileuse	4.16	0	3.02	31.20	3.60	Le sol est sous consolidé, très compressible et peu gonflant.
SC02	7.55-7.90		1.50	0	3.67	18.70	7.30	Le sol est sur consolidé, moyennement compressible et gonflant .
	8.30-8.70	Argile marneuse	1.50	0	2.12	36.80	3.30	
	11.65-12.0		2.30	0	1.31	21.90	2.90	Le sol est sur consolidé, très compressible et peu gonflant. Le sol est sous consolidé , assez compressible et peu gonflant.
SC03	5.60-6.00	Argile marneuse	1.20	0	2.71	16.60	4.30	Sol est sur consolidé, moyennement compressible et gonflant.
SC04	10.40-11.0	Sable limono - argileux	2.2	0	0.87	12.5	2.40	Sol est consolidé, moyennement compressible et peu gonflant.

TableauVIII.9 Résultats des essais compressibilités à l'oedomètre

D'après l'analyse des résultats œdométriques, on constate que les sols en profondeur, sont moyennement compressible à très compressibles avec des coefficients de compressibilité Cc allant de 12.5 % à 36.80%.

Les sols sont peu gonflants à gonflants, avec des valeurs des coefficients de gonflement Cg comprise entre 2.40% à 7.30%.

- **Essai C.B.R (California Bearing Ratio)**

L'essai a pour but de déterminer pour un compactage d'intensité donnée la teneur en eau optimum correspondante, elle permet d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistanceau poinçonnement.
On compacte avec une dame standard dans un moule standard, l'échantillon de sol recueilli sur le site, selon un processus bien déterminé, à la 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. Les passer sur le tamis inférieur à 20 mm dans le moule CBR.
On réalise en général trois essais : CBR standard, CBR immédiat, CBR imbibé.
On s'intéresse actuellement au CBR imbibé.
Cet essai est utilisé pour dimensionnement des structures des chaussées et orientation les travaux de terrassements**.**



FigureVIII.8: Essai de CBR.

Les valeurs des I(CBR)à 95% de l'OPM , varient de 2.53à 14.30, ce qui indique des sols de faible à moyenne portance.
Les classes de portance prédominantes sont de type S4 et S3 .
La classe S2 est peu représentative

- **Analyse chimique sommaire**

Les échantillons prélevés des 04 sondages carottés, ont subi des analyses chimiques sommaires, les résultats obtenus dans le tableau suivant

Sondage N	Profondeur (m)	Carbonate(%)	qualificatif	Anhydride carbonique (%)	Chlorure(%)	Sulfate(%)
SC01	21.20-21.80	30.11	Marne argileuse	9.48	0.35	Traces
SC02	8.20-8.70 24.40-25.00	12.93 21.56	Marne argileuse	5.59 9.48	0.35 0.58	Traces Traces
SC03	19.00-19.40	27.58	Marne argileuse	12.14	0.41	Traces
SC04	16.50-17.20	17.24	Marne argileuse	7.59	0.35	Traces

TableauVIII.10 Résultats des analyses chimiques

Agressivité :

Selon la norme NF P18-011 du 12/09 , les résultats obtenus révèlent de faible teneurs en chlorures et en sulfates (traces) , ce qui dénote un environnement faiblement agressif, donc pas de mesures particulières à prendre vis-à-vis du béton .

Teneurs en carbonates :
Les valeurs de teneur en carbonate de calcium sont comprise entre 12.93 et 30.11, elles traduisent des sols de nature marne argileuse.

VIII.6 Condition d'utilisation des sols:

L'idéal est de pouvoir réutiliser les terres provenant des déblais, mais ceci doit répondre à certaines conditions.
Les matériaux de remblais seront exempts de :

- Pierre de dimension > 80 mm.
- Matériaux plastique IP > 20% ou organique.
- Matériaux gélifs.

On évite les sols à forte teneur en argile

- **Classification de sol**

La classification GTR est fondée sur trois types de paramètres à savoir : nature état et comportement mécanique sur sol. Elle est axée sur les conditions de réutilisation en remblai ou en couche de forme.

La classification des sols rencontrés dans le tronçon d'étude selon le GTR est donnée dans le tableau suivant :

Puits	Caractéristiques granulométriques	Caractéristiques physiques	Classification GTR
P01	D<50mm et Tamisât à 80µm>35%	12<Ip <40 Où 2.5 <VBS<8	Classe A (sols fins) : argiles marneuses et marne argileuses ,Sols fins A1, A2s, A2ts, A3ts.
P02	D<50mm et tamisat à 80µm<35%	Ip <12 VBS<1.5	Classe B (B5et B6) (argiles marneuses et marne argileuses très graveleuse.
P03		12< Ip 1.5<VBS	
P04			

Tableau VIII.11 Classification GTR des échantillons prélevés des puits.

On n'a pas eu des informations ni sur les teneurs en eau naturelles ni sur les indices de portance immédiats et donc on ne peut rien dire sur l'état hydrique du sol.

VIII.6.1 Les recommandations d'utilisation des matériaux en remblai :

Le climat de la wilaya de Tipaza se caractérise principalement par un climat subhumide hiver doux dans la partie nord et froid dans la partie sud , un été chaud avec une moyenne de 600 mm à 800 mm d'eau de pluie par an.

Donc dans la Situation météorologique : pluie moyenne.

A_2ts	Sols normalement inutilisables en l'état	NON

A_3ts	Sols normalement inutilisables en l'état	NON

A_2s	La teneur en eau faible de ces sols oblige à un compactage intense. Il faut au moins éviter de réduire encore leur teneur en eau et pour des remblais de grande hauteur un changement de leur état hydrique est nécessaire L'humidification dans la masse exige un malaxage soigné avec apport d'importantes quantités d'eau	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	E : extraction en couches R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1 0 0 0 1 1 2
		=	ni pluie, ni évaporation importante	**Solution 1 : humidification dans la masse** W : humidification pour changer l'état R : couches minces C : compactage moyen	0 0 4 0 1 2 0
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 0 0 0 1 2
		–	évaporation importante	**Solution 1 : humidification** W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage intense	0 0 4 0 1 1 0
				Solution 2 : arrosage W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0 0 3 0 0 1 1
				Solution 3 : extraction frontale avec arrosage E : extraction frontale W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	2 0 3 0 0 1 2

VII.6.2 Condition d'utilisation en couche de forme :

La grande sensibilité à l'eau des sols de cette classe (A_1) implique de les traiter avec des liants hydraulique associés éventuellement à la chaux pour les pouvoir utiliser en couche de forme.

La maitrise de l'état hydrique de ces sols traités est souvent délicate en raison de la variation brutale de leur comportement (portance) pour de faibles écarts de teneur en eau, ces sols se traitent généralement en place.

Dans le cas où il y'a une faible pluie : la situation météorologique ne garantit pas une maitrise suffisante de l'état hydrique du mélange : sol plus liant(s).

VIII.7 Conclusion

Notre projet traverse une zone avec de bonnes caractéristiques physico-mécaniques , du point de vue géologique et hydrologique aucun incident notable n'est à signalé.

La classification des matériaux de déblais permet de déduire que les matériaux des déblais sont relativement utilisables en couche de forme ou en en remblai mais nécessite un traitement selon la situation météorologique comme indiqué au-dessus.

Pour la classification du sol support dans le calcul de dimensionnement du corps de chaussée, on prend une classe de portance S4 pour un indice C.B.R $_{\text{imbibé moy}}$=2.53<5 (sol de faible portance) , que l'on peut corréler empiriquement à EV2(MPA)= 5*CBR = 5*2.53=12.65MPa, d'où le recours à la mise en place d'une couche de forme.

CHAPITRE IX :

DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

IX.1 Introduction

Après avoir terminé avec l'étude technique relative à la fixation des principaux paramètres de conception géométrique de la route, nous abordons le volet dimensionnement de chaussée, il s'agit de retenir la structure de chaussée la plus économique et la plus adaptée au projet sur la base des données relatives à la nature de sol traversées, des types de matériaux et de la condition climatique.

L'application d'une charge roulante induit une déformation en flexion des couches de la structure, cette flexion entraine des sollicitions en compression et des sollicitations de tractions.

Il existe différentes méthodes pour bien appréhender cette déformation. Elles donnent lieu ensuite à différents modèles de dimensionnement qui sont généralement en fonction de :

- Trafic
- Sol support
- Environnement de la route (le climat et la pluviométrie)

IX.2 La chaussée

IX.2.1 Définitions

Les chaussées (routières, ferroviaires, aéroportuaire, ext) sont des structures composites, multicouches, souvent complexes, conçus pour résister sur une durée de vie relativement longue aux multiples sollicitations mécanique (liées principalement au passage de charges lourdes) et climatiques (cycles de température, pluie, gel, ext) qui l'une après l'autre dégradent les performances initiales des matériaux et leur interface.

IX.2.2 Les différents types de chaussée

Les chaussées peuvent être classées en trois grandes catégories :

IX.2.2.1 Chaussée souple :

C'est une structure de chaussée dans laquelle l'ensemble des couches liées qui la constituent sont traitées aux liants hydrocarbonés. Elle est constituée de :

a. Une couche de roulement qui subit directement les agressions du trafic et du climat.
b. Une couche de base et une couche de fondation permettent à la chaussée de résiste mécaniquement aux charges induites par le trafic et de les répartir dans le sol support en prenant en compte ses limites admissibles.
c. Dans des cas exceptionnels d'une couche de forme.

IX.2.2.2 Chaussée rigide :

Elle est réalisée généralement avec du béton de ciment ; la couche de béton assure en principe le rôle de couche de base et de surface mais peut être recouverte d'une couche de roulement en béton bitumineux. Les avantages de ce type de chaussée sont la bonne répartition des charges sur le support et la bonne tenue à la fatigue, mais elle est chère par rapport aux autres types de chaussées.

IX.2.2.3 Chaussée semi rigide :

Elle est constituée d'une ou deux couches d'assise réalisées avec des graves traitées aux liants hydrauliques (ciment, cendres volantes) et d'une couche de surface en béton bitumineux, son comportement mécanique est intermédiaire entre celui des chaussées rigides et celui des chaussées souples ; la répartition des charges sur le support est bonne mais des contraintes de traction se développent à la base des couches (condition déterminante pour le dimensionnement de ces couches).

IX.3 Méthodes de dimensionnement :

Toutes les méthodes existantes de dimensionnement du corps de chaussée sont basées sur la portante du sol, le trafic et les caractéristiques mécaniques des matériaux constituant les différentes couches.

On a opté dans notre projet pour une chaussée souple et on va la dimensionner avec les deux méthodes les plus utilisées ici en Algérie :

- Méthode CBR améliorée.
- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du CTTP.

IX.3.1 La méthode de C.B.R améliorée (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 modifié sur une épaisseur d'eau moins de 15cm.

IX.3.2 Méthode de catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) :

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

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

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

- ❖ Approche théorique.
- ❖ Approche empirique.

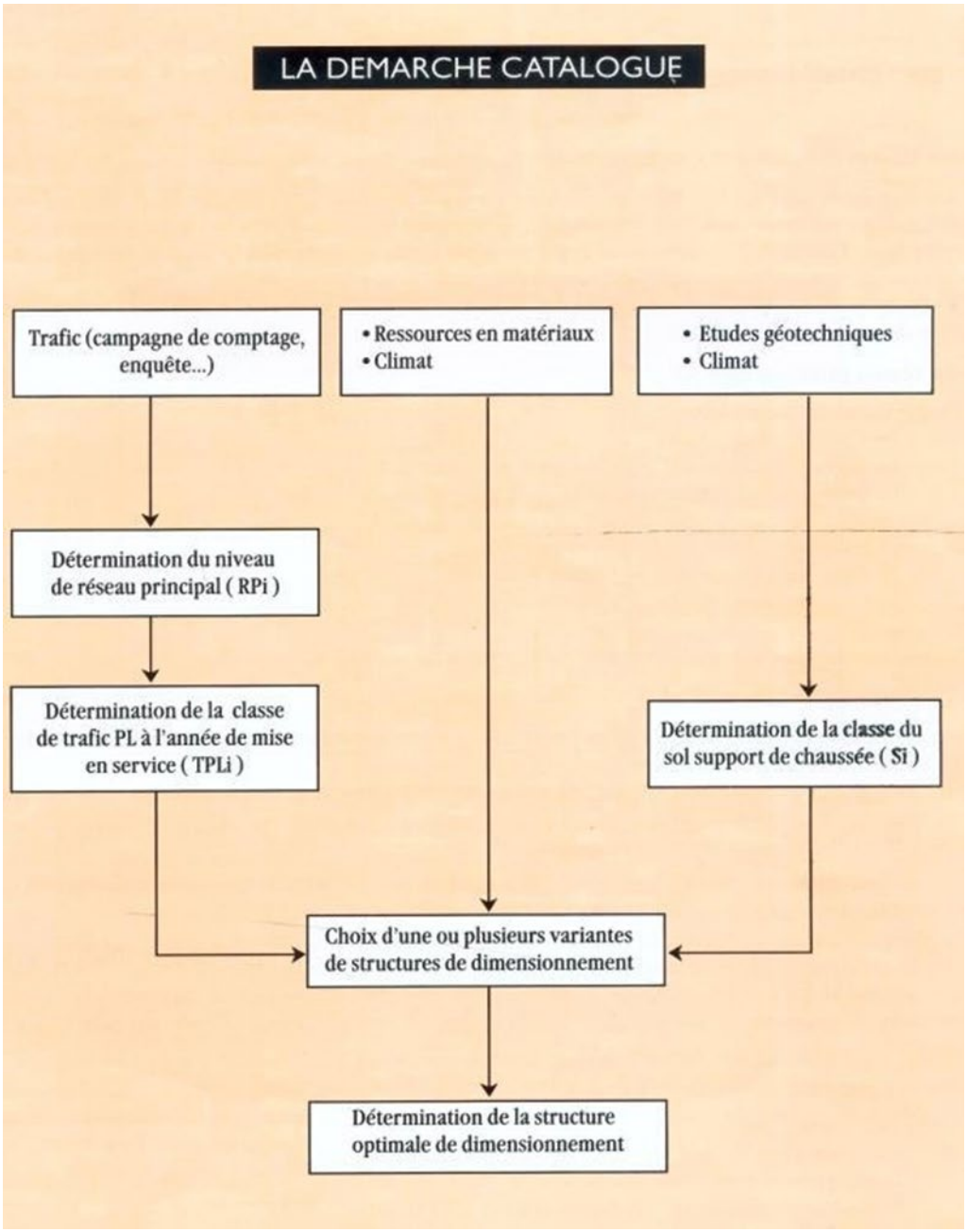


Figure IX.1. Démarche du catalogue.

IX.4 Application au projet :

le trafic journalière moyen annuel **$T2025=T2021*(1+t)^n$**

On a **:**

TJMA2025= $7500*(1+0.04)^3$

= 8436 **v/j/2sens**.

TJMA 2025=8436*2/3=5624**V/J/sens** > 1500 v /j

- la route principale présentant intérêt économique et stratégique donc le réseau est RP1

IX.4.1 Détermination de la classe de trafic :

- **Zone climatique :**

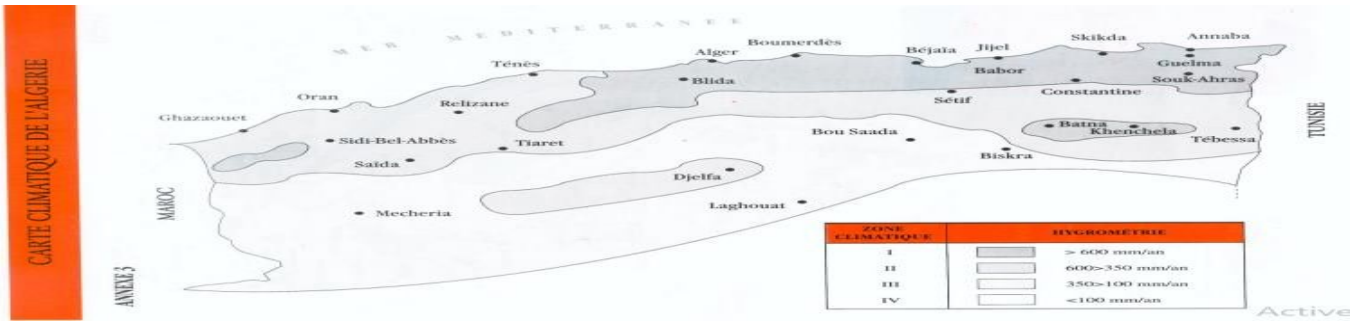


Figure IX.2. Zone climatique

D'après la carte climatique de l'Algérie notre projet s'inscrit dans la zoneclimatique : I

- **Durée de vie :**

Niveau de réseau principal (RPi)	Matériaux types	Structures types	Durée de vie (années)
RP1	MTB (matériaux traités au bitume)	GB/GB, GB/GNT, GB/TUF,GB/SG	20
	MTLH (matériaux traités aux liants hydrauliques)	GL/GL	20
		BCg	25
RP2	MNT (matériaux non traités)	GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG	15
	MTB (matériaux traités au bitume)	SB/SG	15

GB : grave bitume, GL : grave laitier, BCg : béton de ciment goujonné, SB : sable bitume, GNT : grave non traitée, SG : sable gypseux, AG : arène granitique, Tuf : encroûtement calcaire.

Figure IX.3. Durée de vie

IX.4.1.1 Classification des trafics poids lourd :

Taux de d'accroissement : **4%**

- TJMA(2025)= 8436 v/J/Sens. (2025 c'est l'année de mise en service).
- La répartition de poids lourds de la chaussée unidirectionnelle a 3 vois est de 80%

AN :

$TPL_{2025} = \%\ PL \times TJMA_{2025} \rightarrow TPL_{2025} = 0.3 \times 8436 \times 0.8$

TPL_{2025} = 2024.64(pl/j/sens/).

$TPL2045 = TPL2025 \times (1+t)^n = 2024.64\ (1+0{,}04)^{20}$

TPL_{2045}= 4436.235(v /j/sens).

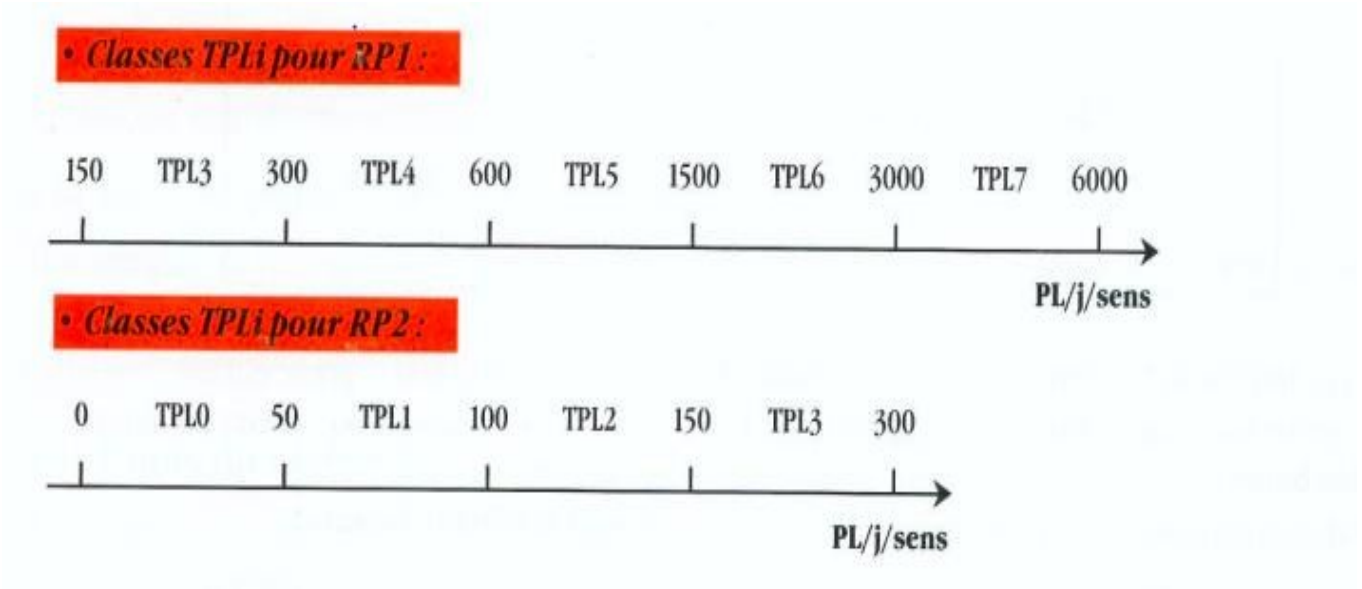


Figure IX.4. Classe TPL pour les réseaux principaux

D'après le classement donné par le catalogue des structures notre trafic est classé en **TPL6**.

IX.4.2 Calcule du trafic cumulé en essieux équivalant de 13 tonnes (TCEi).

Le coefficient d'agressivité structurelle moyenne (CAM) d'un poids lourd est de 0,6d'après la norme algérienne.

$$\boldsymbol{TCE = TPL_i \times CAM \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \times 365}$$

Avec :
i : taux d'accroissementn : durée de vie
TPL : trafic poids lourds a l'année de mise en service

AN :

TCE = $2024.64 \times 0.6 \times \frac{(1+0.04)^{20}-1}{0.04} \times 365$ = 13203485.7

⇒ **TCE = 13.2 × 10^6 essieux 13 tonnes**

IX.4.3 Calcul de trafic poids lourd cumulé :

$$\boldsymbol{TCI = TPL_i \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \times 365}$$

AN : $TCI = 2024.64 \times \frac{(1+0.04)^{20}-1}{0.04} \times 365 = 22005809.49$

⇒ **$TCI = 22 \times 10^6$ PL**

IX.4.4 Le risque de calcul :

Classe de trafic		TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
RISQUE(R%)	GB/GB, GB/GNT	20	15	10	5	2

Tableau IX.1. Risque adopté pour le réseau RP1

D'après le catalogue algérien de dimensionnement des chaussées neuves nous avons un risque de **5%.**

IX.4.5 Classification de portances du sols supports :

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 5 classes de sols support à savoir : S4, S3, S2, S1, S0.

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

Figure IX.5. Portance du sol en fonction du CBR

Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :
Pour un indice CBR qui égale 2.53 :

$E\ (MPA) = 5 \times CBR = 5 \times 2.53 = 12.65\ (MPA) \Rightarrow S_4$

Lorsque des cas de sols de faible portance (S_4 en RP1) sont rencontrés, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chausses dans les conditions acceptables.

IX.4.6 Amélioration de la portance du sol support :

La couche de forme a pour but d'améliorer la portance du sol support, le (CTTP) a fait des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de CF, le mode de sa mise en place (nombre de couches) et la nature du matériau utilisé (les plus répandu en Algérie)Pour la réalisation de la CF.

Les résultats de ces recherches sont résumés dans le tableau suivant :

Portance de sol	Matériau de CF*	Epaisseur de CF	Portance visée
< S4	Non traité	50cm (2couches)	S3
S4	Non traité	35cm	S3
S4	**Non traité**	**60cm (2couches)**	**S2**
S3	Non traité	40cm (2couches)	S2
S3	Non traité	70cm (2couches)	S1

Tableau IX.2 amélioration de la portance du sol support

Les sols recensés ont un indice CBR de **2.53** dans la majorité des cas, de classe de portanceest donc **S4,** notre sol doit être surclassé (S4 ⇒ S2), on adopte une couche de forme de **60 cm de TUFF** réalisée en deux couches de 30 cm. En vue de sa disponibilité et son coût.
La structure possible de notre ouvrage d'après le catalogue (d'après le fascicule 1).
MTB (matériaux traités au bitume) : **GB/GB ; GB/GNT.**

IX.4.7 Choix de dimensionnement

D'après le fascicule3 :

- TPL6
- Classe de portance du Sol S2 :

Les structures possibles sont :

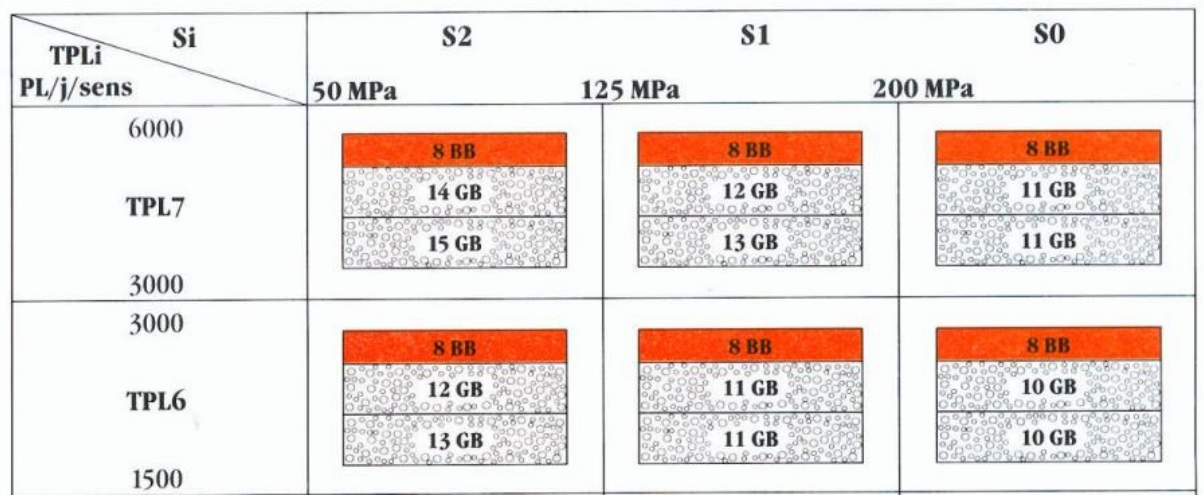


Figure IX.7. Structures proposées par le fascicule 3

On a choisi la structure suivante : 8BB + 12GB + 13GB + 60TUF(CF) (30cm+30cm)

Couches	Epaisseurs (cm)	Type d'interface
BB (couche de roulement)	08	
GB (couche de base)	12	**Collée**
GB (couche de fondation)	13	**Collée**
Tuf (couche de forme)	60	**Collée**

Tableau IX.3. Tableau récapitulatif des couches

IX.5 Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support

Il faudra vérifier que ε_z et ε_t calculées à l'aide d'**alize III**, sont inférieures aux valeurs admissibles qui est donnée par relation empirique déduit à partir d'une étude statique de comportement des chaussées Algériennes c'est-à-dire respectivement a $\varepsilon_{t,\,adm}$ et $\varepsilon_{z,\,adm}$.

$$s_Z < s_{Z.adm} \text{ et } s_t < s_{t.adm}$$

s_t : la déformation de traction par flexion à la base des couches bitumineuses.

ε_Z : la déformation verticale sur le sol support.

$$s_{Z.adm} = 22.10^{-3} \cdot (TCEi)^{-0.235}$$

$$s_{Z.adm} = 22.\ 10^{-3}.\ (13.2 \times 10^6)^{-0.235} = 4.667 \text{ x } 10^{-4}$$

$$S_{Z.adm} = 467\ \boldsymbol{\mu def}$$

IX.5.1 Performances mécaniques des matériaux bitumineux :

Les performances mécaniques relatives aux différents types de matériaux sont données dans le tableau suivant :

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

Tableau IX.4. Des Performances mécaniques des matériaux bitumineux (Fascicule 2)

IX.5.2 Calcul de la déformation admissible de traction (ξt, adm) :

La valeur admissible de tractions est donnée par la relation suivante :

$$\varepsilon_{t.adm} = \varepsilon_6\,(10°C, 25Hz) \times Kne \times K\theta \times Kr \times Kc$$

- ε_6 ($\mathbf{10°C, 25Hz}$) : déformation limite qui correspond à 10^6 cycles. (Essai de fatigue à 10°C et 25Hz). Pour un grave bitume $\varepsilon_6 = 100.10^{-6}$.
- **kne** : facteur lie au nombre cumule d'essieux équivalents supporte par la chaussée.
- **kθ** : facteur lie à la température.
- **kr** : facteur lié au risque et aux dispersions.
- **kc** : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbésur la chaussée (kc=1.3) Avec :

$$KN_e = (TCE_i \ 10^6)\, b \qquad Kr = 10^{-b\delta} \qquad K\theta = \sqrt{\frac{(10° c)}{E(\theta eq)}}$$

b : pente de la droite de fatigue
E (10°C) : module complexe de matériau bitumineux à 10°C.

- E (θeq) : module de complexe du matériau bitumineux à la température équivalente quiest fonction de la zone climatique considérée.
- La dispersion $\boldsymbol{\delta} = \sqrt{SN2 + (c\ b\ Sh)\ 2}$
- SN : dispersion sur la loi de fatigue.
- Sh : dispersion sur les épaisseurs.
- c : coefficient égal à 0.02.
- t : fractile de la loi normale qui est en fonction du risque adopté(r%).

IX.6 APPLICATION NUMERIQUE

Température équivalente Eeq :

	Zone climatique		
Température équivalente θeq (°C)	I et II	III	IV
	20	25	30

Figure IX.8. Zone climatique

D'après le catalogue 1
On a θeq =20°C° (Zone I)

Performances mécaniques des matériaux bitumineux :

Tableau IX.9. Tableau des Performances mécaniques des matériaux bitumineux (Fascicule 2)

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

E (20°, 10Hz) =4000MPA

Risque adopté

Tbleau IX.10. Risque adopté

	Classe de trafic (TPLi) (PL/J/sens)	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (%)	GB/GB, GB/GNT...	20	15	10	5	2
	GL/GL	15	10	5	2	2
	BC/g/GC	12	10	5	2	2

Réseau RP1, la classe du trafic TPL6 et structure GB/GB alors le Risque adopté r=5%.

- **t** : fractile de loi normale, en fonction du risque adopté donc **(t= -1.645)**
- **b** = - 0.146

kne = $\left(\frac{TCE_I}{10^6}\right)$ b **kne = 0.686**

$\delta=\sqrt{SN^2+(\frac{C}{B}Sh)^2}=\sqrt{SN^2+(\frac{0.02}{1.46}\times 3)^2}$ =0.609

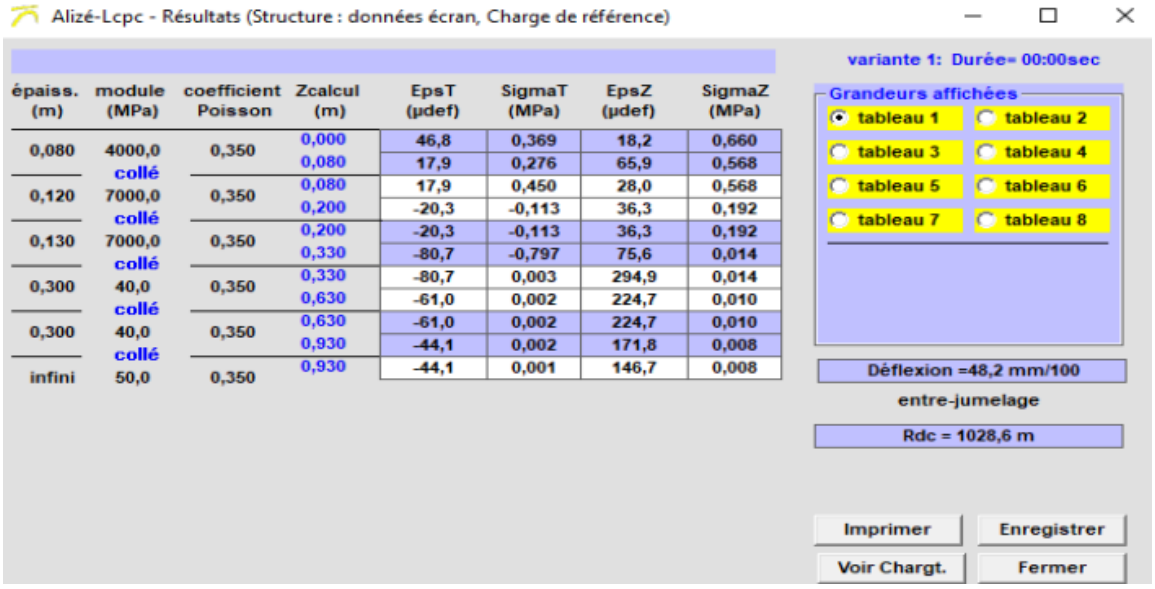
kr= $10^{-\delta tb}$ **kr =0.77**

k$\theta=\sqrt{\frac{E(10°c)}{E(\theta eq)}}$ **kθ =1.33 ; Kc = 1.3**

εt, adm = 100 × 10^{-6} × 0.686× 1.33 × 0.77× 1.3

$\varepsilon t, adm = 91.33\mu def$

Figure .IX.7 Résultats de calcul par Alize :



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,080	4000,0	0,350	0,000	46,8	0,369	18,2	0,660
	collé		0,080	17,9	0,276	65,9	0,568
0,120	7000,0	0,350	0,080	17,9	0,450	28,0	0,568
	collé		0,200	-20,3	-0,113	36,3	0,192
0,130	7000,0	0,350	0,200	-20,3	-0,113	36,3	0,192
	collé		0,330	-80,7	-0,797	75,6	0,014
0,300	40,0	0,350	0,330	-80,7	0,003	294,9	0,014
	collé		0,630	-61,0	0,002	224,7	0,010
0,300	40,0	0,350	0,630	-61,0	0,002	224,7	0,010
	collé		0,930	-44,1	0,002	171,8	0,008
infini	50,0	0,350	0,930	-44,1	0,001	146,7	0,008

IX.8 Interprétation des résultats :

	Valeurs calculées par Alize (µ def)	Valeurs admissibles (µ def)
εt Déformation de traction	80.7	91.33
sz Déformation vertical du sol	146.7	467

D'après les résultats du tableau ci-dessus toutes les valeurs des déformations sont vérifiées, notre choix de structure reste 8BB + 12GB + 13 GB + 60 Tuf en deux couches de 30m.

- **Méthode CBR (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 modifie.

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule présentée ci-après :

Pour notre projet nous avons :

- **$TJMA_{2045}$ = 18485 v/j/sens.**
- **PL= 30%.**

- **ICBR = 2.53**
- Chaussée unidirectionnelle à **3** voies : **80%** du trafic PL sur la voie lente de droite.

➢ **Calcul de l'épaisseur équivalente :**

$$E_{eq} = \frac{\left[100 + \sqrt{P} \times 75 + 50 \log\left(\frac{N}{10}\right)\right]}{CBR + 5}$$

- **Eeq:** épaisseur équivalente.
- **P :** Charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 (t)).
- **N :** désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide.
- **Log :** Logarithme décimal.
- **Eeq :** Épaisseur équivalent.

AN :

$$e_{eq} = \frac{\left[100 + \sqrt{6.5} \times 75 + 50 \log\left(\frac{1500}{10}\right)\right]}{2.53 + 5} = 75.51$$

e_{eq} = 75.51 cm

Avec :

On a : $E_{éq} = (a_1 \times e_1) + (a_2 \times e_2) + (a_3 \times e_3)$

e1 : épaisseur réelle de la couche de roulement.
e2 : épaisseur réelle de la couche de base.
e3 : épaisseur réelle de la couche de fondation.

En général, on adopte les épaisseurs suivantes de mise en œuvre des matériaux les plus courants :

BB=5 à 8cm **GB=10 à 20cm** **GNT/TUF=15 à 30cm**

Pour calcul les épaisseurs, on fixe deux dans les marges suivantes et on déduit la dernière :

Nom de la couche	Matériaux	Coefficient D'équivalence	L'épaisseur de la couche (cm)
Roulement	BB	2	06
Base	GB	1.5	14
Fondation	GNT	1.00	e3

e_3 = ? cm en GNT ⟹ **e_3 =42.51cm**

Alors on prend e_3 = **43cm**

L'épaisseur des couches :

Nom de la couche	Epaisseur réelle	Coefficient d'équivalence	L'épaisseur équivalente decouche (cm)
Roulement BB	06	2	12
Base GB	14	1.5	21
Fondation GNT	43	1.00	43
Totale	63	/	**76**

Notre structure comporte : ***6BB + 14GB +43GNT***



6 cm BB

14 cm GB

43 cm GNT

Figure IX.12. Composition de la structure dimensionner par la methode CBR

IX.9 Conclusion :

Malgré la méthode CBR donné le corps de chaussée le plus économique mais la méthoderetenue pour notre projet est celle de la méthode de catalogue Algérien.
Car la méthode CBR ne tient pas compte des caractéristiques de fatigues des matériaux et l'influence du climat sur ce dernier et aussi le dimensionnement du corps de chaussée calculer par la méthode CBR est moins résistante et important que le dimensionnement proposé par le catalogue.
La méthode du catalogue de dimensionnement de chaussée étant une méthode qui s'appuie sur des lois de comportement à la fatigue, nous nous proposons de l'appliquer à notre projet pour les raisons suivantes :

- Augmentation de la longévité de la route.
- Minimiser les coûts d'entretien.
- Un meilleur comportement à l'agressivité des charges.

La structure de chaussée neuve recommandée dans le cadre du projet de la liaison reliant le port centre de Cherchell à l'autoroute est – ouest :

Couche de roulement : 08 cm BB
Couche de base : 12 cm GB
Couche de fondation : 13 cm GB
Couche de forme : 60 cm Tuf, (en 2 couches de 30cm).

CHAPITRE X :

CONCEPTION D'ECHANGEUR

X.1 Introduction

L'échangeur est un croisement étagé entre deux routes avec raccordement de circulation entre les voies qui se croisent.
Son implantation doit permettre de respecter les conditions générales de visibilité et de perception du point d'échange.

Un échangeur autoroutier est un ensemble de bretelles routières permettant de s'engagersur une autoroute ou de la quitter soit pour prendre une autre autoroute soit pour emprunter le réseau routier ordinaire.
Les échangeurs se trouvent donc aux intersections entre autoroutes, ou entre une autoroute et un autre type de route. Ils permettent d'éviter tout croisement à niveau et également tout ralentissement sur les chaussées principales de l'autoroute.
Un échangeur autoroutier compte au minimum un pont permettant à une Autoroute d'enjamber l'autre dans les cas les plus complexes, les chaussées peuvent s'étager sur quatre niveaux différents (échangeur dit "Four-stack").
Un échangeur peut être complet (bidirectionnel) ou partiel (donnant accès à une seule direction de l'autoroute).

X.2 Rôle de l'échangeur

Le but d'un échangeur est d'assurer la continuité des réseaux autoroutiers et de desservir plusieurs directions en même temps en distribuant les flux dans le sens considéré 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 provoquant des pertes de temps.

X.3 Les avantages et les inconvénients de l'échangeur

X.3.1 Les avantages de l'échangeur

- Facilité aux usagers un déplacement dans des bonnes conditions de confort et desécurité.
- Evite les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents.
- Evite les points d'arrêts qui provoquent des pertes de temps considérables

« Problèmes d'encombrement bouchon ».

- Evite les contraintes d'arrêt et de reprise.
- Assure la continuité du réseau autoroutier.

X.3.2 les inconvénients de l'échangeur

L'inconvénient majeur, entraîne un investissement financier volumineux, c'est pourquoi son utilisation comme solution aux problèmes d'un carrefour doit être pleinement justifiée.

X.4 Règle de conception

La conception est l'étape la plus déterminante d'un projet puisqu'elle tient compte du prix de revient comparativement aux avantages procurés à moyen et long terme, est pour allégerson prix de revient en évite :

- ✓ Passage sur terrain agricole.
- ✓ Les longs alignements droits.
- ✓ Les terrassements importants.
- ✓ Passage au voisinage ou sur des habitations et édifices publics.

- ✓ Passages sur les oueds ou leur voisinage pour ne pas avoir d'ouvrage d'art à construire et de murs de soutènement.
- ✓ Les sections à forte déclivité.
- ✓ Les sites en courbures à faibles rayons.

X.5 Type des échangeurs

Les échangeurs seront conçus dans un cadre largement opérationnel et sur la base descoûts relatifs afin de déterminer les configurations les plus appropriées.
Les échangeurs entre l'autoroute et les routes transversales peuvent être du type :

- Echangeur majeur : raccordement autoroute- autoroute.
- Echangeur mineur : raccordement autoroute - route.

X.5.1 Echangeurs majeurs

L'échangeur majeur raccorde entre autoroute et autoroute sans qu'il y ait cisaillementdans les deux autoroutes à raccordement sont :

- Trèfle complet quand il y a quatre branches à raccorder.
- Bifurcation « Y » quand il y a trois branches à raccorder.

X.5.1.1 Type trèfle complet

C'est l'un des tout premiers types d'échangeurs, apparu dans les années 30 aux États- Unis. Il est très utilisé également en Allemagne.
C'est un échangeur massif, demandant une très grande emprise, et qui est généralementjustifié par un trafic important comprend également des collectrices latérales, destinées à éviter les croisements de flux de circulation.
Il est utilisé pour raccordement à quatre branches, il comporte quatre boucles, quatre diagonales, ce type permet toutes les liaisons sans cisaillement moyennant un seul ouvrage d'art, et la nécessité permettre les boucles et nécessairement Lente, et la nécessité d'y incorporé des voies collectives et distributrices pour permettre les entrées sans croisement le rend finalement très coûteux.



Figure X.1 : Échangeur trèfle complet.

X.5.1.2 Type 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 droitle 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 X.2 : Échangeur bifurcation « Y ».

X.5.2 Echangeur mineur

Il est utilisé pour les raccordements d'une autoroute « route principale » et une routeordinaire « route secondaire », les schémas concernent par le raccordement sont :

- Losange.
- Demi-trèfle.
- Trompette.
-

X.5.2.1 Type losange

Il est composé de quatre diagonal unidirectionnel est un carrefour à niveau sur la route secondaire, les quatre diagonal sont symétrique entre elle par rapport à l'axe de l'autoroute il est adapté principalement pour une distribution symétrique des trafics d'échange.



Figure X.3 : Échangeur losange.

X.5.2.2 Type demi –trèfle

Comporte deux boucles et deux diagonales et un 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 types de demi-trèfle :

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

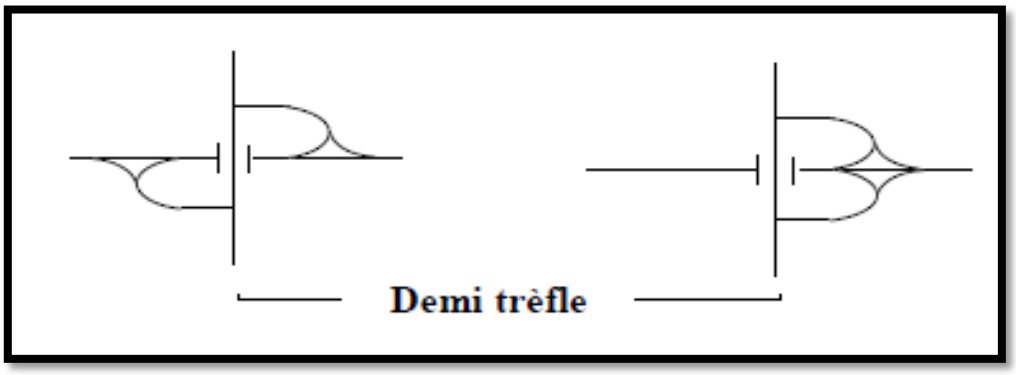


Figure X.4 : Échangeur demi –trèfle.

X.5.2.3 Trompette

Utilisé dans le cas de raccordement entre trois branches il comporte : Alignement droit commun à toutes les bretelles.

- Une boucle « entrée ou sortie ».
- Une diagonale de sortie.

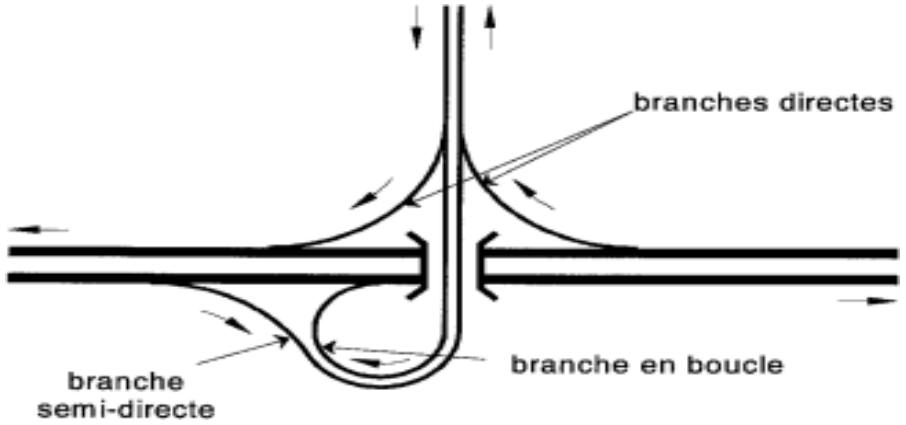


Figure X.5 : Échangeur Trompette.

X.6 Constituons des échangeurs :

Les échangeurs sont constitués des éléments suivants :

- Pont.
- Carrefour (s) plans (s).
- Bretelles. [9]

X.6.1 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.

X.6.2 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.

X.6.3 Bretelles

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.

X.6.3.1 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

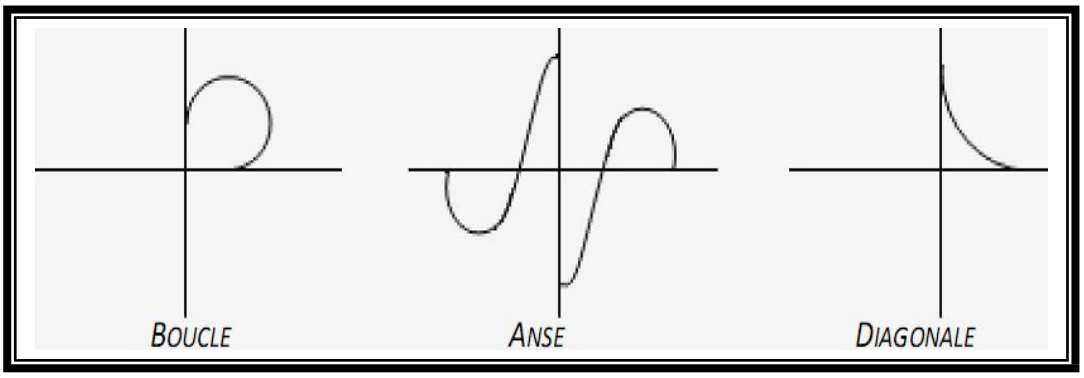


Figure X.6 : Type de bretelles.

X.7 Caractéristiques géométriques des bretelles :

Pour les diffuseurs, généralement, les bretelles sont à 1 voie **(d'après l'ICTAAL 2000).**

X.7.1 Tracé en plan d'une bretelle :

XII.7.1.1 Valeurs limites des rayons :

Les rayons		Une voie sortie	Une voie boucle
Rayon minimal	Rm (m)	40(7%) et 100(le premier rayon rencontré)	40 (7%)
Rayon minimal non déversé	Rnd (m)	300	
Rayon maximal dans la partie Circulaire des boucles(m)	/	/	60
Dévers entre Rnd et Rm	d (m)	d = (675/R) +0.25 entre 300 et 100	

Tableau X.1. Valeurs limites des rayons du tracé en plan

X.7.1.2 Enchaînement 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 rencontrées dans le sens de circulation sauf si $R1 > 1.5Rnd$ 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.

TableauX.2 Conditions d'enchainement des éléments du tracé en plan d'un échangeur

	R1<R2	R1>R2
Courbes de même sens	• AD 3s • Ove L=7 (d2-d1) • Courbe en C	AD 3s R1<2R2
Courbe de sens contraire	Courbe en S	R1<2R2 Courbe en S

X.7.1.3 Raccordement progressif :

Pour les bretelles à une voie ou les branches, une courbe circulaire de rayon inférieur ou égal à 1.5Rnd (450m) est encadrée par deux arcs de clothoïde dont la longueur est égale à la plus grande des deux valeurs **: $6R^{0.4}$et**

7|Δδ| ; où R note le rayon de courbure (en m), et **Δδ** la différence des pentes transversales (en %) des éléments du tracé raccordés. Toutefois si cette condition est trop contraignante, on pourra limiter son application aux courbes de rayon inférieur ou égal à Rnd (300m).
Pour les courbes à droite, c'est toujours $\mathbf{6R^{0.4}}$ qui est la plus grande sauf pour les rayons compris entre 40m et 65m. Pour les courbes à gauche, pour les rayons compris entre 40m et 170m c'est **7|Δδ|** et au-delà c'est $\mathbf{6R^{0.4}}$ qui est la plus grande.

X.7.1.3 .Zones de décélération et d'accélération :

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.

1.La zone de décélération :

Les sorties à 1 voie c'est le cas le plus courant pour les diffuseurs
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 1 m .
- ✓ Une section de décélération, dont la longueur permet de passer de la vitesse conventionnelle (70 km/h, pour un rayon de la bretelle inférieur à 120 m) à la fin de la section de manœuvre, à la vitesse associée au rayon de la première courbe rencontrée, avec une décélération en palier de 1,5 m/s^2.

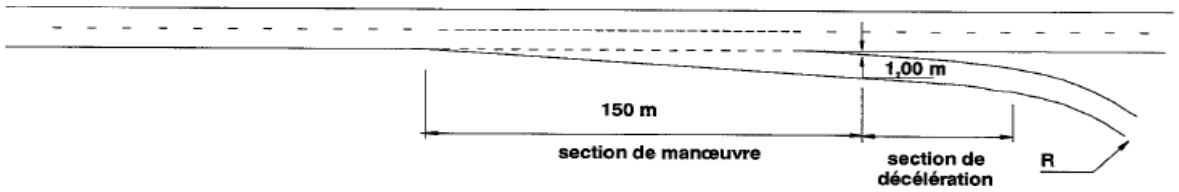


Figure X.7 Zone de décélération.

2.La zone d'accélération :

Le dispositif d'entrée comprend successivement :

- Une section d'accélération dont l'obliquité avec l'axe de l'autoroute est comprise entre 3 et5 %. Sa longueur qui dépend du rayon de la dernière courbe de la bretelle, doit permettre d'atteindre au point "E = 1,00 m", la vitesse conventionnelle de 55 km/h avec une accélération en palier de 1 m/s^2 ;
- Une section de manœuvre adjacente à la chaussée de l'autoroute, longue de 200 m et large de 3,50 m ;
- Un biseau long de 75 m.

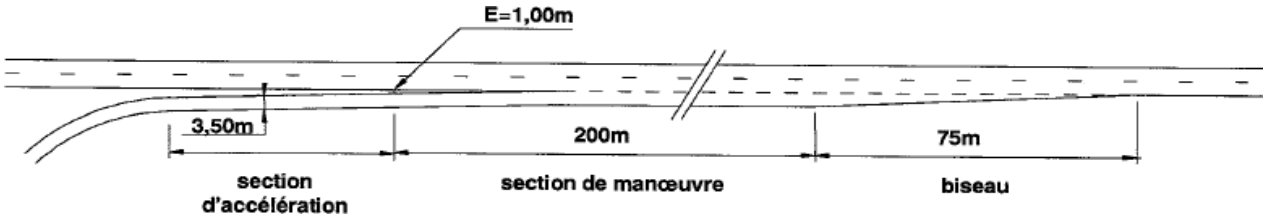


Figure X.8 Zone de d'accélération.

X.8 Profil en long d'une bretelle :

Tableau X.3 Les valeurs limites des paramètres du profil en long

Déclivité maximale	6%
Rayon minimal en angle saillant	1 500 m
Rayon minimal en angle rentrant	800m

X.9 Profil en travers d'une bretelle :

L'établissement des profils en travers est basé sur les expériences antérieures sur des projets similaires ou en construction en Algérie, bretelle unidirectionnelle à une voie : selon **L'ICTAAL.**

Chaussée	Unidirectionnelle	4,00 m+ S®
	Bidirectionnelle	7,00 m+ S®
B.D.D		2,00 m
B.D.G.		0.50m

Tableau X.4 Les largeurs des composantes du profil en travers

Surlargeur en courbe (par voie) : S® = 50/R pour R < 100 m.

X.9.1 Pente transversale d'une bretelle :

Le profil d'une chaussée bidirectionnelle est constitué de deux versants plans raccordés sur l'axe, celui d'une chaussée unidirectionnelle d'un seul versant. Les bandes dérasées ont la même pente transversale que la voie adjacente.

Tableau X.5 Dévers de la chaussée

Rayons (m)		Valeur du dévers
Alignement ou rayon >Rnd	AD ou R < 300	/
Rayon déversé R < Rnd	100 < R < 300	Variation en 1/R entre 2.5 % (R300) et 7 % (R100)
	R ≥100 m	7 %

X.9.2 Profils en travers types des bretelles :

Les détails sont résumés dans l'annexe

- Visibilité :

Visibilité sur une entrée d'autoroute :

La distance de visibilité pour la voie de droite de l'autoroute doit être au moins égale à la distance d'arrêt sur l'arrière d'un véhicule entrant Distance d'arrêt : da= distance de freinage + distance de perception/réaction.

$$d_a = \frac{2V + V^2}{2g} (\gamma(v) + P)$$

Avec :

V en m/s.
γ (v) : décélération moyenne exprimée en fraction de g
p : la déclivité, en valeur algébrique
Pour les rayons R < 5V, (V en Km/h et R rayon de la courbe en m) : la distance de freinage est majorée de 25%.

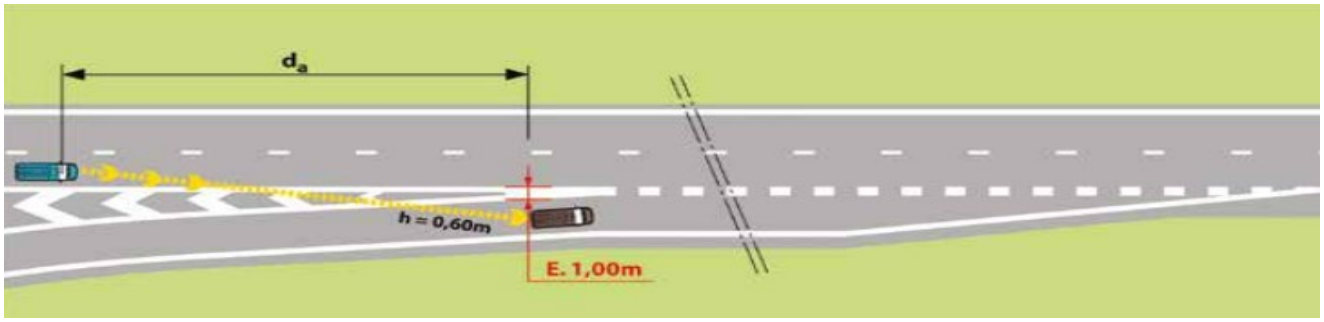


Figure X.9 Distance de visibilité sur une entrée d'autoroute.

- Visibilité sur une sortie d'autoroute :

Distance de manœuvre de sortie dms : qui permet de définir également les changements de files en section courante :

dms = 6V (V en m/s)

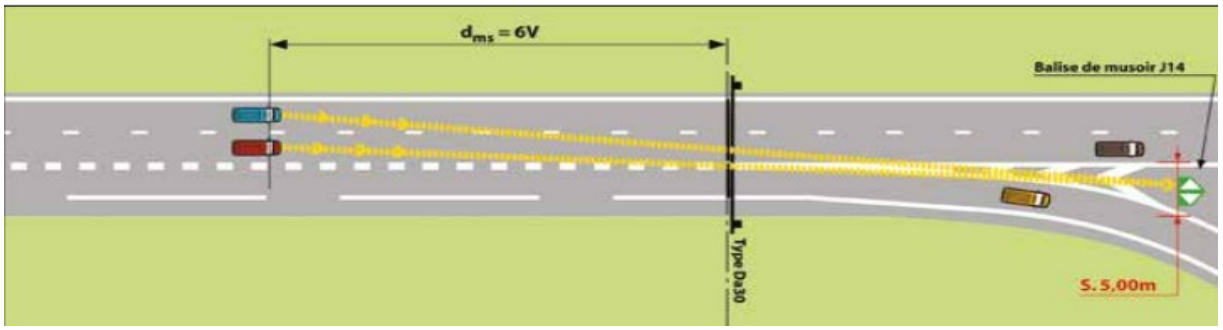


Figure X.10 Distance de visibilité sur une sortie d'autoroute.

- **Distance de visibilité sur marquage dvm :**

dvm = 3V (V en m/s).

- **Distance de lecture (lc) :**

Définissant la distance minimale permettant à l'usager de lire les informations sur les panneaux de signalisation : lc=5V avec V en m/s.

X.10 Type d'échangeur de notre projet :

Terrain *:* Terrain plat

Pour notre cas, l'échangeur prévu est de type trèfle complet, raccordé la RN 67 au niveau de Hadjout. Wilaya de TIPAZA.

Vitesse sur les bretelles :

- La vitesse sur l'échangeur est ***40 à 60 km/h***
- On va prendre la vitesse sur les bretelles V_B***=60 Km/h.***
- la vitesse sur les Boucles V_B***= 40 Km/h***

Tableau X.6 Caractéristiques de l'échangeur

Vitesse (km/h)	**110**
Vitesse m /s	**30 .56**
Distance d'arrête en palier et en alignement droit da	**195**
Distance d'arrêt en palier et en courbe pour R < 5V	**230**
Distance de manœuvre en sortie dms	**185**
Distance de visibilité sur marquage dvm	**95**
Distance de lecteur	**150**
Distance non perturbation np	**150**
Décélération moyenne γ(v)	**0.36**
R de bretelle en m	**Enter 100m a 300m**
R de boucle en m	**Enter 40m a 60m**

X.11 Vue en plan de l'échangeur :

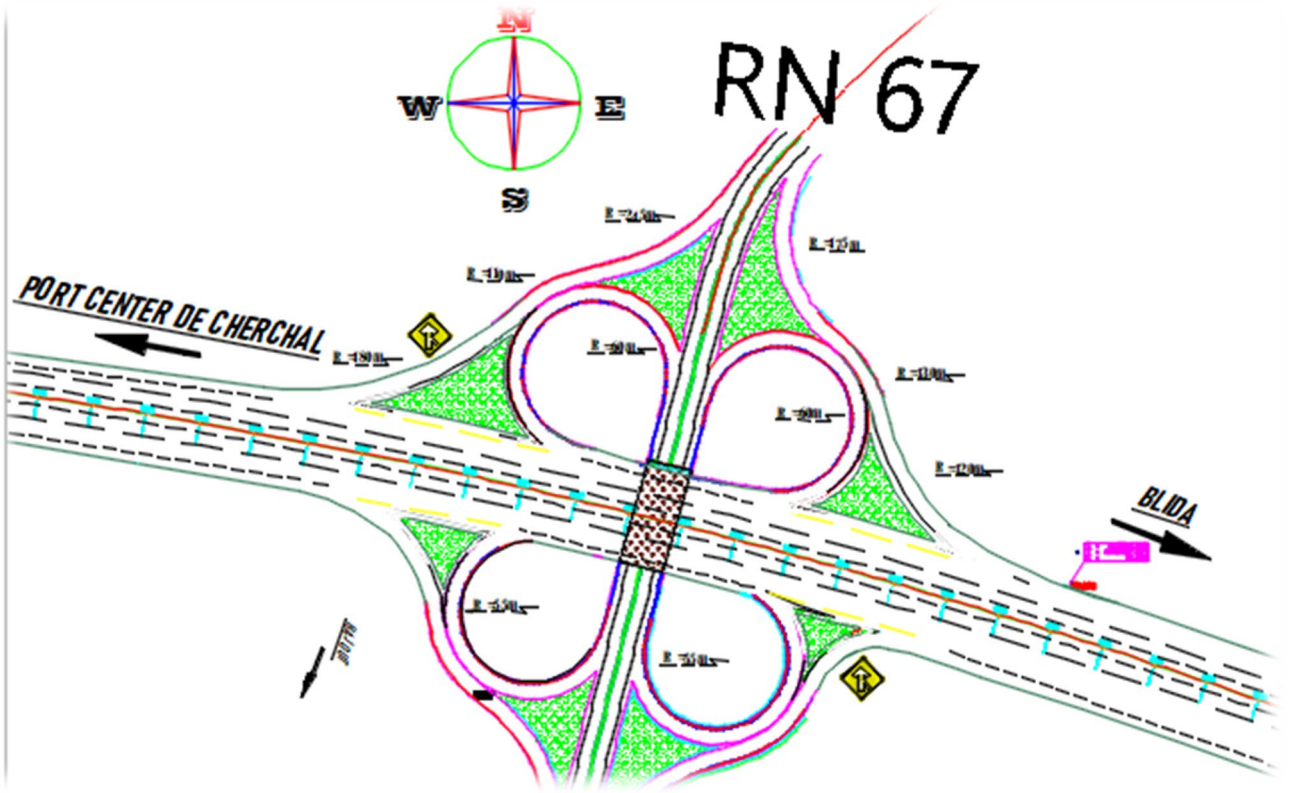


Figure X.11: vue en plan de l'échangeur

CHAPITRE XI :

ASSAINISSEMENT

XI. 1 Introduction

Sous toutes leurs formes, météorologiques ou superficielles, les phénomènes de ruissellement constituent une des causes premières des dégradations rencontrées sur la chaussée.
Les problèmes liés au ruissellement superficiel surgissent en des points particuliers : Traversée des ponts sur les oueds importants, franchissement des petits oueds par des ouvrages courants (buse ou dalot), écoulement des eaux pluviales dans les drains artificiels ou fossés, ou passage sur les zones inondables. Les ouvrages hydrauliques constituent les solutions pour résoudre les problèmes ainsi évoqués. Toutefois, leur dimensionnement doit nécessairement maintenir un équilibre entre le coût de l'investissement et les dommages et les risques encourus.

Les types de dégradations provoquées par les eaux sont engendrés comme suit :

- **Pour les chaussées :**
  - Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées).
  - Dés enrobage. Nid de poule (dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée avec un important trafic).
  - Décollement des bords (affouillement des flancs).
- **Pour les talus :**
  - Glissement.
  - Érosion.
  - Affouillements du pied de talus.
  -

XI. 2Objectif de l'assainissement :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- Le maintien de bonnes conditions de viabilité
- Réduction du coût d'entretien.
- Éviter les problèmes d'érosions.
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée.(Danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel)
- Évacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amant de la plate-forme (Danger de diminution de l'importance de celle-ci et effet de gel).

XI.3 Etude hydrologique :

L'étude hydrologique consiste la détermination des débits de crue pour chaque écoulement qui franchit le tracé routier. Par conséquent tous les oueds doivent être rétablis par des ouvrages hydrauliques (pont, dalots et buses…).

Cependant nous nous sommes basés dans nos calculs sur des données issues des supports suivants :

Google Earth et Global Mapper pour la délimitation des bassins versants.
Informations sur les données pluviométriques : courbe des isohyètes interannuelles, et étude des intensités des averses régionales (intensité- durée -fréquence) .

❖ **Caractéristiques du réseau hydrographique :**

Tableau XI.1 Caractéristiques des bassins versant.

Désignation	PK exutoire	Surface (km2)	Périmètre du B.V (Km)	Pente moyenne (%)	H(max)	H(min)	Longueur (km)
Écoulement 18	17+675	34,833	38,039	0,272	1044	57	20,332
Écoulement 19	18+500	1,493	7,178	0,020	125	57	2,531
Écoulement 20	20+175	6,218	13,603	0,042	209	57	6,217
Écoulement 21	21+250	0,264	2,157	0,014	74	67	0,370
Écoulement 22	22+700	9,925	16,791	0,052	247	71	7,003
Écoulement 23	23+400	10,019	21,525	0,107	449	83	10,814
Écoulement 24	25+050	49,682	45,210	0,248	802	86	22,523
Écoulement 25	25+725	12,819	20,506	0,158	661	81	11,029

L'étude des différents bassins hydrographiques versants inclue divers aspects :

- ❖ Morphologie
- ❖ Usage du sol
- ❖ Caractéristiques géologiques du terrain
- ❖ Le réseau hydrographique a été tracé en utilisant Global Mapper et Google-Eerth

Pour le calcul des surfaces des bassins versants nous avons exploité la carte sur Google Eerth de la wilaya de Tipaza, Les bassins d'apports (versants) d'eaux pluviales ont été délimitéssur Global Mapper en fonction de la structure des talwegs et des lignes de crêtes.

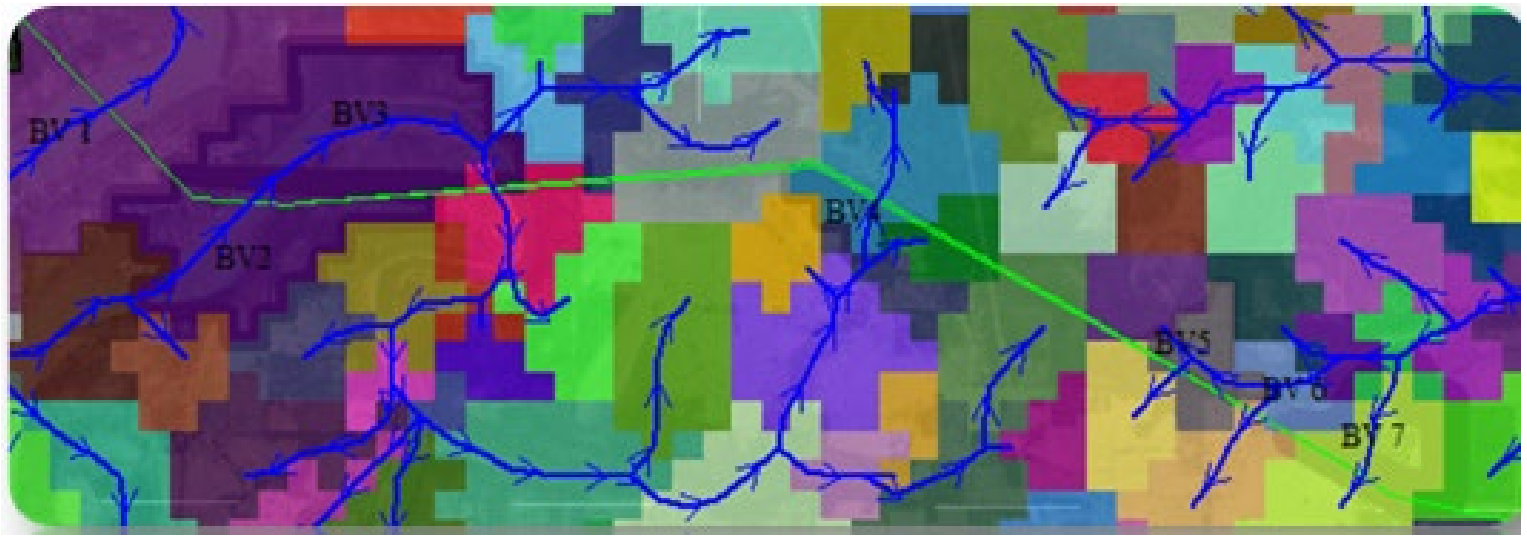


Figure XI.1 Carte représente les bassins versant de notre zone

XI.4 Dimensionnement des ouvrages d'assainissement :

XI.4.1 Estimation des débits de crue Qmax :

Le débit d'apport est calculé en appliquons la formule de la méthode Rationnelle (Appliquée dans le cas des superficies inférieures à 25 km^2) :

$$Qa = K.\ C_r.\ I.\ A$$

- Qa : Débit maximum d'eau pluviale (m^3 /s)
- C_r : Coefficient de ruissellement
- I : Intensité de la pluie exprimée en mm/h
- K : Coefficient de conversation des unités (les mm/h en l/s) est égale 0.278
- A : Aire du bassin d'apport (km^2).

XI.4.2 Coefficient de ruissellement :

C'est un indicatif du pourcentage de l'eau ruisselant sur un sol saturé par précipitation antérieures par rapport à la totalité de l'averse, sera estimé à partir de la méthode de KENESSEY(Hongrie) ou C_r est la somme de trois coefficients partiels C_r=C1+C2+C3.
Les valeurs des coefficients sont jointes dans l'annexe.

- C1 : Dépend de la pente du thalweg principal estimé comme étant égal au rapport de la dénivelée du thalweg par sa longueur développée. Ces informations généralement obtenuesà partie des cartes topographiques.
- C2 : Dépend de la perméabilité du sol, déterminée à partie des informations concernant la nature du sol et ses caractéristiques.

- C3 : Dépend de la couverture végétale du bassin versant. Ces informations seront obtenues à partie d'une inspection visuelle des bassins versants, des photos prises du site et des photos aériennes.

XI.4.3 Estimation du temps de concentration :

Le temps de concentration est le temps écoulé entre le début d'une précipitation et l'atteinte du débit maximal à l'exutoire du bassin versant. Il correspond au temps nécessaire pour permettre à l'eau de ruisseler du point plus reculé du bassin versant jusqu'à l'exutoire.

- $t_c = 0,127.\sqrt{\frac{A}{P}}$ $\Longrightarrow$ **Si $A < 5$ km², selon VENTURA.**
- $t_c = 0,108.\frac{\sqrt[3]{A.L}}{\sqrt{P}}$ $\Longrightarrow$ **Si 5 km² < A < 25 km² PASSINI**
- $t_c = \frac{4\sqrt{A}+1,5.L}{0,8.\sqrt{H}}$ $\Longrightarrow$ **Si 25 km² < A < 200 km² GIANDOTTI.**

Avec :

A : Superficie du bassin versant (km²).
P : Pente moyenne du bassin versant (m./.m).
L : Longueur de bassin versant (km).
H : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m).

XI.4.4 Détermination de l'intensité (I) :

La formule de MONTANA décrit la relation existante entre l'intensité, la durée et la fréquence des pluies.
Elle s'exprime de la manière suivante :

$$I(t) = \frac{a_{(t)}}{T^{(b)}}$$

Avec :

- a(T) et b(T): paramètres de Montana :
- T : période de retour exprimée en années (ans).
- I (t, T) : Intensité de pluie exprimée en (mm/h).

XI.4.5 La période de retour :

La période de retour, ou temps de retour, est la durée moyenne au cours de laquelle, statistiquement un événement d'une même intensité se reproduit.

- Les buses sont dimensionnées pour une période de retour de 10 ans.
- Les dalots sont dimensionnés pour une période de retour de 50 ans.
- Les ponts sont dimensionnés pour une période de retour de 100 ans.

XI.5 Détermination des débits d'apport :

Le débit d'apport est calculé par la méthode rationnelle :

$$Qa = K.C.I.A$$

• A : Superficie du bassin versant (km2)

• I : Intensité calculé

• C : Coefficient de ruissellement (d'écoulement)

• K=0.2278

XI.5.1 Application au projet :

Écoulement 19 de **PK=18+500** pour une période de retour de 50 ans.

A= 1,493 Km2 on applique **(formule rationnelle).**

✓ **Pente moyenne du bassin versant :**

- P=(H_{max} - H_{min}) /L
- $P19$ = (125-57)/2531
- P19= 0.02

✓ **Coefficient de ruissellement :**

C_r=C1+C2+C3 Avec :

- C2=0.15 (pas assez perméable)
- C3=0.17 (champ labour)
- C_r=0.42
- C1=0.1

✓ **Estimation du temps de concentration :**

A <5km^2 (Méthode VANTURA) :

$$t_c = 0,127.\sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127\ \sqrt{\frac{1.493}{0,020}} = 1,092\ \text{h}$$

✓ **Détermination de l'intensité (I) pour une période de retour de 50 ans :**

$$I(t)_{=\frac{a_{(t)}}{T^{(b)}}} = 22,395\ \text{mm/h}$$

✓ **Détermination Le début d'apport :**

- Qa=K.C.I. A
- Qa=0.278×0.42×22,395 ×1,493
- Qa=3.199 (m3 /s)

XI.6. Interprétation des résultats :

XI.6.1.Pour les ouvrages d'art :

Tableau X.3. Interprétation des résultats pour les ouvrages.

N BV	PK exutoire	Surface (km2)	Temps de Concentration Heures	Intensité de précipitation (mm/h)	Coefficient de ruissellement				T (ans)	Q (m3/s)
					c1	c2	c3	c		
1	17+675	34,833	2,883	14,316	0,2	0,15	0,17	0,52	100	72.036
7	25+050	49,682	3,677	12,808	0,2	0,15	0,17	0,52	100	91.987

XI.6.2.Pour les dalots et buses:

Tableau X.4. Interprétation des résultats pour les buses et dalots

N BV	PK exutoire	Surface (km2)	Temps de Concentration Heures	Intensité de précipitation (mm/h)	Coefficient de ruissellement				T (ans)	Q (m3/s)
					c1	c2	c3	c		
2	18+500	1,493	1,092	22,395	0,1	0,15	0,17	0,42	10	3.901
3	20+175	6,218	1,753	17,098	0,1	0,15	0,17	0,42	50	12.404
4	21+250	0,264	0,556	27,050	0,1	0,15	0,17	0,42	10	0.833
5	22+700	9,925	1,915	15,853	0,1	0,15	0,15	0,4	50	17.483
6	23+400	10,019	1,551	18,704	0,1	0,15	0,17	0,42	50	21.865
8	25+725	12,819	1,391	23,389	0,2	0,15	0,17	0,52	50	43.31

XI.7 Dimensionnement de réseau d'assainissement à projeter :

XI.7.1 LES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT :

Buses :
ouvrages de sections circulaires, disposés sous le tracé sur les points bas du terrain, d'un diamètre de 1000 à 2000 mm.

Dalots :
ouvrages de sections rectangulaires ou carrées, disposés sous le tracé, identifié par la largeur (B) et la hauteur (H).

Ponts et viaducs :
Les ouvrages d'assainissement transversaux doivent véhiculer des débits de crue centennaux, donc les dimensions retenues pour ces ouvrages sont celles qui répondent à la condition suivante :

$$Q100 < Qs$$

- ✓ Q100 : Débit de crue centennal (débit d'apport) en m³/s.
- ✓ Qs : Débit de saturation de l'ouvrage .

❖ Application au projet :

Pour la taille des dalots on la sélectionne en fonction du débit d'eau entrant, selon le dimensionnement hydraulique effectué avec la formule de Manning-Strickler :

$$Q_S = K_S \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

Q : débit
A : Superficie de section du dalot.
Ks : Coefficient de rugosité strickler.
Rh : Rayon hydraulique ; Rh=Sm/Pm =section mouillée/Périmètre mouillé.
I : Pente de pose de l'ouvrage (m/m).

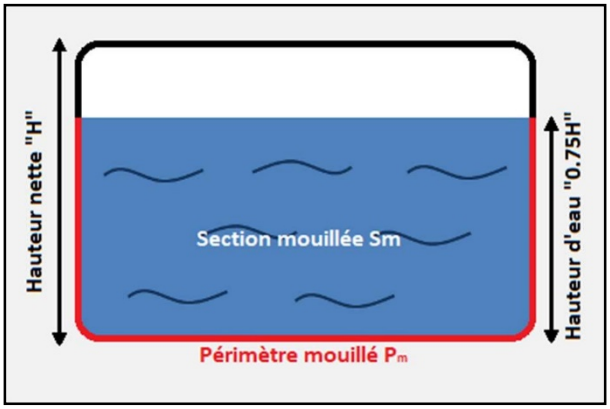
TableauXI.5: Valeurs de Ks selon SETRA

Nature de l'ouvrage	En terre	Buse métallique	Maçonnerie	Béton (dalot)	Béton (buse préfabriquée)
Ks	**30**	**40**	**50**		**70**

- On choisit Ks=70 pour les dalots et Ks=80 pour les buses.

XI.6.2 DIMENSIONNEMENT DES DALOTS :

Le dimensionnement des dalots se fait par la formule de MANNING STRICKLER en écrivant l'égalité du débit d'apport et de saturation, on fixe la travée du dalot et on calcule la hauteur nécessaire avec une hauteur de remplissage de 0.8h.



FigureXI.2 : Dimensions du dalot.

Dans ce schéma :

- B : largeur nette du dalot (m).
- H : hauteur nette (m).
- 0.8H : hauteur de remplissage (m).

Avec Ks=70 (dalots en béton).
Les dimensions des dalots sont obtenues, en écrivant l'égalité du débit des crues et le débit de saturation :

$$Q_{max} = Q_s$$

$$Q_{max} = K_s \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$\boldsymbol{Qmax = Ks \times (0.8h.b) \times \left[\frac{0.8h\ b}{b+1.5h}\right]^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}}$$

$$\boldsymbol{Qmax = Ks \times (0.8h.b)^{\frac{5}{3}} \times \left[\frac{1}{(b+1.5h)^{\frac{2}{3}}}\right] \times I^{\frac{1}{2}}}$$

$$\boldsymbol{Qmax \times \left((b+1.5h)\right)^{\frac{2}{3}} = Ks \times (0.8h \times b)^{\frac{5}{3}} \rightarrow h = \left(\frac{Qmax}{Ks \times I^{\frac{1}{2}}}\right)^{\frac{3}{5}} \times \frac{(b+1.5h)^{\frac{2}{5}}}{0.8\,b}}$$

Avec $\boldsymbol{H_0 = \left[\frac{Qmax}{Ks \times I^{\frac{1}{2}}}\right]^{\frac{3}{5}} \times \frac{(b+1.5h)^{\frac{2}{5}}}{0.8\,b}}$

La résolution de cette équation se fait par la méthode itérative.

Donc :

Prenons le **BV N° 08** (PK 25+725) : **Qmax (50)** = 43.31 m3 /s.
On prend: **b** = 7m , **I** = 0.01 m/m, **Ks** = 70.

$$\mathbf{h_{i+1}} = \left[\frac{\mathbf{Qmax}}{\mathbf{Ks} \times \mathbf{I}^{\frac{1}{2}}}\right]^{\frac{3}{5}} \times \frac{(\boldsymbol{b} + \mathbf{1.5}\boldsymbol{h_i})^{\frac{2}{5}}}{\mathbf{0.8}\boldsymbol{b}}$$

h0=1.000 ⇒ h1=1.254
h1=1.254 ⇒ h2=1.277
h2=1.277⇒ h3=1.278
h3=1.278 ⇒ h4=1.278 Alors on prend **h = 2 m.**

Après le calcul itératif, les valeurs retenues pour cette section (dalot) sont **:b = 7 m, h= 2 m.**
Alors : **Sm = 11.2 , Rh = 1.12**

$Q_S = K_s \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$

$Q_S = 70 \times 11.2 \times 1.12^{2/3} \times 0.01^{1/2}$ = 84.55 m/s.

Vérification de la condition pour assurer un écoulement fluvial :

Vérification de la hauteur critique :

$hc = \sqrt[3]{\frac{Q_S}{g \times b^2}} = \sqrt[3]{\frac{84.55}{9.81 \times 7^2}} = 0.56 < 0.8\boldsymbol{h} = \mathbf{1.6\ m}$ **Vérifié.**

Vérification de la vitesse :

$\boldsymbol{V} = \frac{Qmax}{S_m} = \frac{43.31}{11.2} = \mathbf{3.86} < \mathbf{4\ m/s}$. **Vérifié.**

TableauXI.6 : Tableau récapitulatif des dimensions des Dalots

NBV	PK exutoire	Qa(m3 /s)	b(m)	H(m) Calculé	H(m) Choisit	Type d'ouvrage
3	20+175	12.404	4	0.85	1	2Dalots 2X2
5	22+700	17.483	6	0.79	1	2Dalots 3X2
6	23+400	21.483	7	0.8	1	2Dalots 3.5X2
8	25+725	43.31	7	1.28	2	2Dalots 3.5X2

Tableau XI.7 : Vérification les condition d'auto curages.

NB V	Qa(m3 /s)	Vitesse Calculé (m /s)	Vérification de la vitesse	Hauteur Calculé (m)	Hauteur critique (m)	Vérification de la hauteur critique
3	12.404	3.87	Vérifié	0.46	0.8	Vérifié
5	17.483	3.64	Vérifié	0.41	0.8	Vérifié
6	21.483	3.83	Vérifié	0.39	0.8	Vérifié
8	43.31	3.86	Vérifié	0.56	1.6	Vérifié

XI.6.3 Dimensionnement des buses :

Une solution par buse circulaire a été retenue pour la réalisation de l'ouvrage hydraulique reprenant les eaux pluviales des bassins avec un débit Qa<(4 m^3/s)
Pour un taux de remplissage de 80% de buse

✓ Sm : Section mouillée **Sm = 4 /5 πR 2**
✓ Pm : Périmètre mouillé **Pm = 4/ 3 πR**
✓ Rh : Rayon hydraulique **Rh = Sm /Pm = 3/ 5 R**
✓ Ks=80 pour les buses en béton
✓ J : La pente de pose égale la pente de profil en travers

$$Qa = K.C.I.A$$

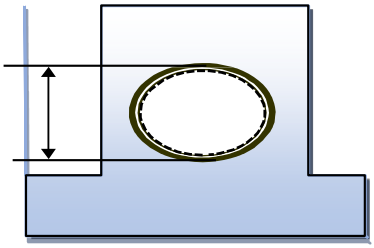


Figure XI.3. Buses

$$Q_S = K_S \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$Q_s = K_s \times (\pi D\text{^}2)/4 \times D/4^{2/3} \times I^{1/2}$$

D= 2 R $Qa = Qs \rightarrow R^{\frac{8}{3}} = \frac{2^{\frac{5}{3}} \times Qa}{80 \times \pi \times \sqrt{I}} = R = \left(\frac{2^{\frac{5}{3}} \times Qa}{80 \times \pi \times \sqrt{I}}\right)^{\frac{3}{8}}$

Pour le 2 éme basin on a :

période de retour de 10 ans.

Qa = 3.901(m3/s) , I = 1%, $\rightarrow R = \left(\frac{2^{\frac{5}{3}} \times 3.901}{80 \times \pi \times \sqrt{0.01}}\right)^{\frac{3}{8}}$ =0.748m

D= 2 R = 2 × 0.748 = 1.496m
Alors on prend une buse de **D=1500 mm**

❖ Les conditions d'auto-curage :

a) Le débit en plein section :

$$Q_{ps} = K_s \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$Q_{ps} = K_s \times \pi(R\text{^}2) \times R/2^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$Q_{ps} = 80 \times (\pi . 0.75\text{^}2) \times 0.75/2^{2/3} \times 0.01^{1/2}$$

$$Q_{ps} = 5.832 \ \mathbf{m3/s}.$$

b) La vitesse en plein section :

$$Vps = \frac{Q_{ps}}{3.14\ R^2} = \frac{5.832}{3.14\ 0.75^2} = 3.30 \ \mathbf{m/s}.$$

$Rq = Q/Qps = 3.901/5.832 = 0.67 \times RV = V/Vps = 1.07$

V= 1.07 × Vps =1.07×3.30 = 3.531 m/s < $4m$/ s

Condition vérifiée

a) V ≥ 0.6m/s pour Q= 0.1 Qps :

Rq = 0.1 →Rv =V/Vps=0.64→V=0.64 × 3.30 = 2.112 m/s >0.6m/s
Condition vérifiée

b) V≥ 0.3m/s pour Q = 0.01Qps :

Rq = 0.01→ Rv =V/Vps=0.32 →V=0.32 × 3.30 = 1.056 m/s >0.6m/s
Condition vérifiée

Tableau XI.8 Les ouvrages proposés.

N BV	PK exutoire	Q (m3/s)	Diamètre calculé (m)	Diamètre standard (m)	Vitesse Calculé (m /s)	Condition D'auto curage
2	**18+500**	**3.901**	**1.496**	**1.500**	**3.531**	**vérifiée**
4	**21+250**	**0.833**	**0.859**	**1.500**	**0.7539**	**vérifiée**

XI.6.4 Dimensionnement des Fosses :

Le choix du type d'une fosse est en fonction du débit à évacuer qui est rapporté par la plateforme, les bermes et les talus, pour cela on dimensionne la fosse dans le cas le plus favorable qui est un déblai du Pk 17+875 au PK 18+450 avec une longueur de 575m, et une pente de 2H/1V.
On a opté pour une fosse en béton armé avec une forme trapézoïdale.

Le débit total apporté par ces plateformes, berme et talus nous permet d'écrire l'équation :

$$Qa=Qc+Qacc+Qt$$

- Qa : débit apporté
- Qc : Débit de la chaussée
- Qacc: Débit de l'accotement
- Qt : Débit du talus
-

Le débit d'apport des fosses, berme et talus ce calcul avec la méthode rationnelle

$$Qa= 0.2778\ C.I.\ A$$

Le débit de la section :

$$Qs= Sm.\ Kst.Rh2/3.\ J1/2$$

❖ **Caractéristique d'une fosse trapézoïdale :**

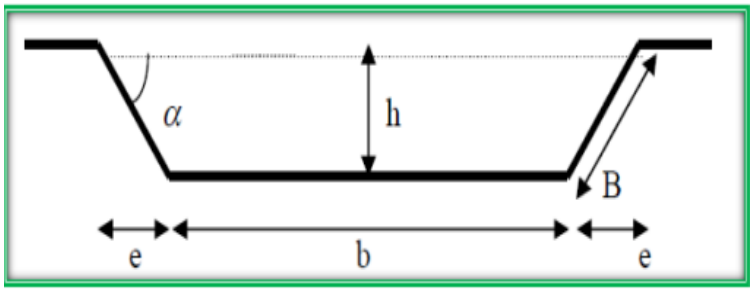


Figure XI.4. fosse

La section mouillée **Sm=(b+m.h).h**
Le périmètre mouillé **Pm=b+2. h.√(1+e2)**
Le rayon hydraulique :

R_h = **Sm/ Pm** = $(b + m.\ h).\ h\ /(\ b + 2.\ h\sqrt{(1 + m2\ ))}$

❖ **Coefficient de ruissellement (C) :**

Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée. Sa valeur est obtenue en tenant compte des trois paramètres suivants : la couverture végétale, la forme, la pente et la nature du terrain.

Tableau X.9. Valeurs de coefficient de ruissellement

SBV	Valeur de C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobes	0.80 à 0.95	0.95
Accotement	0.10 à 0.40	0.40
Talus	0.10 à 0.30	0.30
Terrain Naturel	0.00 à 0.20	0.20

❖ **Calcul des surfaces de la plateforme :**

Tableau X.10 caractéristiques des surfaces de la plateforme :

S.B. V	Largeur (m)	Longueur (m)	surface(m2)
Chaussée revêtement en enrobes	14	575	8050
Berme	1	575	575
Talus	/	575	10140.3
Surface totale	18765.3		

❖ **Calcul de l'intensité de l'averse :**

I (10) =a (10) (Tc)(-b)

Pour une période de retour de 10ans
a(10)=48.1 et b=0.66

➢ Exemple de calcul

✓ Talus (At=0.010140km^2) <5km^2 on applique la formule de VENTURA

$t_c = 0,127.\sqrt{\frac{0.010140}{0.6667}}$ = 0.01556 h

➢ It= 45.1× (0.01556) ^ (-0.66)

It=703.80 mm/h

XI.8 Calcul de débit d'apport :

S.B. V	K	C	A(km^2)	Tc(h)	It(mm/h)	Qa(m^3/s)
Chaussée revêtement en enrobes	0.2778	0.95	0.008050	0.07206	255.9	0.544
Berme	0.2778	0.40	0.000575	0.01523	713.829	0.0456
Talut	0.2778	0.30	0.0101403	0.01556	703.80	0.595
Qa(total)						1.1846

- Calcul du débit de saturation (Qs) :

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation. La hauteur (h) d'eau dans la fossé sera obtenue en faisant l'égalité suivant :

$$Qa = Qs \rightarrow Q_s = K_s \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$\rightarrow Qa = Kst.\ h.\ (b + n.\ h) \left[\left[\frac{h\,(b+n\,h)}{b+2h\sqrt{1+n^2}}\right]\right]^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

Notre pente est de I = 2% . Kst = 70 (au béton coulé sur place)

On obtient :

$$1.1846 = 70.\ h.\ (0.5 + 1.\ h) \left[\left[\frac{h\,(0.5+1\,h)}{0.5+2h\sqrt{1+1^2}}\right]\right]^{\frac{2}{3}} 0.02^{\frac{1}{2}}$$

Après un calcul itératif, on a trouvé h=0.40 m, on prend h=50 cm, un fossé standard.

Donc le types de fossé adopté pour notre projet : **b = 0.5 m**, **h = 0.5 m**, **B = 1.5 m.**

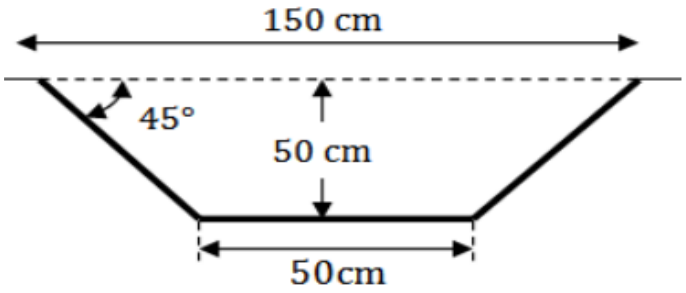


Figure XI.5 Dimension d'un fossé standard.

CHAPITRE : XII

ETUDE STABILITE DES TALUS

Etude de stabilité des talus

XII.1. Introduction :

Un talus en construction est une surface pentue de terrain résultant de travaux de terrassement lors de la construction d'une route ou d'une digue par exemple, ou bien lors de la réalisation d'une fosse pour les fondations d'un bâtiment.

La stabilité d'un talus est déterminée d'abord par son angle d'inclinaison mais aussi par une série de paramètres (nature du talus, humidité, etc.). Dans le cas d'un talus non stable, il peut se produire un glissement de terrain ou rupture de talus.

XII.2. Philosophie de la méthode :

La méthode a pour but d'assurer la stabilité des talus en proposant une pente qui nous permet d'éviter tous risquent de glissement, cette dernière vas être vérifie en tenant compte des caractéristiques du sol (cohésion, poids propre, structure, humidité, …etc.) obtenue par les résultats des essais réalisés in-situ et les essais au laboratoire.

XII.3. Analyse de la stabilité des talus :

Le tableau suivant présente les différentes hauteurs des remblais et déblais :

Tableau XII. 1 les différentes hauteurs des remblais et déblais

Nature	PK(m)	Hauteur(m)
Remblai	**17+125 17+375**	**3.51**
Déblai	**17+875 18+375**	**11.70**
Déblai	**18+500 18+925**	**2.28**
Remblai	**19+200 19+850**	**1.7**
Remblai	**20+325 20+700**	**3.03**
Déblai	**20+750 21+025**	**3.15**
Remblai	**21+100 26 +175**	**4.5**
Déblai	**26+660 27+000**	**2.35**

XII.4. Application aux déblais-remblais de notre projet :

Caractéristiques du déblai :

La vérification de la stabilité des déblais s'est opérée sur les profils dépassant les 8m de hauteur au talus (voir tableau) .

Tableau XII. 1 Caractéristiques du déblai de PK 17+875 a 18+375

Zone	Section (PK)	Extension (m)	Profil représentatif (PK)	Hauteur de talus (m)	Lithologie
Déblai 2	**17+875 a 18+375**	500	18+000	11.70	0,00m-01,00m :Terre végétale 1,00m- 10,50m: Argile marneuse 10,50m-11,70 m: Passage Caillouteux peu argileux 11,70m-15,00 m: Marne argileuse, peu sableuse,

Paramètres géotechniques des terrains :

Pour le grès nous avons adopté des caractéristiques des plus défavorables au vu de son état très fracturé et fragmentable.

Tableau XII. 2 Paramètres géotechniques impliqués dans les calculs de stabilité

Déblai (PK)	Couche de sol	γ (KN/m2)	Φ'(°)	C' (kPa)
18+000	Argile marneuse	20	30	8
	Passage de cailloux	20	35	5
	Marne argileuse,	21	22	48

Résultats des calculs de stabilité :

Les calculs de stabilité effectués sur les profils énumérés ci-dessus avec **(Situation statique** et **dynamique)** , ont abouti à des facteurs de sécurité (Fs) >1 et (Fs) >1.5 , attestant de la stabilité des talus voir résultats des calculs par **(GEO5) .**

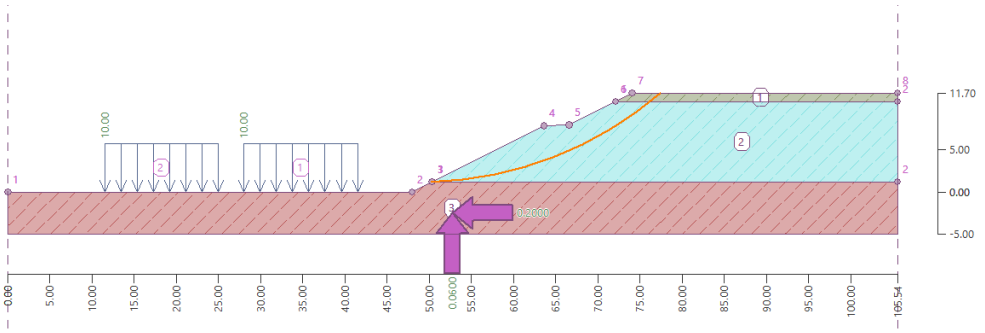


Figure XII.1. Analyse de stabilité déblais PK (Situation dynamique) 17+875 a 18+375. FS=1. 34

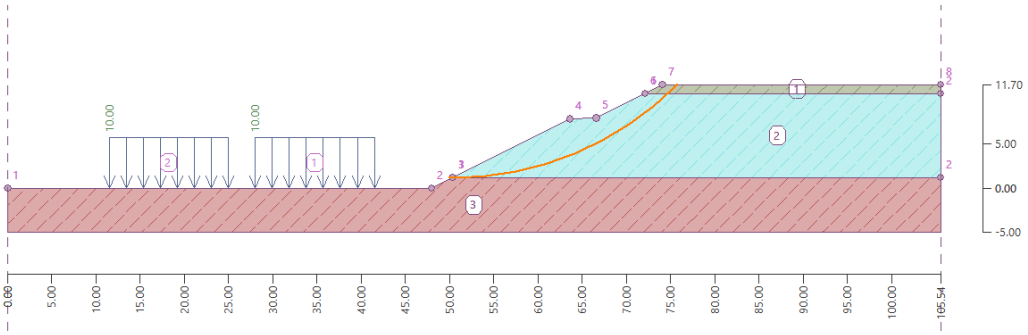


Figure XII.1. Analyse de stabilité déblais PK (Situation statique) 17+875 a 18+375. FS=2.14

Tableau XII. 3 Valeurs des Coefficients de sécurité FS

Profil Déblai	Coefficients de sécurité(FS)Sous	Interprétation
18+000	**1. 34**>1	**Stable**
	2.14> 1.5	**Stable**

CONCLUSION :

Les pentes des talus des déblais seront de 1V / 2H avec des bermes de 3m de largeur à chaque 8m de hauteur pour les Remblais de plus de 10 m de hauteur.

CHAPITRE : XIII

SIGNALISATION

XIII.1 Signalisation

XIII.1.1 Introduction

La signalisation routière permet d'informer les usagers, qu'ils soient conducteurs ou piétons, quant aux règles à respecter lors de leurs déplacements.

Qu'elle soit verticale ou horizontale, permanente ou temporaire, la signalisation routière a été conçue et intégrée dans le code de la route avec un objectif très précis : limiter les causes d'accident de la route.

Elle comprend deux grands ensembles : la signalisation routière verticale, qui comprend les panneaux, les balises, les feux de signalisations, les bornes et la signalisation routière horizontale, constituée des marquages au sol et des plots.

XIII.1.2 Objectifs de la signalisation routière

La signalisation routière a pour rôle :

- De faciliter la circulation routière.
- D'informer les usagers (conducteurs et piétons) aux règles à respecter lors de leurs déplacements.
- De donner des indications et des informations lors d'un trajet.
- De limiter les causes d'accident de la route.

XIII.1.3 Règles à respecter pour la signalisation

II faut bien respecter les règles suivantes :

- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Eviter la publicité irrégulière et d'utiliser les signaux qui fatiguent l'attention de l'usager.

XIII.1.4 Type de signalisation

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation verticale.
- Signalisation horizontal.

XIII.1.4.1 Signalisation verticale

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme, on distingue :

- Signalisation de danger.
- Signalisation de prescription.
- Signalisation d'indication.
- Signalisation de direction.
- Signalisation d'obligation.

ils ont pour fonction :

- De rendre plus sûre la circulation routière en informant les usagers d'éventuels dangers qu'ils peuvent rencontrer ;
- De faciliter cette circulation, en indiquant par exemple les directions à suivre ;
- D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police ;
- De donner des informations relatives à l'usage de la route.

La Convention de Vienne sur la signalisation routière, adoptée le 8 novembre 1968, reconnaît que l'uniformité internationale des signaux et symboles routiers et des marques routières est nécessaire pour faciliter la circulation routière internationale et pour accroître la sécurité sur la route. Dans son annexe 1, huit catégories de signaux sont définies :

- Signaux d'avertissement de danger .
- Signaux de priorité .
- Signaux d'interdiction ou de restriction .
- Signaux d'obligation .
- Signaux routiers de prescriptions particulières .
- Signalisation routière d'information, d'installation ou de service .
- Signaux de direction, de jalonnement ou d'indication .
- Panneaux additionnels (placés sous les signaux) .

Suivant les pays et les régions, les signaux routiers sont diversement classés.

XIII.1.4.2 Signalisation horizontale :

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

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

Les marques sur chaussée ont pour fonction de guider l'usager. Elles donnent quatre types d'informations :

- La répartition des espaces de déplacement ;
- Les règles de conduite ;
- Le jalonnement ;
- Le stationnement.

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

La largeur des lignes des marquages au sol est définie par rapport à une largeur unité 'U' qui est en fonction du type de route :

U= 7,5 cm sur les autoroutes, routes à chaussées séparées ou à 4 voies en rase compagne .

U= 6 cm sur les routes importantes .

U= 5 cm sur les autres routes .

N.B

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

Pour ce projet U = 7.5 cm.
La signalisation horizontale se divise en deux types :

➢ **Marques longitudinales :**

- Ligne continue, interdisant le franchissement ou le chevauchement ;
- Ligne discontinue de guidage, délimitant les voies en vue de guider la circulation ;
- Ligne discontinue d'avertissement, annonçant l'approche d'un passage présentant un risque particulier ;
- Lignes mixtes, qui ne peuvent être franchies que si, au début d'une manœuvre de dépassement, la ligne discontinue se trouve la plus proche du véhicule ;
- Lignes continues et discontinues pour voies spécialisées.

Tableau XIII.1 Caractéristiques des lignes.

Modulation	Désignation des marques	Largeur
Continue	Délimitation de terre-plein central (TPC)	3U
	Ligne séparant les sens de circulation opposés sur les routes à trois voies, avec deux voies affectées à un sens de circulation et ligne oblique marquant un rétrécissement de route de trois à deux voies	3U
T1	Ligne axiale ou de délimitation de voie	2U
T2	Délimitation des voies de décélération, d'insertion Ou d'entrecroisement	5U
	Ligne de rive de chaussée	3U
T2‟	Ligne " CÉDEZ-LE-PASSAGE "	50 cm
T3	Ligne d'annonce d'une ligne continue	2U
T3‟	Ligne de rive aux approches de certains carrefours et dans Les bretelles de raccordement	3U
T4	Ligne délimitant une bande d'arrêt d'urgence, en section courante (hors bretelles de raccordement) sur autoroutes et routes à chaussées séparées et à carrefours dénivelés	3U

- **Marques transversales :**

  - Ligne continue d'arrêt .
  - Ligne discontinue de « Cédez le passage » .
  - Ligne discontinue d'effet des feux de circulation.

Les autres marque

Il s'agit là de tous les marquages spéciaux qui donnent une information, une prescription ou spécifiques à certains carrefours. On distingue :

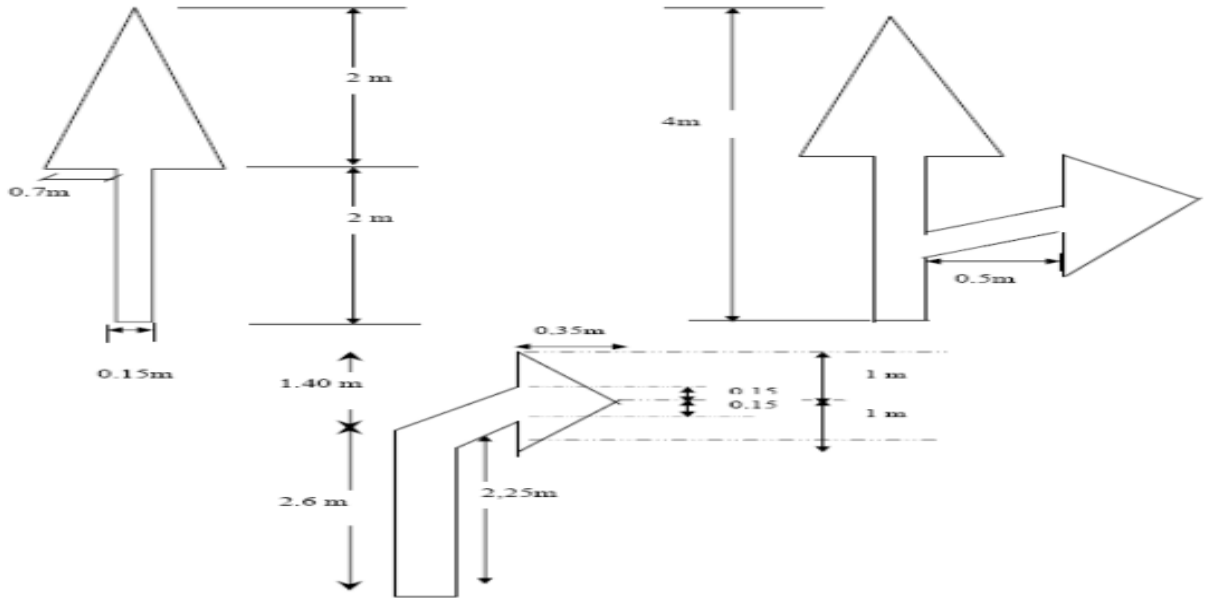
- Les flèches de pré-signalisation ;
- Les lignes parallèles ou obliques ;
- Les lignes zigzag ;
- Les marquages spécifiques.

XIII.1.5 Application au projet :

La signalisation utilisée pour notre route est :

XIII.1.5.1 Signalisation horizontal

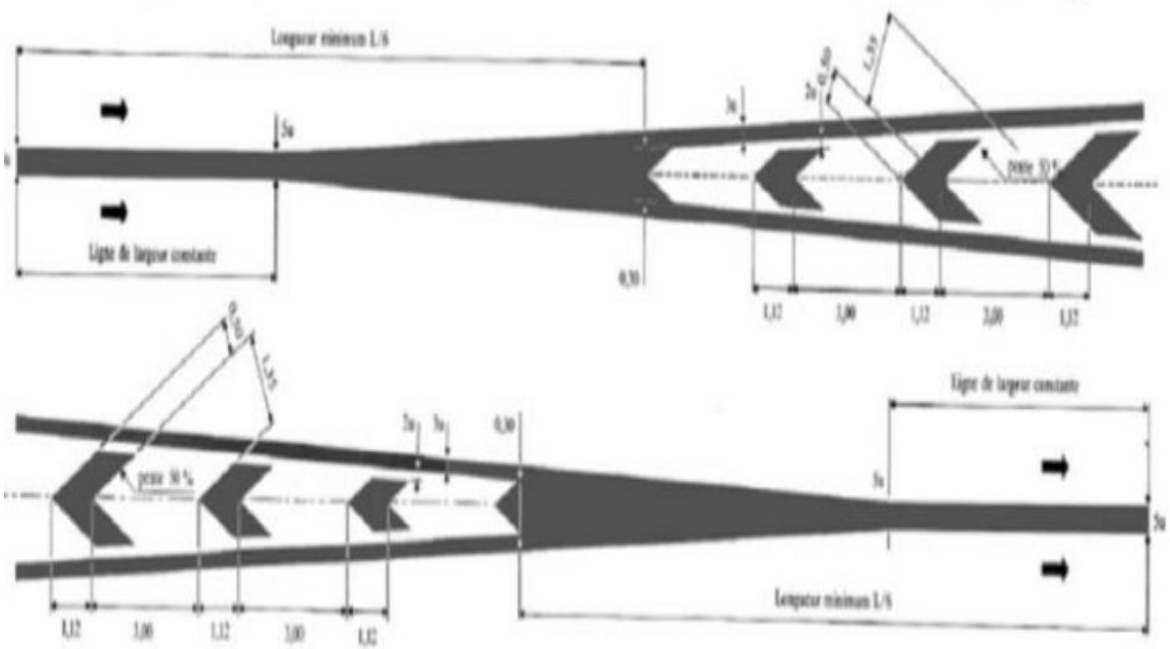
- ***Les signaux routiers qui sont utilisés pour notre projet sont :***



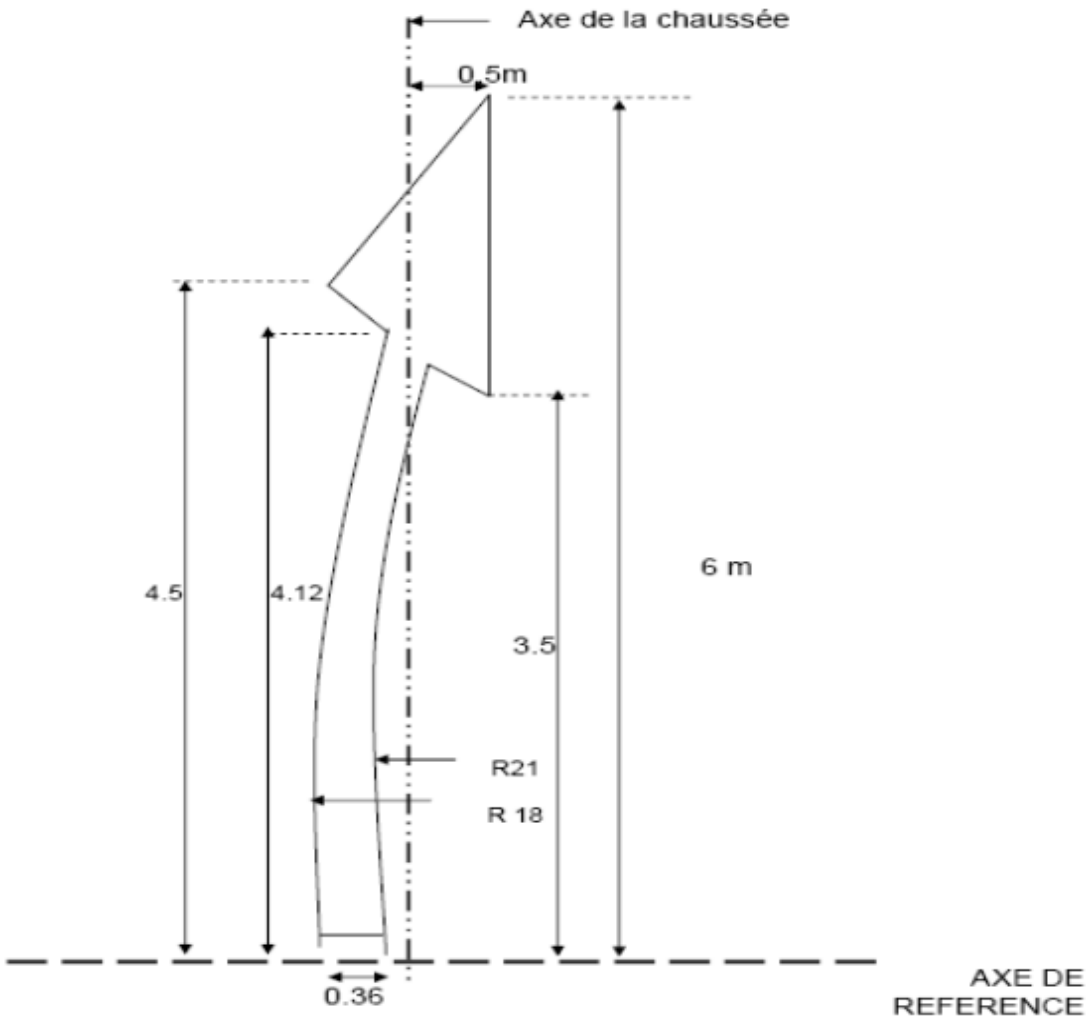
Flèches de sélection



Ligne continue ligne discontinue



Schémas de marquage avec hachures



Flèches de rabattement

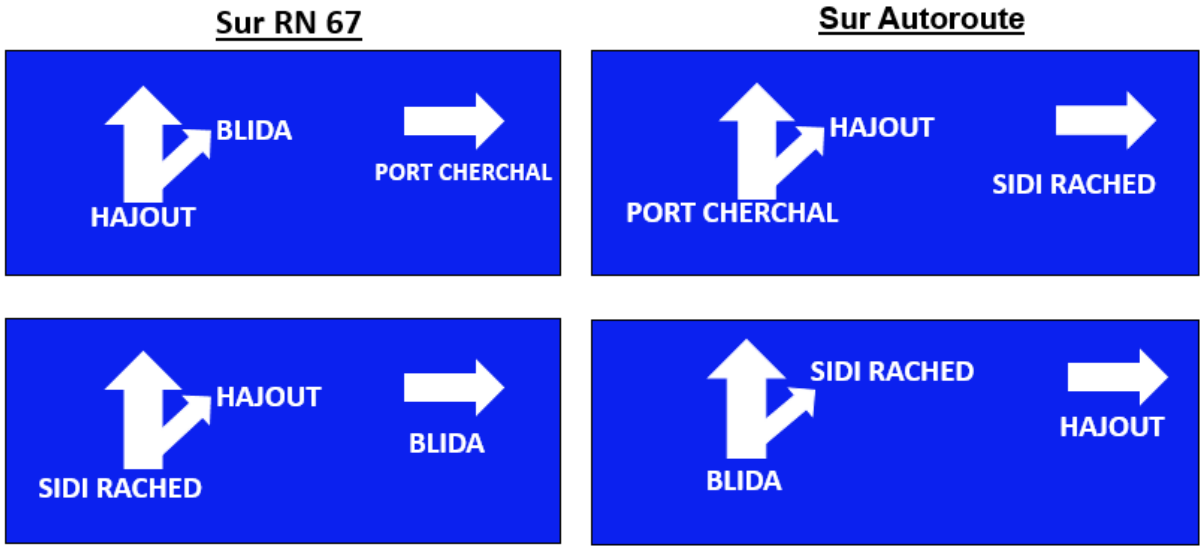
XIII.1.5.2 Signalisation verticale :

- Signalisation d'interdiction ou de restriction (type B) ;
- Panneau de Signalisation de priorité (type AB) ;
- Panneau de Signalisation d'avertissement de danger (type A) ;
- Panneau de signalisation d'obligation : type D ;





➢ ***Les signaux routiers qui sont utilisés pour l'échangeur sont:***



:

CHAPITRE XIV :

OUVRAGE D'ART

XIV.1 Introduction :

Un ouvrage d'art permet le franchissement d'un obstacle nature l (oued ou un site très accidenté), il permet aussi la réalisation des passages supérieurs ou inférieurs sur autoroute, voies ferrées pour le rétablissement des voies des communications.

Dans le cas général, un ouvrage d'art est constitué d'un tablier reposant sur deux culées avec ou sans appuis intermédiaires (les pile)

Tableau XIV.1. Emplacement des ouvrages avec leur caractéristiques

Désignation	PK	Longueur(m)	Largueur(m)	Hauteur(m)	Diamètre (m)
Viaduc	**17+675**	250	32	12	
Buse	18+500	33			1500
Route RN 42 Passage inferieure	18+937	32	12	5.25	
Dalot	20+175	33	2	2	
Buse	21+250				1500
Passage inferieure Route **CW** 03	21+000	32	12	5.25	
Dalot	22+700	33	2	2	
Dalot	23+333	33	3.5	14	
Dalot	23+400	33	3	2	
Passage supérieur Route RN 67	21+562	32	34.5	5.25	
Passage supérieur Rétablissement piste	24+ 379	32	34.5	10	
Viaduc	**25+050**	25	32	3	
Dalot	25+725	33	3.5	2	

XIV.2 Présentation d'ouvrage :

Notre projet est composé de divers ouvrages résumé dans le tableau suivant :

- ✓ ***Gabarit*_réservé:**

On appelle gabarit le minimum à dégager au-dessus de la voie franchie, mesuré perpendiculairement à cette voie. En Algérie, il est réglementé que le passage sur :

Les autoroutes et les routes expresses doivent respecter un gabarit de 5.25m.

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

XIV.3 Choix de type d'ouvrage :

Le choix de l'ouvrage est une opération dans laquelle interviennent de nombreuxparamètres pour le but l'optimisation technique et économique le type d'ouvrage le plus adéquate et de satisfaire le mieux possible de l'ensemble des contraintes naturelle et fonctionnelles imposées.

Les principaux paramètres qui interviennent dans le choix de types l'ouvrage :

- Les profils de la voie (profil en long, profil en travers, tracé en plan…)
- Implantation es appuis
- La nature du sol de fondation
- Le gabarit à respecter.
- La portée de l'ouvrage.
- Les conditions hydrauliques.

On se pensent mémoire on choisit deux variantes pour le dimensionnement d'ouvrages viaduc (caisson) encorbellement successif et pont à poutre.

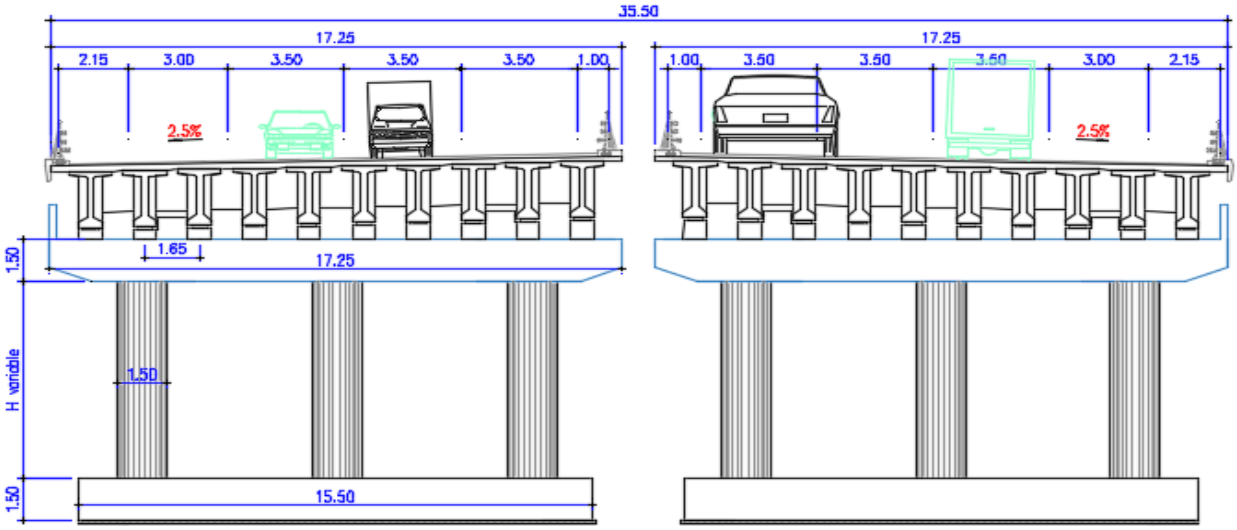
XIV .4 Variantes proposées pour notre tracé :

Pour trouver la solution la plus optimale, une étude multicritère des variantes doit être faite, parmi les variantes qu'on peut opter pour un pont courbe :

Variante 1 : pont à poutre

C'est un pont dont le tablier est porté par une ou plusieurs poutre . Ce type de tablier permet d'atteindredes portées importantes. Le domaine d'emplois de la structure correspond en effet à des portées de 30 à 50 mètres.

Figure XIV.1. Profil en travers de 1ere variante



Les avantages :

- La maitrises de la méthode d'exécution.
- Ne nécessitent pas beaucoup d'entretien.
- Bonne protection des armatures et des aciers.
- La préfabrication permet de diminuer le délai d'exécution de l'ouvrage.
- Le coffrage des poutres est standard , l'utilisation se fait généralement plusieurs de l'ouvrage
-

Les inconvénients :

- Poids très important
- Rentre dans l'aspect ordinaire du côté esthétique
- La nécessité de fabriquer un béton plus résistant principalement avant 28 jours.
- La main d'ouvre doit être qualifier

Variante 2 : pont (caisson)

La construction par encorbellements successifs est une technique très ancienne, elleconsiste à exécuter un ouvrage élément par élément sans contact avec le sol.

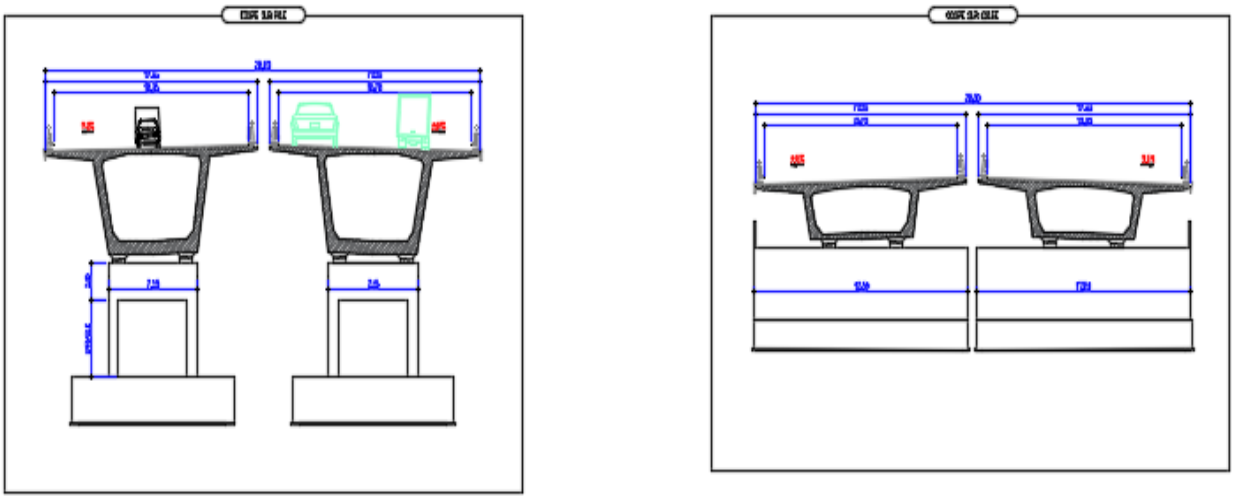


Figure XIV.2. Profil en travers de 2^{em} variante

Les Avantages :

- La construction des tabliers s'effectue sans aucun contact avec le sol, ce qui permet de construire des ouvrages au-dessus des rivières et des vallées très accidentées.
- La construction par éléments de 3 à 4 m de longueur permet un bon amortissement des outils de coffrage du tablier.
- La méthode permet d'exécuter des ouvrages de géométries diverses.
- La durée d'utilisation est plus longue.

Les Inconvénients :

- Les ouvrages construits par ces méthodes sont beaucoup plus lourds, ce qui conduit à des appuis et fondations importantes.
- Les effets de fluage du béton et de la relaxation des aciers conduisent à des délicats problèmes de réglage des fléaux et de redistribution des sollicitations dans les structures rendues continues.
- La nécessité de disposer d'un personnel qualifié pour la vérification de la pose desgaines et câbles, et pour la mise en tension des câbles.
- Difficulté de modification et de démolition.
- Plus couteux à la fabrication.

XIV.5 Conclusion

Après avoir examiné les types d'ouvrages possibles pour notre projet, nous recommandons de choisir la variante à poutre puisqu'elle est plus économique et elle est facile à construire et à entretenir.

CHAPITRE XV :

IMPACT
SUR L'ENVIRONNEMENT

XV.1 Introduction :

L'impact sur l'environnement peut se définir comme l'effet, «étude scientifique et technique multidisciplinaire, pendant un temps donné et sur un espace défini, d'une activité humaine sur une composante de l'environnement pris dans le sens large du terme (c'est-à-dire englobant les aspects biophysiques et humains), en comparaison de la situation probable advenant la non-réalisation du projet (Wathern, 1988). La réalisation du projet va donc entrainer une modification et une perturbation du système par rapport à l'état initial.

Cette étude permet d'analyser et d'évaluer les effets et les mesures par rapport à chacune des composantes environnementales d'un projet.

Les routes ont des impacts amplifiés sur l'environnement par la circulation des véhicules qui les empruntent : la construction et l'entretien des routes absorbent presque la moitié de la production nationale des granulats et presque un tiers des déchets routiers est mise en décharge, la circulation et les travaux routiers contribuent aux émissions nationales des CO2 ce qui provoque une fragmentation des écosystèmes.

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, cette 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.

XV.2 Objectifs d'une étude d'impact sur l'environnement :

L'étude d'impact sur l'environnement permet d'identifier, d'évaluer et de mesurer les effets directs et indirects à court, moyen et long terme d'un projet et d'essayer de proposer des compensations et les mesures adéquates pour limiter au maximum les effets négatifs de ce projet, cette étude vise à :

- Identifier et évaluer l'importance des impacts du projet sur le milieu physique, biologique, humain et sur le climat sonore et le paysage.
- Proposer des mesures qui visent à réduire les impacts négatifs du projet.
- Préserver les conditions de vie des générations futures.
- Préserver les espèces végétales et animales.
-

XV.3 Impact du projet sur l'environnement :

On a deux types d'impacts sur l'environnement : des impacts positifs et des impacts négatifs.

XV.3.1 Impacts positifs :

On peut les classer en deux catégories :

XV.3.1.1 Impacts positifs directes :

- L'amélioration de la sécurité routière : la liaison qui reliant le port avec l'autoroute Est -Ouest va présenter des meilleures caractéristiques géométriques qui impliquent surement l'amélioration de la sécurité routière, le taux de mortalité diminue beaucoup dans les autoroutes à 3 voies.
- L'amélioration des conditions de circulation.

XV.3.1.2 Impacts positives indirectes :

- Sur les activités socio-économiques et le développement régional par la création de nouveaux emplois : l'augmentation d'activités par la création d'emplois temporaires (du fait de la construction du projet au profit de la main d'ouvre locale) et permanents (pour les besoins d'entretien).
- Le développement du tourisme dans la région.

XV.3.2 Impacts négatifs :

Les principaux impacts négatifs potentiels du projet concernent :

- L'expropriation des propriétés bâties et les terres situées dans l'emprise du projet et le déplacement des populations.
- Les risques de pollution des oueds (Oued El Hachem malheureusement la pollution chimique) et des points d'eau situés à proximité du projet(plaine de mitidja) .
- Les coupures temporaires des réseaux (routes, eau, électricité,).
- Une consommation excessive des granulats.

De façon plus détaillée, on distingue les impacts en phase de construction et ceux intervenant en phase d'exploitation.

XV.3.2.1 Impacts pendant la phase de travaux :

Milieu physique :

Pendant la phase de construction les impacts négatifs sur le milieu naturel sont en premier lieu les impacts classiques d'un chantier de construction de route dont :

- Les émissions de poussières et les pollutions atmosphériques affecteront la qualité de l'air.
- Les nuisances acoustiques liées à la circulation des engins de chantier.
- Les risques de contamination des sols et des ressources hydriques liés aux accidents probables avec des produits dangereux utilisés.
- Le risque de perte du couvert végétal et de dégradation de sols suite à l'exploitation des carrières et à l'installation des chantiers.
- Perturbation des terres de très bonne valeurs agronomique, représentant 65% des terres touchées par le tracé , situé dans deux périmètres irrigués de la Mitidja et de sahel algérois.

Milieu biologique :

- Perturbations liées à l'introduction d'une barrière terrestre.
- Destruction ou perturbation de sites favorables aux différentes espèces.
- Risque d'incendie.

Milieu humain :

- Pendant la phase des travaux plusieurs arbres seront à abattre, une construction privée sera touchée et un certain nombre de personnes seront à déplacer.
- Les surfaces d'emprise de terrains seront à exproprier et auront pour effet direct de réduire la production agricole (à rappeler que tout le projet traverse une zone agricole).
- Manque à gagner pour les agriculteurs dont les terrains sont concernés par les travaux.
- Les bruits, les vibrations et les émissions constituent des impacts qui pourraient avoir une influence sur la santé des habitants proches de la route et des ouvriers.
- La circulation des camions et des engins de chantier pourra également causer des accidents.
- Impact visuel des chantiers et des bases de vie.

XV.3.2.2 Pendant la phase d'exploitation :

Milieu physique :

- Erosion et décapage des sols le long de l'emprise du tracé.
- Risques de pollution chronique (eaux de ruissellement de la chaussée) ou de pollution accidentelle (due aux accidents).

- Recalibrage et artificialisation des cours d'eau, modification des bassins versants, augmentation des risques d'inondation.

Milieu biologique :

- Nuisances liées à la circulation des véhicules.
- Dégradation de la qualité des habitats de différentes espèces.
- Risque d'incendie.

Milieu humain :

- Nuisances pour les gens qui habitent près de la route (bruit, gêne respiratoire).
- Manque à gagner pour les agriculteurs dont les terrains ont été morcelés ou réduits par le passage de la route.
- Allongement des trajets des agriculteurs, prélèvements de surfaces de parcours sur de longues distances sur tout le linéaire du projet.
- Risque d'accidents et de contamination des forages, puits ou adductions d'eaux potables situées à proximité de la route .
- Impact visuel.

XV.4 Mesures prises pour minimiser les impacts :

Il est important de définir les mesures qui peuvent être prises pour prévenir ou limiter les effets négatifs du projet sur l'environnement.

XV.4.1 Mesures en phase travaux :

Les impacts négatifs sur l'environnement susmentionnés pendant la phase des travaux peuvent être anéantis ou/et réduits par l'observation et la mise en œuvre d'un certain nombre de mesures ; à savoir à titre indicatif :

- Le choix judicieux de l'emplacement des zones d'installation de chantier et des routes d'accès qui doit porter sur des zones le plus loin possible des secteurs sensibles et d'habitations .
- Le stockage des produits dangereux doit faire l'objet de dispositifs strictes et particulièrement spécifiques dans le but de limiter au maximum possible les risques pour l'environnement.
- Des aires spécifiques doivent être réservés et aménagées pour l'entretien, le ravitaillement et le nettoyage des engins utilisés et ce pour limiter les risques de contamination et de dégradation de la qualité des eaux.
- L'utilisation d'engins aux normes en matière de bruit ; le réglage des moteurs des engins sera surveillé afin de limiter la production de fumées, gaz ou odeurs désagréables etc.
- L'évacuation régulière vers un site de traitement ; la récupération et l'évacuation régulière des déchets du chantier.
- Collecte des eaux de ruissellement de chantier dans les bassins de décantation provisoires.
- Le reboisement dans le cadre d'un plan des aménagements paysagers pour compenser le déboisement qui doit être strictement et uniquement limité aux emprises nécessaires au projet en particulier aux niveaux des zones en remblais et en déblais.

- L'utilisation des carrières abandonnées pour le dépôt des matériaux excédentaires et les carrières existantes plutôt que des nouveaux sites.

- La mise en place d'une signalisation claire des chantiers et pistes d'accès. Plusieurs passages très sensibles (hauts risques d'accidents) méritent une signalisation appropriée.
- L'optimisation autant que possible des dérangements des autres services (approvisionnement en eau et électricité) grâce à une bonne coordination entre les acteurs concernés et à une bonne campagne de communication afin d'en informer le public touché/concerné.

XV.4.2 Mesures en phase exploitation :

Les principales mesures de compensation et d'atténuation en phase d'exploitation portent sur les points suivants :

- Suivi de la remise en état des principales zones de dépôt des chantiers et des bases de vie.
- Retenue de véhicules dans l'emprise routière pour éviter tout déversement en dehors de celle-ci.
- Etanchéification des accotements et des réseaux d'assainissement pour éviter toute infiltration de substance polluante.
- Entretien des plantations (terre-plein central, talus, etc.)
- Minimiser les risques de pollution chronique des oueds et par la pollution accidentelle (déversement de produits dangereux sur la chaussée) par la limitation et le contrôle de vitesses des poids lourds.
- Elaborer et mettre en œuvre un programme de suivi de la qualité d'air et des niveaux de bruit sur des tronçons sensibles..
- Dalots tunnels pour le passage des animaux de grands tailles .
- Construction des buttes de terre, des murs anti bruit.
- Implantation des arbustes dans les talus chaque 1 m .

XV.5 Conclusion :

La réalisation de n'importe quel projet routier engendre des effets préjudiciables sur le milieu naturel pendant la phase de construction et durant son exploitation mais ces effets sont minimes par rapport aux avantages que cette route va offrir.

Le défi est de minimiser et limiter l'impact négatif sur l'environnement de la région, en assurant un contrôle continu sur cet impact durant les futures années ou le trafic automobile sera plus important et donc la pollution sera plus sévère et dangereuse.

CHAPITRE XVI :

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

XVI. Devis quantitatif et estimatif :

Désignation des Travaux		Unité	Quantité	Prix unitaire (Da)	Prix Total DA
1	Installation du chantier	Forfaitaire	/		4 500 000
TOTALE (1)					4 500 000
2	Terrassement				
Décapage de terre végétale (50cm)		M3	52955.1	100	5 295 510
Déblai mis en remblai		M3	486476.9	450	233 508 912
Déblai mis en dépôt		M3	76283.9	150	11 442 585
TOTALE (2)					250 247 007
3	Chaussée				
Couche de forme (60cm TUF) y compris arrosage et compactage par couches de 30cm		M3	401597.8	800	321 278 240
Couche de fondation et Couche de base (GB 2.2 t/m3) y compris la couche d'accrochage		T	387974.18	7000	271 580 2600
Couche de roulement (BB 2.4t/m3) y compris la couche d'accrochage		T	105446.4	7000	738 124 800
Couche d'imprégnation sablée en Cut-back (0/1)		M2	320 000	120	3 840 000
Matériaux sélectionnés pour la berme		M3	20696.0	700	14 487 200
TOTALE (3)					3 793 532 840
4	Ouvrage d'art				
Ouvrage d'art		M3	14092	400000	5 636 800 000
TOTALE (4)					5 636 800 000
5	Assainissement				
Fossés trapézoïdaux en béton		ML	9600	3000	28 800 000

Buse Φ 1500 y compris Tête de buse		**ML**	**64**	**36 000.00**	**2 304 000**
Dalots en béton armé dosé 350 kg/m3		M3	**508.16**	**30000.00**	**15 244 800**
TOTALE (5)					**46 348 800**
6	**Impact sur l'environnement**	**Forfaitaire**	**/**	**3% (2+3+4)**	**290 417 395,41**
TOTALE (6)					**290 417 395,41**
7	**Signalisation et équipement routiers**	**Forfaitaire**	**/**	**5% (3)**	**189 676 642**
TOTALE (7)					**189 676 642**
8	**Séparateur en béton armé double**	**ML**	**7352**	**6500.00**	**47 788 000**
TOTALE (8)					**47 788 000**
9	**Contrôle (bureau d'étude et laboratoire)**	**Forfaitaire**	**/**	**2% (2+3)**	**80 875 596,94**
TOTALE (9)					**80 875 596,94**
10	**Echangeur**				
Echangeur Trèfle complet		**Forfaitaire**	**1**	**/**	**1 500 000 000**
TOTALE					**11 840 186 281,35**
TVA (19%)					**2 249 635 393,4565**
TOTALE GÉNÉRAL (TTC)					**14 089 821 675**

On a estimé que le projet va couter à peu près : Quatorze milliards quatre-vingt-neuf millions huit cent vingt et un mille six cent soixante – quinze dinars algériens.

Conclusion générale

Ce projet de fin d'études a été une opportunité, pour mettre en pratique nos connaissances théoriques et techniques acquises pendant notre cycle de formation à l'école national des travaux publics.

Le projet nous a permis aussi d'être en face des problèmes techniques et administratifsqui peuvent se présenter dans un projet routier. il était aussi une grande occasion pour savoir le déroulement d'un projet des travaux publics en général et un projet routier en particulier et par conséquent l'utilisation des logiciels de calcul et de dessin notamment le AUTOPISTE 16 et l'AUTOCAD ainsi que la maîtrise des nouvelles technologies dans le domaine des travaux publics.

Notre projet de fin d'étude consiste en la conception et étude d'un tronçon autoroutier supposé relier le port centre de Cherchell à l'autoroute Est-Ouest par l'échangeur au niveau Hadjoute la wilaya de Tipaza .

Dans notre démarche d'étude nous avons essayé de respecter toutes les contraintes et les normes existantes en considération les conditions de confort, d'optiques et de sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement.

Notre étude s'inscrit dans ce sillage, où on a étudié un tronçon routier de 10 km situé à Cherchell ,présente les données suivantes :

- Le trafic à l'année 2022 : $TJMA_{2022}$= 7500 v/j/sens.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic : τ = 4%.
- La vitesse de base sur le tracé : V_b= 110km/h.
- Le pourcentage de poids lourds : Z =30% .
- L'année de mise en service : 2025.
- La durée de vie : 20 ans.
- Catégorie : L1
- Environnement : E2.

En exploitant toutes ces données, et en respectant les règlements de l'ICTAAL on aabouti aux caractéristiques suivantes :

- Chaussée de 2×3 voies de 3.5m (3.5×3) ×2 =21.00m.
- Accotement 4m de chaque côté (4×2) =8.00m.
- Un terre-plein central de 3m.
- Largeur totale de la plate-forme 32 m.

Et selon les recommandations du Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du Ministère des Travaux Publics de l'Algérie (2001), complété avec le Catalogue de Structures Types de Chaussées Neuves du SETRA (1998) et à l'aide du logiciel Alizé III.

On la constitution des matériaux adoptée étant :

8 BB + 12GB + 13GB + 60 TUF (CF)

Ce projet nous a permis de franchir un grand pas vers la vie professionnelle.

Bibliographie

- Catalogue Algérien de dimensionnement des chaussées neuves fasicule 1,2 et 3 (CTTP2001).
- Guide des terrassements routiers GTR. SETRA – 1994.
- Cours Enstp 1ère et 2èmeannée de route de Mr KARA BENCHOHRA
- Cours Enstp 2ème année de géotechnique routière Mm DERRICHE FATIMA ZOHRA
- Cours Enstp 2ème année d'hydraulique de Mr RAHMANI
- Cours Enstp 2ème année de mécanique des sols de Mr BERRICHE
- Thèses de route des années passées.
- LCTP : laboratoire central des travaux publics.
- ICTAAL2000 : instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison.
- ICTAAL 2015 Guide Echangeur, SETRA.
- Google Maps.
- Google Earth.
- Logiciels utilisés :
- Auto cade 2016
- Alize LCPC Recherche
- Covadis Autopiste

ANNEXE

Annexe : assainissement :

DIMENSIONNEMENT DES Buses :

Les conditions d'auto-curage :

Le débit en plein section :

$$Q_{ps} = K_s \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$Q_{ps} = K_s \times \pi(R\text{^}2) \times R/2^{\,2/3} \times I^{1/2}$$

$$Q_{ps} = 80 \times (\pi \cdot 0.75\text{^}2) \times 0.75/2^{\,2/3} \times 0.01^{1/2}$$

$$Q_{ps} = 5.832 \ \mathbf{m3/s}.$$

$Vps = \frac{Q_{ps}}{3.14\ R^2} = \frac{5.832}{3.14\ 0.75^2} = 3.30$ **m/s**.

$Rq = Q/Qps = 3.901/5.832 = 0.67 \times RV = V/Vps = 1.07$

V= $1.07 \times Vps$ =1.07×3.30 = 3.531 m/s < $4m/$ s **Condition vérifiée**

a) V ≥ 0.6m/s pour Q= 0.1 Qps :

Rq = 0.1 →Rv =V/Vps=0.64→V=0.64 × 3.30 = 2.112 m/s >0.6m/s **Condition vérifiée**

b)V≥ 0.3m/s pour Q = 0.01Qps :

Rq = 0.01→ Rv =V/Vps=0.32 →V=0.32 × 3.30 = 1.056 m/s >0.6m/s **Condition vérifiée**

DIMENSIONNEMENT DES DALOTS :

Les dimensions des dalots sont obtenues, en écrivant l'égalité du débit des crues et le débit de saturation :

$$Q_{max} = Q_s$$

$$Q_{max} = K_s \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$Qmax = Ks \times (0.8h.b) \times \left[\frac{0.8h\ b}{b+1.5h}\right]^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$$

$$Qmax = Ks \times (0.8h.b)^{\frac{5}{3}} \times \left[\frac{1}{(b+1.5h)^{\frac{2}{3}}}\right] \times I^{\frac{1}{2}}$$

$$\boldsymbol{Qmax} \times \left((\boldsymbol{b}+\boldsymbol{1.5h})\right)^{\frac{2}{3}} = \boldsymbol{Ks} \times (\boldsymbol{0.8h} \times \boldsymbol{b})^{\frac{5}{3}} \rightarrow \boldsymbol{h} = \left(\frac{\boldsymbol{Qmax}}{\boldsymbol{Ks} \times \boldsymbol{I}^{\frac{1}{2}}}\right)^{\frac{3}{5}} \times \frac{(\boldsymbol{b}+\boldsymbol{1.5h})^{\frac{2}{5}}}{\boldsymbol{0.8\,b}}$$

Avec $H_0 = \left[\frac{\boldsymbol{Qmax}}{\boldsymbol{Ks} \times \boldsymbol{I}^{\frac{1}{2}}}\right]^{\frac{3}{5}}$

La résolution de cette équation se fait par la méthode itérative.

Application numérique :

- Prenons le **BV N°3** (PK 20+175) : **Qmax (50)** = 12, 404 m3 /s.

On prende: **b** = 4m , **I** = 0.01 m/m, **Ks** = 70.

$$\mathbf{h_{i+1}} = \left[\frac{\mathbf{Qmax}}{\mathbf{Ks} \times \mathbf{I}^{\frac{1}{2}}}\right]^{\frac{3}{5}} \times \frac{(\boldsymbol{b}+\boldsymbol{1.5h_i})^{\frac{2}{5}}}{\boldsymbol{0.8b}}$$

h0=1.000 ⇒ h1= 0,871
h1=0,871 ⇒ h2=0,859
h2=0,859⇒ h3=0,858
h3= 0 ,858⇒h4= 0,858
h3=0,858 ⇒ h4=0 ,858 Alors on prend **h = 1 m.**

Après le calcul itératif, les valeurs retenues pour cette section (dalot) sont **:b = 4m, h= 1 m.**
Alors : **Sm = 3,2 , Rh = 0,582**

$$\boldsymbol{Q_S} = \boldsymbol{K_s} \times \boldsymbol{S_m} \times \boldsymbol{R_h}^{2/3} \times \boldsymbol{I}^{1/2}$$

$$\boldsymbol{Q_S} = \mathbf{70} \times \mathbf{11.2} \times \mathbf{1.12}^{2/3} \times \mathbf{0.01}^{1/2} = \mathbf{15,61}\ \text{m3 /s..}$$

Vérification de la condition pour assurer un écoulement fluvial :

$$hc = \sqrt[3]{\frac{\mathbf{Q_S}}{\mathbf{g} \times \mathbf{b}^2}} = \sqrt[3]{\frac{\mathbf{15,61}}{\mathbf{9.81} \times \mathbf{4}^2}} = 0{,}46 < 0.8\boldsymbol{h} = \mathbf{0{,}8m}$$ **Vérifié.**

Vérification de la vitesse :

$$\boldsymbol{V} = \frac{\boldsymbol{Qmax}}{\mathbf{S_m}} = \frac{\mathbf{12{,}404}}{\mathbf{3{,}2}} = \mathbf{3{,}88} < \mathbf{4\ m/s}.$$ **Vérifié.**

- Prenons le **BV N°5**(PK22+700) : **Qmax (50)** =17,483m3 /s.

On prendre: **b** = 6 m , **I** = 0.01 m/m, **Ks** = 70.

$$\mathbf{h_{i+1}} = \left[\frac{\mathbf{Qmax}}{\mathbf{Ks} \times \mathbf{I}^{\frac{1}{2}}}\right]^{\frac{3}{5}} \times \frac{(\boldsymbol{b}+\boldsymbol{1.5h_i})^{\frac{2}{5}}}{\boldsymbol{0.8b}}$$

h0=1.000 ⇒ h1= 0,808
h1=0,808 ⇒ h2=0,795
h2=0,795⇒ h3=0,794
h3= 0 ,794⇒h4= 0,794
h3=0,794 ⇒ h4=0 ,794 Alors on prend **h = 1 m.**

Après le calcul itératif, les valeurs retenues pour cette section (dalot) sont **:b = 6m, h= 1 m.**
Alors : **Sm = 5,8, Rh = 0,64**

$$\boldsymbol{Q_S} = \boldsymbol{K_s} \times \boldsymbol{S_m} \times \boldsymbol{R_h}^{2/3} \times \boldsymbol{I}^{1/2}$$

$$\boldsymbol{Q_S} = \mathbf{70} \times \mathbf{11.2} \times \mathbf{1.12}^{2/3} \times \mathbf{0.01}^{1/2} = \mathbf{24{,}953}\text{m3 /s}$$

Vérification de la condition pour assurer un écoulement fluvial :

$$hc = \sqrt[3]{\frac{\mathbf{Q_S}}{\mathbf{g} \times \mathbf{b}^2}} = \sqrt[3]{\frac{\mathbf{24{,}953}}{\mathbf{9.81} \times \mathbf{6}^2}} = 0{,}41 < 0.8\boldsymbol{h} = \mathbf{0{,}8m}$$ **Vérifié.**

Vérification de la vitesse :

$V = \frac{Qmax}{S_m} = \frac{17,483}{4,8} = 3,64 < 4$ **m/s**. **Vérifié**

- Prenons le **BV N°6**(PK) : **Qmax (50)** =21,483m3 /s.

On prendre: **b** = 7 m , **I** = 0.01 m/m, **Ks** = 70.

$$h_{i+1} = \left[\frac{Qmax}{Ks \times I^{\frac{1}{2}}}\right]^{\frac{3}{5}} \times \frac{(b + 1.5h_i)^{\frac{2}{5}}}{0.8b}$$

h0=1.000 ⇒ h1= 0,824
h1=0,824⇒ h2=0,813
h2=0,813⇒ h3=0,813
h2=0,794 ⇒ h3=0 ,813 Alors on prend **h = 1 m.**
Après le calcul itératif, les valeurs retenues pour cette section (dalot) sont **:b = 7m, h= 1 m.**
Alors : **Sm = 5,6 Rh = 0,659**

$Q_S = K_s \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$

$Q_S = 70 \times 11.2 \times 1.12^{2/3} \times 0.01^{1/2}$ **=29,68**m3 /s..

Vérification de la condition pour assurer un écoulement fluvial :

$hc = \sqrt[3]{\frac{Q_S}{g \times b^2}} = \sqrt[3]{\frac{29,68}{9.81 \times 7^2}} = 0,39 < 0.8h = 0,8m$ **Vérifié**.

Vérification de la vitesse :

$V = \frac{Qmax}{S_m} = \frac{21,483}{5,6} = 3,7 < 4$ **m/s**. **Vérifié**

ANNEXE AXE EN PLAN

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	155.77gr	560.022	17000.000	444440.278	4043141.565
Arc 1	Rayon	1500.000 m	1499.920	17560.022	444798.779	4042711.330
	Centre X	445951.148 m				
	Centre Y	4043671.563 m				
Droite 2	Gisement	92.12gr	1401.777	19059.943	446136.449	4042183.052
Arc 2	Rayon	-3000.000 m	2101.240	20461.719	447527.489	4042356.219
	Centre X	447898.091 m				
	Centre Y	4039379.198 m				
Droite 3	Gisement	136.71gr	1524.629	22562.959	449533.528	4041894.222
Arc 3	Rayon	5000.000 m	2095.828	24087.588	450811.687	4041063.077
	Centre X	453537.416 m				
	Centre Y	4045254.783 m				
Droite 4	Gisement	110.02gr	819.983	26183.417	452753.675	4040316.590
				27003.400	453563.522	4040188.059
Longueur totale de l'axe 10003.400 mètre(s)						

ANNEX PROFIL EN LONG

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	1.50 %	526.844	17000.000	57.288
Parabole 1	Rayon	-49999.567 m	1001.898	17526.844	65.202
	Sommet Absc.	18277.923 m			
	Sommet Alt.	70.843 m			
Pente 2	Pente	-0.50 %	2090.182	18528.742	70.214
Parabole 2	Rayon	50000.000 m	600.821	20618.925	59.729
	Sommet Absc.	20869.746 m			
	Sommet Alt.	59.099 m			
Pente 3	Pente	0.70 %	3797.415	21219.746	60.324
Parabole 3	Rayon	-50000.000 m	44.427	25017.161	86.906
	Sommet Absc.	25367.161 m			
	Sommet Alt.	88.131 m			
Pente 4	Pente	0.61 %	423.087	25061.588	87.198
Parabole 4	Rayon	-50000.000 m	555.573	25484.675	89.783
	Sommet Absc.	25790.248 m			
	Sommet Alt.	90.717 m			
Pente 5	Pente	-0.50 %	959.748	26040.248	90.092
				26999.996	85.293
Longueur totale de l'axe 9999.996 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 10000.231 mètre(s)					

Cubatures Matériaux : Profils (Gulden)

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
BB	4.39	54.9	43936.0
BETON	0.32	4.0	3200.0
GB2	17.64	220.4	176351.9
TERRE VEGETALE	2.07	25.9	20696.0
TUF	40.16	501.9	401597.8