République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة

فرنسـيس جانســون

Ecole nationale supérieur des travaux publics

Francis jeanson

Mémoire

Pour l'obtention des diplômes d'Ingénieur d'État et de Master

Thème

ETUDE EN APD D'UN TRONÇON AUTOROUTIER
RELIANT LE PORT DE DJEN DJEN
A L'AUTOROUTE EST-OUEST
AU NIVEAU D'EL EULMA SUR 8 km DU PK 102+000
AU PK 110+000 AVEC CONCEPTION D'UN Echangeur

Présenté par :

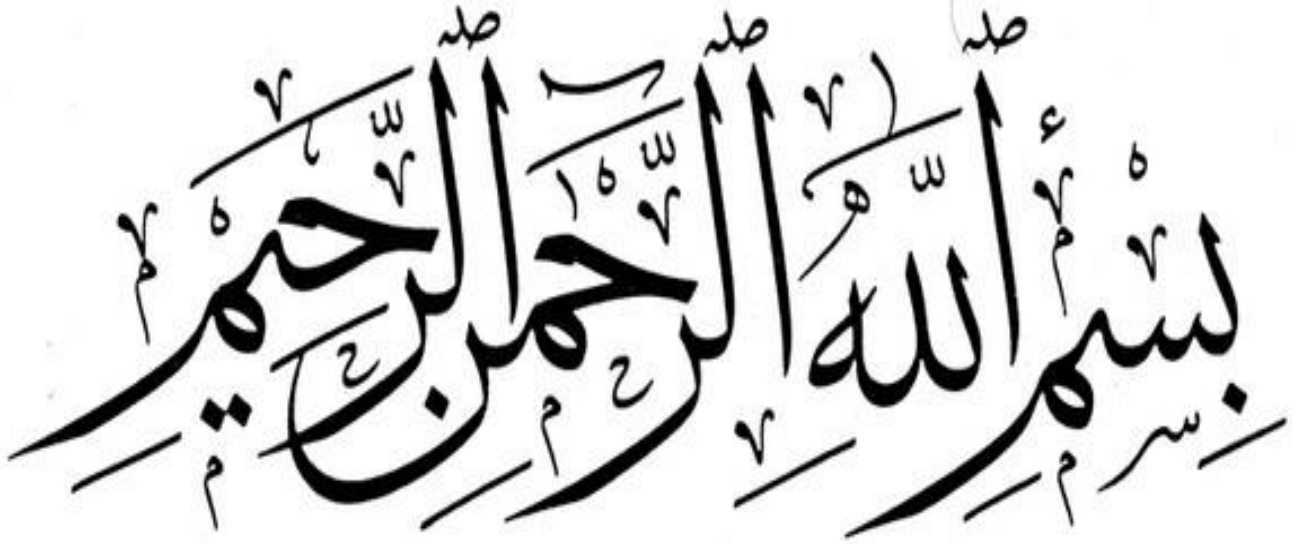
AZZOUG NACIR

Encadré par:

MR : GUENAIZI ABDELHAK

Promotion: 2021/2022

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba


بسم الله الرحمن الرحيم

Remerciement

Tout d'abord je tiens à remercier ALLAH le tout puissant de m'avoir donné la santé, la volonté, le courage et la patience pour élaborer ce modeste travail.

Un remerciement spécial à ***Mr GUENAIZI*** *pour son encadrement de qualité, ses conseils et critiques constructives, ses corrections, ainsi pour le temps qu'il consacre à tous les étudiants, j'ai eu l'honneur et la chance de bénéficier de ses connaissances et compétences.*

Mes remerciements vont également à notre gratitude envers tous les Enseignants et le personnel administratif de l'école et on a eu l'honneur d'être parmi vos élèves et de bénéficier de votre riche enseignement.

Mes remerciements aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Mes remerciements aussi pour TOUS LE GROUPEMENT DE L'ADA, MAPA et la direction des travaux publics BBA.

Mes grands remerciements à mon père ***LAHCEN*** *qui s'est sacrifié pour mon bonheur et ma réussite lui procurer une longe vie pleine de bonheur. A ma mère, La lune de ma vie* ***SALIHA****.*

Je tiens à remercier toutes ma famille et toutes mes amis sans exception.

Sans oublier tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

Dédicace

TOUT D'abord je remercie DIEU qui m'a donné le courage pour arriver à cette étape de ma vie.

Je dédie ce travail de mémoire à mon cher grand- père

« MOHAMED » que Dieu l'accueille dans son vaste paradis

, et je te dis que tu restes toujours dans nos cœurs.

A ma chère grand-mère « FATMA-ZOHRA »

A ma chère tante « NOUI AMEL »

A mes chers frères OUSSAMA , AHMED

Ainsi à ma petite sœur « CHAIMA »

A tous mes amis sans exception

Et à tous mes professeurs durant tous les cycles de ma formation.

sans oublier tous ceux qui ont participé de près ou de loin

à l'aboutissement de ce travail.



AZZOUG NACIR....

RESUME :

Les projets routiers représentent des investissements économiques très importants. Donc tous projet routier doit être étudié selon plusieurs côtés, pour pouvoir lui donner le caractère d'utilité et de rentabilité.

Pour notre mémoire de fin d'étude nous sommes intéressés pour une étude d'avant-projet détaillé d'un tronçon autoroutier d'une section de l'autoroute (lot : allant de Jijel à Sétif sur 110 km) l'ensemble du projet est situé dans wilaya de Sétif du PK 102+000 jusqu'au

PK 110 +000 avec la conception d'un échangeur au PK 106 +150 et qui relié la pénétrante avec la Route Nationale N°77.

Le tracé de l'autoroute a été fait selon un profil en travers type de 2 × 3 voies et 2 × 3m de bande d'arrêt d'urgence avec un terre-plein central de 3 m.

Dans ce résumé, nous allons rédiger un bref récapitulatif, qui englobe l'ensemble des chapitres qui constitue ce projet de fin d'étude.

On a commencé le projet par l'étude du trafic routier et son extrapolation à l'horizon de 20 ans, pour le dimensionnement de la structure du corps de chaussée de la route projetée, ensuite on a fait le tracé géométrique de l'axe en plan à l'aide du logiciel COVADIS en respectant les normes du tracé, après on finit par l'élaboration du profil en long et profil en travers.

Après ces étapes précédentes on a fait un rapport géotechnique pour connaitre toutes les caractéristiques de notre sol support, ainsi qu'une étude d'assainissement et drainage de notre route, ensuite on a passé au choix de type de l'échangeur et prévoir la signalisation.

Enfin, on a terminé par l'étude d'impact sur l'environnement et le devis estimatif et quantitatif.

Mots clé : APD, tronçon de l'autoroute, El- Eulma, échangeur, RN77. déblai ,remblai .

ABSTRACT :

Road projects represent very important economic investments. Therefore, every road project has to be studied on several sides, to be able to give it the character of utility and profitability.

For our final dissertation study, we are interested in a detailed pré-project of a section highway project (lot: from Jijel even Sétif on 110 km) the whole project in the province of Sétif from Pk 102+000 to Pk 110+000 with design of an exchanger at PK 106 +150 and which connects the penetrating with the National Road Number 77.

The route of highway was done in typical cross section of 2 × 3 lanes and 2×3 m of emergency stop strip with a median 3 m.

In this resume, we'll cry a brief summary, which includes all chapters that make up this final project study.

We started the project by the study of road traffic and its extrapolation on the horizon of 20 years, for sizing of the structure of the pavement structure of the proposed road, and then we did the geometric layout of the horizontal alignment with the COVADIS software respecting the standards of the track, then we end the development of the long section and cross section.

After the previous steps we made a geotechnical report to know all the features of our ground support, as well as a study of road remediation, and then we past the choice of type of heat exchanger and provide signage.

Finally, it was completed by the environment impact assessment and cost estimate and quantitative.

Keyword : DPP, section of the highway, El-Eulma, exchanger,RN77.Cuttings ,embankments.

ملخص

تمثل مشاريع الطرق استثمارات اقتصادية مهمة جدا. لذلك، يجب دراسة كل مشروع من عدة جوانب، لنتمكن من اعطائه طابع الفائدة والمنفعة العامة

في هذه المذكرة نحن مهتمون بدراسة التصميم التفصيلي لمقطع من مشروع الطريق السريع (الممتدة من جيجل إلى سطيف على مسافة 110 كم).

المشروع يقع بالكامل في ولاية سطيف من النقطة الكيلومترية 000+102 إلى النقطة الكيلو مترية 000+110 مع تصميم محول عند النقطة الكيلومترية 150+ 106 والذي يمكن أيضا ربط الطريق السريع بالطريق الوطني رقم77 .

تصميم المشروع كان من خلال المقطع العرضي النموذجي 2 × 3 ممر و 2 × 3 م بالنسبة لمقطع التوقف الاستعجالي و3 م بالنسبة لوسط الطريق.

في هذا الملخص سوف نسرد موجزا مختصرا يشمل الفصول التي تطرقنا إليها في هذه الدراسة

بدأنا المشروع بدراسة حركة المرور مع استقرائها لمدة 20 سنة بهدف تحديد هيكل الطريق. بعد ذلك قمنا بتصميم محور الطريق بالاستعانة ببرنامج "الكوفاديس" مع احترام المعايير الدولية للتصميم. واتبعنا هذا المسار بمقطعه الطولي والعرضي.

بعد هذه المراحل انتقلنا إلى انجاز تقرير جيوتقني بهدف معرفة خصائص التربة المخصصة للمشروع، إضافة إلى دراسة الصرف الصحي للطريق، ثم قمنا باختيار نوع المحول مع تحديد إشارات المرور.

.في الأخير أنهينا عن طريق دراسة تأثير المشروع على البيئة واستخراج التقدير الكمي للمشروع.

كلمات مفتاحية : الطريق السريع ،العلمة ، محول ، ط و77 الحفر, انجراف.

LISTE DES ABREVIATIONS

APD : Avant-projet détaillé.

BBME : béton bitumineux à module élevé.

EME : enrobé à module élevé.

RAHP : Rocade Autoroutière des Hauts Plateaux.

RN : route nationale.

PK : point kilométrique.

ICTAAL : Instruction sur les Condition Techniques d'Aménagement Des Autoroutes de Liaisons.

TJMA : trafic journalière moyen annuelle.

U.V.P : unités de véhicules particuliers.

PL : poids lourds.

CTTP : Organisme National de Contrôle Technique des Travaux Publics.

TPC : terre pleine centrale.

BDG : bande dérasé gauche.

BM : bande moyenne.

BAU : bande d'arrêt d'urgence

BDD : bande dérasé droite.

GTR : guide de terrassement routier.

SETRA : service d'études techniques des routes et autoroutes.

LCPC : laboratoire centrale des ponts et chaussées.

SPT: Essais de pénétration standard.

CBR : California - Bearing – Ratio.

BB : béton bitumineux.

GB : grave bitumineux.

GNT : grave non traitées .

AN : application numérique.

BV : bassin versant.

DBA : double séparateur en béton adhérent.

GS : glissière de sécurité.

FMO : fourniture et mise en œuvre.

THT : total hors taxes.

TTC : toutes taxes compris.

TVA : taxe sur la valeur ajoutée .

LISTE DES TABLEAUX

Tableau III.1:Coefficient d'équivalence « P » (norme B40) [1]…….. 12
Tableau III.2: Coefficient « K1 » (norme B40) [1] ……. 13
Tableau III.3: Coefficient « K2 » (norme B40) [1] ……. 14
Tableau III.4: valeur de capacité théorique 14

Tableau III.5: Les résultats de calcul…… 18
Tableau IV.1: Valeurs de l'alignement liées au projet [L]_min, [L] _max …….. 21
Tableau IV.2: Paramètres fondamentaux de trace en plan. ICTAAL…….. 22
Tableau IV.3: Les données de l'axe à calculer……. 25
Tableau IV.4: Kilométrage des points particuliers……... 31
Tableau IV.5: caractéristique géométrique du profile en travers ICTAAL 2000…… 32
Tableau IV.6: Profil en travers type proposé…… 35
Tableau IV.7:valeur limitée des paramètres du profil en long……. 38
Tableau IV.8: Les données de profil en long à calculer (rayon convexe)…….39
Tableau VI.1: Résultats des puits de reconnaissance……49
Tableau VI.2: Résultats des essais SPT…… 50
Tableau VI.3: Tableau d'essai de Pressiomètre du forage……50
Tableau VI.4: Résultats des essais en laboratoire……51
Tableau VI.5: Résultats des essais d'identification des sols pour les puits de reconnaissance 52
Tableau VI.6: L'état d'un sol en fonction de la masse volumique…….53
Tableau VI.7: Résultats des essais au laboratoire pour le puits BPM25…….. 54
Tableau VI.8: Classification GTR des matériaux……55
Tableau VI.9:Caractéristiques principaux des sous classes A3 (source GTR)……... 56
Tableau VI.10: Les possibilités de réutilisation des sols en remblai (source GTR) ……. .57
Tableau VI.11: Les possibilités de réutilisation des sols en CDF (source GTR)……. 57
Tableau VII.1:Zones climatique de pluviométrie……61
Tableau VII.2: Valeurs des températures équivalentes……61
Tableau VII.3: Classe TPLi pour RP1. [Fascicule N° 1]……..63
Tableau VII.4 : Risque adopté pour le réseau RP1. [Fascicule N° 2]……...64
Tableau VII.5: Présentation des classes de portance des sols. [Fascicule N° 1]…….. 64
Tableau VII.6: Les résultats d'essai CBR de notre projet……64
Tableau VII.7: Classes de portance des sols selon CBR…….. 64
Tableau VII.8: Classe de portance des sols selon E……. 65
Tableau VII.9: Sur classement des sols supports……. 65
Tableau VII.10: Structures choisis de la chaussée……67
Tableau VII.11: Valeur du coefficient d'agressivité A……68
Tableau 3II.12: Performances mécaniques des matériaux bitumineux……69
Tableau VII.13: Caractéristiques des couches…….. 70
Tableau VII.14: Valeurs des déformations …….. 71
Tableau VIII.1: caractéristiques physiques des bassins versants……..74
Tableau VIII.2: valeurs du coefficient C1……77
Tableau VIII.3: valeurs du coefficient C2……77
Tableau VIII.4: Valeurs du coefficient C3……...77
Tableau VIII.5: Valeurs du paramètre « a » pour les différentes fréquences…… 78
Tableau VIII.6:Résultats de calcul des intensités de pluies…….. 80

Tableau VIII.7 : Valeurs des débits de crue……. 80
Tableau VIII.8 Dimensionnement des buses…… 83
Tableau VIII.9:Nombre des buses…… 83
Tableau VIII.10: Calcul itératif de dimensionnement des dalots …… …… 85
Tableau VIII.11: Dimensionnement des dalots…… 85
Tableau VIII.12: Nombre des dalots……86
Tableau VIII.13: Les valeurs de la hauteur d'eau critique hc……87
Tableau VIII.14: Les caractéristiques des sous bassins versants concernées……. 89
Tableau VIII.15: Les coefficients de ruissellements…… 90
Tableau VIII.16: Le débit équivalent des bassins versants…….. 90
Tableau VIII.17: Le débit équivalent des bassins versants…….. 91
Tableau XI.1: valeurs limites des rayons de tracé en plan……95
Tableau XI.2: valeurs limites des paramètres du profil en long …… 97
Tableau IX.3: largeurs des composantes du profil en travers (ICTAAL échangeur)…….. 98
Tableau IX.4: variation des dévers en fonction des rayons (ICTAAL échangeur)…….. 98
Tableau IX.5:caractéristiques des bretelles ……... 100
Tableau XI.1: types de marquages longitudinaux (section courante)…….111

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Exemples de dégradations de la chaussée……4
Figure II.1 : Zone d'influence du port de Djen Djen……..6
Figure II.2 : l'autoroute Est-Ouest……..6
Figure II.3 : Image satellite de l'espace de travail……...7
Figure II.4 : localisation du projet……...8
Figure II.5: Image satellitaire 3D de la zone d'étude.9…….. 9
Figure IV.1: Schématisation d'un segment de tracé en plan……20
Figure IV.2: L'axe de l'autoroute traverse un relief peu vallonné……23
Figure IV.3: Eléments géométriques de la Clothoïde……...24
Figure IV.4: schématisation d'un tracé en plan avec raccordement…….25
Figure IV.5: Schématisation des gisements……..26
Figure IV.6: Eléments géométriques du raccordement…….28
Figure IV.7: Eléments de la clothoide-méthode coordonnées polaires…….29
Figure IV.8: Eléments de la clothoide-méthode coordonnées centre de cercle……30
Figure IV.9: Eléments de profil en travers type……35
Figure IV.10: Eléments géométriques de calcul de profil en long……38
Figure IV.11: schéma illustratif d'un rayon convexe……39
Figure V.1:les éléments de calcul des cubatures…….. 43
Figure V.2: schématisation des déblais et remblai sur le profil en long…….. 43
Figure VI.1:Le modèle numérique de terraine dérivé par des données Aster GDEM……. 47
Figure VI.2: Notes structurelles et coupes géologiques des cartes d'El Eulma et Djemila…. 47
Figure VI.3: Diagramme de classification des sols selon le diamètre…….. 52
Figure VI.4:Abaque de plasticité de Casagrande……. 53
Figure VI.5:Classification des sols selon l'indice de consistance…… 54
Figure VI.6:Classification des matériaux selon leur nature (tableau IV GTR)…… 55
Figure VII.1: Position du projet dans la carte climatique de l'Algérie……61
Figure VII.2: Structure de chaussée 1 méthode catalogue……67
Figure VIII.1: Model numérique des bassins versants……73
Figure VIII.2: Courbes intensité-durée –fréquence…….. 78
Figure VIII.3: Buse…….. 82
Figure VIII.4 : Photo d'une tête de buse……..84
Figure VIII.5: Dalot……. 85
Figure VIII.6: Photo d'une tête de dalot……... 86
Figure VIII.7: Dimensions du faussée……. 91
Figure IX.1 : Les types de bretelles ……93
Figure IX.2: Types d'échangeur……94
Figure IX.3: longueur de décélération (ICTAAL échangeur)……...96
Figure IX.4: longueur d'accélération (ICTAAL échangeur)…… 97
Figure IX.5: distance d'arrêt (ICTAAL échangeur)…… 99
Figure IX.6: distance de manœuvre de sortie (ICTAAL échangeur)……99
Figure IX.7: l'échangeur de Ouled zergua……100
Figure XI.1 : Choix du type de glissières de sécurité ……110
Figure XI.2:Types de marquages longitudinaux (section courante)……...111

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE …… 1

Chapitre I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE :…… 2
I.1. Introduction……...2
I.2. Les techniques d'auscultation :……. 2
I.3. Le constat…… 2
I.4. Le diagnostic : 3
I.4.1. Mécanismes des modes de dégradations 3
I.5. Les causes :…… 4
I.6. Durée de vie d'une chaussée…… 5
I.7. Techniques d'entretien……. 5
Chapitre II : Présentation du projet :…….. 6
II.1. Introduction :…….6
II.2. Situation géographique du projet :…….. 7
II.3. Emplacement du projet……7
II.4. Topographie de la zone d'étude :…… 8
II.5. Les objectifs principaux de l'étude :…….. 9
Chapitre III : Etude de Trafic……... 10
III.1. Introduction…… 10
III.2. L'évaluation du trafic :……... 10
III.3. Analyse du trafic :…….. 11
III.4. Calcul de la capacité :……11
III.4.1. Projection Future Du Trafic :……..11
III.4.2. Calcul Du Trafic Effectif :……..12
III.4.3. Débit de pointe horaire normale :……... 13
III.4.4. Débit Horaire Admissible :……13
III.4.5. Détermination du Nombre Des Voies :…… 14
III.5. Application du projet :…… 15
III.5.1. Les données du trafic :……15
III.5.2. Calcul de TJMA à l'année horizon :……...15
III.5.3. Calcul des trafics effectifs :…… 16
III.5.4. Débit de pointe horaire normale:…… 16
III.5.4.1. Calcul de la capacité théorique :……17
III.5.4.2. Calcul de débit admissible :…… 17
III.5.4.3. Détermination de nombre de voie :…… 17
Chapitre IV Etude géométrique :…… 19
IV.1. TRACE EN PLAN :……... 19
IV.1.1.1. Introduction……19

IV.1.1.2. Les éléments du tracé en plan :……...20
IV.1.1.3. Les droites (alignements) :…… 20
IV.1.1.4. Arc de cercles…….. 21
IV.1.1.5. Stabilité des véhicules en courbe : …… 21
IV.1.1.6. Courbes de raccordement progressives : ……22
IV.1.1.7. Description du tracé : ……22
IV.1.1.8. Nature des terrains traverses par le projet : ……22
IV.1.1.9. Les principaux axes routiers croisés : ……22
IV.1.1.10. Les oueds traversés par le projet : …… 23
IV.1.1.11. EXPRESSION MATHEMATIQUE DE LA CLOTHOÏDE. :…… 23
IV.1.1.12. Les éléments de la clothoïde : ……24
IV.1.1.13. Exemple de calcul manuel d'axe de la trace en plan :……24
IV.2. PROFIL EN TRAVERS :…….. 32
IV.2.1.1. Introduction :…… 32
IV.2.1.2. Types de profils en travers :…….. 32
IV.2.1.3. Les éléments du profil en travers……32
IV.2.1.4. Notion de dévers :……...34
IV.2.1.5. Dévers en alignement et en courbe non déversée :……34
IV.2.1.6. Dévers en courbe déversée :……... 34
IV.2.1.7. PROFIL EN TRAVERS TYPE DU PROJET :…… 35
IV.3. PROFIL EN LONG :…… 36
IV.3.1. Introduction :…….. 36
IV.3.2. Règles à respecter dans le profil en long :…… 36
IV.4. Les éléments géométriques du profil en long :…….. 36
IV.5. Déclivité :…….. 37
IV.5.1.1. Déclivité minimale :…….. 37
IV.5.1.2. Déclivité maximale :. ……37
IV.5.2. DETERMINATION PRATIQUE DU PROFIL EN LONG :…… 38
IV.5.3. Exemple de calcul manuel de profil en long : ……39
Chapitre V : Les cubatures…….. 42
V.1. Introduction : …… 42
V.2. Définition : …… 42
V.3. Méthode de calculs des cubatures :……42
V.4. Description de la méthode :…… 42
V.5. Exemple :……43
V.6. CALCUL DES CUBATURES DE TERRASSEMENT :…… 44
Chapitre VI : Etude géotechnique…… 45
VI.1. Introduction :…….. 45
VI.1.1. Définition :…… 45

VI.2. Objectif de l'étude géotechnique : …… 45
VI.3. Les moyens de reconnaissance : …… 46
VI.3.1. L'étude des archives et documents existants : …… 46
A. Géomorphologie de la trace : …….. 46
B. Géologie de la trace :……..……47
VI.3.2. Les visites sur site et les essais « in-situ » : …… 48
VI.3.2.1. Phase d'intervention in-situ : ……48
VI.3.2.2. ESSAI DE PÉNÉTRATION STANDARD (SPT) : …… 49
VI.3.2.3. ESSAIS DE PRESSIOMÈTRE (PMT) : …… 50
VI.3.3. ESSAIS AU LABORATOIRE : ……51
VI.4. Classification GTR du sol :…… 54
VI.4.1. Exemple :…….. 54
VI.5. Conditions d'utilisation des matériaux : 56
VI.5.1. En remblais……56
VI.5.2. En couche de forme :…… 57
VI.6. CONCLUSION…….. 58
Chapitre VII : Dimensionnement de corps de chaussée : ……59
VII.1. INTRODUCTION :……59
VII.2. DEFINITION DE LA CHAUSSEE :…… 59
VII.3. METHODE CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES NEUVES : 59
VII.3.1. Principes du dimensionnement :……60
VII.3.2. Les données de base pour le dimensionnement de chaussée sont :…… 60
VII.3.3. Les étapes de dimensionnement des chaussées :…… 60
VII.4. Application au projet :…… 61
VII.4.1. Les données climatiques :…….. 61
VII.4.2. Les données de trafic :…… 62
VII.5. Détermination de La Classe De Trafic TPLi :…… 62
VII.5.1. Répartition transversale du trafic :……..63
VII.5.2. La classe de trafic :……. 63
VII.6. Le risque de calcul :…… 64
VII.6.1. Détermination de la portance de sol-support de chaussée :…… 64
VII.6.2. Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement :……65
VII.7. Amélioration de la portance du sol support :……..65
VII.7.1. Choix de la structure de la chaussée :……66
VII.7.2. Vérification en fatigue des structures :…….. 67
VII.8. Le Trafic cumulé des poids lourds (TCI) :…… 68
VII.9. Le Trafic cumulé équivalent (TCEi) :……68
Chapitre VIII Etude hydrologique et assainissement :……..72
VIII.1. Introduction :…….. 72

VIII.2. OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT :…….. 72
VIII.3. ETUDE HYDROLOGIQUE :…… 72
VIII.3.1. Délimitation des bassins versants :…… 73
VIII.3.2. L'estimation des débits de crue :……..... 75
VIII.4. Calcul de débit :…… 75
VIII.4.1. Le débit d'apport :…….. 75
VIII.4.2. Temps de concentration « Tc » :…… 76
VIII.4.3. Coefficient de ruissellement :…… 77
VIII.4.4. L'intensité de pluie :…….. 78
VIII.4.4.1. La fréquence f :…….. 79
VIII.5. Application au projet : (Pour BV 01)…… 79
VIII.6. ETUDE HYDRAULIQUE :…….. 81
VIII.6.1. Calcul des ouvrages hydrauliques :…… 81
VIII.6.2. Estimation des débits de saturation des ouvrages :……81
VIII.7. Dimensionnement des Fossés et Buses et Dalots (ouvrage transversaux) :…….. 81
VIII.7.1. Dimensionnement des buses :…… 81
VIII.7.1.1. Application au projet :…… 82
VIII.7.2. Dimensionnement des Dalots :……..... 84
VIII.7.2.1. Application au projet :…… 85
VIII.7.2.2. Calcul de la hauteur d'eau critique h :…… 86
VIII.7.2.3. Exemple de calcul (BV 02 Dalot (B = 2m et H = 1.5 m)) :…….. 86
VIII.7.3. Dimensionnement des fossés :……87
VIII.7.3.1. Application au projet :…… 88
Chapitre IX : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR……92
IX.1. INTRODUCTION :……92
IX.2. ROLE D'UN ECHANGEUR :…….. 92
IX.3. LES ELEMENTS D'UN ECHANGEUR :…… 92
IX.3.1. Pont :…….. 92
IX.3.2. Carrefour plan :…….. 93
IX.3.3. Brettelle :…… 93
IX.4. TYPES D'ECHANGEUR :…….. 93
IX.4.1. Echangeur majeur :……93
IX.4.2. Echangeur mineur :……94
IX.5. LES REGLES DE CONCEPTION :…… 94
IX.6. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES BRETELLES :…….. 95
IX.6.1. Tracé en plan :…… 95
IX.6.1.1. Valeurs limites des rayons :……95
IX.6.1.2. Enchaînement des éléments du tracé en plan :…….. 95
IX.6.1.3. Raccordement progressive :……95

IX.6.1.4. Raccordement avec l'autoroute :…… 96
IX.6.1.5. Zones de décélération et d'accélération :…….. 96
IX.6.2. Profil en long :…… 97
IX.6.3. Profil en travers :…….. 98
IX.6.3.1. Pente transversale :…….. 98
IX.7. Visibilité :……. 98
IX.7.1. Visibilité sur l'entrée de l'autoroute :……... 98
IX.7.2. Visibilité sur la sortie de l'autoroute :…….. 99
IX.8. Application du projet :……. 100
IX.8.1. Choix du type de l'échangeur :……100
Chapitre X IMPACT SUR L'ENVIONNEMENT :…… 101
X.1. Introduction :…… 101
X.2. Etude d'impact sur l'environnement :……. 101
X.3. Objectifs de l'étude d'impact sur l'environnement :…… 101
X.4. Méthodologie de l'étude :……102
X.5. DESCRIPTION DE L'ETAT INITIALE DE LA ZONE D'ETUDE :…… 102
X.6. Analyse de l'état initial de la zone d'étude :……102
X.6.1. Données climatologiques :…….. 102
X.6.2. Le couvert végétal :……. 102
X.6.3. La faune :……. 103
X.7. IDENTIFICATION DES IMPACTS DE PROJET :……103
X.7.1. Impacts pendant la période de construction :…….. 103
X.7.2. Impacts durant la période d'exploitation :…… 104
X.8. MESURE D'ATTENUATION DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT :……... 104
X.8.1. Mesure prévue pendant la phase de construction :…….. 104
X.8.2. Mesure prévue pendant la phase d'exploitation :…… 105
X.9. CONCLUSION :……. 105
Chapitre XI : ETUDE DE SIGNALISATION ET ECLAIRAGE……. 106
XI.1. INTRODUCTION :……. 106
XI.2. OBJECTIF DE LA SIGNALISATION :…… 106
XI.3. EFFICACITE DE LA SIGNALISATION :……. 106
XI.4. CATEGORIES DE SIGNALISATION :……. 106
XI.5. REGLES A RESPECTER POUR LA SIGNALISATION :…… 107
XI.6. SIGNALISATION HORIZONTALE ET VERTICALE :……... 107
XI.6.1. Signalisation horizontale :…… 107
XI.6.1.1. Caractéristiques générales des marquages :……. 107
XI.6.2. Signalisation verticale :…… 108
XI.6.2.1. Signaux de danger :……. 109
XI.6.2.2. Signaux à simple indication :…….. 109

XI.7. Types des dispositifs de retenues :…….. 109
XI.7.1. Glissières de sécurité métalliques :…….. 109
XI.7.1.1. Choix du type de glissières de sécurité :…….. 109
XI.7.2. Séparateurs en Béton :…….. 110
XI.7.3. BALISE DE SIGNALISATION :…… 110
XI.8. APPLICATION AU PROJET :…… 111
XI.9. Eclairage :……. 112
XI.9.1. Introduction :…… 112
XI.9.2. Catégories d'éclairage :…… 112
XI.9.3. Paramètres d'implantation des luminaires :……..112
XI.9.4. Application au projet :…….. 112
Chapitre XII : DEVIS QUANTITAF ET ESTIMATIF :…….. 113
CONCLUSION GENERALE :…… 115

INTRODUCTION GENERALE :

Le secteur des travaux publics est en pleine mutation mais la demande mondiale d'aujourd'hui pousse la transformation vers une surexploitation. Pour survivre et même prospérer en tant que promoteur, propriétaire ou exploitant, pour cela l'Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics prévoit dans son programme l'élaboration des projets de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état des travaux publics.

L'objectif de ce projet de fin d'études (PFE), est de permettre aux ingénieurs supérieurs de compléter les connaissances théoriques acquises durant les cycles de formation en application dans un cadre d'ingénieur débutant les enseignements et les connaissances acquises durant leur cursus dans l'école.

Le présent sujet a été proposé par l'ADA (Algérienne des Autoroutes) en accord avec l'ENSTP qui nous a confié l'étude en APD d'un tronçon autoroutier sur 8 km de la pénétration Djen Djen -El-Eulma PK 102 +00 à PK 110+00avec conception d'un échangeur.

Ce mémoire comprend les chapitres suivants :

- ✓ Recherche bibliographique.
- ✓ Présentation du projet.
- ✓ Etude de trafic.
- ✓ Etude géométrique.
- ✓ Les cubatures.
- ✓ Etude géotechnique.
- ✓ Dimensionnement de corps de chaussée.
- ✓ Etude hydrologique et assainissement.
- ✓ Conception de l’échangeur.
- ✓ Etude d’impact sur l’environnement.
- ✓ Etude de signalisation et éclairage.
- ✓ Devis quantitatif et estimatif.

Et enfin la conclusion générale .

Chapitre I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE :

I.1. Introduction

Le secteur des travaux publics est en pleine mutation mais la demande mondiale d'aujourd'hui pousse la transformation vers une surexploitation. Pour survivre et même prospérer en tant que promoteur, propriétaire ou exploitant, tirez le meilleur partie la puissance du monde tout-numérique avec des constructions plus durables résiliant, efficace et humain.

I.2. Les techniques d'auscultation :

Les techniques d'auscultation des chaussées peuvent être regroupées en deux catégories, selon les types de relevés : manuels et automatisés. Les chaussées pavées doivent être auscultées par des relevés automatisés, alors que les chaussées gravelées peuvent être auscultées par des relevés d'inspection visuelle avec prise d'images manuelle et/ou automatisée.

L'identification de la ou des techniques à utiliser pour l'auscultation des chaussées doit tenir compte des facteurs suivants :

- Les coûts et l'efficacité de la technique
- Le type de chaussée
- Le degré de précision des résultats souhaités.

I.3. Le constat

Le revêtement routier est sensible à plusieurs agents agressifs.

Il se dégrade par :

- ✓ La circulation des véhicules ;
- ✓ Les UV qui vieillissent le bitume ;
- ✓ Les variations thermiques saisonnières ;
- ✓ Impact mécanique du trafic ;
- ✓ Inadaptation des matériaux constitutifs du corps de chaussée de par leur nature ou leur épaisseur.

Un revêtement altéré laisse entrer l'eau, modifie l'uni longitudinal, impacte-la macro texture de la couche de roulement.

Les dégradations de routes les plus couramment observées se classent en deux grandes familles :

- ✓ **Les dégradations structurelles** : apparaissent au sein de la structure de la chaussée ou de son support ; elles mettent en danger directement le patrimoine routier ;
- ✓ **Les dégradations superficielles** : ont leur origine dans la couche de surface de la chaussée et affectent d'abord ses qualités superficielles (sécurité et confort notamment).

I.4. Le diagnostic :

I.4.1. Mécanismes des modes de dégradations

Les dégradations sont les signes visibles du vieillissement de la chaussée. Interpréter ces signes renseigne sur les causes de cette dégradation. Le « **Catalogue des dégradations de surface des chaussées** » facilite la lecture de ces dégradations et aide à leur interprétation. Il fait partie d'une méthode élaborée par le laboratoire central des ponts et chaussées (LCPC) pour établir un diagnostic sur l'état d'une chaussée.

I.4.2. La typologie des dégradations est la suivante :

Les déformations :

- ✓ Ornières (déformation permanentes sous le passage des roues) ;
- ✓ Affaissements (en rive ou flashes hors rive) ;
- ✓ Gonfle (boursouflures ponctuelles du revêtement) .
- ✓ Bourrelets (renflement perpendiculaire à l'axe de la chaussée).
- ✓ Décalages de joint (dénivellation des lèvres d'une fissure) .
- ✓ Flambement (mise en compression d'un joint) .
- ✓ Tôles ondulées.

Les fissures :

- ✓ Transversales.
- ✓ Longitudinales.
- ✓ Les faïençages .
- ✓ Cassures d'angles.

Les arrachements :

- ✓ Nids de poules.
- ✓ Écaillages.

Les mouvements de matériaux :

- ✓ Ressuage ;
- ✓ Remonté de fines.

Exemples de dégradations de la chaussée :



Nid de poule | Nid de poule en formation

Faïençage | Affaissement de la tranchée

Figure I.1: Exemples de dégradations de la chaussée

I.5. Les causes :

L'ensemble du trafic participe à l'usure de surface de la chaussée. Le passage répété des millions de fois par les véhicules et plus particulièrement par les poids lourds polissent les agrégats de surfaces (diminution de l'adhérence de la chaussée) et arrachent des micro particules de la chaussée. De plus, par temps de pluie, l'eau peut se glisser dans les interstices entre agrégats et bitume et agir sous la pression des pneus (l'eau étant incompressible) comme un coin pour déchausser les agrégats.

Les UV contribuent à changer les caractéristiques du bitume. Le bitume devient plus dur sous l'effet des UV. Etant plus dur, le bitume devient plus cassant, favorisant l'apparition de fissures.

Les variations thermiques saisonnières provoquent alternativement dilatation et retrait. Les variations diurnes et nocturnes ont la même action. Cela impacte la viabilité de la chaussée et à la longue contribuent aux déformations de chaussées.

Le trafic des poids lourds engendre une sollicitation de la structure par fatigue. L'impact mécanique du passage des poids lourds est primordial par rapport aux véhicules dit légers (13 tonnes maximum par essieu pour les poids lourds, une remorque de poids lourds pouvant comporter 3 essieux et le tracteur autant, contre 2 essieux de 1 tonne environ chacun pour un véhicule léger).

Lorsque la nature des matériaux constitutifs du corps de chaussée est inadaptée et ou lorsque ces matériaux sont mis en œuvre dans des épaisseurs insuffisantes, l'ensemble des agressions que subit une route va causer des dégradations dans des délais beaucoup plus courts.

I.6. Durée de vie d'une chaussée

La méthode de dimensionnement française précise que :

- ✓ La durée de vie est une notion difficilement définissable et peu opératoire ;
- ✓ C'est un risque de calcul de X % sur une période de *N années*, pris pour le dimensionnement de la chaussée.

I.7. Techniques d'entretien

Le gestionnaire des chaussées, lorsqu'il se trouve confronté au problème de la programmation des travaux de renforcement, fait appel à des indicateurs liés au comportement structurel.

Plusieurs types d'indicateurs peuvent être utilisés :

- ✓ Les indicateurs techniques (ex : IQRN, Image qualité du réseau routier national) ;
- ✓ Les indicateurs en fonction du temps ;
- ✓ Les indicateurs économiques liés aux coûts des interventions.

Chapitre II : Présentation du projet :

II.1.Introduction :

La liaison autoroutière reliant le port de Djen Djen à Eulma s'inscrit dans l'une des orientations importantes du plan national d'aménagement du territoire qui retient des efforts importants visant le développement des hauts plateaux et des villes côtières.

Elle constituerait une infrastructure moderne capable de répondre aux nouvelles demandes de transport et de faciliter les échanges entre le port de DJENDJEN et les régions des hauts plateaux et autres régions couvertes par l'autoroute est-ouest traversant toute l'Algérie parallèlement à la côte méditerranéenne.



Figure I.2 Zone d'influence du port de Djen Djen.

Cette pénétration (DJENDJEN-EULMA) reliant le port de Djen Djen à l'autoroute est-ouest traversant les wilayas de Jijel, Mila et Sétif sur, respectivement, 40 km, 10 km et 50 km.

.

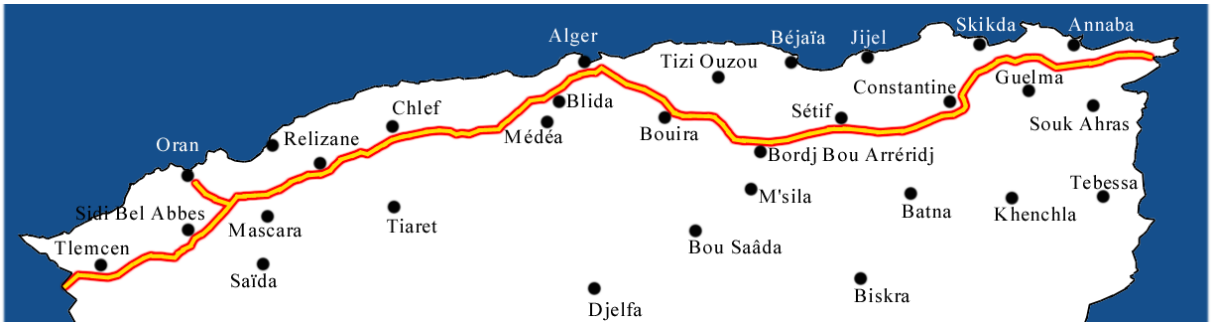


Figure II.1 l'autoroute Est-Ouest

II.2.Situation géographique du projet :

Le port de Djen Djen à l'autoroute Est-Ouest est relié par un axe stratégique et économique. Cet axe traverse Jijel, Mila et Sétif sur, respectivement 40 km, 10 km et 60 km, sur un linéaire total de 110 KM.

Le projet que nous allons élaborer consiste à faire l'étude d'un tronçon qui commence au PK 102 et se termine au PK110 (autoroute Est-Ouest), avec un linéaire total de 8km.



Figure II.2 Image satellite de l'espace de travail

II.3.Emplacement du projet

L'itinéraire de notre projet traverse un terrain accidenté et montagneux et un autre tronçon ou une autre section.

Le terrain est relativement plat.

L'itinéraire commence dans l'urbanisation de Benifoda et progresse vers la ville d'El-Eulma.

Traverser la zone urbanisée de Mtat Oued Laatache.

Traverser l'Oued El Hanoute (affluent de l'Oued Laateche), l'Oued Laateche et l'Oued Barda.

Traverser les routes nationales RN 77, les wilayas CW 113 .



Figure II.3: localisation du projet

II.4.Topographie de la zone d'étude :

L'autoroute qui fait l'objet de cette étude est l'une des routes les plus stratégiques et économiques du réseau national.

- L'itinéraire traverse un terrain montagneux accidenté et une autre partie où la morphologie du terrain est relativement plate.

Donc notre route est de :

- Catégorie 1 (C1)
- Environnement 2 (E2)
- Ou bien catégorie L2 (selon l'ictaal)

II.5.Les objectifs principaux de l'étude :

Notre projet vise à :

- Création d'une nouvelle route vers le sud, pour se connecter à l'autoroute Est-Ouest, à la Transsaharienne et aux pays africains voisins.
- Soulager les autres ports algériens.
- Accélérer le développement économique des wilayas de Jijel, Mila et Sétif.
- Augmenter la sécurité des transports.
- Augmenter le gain de temps pour les usagers.
- Contribuer à un développement équilibré et rationnel du territoire.
- Créer un nouvel espace socio-économique rentable et attractif pour l'investissement, qu'ils soient commerciaux, industriels ou touristiques.
- Répondre à la demande de trafic et aux besoins de transport et décongestionner les routes de la zone du projet.

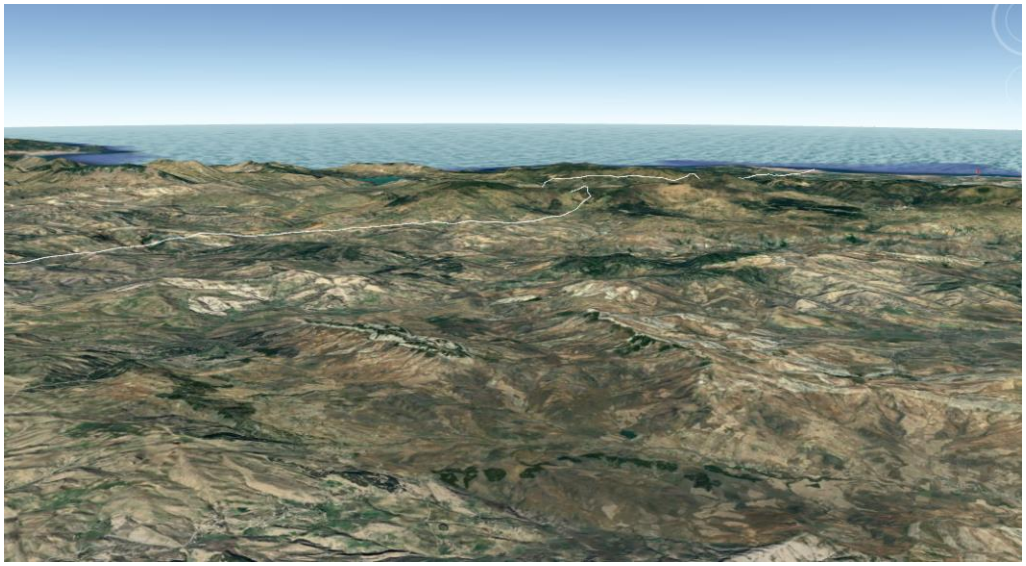


Figure II.4: Image satellitaire 3D de la zone d'étude.

Chapitre III : Etude de Trafic

III.1. Introduction

Les études de trafic sont un élément fondamental de toute réflexion sur le développement des infrastructures de transport, du simple traitement d'un carrefour à une liaison autoroutière majeure. Elles constituent une approche essentielle pour la conception, l'entretien et l'exploitation des réseaux routiers.

L'étude de trafic est une approche essentielle dans la conception des réseaux routiers. Cette conception est basée sur des prévisions de trafic sur les réseaux routiers nécessaires pour définir les caractéristiques techniques des différentes tranches de la route :

- Définir les caractéristiques techniques des différentes tranches de la route :
  - ✓ Choix du tracé et position des échangeurs.
  - ✓ Dimensionnement des chaussées.
  - ✓ Géométrie des carrefours.
- Estimer les coûts d'entretien du réseau routier et les coûts d'exploitation des Véhicules.
- Apprécier la valeur économique des projets routiers.

III.2. L'évaluation du trafic :

Cette évaluation est réalisée généralement par les procédés suivants :

✓ **Les comptages** :

C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, dont il existe deux types de comptages, à savoir :

- Le comptage manuel.
- Le comptage automatique.

✓ **Les enquêtes** : Elles permettent d'obtenir des renseignements qualificatifs.

III.3. Analyse du trafic :

Afin de connaître le volume et la nature du trafic en un point et à un moment donné, il est nécessaire de procéder à un comptage. Cela nécessite une logistique et une organisation adéquates.

Les analyses de trafic sur les différentes artères du réseau routier sont nécessaires pour l'élaboration des plans de développement ou de transformation de l'infrastructure, la détermination des dimensions à donner aux routes et l'appréciation de l'utilité des ouvrages projetés. Les éléments de ces analyses sont multiples :

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

III.4. Calcul de la capacité :

La capacité est le flux maximal de véhicules qui peuvent passer chaque heure dans l'une (ou les deux) directions de la route pendant la période spécifiée. La capacité est exprimée en termes de taux horaire.

La capacité dépend :

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

III.4.1.Projection Future Du Trafic :

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

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

Avec :

- ✓ $TJMA_h$: Le trafic à l'année horizon
- ✓ $TJMA_0$: Le trafic à l'année de référence.
- ✓ n : Nombre d'année.
- ✓ τ : Taux d'accroissement du trafic (%).

III.4.2.Calcul Du Trafic Effectif :

Il s'agit du trafic traduit en unités de véhicule de tourisme (UVP), en fonction du type de route et de l'environnement.

A cet effet, des coefficients d'équivalence sont utilisés pour convertir les poids lourds en (UVP).

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

$$Teff = [(1 - Z) + PZ]\, TJMA_h$$

Avec :

- ✓ Tef: Trafic effectif à l'année horizon en(uvp).
- ✓ Z : Pourcentage des poids lourds.
- ✓ P : Coefficient d'équivalence des poids lourds

Tableau III.1:Coefficient d'équivalence « P » (norme B40) [1]

Environnement	E1	E2	E3
Route a bonne caractéristique	2 -3	4 - 6	8 -12
Route étroite, ou à visibilité réduite	3 - 6	6 -12	16 -24

III.4.3.Débit de pointe horaire normale :

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic réel à l'horizon, il et exprimé en unités de véhicules de tourisme (uvp) et donné par la formule suivante :

$$Q = \frac{1}{n} Tef$$

Tel que:

- ✓ Q: débit de pointe horaire .
- ✓ n: nombre d'heure, (en général: n=8 heures).
- ✓ Tef: Trafic effectif.

III.4.4.Débit Horaire Admissible :

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

$$Q_{adm} = k_1 k_2 c_{th}$$

Tel que :

- ✓ k_1: Coefficient lié à l'environnement (voir Tableau …)
- ✓ k_2 : Coefficient de réduction de capacité (Voir Tableau …)
- ✓ c_{th} : Capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Tableau III.2: Coefficient « K1 » (norme B40) [1]

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau III.3: Coefficient « K2 » (norme B40) [1]

	Catégorie de la route				
Environnement	01	02	03	04	05
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau III.4 :Valeur de la capacité théorique (norme B40) [1]

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

III.4.5.Détermination du Nombre Des Voies :

- **Cas d'une chaussée à double sens** : On compare Q à Q_{adm} et on adopte le profil qui correspondant à la valeur de Q_{adm} la plus proche de Q.
- **Cas d'une chaussée unidirectionnelle** : le nombre de voies à retenir par chaussée

Le nombre de voies à retenir par chaussée est le nombre le plus proche du rapport **S.Q**/Q_{adm}

Avec :

- ✓ $\boldsymbol{Q_{adm}}$: débit admissible par voie
- ✓ **S** : Coefficient de dissymétrie, en général égale à 2/3

III.5. Application du projet :

III.5.1.Les données du trafic :

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

- ✓ Le trafic journalier moyen annuel {l'année 2015, TJMA2015 = 11360v/j}.
- ✓ Année de mise en service : 2025.
- ✓ L'environnement : E2, catégorie C1.
- ✓ Le pourcentage des poids lourds : Z = 20%.
- ✓ Taux de croissance annuelle de trafic : $\tau = 4\%$.
- ✓ La durée de vie : 20ans.

III.5.2.Calcul de TJMA à l'année horizon :

On a:

$TJMA_0 = TJMA_{2015}$ = **11360 v/j .**

$TJMA_n = (1+\tau)^n \times TJMA_{2015}$.

TJMA2025 = $(1 + 0.04)^{10} \times 11360$ = **16815 v/j.**

$TJMA_{2025}$ = **16815 v/j**

TJMA2045 = TJMA $2025(1 + \tau)^{20} = 16815\ (1 + 0.04)^{20}$ = **36843 v/j**

$TJMA_{2045}$ = **36843 v/j**

III.5.3.Calcul des trafics effectifs :

$$Teff = [(1 - Z) + PZ]\, TJMA_{\,h}$$

Pour notre projet l'environnement est E2 (terrain vallonné), donc et d'après le tableau du coefficient d'équivalence, on a P=4 :

Teff = [(1 − Z) + PZ] TJMA2025 = [(1−0.2) +4×0.2] × 16815 = **26904 uvp /j** .

Teff 2025 = **26904 uvp/j**

Teff = [(1 − Z) + PZ] TJMA2045= [(1−0.2) +4×0.2] × 36843 = **58950 uvp/j**

$\boldsymbol{Teff_{2045}}$ **= 58950 uvp/j**

III.5.4.Débit de pointe horaire normale:

Q = $\frac{1}{n}$ Teff

Q_{2025} = 0.12 × 26904 = **3228 uvp /h**

Q_{2025} = 3228 uvp /h

Q_{2045} =0.12× 103788 = **7074 uvp /h**

Q_{2045}= 7074 uvp /h

III.5.4.1. Calcul de la capacité théorique :

$Q < Q_{adm} = K1\ K2\ C_{th}$

$C_{th} > Q / K1\ K2$

D'après le B40 : K1= 0.85 et K2 = 0.99

$C_{th} > 7074 / 0.85 \times 0.99 = 8406$ uvp/ h .

C_{th} = 8406 uvp/h

III.5.4.2. Calcul de débit admissible :

$Q_{adm} = K1.K2\ C_{th}$

A partir du tableau de B40 : C_{th} = **1800 uvp/h**

$Q_{adm} = 0.85 \times 0.99 \times 1800 =$ **1515 uvp/h/voie**.

.

Q_{adm}= 1515 uvp/h/voie

III.5.4.3. Détermination de nombre de voie :

$N = S \frac{Q}{Q_{adm}}$; avec S = 2/3

N= (2/3) (7074/1515) = 3.1

Donc : **N= 3voies/sens**

Calcul de l'année de saturation de(2×3 voies) :

On a :

$$Q_{saturation} = 6 \times Q_{adm}$$

Tel que :

$$Q_{adm} = \textbf{1515 uvp/h}$$

donc :

$Q_{saturation} = 6 \times 1515 =$ **9090uvp/h**.

$Q_{saturation}$ = 9090 uvp / h

D'autre part :

$$\text{Q saturation} = (1 + \tau)^n \times Q_{2025}$$

Tel que :

$$Q_{2025} = \textbf{3228 uvp/h}$$

Alors :

$$(1 + \tau)^n \times Q_{2025} = \times Q_{sat}$$

$$n = \frac{\ln(\frac{Q_{sat}}{Q_{2025}})}{\ln(1+\tau)}$$

$$n = \frac{\ln(\frac{9090}{3228})}{\ln(1+0.04)} = 26 \text{ ans}$$

n = 26 ans

2025 +26 = 2051

D'où la route sera saturée 26 ans après la mise en service donc l'année de saturation est **2051**

Tableau III.5 : Les résultats de calcul.

TJMA2015 (v/j)	TJMA2025 (v/j)	TJMA2045 (v/j)	Teff 2045 (uvp/j)	Q2045 (uvp/h)	Qadm (uvp/h)	N (voies)	Année de saturation
11360	16815	36843	58950	7074	1515	3	2051

Chapitre IV Etude géométrique :

Introduction :

La qualification géométrique d'une route peut être définie comme l'ensemble des éléments à satisfaire pour que la liaison routière soit sûre, efficace et confortable. La géométrie de la route est un concept qui doit donner une forme précise (géométrique), à une nécessité économique en prenant en compte les multiples facteurs humains (capacités physiques et psychologiques des conducteurs, champ de vision, temps de réaction, perception des perspectives, etc.)

La surface de roulement d'une route est une conception de l'espace, géométriquement définie par trois groupes d'éléments qui sont :

- ✓ Tracé de son axe en situation ou en plan.
- ✓ Profil en long.
- ✓ Profil en travers.

IV.1. TRACE EN PLAN :

IV.1.1.1. Introduction

Le tracé est la représentation sur un plan horizontal de l'axe de la route, ce plan d'une route est composé d'une succession de courbes et d'alignements droits séparés ou non par des liaisons progressives. Il a pour objectif d'assurer de bonnes conditions de sécurité et de confort tout en s'intégrant au mieux dans la topographie du site.

Règles à respecter dans le tracé en plan :

- ✓ Chercher le plus court chemin du point de vue technique et du point de vue économique.
- ✓ Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- ✓ Eviter au maximum les propriétés privées.
- ✓ Le raccordement de nouveau tracé au réseau existant.

IV.1.1.2. Les éléments du tracé en plan :

L'axe du tracé est constitué d'une succession d'alignements, et de liaisons entre ces alignements et des arcs de cercles comme le montre la figure ci-dessous.

Un tracé en plan est constitué de trois éléments :

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

IV.1.1.3. Les droites (alignements) :

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.

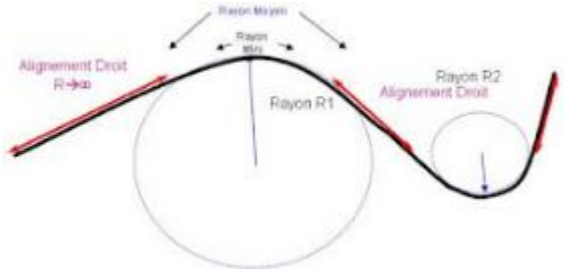


Figure IV.1: Schématisation d'un segment de tracé en plan

Une longueur minimale d'alignement **L**min devra séparer deux courbes circulaires de même sens à la vitesse maximale permise par le plus petit rayon de deux arcs de cercle.

Remarque :

La longueur minimale des alignements droits peut ne pas être respectée quelques fois en raison de la nature difficile du terrain naturel.

IV.1.1.4. Arc de cercles

Les éléments qui sont interviennent pour limiter les courbures sont :

- ✓ Stabilité des véhicules en courbe.
- ✓ Visibilité en courbe.
- ✓ Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

IV.1.1.5. Stabilité des véhicules en courbe :

Dans un virage de rayon R, le véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du système. Afin de réduire l'effet de cette force, on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur de la courbe (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite dévers exprimée par sa tangente.

- ✓ d (dévers) : Ne doit pas être trop grand (risque de glissement à faible vitesse par temps pluvieux ou verglas).
- ✓ d : Ne doit pas être trop faible pour assurer un bon écoulement des eaux. Pour chaque vitesse VB on définit une série de couple **(R, d) .**

Tableau VI.2: Paramètres fondamentaux de trace en plan. ICTAAL

Paramètres	**Symbole**	**Valeurs**
Vitesse de base	VB	110
Rayon minimal (m)	Rm	400
Rayon non déversé Rnd	Rnd (m)	650
Rayon minimal sans courbe de transition	1.5 Rnd (m)	975

IV.1.1.6. Courbes de raccordement progressives :

Le raccordement d'un alignement droit à une courbe circulaire doit se faire par des courbes progressives permettant l'introduction de la pente et la condition de confort et de sécurité.

L'utilisation et les rôles des courbes de raccordement sont justifiés par les quatre conditions suivantes :

- ✓ La stabilité transversale de véhicule.
- ✓ Le confort des passagers.
- ✓ La transition de la chaussée.
- ✓ Le tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

IV.1.1.7. Description du tracé :

Le tracé global de ce projet sera mené sur une distance de 8 Km . Le tracé retenu passe à proximité des localités de, Oued laatache, et ensuite par machtat Rouabah , après il franchit machtat Gnattar pour être définitivement relié à l'échangeur de l'autoroute Est-Ouest au niveau d'ElEulma .

IV.1.1.8. Nature des terrains traverses par le projet :

- ✓ Terrains vallonnés.
- ✓ Des reliefs très accusé.
- ✓ Agglomérations à faible densité.
- ✓ Zones montagneuses.

IV.1.1.9. Les principaux axes routiers croisés :

- ✓ RN 77 au PK 106+150
- ✓ Chemin communal au PK 107+625 et PK104+800

IV.1.1.10. Les oueds traversés par le projet :

- ✓ OUED Laateche (PK 103+125).
- ✓ OUED Barda (PK 104+850).



Figure IV.2: L'axe de l'autoroute traverse un relief peu vallonné.

Règle à respecter dans les raccordements:

- ✓ Les courbes de rayon inférieur à 1,5 Rnd ne peuvent être raccordées avec les alignements progressivement (clothoïde).
- ✓ Il faut que la longueur de clothoïde soit au moins égale au: MAX :{14|$\Delta\delta$| et R/9}. (l'ICTAAL 2000) [8].

Où :

- ➢ R (m) le rayon de courbure.
- ➢ $\Delta\delta$ (%) la différence des pentes transversales des éléments du tracé raccordés.

IV.1.1.11. EXPRESSION MATHEMATIQUE DE LA CLOTHOÏDE. :

Courbure K linéairement proportionnellement à la longueur curviligne.

LR = CLK = $\frac{1}{R}$ $\longrightarrow$ L.R = $\frac{1}{C}$ $\longrightarrow$ $\frac{1}{R}$ = C .L

On pose : $\frac{1}{C} = A^2$

L'équation fondamentale :

$$L.R = A^2$$

IV.1.1.12. Les éléments de la clothoïde :

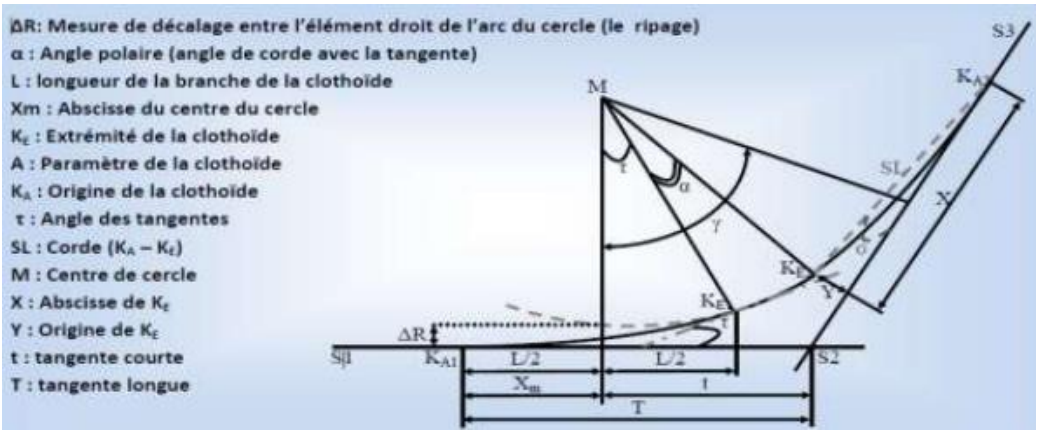


Figure IV.3: Eléments géométriques de la Clothoïde.

IV.1.1.13. Exemple de calcul manuel d'axe de la trace en plan :

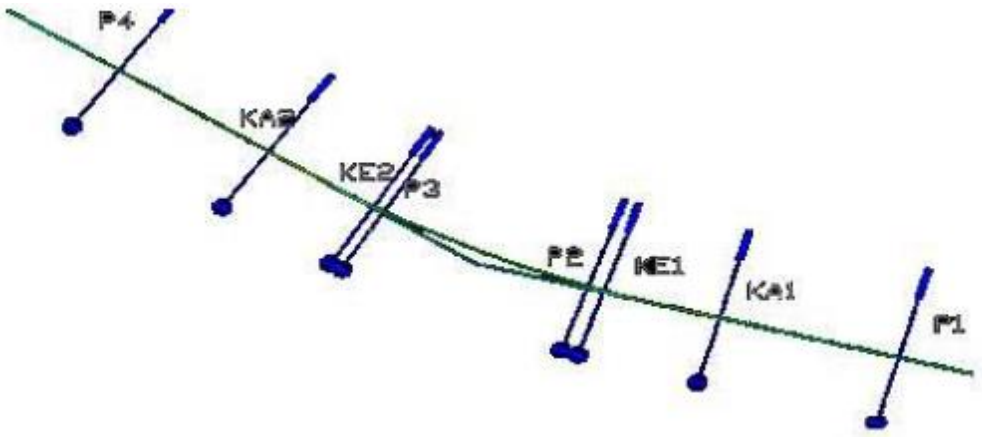


Figure IV.4: schématisation d'un tracé en plan avec raccordement.

Pour illustrer notre travail de calcul d'axe, il nous semble qu'il est intéressant de détailler au moins un calcul d'une liaison de notre axe. La liaison que l'on a choisie se situe à la fin de notre projet.

On a :

Rayon = 650 m < Rhnd et VB = 110 km/h (Raccordement avec Clothoïde).

Les coordonnées des sommets et le rayon utilisé sont comme suit :

Tableau IV.4: Les données de l'axe à calculer

Point	X	Y
P1	740048.229	4008262.279
P2	739978.864	4008290.690
P3	739907.628	4008314.150
P4	739646.358	4008399.958

Calcul des gisements :

$\boldsymbol{G1_1^2}$ **= 400 -** $\boldsymbol{\alpha}$

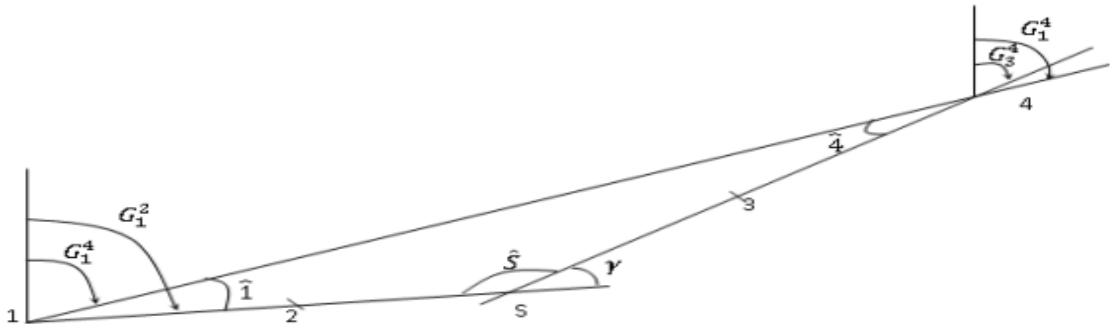


Figure IV.5: Schématisation des gisements.

ΔX_1^2 = Xp_2 - Xp_1 = 739978.864 - 740048.229 = **-69.365 m**

ΔY_1^2 = $Yp_2 - Yp_1$ = 4008290.690 - 4008262.279 = **27.721 m**

G_1^2 = 400 - arctg $(\frac{|\Delta x|}{|\Delta y|})$ = 400 - arctg $(\frac{|\ -69.365\ |}{|\ 27.721|})$ = **324.204 gr**

$\boldsymbol{G_1^2}$ **= 324.204 gr**

ΔX_1^4 = $Xp_4 – Xp_1$ = 739646.358 - 740048.229 = **- 401.871 m**

ΔY_1^4 = $Yp_4 – Yp_1$ = 4008399.958 - 4008262.279 = **137.679 m**

G_1^4 = 400-arctg $\left(\frac{|\Delta x|}{|\Delta y|}\right)$ = 400-arctg $\left(\frac{|\ -401.871\ |}{|\ 137.679|}\right)$ = **321.012 gr**

G_1^4 = 321.012 gr

ΔX_3^4 = Xp4 – Xp3 = 739646.358 - 739907.628 = **-261.27 m**

ΔY_3^4 = Yp4 – Yp3 = 4008399.958 - 4008314.150 = **85.808 m**

G_3^4 = 400-arctg $\left(\frac{|\Delta x|}{|\Delta y|}\right)$ = 400-arctg $\left(\frac{|\ 261.27\ |}{|\ 85.808\ |}\right)$ = **320.201 gr**

G_3^4 = 320.201 gr

Calcul des angles au sommet :

Angle $\hat{s}1$ = G_1^4 - G_1^2 = 324.204 - 321.012 = **3.192 gr**

Angle $\hat{s}_4$ = G_3^4 - G_1^4 = 320.201 - 321.012 **= 0.811 gr**

Angle *s* = 200 – 3.192-0.811 **= 195.99 gr**

Angle *s* = 195.99 gr

Calcul des distances :

$\overline{1-4}$=$\sqrt{(X4-X1)^2 + (Y4-Y1)^2}$ = **424.801 m**

$\overline{1-s}$ = $\frac{\overline{1-4}\ .\sin s4}{\sin s}$ = **85.968 m**

$\overline{1-s}$ = 85.968 m

Calcul des coordonnées :

Sommet S :

$X_s = X_1 + .\sin G_3^5$

Xs = X1 + $\overline{1-s} \times \sin G_1^s$ = 740048.229 + 85.968 × sin 324.204 = **739968.3998 m**

Ys = Y1 + $\overline{1-s} \times \cos G_1^s$ = 4008262.279 + 85.968 × cos 324.204 = **4008294.182 m**

Xs = **739968.3998 m**

Ys =**4008294.182 m**

Point de tangence K_{A1} :

T =X_m+ t = X_m +(R+Δ R).tg $\frac{y}{2}$

avec : γ = G_1^2- G_3^4 = 200 - Angle ***s*** = 200 - 195.99 = **4.01.**

Dans le cas de l'exemple : **A = 217 m** et **R = 650 m**

L = $\frac{A^2}{R}$ = $\frac{217^2}{650}$ = **72.44 m**

$\frac{L}{R} = \frac{72.44}{650}$ = **0.1114**

On a :

Δ R = **0.2766**

X_m = **36.297 m**

T = 36.297+ (650+0.2766).tg $\frac{4.01}{2}$ = **56.784 m**

T = 56.784 m

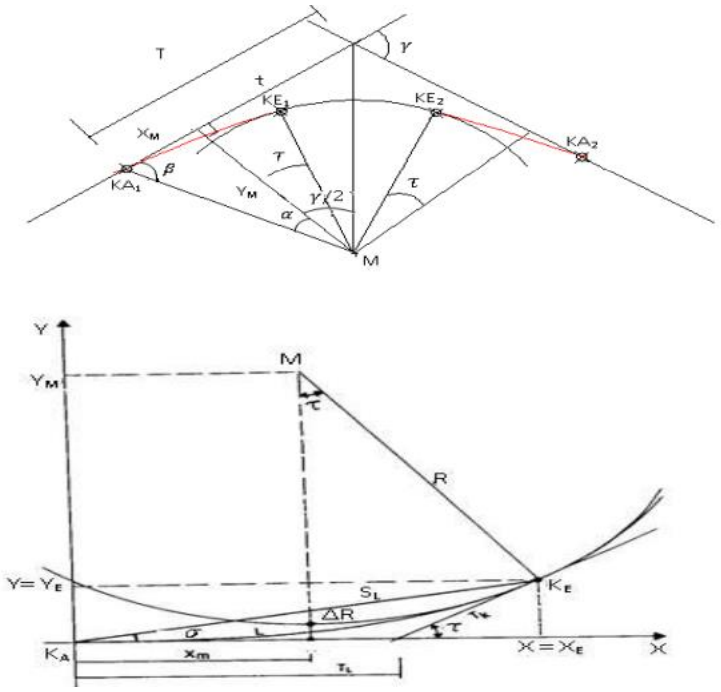


Figure IV.6: Eléments géométriques du raccordement.

G_S^{KA1} = 400 - G_1^s = 200 – 75.769 = **124.204 gr.**

X_{KA1} = Xs + T sinG_S^{KA1} = 739968.3998 + 56.784 sin 124.204 = **740021.129 m**

Y_{KA1} = Ys + T sinG_S^{KA1} = 4008294.182+ 56.784 sin 124.204 = **4008346.911 m**

X_{KA1} = 740021.129 m

Y_{KA1} = 4008346.911 m

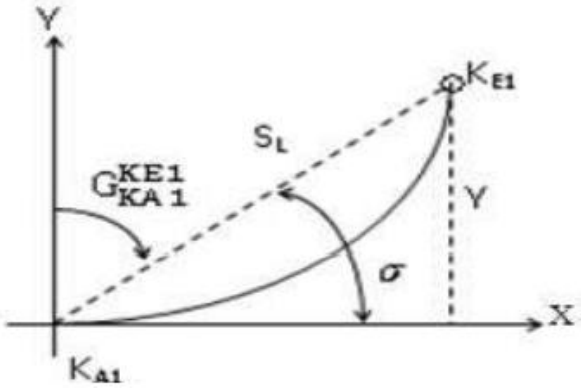


Figure IV.7: Eléments de la clothoide-méthode coordonnées polaires.

Point de tangence K_{E1} :

On utilise les formules mathématiques suivantes :

$S_L = L - \frac{L^5}{90\ A^4} - \frac{L^9}{22680\ A^8} =$ **72.43**

$\sigma = \frac{L^2}{6\ A^2} - \frac{L^6}{2835\ A^6} - \frac{L^{10}}{467775\ A^{10}}$ = **0.00025**

G_{KE1}^{KA1} = 75.769 – 0.00025 = **75.768 gr**

$X_{KE1} = X_{KA1} + S_L \sin G_{KE1}^{KA1}$ = 740021.129 + 72.43 sin 75.768 = **740088.3751 m**

$Y_{KE1} = Y_{KA1} + S_L \sin G_{KE1}^{KA1}$ = 4008346.911 +72.43 sin 75.768 = **4008414.157 m**

Centre de cercle :

tg $\sigma = \frac{Xm}{R+\Delta R} = \frac{36.297}{650+0.2766}$ = **0.056** Donc $\sigma = tan^{-1}$ 0.056 = **3.56 gr**

B = 100 – σ = **96.44 gr**

$G_{KE1}^{M} = G_{KE1}^{S}$ – B = 400 + 75.769 - 96.44 = **379.329 gr**

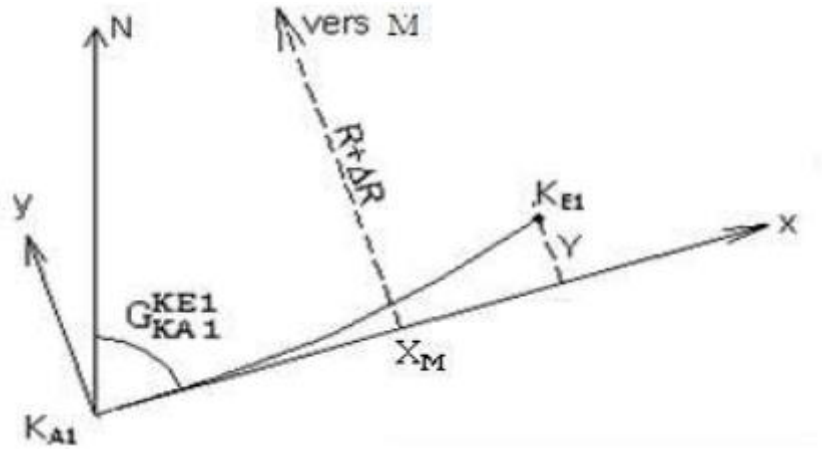


Figure IV.8: Eléments de la clothoide-méthode coordonnées centre de cercle.

$\overline{K_{A1} - \mathrm{M}} = \sqrt{(X_m^2 + R + \Delta R)} =$ **652.36 m**

$X_M = X_{KA1} + \overline{K_{A1} - \mathrm{M}} \sin G_{KM}^{KA1}$ = 740021.129 + 652.36 sin (400 - 379.329) = **740229.2474 m**

$Y_M = Y_{KA1} + \overline{K_{A1} - \mathrm{M}} \cos G_{KM}^{KA1}$ = 4008346.911 + 652.36 cos (400 - 379.329) =**4008965.183m**

X_M =740229.2474 m

Y_M = 4008965.183 m

Point de tangence K_{E2} et K_{A2} :

XK_{A2} = Xs + T sin G_3^4 = 739968.3998 + 56.784 sin 320.201 = **739914.4507 m**

YK_{A2} = Ys + T cos G_3^4 = 4008294.182 +56.784 cos 320.201 = **4008311.9 m**

XK_{A2} = 739914.4507 m

YK_{A2} = 4008311.9 m

G_{KA2}^{KE2} **= 58.251 gr**

$XK_{E2} = K_{A2}$ + SL sin G_{KA2}^{KE2} = 739914.4507 + 72.43 sin 58.251 = **739971.8562 m**

YK_{E2} = YK_{A2} + SL cos G_{KA2}^{KE2} = 4008311.9 + 72.43 cos 58.251 = **4008356.067 m**

XK_{E2}= 739971.8562 m

YK_{E2} = 4008356.067 m

Tableau IV.5: Kilométrage des points particuliers.

Points	PK
K_{A1}	6+025
K_{E1}	6+275
K_{A2}	6+650
K_{E2}	6+450

D'après le calcul manuel donc on trouve presque les mêmes résultats trouvés par le logiciel COVADIS.

IV.2. PROFIL EN TRAVERS :

IV.2.1.1. Introduction :

Le profil en travers d'une route est la section perpendiculaire à l'axe de la route par un plan vertical. Elle définit notamment la largeur et le dévers des chaussées et les zones non roulables de l'autoroute (terre-plein central, bandes de dérapage).

Tableau IV.6: caractéristique géométrique du profile en travers ICTAAL 2000

Nombre de voies de chaque chaussée	**(2...4)**
Largeur de voie	L(m) 3.5
Dévers minimum	d (%) 2.5
Dévers maximum	d(%) 7

IV.2.1.2. Types de profils en travers :

- ✓ **Profil en travers type (profil normal) :**

Contenant toutes les dimensions et tous les détails constructif (largeur des voies, chaussées, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux, etc. …).

- ✓ **Les profils en travers particuliers (courants) :**

ce sont des pièces de base dessinées dans les projets à une distance régulière (10, 15, 20,25 m…). Ils sont levés perpendiculairement à l'axe de la route et dessinés à l'échelle 1/100 ou 1/200 ; ils ne contiennent généralement comme indications chiffrées que l'altitude du terrain et celle de la chaussée finie, dans l'axe de la route. Ils servent à calculer les cubatures.

IV.2.1.3. Les éléments du profil en travers

Chaussée :

C'est la partie de la route affectée à la circulation des véhicules. Elle doit être revêtue ou non revêtue ou en béton et elle peut être bidirectionnel ou unidirectionnel.

La route peut être à chaussée unique ou à chaussée séparées par un terre-plein central.

Le terre-plein central :

C’est un séparateur central entre les voies de circulation généralement de sens contraires.

Il est constitué de : deux bandes dérasées de gauche et une bande médiane.

La bande dérasée gauche BDG :

Elle est une partie de l'accotement d'une route qui a été stabilisée pour supporter la charge d'un véhicule. Il contribue au respect des règles de visibilité dans les virages à gauche.

La bande moyenne :

Elle est utilisée pour séparer physiquement les deux sens de circulation et pour installer certains équipements (barrières de sécurité, supports de signalisation, structures de collecte et de drainage des eaux).

Accotements :

Les zones latérales de la plate-forme qui bordent la chaussée, elles peuvent être rasées ou surélevées.

Ils comportent généralement les éléments suivants :

- Une bande de guidage.
- Une bande d’arrêt.
- Une berme extérieure.

La bande d’arrêt d’urgence BAU :

Partie de l’accotement, facilite l'arrêt d'urgence hors route d'un véhicule, la récupération d'un véhicule déviant de sa trajectoire.

La berme :

Il intervient dans les dégagements visuels et soutient les équipements : barrières de sécurité, signalisation verticale, etc.

IV.2.1.4. Notion de dévers :

Le dévers est la pente transversale de la chaussée qui joue le double rôle de:

- ✓ L'évacuation des eaux superficielle de la chaussée vers les dispositifs de drainage latéraux de la plate-forme.
- ✓ La contribution à l'équilibre dynamique des véhicules dans les courbes de rayons faibles afin d'assurer la sécurité en circulation et le confort.

D'après les recommandations de l'ICTAAL2000, on a :

IV.2.1.5. Dévers 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 là 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 % qui peut être portée jusqu'à 25 % dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement.

IV.2.1.6. Dévers 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 %.

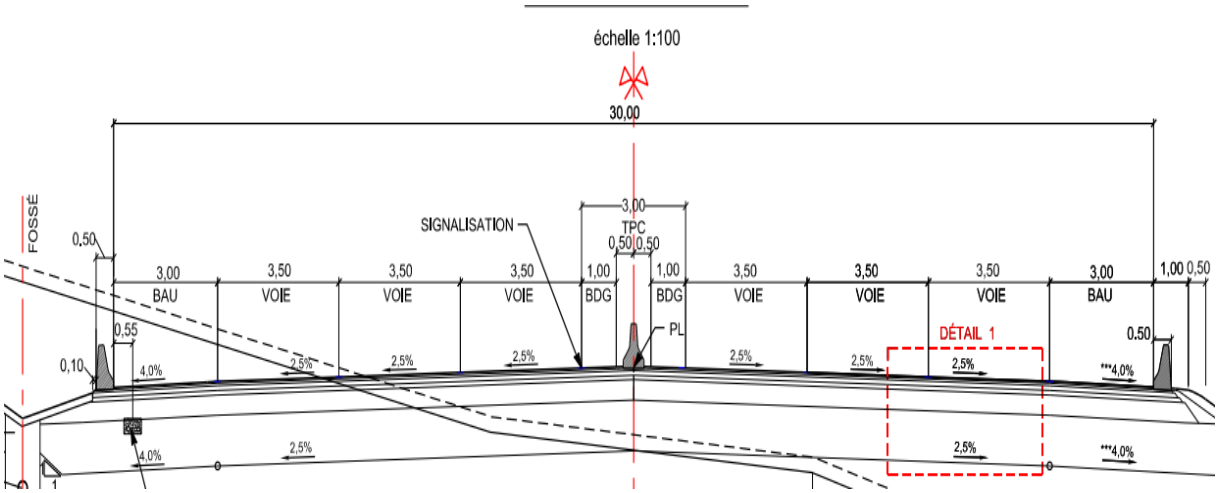


Figure IV.9: Eléments de profil en travers type

IV.2.1.7. PROFIL EN TRAVERS TYPE DU PROJET :

Tableau IV.7: Profil en travers type proposé.

Description	Largeur (m)	Nombre	Largeur totale(m)
Voie de circulation 2x3	3.5	6	21
Terre-plein central (T.P.C)	3	1	3
Bande dérasée de gauche (B.D.G)	1	2	2
Bande médiane (B.M)	1	1	1
Accotement	4	2	8
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	3	2	6
La berme	1	2	2
La largeur totale de la plate-forme 32 m.			
Dévers en section droite			
Chaussée	2,5 % vers l'extérieur		
Bande dérasée de gauche (B.D.G)	Identique à celle de la chaussée.		
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	4% vers l'extérieur		
Berme extérieure	8% vers l'extérieur		
Dévers en courbe			
Chaussée	7 % (maximum)		
Bande dérasée de gauche (B.D.G)	Identique à celle de la chaussée		
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	Identique à celle de la chaussée		

IV.3. PROFIL EN LONG :

IV.3.1. Introduction :

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain, suivant le plan vertical passant par l'axe du tracé. Il est généralement constitué d'une succession de lignes droites reliées par des courbes circulaires.

Pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

- ✓ L'altitude du terrain naturel.
- ✓ L'altitude du projet.
- ✓ La déclivité du projet.

IV.3.2. Règles à respecter dans le profil en long :

- ✓ Adaptation au relief et à l'environnement.
- ✓ Éviter les angles entrants en déblai.
- ✓ Suivre le terrain naturel afin d'optimiser les mouvements de matériaux.
- ✓ Rechercher un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des déblais dans la partie de tracé neuve.
- ✓ Éviter une hauteur excessive en remblai.
- ✓ Adaptation aux réseaux divers (gazoducs, réseaux d'alimentation en eau et d'assainissement, lignes électriques...).
- ✓ Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

IV.4. Les éléments géométriques du profil en long :

- ✓ Lignes droites (déclivités).
- ✓ Arcs de cercle tangents aux droites, constituant les raccordements verticaux (convexes et concaves).
- ✓ Les droites ascendantes dans le sens du kilométrage sont appelées « Rampes », les descendantes « Pentes ».

IV.5. Déclivité :

La Déclivité est la pente d'une route est la tangente de l'angle que fait le profil longitudinal avec l'horizontale.

IV.5.1.1. Déclivité minimale :

Pour assurer l'évacuation des eaux pluviales, la seule pente transversale de la chaussée ne suffit pas, il faut aussi que l'eau accumulée latéralement soit évacuée longitudinalement avec facilité par des fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante. La pente minimale est de 0,5% et de préférence de 1%.

IV.5.1.2. Déclivité maximale :

La déclivité maximum dépend de :

- ✓ Condition d'adhérence entre pneus et chaussée.
- ✓ Vitesse minimum de PL.
- ✓ Condition économique.

Toute fois dans les sinuosités (dans une courbe en plan), il est nécessaire de réduire de déclivité maximum.

Dans le profil longitudinal, deux pentes de sens opposé doivent être reliées par une courbe.

Le rayon du raccordement et la courbe choisie doivent assurer le confort des usagers et une visibilité satisfaisante.

On distingue deux types de raccordements :

- ✓ **Raccordement convexe :**

Les rayons minimaux admissibles des connexions paraboliques à un angle saillant 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 vision d'autre part.

La conception doit satisfaire aux conditions suivantes :

- Condition de confort.

- Condition de visibilité.

- ✓ **Raccordement concave (angle rentrant) :**

Dans un raccordement concave, les modalités de confort et de visibilité de jour ne sont pas primordiales, mais il y a le problème de la visibilité de nuit pour les routes non éclairées.

Tableau IV.8:valeur limitée des paramètres du profil en long.

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

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

Pour le tracé de la ligne rouge de notre projet, voici dans le tableau ci-dessous les rayons choisis :

IV.5.2. DETERMINATION PRATIQUE DU PROFIL EN LONG :

Ce calcul consiste à déterminer toutes les coordonnées des points particuliers du raccordement, tout calcul des éléments du profil en long doit suivre les étapes suivantes :

- ✓ Donnée concernant les coordonnées (abscisse, altitude) les points A, D.
- ✓ Donnée concernant la pente P1 de la droite (AS)
- ✓ Donnée concernant la pente P2 de la droite (DS)
- ✓ Le rayon R.

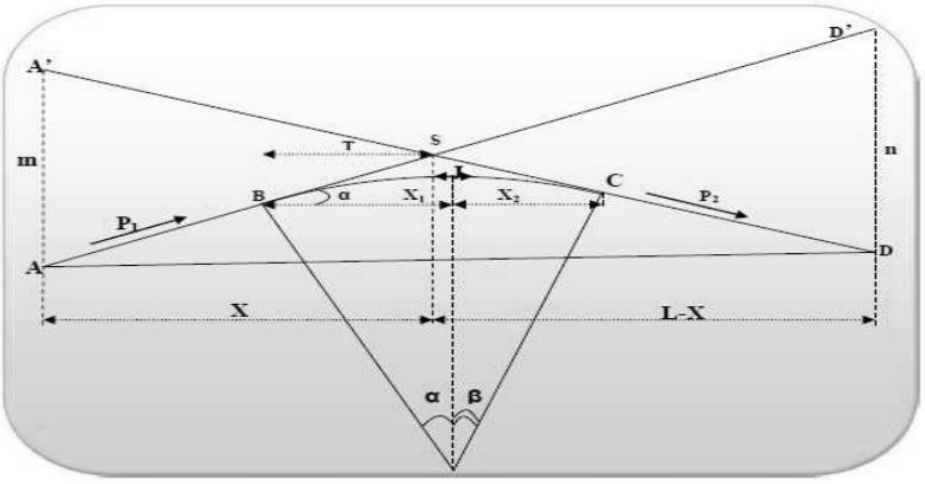


Figure IV.10: Eléments géométriques de calcul de profil en long

IV.5.3. Exemple de calcul manuel de profil en long :

Cas d'un rayon convexe :

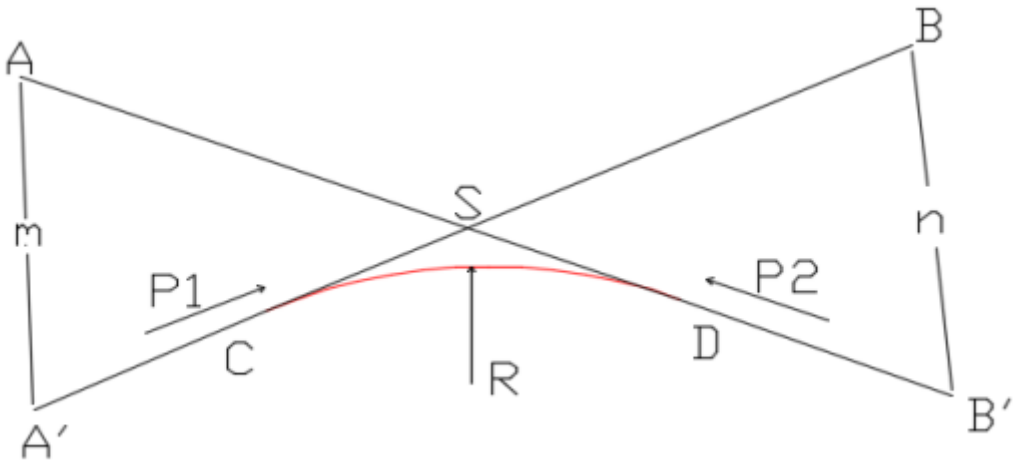


Figure IV.11: schéma illustratif d'un rayon convexe.

On a :

Tableau IV.9: Les données de profil en long à calculer (rayon convexe)

Point	X	Z	R(m)	L(m)
A	1590.089	875.613	6700	1590.00
B	2570.842	889.892		

Avec : P1= 4.096 % et P2= 1.456 %

$$Z_{A'} = Z_B - L \times P2 = 889.892 - 1590 \times 0.01456 = \mathbf{866.74\ m}$$

$$Z_{B'} = Z_A + L \times P1 = 875.613 + 1590 \times 0.04096 = \mathbf{940.74\ m}$$

$Z_{A'}$ = 866.74 m

$Z_{B'}$ = 940.74 m

Calcul des coordonnées de sommet S :

$X_S = \frac{L \times m}{m+n} + X_A = \frac{1590 \times 8.873}{8.873+50.848} + 1590.089 = \mathbf{1826.32\ m}$

$\mathbf{Z_S} = Z_A + X_S \times P1 = 875.613 + 1826.32 \times 0.04096 = \mathbf{950.42\ m}$

$X_S = 1826.32$ m

$Z_S = 950.42$ m

Calcul de la tangente :

$T = \frac{R}{2}(|P1| \pm |P2|)$

NB : on prend (+) lorsque les deux pentes sont de sens contraires, (-) lorsque les deux pentes sont de même sens.

$T = \frac{6700}{2}(0.04096 - 0.01456) = 88.44$ m

Calcul des coordonnées des points de tangente :

$X_C = X_S - T = 1826.32 - 88.44 = \mathbf{1737.88\ m}$

$Z_C = Z_S - T \times P1 = 950.42 - 88.44 \times 0.04096 = \mathbf{946.79\ m}$

X_C = 1737.88 m

Z_C= 946.79 m

$X_D = X_S + T = 1826.32 + 88.44 = \mathbf{1914.76\ m}$

$Z_D = Z_S + T \times P2 = 950.42 + 88.44 \times 0.01456 = \mathbf{951.707\ m}$

X_D = 1914.76 m

Z_D = 951.707 m

Calcul de la longueur de raccordement :

L = 2 × T = 2 ×88.44 = **176.88 m**

Calcul des cordonnées du sommet de la courbe :

$X_{J/A}$ = R × P1 = 6700 × 0.04096 = **274.432 m**

$Z_{J/A} = X_{J/A} \times P1 - \frac{X_{J/A}^2}{2R} = 274.432 \text{ x } 0.04096 - \frac{274.432^2}{13400}$ = **11.185 m**

$X_J = X_C + X_{J/A}$ = 1737.88 + 274.432 = **2012.312 m**

$Z_J = Z_C + Z_{J/A}$ = 946.79 + 11.185 = **957.975 m**

A la fin de calcul manuel on a trouvé que les résultats sont compatibles avec ceux qui sont tirer de logiciel. (Les résultats de calcul sont joints en ANNEXE II).

Chapitre V : Les cubatures

V.1. Introduction :

Lors de tout projet routier, il est nécessaire de modifier le terrain naturel sur lequel le projet sera effectué. Cette modification comprend deux actions : la première consiste à ajouter de la terre (remblai, et pour la seconde il est question d'enlever de la terre (excavation). Et pour réaliser les voies de circulation routière, il est fallu réaliser des profils longitudinaux et transversaux. Ces derniers nous donnent les volumes de terre entre le tracé du projet et le terrain naturel. Ce calcul est appelé "cubature de terrassement".

V.2. Définition :

Les cubes de terrassement sont l'évolution des cubes de déblais et de remblais que le projet le projet pour obtenir une surface uniforme et parallèle sous adjacente à la ligne du projet.

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

V.3. Méthode de calculs des cubatures :

Il y a différentes méthodes pour calculer les volumes de remblais et de déblais, parmi lesquelles nous utilisons la méthode de la moyenne aréolaire, qui est une méthode très simple mais qui a l'inconvénient de donner des résultats avec une marge d'erreur. Mais elle présente l'inconvénient de fournir des résultats avec une marge d'erreur, donc pour être proche des résultats exacts, il faut accroître les résultats trouvés d'un coefficient de 10% pour être sûr.

V.4. Description de la méthode :

En effet, le principe de la méthode de la moyenne de surface est de calculer le volume entre deux profils successifs par la formule suivante :

Avec:

$$V = \frac{L}{6} x\ (S1+S2+4Smoy)$$

- ✓ **L** : la distance entre ces deux profils.
- ✓ **Smoy** : surface limitée à mi- distances des profils.
- ✓ **S1** : surface de profil en travers P1.
- ✓ **S2** : surface de profil en travers P2.

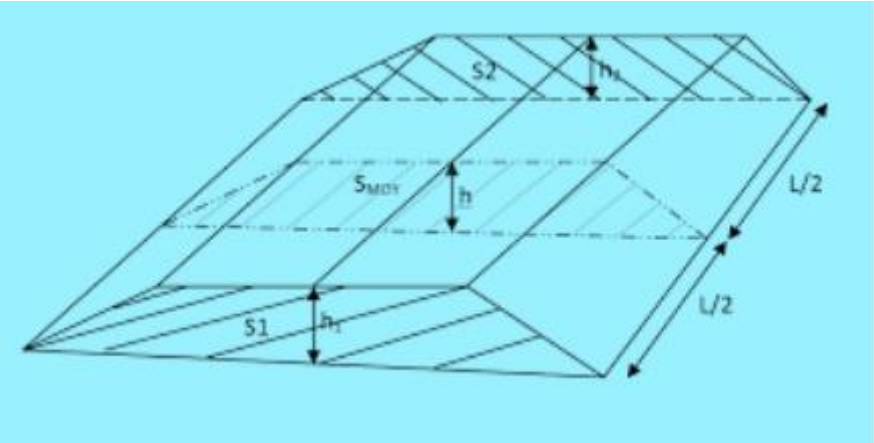


Figure V.1 :les éléments de calcul des cubatures

V.5.Exemple :

Soit le profil en long de terrain naturel et la ligne de projet suivante :

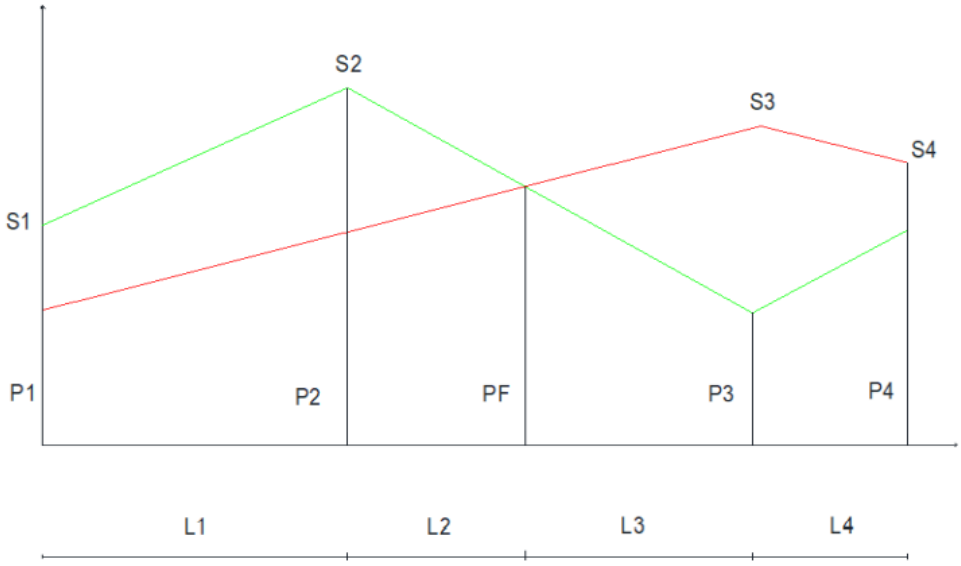


Figure V.2 : schématisation des déblais et remblai sur le profil en long.

Pour un calcul plus simple on a considéré que : $S_{moy} = \frac{(S1+S2)}{2}$

D'où :

Entre $P1$ et $P2$: $V1 = L1 \times \frac{S1+S2}{2}$

Entre $P2$ et PF : $V2 = L2 \times \frac{S2+0}{2}$

Entre PF et $P3$: $V3 = L3 \times \frac{0+S3}{2}$ où **PF :** profil fictif d'une surface nulle

Entre $P3$ et $P4$: $V4 = L4 \times \frac{S3+S4}{2}$

VT : V = V1 + V2 + V3 + V4

V.6. CALCUL DES CUBATURES DE TERRASSEMENT :

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

- ✓ Volume total de déblai : **2102083.5m^3**
- ✓ Volume total de remblai **665178.7m^3**

Les résultats de calcul des cubatures sont détaillés dans l'ANNEXE VI

Chapitre VI : Etude géotechnique

Ce présent chapitre concerne l'étude géotechnique qui fait partie intégrante de tout projet routier. Dans tout projet routier, il est donc nécessaire de connaître la nature du sol et ses caractéristiques sur lequel notre projet sera implanté.

VI.1. Introduction :

A ce stade de l'étude, on s'intéresse aux caractéristiques mécaniques des matériaux à utiliser. La qualité de la chaussée joue un rôle essentiel à cet égard.

Un programme de reconnaissance géotechnique a été réalisé afin d'obtenir le comportement géotechnique du sol. La campagne de reconnaissance géotechnique a été réalisée par le CTTP pour le compte de l'ADA.

VI.1.1. Définition :

La géotechnique routière est une science qui permet d'étudier les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui serviront de base à la structure de la route.

Elle étudie également les problèmes de formation de l'équilibre de différentes masses soumises à l'effet de forces externes et internes.

VI.2. Objectif de l'étude géotechnique :

L'étude géotechnique permet de définir :

- La nature et la répartition du terrain.
- Les caractéristiques et le comportement des matériaux.
- Les caractéristiques hydrogéologiques du site (présence d'eaux souterraines, nature des écoulements, etc....).
- La classification des matériaux du sol selon le RTM.

VI.3. Les moyens de reconnaissance :

Les moyens d'une reconnaissance géotechnique sont :

- ✓ L'étude des archives et documents existants (carte géologique, levée topographique...).
- ✓ L'exécution d'essais in situ.
- ✓ Les essais au laboratoire.

VI.3.1. L'étude des archives et documents existants :

Les études antérieures effectuées au voisinage du tracé sont source précieuse d'informations préliminaires sur la nature des terrains traversés. Les cartes géologiques et géotechniques de la région, lorsqu'elles existent, peuvent aussi apporter des indications assez sommaires mais tout aussi précieuses pour avoir une première idée de la nature géologique et géotechnique des formations existantes.

A. Géomorphologie de la trace :

Le tracé franchit un relief peu accidenté dont l'érosion l'a complètement façonnée. La géomorphologie est caractérisée par des versants de forme concave. Ce tracé est manifestement plus touché, au début des premiers PK, par les phénomènes de ravinement et d'érosion de surface qui ont plus donné un aspect plus accentué aux pentes des versants naturels ; par contre ces phénomènes s'atténuent naturellement à la fin de la section. Cela est évidemment dû à la présence de formations plus résistantes à ces phénomènes. D'ailleurs les thalwegs ravinés en profondeur en témoignent. Le régime torrentiel est très caractéristique des cours d'eau existants. Le drainage naturel de la région s'effectue par l'oued Dehab. On s'aperçoit que les pentes des versants naturels tournent autour de 20 à 30° qu'on voit devenir plus abruptes à la fin de première partie du tracé. Toutefois la deuxième partie du tracé présente une topographie plus régulière. On remarque que les terres sont plates et à usage plutôt agricole.

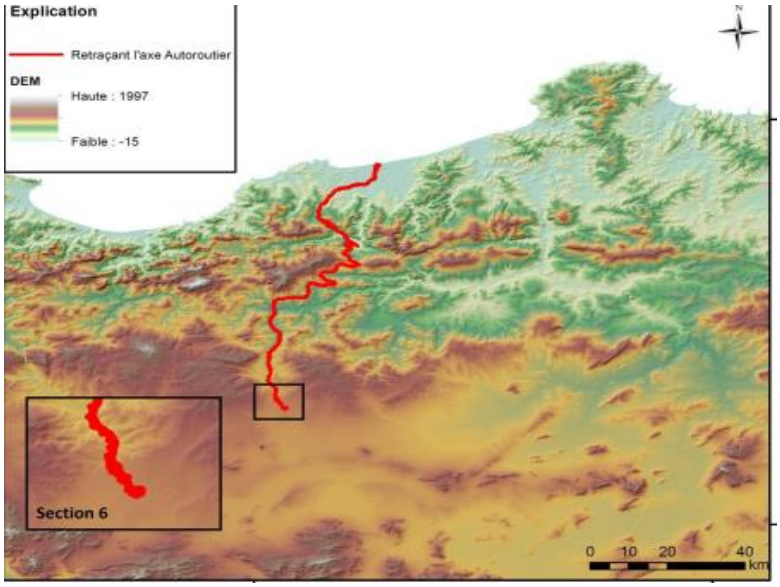


Figure VI.1 :Le modèle numérique de terraine dérivé par des données Aster GDEM avec la résolution de 90 mètres.

B. Géologie de la trace :

La principale localité de cette section se situe sur des matériaux mio-pliocènes de l'unité «mp-fa» (argiles et limons graveleux bruns avec présence occasionnelle de gypse) .

On expose par la suite une description sommaire des matériaux trouvés dans la surface le long du tracé, ainsi qu'un tableau avec la sectorisation détaillée de ces matériaux .

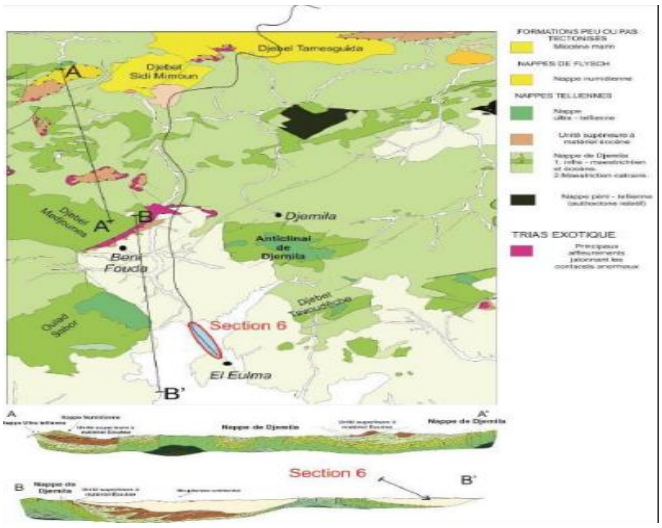


Figure VI.2 : Notes structurelles et coupes géologiques des cartes d'El Eulma et Djemila

VI.3.2. Les visites sur site et les essais « in-situ » :

Les visites sur site permettent de vérifier et de préciser les informations déjà recueillies sur les documents précédemment cités. Cependant, la connaissance précise des caractéristiques des sols en présence nécessite des investigations « in-situ » permettant :

- ✓ Soit la mesure de certaines caractéristiques en place.
- ✓ Soit le prélèvement d'échantillons pour les besoins d'essais de laboratoire.

Programme de la Campagne Géotechnique (Phase-1) :

- ✓ Phase de Reconnaissance Préliminaire
- ✓ Phase d'intervention in-situ : Puits de reconnaissance

Consistance de la Campagne Géotechnique (Phase-2) :

Cette compagne consiste en la réalisation des essais suivants:

Phase de Reconnaissance Géotechnique et Essais In-Situ :

- ✓ Une Campagne de Sondages Carottes
- ✓ Une Campagne des Essais de Pénétration Standard (SPT).
- ✓ Une Campagne de Sondages Carottes Pressiometriques .

Les résultats des essais et leurs interprétations :

VI.3.2.1. Phase d'intervention in-situ :

Puits de reconnaissance :

Sur site, il a été réalisé 47 puits de reconnaissance à la pelle mécanique.

La lithologie du terrain a révélé la présence de formations géologiques correspondant, dans l'ensemble, à des argiles, des alluvions et des argiles sablo- graveleuses puis on rencontre des marnes parfois sableuses.

Tableau VI.1: Résultats des puits de reconnaissance.

Puits P-105700 (PK 105+700) : (Coordonnées UTM (X= 738.046 Y = 4.009.491))	
Profondeur	**Nature du sol**
0.00 ÷ 0.20	Terre végétale
0.20 ÷ 1.00	Argile limoneuse brunâtre
1.00 ÷ 2.00	Sable argileux brunâtre
2.00 ÷ 3.00	Argile à tendance marneuse parfois sableuse ocre
3.00 ÷ 5.00	Marne ocre à brunâtre

Puits P-105800 (PK 105+800) : (Coordonnées UTM (X= 738.067 Y = 4.009.394))	
Profondeur	**Nature du sol**
0.00 ÷ 0.20	Terre végétale
0.20 ÷ 0.50	Limon sableux brunâtre
0.50 ÷ 1.50	Marne sableuse brunâtre
1.50 ÷ 5.00	Marne parfois sableuse avec des traces carbonatées et des gypses.

VI.3.2.2. ESSAI DE PÉNÉTRATION STANDARD (SPT) :

On ne dispose pas d'essais SPT dans la campagne géotechnique de l'APD.

L'essai SPT consiste à battre un train de tige finissant par carottier formé d'un tube échantillonneur fendu, à l'aide d'un mouton de masse M tombant d'une hauteur fixe H, et à mesurer le nombre de coups N nécessaire pour faire pénétrer le carottier de 450 mm. En outre, l'essai permet d'extraire des échantillons remaniés du sol.

Tableau VI.2: Résultats des essais SPT

Sondage	Profondeur (m)	Essai SPT			
		N1	N2	N3	N
BH-37	3.00 - 3.45	4	8	11	19
	6.25 - 6.60	5	7	12	19
	10.25- 10.60	8	13	14	27
	15.25 - 15.70	11	14	17	31
	16.30 - 16.45	17	19	23	42
	22.05 - 22.50	13	15	15	30
	24.35 - 24.80	14	18	17	35
	26.65 - 27.10	26	28	33	51
	30.10 - 30.30	39	50/5	-	R
BH-39	3.05 - 3.50	18	23	25	48
	6.05 - 6.50	14	21	23	44
	10.00- 10.45	17	26	41	67
	14.55 - 15.00	18	21	27	48
	18.00 - 18.45	16	26	28	54

VI.3.2.3. ESSAIS DE PRESSIOMÈTRE (PMT) :

Les résultats des essais effectués figurent dans le tableau suivant. La variation selon la profondeur des valeurs du Module d'Elasticité (EP) et de la Pression Limite (PL) obtenues à l'issue des résultats d'essais.

Tableau VI.3: Tableau d'essai de Pressiomètre du forage

Sondage	Profondeur (m)	E (MPa)	PL (MPa)
SCP-2-104,90	4.00	0.97	0.13
	6.00	15.39	1.15
	9.00	0.45	1.52
	12.00	16.74	1.75
	15.00	20.79	2.00
	18.00	2.78	0.32
	20.00	2.70	0.36
	22.00	12.96	0.61
	24.00	25.17	2.17
	27.00	11.76	2.24
SCP-2-107,90	4.00	1.01	0.16
	7.00	0.96	0.10
	10.00	148.93	1.75
	12.00	5.86	0.52
	15.00	20.20	1.82

VI.3.3. ESSAIS AU LABORATOIRE :

A partir des échantillons de terrain prélevés des puits et des sondages carottés (APD), les essais de laboratoire suivants ont été réalisés :

- ✓ Identification du sol :
  - ➢ Analyse granulométrique de sols pour tamisage.
  - ➢ Analyse granulométrique de sols pour sédimentométrie.
  - ➢ Limites d'Atterberg.
  - ➢ Blue de Méthylène
- ✓ Analyse chimique des sols.
- ✓ Proctor Modifié.
- ✓ « California Bearing Ratio » (CBR) imbibé.
- ✓ Indice Portant Immédiat (IPI).
- ✓ Essais cisaillement simple.

Les résultats des essais Analyse granulométrique, Valeur de bleu de méthylène, limites d'Atterberg, essais PROCTOR, essais C B R, sont dans le tableau suivant :

Tableau VI.4: Résultats des essais en laboratoire.

DESIGNATION	**PK**	**Teneur en eau**	**Limites d'atterberg**		**Analyse granulométrique (%)**		
		Wn %	WL (%)	IP (%)	< 2mm	< 80µ	< 2µ
SC-1-102,68	102+680	21.46	67.0	43.2	94	86	55
SC-1-103,75	103+747	17.01	52.0	30.9	94	85	54
SC-1-104,26	104+256	19.23	62.6	35.3	98	89	58
SC-2-106,43 B	106+430	27.1	47	24.45	70	54	34
SC-2-108,13	108+130	27.5	54	28.75	90	65	42
SC-2-110,00	110+00	31.2	56	29.04	98	86	58

Tableau VI.5: Résultats des essais d'identification des sols pour les puits de reconnaissance

Puits	Prof	Analyse granulométrique			Limites d'Atterberg				VBS	γd t/m3
		Tam 2mm	Tam 0.2mm	Tam 80μm	*w*l	*w*p	Ip	Ic		
P-102900	2.6	85.6	80	77.1	47	19	28	0.94	3.8	1.81
P-103000	2.0	91.4	89.6	88.1	60	23	37	0.88	3.98	1.78
P-103600	5.2	89.6	80.0	75.0	43	16	27	0.83	1.82	1.89
P-104600	4.0	96.0	95.6	92.0	62	22	40	1.29	1.85	1.92
P-106101	2.5	98	92	83	60	24	36	0.99	3.85	1.83
P-108001	2.5	84	78	72	42	18	24	0.9	3.75	1.78

Interprétation :

- ✓ **La granulométrie :**

Le pourcentage des passants au tamis 0.2mm varient entre 40 et 100% (sauf pour puits BSC15 et BPM27), donc notre sol s'agit de sables fins, limon, et des argiles.

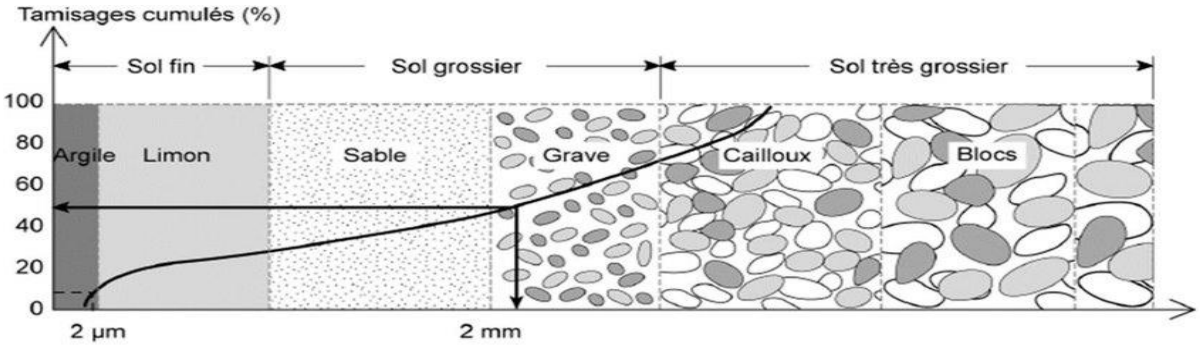


Figure VI.3: Diagramme de classification des sols selon le diamètre

- ✓ **La plasticité :**

Les valeurs de limites de liquidité des différents échantillons varient entre 30 et 65%, et l'indice de plasticité entre 10 et 44. ce qui . Ce qui caractérisent des argiles peu et très plastique d'après la classification de Casa grande.

✓ La consistance :

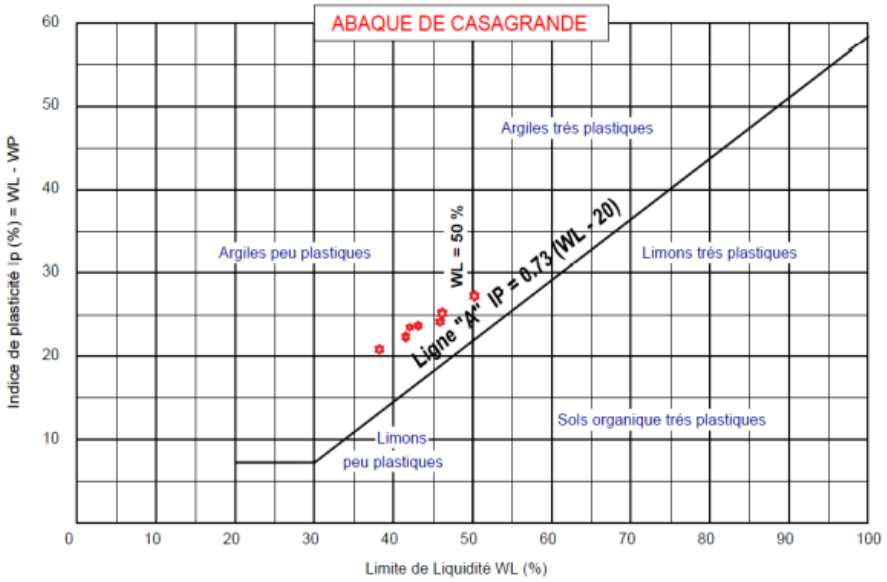


Figure VI.4 : Abaque de plasticité de Casagrande

Les valeurs de l'indice de consistance sont > 0.75, donc nous avons des sols très ferme et dures.

I_C	<0	0	0,25	0,5	0,75	1	>1
Consistance	Liquide	Très molle	Molle	Ferme	Très ferme	Dure	

Figure VI.5 : Classification des sols selon l'indice de consistance

✓ **La densité :**

Les valeurs de la masse volumique γd > 18, *donc il s'agit des sols trè* .

Tableau VI.6: L'état d'un sol en fonction de la masse volumique.

Etat	La masse volumique (KN/m^3)
Peu dense	<16
Dense	16-18
Très dense	>18

VI.4. Classification GTR du sol :

Cette classification permet de déterminer la nature du sol en question

Selon le Guide des terrassements routiers (GTR – SETRA/LCPC- Fascicules I et II, les paramètres retenus pour la classification des sols se rangent en deux (2) catégories : Paramètres de nature : Ce sont la granularité et l'argilosité ;

VI.4.1. Exemple :

Pour le puits **BPM25** nous avons :

Tableau VI.7: Résultats des essais au laboratoire pour le puits BPM25

Puits	Prof	Analyse granulométrique			Limites d'Atterberg				VBS	γd t/m3
		Tam 2mm	Tam 0.2mm	Tam 80μm	*w*l	*w*p	Ip	Ic		
P-102900	2.6	85.6	80	77.1	47	19	28	0.94	3.8	1.81

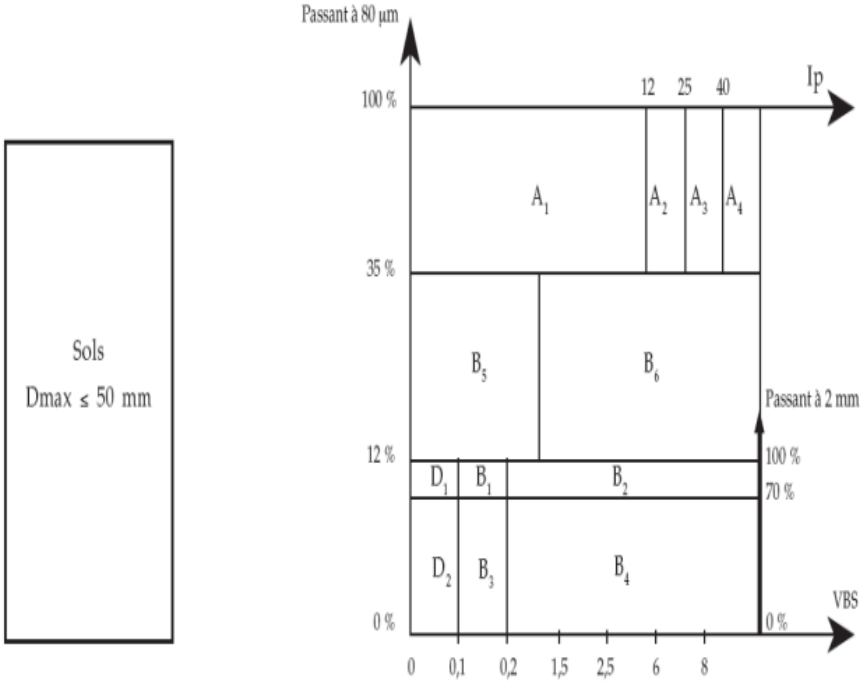


Figure VI.6 :Classification des matériaux selon leur nature (tableau IV GTR).

Classement selon la nature :

1 er niveau : granularité :

- ✓ D max < 50mm
- ✓ Tamisât à 0.08mm = 77.1 % > 35%

⟶ { Sol fins - classe A }

2eme niveau : granularité et argilosité :

25 < Ip = 28 ≤ 40 ⟶ { s / classe A3 : Argiles et argiles marneuses, limons très plastique }

Classement selon l'état hydrique :

0.8 < Ic = 0.94 ≤ 1 ⟶ { A3h }

Donc : P-102900 ⟶ **Sol A3 humide**

Compte tenu des paramètres énumérés ci-dessus, les matériaux des puits appartiennent à la classe A. Cette classe renferme les sables fins argileux, les limons, les argiles et les marnes et les arènes peu plastiques.

Tableau VI.8: Classification GTR des matériaux.

Puits	Classe GTR	Nature de sol
P-102900	A3h	Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques...
P-103000	A3h	Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques…
P-103600	A3h	Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques…
P-104600	A3s	Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques…
P-106101	A3h	Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques…
P-108001	A2h	Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastique, arènes ...

Tableau VI.9: Caractéristiques principaux des sous classes A3 (source GTR)

Symbole	Sous clase en fonction de la nature	Caractéristiques principaux
A2	Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastique, arènes ...	Le caractère moyen des sols fait qu'ils se prêtent à l'emploi de la plus large gamme d'outils des terrassement
A3	Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques…	Très cohérents à teneur en eau moyenne et faible, et collants ou glissants à l'état humide, d'où difficulté de mise en œuvre sur chantier Leur perméabilité très réduite rend leur variation de teneur en eau très lente, en place. Une augmentation de teneur en eau assez importante est nécessaire pour changer notablement leur consistance.

VI.5. Conditions d'utilisation des matériaux :

VI.5.1. En remblais

Sur la base de la classification GTR par les résultats des sondages carottés et des puits de reconnaissance, l'analyse a été effectuée pour étudier la possibilité de réutilisation des sols à déblayer en remblai. Cette possibilité d'utilisation en remblais peut être changée selon la situation météorologique et les états hydriques des matériaux lors des travaux d'exécution.

Tableau VI.10 : Les possibilités de réutilisation des sols en remblai (source GTR)

Puits	Classe GTR	Possibilités de réutilisation
P-108001	**A2h**	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible.
P-102900 **P-103000** **P-103600** **P-106101**	**A3h**	Sols difficiles à mettre en œuvre en raison : - de leur caractère collant ou glissant dû à leur grande plasticité et à leur faible perméabilité. - de leur portance faible. La mise en dépôt provisoire n'est pas une solution dans le climat français moyen. Le drainage préalable ne permet pas de réduire utilement la teneur en eau W
P-104600	**A3s**	la plasticité de ces sols, entraîne pour les remblais des risques de glissement d'autant plus grands que les remblais sont élevés.

VI.5.2. En couche de forme :

Tableau VI.11: Les possibilités de réutilisation des sols en CDF (source GTR)

Puits	Classe GTR	Possibilités de réutilisation
P-108001	A2h	La sensibilité à l'eau des sols de cette classe implique de les traiter le plus souvent en associant chaux + liant hydraulique étant donné l'importance de la fraction argileuse.
P-102900 **P-103000** **P-103600**	A3h	La sensibilité à l'eau et la plasticité élevée des sols de cette classe implique un traitement associant chaux et liant hydraulique pour pouvoir les utiliser en couche de forme
P-104600	A3s	Sols normalement inutilisables en couche de forme

VI.6. CONCLUSION

D'après les résultats de l'investigation géotechnique on peut constater que la grande partie de notre sol est constitué des argiles marneuse et limoneuse.

La réalisation d'une couche de forme est nécessaire avant la réalisation du corps de chaussée pour les sols de portance moyenne à mauvaise.

Concernant les matériaux réutilisables, le taux de réutilisation est fait par la décision du projeteur selon l'observation des visites du site, les résultats des sondages et essais géotechniques.

Chapitre VII : Dimensionnement de corps de chaussée :

VII.1. INTRODUCTION :

des millions de conducteurs roulent chaque jour sur une chaussée qui n'est pour eux qu'un simple ruban de bitume , cette couche de surface doit assurer la sécurité et le confort dans les meilleures conditions économiques , le dimensionnement d'une structure de chaussée consiste à déterminer la nature et les épaisseurs des couches qui la constituent , c'est une étape importante de l'étude en choisissant des matériaux ayant des caractéristiques requises afin qu'elle puisse résister aux diverses agressions auxquelles elle sera soumise tout au long de sa vie .

Tout cela en fonction des paramètres très fondamentaux suivants :

- ✓ Le trafic (l'importance de la circulation et surtout l'intensité de trafic en poids lourds)
- ✓ . Les matériaux utilisés.
- ✓ La portance de sol support désignée.

VII.2. DEFINITION DE LA CHAUSSEE :

- ✓ **Au sens géométrique** :

Une surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules

- ✓ **Au sens structurel :**

Les couches qui permettent la reprise des charges.

VII.3. METHODE CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES NEUVES :

Le dimensionnement d'une chaussée neuve requiert une étude géotechnique préalable au droit de l'itinéraire choisi, L'utilisation du catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées, Les capacités des engins de compactage et la maniabilité des matériaux routiers limitent l'épaisseur des

couches. La modélisation de la structure intègre les contraintes d'emploi ainsi que les conditions de liaison aux interfaces dépendant notamment de la nature des liants.

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

- ✓ Approche théorique.
- ✓ Approche empirique.

VII.3.1. Principes du dimensionnement :

- ✓ Le trafic (sollicitation) : charge de référence 13t.
- ✓ Le sol support.
- ✓ La zone climatique.
- ✓ La durée de service.
- ✓ Les matériaux et les types de structure.

VII.3.2. Les données de base pour le dimensionnement de chaussée sont :

- ✓ Les données climatiques.
- ✓ Le trafic.
- ✓ La durée de vie.
- ✓ Le sol support de chaussée.
- ✓ Le risque de calcul considéré.
- ✓ Les caractéristiques des matériaux.

VII.3.3. Les étapes de dimensionnement des chaussées :

- ✓ Comprendre le comportement de la chaussée.
- ✓ Déterminer les 'épaisseurs des couches.
- ✓ Choix de type de matériaux pour chaque couche.

VII.4. Application au projet :

VII.4.1. Les données climatiques :

Le dimensionnement de corps de chaussée s'effectue avec une température consistance, c'est-à-dire température équivalente θeq, en tenant compte de cycle de variation de température de chaque année. La température équivalente est généralement déterminée selon le zonage climatique.



Figure VII.1 : Position du projet dans la carte climatique de l'Algérie.

Tableau VII.1:Zones climatique de pluviométrie.

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	Climat	Région
I	>600	Très humide	Nord
II	350-600	Humide	Nord-hauts plateaux
III	100-350	Semi-aride	Hauts plateaux
IV	<100	Aride	Sud

Tableau VII.2: Valeurs des températures équivalentes

	Zone climatique		
Température équivalente $\boldsymbol{\theta}$é(°$\boldsymbol{c}$)	I et II	III	IV
	20	25	30

D'après le « catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (2001CCTP) **», le site de notre projet est classé en zone I.**

VII.4.2. Les données de trafic :

Type de réseau principal :

D'après « catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP 2001) fasicule1 », on a la classification des types des réseaux principaux suivants :

Tableau VII.2: a Types de réseaux principaux

Réseau principale	Trafic (v/j)
RP1	**>1500 v/j**
RP2	**<1500 v/j**

Pour notre projet :

L'année de mise en service est 2025 : TJMA2025 = **16815 v/j > 1500 V/j**

Donc le réseau principal est RP1.

VII.5. Détermination de La Classe De Trafic TPLi :

Le trafic sera calculé et classifié avec les recommandations de « catalogue algérien du dimensionnement des chaussées neuves (version 2001)».

L'évaluation du trafic sur notre section s'exprime comme suit :

- ✓ Année de mise en service : 2025 .
- ✓ L'environnement : E2, catégorie C1 .
- ✓ Le pourcentage des poids lourds : Z = 20%.
- ✓ Taux de croissance annuelle de trafic : τ = 4% .
- ✓ La durée de vie : 20ans.

·Les classes de trafics adoptées dans les fiches structures de dimensionnement sont données en nombre de PL par jour et par sens à l'année de mise en service.

$TPL_{2025} = 0.2 \times TJMA_{2025}$ = **3363 PL/J.**

$TPL_{2025/Sens} = \frac{3363}{2}$ = **1682 PL / J/sens.**

$TPL_{2025/Sens}$ = 1682 PL / J/sens

VII.5.1. Répartition transversale du trafic :

Nous avons une chaussée unidirectionnelle à 3 voies d'après le catalogue du dimensionnement algérien La répartition du poids lourd est de 80 % sur la voie de droite.

Donc : $TPL_{2025} = 0.8 \times 1682$ = **1346 PL/J/sens**

TPL_{2025} = **1346 PL/J/sens**

VII.5.2. La classe de trafic :

Les classes de trafic (TPL_i) adoptées dans les fiches structures de dimensionnement sont données, pour chaque niveau de réseau principal, en nombre PL par jour et par sens à l'année de mise en service.

Tableau VII.3: Classe TPLi pour RP1. [Fascicule N° 1]

TPL_i	TPL_3	TPL_4	TPL_5	TPL_6	TPL_7
PL/j/sens.	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

On a :

$600 < TPL_{2025} = 1346 < 1500$ ⟶ Notre classe de trafic est TPL_5

VII.6. Le risque de calcul :

D'après le catalogue de dimensionnement Algérien nous avons un risque de 10 %

Tableau VII.4 : Risque adopté pour le réseau RP1. [Fascicule N° 2]

Classe de trafic TCE_i		TPL_3	TPL_4	TPL_5	TPL_6	TPL_7
Risque (R%)	**GB/GB** **GB/GNT**	20	15	10	5	2

VII.6.1. Détermination de la portance de sol-support de chaussée :

Présentation des classes de portance des sols :

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S4 à S0.

Cette classification sera également utilisée pour les sols-supports de chaussée.

Tableau VII.5: Présentation des classes de portance des sols. [Fascicule N° 1]

Portance (S_i)	S_4	S_3	S_2	S_1	S_0
CBR	<5	5-10	10-25	25-40	>40

Tableau VII.6: Les résultats d'essai CBR de notre projet.

Puits	Localisation PK	Prof (m)	CBR (%)
P-102900	102+895	2.6	1.30
P-103000	103+001	2.0	2.25
P-103600	103+600	5.2	3.20
P-104600	104+600	4.0	4.23
P-106101	106+100	2.5	7.3
P-108001	108+000	2.5	3.56

Après l'analyse des données de l'étude géotechnique, on a trouvé que :

Tableau VII.7: Classes de portance des sols selon CBR

Puits	**CBR (%)**	**Portance**
P-102900	1.30	S_4
P-103000	2.25	S_4
P-103600	3.20	S_4
P-104600	4.23	S_4
P-106101	7.3	S_3
P-108001	3.56	S_4

VII.6.2. Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement :

les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

$$E\ (MPA) = 5 \times I_{CBR}$$

Tableau VII.8: Classe de portance des sols selon E.

Classe du sol support	S_4	S_3	S_2	S_1	S_0
Module (MPA)	**15- 25**	25-50	**50-125**	125-200	>200

pour notre projet on prend un indice **CBR= 3.64**

Donc *: E* $= 5 \times I_{CBR} = 5 \times 3.64 =$ **18.2** ***MPA*** *;*

La classe de portance est S_4

VII.7. Amélioration de la portance du sol support :

Lorsque des cas de sol de faible portance sont rencontrés, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussées dans des conditions acceptables.

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 CDF, le mode de sa mise en place (nombre de couches) et la nature du matériau utilisé (les plus répandus en Algérie) pour la réalisation de la CDF.

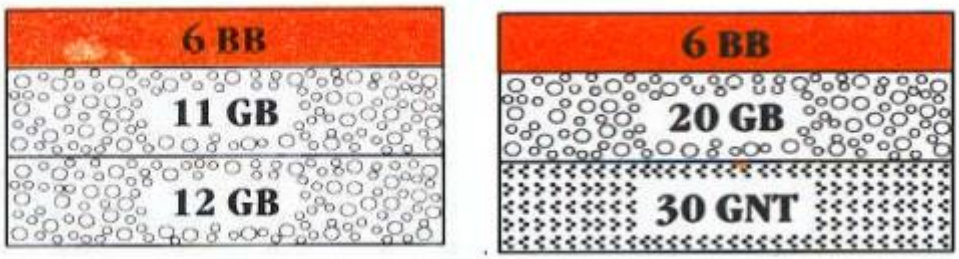
Tableau VII.9: Sur classement des sols supports

Classe de portance du sol terrassé	Matériau de couche de forme	Epaisseur de couche de forme	Classe de portance du sol-support visée
$<S_4$	Matériau non traité	50 cm (en 2 couches)	S_3
S_4	Matériau non traité	35 cm (en 2 couches)	S_3
$\boldsymbol{S_4}$	**Matériau non traité**	**60 (en 2 couches)**	$\boldsymbol{S_2}$
S_3	Matériau non traité	40 (en 2 couches)	$\boldsymbol{S_2}$
S_3	Matériau non traité	70 (en 2 couches)	S_1

Dans notre cas on a un sol à faible portance S4, alors l'utilisation d'une couche de forme d'épaisseur 60cm, en 2 couches de TUF permet un sur classement de portance du sol qui sera d'une classe S2.

VII.7.1. Choix de la structure de la chaussée :

Nous sommes dans le réseau principal **(RP1),** la zone climatique I, durée de vie de **20 ans**, taux d'accroissement **(4%),** portance du sol **(S2)** et une classe du trafic **(TPL5).**Avec toutes ces données, le catalogue Algérien (fascicule 3) propose les deux structures suivante :



Structure1 **structure2**

On propose la deuxième structure :

- ✓ **Couche de roulement : BB = 6 cm.**
- ✓ **Couche de base : GB = 20 cm.**
- ✓ **Couche de fondation : GNT= 30 cm.**

Tableau VII.10: Structures choisis de la chaussée.

	Matériau	Epaisseur (cm)
Couche de roulement	BB	6
Couche de base	GB	20
Couche de fondation	GNT	30
Couche de forme	TUF	60

Donc la structure de chaussée : **6(BB) + 20(GB) + 30(GNT) = 56cm.**



Figure VII.2 : Structure de chaussée 1 méthode catalogue.

VII.7.2. Vérification en fatigue des structures :

Il faudra vérifier que ε_Z et ε_t calculées à l'aide d'Alizé III, sont inférieurs aux valeurs admissibles calculées $\varepsilon_{Z,adm}$ et $\varepsilon_{t,adm}$.

- ✓ **ε_t:** étant la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume.
- ✓ **ε_Z**: (sol) étant la déformation verticale sur le sol support.

Les déformations admissibles sont données par les relations suivantes :

$$\begin{cases} \boldsymbol{\varepsilon_{Z,adm}} = \mathbf{22 \times 10^{-3}} \ (\mathbf{TCEi}) \ ^{\mathbf{-0.235}} \\ \boldsymbol{\varepsilon_{t,adm}} = \boldsymbol{\varepsilon_6}\ \mathbf{(10°c, 25HZ)}\ Kn_e\ K_\theta\ K_r\ K_c \end{cases}$$

La vérification :

$$\begin{cases} \boldsymbol{\varepsilon_t} < \boldsymbol{\varepsilon_{t,adm}} \\ \boldsymbol{\varepsilon_Z} < \boldsymbol{\varepsilon_{Z,adm}} \end{cases}$$

Calcul de la déformation admissible sur le sol support εz,adm:

$\boldsymbol{\varepsilon_{Z,adm}} = \mathbf{22 \times 10^{-3}} \ (\mathbf{TCEi}) \ ^{\mathbf{-0.235}}$

VII.8. Le Trafic cumulé des poids lourds (TCI) :

Le TCI est le trafic de PL sur la période considérée pour le dimensionnement (durée de vie) est donnée par la formule suivante :

$$\text{TCi} = TPL_{2025} \times 365 \times \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

Tel que :

i: Taux d'accroissement géométrique pris égale à 0.04.

n : Durée de vie considérée.

AN:

$TC_{2025} = 1346 \times 365 \times \frac{(1+0.04)^{20}-1}{0.04} = \mathbf{14.63 \times 10^6\ PL\ /\ J\ /\ sens}$

$$TC_{2025} = 14.63 \times 10^6 \text{ PL / J / sens}$$

VII.9. Le Trafic cumulé équivalent (TCEi) :

Il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée.il est donné par la formule suivante :

$$\boldsymbol{TCEi = TCi \times A}$$

A : coefficient d'agressivité de poids lourd par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes. En fonction de réseau principal.

Tableau VII.11: Valeur du coefficient d'agressivité A.

Niveau du réseau principal	Type de matériaux de structure	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traites au bitume : GB/GC, GB /Tuf, GB/GC	0.6
	Chaussées à matériaux traités au liants hydraulique : GL/GL, Bcg / GC	1

AN :

$TCE_{2025} = TC_{2025} \times A = 14.63 \times 10^6 \times 0.6 =$ **8.8×10^6 PL / J / sens**

Donc :

$$TCE_{2025} = \mathbf{8.8 \times 10^6}\ \text{PL / J / sens}$$

$\varepsilon_{Z,adm} = 22 \times 10^{-3} \ (8.8 \times 10^6)^{-0.235} = \mathbf{5.13 \times 10^{-4}}$

$$\boldsymbol{\varepsilon_{Z,adm} = 5.13 \times 10^{-4}}$$

Calcul de la déformation admissible «$\boldsymbol{\varepsilon_{t,adm}}$» à la base de la GB :

$\boldsymbol{\varepsilon_{t,adm}} = \varepsilon_6$ (10°c, 25HZ) $\times\ Kn_e \times K_\theta \times K_r \times K_c$

Avec :

K_θ: Facteur lie à la température.

Kn_e: F acteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.

K_r : Facteur lié au risque et aux dispersions.

K_c: Facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement

absorbé sur la chaussée.

$Kn_e = \left(\frac{\mathbf{10^6}}{\boldsymbol{TCEi}}\right)^b$; $K_\theta = \left(\frac{E(10°c)}{E(\theta eq)}\right)^{0.5}$; $K_r = \mathbf{10^{-tb\delta}}$

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

Tableau VII.12: Performances mécaniques des matériaux bitumineux.

Matériau	**E (30°c, 10HZ) (MPA)**	**E (25°c, 10HZ) (MPA)**	**E (20°c, 10HZ) (MPA)**	**E (10°c, 10HZ) (MPA)**	**ε_6(30°c, 10HZ) (10^{-6})**	**$\frac{-1}{b}$**	**Sn**	**Sh**	**υ**	**K_c**
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0.35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6.84	0.45	3	0.35	1.3

Tableau VII.13: Caractéristiques des couches.

Couches	**Epaisseur**	**Modules (MPA)**	**Coefficient de poisson**
Couche de roulement	6BB	4000	0.35
Couche de base	20 GB	7000	0.35
Couche de fondation	30GNT	125	0.25
Couche de forme	60(TUF/TVO)	50	0.35

Alors d'après Catalogue de dimensionnement des Chaussées Neuves et le tableau ci-dessus on résume les paramètres suivants :

- ✓ θéq : Température équivalente (θéq = 20c°) => E (20° ,10HZ) = 7000 MPA.
- ✓ Classe de trafic (TPL5).
- ✓ Risque adopté pour le réseau RP1 et la classe du trafic TPL5 (r%=10).
- ✓ C : coefficient égal 0.02
- ✓ t : fractile de loi normale, en fonction du risque adopté donc(t = -1.282).

$$\delta = \sqrt{S_n^{\,2} + \left(\frac{c}{b} S_h\right)^2} = \sqrt{0.45^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} 3\right)^2} = 0.609$$

$K_r = \mathbf{10^{-tb\delta} = 10^{-1.282\times 0..146\times 0.609} = 0.769}$ → **K_r = 0.769**

$Kn_e = \left(\frac{10^6}{TCEi}\right)^b = \left(\frac{10^6}{8.8\times 10^6}\right)^{-0.146} = \mathbf{1.37}$ → **Kn_e = 1.37**

$K_\theta = \left(\frac{E(10°c)}{E(\theta eq)}\right)^{0.5} = \left(\frac{12500}{7000}\right)^{0.5} = \mathbf{1.336}$

$\boldsymbol{K_\theta = 1.336}$

$\boldsymbol{K_c = 1.3}$

A la fin :

$\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6$ (10°c, 25HZ) $Kn_e\ K_\theta\ K_r\ K_c = 100 \times 10^{-6} \times 1.37 \times 1.336 \times 0.769 \times 1.3$

$\varepsilon_{t,adm} = \mathbf{1.83 \times 10^{-4}}$

$\boldsymbol{\varepsilon_{t,adm} = 1.83 \times 10^{-4}}$

Tableau VII.14: Valeurs des déformations .

Déformation admissible calculée	Déformation calculée par Alizé III
$\boldsymbol{\varepsilon_{t,adm} = 1.83 \times 10^{-4}}$	$\boldsymbol{\varepsilon_t = 0.838 \times 10^{-4}}$
$\boldsymbol{\varepsilon_{Z,adm} = 5.13 \times 10^{-4}}$	$\boldsymbol{\varepsilon_Z = 3.05 \times 10^{-4}}$

Figure VII.3 : Ecran ALIZE

épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,060	4000,0	0,350	0,000	50,8	0,394	12,5	0,658
	collé		0,060	25,8	0,317	60,4	0,604
0,200	7000,0	0,350	0,060	25,8	0,537	20,1	0,604
	collé		0,260	-83,8	-0,776	78,8	0,050
0,300	350,0	0,250	0,260	-83,8	-0,020	165,8	0,050
	collé		0,560	-117,1	-0,048	109,2	0,015
infini	50,0	0,350	0,560	-117,1	-0,001	305,4	0,015

Donc notre structure de : **6 (BB) + 20 (GB) +30 (GNT) + 60 (TUF)** est bien vérifié .

Chapitre VIII Etude hydrologique et assainissement :

VIII.1. Introduction :

L'assainissement est l'ensemble des techniques d'évacuation et d'épuration des eaux usées. L'assainissement des agglomérations a pour but d'assurer la collecte, le transit, au besoin la rétention de l'ensemble des eaux, pluviales et usées, et de procéder aux traitements avant leur rejet dans le milieu naturel par des modes compatibles avec les exigences de la santé publique et de l'environnement.

Une bonne étude d'assainissement permet de prolonger la durée de vie de notre autoroute, et de réduire le coût d'entretien par la suite.

Pour cela cette partie est divisée en trois sections :

Les ouvrages d'assainissement :

- ✓ Étude hydrologique.
- ✓ Étude hydraulique.
- ✓ Étude d'assainissement.

VIII.2. OBJECTIF 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 bonne condition de viabilité.
- ✓ Réduction du cout d'entretien.
- ✓ Eviter les problèmes d'érosions.

VIII.3. ETUDE HYDROLOGIQUE :

L'étude hydrologique consiste à déterminer les débits de crue pour chaque écoulement qui franchit notre tracé. Par ailleurs, l'établissement de ces crues permis de dimensionner l'ouverture des nombreux passages hydrauliques sous-autoroutiers, qu'ils s'agissent de ponts, ponceaux, buses ou dalots.

Bien que l'objectif recherché de l'étude hydrologique concerne l'estimation des crues de projet pour les ouvrages de drainages, l'étude doit couvrir aussi tous les aspects de l'hydrologie, y compris les précipitations et les facteurs influençant les relations pluie - débit.

Pour l'estimation des débits de dimensionnement des différents ouvrages, la priorité devrait être évidemment donnée à l'étude statique des crues des oueds ou les données de débits sont disponibles.

VIII.3.1. Délimitation des bassins versants :

Le bassin versant représente le territoire géographique qui alimente le cours d'eau au droit de l'ouvrage projeté. Il est limité par la ligne de partage des eaux, et permet d'avoir sur le champ une idée de l'envergure du projet et de déterminer la méthode de calcul à utiliser pour dimensionner l'ouvrage.

Chacun des bassins versants est délimité par un logiciel qui s'appelle Global Mapper. Cette approche informatique permet alors l'obtention de l'information pertinente associée aux caractéristiques d'un bassin de drainage.

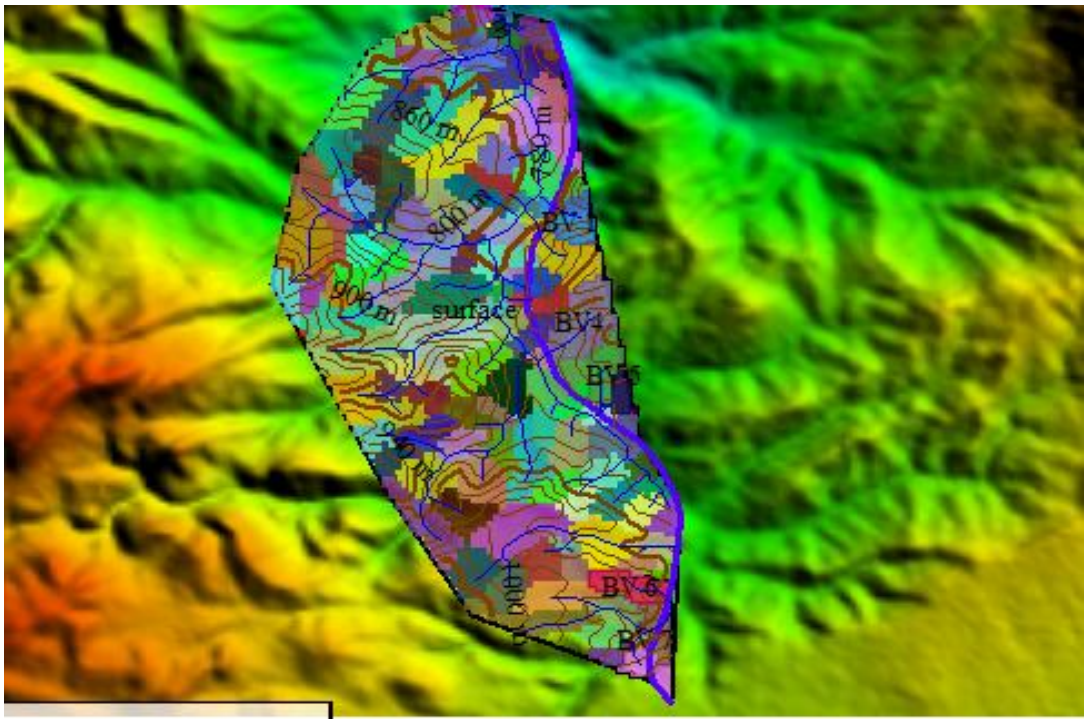


Figure VIII.1 : Model numérique des bassins versants

La détermination de la superficie du bassin versant drainée par un cours d'eau à un site particulier est une opération préliminaire essentielle à toute étude pour établir les dimensions minimales d'une structure au point de vue hydraulique.

Les caractéristiques physiques en fonction de la structure des talwegs et des lignes de crêtes. Ces caractéristiques sont :

S : la superficie du bassin versant est la portion du plan délimitée par la ligne de crête, ou contour du bassin (pour notre cas elles sont données).

L : longueur du cours d'eau principal.

H_{max}: Altitude max.

H_{min} : Altitude min.

H_{moy}: Altitude moyenne.

P : indice de pente, tel que :

$$P = \frac{H_{max} - H_{min}}{L}$$

Les caractéristiques physiques des bassins versants traversé par notre tracé sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau VIII.1: caractéristiques physiques des bassins versants

N° BV	PK	S ($\boldsymbol{Km^2}$)	L ($\boldsymbol{km}$)	$\boldsymbol{H_{max}}$ (m)	$\boldsymbol{H_{min}}$	$\boldsymbol{H_{moy}}$	P
BV1	104 + 500	0.304	3.116	896	793	844.5	0.033
BV2	105+100	0.3739	3.544	934	804	869	0.0367
BV3	105+700	0.1183	1.945	915	823	869	0.0473
BV4	160+900	0.594	4.334	904	827	865.5	0.0178
BV5	107+900	0.4068	4.262	904	827	865.5	0.0160
BV6	108+700	0.295	3.248	956	876	916	0.0246
BV7	109+300	0.4127	4.309	953	882	917.5	0.016

VIII.3.2. L'estimation des débits de crue :

L'estimation des débits de crue correspondant aux bassins versant naturels du projet est fonction de plusieurs facteurs. Pour le calcul on se propose d'appliquer les formules les plus utilisées en Algérie qui sont fonction de la surface des bassins versant comme suit :

- ✓ La formule rationnelle pour les bassins versant inférieur à10 Km^2.
- ✓ La formule CRUPEDIX pour les bassins versants supérieurs à 50 Km^2.
- ✓ La formule de transition pour les bassins compris entre 10 et 50 Km^2.

Pour notre projet nous remarquant que les surfaces des bassins versant sont < 10 Km², donc on va appliquer la méthode rationnelle .

VIII.4. Calcul de débit :

pour évaluer l'ordre de grandeur du débit maximum des eaux de ruissellement susceptibles d'être recueillies par les fossés ou par un exutoire, on peut employer la méthode appelée La méthode **Rationnelle** dont nous rappelons très sommairement le principe :

Qa ≤ Qs

- ✓ **Qa** : Débit d'apport en provenance du bassin versant (m3/s).
- ✓ **Qs** : Débit d'écoulement au point de saturation (m3/s).

VIII.4.1. Le débit d'apport :

est calculé par la méthode Rationnelle selon la formule suivante :

Qa = K.C.I.A

Avec :

- ✓ **Q** : Débit maximum d'eau pluviale (m3/s)
- ✓ **K** : Coefficient qui permet la conversion des unités. k=0.278 pour les unités suivantes Qa (m3/s), I (mm/h), A (km²)
- ✓ **I** : Intensité moyenne de la pluie (mm/h).
- ✓ **C** : Coefficient de ruissellement.
- ✓ **A** : aire du bassin versant (m²).

VIII.4.2. Temps de concentration « Tc » :

Il représente la caractéristique principale de toutes les formules permettant le passage des pluies au débit ; c'est le temps que met une goutte de pluie pour parvenir du point hydraulique le plus éloigné à l'exutoire considéré.

Dépendant des caractéristiques du bassin draine ; le temps de concentration est estime respectivement d'après **VENTURA, PASSINI, GIANDOTTI** comme suite :

- **Surface inférieure à 5 (Km2)** :

Il est calculé à l'aide de la formule de **VENTURA** :

$$Tc = 0.127 \sqrt{\left(\frac{A}{P}\right)}$$

- ✓ Tc : Temps de concentration exprimé en heure (h) ;
- ✓ S : Surface du bassin versant (km²) ;
- ✓ P : Pente moyenne du bassin versant (m/m).

- **Surface comprise entre :: 5km²<A<25 km²**

Il est calculé à l'aide de la formule de **PASSINI**:

$$Tc = 0.108 \frac{(A.L)^{\frac{1}{3}}}{P^{\frac{1}{2}}}$$

- ✓ Tc : Temps de concentration exprimé en heure (h) ;
- ✓ S : Surface du bassin versant (km²) ;
- ✓ P : Pente moyenne du bassin versant (m/m) ;
- ✓ L : Longueur du cours d'eau principal en km ;

- **Surface comprise entre : 25 km² <A< 200 km²** :

Il est calculé à l'aide de la formule de **GIANDOTTI** :

$$Tc = \frac{4A^{0.5}+1.5L}{0.8H^{0.5}} ; \quad H= H_{moy} - H_{min}$$

- ✓ Tc : Temps de concentration (heure).
- ✓ A : Superficie du bassin versant (km²).
- ✓ L : Longueur de bassin versant (km).

- ✓ P : Pente moyenne du bassin versant.
- ✓ H : La différence entre la côte moyenne et la côte minimale (m) .

VIII.4.3. Coefficient de ruissellement :

C'est le rapport de volume d'eau qui ruisselle sur une surface donnée au volume d'eau tombant sur elle. Il peut être choisi suivant le tableau ci-après :

C = C1+C2+C3

- ✓ C1 : Dépend de la pente longitudinale du thalwag.
- ✓ C2 : Dépend de la nature du sol (perméabilité).
- ✓ C3 : Dépend de la couverture végétale du bassin versant.

Tableau VIII.2: valeurs du coefficient C1

Pente%	**Coefficient C1**
P < 3,5 %	0,01-0,03-0,05
3,5 % <P < 11 %	0,06-0,08-0,10
11 % <P < 35 %	0,12-0,16-0,20
35 %<P	0,22-0,26-0,30

Tableau VIII.3: valeurs du coefficient C2

Nature du sol	**Coefficient C2**
Imperméable	0,22-0,26-0,30
peu imperméable	0,10-0,15-0,30
Perméable	0,06-0,08-0,10
Très perméable	0,03-0,04-0,05

Tableau VIII.4: Valeurs du coefficient C3

Taux de couverture de surface	**Coefficient C3**
Sol rocheux	0,22-0,26-0,30
Prairie	0,07-0,21-0,25
Labours -Champs	0,07-0,11-0,15
Forêts et territoire sableux	0,03-0,04-0,05

VIII.4.4. L'intensité de pluie :

Elle est tirée à partir des graphes IDF (Intensité-Durée-Fréquence) ou bien Par la formule de Montana, qui sont spécifique à la station de SETIF . Le débit de saturation Qs:

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

- ✓ I : intensité de pluie (mm/h).
- ✓ T : période de retour (ans)
- ✓ t=Tc : temps de l'averse égal au temps de concentration (h)
- ✓ a et b : paramètres de Montana avec **b = 0.69**

Le paramètre « a » pour les différentes fréquences est donné dans le tableau suivant :

Tableau VIII.5: Valeurs du paramètre « a » pour les différentes fréquences

T (ans)	2	5	10	20	50	100
a(T)	30.3	40.5	47.3	53.8	62.1	68.4

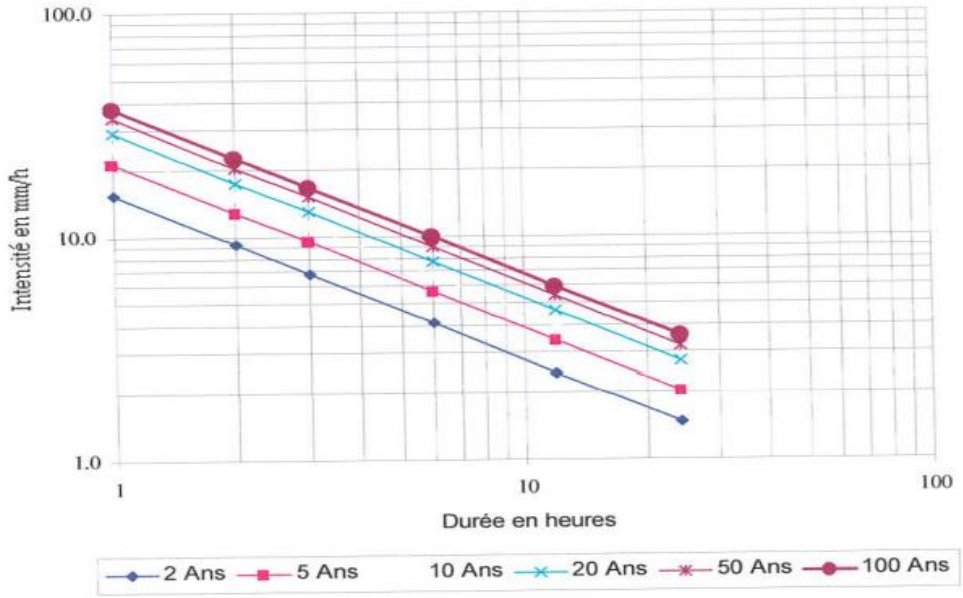


Figure VIII.2 : Courbes intensité-durée –fréquence.

VIII.4.4.1. La fréquence f :

- ✓ Les buses et les fossés seront dimensionnée pour une période de retour 10 ans.
- ✓ Les dalots seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.
- ✓ Les ponts seront dimensionnés pour une période de retour 100 ans.

VIII.5. Application au projet : (Pour BV 01)

Le coefficient de ruissèlement c :

Apres analyse du bassin versant les coefficients partiels sont égales à :

T (ans)	10	50	100
c	0.5	0.6	0.65

Temps de concentration :

On a :

S < 5 km² donc on utilise la formule de **VENTURA :**

Tc = 0.127 $\left(\frac{0.304}{0.033}\right)^{0.5}$ **= 0.39 h**

Intensités de pluies :

On a :

$(\boldsymbol{t}, \mathbf{10}) = \frac{47.3}{0.39^{0.69}}$ = **90.58 mm/h.**

$(\boldsymbol{t}, \mathbf{50}) = \frac{62.1}{0.39^{0.69}}$ = **118.9 mm/h**.

$(\boldsymbol{t}, \mathbf{0}) = \frac{68.4}{0.39^{0.69}}$ = **130.98 mm/h.**

Calcul de débit :

Q (100 ans) = 0.278 × 0.65 × 130.98 × 0.304 = **7.19** $\boldsymbol{m^3/s}$

Q (50 ans) = 0.278× 0.6 × 118.9 ×0.304 = **6.03** $\boldsymbol{m^3/s}$

Q (10 ans) = 0.278× 0.5 × 90.58 × 0.304 = 3.83 $\boldsymbol{m^3/s}$

Présentation des résultats :

Les résultats de calcul sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau VIII.6: Résultats de calcul des intensités de pluies.

N° BV	1	2	3	4	5	6	7
tc(heure)	0.39	0.41	0.2	0.73	0.64	0.44	0.65
$\boldsymbol{I\ (t, 10)}$	90.58	87.5	143.6	85.77	64.36	83.34	63.67
$\boldsymbol{I\ (t, 50)}$	118.9	114.89	188.53	77.16	84.5	109.42	83.59
$\boldsymbol{(t, 100)}$	130.98	126.54	207.65	84.99	93.06	120.52	92.08

Les tableaux suivants récapitulent pour les bassins versants de la zone d'étude les valeurs de débits max des périodes de retour retenues, à savoir 100, 50 et 10 ans :

Tableau VIII.7 Valeurs des débits de crue.

N° BV	PK	$\boldsymbol{Q_{10}\ (m^3/s)}$	$\boldsymbol{Q_{50}\ (m^3/s)}$	$\boldsymbol{Q_{100}\ (m^3/s)}$
BV1	104 + 500	3.83	6.03	7.19
BV2	105+100	5.91	7.76	8.55
BV3	105+700	3.06	4.02	4.43
BV4	160+900	9.21	8.28	9.12
BV5	107+900	4.73	6.21	6.84
BV6	108+700	4.44	5.83	6.42
BV7	109+300	4.75	6.24	6.87

Interprétation des résultats :

On remarque des débits faibles (<20 $\boldsymbol{m^3/s}$) donc on adopte soit des dalots ou des buses.

VIII.6.ETUDE HYDRAULIQUE :

VIII.6.1. Calcul des ouvrages hydrauliques :

Cette partie consiste à dimensionner les ouvrages de franchissement de cours d'eau (dalots et buses), sur la base des résultats trouvées dans l'étude hydrologique, tel que :

- ✓ Les buses ont pour but d'assurer souterrainement l'écoulement des eaux lorsque leur volume est faible.
- ✓ Pour le volume important on construit alors des dalots.

VIII.6.2. Estimation des débits de saturation des ouvrages :

Le débit de saturation ou le débit capable est calculé par le biais de la formule de Manning Strickler sur un écoulement en régime uniforme.

$$Q_s = \text{S. K.} R^{\frac{2}{3}} . J^{\frac{1}{2}}$$

- ✓ S : section mouillée.
- ✓ K : coefficient de STRIKLER.
- ✓ R : rayon hydraulique(m).
- ✓ J : pente longitudinale du fossé.

VIII.7.Dimensionnement des Fossés et Buses et Dalots (ouvrage transversaux) :

VIII.7.1. Dimensionnement des buses :

Ces ouvrages sont réalisés pour évacuer les eaux des fossés vers les cours d'eau, ils sont réalisés généralement en béton armé qui répond à différents critères telle que la résistance aux chocs.

Il existe deux types de buses qui sont couramment utilisées de nos jours **:**

- ✓ Les buses en béton ;
- ✓ Les buses métalliques.

Le dimensionnement d'une buse résulte de la comparaison entre le débit d'apport Qa trouvé dans la partie étude hydrologique, et le débit de saturation de cette buse, donné par la formule de Manning Strickler.

Pour des raisons de nettoyage, la buse doit avoir une section minimale de D > 1.0 m

On doit juste remplace : Sm = $\pi . R^2$; $R_h = \frac{R}{2}$; K = 70

Et on applique l'égalité : Qa = QS

On trouve : R = $\left(\frac{Qa}{K_{st} J^{\frac{1}{2}} . (\frac{1}{2})^{\frac{2}{3}} \pi}\right)^{\frac{3}{8}}$

Une fois on a déterminé R on doit vérifier les conditions d'auto curage suivantes :

- ✓ V > 1 m/s pour Q = Q_{ps}
- ✓ V > 0.6 m/s pour Q=0.1Q_{ps}
- ✓ V > 0.3 m/s pour Q=0.01 Q_{ps}

Avec : $\boldsymbol{Q_{ps}}$: Débit pleine section.

Si l'une des conditions n'est pas vérifiée on doit choisir une autre valeur de R (de préférence on choisit un diamètre commercialisé selon la disponibilité dans le marché).

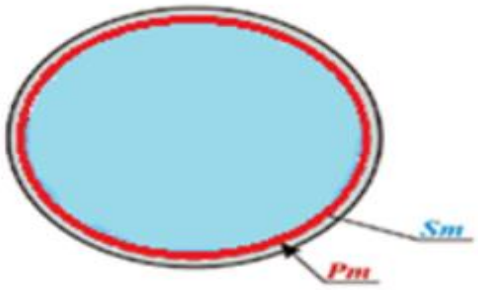


Figure VIII.3 : Buse.

VIII.7.1.1. Application au projet :

Les résultats de calculs du dimensionnement des buses de transit et la vérification des conditions d'auto curage sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau VIII.8 Dimensionnement des buses

N° BV	PK	Q_{50} (m^3/s)	P	R(m)	V (m/s)	∅ (mm)
BV1	104 + 500	6.03	0.01	0.732	3.58	1500
BV3	105+700	4.02	0.01	0.629	3.24	1500
BV5	107+900	6.21	0.01	0.740	3.61	1500
BV6	108+700	5.83	0.01	0.723	3.55	1500
BV7	109+300	6.24	0.01	0.741	3.61	1500

Vérification de condition d'autocurage :

Q_{ps} = K × π × $I^{\frac{1}{2}}$ × $2^{\frac{-2}{3}}$ × $R^{\frac{8}{3}}$ = 70× π ×$2^{\frac{-2}{3}}$ × $0.01^{\frac{1}{2}}$ × $0.74^{\frac{8}{3}}$ = 6.21 m/s

- ✓ **Condition d'autocurage 1 :**

$\frac{Q}{Q_{ps}} = 0.1 \longrightarrow \frac{V}{V_{ps}} = 0.64$

$V_{ps} = \frac{Q_{ps}}{A} = \frac{6.21}{3.14 \times 0.74^2} = 3.61$ m/s .

V = Vps x 0.64 = 2.31 m/s > 0.6 m/s √ **Vérifie**

- ✓ **Condition d'autocurage 2 :**

$\frac{Q}{Q_{ps}} = 0.1 \longrightarrow \frac{V}{V_{ps}} = 0.316$

V = 3.61 x 0.316 = 1.14 m/s > 0.3 m/s √ **Vérifie**

Tableau VIII.9:Nombre des buses.

Désignation	Nombre d'ouvrage
Buse Φ 1500(mm)	**5**

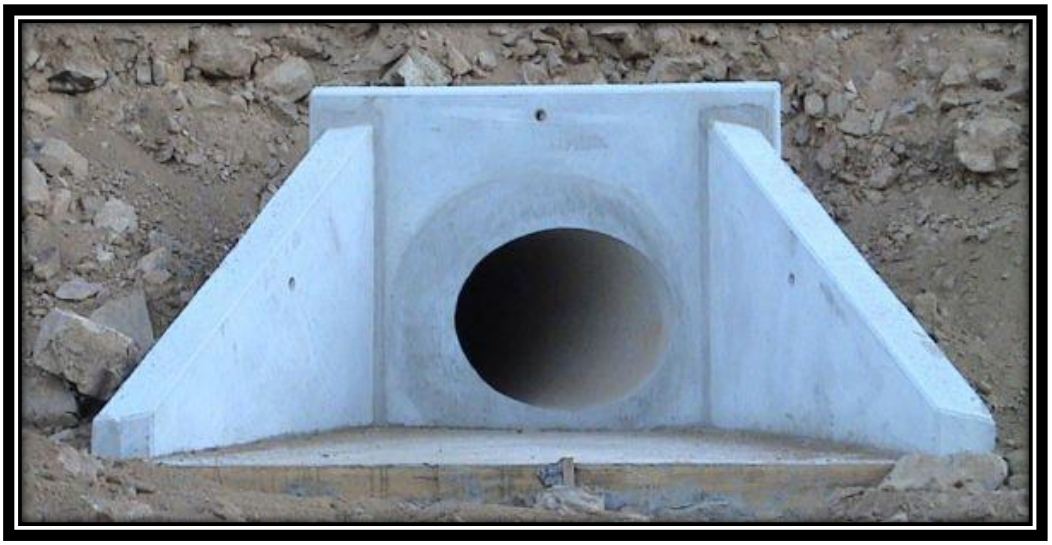


Figure VIII.4 : Photo d'une tête de buse.

VIII.7.2. Dimensionnement des Dalots :

De la même façon comme les buses, on utilise la formule de Manning Strickler, tel que la section et le périmètre mouillés sont calculés pour une hauteur de remplissage égale à :

$$\boldsymbol{Hr = 0.8H.}$$

$$\boldsymbol{Q_s = S_m \,.\, K_{st} \,.\, J^{\frac{1}{2}} \,.\, R^{\frac{2}{3}}}$$

- ✓ K_{st} : Coefficient d'écoulement de Manning Strickler = 70 pour les dalots.
- ✓ La surface mouillée : Sm = 0.8H × B.
- ✓ Le périmètre mouillé : P_m = 1.6H + B
- ✓ Le rayon hydraulique : RH = $\frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8H \times B}{1.6H + B}$

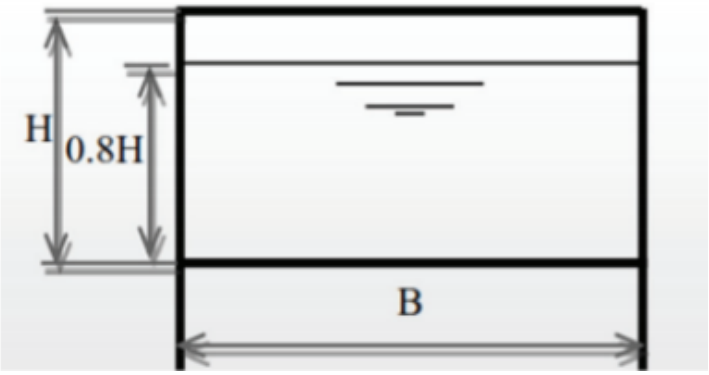


Figure VIII.5 : Dalot.

$$Q_a = Q_s = S_m \cdot K_{st} \cdot J^{\frac{1}{2}} \cdot S \cdot RH^{\frac{2}{3}}$$

Alors :

$$H = \frac{1}{0.8B}\left(\frac{Q_a}{K_{st} \cdot J^{\frac{1}{2}}}\right)^{\frac{3}{5}} (1.6H + B)^{\frac{2}{5}}$$

On fixe la valeur de B et on tire la hauteur H par itération.

VIII.7.2.1. Application au projet :

On prend **B = 2 m** et On tire la hauteur H par itération qui vérifie cette inégalité.

Tableau VIII.10: Calcul itératif de dimensionnement des dalots

N° BV	PK	Q (m^3/s)	H0 (m)	H1 m)	H2 (m)	H3 (mm)	H4(mm)	H5(mm)
BV2	105+100	7.76	1.058	1.087	1.095	1.097	1.097	1.097
BV4	160+900	8.28	1.088	1.10	1.123	1.128	1.129	1.129

Tableau VIII.11: Dimensionnement des dalots.

BV	PK (m)	Ouvrages sélectionnés (dalot)
BV2	105+100	B = 2 m H =1.5m
BV4	160+900	B = 2 m H =1.5 m



Figure VIII.6 : Photo d'une tête de dalot

Tableau VIII.12: Nombre des dalots.

Désignation	Nombre d'ouvrage
Dalot (2m x 1.5 m)	**02**

VIII.7.2.2. Calcul de la hauteur d'eau critique h :

Pour un écoulement critique :

$$Fr = 1 \longrightarrow \frac{V}{\sqrt{g \times hc}} = 1 \longrightarrow \frac{Q}{Sc \times \sqrt{g \times hc}} = 1$$

On trouve : $$hc = \sqrt[3]{\frac{Qa^2}{0.8^2 \times b^2 \times g}}$$

h > hc : le dalot est correctement dimensionnée.

VIII.7.2.3. Exemple de calcul (BV 02 Dalot (B = 2m et H = 1.5 m)) :

$$hc = \sqrt[3]{\frac{7.76^2}{0.8^2 \times 2^2 \times 10}} = \mathbf{1.33\ m}$$

Les dimensions des dalots à préconiser pour notre projet sont données dans le tableau suivant :

Tableau VIII.13: Les valeurs de la hauteur d'eau critique hc

BV	Q (m3 /s)	H (m)	hc
BV2	7.76	1.5	1.33
BV4	8.28	1.5	1.39

VIII.7.3. Dimensionnement des fossés :

On considère la présence des quatre éléments (chaussée, berme, talus), on calculant le débit rapporté par chaque élément de la route et le débit total.

Donc : **Qa = Qc + Qb + Qt**

- ✓ Q_c = K.I. C_c . A_c
- ✓ Q_b= K.I. C_b . A_b
- ✓ Q_t = K.I. C_t . A_t

Avec :

- ✓ Q_c : Débit rapporté par la chaussée.
- ✓ Q_b : Débit rapporté par la berme.
- ✓ Q_t : Débit rapporté par le talus.
- ✓ C_c : Coefficient de ruissellement de la chaussée.
- ✓ C_b : Coefficient de ruissellement de berme.
- ✓ C_t : Coefficient de ruissellement du talus.
- ✓ A_c : Surface de la chaussée.
- ✓ A_b : Surface de berme.
- ✓ A_t : Surface du talus.

a. La section mouillée :

Sm = b h + 2($\frac{eh}{2}$) avec : $\frac{1}{tan\ \alpha}$ = m

D′où : e = m. h

$$\mathbf{Sm = bh + mh^2 \Rightarrow Sm = h(b + mh)}$$

b. Le périmètre mouillé :

Pm= b + 2.B

$$\sqrt{h^2 + e^2)} = \sqrt{h^2 + hm^2)} = h^2\sqrt{h^2 + m^2)}$$

$$Pm = b + 2h\sqrt{h^2 + m^2)}$$

***c.* Le Rayon hydraulique :**

$$Rh = \frac{S_m}{P_m} = \frac{h(b + mh)}{b + 2h\sqrt{h^2 + m^2)}}$$

On applique l'égalité : $Q_a = Q_s$

$$Q_a = Q_s = \frac{1}{n} \cdot J^{\frac{1}{2}} \left[\frac{h(b + mh)}{b + 2h\sqrt{h^2 + m^2)}}\right]^{\frac{2}{3}} \cdot h(b + mh)$$

VIII.7.3.1. Application au projet :

Fossé de pied de talus en déblai :

Le dimensionnement se fait dans le cas le plus défavorable, où il y a une hauteur importante du déblai h=18.25 m, qui s'étende sur une longueur importante avec l'inclinaison du terrain vers le déblai.

D'après le profil en long, notre cas situé entre PK 103+825 et PK 104+215 avec une longueur de L=390 m et de pente I= 2.485 %

Tableau VIII.14: Les caractéristiques des sous bassins versants concernées.

SBV	Largeur(m)	Pente (%)	**Surface** (**m²**)
Chaussée+ B.A. U+BDG	14.5	2.5	5655
Berme	1	8	390
Talus de déblai	18.25	66.67	7117.5

Temps de concentration :

Les surfaces des bassins versant sont inférieures à 5 Km² donc on utilise la formule de **Ventura :**

$$Tc = 0.127 \sqrt{(\frac{A}{P})}$$

Intensité de pluie :

Elle est calculée par la formule :

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

Avec :

b = 0.69 .

(T): Coefficient de Montana : (T) = 47.3 .

Coefficient de ruissellement (C) :

C'est le rapport du volume d'eau qui ruisselle sur une surface au volume d'eau tombe sur elle. Il dépend de la nature du sol, la forme et la pente du terrain, ainsi la couverture végétale.

Tableau VIII.15: Les coefficients de ruissellements.

Type de chaussée	Valeur de C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.80 à 0.95	0.95
Accotement : sol légèrement perméable	0.10 à 0.40	0.4
Talus	0.10 à 0.30	0.3

Calcul de débit d'apport Qa :

On utilise la méthode rationnelle on trouve :

Tableau VIII.16: Le débit équivalent des bassins versants.

SBV	A (km²)	C	p(%)	tc(heure)	It(mm/h)	Q(m3 /s)
Chaussée +B.A. U+BDG	5.65×10^{-3}	0.95	2.5	0.06	329.56	0.491
Berme	0.39×10^{-3}	0.4	8	0.0087	1249.09	0.054
Talus du déblai	7.117×10^{-3}	0.3	66.67	0.013	946.76	0.561
Le débit total en (**m3 /s**)						1.106

On a :

$$Q_a = Q_s = \frac{1}{n} \cdot J^{\frac{1}{2}} \left[\frac{h(b+mh)}{b+2h\sqrt{h^2+m^2)}}\right]^{\frac{2}{3}} \cdot h\,(b+mh)$$

On prend **b = 0.5 m** et On tire la hauteur h par itération.

Pour la pente hydraulique du fossé « I », on a : **I=2.485 %**

$\boldsymbol{K_{St}}$**:** Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = 70

$$h = \left[\frac{Qa}{\boldsymbol{K_{St}}.\mathbf{0.5}\,.\,\sqrt{I}}\right]^{3/5} \quad \frac{\left[1+2\sqrt{2}\,x\,\frac{h}{0.5}\right]^{2/5}}{1+\frac{h}{0.5}}$$

$$h_{n+1} = \left[\frac{1.106}{70.0.5\,.\,\sqrt{0.0249}}\right]^{3}/_{5} \quad \frac{[1+5.65h]^{2}/_{5}}{1+2h_n}$$

D'après le calcul itératif on a trouvé la hauteur **h = 0.425 m**

Pour des raisons de sécurités et d'exécution sur chantier, nous optons pour un fossé standard : (**b=50 cm, h=50 cm**).

Fossé de pied de talus en remblai :

Le dimensionnement se fait dans le cas le plus défavorable, où il y a une hauteur importante du remblai **h=14 m**, qui s'étende sur une longueur importante avec l'inclinaison du terrain vers le déblai.

D'après le profil en long, notre cas situé entre **PK 101+000** et **PK 101+450km** avec une longueur de **L=450 m** et de pente **I= 4.730 %.**

Tableau VIII.17: Le débit équivalent des bassins versants.

SBV	A (km²)	C	p(%)	tc(heure)	It(mm/h)	Q(m3 /s)
Chaussée +B.A.U+BDG	6.53×10^{-3}	0.95	2.5	0.065	311.85	0.538
Berme	0.45×10^{-3}	0.4	8	0.0095	1175.52	0.059
Talus du déblai	6.3×10^{-3}	0.3	66.67	0.012	1000.52	0.526
Le débit total en (**m3 /s**)						1.123

On pose : **b = 0.5 m**

D'après le calcul itératif on a trouvé la hauteur : **h = 0.427 m**

Nous optons pour un fossé: (**b=50 cm, h=50 cm**).

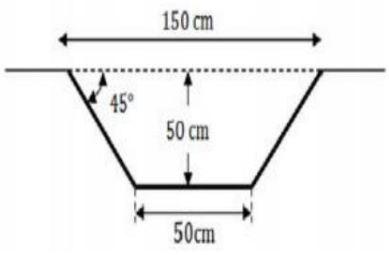


Figure VIII.7: Dimensions du faussée.

Chapitre IX : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

IX.1. INTRODUCTION :

Un échangeur est un carrefour dénivelé entre deux routes avec raccordement de circulation entre les voies qui se croisent. C'est un dispositif de raccordement qui permet aux conducteurs de changer la route par le biais des bretelles.
Dans ce chapitre en va s'intéresser à la conception d'un échangeur prévu au PK 106+150.

IX.2. ROLE D'UN ECHANGEUR :

L'échangeur est un ouvrage permettant de :

- ✓ Assurer la continuité des réseaux autoroutiers.
- ✓ Permet un écoulement libre de grands débits de circulation dans les différentes directions.
- ✓ Facilité aux usagers un déplacement dans de bonne condition de confort et de sécurité.
- ✓ Éviter les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents.
- ✓ Éviter les points d'arrêt provoque des pertes de temps.
- ✓ Eviter les contraintes d'arrêt et de reprise.

IX.3. LES ELEMENTS D'UN ECHANGEUR :

Tout échangeur quel que soit son importance sa classe ou sa forme, est constitué d'un assemblage de trois éléments qui sont :

IX.3.1. Pont :

Pour assurer un passage supérieur ou inférieur, on peut déterminer le nombre des ouvrages (ponts) en fonctions de :

- ✓ Le type d'échangeur à implanter.
- ✓ Les contraintes du site d'implantation.
- ✓ Les conditions de coordinations profil en long et tracé en plan.
- ✓ Les conditions de réglementations et de conception.

IX.3.2. Carrefour plan :

On trouve les carrefours plans seulement entre raccordement routiers ordinaires, leur aménagement doit tenir compte des facteurs de sécurité et de confort.

IX.3.3. Brettelle :

Ce sont des voies qui se détachent et se raccordent entre les deux directions qui se croisent, on distingue trois types de brettelle : boucle, anse et diagonale. Leurs combinaisons donnent différents types d'échangeur.

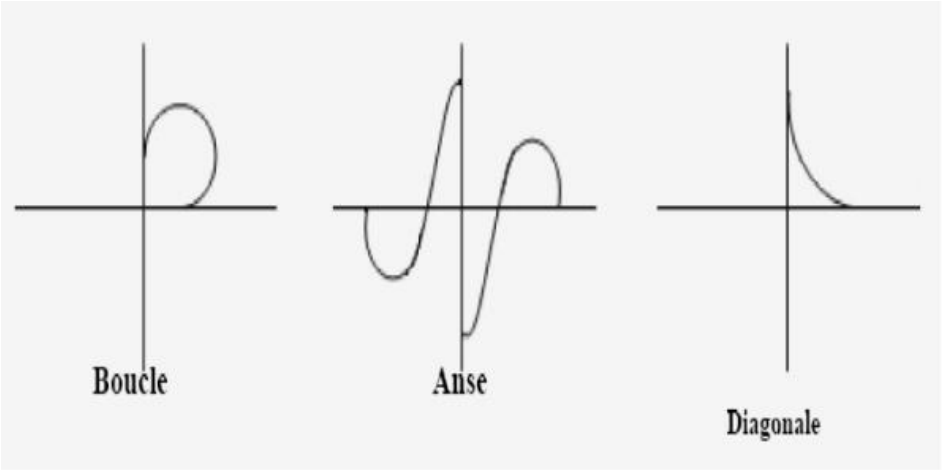


Figure IX.1: Les type de bretelles.

IX.4. TYPES D'ECHANGEUR :

La conception d'échangeur est toujours influencée par plusieurs facteurs comme :

- ✓ La catégorie de l'autoroute.
- ✓ Les caractères et composition du trafic.
- ✓ La vitesse à désigner et le degré de maîtrise d'accès.
- ✓ Les contraintes topographiques et environnementales.
- ✓ L'aspect coût.

Selon ces facteurs on distingue :

IX.4.1. Echangeur majeur :

Il assure le raccordement autoroute- autoroute, sans qu'il y ait de cisaillement dans les deux autoroutes à raccorder. On distingue les configurations suivantes :

- ✓ **Trèfle complet** : utilisé pour raccordement à quatre branches, et qui est généralement justifié par un trafic important.
- ✓ **Type bifurcation « Y »** : Pour un raccordement à trois branches.

IX.4.2. Echangeur mineur :

Il assure le raccordement autoroute –route, les schémas concernent par le raccordement sont :

- ✓ **Losange :** configuration à quatre (04) branches correspondant au schéma d'aménagement le plus simple (bretelles directes), ce type est adapté principalement pour une distribution symétrique des trafics d'échange.
- ✓ **Demi –trèfle :** configuration à quatre (04) branches, adapté principalement pour une distribution dissymétrique des trafics d'échange.
- ✓ **Trompette :** Utilisé dans le cas de raccordement entre trois branches.

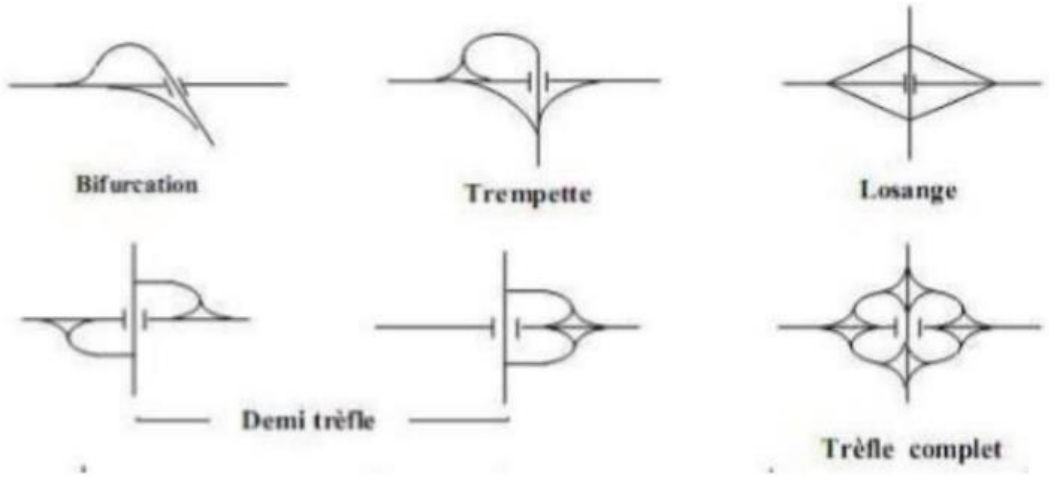


Figure XI.2 : Types d'échangeur

IX.5. LES REGLES DE CONCEPTION :

L'échangeur a adopté doit assurer un haut niveau de sécurité et de service. Et pour assurer celle-ci en doit respecter les normes de la conception suivantes **:**

- ✓ Respecter les valeurs limites de conception.
- ✓ Eviter le passage au voisinage des habitations et des maisons publiques.
- ✓ Eviter les terrassements importants.
- ✓ Respect des règles de visibilité spécifiques aux accès.
- ✓ Eviter Les longs alignements droits.
- ✓ Eviter les sites en courbe de faibles rayons.
- ✓ Eviter les sections à forte déclivité.

IX.6. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES BRETELLES :

D'après les normes d'ICTAAL échangeur (complément d'ICTAAL 2000), une branche à une voie issue d'une sortie en déboitement est conçue géométriquement comme une bretelle de diffuseur.

IX.6.1. Tracé en plan :

IX.6.1.1. Valeurs limites des rayons :

Sont définie comme suit : (COMPLEMENTS à l'ICTAAL, 2006)

Tableau IX.1: valeurs limites des rayons de tracé en plan.

	Voie de sortie	Boucle
Rayon minimal à 7% de devers Rm	40m (avec 100 m minimum pour le 1ér rencontré hors sortie en boucle)	40m
Rayon minimal au devers normal Rdn	300m	----
Rayon maximal dans la boucle	----	60m

IX.6.1.2. 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<=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.

IX.6.1.3. Raccordement progressive :

D'après l'ICTAAL, pour les branches a une voie, une courbe circulaire de rayon inférieur ou égal à 1,5 Rdn est encadrée par deux arcs de clothoide. Si cette condition est trop contraignante, on peut limiter son application aux courbes de rayon inférieur ou égal à Rdn dans les bretelles. La longueur Lc des arcs de clothoide est égale à la plus grande des deux valeurs : 6R 0.4 et 7| Δd | ; ou R note le rayon de courbure (en m), et | Δd | la différence des

pentes transversales (en %) des éléments du trace raccordes. Il s'agit de longueurs minimales, mais il n'est pas recommandé de recourir à des valeurs supérieures, qui peuvent rendre l'appréciation de la courbure finale plus difficile pour l'usager.

IX.6.1.4. Raccordement avec l'autoroute :

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

IX.6.1.5. Zones de décélération et d'accélération :

a. La zone de décélération :

Le dispositif de sortie comporte successivement :

- ✓ Une section de manœuvre qui est un biseau contigu à l'autoroute, longue de150 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/s2 .

En sortie, l'utilisation de rayon> 120 m est fortement conseillé (pour le 1er rayon rencontré).

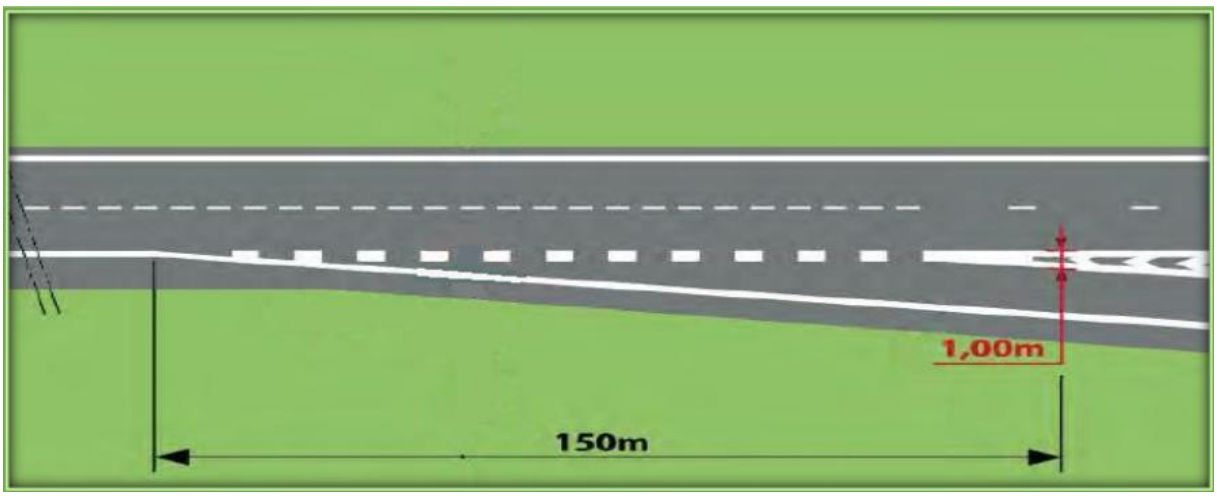


Figure IX.3 : longueur de décélération (ICTAAL échangeur).

b. Zone d'accélération :

Le dispositif d'entrée comprend successivement :

- ✓ Une section d'accélération doit permettre d'amener le véhicule à une vitesse conventionnelle d'au moins 55km/h au niveau du point E=1.00m pour une accélération de 1m/s². Sa longueur dépend du rayon de la dernière courbe de la bretelle.
- ✓ Une section de manœuvre adjacente à la chaussée de l'autoroute, longue de 200 m.
- ✓ Un biseau long de 75 m

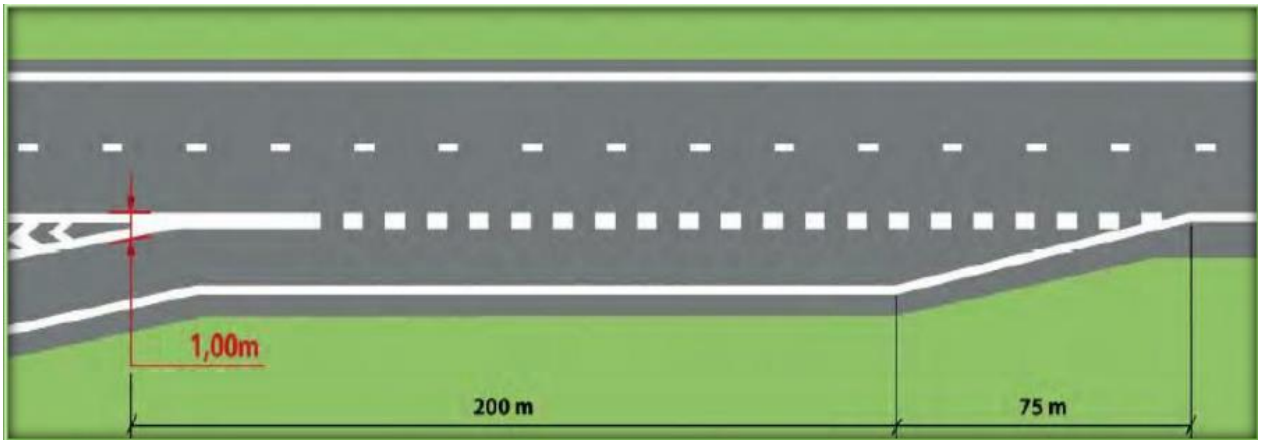


Figure IX.4 : longueur d'accélération (ICTAAL échangeur).

IX.6.2. Profil en long :

Les valeurs limites des paramètres du profil en long sont données danse le tableau suivant :

Déclivité maximale	**6%**
Angle saillant minimal	1500m
Angle rentrant minimal	800m

Tableau IX..2 : valeurs limites des paramètres du profil en long (ICTAAL échangeur).

IX.6.3. Profil en travers :

Les largeurs des composantes du profil en travers sont les suivants :

Tableau IX.3 : largeurs des composantes du profil en travers (ICTAAL échangeur).

Elément	Largeur (m)
Chaussée	3.5+1/R pour R<100m
Bande dérasée gauche BDG	0.5 m
Bande dérasée droite BDD	1 m

IX.6.3.1. Pente transversale :

Le profil d'une chaussée unidirectionnelle est constitué d'un seul versant. Les bandes dérasées ont la même pente transversale que la voie adjacente.

Tableau IX.4: variation des dévers en fonction des rayons (ICTAAL échangeur).

Rayon (m)	Valeur du devers (%)
R ≥ 300	2.5
125 < R < 300	(964/R) – 0,7
R ≤ 125	7

IX.7. Visibilité :

IX.7.1. Visibilité sur l'entrée de l'autoroute :

La visibilité sur l'entrée de l'autoroute est au moins égale à la distance d'arrêt. La distance d'arrêt ( ) est la somme de la distance de freinage dans les conditions conventionnelles de l'état des pneus et chaussée mouillée, et la distance parcourue pendant le temps de perception-réaction (2 secondes).

$$\text{da} = \frac{V^2}{2\,g\,(\gamma(v)+p)} + 2V$$

Telle que :

- ✓ V en m/s ;
- ✓ γ(v) : décélération moyenne exprimée en fraction de g ; elle dépend de V
- ✓ p : la déclivité, en valeur algébrique.

D'après l'ICTAAL échangeur, **da** = 195m pour la vitesse de 110 km/h.

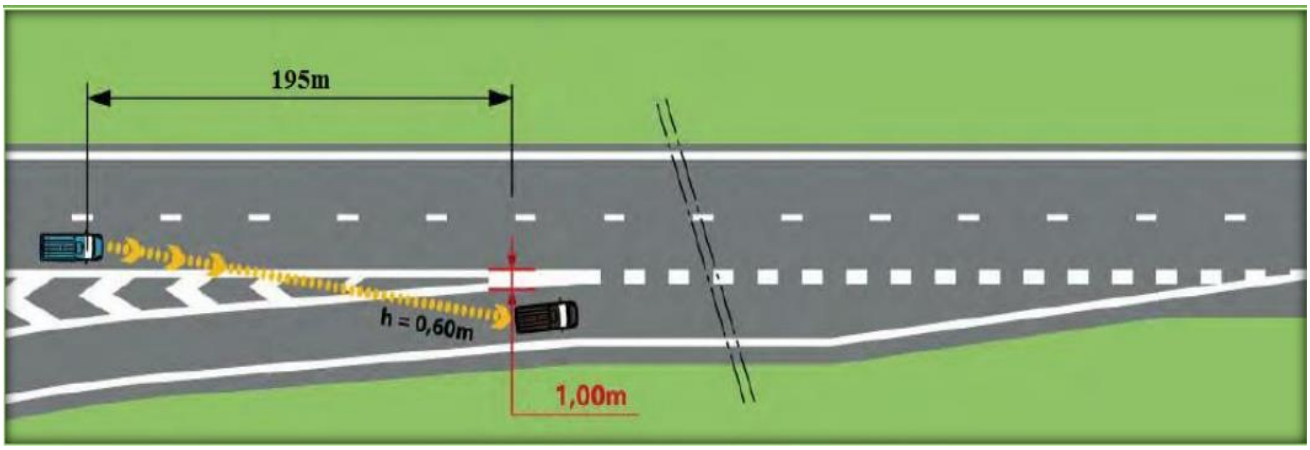


Figure IX.5 : distance d'arrêt (ICTAAL échangeur).

IX.7.2. Visibilité sur la sortie de l'autoroute :

La distance de manœuvre en sortie (**dms**) correspond à la distance parcourue durant 6 secondes

$$\mathbf{dms} = \mathbf{6}V$$

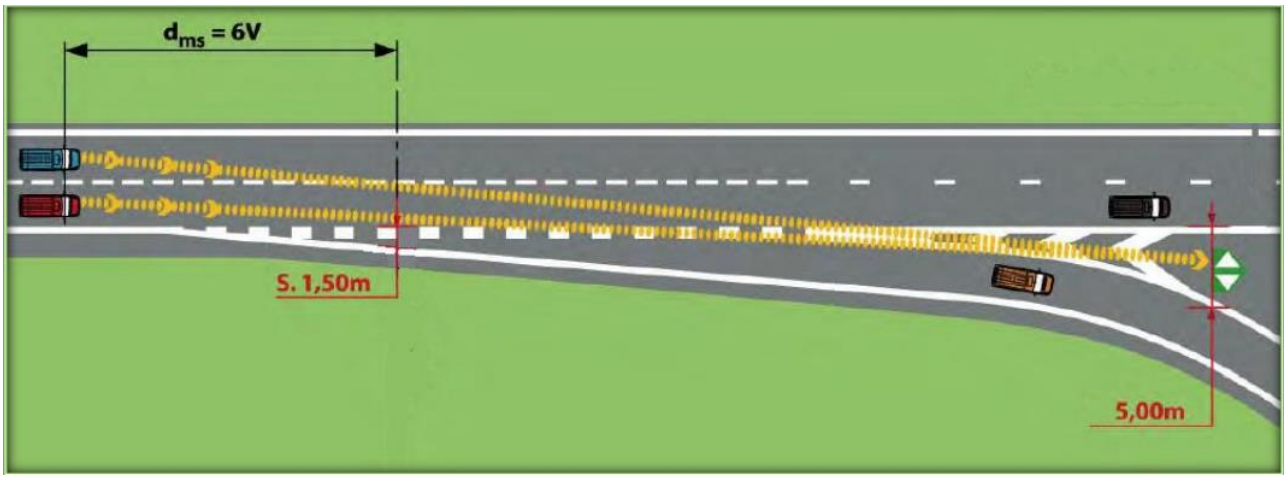


Figure IX.6 : distance de manœuvre de sortie (ICTAAL échangeur).

IX.8. Application du projet :

IX.8.1. Choix du type de l'échangeur :

Notre échangeur va relier la pénétrante à (2x3 voies) avec la route nationale (RNn°77) (2x2 voies). Le trafic sur cette liaison est Important donc on choisit un type diffuseur constitué essentiellement de quatre branches de quitte adroite.

Les valeurs des rayons adoptés, ainsi que les valeurs des longueurs d'accélération, de décélération, et de dévers, sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau IX.5 : caractéristiques des bretelles.

Bretelle	Rayon (m)	Divers (%)
B 1	55	7
B 2	60	7
B 3	55	7
B 4	55	7
D1	100	7
D 2	100	7
D 3	100	7
D 4	100	7

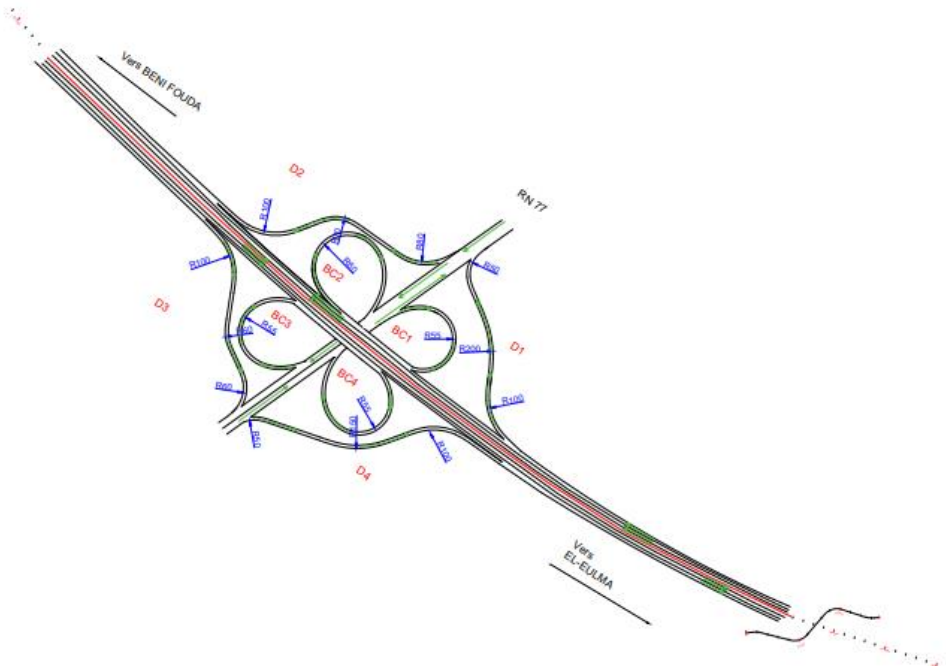


Figure IX.7 : l'échangeur de Ouled zergua

Chapitre X IMPACT SUR L'ENVIONNEMENT :

X.1. Introduction :

L'environnement traite de la combinaison des éléments naturels et socio-économiques qui constituent le cadre et les conditions de vie d'un individu, d'une population, d'une communauté à différentes échelles spatiales, La protection de l'environnement est une condition impérative pour assurer une croissance soutenue et une meilleure qualité de vie pour tous les peuples de la Terre. Le siècle de la prise en compte des grands problèmes écologiques, comme l'effet de serre, sera le siècle de l'industrie verte, Pour préserver l'avenir de l'humanité, il est donc devenu indispensable de veiller à protéger notre environnement. Aujourd'hui, les projets d'infrastructures sont, par nature, susceptibles d'impacter l'environnement, directement par la fragmentation et la consommation d'espace, mais aussi indirectement par leur exploitation et leurs effets induits. Tout projet introduit des modifications dans son environnement. L'analyse des impacts d'un projet permet d'anticiper et d'évaluer ces changements afin de les intégrer dans la gestion du projet.

X.2. Etude d'impact sur l'environnement :

L'étude d'impact sur l'environnement (EIE) est une étude détaillée à caractère analytique et prospectif aux fins de l'identification et de l'évaluation des incidences d'un projet sur l'environnement. Elle constitue un outil scientifique et technologique privilégié permettant la prise en compte des considérations environnementales dans les projets.

X.3. Objectifs de l'étude d'impact sur l'environnement :

Cette étude d'impact sur l'environnement permettra de :

- ✓ Disposer toutes les informations sur site d'implantation de projet.
- ✓ Évaluer correctement toutes les interactions entre le site (milieu naturel et humain) et son activité qui est susceptible d'agresser et dégrader le milieu naturel
- ✓ Savoir aussi si le milieu va avoir des effets négatifs sur le projet.
- ✓ Proposer des mesures visant à atténuer les impacts identifiés afin d'optimiser l'intégration du projet dans le milieu récepteur.

X.4. Méthodologie de l'étude :

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

- ✓ La description et contenu du projet par un bureau d'étude.
- ✓ Cadre juridique et réglementaire de l'étude d'impact sur l'environnement.

X.5. DESCRIPTION DE L'ETAT INITIALE DE LA ZONE D'ETUDE :

El Eulma (Saint-Arnaud durant l'époque coloniale) est une commune de la wilaya de Sétif, située à 26 km à l'est de Sétif et à 97 km à l'ouest de Constantine. Elle prend comme assise les hauts plateaux où la route nationale n°5, qui relie Alger à Constantine la traverse dans sa partie médiane. Elle a des frontières avec Guelta Zarka au nord, avec Belaa et Bir El Arch à l'est, avec Bazer Sakhra au sud, et avec Ouled Sabor à l'ouest.

La zone concernée par le projet est située au nord de la wilaya, elle se caractérise par un relief montagneux accidenté.

X.6. Analyse de l'état initial de la zone d'étude :

X.6.1. Données climatologiques :

La région est caractérisée par un climat froid et pluvieux en hiver, chaud et sec en été.

Influences climatiques méditerranéenne et désertique :

- ✓ Eté chaud et sec, 35.4, 38.6° C en juillet et août.
- ✓ Hiver froid et humide, 1 .9° en janvier.
- ✓ Précipitations irrégulières, en mars et avril, orageuses en août et septembre.

X.6.2. Le couvert végétal :

Notre zone d'étude est constituée de formation végétale issues essentiellement des peuplements naturels à base de pin d'Alep, chêne vert, sapin, cèdre, le saule, le Genévrier Phénicie et Genévrier thuriféraire (en voie de disparition, nécessitent une étude particulière pour sa sauvegarde).

X.6.3. La faune :

Les animaux présents au niveau de la zone sont :

L'âne, le cheval, l'hyène, le mouton, les bovins, le lièvre, le lézard, le chat ganté, le renard roux, gazelle de montagne, l'aigle, les canards…

X.7. IDENTIFICATION DES IMPACTS DE PROJET :

L'évaluation des impacts environnementaux repose essentiellement sur 4 critères principaux :

- ✓ L'intensité de l'impact : grande, moyenne ou faible.
- ✓ L'étendue de l'impact : régionale, locale ou ponctuelle.
- ✓ Durée de l'impact : longue, moyenne ou bien courte.
- ✓ L'importance de l'impact : varient de très forte à très faible.

X.7.1. Impacts pendant la période de construction :

La plupart des impacts peuvent apparaitre pendant la période de chantier puisqu'ils sont liés directement à l'aménagement du site, nous citons :

- ✓ Impact dû à la perturbation de circulation : le transport des équipements risque de perturber le trafic routier et provoquer des accidents, ces équipements peuvent aussi provoque des nuisances sonores ainsi une pollution atmosphérique.
- ✓ Impact lié aux travaux d'aménagement de site : comme l'ouverture des pistes d'accès au chantier, les zones de stockage des déblais….
- ✓ Impact dû à l'accroissement du bruit : les vibrations dues aux machines et équipements lourds et léger, ainsi que l'augmentation du trafic émis des bruits, mais leur impact n'est pas important à cause d'éloignement des habitats de notre tracé.
- ✓ Impact sur les ressources hydriques : les travaux de construction de notre route peuvent contribuer à la modification des écoulements et à la qualité des eaux de surface et souterraines.
- ✓ Impact sur la faune et la flore : La modification d'implantation des espaces verts (herbes et arbres), et la construction de l'autoroute, influe sur les animaux car elle touche leur domaine vital.

- ✓ Impact socio-économique : durant la période de réalisation de notre infrastructure, plusieurs personnes se travaillants dans la région, ils contribuant temporairement à l'économie locale, donc c'est un impact positif.

X.7.2. Impacts durant la période d'exploitation :

Parmi les impacts qui peuvent apparaitre lors de la mise en service et d'exploitation de notre projet, nous citons :

- ✓ Impact sur la qualité d'air : lorsque l'autoroute sera en exploitation, la pollution d'air causée par l'émission des gaz des véhicules sera diminuée au niveau de zones urbaines comme la ville de EULMA, mais d'un autre coté augmenter dans les zones traversées par notre tracé.
- ✓ Impact lié aux émissions sonores : la mise en services de l'autoroute aura comme impact d'accroitre les niveaux de bruit, mais cet impact n'influe que sur les habitations proches de l'autoroute. Mais d'un autre coté le projet permettre de diminuer le niveau sonore pour les habitats situés en bordure de réseaux routier actuelle.
- ✓ Pollutions des eaux : il s'agit des pollutions liées à l'entretient de la chaussée, ainsi qu'aux émissions dues aux gaz d'échappement transporté par les eaux de ruissellement vers un système d'écoulement naturel.

X.8. MESURE D'ATTENUATION DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT :

Cette partie de l'étude d'impact traitera les mesures envisagées visant à réduire les effets et les conséquences dommageables de notre projet, d'une façon qui permettre de lui intégrer dans son environnement futur.

X.8.1. Mesure prévue pendant la phase de construction :

- ✓ Organisation des heures de circulation des engins et équipement hors heure des pointes.
- ✓ Respect des règles et du code de la route pour minimiser au maximum les accidents.
- ✓ L'humidification des sites et le couvert des camions de transport des matériaux par des bâches étanches afin de diminuer la pollution de l'air.

- ✓ L'utilisation des engins en bon état et bien lubrifié pour réduire l'effet de bruit, et la réduction des heures de travail et le nombre d'employés pendant les travaux engendrant un bruit important.
- ✓
- ✓ L'amélioration de la couche de roulement ; en agissant sur les enrobés pour minimiser les bruits de circulation.
- ✓ Construire des ouvrages de franchissement pour ne pas entraver les écoulements naturels, et contrôle des déchets (eaux usées, déchets solide…).
- ✓ Indemnisation des agriculteurs concernés.
- ✓ Mise en place des passages à faune qui donnent la possibilité aux animaux d'éviter la route.

X.8.2. Mesure prévue pendant la phase d'exploitation :

- ✓ Encouragement d'utilisation des véhicules relativement peu polluant, et l'utilisation de GPL comme carburant et d'essence sans plomb.
- ✓ Réduction de la vitesse pour diminuer le bruit, et mise en place d'écrans acoustiques (butte en terre).
- ✓ Mise en place d'un réseau de collecte des eaux de ruissellement vers des petits bassins pour qu'elle soit utilisable par l'homme.

X.9. CONCLUSION :

Il est clair que l'identification de tous les impacts est difficile, mais il faut chercher à limiter le plus possible ces impacts en préservant les ressources naturelles. C'est pour cela l'étude d'impact sur l'environnement doit s'imposer tout le long des trois étapes successives qui marquent la vie de la route : Sa conception. Sa construction. Son exploitation

Chapitre XI : ETUDE DE SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

XI.1. INTRODUCTION :

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

- ✓ Signalisation horizontale.
- ✓ Signalisation verticale.

XI.2. OBJECTIF DE LA SIGNALISATION :

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

XI.3. EFFICACITE DE LA SIGNALISATION :

La signalisation ne peut été efficace que si on respecte les critères suivants :

- ✓ Principe de valorisation.
- ✓ Principe de concentration et de lisibilité.
- ✓ Complémentation entre la signalisation verticale et la signalisation horizontale.
- ✓ Cohérence avec les règles de route.

XI.4. CATEGORIES DE SIGNALISATION :

On distingue :

- ✓ La signalisation par panneaux.
- ✓ La signalisation par feux.
- ✓ La signalisation par marquage des chaussées.
- ✓ La signalisation par balisage.
- ✓ La signalisation par bornage.

XI.5. REGLES A RESPECTER POUR LA SIGNALISATION :

II est nécessaire de concevoir une bonne signalisation en respectant les règles suivantes:

- ✓ Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- ✓ Cohérence avec les règles de circulation.
- ✓ Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- ✓ Eviter la publicité irrégulière.
- ✓ Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'usager.

XI.6. SIGNALISATION HORIZONTALE ET VERTICALE :

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

XI.6.1. Signalisation horizontale :

La signalisation horizontale a pour but d'indiquer sans ambiguïté les parties de la chaussée réservées aux différents sens de la circulation ou à certaines catégories d'usages. Le marquage des chaussées joue un rôle essentiel dans la sécurité routière, il est obligatoire sur autoroute. Le rôle essentiel de la signalisation horizontale est de délimiter les voies de circulation afin d'augmenter la sécurité routière, Un autre rôle est de complémenter la signalisation verticale .

XI.6.1.1. Caractéristiques générales des marquages :

a. Couleur :

Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussée. Pour certains marquages spéciaux on utilise, par exemple, le rouge et blanc sur les bordures indiquant les emplacements objets d'interdiction de stationnement ou d'arrêt.

b. Largeur des lignes :

Elle est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant les types des routes comme suit :

- ✓ U=7,5 cm sur autoroute.
- ✓ U=6 cm sur les routes nationales et voies urbaines.
- ✓ U=5 cm sur autres routes.

c. Catégories de marques :

On distingue plusieurs catégories de marques applicables en rase campagne et en agglomération. Les règles relatives au marquage y sont les mêmes.

d. Marquage longitudinal :

- ✓ Lignes continues : utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit.
- ✓ Lignes discontinues : destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir.

e. Marquage transversal :

- ✓ Lignes transversales continue : éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.
- ✓ Lignes transversales discontinue : éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

f. Autres marquages :

- ✓ Flèches de rabattement : Flèche légèrement incurvée signalant aux usagers qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.
- ✓ Flèches de sélection unidirectionnelle ou bidirectionnelle : Situées au milieu d'une voie signalant aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.

XI.6.2. Signalisation verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunté par l'usager à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme.

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

Elles peuvent être classées dans quatre classes :

XI.6.2.1. Signaux de danger :

Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150 m en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).

XI.6.2.2. Signaux à simple indication :

Panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminés en pointe de flèche :

- ✓ Signaux d'indication.
- ✓ Signaux de direction.
- ✓ Signaux de localisation.

XI.7. Types des dispositifs de retenues :

XI.7.1. Glissières de sécurité métalliques :

- ✓ Glissières simples : Il s'agit des glissières constituées d'une lisse fixe sur une rangée de support. Les différents types de glissières sont distingués selon la nature et l'espacement des supports
- ✓ Glissières doubles : Les glissières doubles sont constituées de deux lisses fixées sur des entretoises qui sont boulonnées sur des supports espacés de 2 ou 4m.

XI.7.1.1. Choix du type de glissières de sécurité :

La longueur minimale d'une file de glissière est de 100mètres. Le type de glissière est déterminé suivant la distance (d2) entre la face avant de la glissière et la crête de la dénivellation.

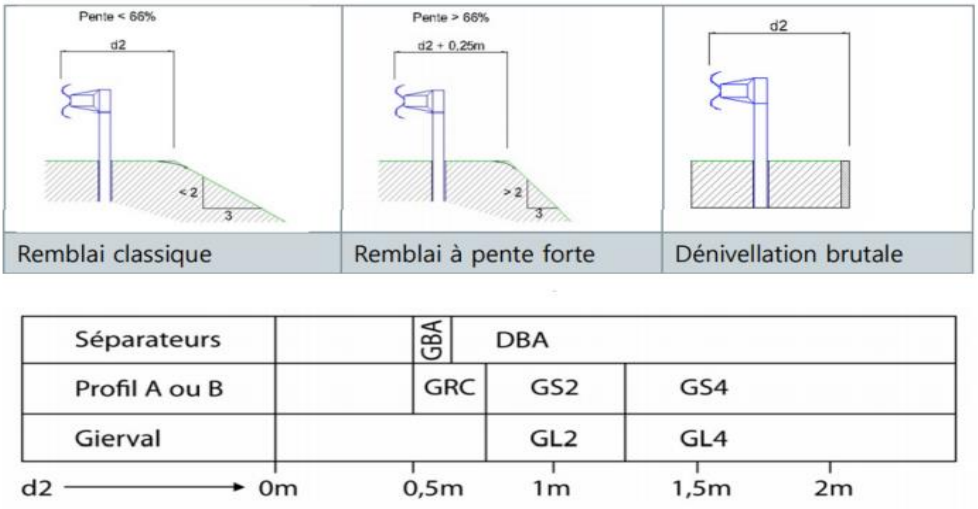


Figure XI.1 : Choix du type de glissières de sécurité.

XI.7.2. Séparateurs en Béton :

Les séparateurs en béton du type « DBA » (double séparateur en béton adhérent) sont des murets de type New Jersey, continus en béton coulé en place ou préfabriqué. Parmi ces avantages on cite :

- ✓ Meilleure stabilité grâce à l'utilisation du béton à la haute résistance
- ✓ Une résistance mécanique plus élevée
- ✓ Une meilleure répartition des efforts transmis au sol
- ✓ Ils requièrent un minimum d'opération d'entretien.

XI.7.3. BALISE DE SIGNALISATION :

Une balise est un dispositif implanté pour guider les usagers, leur signaler un point particulier ou attirer leur attention, sur un itinéraire à l'aide des matériels rétro réfléchissants. Les balises de signalisations sont installées aux rives de route et au côté du TPC afin de prévenir ou atténuer un danger en fonction des conditions de trafic, itinéraire et géométrie du tracé.

XI.8. APPLICATION AU PROJET :

En section courante :

Signalisation verticale :

Les types de panneaux à implanter sur notre autoroute son résumer dans l'annexe.

Signalisation horizontale :

Les lignes de marquage longitudinal utilisé dans notre projet sont :

Tableau XI.1: types de marquages longitudinaux (section courante).

Type	Désignation
Continue	Délimitant les chaussées et le TPC
Discontinue T1	Délimitant les différentes voies.
Discontinue T4	Délimitant les BAU

La figure ci-dessous illustre les différents types de lignes précédents :

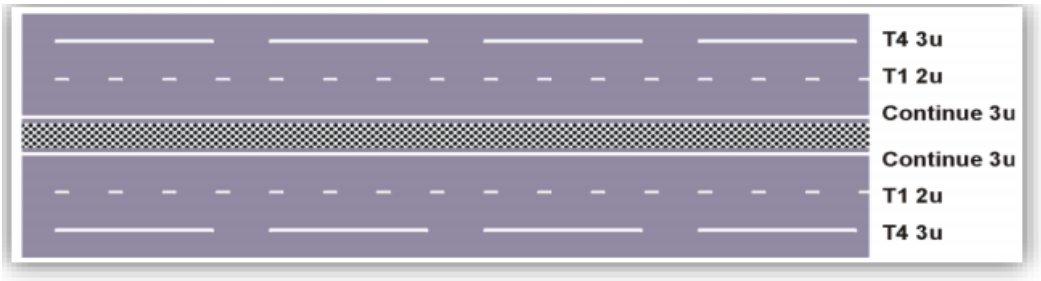


Figure XI.2 : Types de marquages longitudinaux (section courante).

Signalisation des points d'échange :

Signalisation verticale :

- ✓ Signalisation de police : s'effectue au moyen des panneaux de type A et B.
- ✓ Signalisation d'indication : s'effectue au moyen des panneaux de type C.
- ✓ Signalisation de direction : s'effectue au moyen des panneaux de type D.

XI.9. Eclairage :

XI.9.1. Introduction :

L'éclairage public doit permettre aux usagers de la voie de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible. Pour l'automobiliste, il s'agit de percevoir distinctement en les localisant avec certitude et dans un temps utile, les points singuliers de la route et les obstacles éventuels autant que possible sans l'aide des projecteurs de route ou de croisement. Pour le piéton, une bonne visibilité de bordure de trottoir, des véhicules et des obstacles ainsi que l'absence des zones d'ombre sont essentielles.

XI.9.2. Catégories d'éclairage :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

- ✓ Eclairage général d'une route ou une autoroute, catégorie A.
- ✓ Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), catégorie B.
- ✓ Eclairage des voies de cercle, catégorie C.
- ✓ Eclairage d'un point singulier (carrefour, l'échangeur, virage…) situé sur un itinéraire non éclairé, catégorie D.

XI.9.3. Paramètres d'implantation des luminaires :

L'espacement (e) entre luminaires : qui varie en fonction du type de voie.
La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et par fois 12 m pour les grandes largeurs de chaussées.

XI.9.4. Application au projet :

Pour la signalisation de l'autoroute des lampadaires sont implantés dans le terreplein central espacés de 30 m au niveau des tronçons traversant les agglomérations.

Pour l'éclairage de la voie (de l'échangeur) des lampadaires sont implantés du part et d'autre de la voie espacés de 20 m l'un par rapport à l'autre.

Chapitre XII : DEVIS QUANTITAF ET ESTIMATIF :

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
1. Opérations préliminaires				
Installation du chantier	Forfait (3%)	1		144 563 599 .20
Etude d'exécution	Forfait (0.2%)	1		9 637 573 .28
Compagne géotechnique complémentaire.	Forfait (0.5%)	1		24 093 933 .20
			Total partiel 1	**178 295 105.68**
2. Terrassements				
Décapage de la terre végétale	m^2	80000	200	16 000 000 .00
Déblais y compris transport à la zone de stockage ou à la décharge publique	m^3	2102083.5	1 000	2 102 083 500 .00
Remblai en provenance d'emprunt.	m^3	665178.7	1 200	798 214 440 .00
			Total partiel 2	**2 916 297 940 .00**
3. Construction de corps de chaussée				
F.M.O d'une couche de Forme. (60cm TUF)	m^3	217088.81	2 000	434 177 620.00
Couche de forme GNT	m^3	49375.80	3 000	148 127 400.00
F.M.O d'une couche de base en GB	T	103680	8 500	881 280 000.00
F.M.O d'une couche de revêtement en BB	T	31104	8 500	264 384 000 .00
Couche d'imprégnation	m^2	156800	250	39 200 000 .00
Matériaux de berme en (tuf)	m^3	6969.68	1 000	6 969 680.00
Couche d'accrochage	m^2	44800	250	11 200 000 .00
			Total partiel 3	**1 785 338 700 .00**
4. Assainissement				

Dalots en béton armé	m^3	250	65 000	16 250 000 .00
Fourniture et pose de buses Φ1500 type BA	ml	250	35000	8 750 000 .00
Construction de fossé trapézoïdal (0,5*1.5*0,5m)	ml	6900	3500	24 150 000 .00
			Total partiel 4	**49 150 000 .00**
5. Signalisation et équipements				
Ligne continué (délimitant les chaussées et le TPC)	ml	16000	250	4 000 000.00
Ligne discontinué(T1)	ml	32000	250	8 000 000.00
Ligne discontinue (T4)	ml	16000	250	4 000 000.00
Pose de séparateur en béton (DBA)	ml	8000	6500	52 000 000.00
			Total partiel 5	**68 000 000 .00**
TOTAL HT : 4 997 081 746 .00 DA				
TVA 19% : 949 445 532 .00 DA				
TOTAL TTC : 5 946 527 278 .00 DA				

Le total général en lettre est :Cinq milliards neuf cent quarante – six millions cinq cent vingt – sept mille deux cent soixante – dix – huit Dinars Algérien.

CONCLUSION GENERALE :

Ce projet de fin d'études a été une opportunité pour concrétiser nos connaissances théoriques et techniques acquises durant le cycle de notre formation à l'école nationale supérieure des travaux publics.

Dans notre démarche d'étude d'Avant-Projet Détaillé, nous avons été guidés par les principales normes régissant la conception et l'étude d'un projet routier.

Pour la partie technique, on a commencé par une étude de trafic qui est un facteur essentiel dans les projets routier, puis on à faire une étude géométrique de la route qui englobe : le tracé en plan, profil en long…etc. Après on a effectué une étude géotechnique qui nous a permet de bien dimensionner notre corps de chaussée, ainsi qu'une étude d'assainissement et une étude d'impact de notre projet sur l'environnement. Enfin on a terminé par l'estimation de couts du projet.

Ce projet de fin d'études a été une opportunité pour moi pour concrétiser les connaissances théoriques et techniques acquises pendant les 3 années à l'école nationale des travaux publics.

De plus une occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels de civil 3D, AUTOCAD et COVADIS.

Enfin l'élaboration de ce modeste travail, c'est vrai étais difficile et fatigante, mais elle me permettre de toucher une multitude de branches du domaine des travaux publics, qu'un bon ingénieur doit connaitre, donc d'intégrer au monde professionnel.

BIBLIOGRAPHIE :

[1] B40 : Normes techniques d'aménagement des routes, direction des études générales et de la règlementation technique (MTP), Octobre 1977.

[2] Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves fascicule 1, 2,3, (C.T.T.P), Novembre 2001.

[3] COMPLEMENTS à l'ICTAAL : Les échangeurs, Avril 2006.

[4] Contrôle des travaux de revêtement en béton bitumineux à module élevé : cas de l'Ouest Algérien Karam Feth Allah Bendimerad, Abdeldjalil Zadjaoui, Université de Tlemcen, Faculté de Technologie, Jun 2015.

[5] Guide technique Assainissement routier, SETRA, Octobre 2006.

[6] GTR_Fascicule_1_Principes_Généraux, SETRA_LCPC, Juillet 2000.

[7] GTR_Fascicule_2_Annexes_Techniques, SETRA_LCPC, Juillet 2000.

[8] ICTAAL : Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison, 12 Décembre 2000.

[9] L'instruction interministérielles sur la signalisation routière – généralités

[10] L'instruction interministérielles sur la signalisation routière – Signalisation de Danger, Août 2009.

[11] L'instruction interministérielles sur la signalisation routière – Signalisation de prescription, Août 2009.

[12] L'instruction interministérielles sur la signalisation routière – Signalisation d'indications et des services, Aout 2009.

[13] L'instruction interministérielles sur la signalisation routière – Marquage sur chaussée, Août 2009.

[14] L'instruction interministérielle relative à la signalisation de direction, édition mars 1982.

[15] Manuel de projets de routes, (GOUMETTRE Ahmed, KALLI Fatima-Zohra), OPU ,2012

[16] Manuel d'identification des dégradations des chaussées souple, Québec, 2002.

[17] NOTE D'INFORMATION : Clôture routière et faune, SETRA, Septembre 2008.

[18] NOTE D'INFORMATION : Entrés et Sorties sur Autoroute, SETRA, Décembre 1989.

WEBOGRAPHIE :

Wikipédia, http://www.Wikipédia.org/ [en ligne].

ANNEXE I : AXE EN PLAN

Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	145.09gr	625.516	0.000	737425.193	4013123.697
Arc 1	Rayon	-500.000 m	147.612	625.516	737900.286	4012716.809
	Centre X	737575.044 m				
	Centre Y	4012337.049 m				
Clothoïde 1	Paramètre	223.875	100.240	773.128	737996.708	4012605.750
Droite 2	Gisement	170.26gr	642.822	873.368	738044.790	4012517.845
Arc 2	Rayon	-450.000 m	201.781	1516.190	738334.259	4011943.887
	Centre X	737932.467 m				
	Centre Y	4011741.248 m				
Clothoïde 2	Paramètre	227.288	114.800	1717.971	738382.388	4011749.667
Droite 3	Gisement	206.93gr	1102.088	1832.771	738374.784	4011635.202
Arc 3	Rayon	-450.000 m	31.337	2934.860	738255.064	4010539.636
	Centre X	737807.727 m				
	Centre Y	4010588.519 m				
Clothoïde 3	Paramètre	227.288	114.800	2966.196	738250.579	4010508.628
Droite 4	Gisement	219.48gr	546.524	3080.996	738220.697	4010397.872
Arc 4	Rayon	450.000 m	394.454	3627.521	738056.039	4009876.741
	Centre X	738485.129 m				
	Centre Y	4009741.164 m				
Clothoïde 4	Paramètre	-227.288	114.800	4021.975	738106.402	4009498.130
Droite 5	Gisement	155.56gr	773.132	4136.775	738176.335	4009407.194
Arc 5	Rayon	600.000 m	294.031	4909.907	738673.266	4008814.916
	Centre X	739132.911 m				
	Centre Y	4009200.566 m				
Clothoïde 5	Paramètre	-216.887	78.400	5203.939	738908.877	4008643.962
Droite 6	Gisement	120.20gr	1039.516	5282.339	738982.799	4008617.888
Arc 6	Rayon	-650.000 m	625.363	6321.855	739970.414	4008293.529
	Centre X	739767.596 m				
	Centre Y	4007675.982 m				
Clothoïde 6	Paramètre	216.667	72.222	6947.218	740390.199	4007862.705
Droite 7	Gisement	184.99gr	556.701	7019.440	740408.368	4007792.816
Arc 7	Rayon	-620.000 m	144.471	7576.141	740538.433	4007251.522
	Centre X	739935.593 m				
	Centre Y	4007106.667 m				
Clothoïde 7	Paramètre	215.462	74.877	7720.612	740555.590	4007108.402
Droite 8	Gisement	203.67gr	204.507	7795.489	740552.786	4007033.589
				7999.996	740541.016	4006829.422
Longueur totale de l'axe 7999.996 mètre(s)						

ANNEXE II : PROFIL EN LONG

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	0.93 %	221.083	0.000	843.025
Cercle 1	Rayon	-7000.000 m	10.228	221.083	845.073
	Sommet Absc.	285.948 m			
	Sommet Alt.	845.374 m			
Pente 2	Pente	0.78 %	496.830	231.311	845.161
Cercle 2	Rayon	6200.000 m	126.881	728.141	849.039
	Sommet Absc.	679.748 m			
	Sommet Alt.	848.850 m			
Pente 3	Pente	2.83 %	19.282	855.022	851.328
Cercle 3	Rayon	-6200.000 m	111.621	874.304	851.873
	Sommet Absc.	1049.578 m			
	Sommet Alt.	854.351 m			
Pente 4	Pente	1.03 %	70.263	985.925	854.025
Cercle 4	Rayon	-6200.000 m	19.966	1056.188	854.746
	Sommet Absc.	1119.841 m			
	Sommet Alt.	855.073 m			
Pente 5	Pente	0.70 %	199.860	1076.155	854.919
Cercle 5	Rayon	6500.000 m	220.223	1276.015	856.327
	Sommet Absc.	1230.215 m			
	Sommet Alt.	856.166 m			
Pente 6	Pente	4.10 %	220.313	1496.238	861.612
Cercle 6	Rayon	-6800.000 m	179.306	1716.551	870.636
	Sommet Absc.	1994.853 m			
	Sommet Alt.	876.333 m			
Pente 7	Pente	1.46 %	980.753	1895.857	875.613
Cercle 7	Rayon	6700.000 m	219.012	2876.610	889.892
	Sommet Absc.	2779.070 m			
	Sommet Alt.	889.182 m			
Pente 8	Pente	4.73 %	672.299	3095.622	896.664
Cercle 8	Rayon	-6500.000 m	36.504	3767.921	928.464
	Sommet Absc.	4075.024 m			
	Sommet Alt.	935.722 m			
Pente 9	Pente	4.17 %	82.996	3804.426	930.087
Cercle 9	Rayon	-7000.000 m	117.532	3887.422	933.546
	Sommet Absc.	4178.835 m			
	Sommet Alt.	939.614 m			
Pente 10	Pente	2.48 %	1076.879	4004.954	937.454
Cercle 10	Rayon	-6500.000 m	128.696	5081.833	964.212
	Sommet Absc.	5243.294 m			
	Sommet Alt.	966.218 m			
Pente 11	Pente	0.50 %	2500.519	5210.529	966.135
Cercle 11	Rayon	6500.000 m	30.246	7711.048	978.740
	Sommet Absc.	7678.283 m			
	Sommet Alt.	978.657 m			
Pente 12	Pente	0.97 %	258.702	7741.294	978.963
				8000.000	981.471
Longueur totale 8000.000 mètre(s)					

ANNEXE III : TABULATIONS.

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente
									Gauche	Droite	long.
P01	0.000	Droite 1	Pente 1	833.118	843.025	245.09	737425.193	4013123.697	2.50	-2.50	0.93
P02	50.000	Droite 1	Pente 1	832.473	843.488	245.09	737463.169	4013091.173	2.50	-2.50	0.93
P03	100.000	Droite 1	Pente 1	833.338	843.951	245.09	737501.145	4013058.649	2.50	-2.50	0.93
P04	150.000	Droite 1	Pente 1	836.461	844.415	245.09	737539.121	4013026.125	2.50	-2.50	0.93
P05	200.000	Droite 1	Pente 1	839.667	844.878	245.09	737577.097	4012993.601	2.50	-2.50	0.93
P06	217.656	Droite 1	Pente 1	840.192	845.042	245.09	737590.507	4012982.115	2.50	-2.50	0.93
P07	250.000	Droite 1	Pente 2	841.470	845.307	245.09	737615.073	4012961.076	2.50	-2.50	0.78
P08	300.000	Droite 1	Pente 2	843.153	845.697	245.09	737653.049	4012928.552	2.50	-2.50	0.78
P09	350.000	Droite 1	Pente 2	844.239	846.087	245.09	737691.025	4012896.028	2.50	-2.50	0.78
P10	400.000	Droite 1	Pente 2	844.470	846.477	245.09	737729.001	4012863.504	2.50	-2.50	0.78
P11	450.000	Droite 1	Pente 2	845.421	846.868	245.09	737766.977	4012830.980	2.50	-2.50	0.78
P12	500.000	Droite 1	Pente 2	846.279	847.258	245.09	737804.953	4012798.456	2.50	-2.50	0.78
P13	550.000	Droite 1	Pente 2	848.486	847.648	245.09	737842.929	4012765.932	2.50	-2.50	0.78
P14	600.000	Droite 1	Pente 2	851.172	848.039	245.09	737880.905	4012733.408	2.50	-2.50	0.78
P15	625.516	Arc 1	Pente 2	852.717	848.238	245.09	737900.286	4012716.809	2.50	-2.50	0.78
P16	650.000	Arc 1	Pente 2	852.730	848.429	248.20	737918.484	4012700.435	2.50	-2.50	0.78
P17	700.000	Arc 1	Pente 2	850.687	848.819	254.57	737953.046	4012664.332	2.50	-2.50	0.78
P18	750.000	Arc 1	Cercle 2	846.569	849.248	260.94	737983.832	4012624.960	2.50	-2.50	1.13
P19	773.128	Arc 1	Cercle 2	847.326	849.553	263.88	737996.708	4012605.750	2.50	-2.50	1.51
P20	800.000	Clothoïde 1	Cercle 2	849.730	850.016	266.84	738010.588	4012582.744	2.50	-2.50	1.94
P21	850.000	Clothoïde 1	Cercle 2	852.020	851.188	269.92	738034.229	4012538.691	2.50	-2.50	2.75
P22	873.368	Clothoïde 1	Pente 3	852.928	851.847	270.26	738044.790	4012517.845	2.50	-2.50	2.83
P23	900.000	Droite 2	Cercle 3	853.582	852.547	270.26	738056.782	4012494.067	2.50	-2.50	2.41
P24	950.000	Droite 2	Cercle 3	855.559	853.552	270.26	738079.298	4012449.423	2.50	-2.50	1.61
P25	1000.000	Droite 2	Pente 4	858.792	854.169	270.26	738101.813	4012404.779	2.50	-2.50	1.03
P26	1050.000	Droite 2	Pente 4	854.891	854.682	270.26	738124.329	4012360.136	2.50	-2.50	1.03
P27	1095.622	Droite 2	Pente 5	855.643	855.056	270.26	738144.873	4012319.401	2.50	-2.50	0.70
P28	1100.000	Droite 2	Pente 5	855.922	855.087	270.26	738146.844	4012315.492	2.50	-2.50	0.70
P29	1150.000	Droite 2	Pente 5	856.211	855.439	270.26	738169.360	4012270.849	2.50	-2.50	0.70
P30	1200.000	Droite 2	Pente 5	856.243	855.791	270.26	738191.875	4012226.205	2.50	-2.50	0.70
P31	1250.000	Droite 2	Pente 5	858.252	856.144	270.26	738214.391	4012181.561	2.50	-2.50	0.70
P32	1300.000	Droite 2	Cercle 5	857.138	856.540	270.26	738236.906	4012136.918	2.50	-2.50	1.07
P33	1350.000	Droite 2	Cercle 5	857.213	857.270	270.26	738259.422	4012092.274	2.50	-2.50	1.84
P34	1400.000	Droite 2	Cercle 5	856.254	858.384	270.26	738281.937	4012047.631	2.50	-2.50	2.61
P35	1450.000	Droite 2	Cercle 5	851.062	859.883	270.26	738304.453	4012002.987	2.50	-2.50	3.38
P36	1500.000	Droite 2	Pente 6	848.348	861.766	270.26	738326.968	4011958.343	2.50	-2.50	4.10
P37	1516.190	Arc 2	Pente 6	850.231	862.429	270.26	738334.259	4011943.887	2.50	-2.50	4.10
P38	1550.000	Arc 2	Pente 6	850.669	863.814	275.05	738348.336	4011913.156	2.50	-2.50	4.10
P39	1600.000	Arc 2	Pente 6	851.382	865.862	282.12	738364.833	4011865.984	2.50	-2.50	4.10
P40	1650.000	Arc 2	Pente 6	852.582	867.910	289.19	738375.998	4011817.273	2.50	-2.50	4.10
P41	1700.000	Arc 2	Pente 6	857.423	869.958	296.27	738381.693	4011767.624	2.50	-2.50	4.10
P42	1717.971	Arc 2	Cercle 6	860.289	870.694	298.81	738382.388	4011749.667	2.50	-2.50	4.08
P43	1750.000	Clothoïde 2	Cercle 6	865.561	871.924	302.71	738381.953	4011717.646	2.50	-2.50	3.60
P44	1800.000	Clothoïde 2	Cercle 6	872.917	873.541	306.27	738378.231	4011667.792	2.50	-2.50	2.87
P45	1832.771	Clothoïde 2	Cercle 6	876.328	874.401	306.93	738374.784	4011635.202	2.50	-2.50	2.38
P46	1850.000	Droite 3	Cercle 6	876.771	874.790	306.93	738372.912	4011618.076	2.50	-2.50	2.13
P47	1900.000	Droite 3	Pente 7	880.221	875.673	306.93	738367.481	4011568.372	2.50	-2.50	1.46
P48	1950.000	Droite 3	Pente 7	883.453	876.401	306.93	738362.049	4011518.667	2.50	-2.50	1.46
P49	2000.000	Droite 3	Pente 7	886.339	877.129	306.93	738356.618	4011468.963	2.50	-2.50	1.46
P50	2050.000	Droite 3	Pente 7	887.014	877.857	306.93	738351.187	4011419.259	2.50	-2.50	1.46

ANNEXE III : TABULATIONS.

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente
									Gauche	Droite	long.
P51	2100.000	Droite 3	Pente 7	885.967	878.585	306.93	738345.755	4011369.555	2.50	-2.50	1.46
P52	2150.000	Droite 3	Pente 7	874.315	879.313	306.93	738340.324	4011319.851	2.50	-2.50	1.46
P53	2200.000	Droite 3	Pente 7	868.359	880.041	306.93	738334.892	4011270.147	2.50	-2.50	1.46
P54	2250.000	Droite 3	Pente 7	877.657	880.769	306.93	738329.461	4011220.443	2.50	-2.50	1.46
P55	2300.000	Droite 3	Pente 7	887.563	881.497	306.93	738324.029	4011170.739	2.50	-2.50	1.46
P56	2350.000	Droite 3	Pente 7	885.857	882.225	306.93	738318.598	4011121.035	2.50	-2.50	1.46
P57	2400.000	Droite 3	Pente 7	881.304	882.953	306.93	738313.166	4011071.330	2.50	-2.50	1.46
P58	2450.000	Droite 3	Pente 7	887.268	883.681	306.93	738307.735	4011021.626	2.50	-2.50	1.46
P59	2500.000	Droite 3	Pente 7	884.280	884.409	306.93	738302.303	4010971.922	2.50	-2.50	1.46
P60	2514.291	Droite 3	Pente 7	883.063	884.617	306.93	738300.751	4010957.715	2.50	-2.50	1.46
P61	2550.000	Droite 3	Pente 7	880.627	885.137	306.93	738296.872	4010922.218	2.50	-2.50	1.46
P62	2600.000	Droite 3	Pente 7	878.021	885.865	306.93	738291.440	4010872.514	2.50	-2.50	1.46
P63	2650.000	Droite 3	Pente 7	883.054	886.593	306.93	738286.009	4010822.810	2.50	-2.50	1.46
P64	2700.000	Droite 3	Pente 7	888.216	887.321	306.93	738280.577	4010773.106	2.50	-2.50	1.46
P65	2750.000	Droite 3	Pente 7	887.709	888.049	306.93	738275.146	4010723.402	2.50	-2.50	1.46
P66	2800.000	Droite 3	Pente 7	887.255	888.777	306.93	738269.714	4010673.697	2.50	-2.50	1.46
P67	2850.000	Droite 3	Pente 7	883.022	889.505	306.93	738264.283	4010623.993	2.50	-2.50	1.46
P68	2900.000	Droite 3	Cercle 7	887.421	890.274	306.93	738258.851	4010574.289	2.50	-2.50	1.81
P69	2934.860	Arc 3	Cercle 7	892.732	890.994	306.93	738255.064	4010539.636	2.50	-2.50	2.33
P70	2950.000	Arc 3	Cercle 7	892.335	891.363	309.07	738253.167	4010524.616	2.50	-2.50	2.55
P71	2966.196	Arc 3	Cercle 7	891.898	891.796	311.36	738250.579	4010508.628	2.50	-2.50	2.79
P72	3000.000	Clothoïde 3	Cercle 7	891.260	892.826	315.44	738243.456	4010475.590	2.50	-2.50	3.30
P73	3050.000	Clothoïde 3	Cercle 7	888.099	894.662	318.89	738229.944	4010427.456	2.50	-2.50	4.05
P74	3080.996	Clothoïde 3	Cercle 7	884.582	895.988	319.48	738220.697	4010397.872	2.50	-2.50	4.51
P75	3100.000	Droite 4	Pente 8	886.433	896.871	319.48	738214.971	4010379.751	2.50	-2.50	4.73
P76	3150.000	Droite 4	Pente 8	888.110	899.236	319.48	738199.907	4010332.074	2.50	-2.50	4.73
P77	3200.000	Droite 4	Pente 8	882.639	901.601	319.48	738184.843	4010284.397	2.50	-2.50	4.73
P78	3206.953	Droite 4	Pente 8	883.686	901.930	319.48	738182.748	4010277.768	2.50	-2.50	4.73
P79	3250.000	Droite 4	Pente 8	888.535	903.966	319.48	738169.779	4010236.721	2.50	-2.50	4.73
P80	3300.000	Droite 4	Pente 8	893.505	906.331	319.48	738154.715	4010189.044	2.50	-2.50	4.73
P81	3350.000	Droite 4	Pente 8	896.278	908.696	319.48	738139.651	4010141.367	2.50	-2.50	4.73
P82	3400.000	Droite 4	Pente 8	896.756	911.061	319.48	738124.587	4010093.690	2.50	-2.50	4.73
P83	3450.000	Droite 4	Pente 8	903.410	913.426	319.48	738109.523	4010046.014	2.50	-2.50	4.73
P84	3500.000	Droite 4	Pente 8	912.143	915.791	319.48	738094.458	4009998.337	2.50	-2.50	4.73
P85	3550.000	Droite 4	Pente 8	916.985	918.156	319.48	738079.394	4009950.660	2.50	-2.50	4.73
P86	3600.000	Droite 4	Pente 8	919.932	920.521	319.48	738064.330	4009902.983	2.50	-2.50	4.73
P87	3627.521	Arc 4	Pente 8	921.876	921.823	319.48	738056.039	4009876.741	2.50	-2.50	4.73
P88	3650.000	Arc 4	Pente 8	925.896	922.886	316.30	738049.804	4009855.146	2.50	-2.50	4.73
P89	3700.000	Arc 4	Pente 8	933.489	925.251	309.23	738039.850	4009806.174	2.50	-2.50	4.73
P90	3750.000	Arc 4	Pente 8	928.536	927.616	302.16	738035.387	4009756.399	2.50	-2.50	4.73
P91	3800.000	Arc 4	Cercle 8	928.296	929.901	295.08	738036.471	4009706.436	2.50	-2.50	4.23
P92	3850.000	Arc 4	Pente 9	929.046	931.986	288.01	738043.089	4009656.902	2.50	-2.50	4.17
P93	3900.000	Arc 4	Cercle 9	932.033	934.058	280.93	738055.158	4009608.407	2.50	-2.50	3.99
P94	3950.000	Arc 4	Cercle 9	936.479	935.873	273.86	738072.530	4009561.549	2.50	-2.50	3.27
P95	4000.000	Arc 4	Cercle 9	941.791	937.329	266.79	738094.990	4009516.907	2.50	-2.50	2.56
P96	4021.975	Arc 4	Pente 10	943.279	937.877	263.68	738106.402	4009498.130	2.50	-2.50	2.48
P97	4050.000	Clothoïde 4	Pente 10	946.086	938.573	260.20	738122.204	4009474.989	2.50	-2.50	2.48
P98	4100.000	Clothoïde 4	Pente 10	952.834	939.816	256.39	738152.821	4009435.469	2.50	-2.50	2.48
P99	4136.775	Clothoïde 4	Pente 10	955.736	940.729	255.56	738176.335	4009407.194	2.50	-2.50	2.48
P100	4150.000	Droite 5	Pente 10	956.733	941.058	255.56	738184.835	4009397.062	2.50	-2.50	2.48
P101	4200.000	Droite 5	Pente 10	959.847	942.300	255.56	738216.973	4009358.759	2.50	-2.50	2.48
P102	4250.000	Droite 5	Pente 10	961.687	943.543	255.56	738249.110	4009320.455	2.50	-2.50	2.48
P103	4300.000	Droite 5	Pente 10	963.038	944.785	255.56	738281.248	4009282.151	2.50	-2.50	2.48
P104	4350.000	Droite 5	Pente 10	964.002	946.028	255.56	738313.386	4009243.847	2.50	-2.50	2.48
P105	4400.000	Droite 5	Pente 10	964.248	947.270	255.56	738345.523	4009205.544	2.50	-2.50	2.48
P106	4450.000	Droite 5	Pente 10	964.215	948.512	255.56	738377.661	4009167.240	2.50	-2.50	2.48
P107	4500.000	Droite 5	Pente 10	964.198	949.755	255.56	738409.798	4009128.936	2.50	-2.50	2.48
P108	4525.739	Droite 5	Pente 10	963.715	950.394	255.56	738426.342	4009109.218	2.50	-2.50	2.48
P109	4550.000	Droite 5	Pente 10	962.995	950.997	255.56	738441.936	4009090.632	2.50	-2.50	2.48
P110	4600.000	Droite 5	Pente 10	962.581	952.240	255.56	738474.073	4009052.328	2.50	-2.50	2.48
P111	4650.000	Droite 5	Pente 10	962.217	953.482	255.56	738506.211	4009014.025	2.50	-2.50	2.48

ANNEXE III : TABULATIONS.

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente
									Gauche	Droite	long.
P112	4700.000	Droite 5	Pente 10	962.402	954.724	255.56	738538.348	4008975.721	2.50	-2.50	2.48
P113	4750.000	Droite 5	Pente 10	962.009	955.967	255.56	738570.486	4008937.417	2.50	-2.50	2.48
P114	4800.000	Droite 5	Pente 10	962.392	957.209	255.56	738602.623	4008899.113	2.50	-2.50	2.48
P115	4850.000	Droite 5	Pente 10	963.660	958.452	255.56	738634.761	4008860.810	2.50	-2.50	2.48
P116	4900.000	Droite 5	Pente 10	965.030	959.694	255.56	738666.898	4008822.506	2.50	-2.50	2.48
P117	4909.907	Arc 5	Pente 10	965.448	959.940	255.56	738673.266	4008814.916	2.50	-2.50	2.48
P118	4950.000	Arc 5	Pente 10	966.842	960.936	251.30	738700.042	4008785.086	2.50	-2.50	2.48
P119	5000.000	Arc 5	Pente 10	966.337	962.179	246.00	738736.128	4008750.497	2.50	-2.50	2.48
P120	5050.000	Arc 5	Pente 10	966.358	963.421	240.69	738774.967	4008719.031	2.50	-2.50	2.48
P121	5100.000	Arc 5	Cercle 10	966.412	964.638	235.39	738816.291	4008690.908	2.50	-2.50	2.21
P122	5150.000	Arc 5	Cercle 10	965.687	965.548	230.08	738859.812	4008666.322	2.50	-2.50	1.44
P123	5200.000	Arc 5	Cercle 10	964.092	966.074	224.78	738905.229	4008645.444	2.50	-2.50	0.67
P124	5203.939	Arc 5	Cercle 10	963.960	966.099	224.36	738908.877	4008643.962	2.50	-2.50	0.61
P125	5250.000	Clothoïde 5	Pente 11	965.868	966.334	220.91	738952.113	4008628.092	2.50	-2.50	0.50
P126	5282.339	Clothoïde 5	Pente 11	966.451	966.497	220.20	738982.799	4008617.888	2.50	-2.50	0.50
P127	5300.000	Droite 6	Pente 11	966.445	966.586	220.20	738999.578	4008612.377	2.50	-2.50	0.50
P128	5350.000	Droite 6	Pente 11	965.911	966.838	220.20	739047.082	4008596.775	2.50	-2.50	0.50
P129	5400.000	Droite 6	Pente 11	966.267	967.090	220.20	739094.586	4008581.174	2.50	-2.50	0.50
P130	5450.000	Droite 6	Pente 11	966.922	967.342	220.20	739142.089	4008565.572	2.50	-2.50	0.50
P131	5500.000	Droite 6	Pente 11	968.581	967.594	220.20	739189.593	4008549.971	2.50	-2.50	0.50
P132	5550.000	Droite 6	Pente 11	969.445	967.846	220.20	739237.097	4008534.370	2.50	-2.50	0.50
P133	5600.000	Droite 6	Pente 11	970.134	968.098	220.20	739284.600	4008518.768	2.50	-2.50	0.50
P134	5650.000	Droite 6	Pente 11	970.526	968.351	220.20	739332.104	4008503.167	2.50	-2.50	0.50
P135	5700.000	Droite 6	Pente 11	971.546	968.603	220.20	739379.607	4008487.565	2.50	-2.50	0.50
P136	5750.000	Droite 6	Pente 11	972.565	968.855	220.20	739427.111	4008471.964	2.50	-2.50	0.50
P137	5800.000	Droite 6	Pente 11	972.796	969.107	220.20	739474.615	4008456.362	2.50	-2.50	0.50
P138	5850.000	Droite 6	Pente 11	973.452	969.359	220.20	739522.118	4008440.761	2.50	-2.50	0.50
P139	5900.000	Droite 6	Pente 11	974.020	969.611	220.20	739569.622	4008425.160	2.50	-2.50	0.50
P140	5950.000	Droite 6	Pente 11	975.217	969.863	220.20	739617.126	4008409.558	2.50	-2.50	0.50
P141	6000.000	Droite 6	Pente 11	976.376	970.115	220.20	739664.629	4008393.957	2.50	-2.50	0.50
P142	6050.000	Droite 6	Pente 11	976.997	970.367	220.20	739712.133	4008378.355	2.50	-2.50	0.50
P143	6100.000	Droite 6	Pente 11	977.215	970.619	220.20	739759.637	4008362.754	2.50	-2.50	0.50
P144	6150.000	Droite 6	Pente 11	977.825	970.871	220.20	739807.140	4008347.152	2.50	-2.50	0.50
P145	6200.000	Droite 6	Pente 11	978.160	971.123	220.20	739854.644	4008331.551	2.50	-2.50	0.50
P146	6250.000	Droite 6	Pente 11	978.179	971.375	220.20	739902.147	4008315.950	2.50	-2.50	0.50
P147	6300.000	Droite 6	Pente 11	978.438	971.627	220.20	739949.651	4008300.348	2.50	-2.50	0.50
P148	6321.855	Arc 6	Pente 11	978.260	971.737	220.20	739970.414	4008293.529	2.50	-2.50	0.50
P149	6350.000	Arc 6	Pente 11	977.367	971.879	222.96	739996.956	4008284.171	2.50	-2.50	0.50
P150	6400.000	Arc 6	Pente 11	977.461	972.131	227.86	740043.016	4008264.746	2.50	-2.50	0.50
P151	6450.000	Arc 6	Pente 11	979.362	972.383	232.75	740087.446	4008241.840	2.50	-2.50	0.50
P152	6500.000	Arc 6	Pente 11	979.775	972.635	237.65	740129.985	4008215.587	2.50	-2.50	0.50
P153	6550.000	Arc 6	Pente 11	980.848	972.887	242.55	740170.381	4008186.143	2.50	-2.50	0.50
P154	6600.000	Arc 6	Pente 11	981.638	973.139	247.44	740208.394	4008153.681	2.50	-2.50	0.50
P155	6650.000	Arc 6	Pente 11	981.502	973.391	252.34	740243.800	4008118.395	2.50	-2.50	0.50
P156	6700.000	Arc 6	Pente 11	981.396	973.643	257.24	740276.390	4008080.491	2.50	-2.50	0.50
P157	6750.000	Arc 6	Pente 11	981.572	973.895	262.13	740305.971	4008040.196	2.50	-2.50	0.50
P158	6800.000	Arc 6	Pente 11	981.489	974.148	267.03	740332.368	4007997.746	2.50	-2.50	0.50
P159	6850.000	Arc 6	Pente 11	981.373	974.400	271.93	740355.425	4007953.393	2.50	-2.50	0.50
P160	6900.000	Arc 6	Pente 11	981.279	974.652	276.83	740375.005	4007907.400	2.50	-2.50	0.50
P161	6947.218	Arc 6	Pente 11	981.000	974.890	281.45	740390.199	4007862.705	2.50	-2.50	0.50
P162	6950.000	Clothoïde 6	Pente 11	980.983	974.904	281.72	740390.993	4007860.038	2.50	-2.50	0.50
P163	7000.000	Clothoïde 6	Pente 11	981.775	975.156	284.73	740403.800	4007811.711	2.50	-2.50	0.50
P164	7019.440	Clothoïde 6	Pente 11	982.528	975.254	284.99	740408.368	4007792.816	2.50	-2.50	0.50
P165	7050.000	Droite 7	Pente 11	983.036	975.408	284.99	740415.508	4007763.101	2.50	-2.50	0.50
P166	7100.000	Droite 7	Pente 11	983.059	975.660	284.99	740427.189	4007714.485	2.50	-2.50	0.50
P167	7150.000	Droite 7	Pente 11	982.720	975.912	284.99	740438.871	4007665.869	2.50	-2.50	0.50
P168	7195.495	Droite 7	Pente 11	982.576	976.141	284.99	740449.501	4007621.633	2.50	-2.50	0.50
P169	7200.000	Droite 7	Pente 11	982.569	976.164	284.99	740450.553	4007617.253	2.50	-2.50	0.50
P170	7250.000	Droite 7	Pente 11	982.377	976.416	284.99	740462.235	4007568.636	2.50	-2.50	0.50
P171	7300.000	Droite 7	Pente 11	982.250	976.668	284.99	740473.917	4007520.020	2.50	-2.50	0.50
P172	7350.000	Droite 7	Pente 11	981.948	976.920	284.99	740485.599	4007471.404	2.50	-2.50	0.50

ANNEXE III : TABULATIONS.

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente
									Gauche	Droite	long.
P173	7400.000	Droite 7	Pente 11	981.493	977.172	284.99	740497.280	4007422.788	2.50	-2.50	0.50
P174	7450.000	Droite 7	Pente 11	981.195	977.424	284.99	740508.962	4007374.172	2.50	-2.50	0.50
P175	7500.000	Droite 7	Pente 11	980.987	977.676	284.99	740520.644	4007325.555	2.50	-2.50	0.50
P176	7550.000	Droite 7	Pente 11	980.547	977.928	284.99	740532.326	4007276.939	2.50	-2.50	0.50
P177	7576.141	Arc 7	Pente 11	980.163	978.060	284.99	740538.433	4007251.522	2.50	-2.50	0.50
P178	7600.000	Arc 7	Pente 11	979.815	978.180	287.44	740543.560	4007228.221	2.50	-2.50	0.50
P179	7650.000	Arc 7	Pente 11	979.492	978.432	292.57	740551.376	4007178.850	2.50	-2.50	0.50
P180	7700.000	Arc 7	Pente 11	978.989	978.684	297.71	740555.190	4007129.009	2.50	-2.50	0.50
P181	7720.612	Arc 7	Cercle 11	978.851	978.795	299.82	740555.590	4007108.402	2.50	-2.50	0.65
P182	7750.000	Clothoïde 7	Pente 12	978.826	979.047	302.25	740555.067	4007079.020	2.50	-2.50	0.97
P183	7795.489	Clothoïde 7	Pente 12	982.940	979.488	303.67	740552.786	4007033.589	2.50	-2.50	0.97
P184	7800.000	Droite 8	Pente 12	982.519	979.532	303.67	740552.527	4007029.086	2.50	-2.50	0.97
P185	7850.000	Droite 8	Pente 12	983.082	980.017	303.67	740549.649	4006979.169	2.50	-2.50	0.97
P186	7900.000	Droite 8	Pente 12	979.550	980.501	303.67	740546.771	4006929.252	2.50	-2.50	0.97
P187	7950.000	Droite 8	Pente 12	984.348	980.986	303.67	740543.893	4006879.335	2.50	-2.50	0.97
P188	8000.000	Droite 8	Pente 12	981.475	981.471	303.67	740541.016	4006829.422	2.50	-2.50	0.97

ANNEXE VI : CUBATURES DEBLAI/REMBLAI..

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P01	0.000	25.000	0.00	401.76	0.0	10043.9	0.0	10043.9
P02	50.000	50.000	0.00	420.85	0.0	21042.4	0.0	31086.3
P03	100.000	50.000	0.00	433.16	0.0	21658.2	0.0	52744.6
P04	150.000	50.000	0.00	330.95	0.0	16547.6	0.0	69292.1
P05	200.000	33.828	0.00	180.07	0.0	6091.5	0.0	75383.6
P06	217.656	25.000	0.00	147.47	0.0	3686.8	0.0	79070.4
P07	250.000	41.172	0.00	103.43	0.0	4258.5	0.0	83329.0
P08	300.000	50.000	0.63	43.83	31.6	2191.7	31.6	85520.7
P09	350.000	50.000	6.12	23.55	306.0	1177.5	337.5	86698.1
P10	400.000	50.000	6.18	25.81	309.0	1290.6	646.5	87988.8
P11	450.000	50.000	17.09	15.28	854.5	763.8	1501.0	88752.6
P12	500.000	50.000	38.29	6.39	1914.3	319.3	3415.3	89071.9
P13	550.000	50.000	102.58	0.25	5129.0	12.7	8544.3	89084.6
P14	600.000	37.758	236.39	0.00	8925.8	0.0	17470.1	89084.6
P15	625.516	25.000	328.33	0.00	8276.6	0.0	25746.6	89084.6
P16	650.000	37.242	317.82	0.00	12053.7	0.0	37800.3	89084.6
P17	700.000	50.000	181.42	0.00	9246.1	0.0	47046.4	89084.6
P18	750.000	36.564	0.34	27.78	12.1	1019.0	47058.5	90103.6
P19	773.128	25.000	2.62	23.89	63.4	603.7	47121.9	90707.3
P20	800.000	38.436	53.44	0.05	2072.4	1.8	49194.3	90709.1
P21	850.000	36.684	121.19	0.01	4469.0	0.3	53663.3	90709.5
P22	873.368	25.000	128.98	0.03	3226.0	0.8	56889.3	90710.2
P23	900.000	38.316	122.01	0.12	4674.9	4.5	61564.2	90714.7
P24	950.000	50.000	156.69	0.00	7834.5	0.0	69398.7	90714.7
P25	1000.000	50.000	309.54	0.00	15476.8	0.0	84875.6	90714.7
P26	1050.000	47.811	51.19	0.86	2447.7	40.9	87323.2	90755.6
P27	1095.622	25.000	102.12	0.83	2552.9	20.8	89876.1	90776.4
P28	1100.000	27.189	114.57	0.36	3115.1	9.9	92991.2	90786.3
P29	1150.000	50.000	124.22	0.01	6211.2	0.4	99202.4	90786.6
P30	1200.000	50.000	107.39	0.06	5369.3	2.9	104571.7	90789.6
P31	1250.000	50.000	171.68	0.14	8583.8	7.2	113155.5	90796.7
P32	1300.000	50.000	104.94	3.97	5247.1	198.6	118402.6	90995.3
P33	1350.000	50.000	100.37	12.15	5018.5	607.7	123421.1	91603.0
P34	1400.000	50.000	18.02	54.01	901.1	2700.3	124322.2	94303.3
P35	1450.000	50.000	0.00	350.97	0.0	17548.6	124322.2	111851.9
P36	1500.000	33.095	0.00	603.71	0.0	19979.9	124322.2	131831.8
P37	1516.190	25.000	0.00	584.33	0.0	14610.3	124322.2	146442.0
P38	1550.000	41.905	0.00	627.75	0.0	26269.5	124322.2	172711.5
P39	1600.000	50.000	0.00	748.79	0.0	37404.2	124322.2	210115.7
P40	1650.000	50.000	0.00	779.65	0.0	39112.8	124322.2	249228.5
P41	1700.000	33.986	0.00	608.68	0.0	20877.0	124322.2	270105.5
P42	1717.971	25.000	0.00	473.07	0.0	11927.2	124322.2	282032.7
P43	1750.000	41.014	0.00	225.06	0.0	9283.6	124322.2	291316.3
P44	1800.000	41.386	61.93	27.96	2538.5	1170.8	126860.7	292487.0
P45	1832.771	25.000	135.66	1.17	3388.3	29.3	130249.0	292516.3
P46	1850.000	33.614	157.04	0.08	5278.8	2.6	135527.8	292518.9
P47	1900.000	50.000	289.49	0.00	14474.4	0.0	150002.2	292518.9
P48	1950.000	50.000	457.44	0.00	22872.0	0.0	172874.2	292518.9
P49	2000.000	50.000	639.19	0.00	31959.7	0.0	204833.8	292518.9
P50	2050.000	50.000	725.16	0.00	36258.0	0.0	241091.8	292518.9

ANNEXE VI : CUBATURES DEBLAI/REMBLAI..

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P51	2100.000	50.000	493.48	0.00	24674.0	0.0	265765.9	292518.9
P52	2150.000	50.000	0.00	141.86	0.0	7093.1	265765.9	299612.0
P53	2200.000	50.000	0.00	563.98	0.0	28198.9	265765.9	327810.9
P54	2250.000	50.000	0.00	59.06	0.0	2953.1	265765.9	330764.0
P55	2300.000	50.000	361.14	0.00	18056.9	0.0	283822.8	330764.0
P56	2350.000	50.000	307.74	0.00	15387.0	0.0	299209.7	330764.0
P57	2400.000	50.000	22.49	6.62	1124.4	330.8	300334.2	331094.8
P58	2450.000	50.000	325.18	0.00	16258.9	0.0	316593.0	331094.8
P59	2500.000	32.146	145.06	11.85	4663.0	380.9	321256.0	331475.7
P60	2514.291	25.000	89.19	51.00	2229.9	1275.1	323485.9	332750.8
P61	2550.000	42.854	10.26	130.15	439.6	5577.3	323925.5	338328.1
P62	2600.000	50.000	0.00	283.28	0.0	14163.9	323925.5	352492.0
P63	2650.000	50.000	0.00	127.60	0.0	6380.1	323925.5	358872.0
P64	2700.000	50.000	137.75	34.50	6887.4	1724.8	330812.9	360596.9
P65	2750.000	50.000	76.28	38.32	3813.9	1916.0	334626.8	362512.9
P66	2800.000	50.000	31.26	58.15	1563.0	2907.3	336189.7	365420.2
P67	2850.000	50.000	0.03	209.61	1.5	10480.5	336191.2	375900.6
P68	2900.000	42.430	0.00	61.44	0.0	2606.7	336191.2	378507.4
P69	2934.860	25.000	116.16	0.73	2887.9	18.5	339079.1	378525.9
P70	2950.000	15.668	98.11	1.18	1506.2	19.2	340585.3	378545.1
P71	2966.196	25.000	64.25	6.35	1569.3	164.6	342154.6	378709.8
P72	3000.000	41.902	16.00	25.32	657.2	1080.6	342811.7	379790.3
P73	3050.000	40.498	0.00	194.33	0.0	7895.7	342811.7	387686.0
P74	3080.996	25.000	0.00	426.70	0.0	10673.5	342811.7	398359.5
P75	3100.000	34.502	0.00	487.62	0.0	16823.9	342811.7	415183.4
P76	3150.000	50.000	0.00	541.39	0.0	27069.6	342811.7	442253.0
P77	3200.000	28.476	0.00	1027.25	0.0	29252.4	342811.7	471505.4
P78	3206.953	25.000	0.00	1035.68	0.0	25892.0	342811.7	497397.4
P79	3250.000	46.524	0.00	816.03	0.0	37964.7	342811.7	535362.0
P80	3300.000	50.000	0.00	618.81	0.0	30940.7	342811.7	566302.8
P81	3350.000	50.000	0.00	581.49	0.0	29074.6	342811.7	595377.3
P82	3400.000	50.000	0.00	670.27	0.0	33513.5	342811.7	628890.9
P83	3450.000	50.000	0.00	439.64	0.0	21982.1	342811.7	650873.0
P84	3500.000	50.000	0.00	91.56	0.0	4577.8	342811.7	655450.9
P85	3550.000	50.000	16.64	0.85	832.1	42.6	343643.9	655493.4
P86	3600.000	38.760	33.42	0.55	1295.2	21.3	344939.1	655514.8
P87	3627.521	25.000	76.46	1.86	1892.8	47.4	346831.9	655562.2
P88	3650.000	36.240	196.44	2.50	6942.1	94.5	353774.0	655656.7
P89	3700.000	50.000	547.10	0.00	26596.4	0.0	380370.4	655656.7
P90	3750.000	50.000	102.62	1.61	5018.5	84.0	385388.9	655740.7
P91	3800.000	50.000	61.97	67.12	3005.2	3442.2	388394.1	659182.8
P92	3850.000	50.000	3.97	57.06	204.4	2803.0	388598.5	661985.9
P93	3900.000	50.000	44.58	36.19	2312.1	1771.0	390910.6	663756.9
P94	3950.000	50.000	119.16	0.01	6125.1	0.3	397035.7	663757.2
P95	4000.000	35.987	410.18	0.00	14953.6	0.0	411989.3	663757.2
P96	4021.975	25.000	496.43	0.00	12476.4	0.0	424465.8	663757.2
P97	4050.000	39.013	623.77	0.00	24345.7	0.0	448811.4	663757.2
P98	4100.000	43.387	943.43	0.00	40857.1	0.0	489668.5	663757.2
P99	4136.775	25.000	1145.22	0.00	28633.1	0.0	518301.6	663757.2
P100	4150.000	31.613	1177.15	0.00	37212.8	0.0	555514.5	663757.2
P101	4200.000	50.000	1375.09	0.00	68754.3	0.0	624268.8	663757.2
P102	4250.000	50.000	1405.12	0.00	70256.1	0.0	694525.0	663757.2
P103	4300.000	50.000	1438.08	0.00	71904.1	0.0	766429.1	663757.2
P104	4350.000	50.000	1457.71	0.00	72885.5	0.0	839314.5	663757.2
P105	4400.000	50.000	1357.47	0.00	67873.3	0.0	907187.8	663757.2
P106	4450.000	50.000	1236.57	0.00	61828.6	0.0	969016.4	663757.2
P107	4500.000	37.870	1065.90	0.00	40364.9	0.0	1009381.4	663757.2
P108	4525.739	25.000	1000.92	0.00	25023.0	0.0	1034404.3	663757.2
P109	4550.000	37.130	952.44	0.00	35364.5	0.0	1069768.8	663757.2
P110	4600.000	50.000	728.44	0.00	36421.8	0.0	1106190.6	663757.2
P111	4650.000	50.000	583.66	0.00	29183.1	0.0	1135373.8	663757.2

ANNEXE VI : CUBATURES DEBLAI/REMBLAI..

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P112	4700.000	50.000	501.52	0.00	25076.1	0.0	1160449.8	663757.2
P113	4750.000	50.000	389.60	0.00	19479.9	0.0	1179929.8	663757.2
P114	4800.000	50.000	337.27	0.00	16863.4	0.0	1196793.2	663757.2
P115	4850.000	50.000	334.79	0.00	16739.7	0.0	1213532.9	663757.2
P116	4900.000	29.954	349.05	0.00	10455.3	0.0	1223988.2	663757.2
P117	4909.907	25.000	354.65	0.00	8852.4	0.0	1232840.6	663757.2
P118	4950.000	45.046	376.66	0.00	16927.4	0.0	1249768.0	663757.2
P119	5000.000	50.000	267.65	0.00	13376.8	0.0	1263144.9	663757.2
P120	5050.000	50.000	197.07	0.00	9849.1	0.0	1272994.0	663757.2
P121	5100.000	50.000	133.89	0.00	6698.1	0.0	1279692.1	663757.2
P122	5150.000	50.000	62.83	0.00	3153.4	0.0	1282845.5	663757.2
P123	5200.000	26.969	0.16	20.69	4.3	553.3	1282849.8	664310.5
P124	5203.939	25.000	0.00	23.63	0.0	588.5	1282849.8	664899.0
P125	5250.000	39.200	41.52	0.11	1620.9	4.4	1284470.8	664903.4
P126	5282.339	25.000	56.30	0.07	1406.6	1.7	1285877.4	664905.2
P127	5300.000	33.831	53.97	0.11	1825.8	3.7	1287703.2	664908.8
P128	5350.000	50.000	23.84	0.33	1192.0	16.6	1288895.1	664925.5
P129	5400.000	50.000	31.13	0.09	1556.7	4.6	1290451.8	664930.1
P130	5450.000	50.000	40.59	0.01	2029.5	0.5	1292481.3	664930.6
P131	5500.000	50.000	95.35	0.00	4767.5	0.0	1297248.9	664930.6
P132	5550.000	50.000	128.65	0.00	6432.3	0.0	1303681.2	664930.6
P133	5600.000	50.000	153.06	0.00	7652.8	0.0	1311334.0	664930.6
P134	5650.000	50.000	174.44	0.00	8721.9	0.0	1320056.0	664930.6
P135	5700.000	50.000	216.09	0.00	10804.3	0.0	1330860.2	664930.6
P136	5750.000	50.000	233.36	0.00	11667.8	0.0	1342528.0	664930.6
P137	5800.000	50.000	237.83	0.00	11891.5	0.0	1354419.5	664930.6
P138	5850.000	50.000	259.32	0.00	12966.0	0.0	1367385.5	664930.6
P139	5900.000	50.000	280.55	0.00	14027.5	0.0	1381413.0	664930.6
P140	5950.000	50.000	336.75	0.00	16837.3	0.0	1398250.4	664930.6
P141	6000.000	50.000	395.46	0.00	19773.0	0.0	1418023.4	664930.6
P142	6050.000	50.000	407.32	0.00	20366.0	0.0	1438389.4	664930.6
P143	6100.000	50.000	415.07	0.00	20753.3	0.0	1459142.6	664930.6
P144	6150.000	50.000	463.25	0.00	23162.4	0.0	1482305.0	664930.6
P145	6200.000	50.000	451.45	0.00	22572.5	0.0	1504877.6	664930.6
P146	6250.000	50.000	441.55	0.00	22077.6	0.0	1526955.1	664930.6
P147	6300.000	35.927	436.36	0.00	15677.1	0.0	1542632.3	664930.6
P148	6321.855	25.000	418.58	0.00	10456.5	0.0	1553088.8	664930.6
P149	6350.000	39.073	354.42	0.00	13797.3	0.0	1566886.1	664930.6
P150	6400.000	50.000	340.66	0.00	16936.4	0.0	1583822.5	664930.6
P151	6450.000	50.000	448.19	0.00	22378.3	0.0	1606200.8	664930.6
P152	6500.000	50.000	464.26	0.00	23175.8	0.0	1629376.6	664930.6
P153	6550.000	50.000	520.15	0.00	26000.2	0.0	1655376.8	664930.6
P154	6600.000	50.000	552.86	0.00	27654.2	0.0	1683031.0	664930.6
P155	6650.000	50.000	529.01	0.00	26434.2	0.0	1709465.2	664930.6
P156	6700.000	50.000	496.45	0.00	24828.6	0.0	1734293.8	664930.6
P157	6750.000	50.000	471.17	0.00	23587.5	0.0	1757881.3	664930.6
P158	6800.000	50.000	452.62	0.00	22674.5	0.0	1780555.9	664930.6
P159	6850.000	50.000	446.46	0.00	22342.1	0.0	1802897.9	664930.6
P160	6900.000	48.609	421.75	0.00	20517.6	0.0	1823415.5	664930.6
P161	6947.218	25.000	391.85	0.00	9805.4	0.0	1833220.9	664930.6
P162	6950.000	26.391	390.19	0.00	10305.1	0.0	1843526.0	664930.6
P163	7000.000	34.720	414.63	0.00	14392.9	0.0	1857918.9	664930.6
P164	7019.440	25.000	451.85	0.00	11296.1	0.0	1869215.0	664930.6
P165	7050.000	40.280	499.51	0.00	20120.3	0.0	1889335.2	664930.6
P166	7100.000	50.000	477.02	0.00	23851.2	0.0	1913186.4	664930.6
P167	7150.000	47.748	438.39	0.00	20932.3	0.0	1934118.7	664930.6
P168	7195.495	25.000	413.26	0.00	10331.5	0.0	1944450.2	664930.6
P169	7200.000	27.252	410.37	0.00	11183.6	0.0	1955633.8	664930.6
P170	7250.000	50.000	379.20	0.00	18959.8	0.0	1974593.6	664930.6
P171	7300.000	50.000	351.33	0.00	17566.4	0.0	1992160.1	664930.6
P172	7350.000	50.000	319.95	0.00	15997.6	0.0	2008157.7	664930.6

ANNEXE VI : CUBATURES DEBLAI/REMBLAI..

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P173	7400.000	50.000	280.21	0.00	14010.4	0.0	2022168.1	664930.6
P174	7450.000	50.000	247.75	0.00	12387.6	0.0	2034555.7	664930.6
P175	7500.000	50.000	219.15	0.00	10957.6	0.0	2045513.4	664930.6
P176	7550.000	38.070	180.84	0.00	6884.8	0.0	2052398.1	664930.6
P177	7576.141	25.000	156.62	0.00	3917.2	0.0	2056315.3	664930.6
P178	7600.000	36.930	134.24	0.00	4961.3	0.0	2061276.7	664930.6
P179	7650.000	50.000	103.49	0.00	5173.0	0.0	2066449.7	664930.6
P180	7700.000	35.306	71.99	0.00	2540.3	0.0	2068989.9	664930.6
P181	7720.612	25.000	61.08	0.00	1526.3	0.0	2070516.2	664930.6
P182	7750.000	37.439	49.68	0.00	1858.1	0.0	2072374.3	664930.6
P183	7795.489	25.000	155.55	0.07	3893.9	1.8	2076268.2	664932.4
P184	7800.000	27.255	157.15	0.12	4283.1	3.3	2080551.3	664935.7
P185	7850.000	50.000	206.87	0.46	10343.4	23.1	2090894.8	664958.9
P186	7900.000	50.000	89.33	1.90	4466.5	94.9	2095361.2	665053.8
P187	7950.000	49.998	104.35	2.42	5217.4	121.1	2100578.6	665174.9
P188	8000.000	24.998	60.20	0.15	1504.9	3.8	2102083.5	665178.7

ANNEXE V : RECAPITULATIF DE L'UTILISATION DES MATERIAUX

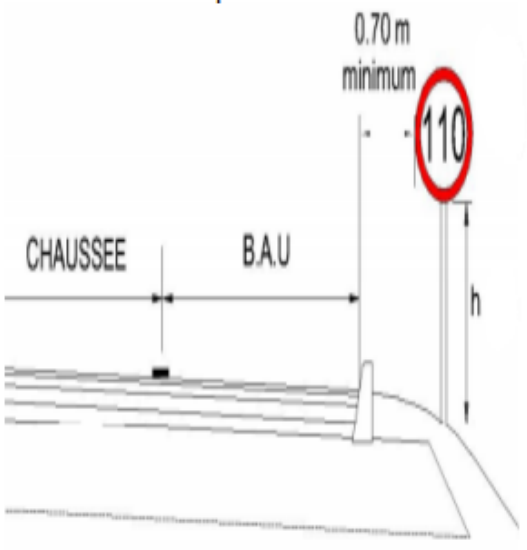
Num.	Abscisse	Lg Ap.	TUF	GNT	GB	BB
			Volume cumulé	Volume cumulé	Volume cumulé	Volume cumulé
P01	0.000	25.000	729.3	173.2	112.0	33.0
P02	50.000	50.000	2187.8	519.7	336.0	99.0
P03	100.000	50.000	3646.4	866.2	560.0	165.0
P04	150.000	50.000	5104.9	1212.7	784.0	231.0
P05	200.000	33.828	6091.7	1447.2	935.5	275.7
P06	217.656	25.000	6821.0	1620.4	1047.5	308.7
P07	250.000	41.172	8022.0	1905.7	1232.0	363.0
P08	300.000	50.000	9422.0	2252.2	1456.0	429.0
P09	350.000	50.000	10753.1	2598.7	1680.0	495.0
P10	400.000	50.000	12084.2	2945.2	1904.0	561.0
P11	450.000	50.000	13477.5	3291.7	2128.0	627.0
P12	500.000	50.000	14870.8	3638.2	2352.0	693.0
P13	550.000	50.000	16136.6	3984.7	2576.0	759.0
P14	600.000	37.758	17139.5	4246.4	2745.2	808.8
P15	625.516	25.000	17803.5	4419.6	2857.2	841.8
P16	650.000	37.242	18792.6	4677.7	3024.0	891.0
P17	700.000	50.000	20120.6	5024.2	3248.0	957.0
P18	750.000	36.564	21146.0	5277.6	3411.8	1005.3
P19	773.128	25.000	21847.0	5450.8	3523.8	1038.3
P20	800.000	38.436	22872.8	5717.2	3696.0	1089.0
P21	850.000	36.684	23802.1	5971.4	3860.3	1137.4
P22	873.368	25.000	24435.0	6144.7	3972.3	1170.4
P23	900.000	38.316	25457.8	6410.2	4144.0	1221.0
P24	950.000	50.000	26785.8	6756.7	4368.0	1287.0
P25	1000.000	50.000	28113.8	7103.2	4592.0	1353.0
P26	1050.000	47.811	29390.0	7434.5	4806.2	1416.1
P27	1095.622	25.000	30057.3	7607.8	4918.2	1449.1
P28	1100.000	27.189	30783.0	7796.2	5040.0	1485.0
P29	1150.000	50.000	32048.9	8142.7	5264.0	1551.0
P30	1200.000	50.000	33383.5	8489.2	5488.0	1617.0
P31	1250.000	50.000	34649.4	8835.7	5712.0	1683.0
P32	1300.000	50.000	36042.7	9182.2	5936.0	1749.0
P33	1350.000	50.000	37435.9	9528.7	6160.0	1815.0
P34	1400.000	50.000	38829.2	9875.2	6384.0	1881.0
P35	1450.000	50.000	40287.8	10221.7	6608.0	1947.0
P36	1500.000	33.095	41253.2	10451.0	112.0	1990.7
P37	1516.190	25.000	41982.5	10624.3	6756.3	2023.7
P38	1550.000	41.905	43204.9	10914.7	6868.3	2079.0
P39	1600.000	50.000	44663.4	11261.2	7056.0	2145.0
P40	1650.000	50.000	46122.0	11607.7	7280.0	2211.0
P41	1700.000	33.986	47113.4	11843.2	7504.0	2255.9
P42	1717.971	25.000	47842.6	12016.4	7656.3	2288.9
P43	1750.000	41.014	49039.1	12300.7	7768.3	2343.0
P44	1800.000	41.386	50193.0	12587.5	7952.0	2397.6
P45	1832.771	25.000	50889.7	12760.7	8137.4	2430.6
P46	1850.000	33.614	51787.0	12993.6	8249.4	2475.0
P47	1900.000	50.000	53115.0	13340.1	8400.0	2541.0
P48	1950.000	50.000	54443.0	13686.6	8624.0	2607.0
P49	2000.000	50.000	55771.0	14033.1	8848.0	2673.0
P50	2050.000	50.000	57099.0	14379.6	9072.0	2739.0
P51	2100.000	50.000	58427.0	14726.1	9296.0	2805.0
P52	2150.000	50.000	59885.5	15072.6	9520.0	2871.0
P53	2200.000	50.000	61344.1	15419.1	9744.0	2937.0
P54	2250.000	50.000	62802.6	15765.6	9968.0	3003.0
P55	2300.000	50.000	64130.6	16112.1	10192.0	3069.0
P56	2350.000	50.000	65458.6	16458.6	10416.0	3135.0
P57	2400.000	50.000	66724.5	16805.1	10640.0	3201.0
P58	2450.000	50.000	68052.5	17151.6	10864.0	3267.0
P59	2500.000	32.146	68948.2	17374.4	11088.0	3309.4
P60	2514.291	25.000	69644.9	17547.6	11232.0	3342.4
P61	2550.000	42.854	70839.0	17844.6	11344.0	3399.0

ANNEXE V : RECAPITULATIF DE L'UTILISATION DES MATERIAUX

Num.	Abscisse	Lg Ap.	TUF	GNT	GB	BB
			Volume cumulé	Volume cumulé	Volume cumulé	Volume cumulé
P62	2600.000	50.000	72297.6	18191.1	11760.0	3465.0
P63	2650.000	50.000	73756.1	18537.6	11984.0	3531.0
P64	2700.000	50.000	75149.4	18884.1	12208.0	3597.0
P65	2750.000	50.000	76542.7	19230.6	12432.0	3663.0
P66	2800.000	50.000	77936.0	19577.1	12656.0	3729.0
P67	2850.000	50.000	79335.9	19923.6	12880.0	3795.0
P68	2900.000	42.430	80573.6	20217.6	13070.1	3851.0
P69	2934.860	25.000	81270.6	20390.9	13182.1	3884.0
P70	2950.000	15.668	81708.1	20499.5	13252.3	3904.7
P71	2966.196	25.000	82406.0	20672.7	13364.3	3937.7
P72	3000.000	41.902	83575.2	20963.1	13552.0	3993.0
P73	3050.000	40.498	84756.6	21243.7	13733.4	4046.5
P74	3080.996	25.000	85485.8	21417.0	13845.4	4079.5
P75	3100.000	34.502	86492.3	21656.1	14000.0	4125.0
P76	3150.000	50.000	87950.8	22002.6	14224.0	4191.0
P77	3200.000	28.476	88781.5	22199.9	14351.6	4228.6
P78	3206.953	25.000	89510.8	22373.2	14463.6	4261.6
P79	3250.000	46.524	90867.9	22695.6	14672.0	4323.0
P80	3300.000	50.000	92326.5	23042.1	14896.0	4389.0
P81	3350.000	50.000	93785.0	23388.6	15120.0	4455.0
P82	3400.000	50.000	95243.6	23735.1	15344.0	4521.0
P83	3450.000	50.000	96702.1	24081.6	15568.0	4587.0
P84	3500.000	50.000	98160.7	24428.1	15792.0	4653.0
P85	3550.000	50.000	99433.2	24774.5	16016.0	4719.0
P86	3600.000	38.760	100513.3	25043.2	16189.6	4770.2
P87	3627.521	25.000	101210.5	25216.4	16301.6	4803.2
P88	3650.000	36.240	102222.3	25467.5	16464.0	4851.0
P89	3700.000	50.000	103550.3	25814.0	16688.0	4917.0
P90	3750.000	50.000	104946.3	26160.5	16912.0	4983.0
P91	3800.000	50.000	106342.3	26507.0	17136.0	5049.0
P92	3850.000	50.000	107668.3	26853.5	17360.0	5115.0
P93	3900.000	50.000	109058.9	27200.0	17584.0	5181.0
P94	3950.000	50.000	110327.1	27546.5	17808.0	5247.0
P95	4000.000	35.987	111283.0	27795.9	17969.2	5294.5
P96	4021.975	25.000	111947.0	27969.2	18081.2	5327.5
P97	4050.000	39.013	112983.1	28239.5	18256.0	5379.0
P98	4100.000	43.387	114135.5	28540.2	18450.4	5436.3
P99	4136.775	25.000	114799.5	28713.4	18562.4	5469.3
P100	4150.000	31.613	115639.1	28932.5	18704.0	5511.0
P101	4200.000	50.000	116967.1	29279.0	18928.0	5577.0
P102	4250.000	50.000	118295.1	29625.5	19152.0	5643.0
P103	4300.000	50.000	119623.1	29972.0	19376.0	5709.0
P104	4350.000	50.000	120951.1	30318.5	19600.0	5775.0
P105	4400.000	50.000	122279.1	30665.0	19824.0	5841.0
P106	4450.000	50.000	123607.1	31011.5	20048.0	5907.0
P107	4500.000	37.870	124612.9	31273.9	20217.7	5957.0
P108	4525.739	25.000	125276.9	31447.2	20329.7	5990.0
P109	4550.000	37.130	126263.1	31704.5	20496.0	6039.0
P110	4600.000	50.000	127591.1	32051.0	20720.0	6105.0
P111	4650.000	50.000	128919.1	32397.5	20944.0	6171.0
P112	4700.000	50.000	130247.1	32744.0	21168.0	6237.0
P113	4750.000	50.000	131575.1	33090.5	21392.0	6303.0
P114	4800.000	50.000	132903.1	33437.0	21616.0	6369.0
P115	4850.000	50.000	134231.1	33783.5	21840.0	6435.0
P116	4900.000	29.954	135026.6	33991.1	21974.2	6474.5
P117	4909.907	25.000	135690.6	34164.3	22086.2	6507.5
P118	4950.000	45.046	136887.1	34476.5	22288.0	6567.0
P119	5000.000	50.000	138215.1	34823.0	22512.0	6633.0
P120	5050.000	50.000	139543.1	35169.5	22736.0	6699.0
P121	5100.000	50.000	140871.1	35516.0	22960.0	6765.0
P122	5150.000	50.000	142199.0	35862.5	23184.0	6831.0
P123	5200.000	26.969	142953.2	36049.4	23304.8	6866.6
P124	5203.939	25.000	143652.3	36222.6	23416.8	6899.6
P125	5250.000	39.200	144698.7	36494.3	23592.4	6951.3

P126	5282.339	25.000	145366.1	36667.5	23704.4	6984.3
P127	5300.000	33.831	146269.1	36902.0	23856.0	7029.0
P128	5350.000	50.000	147603.8	37248.4	24080.0	7095.0
P129	5400.000	50.000	148869.6	37594.9	24304.0	7161.0
P130	5450.000	50.000	150135.5	37941.4	24528.0	7227.0
P131	5500.000	50.000	151463.5	38287.9	24752.0	7293.0
P132	5550.000	50.000	152791.5	38634.4	24976.0	7359.0
P133	5600.000	50.000	154119.5	38980.9	25200.0	7425.0
P134	5650.000	50.000	155447.5	39327.4	25424.0	7491.0
P135	5700.000	50.000	156775.4	39673.9	25648.0	7557.0
P136	5750.000	50.000	158103.4	40020.4	25872.0	7623.0
P137	5800.000	50.000	159431.4	40366.9	26096.0	7689.0
P138	5850.000	50.000	160759.4	40713.4	26320.0	7755.0
P139	5900.000	50.000	162087.4	41059.9	26544.0	7821.0
P140	5950.000	50.000	163415.4	41406.4	26768.0	7887.0
P141	6000.000	50.000	164743.4	41752.9	26992.0	7953.0
P142	6050.000	50.000	166071.4	42099.4	27216.0	8019.0
P143	6100.000	50.000	167399.4	42445.9	27440.0	8085.0
P144	6150.000	50.000	168727.4	42792.4	27664.0	8151.0
P145	6200.000	50.000	170055.4	43138.9	27888.0	8217.0
P146	6250.000	50.000	171383.4	43485.4	28112.0	8283.0
P147	6300.000	35.927	172337.6	36494.3	28273.0	8330.4
P148	6321.855	25.000	173001.6	36667.5	28385.0	8363.4
P149	6350.000	39.073	174039.4	36902.0	28560.0	8415.0
P150	6400.000	50.000	175367.4	37248.4	28784.0	8481.0
P151	6450.000	50.000	176695.4	37594.9	29008.0	8547.0
P152	6500.000	50.000	178023.4	37941.4	29232.0	8613.0
P153	6550.000	50.000	179351.4	38287.9	29456.0	8679.0
P154	6600.000	50.000	180679.4	38634.4	29680.0	8745.0
P155	6650.000	50.000	182007.4	38980.9	29904.0	8811.0
P156	6700.000	50.000	183335.4	39327.4	30128.0	8877.0
P157	6750.000	50.000	184663.4	39673.9	30352.0	8943.0
P158	6800.000	50.000	185991.4	40020.4	30576.0	9009.0
P159	6850.000	50.000	187319.4	40366.9	30800.0	9075.0
P160	6900.000	48.609	188610.4	40713.4	31017.8	9139.2
P161	6947.218	25.000	189274.4	41059.9	31129.8	9172.2
P162	6950.000	26.391	189975.4	41406.4	31248.0	9207.0
P163	7000.000	34.720	190897.5	41752.9	31403.5	9252.8
P164	7019.440	25.000	191561.5	42099.4	31515.5	9285.8
P165	7050.000	40.280	192631.4	42445.9	31696.0	9339.0
P166	7100.000	50.000	193959.4	42792.4	31920.0	9405.0
P167	7150.000	47.748	195227.5	43138.9	32133.9	9468.0
P168	7195.495	25.000	195891.5	43485.4	32245.9	9501.0
P169	7200.000	27.252	196615.3	43734.4	32368.0	9537.0
P170	7250.000	50.000	197943.3	43907.6	32592.0	9603.0
P171	7300.000	50.000	199271.3	44178.4	32816.0	9669.0
P172	7350.000	50.000	200599.3	44524.9	33040.0	9735.0
P173	7400.000	50.000	201927.3	44871.4	33264.0	9801.0
P174	7450.000	50.000	203255.3	45217.9	33488.0	9867.0
P175	7500.000	50.000	204583.3	45564.4	33712.0	9933.0
P176	7550.000	38.070	205594.5	45910.9	33882.6	9983.3
P177	7576.141	25.000	206258.5	46257.4	33994.6	10016.3
P178	7600.000	36.930	207239.3	46603.9	34160.0	10065.0
P179	7650.000	50.000	208567.3	46950.4	34384.0	10131.0
P180	7700.000	35.306	209505.0	47296.9	34542.2	10177.6
P181	7720.612	25.000	210169.0	47643.4	34654.2	10210.6
P182	7750.000	37.439	211163.4	47980.2	34821.9	10260.0
P183	7795.489	25.000	211796.5	48153.5	34933.9	10293.0
P184	7800.000	27.255	212486.5	48336.4	35056.0	10329.0
P185	7850.000	50.000	213821.1	48577.0	35280.0	10395.0
P186	7900.000	50.000	215087.0	48750.2	35504.0	10461.0
P187	7950.000	49.998	216421.6	49029.4	35728.0	10527.0
P188	8000.000	24.998	217088.8	49375.8	35840.0	10560.0

ANNEXEVI: SIGNALISATION.

<table>
<tr><th>catégorie</th><th>types</th><th>Définition</th><th>implantation</th><th>Illustration image</th></tr>
<tr><td rowspan="4">Signalisation de danger</td><td>A3b</td><td>Chaussée rétrécit par la gauche</td><td rowspan="4">Implantation sur accotement.
les panneaux doivent être implantés sur la berme de l’accotement.
Il est préférable d’implanter les supports à 2m du bord extérieur de la bande d’arrêt d’urgence, alors que le bord extérieur du panneau serait de 70cm au minimum.
la hauteur h sous panneau est de 1m.

</td><td>
A3b</td></tr>
<tr><td>A15b</td><td>Passage d’animaux sauvages</td><td>
A15b</td></tr>
<tr><td>AB3a</td><td>Céder le passage à l’intersection. Signal de position</td><td>
CEDEZ LE PASSAGE
AB3a+M9c</td></tr>
<tr><td>AB3b</td><td>Céder le passage à l’intersection. Signal avancé d’AB3a</td><td>
150m
AB3b+M1</td></tr>
</table>

ANNEXEVI: SIGNALISATION.

	A1a / A1b	Virage à droite/à gauche	• Assurer que la partie vue doit être dirigée face à la direction suivie par l'usager.	 A1a A1b
Signalisation de prescription	B1	Sens interdit à tout véhicule	Meme exigence que les pannaux de la signalisation de danger.	 B1
	B2a/ B2b	Interdiction de tourner à gauche à/ à droite la prochaine intersection		 B2a B2b
	B6d	Arrêt et stationnement interdit		 B6d

	B12	Accès interdit aux véhicules dont la hauteur est supérieurs au nombre indiqué		 B12
	B14	Limitation de vitesse		 B14
Signalisation d'indication	C207	Début d'une section autoroutière		 C207

Signalisation de localisation	E42 E43	Cartouche caractérisant le réseau routier national		
Equipements de balisage	J14a	Balise de musoir, signalant la divergence des voies	Elle est plastic, en forme d'un demi-cercle de 2m de rayon comportant deux flèches de couleur blanche sur fond de couleur verte rétro réfléchissante.	

Signalisation de direction :

