RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
فرنسيس جانسون
École Nationale Supérieure des Travaux Publics
Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Matériaux & Structures

Thème

ETUDE EN APD D'UN TRONÇON AUTOROUTIER DE LA ROCADE DES HAUTS PLATEAUX LOT EST-SUR 7KM-SECTION DE BATNA-DU PK 20+000 AU PK 27+000 AVEC CONCEPTION D'UN ECHANGEUR

Présenté par :

HAMZAOUI Imen

Encadré par :

Mr MORSLI Rabah

Promotion 2020 / 2021

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba


بسم الله الرحمن الرحيم

RESUME

Le projet de fin d'étude vise à faire l'étude en APD d'une section de l'autoroute des hauts plateaux (lot Est : allant de Batna à Tébessa sur 220 km) l'ensemble du projet est situé dans wilaya de Batna du PK 20+000 jusqu'au PK 27+000 avec la conception d'un échangeur au Pk 22+625.

Le tracé de l'autoroute a été fait selon un profil en travers type de 2 × 7 m et 3.5 × 2m d'accotement avec un terre-plein central de 2.6m.

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 des hauts plateaux, BATNA, échangeur, RN88.

ABSTRACT

The project aims to study the detailed pré-project of a section of the highland highway project (East lot: from Batna even Tebessa on 220 km) the whole project in the province of Batna from Pk 20+000 to Pk 27+000 with design of an exchanger (Pk 16+000).

The route of highway was done in typical cross section of 2×7 m and 2×3.5 m verge with a median 2.6 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 highlands highway, BATNA, exchanger, RN88.

ملخص

المشروع بهدف إلى دراسة مقطع من مشروع الطريق السريع للهضاب العليا (الجهة الشرقية الممتدة من باتنة إلى تبسة على مسافة 220 كم) المشروع يقع بالكامل في ولاية باتنة من النقطة الكيلو مترية 00+20 إلى النقطة الكيلو مترية 00+27 مع تصميم مبادل في النقطة الكيلو مترية 625+22.

تصميم المشروع كان من خلال المقطع العرضي النموذجي 2×7 م و2×3.5 بالنسبة لحافة الطريق و2.6م 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 المزدوج. 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 جيو تقني بهدف معرفة خصائص التربة المخصصة للمشروع، إضافة إلى دراسة الصرف الصحي للطريق، ثم قمنا باختيار نوع المبادل مع تحديد إشارات المرور.

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

كلمات مفتاحيه الطريق السريع للهضاب العليا، باتنة، مبادل، ط و88.

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 MORSLI** 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 au **Mr BOUDINA Yasser** qui m'a fournie toute les données nécessaires pour accomplir ce travail.*

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

*Mes grands remerciements à mon père **Rabah** qui s'est sacrifié pour mon bonheur et ma réussite lui procurer une longe vie pleine de bonheur. A ma mère qui est malheureusement n'est pas avec nous aujourd'hui, mais elle est toujours présente dans mon cœur « Dieu lui fasse miséricorde ».*

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

*Enfin à la plus belle, la plus douce et la plus merveilleuse jumelle au monde **Souad**, toutes les expressions ne suffisent pas pour te remercier, tu es ma source de force, de motivation et de réussite, tu es la lune de ma vie.*

LISTE DES ABRIVIATIONS

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.

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 I.1:Caractéristiques minimales des granulats pour BBME 10
Tableau I.2: Niveau épreuve de formulation 12
Tableau I.3: Températures admissibles. 13
Tableau III.1: Coefficient d'équivalence « P » 20
Tableau III.3: Coefficient « K1 » 20
Tableau III.4: Coefficient « K2» 21
Tableau III.5: Valeur de la capacité théorique. 21
Tableau IV.1: Valeurs minimales des rayons du tracé en plan 25
Tableau IV.2: Valeurs des rayons choisis 26
Tableau IV.3: Les données de l'axe à calculer 27
Tableau IV.4: Profil en travers type proposé. 32
Tableau IV.5: Profil en travers type proposée 35
Tableau IV.6: Valeurs des rayons du profil en long choisis 35
Tableau IV.7: Les données de profil en long à calculer (rayon concave) 36
Tableau IV.8: Les données de profil en long à calculer (rayon convexe) 37
Tableau VI.1: Résultats des sondages carottés. 44
Tableau VI.2: Résultats des puits de reconnaissance. 45
Tableau VI.3: Résultats des l'essai SPT. 45
Tableau VI.4: Résultats des essais d'identification des sols pour les sondages carottés. 46
TableauVI.5: Résultats des essais d'identification des sols pour les puits de reconnaissance. 47
Tableau VI.6: Résultats des essais mécaniques pour les sondages carottés. 47
Tableau VI.7: Résultats des essais mécaniques pour les puits de reconnaissance. 47
Tableau VI.8: L'état d'un sol en fonction de la masse volumique. 49
Tableau VI.9: Résultats des essais au laboratoire pour le puits BPM25. 49
Tableau VI.10: Classification GTR des matériaux. 50
Tableau VI.11: Les possibilités de réutilisation des sols. 51
Tableau VI.12: caractéristiques des gites de matériaux. 52
Tableau VII.1: Valeurs des températures équivalentes 55
Tableau VII.2: types de réseau principal. 55
Tableau VII.3: Valeur du coefficient d'agressivité A. 56
Tableau VII.4: Classe de portance des sols selon l'indice CBR. 57
Tableau VII.5: Classe de portance des sols selon E. 57
Tableau VII.6: Sur classement des sols supports. 57
Tableau VII.7: Structures choisis de la chaussée. 58
Tableau VII.8: Performances mécaniques des matériaux bitumineux. 59
Tableau VII.9: Valeurs des déformations. 60
Tableau VIII.1: caractéristiques physiques des bassins versants. 62
Tableau VIII.2: Coefficient de Montana. 63
Tableau VIII.3: Résultats de calcul des intensités de pluies. 64
Tableau VIII.4: Valeurs de coefficients de ruissellement. 65
Tableau VIII.5: Valeurs des débits de crue. 66
Tableau VIII.6: Dimensions des buses. 69
Tableau VIII.7: Dimensions des dalots. 69
Tableau VIII.8: Les caractéristiques des sous bassins versants concernées. 71
Tableau VIII.9: Les coefficients de ruissellements. 72
Tableau VIII.10: Le débit équivalent des bassins versants. 72
Tableau VIII.11: Le débit équivalent des bassins versants. 73

Tableau IX.1: valeurs limites des rayons de tracé en plan. 78
Tableau IX.2: largeurs de la voie d'entrecroisement. 80
Tableau IX.3: Les valeurs limites des paramètres du profil en long. 80
Tableau IX.4: Les valeurs limites des pentes transversales. 81
Tableau IX.5: caractéristiques des bretelles. 81
Tableau IX.6: Profil en travers des bretelles. 82
Tableau XI.1: Habitations existants dans le tronçon. 87
Tableau XI.2: Evaluation des impacts. 89
Tableau XII.1: types de marquages longitudinaux (section courante). 95
Tableau XII.2: types de marquages longitudinaux (échangeur). 97

LISTES DES FIGURES

Figure I.1: Fissure transversale. 2
Figure I.2: Fissure longitudinale. 3
Figure I.3: Faïençage de la chaussée. 4
Figure I.4: orniérage de la chaussée. 5
Figure I.5: Affaissement de la chaussée. 5
Figure I.6: Dés enrobage et arrachement. 6
Figure I.7: Ressuage de la chaussée. 7
Figure I.8: Nid-de-poule. 7
Figure II.1:tracé de l'Autoroute des Hauts Plateaux. 15
Figure II.2: Image satellitaire de la zone d'étude. 16
Figure II.3: Axe de projet sur image satellitaire. 16
Figure II.4: Image satellitaire 3D de la zone d'étude. 17
Figure IV.1: Raccordement circulaire entre deux alignements. 27
Figure IV.2: Eléments de profil en travers type. 30
Figure IV.3: schéma illustratif d'un rayon concave. 36
Figure IV.4: schéma illustratif d'un rayon convexe. 37
Figure IV.5: schématisation des déblais et remblai sur le profil en long. 40
Figure V.1/ Abaque de la classification GTR. 42
Figure V.2: Zone d'argile rouge. 43
Figure V.3: Carte géologique de la zone d'étude. 43
Figure V.4: Diagramme de classification des sols selon le diamètre. 48
Figure V.5: Abaque de CASAGRANDE. 48
Figure V.6: Classification des sols selon l'indice de consistance. 48
Figure V.7: Localisation des gites à matériaux. 52
FigureVI.1: Ecran ALIZE. 60
Figure VII.1: Courbe Intensité-Durée-Fréquence. 63
Figure VII.2: Buse. 67
Figure VII.3: Dalot. 68
Figure VII.4: Caractéristique du faussée. 70
Figure VII.5: Dimensions du faussée. 74
Figure VIII.1: Type des bretelles. 76
Figure VIII.2: Types d'échangeur. 77
Figure VIII.3: Dispositif de sortie de l'autoroute. 79
Figure VIII.4: Dispositif d'entrée sur l'autoroute. 79
Figure VIII.5: La zone d'entrecroisement. 80
Figure VIII.6: Conception en plan de l'échangeur. 82
Figure IX.1: Coupe longitudinale de l'OA au PK22+625. 83
Figure IX.2: Coupe transversale au PK22+625. 84
Figure IX.3: Coupe longitudinale de l'OA au PK26+300. 85
Figure IX.4: Coupe transversale au PK26+300. 85
Figure XI.1: Choix du type de glissières de sécurité. 94
Figure XI.2: Types de marquages longitudinaux (section courante). 95
Figure XI.3: Glissière de sécurité type GS2. 96
Figure XI.4: double séparateur en béton adhérent. 96
Figure XI.5: Types de marquages longitudinaux (échangeur). 97
Figure XI.6: Musoir métallique. 98
Figure XI.7: Balise type J14a. 98
Figure XI.8: Clôture à treillis soudés à mailles progressives. 98

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE *1*

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE *2*

I.1 INTRODUCTION 2

I.2 DEGRADATION DES CHAUSSEES SOUPLES 2

I.2.1 Fissuration : 2

I.2.2 Déformation de la surface : 4

I.2.3 Défauts de l'enrobé et perte du revêtement : 6

I.3 TECHNIQUES D'AUSCULTATION DES CHAUSSEES 8

I.4 TECHNIQUE D'ENTRETIEN 8

I.5 BETON BITUMINEUX A MODULE ELEVE (BBME) 9

I.5.1 Définition : 9

I.5.2 Classification : 9

I.5.3 Domaine d'application : 9

I.5.4 Propriétés : 9

I.5.5 Composition : 9

I.5.6 Formulation : 11

I.5.7 Fabrication : 13

I.5.8 Mise en ouvre : 13

I.5.9 Conclusion : 14

CHAPITRE II: PRESENTATION DE PROJET *15*

II.1 INTRODUCTION 15

II.2 SITUATION GEOGRAPHIQUE DE PROJET 15

II.3 DESCRIPTION DE PROJET 16

II.4 TOPOGRAPHIE DE LA ZONE D'ETUDE 17

II.5 OBJECTIF DE PROJET 17

CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC *18*

III.1 INTRODUCTION 18

III.2 ANALYSE DE TRAFIC 18

III.3 CALCUL DE LA CAPACITE 19

III.3.1 Définition : 19

III.3.2 Calcul du (TJMA) horizon : 19

III.3.3 Calcul des trafics effectifs: 19

III.3.4 Débit de pointe horaire normale: 20

III.3.5 Débit horaire admissible : 20

III.3.6 Calcul du nombre des voies : 21

III.4 APPLICATION AU PROJET 22

III.4.1 Les données de trafic : 22

III.4.2 TJMA horizon : 22

III.4.3 Calcul des trafics effectifs : 22

III.4.4 Débit de pointe horaire normale: 22
III.4.5 Calcul de la capacité théorique : 22
III.4.6 Calcul de l'année de saturation de (2X2 voies): 23
CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE *24*
IV.1 INTRODUCTION 24
IV.2 TRACE EN PLAN 24
IV.2.1 Introduction : 24
IV.2.2 Règles à respecter dans le tracé en plan : 24
IV.2.3 Les éléments du tracé en plan : 24
IV.2.4 Enchaînement des éléments du tracé en plan : 26
IV.2.5 Exemple de calcul manuel de tracé en plan. 27
IV.3 PROFIL EN TRAVERS 29
IV.3.1 Introduction : 29
IV.3.2 Types de profils en travers : 29
IV.3.3 Les éléments du profil en travers : 29
IV.3.4 Notion de dévers : 31
IV.3.5 Application au projet : 32
IV.4 PROFIL EN LONG 33
IV.4.1 Introduction : 33
IV.4.2 Règles à respecter dans le profil en long : 33
IV.4.3 Les éléments géométriques du profil en long : 34
IV.4.4 Coordination tracé en plan et profil en long : 34
IV.4.5 Application au projet : 35
IV.4.6 Exemple de calcul manuel de profil en long : 36
IV.5 LES CUBATURES 39
IV.5.1 Définition : 39
IV.5.2 Méthode de calcul utilisée : 39
IV.5.3 Description de la méthode : 39
IV.5.4 Exemple : 40
CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE *41*
V.1 INTRODUCTION 41
V.2 OBJECTIF DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE 41
V.3 LES MOYENS DE RECONNAISSANCE 41
V.4 CLASSIFICATION DES MATERIAUX 42
V.5 APPLICATION AU PROJET 43
V.5.1 Les moyens de reconnaissance : 43
V.5.2 Classification GTR : 49
V.5.3 Conditions d'utilisation des matériaux : 50
V.5.4 Les gites à matériaux : 51
V.6 CONCLUSION 53
CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE *54*
VI.1 INTRODUCTION 54

VI.2 METHODE CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES NEUVES 54
VI.2.1 Description de la méthode : 54
VI.3 Application au projet : 54
VI.3.1 Les données climatiques : 54
VI.3.2 Les données de trafic : 55
VI.3.3 Présentation des classes de portance des sols : 57
VI.3.4 Choix de la structure de la chaussée : 58
VI.3.5 Vérification en fatigue des structures : 58
CHAPITRE VII : ETUDE HYDROLOGIQUE ET ASSAINISSEMENT *61*
VII.1 INTRODUCTION 61
VII.2 ETUDE HYDROLOGIQUE 61
VII.2.1 Délimitation des bassins versants : 61
VII.2.2 L'estimation des débits de crue : 62
VII.2.3 Présentation des résultats : 66
VII.2.4 Interprétation des résultats : 66
VII.3 ETUDE HYDRAULIQUE 67
VII.3.1 Dimensionnement des buses : 67
VII.3.2 Dimensionnement des dalots: 68
VII.3.3 Application au projet : 69
VII.4 ETUDE D'ASSAINISSEMENT 70
VII.4.1 Dimensionnement des fossés : 70
VII.4.2 Application au projet : 71
VII.4.3 Coefficient de ruissellement (C): 72
CHAPITRE VIII: CONCEPTION DE L'ECHANGEUR *75*
VIII.1 INTRODUCTION 75
VIII.2 ROLE D'UN ECHANGEUR 75
VIII.3 LES ELEMENTS D'UN ECHANGEUR 75
VIII.3.1 Pont: 75
VIII.3.2 Carrefour plan : 75
VIII.3.3 Brettelle : 75
VIII.4 TYPES D'ECHANGEUR 76
VIII.4.1 Echangeur majeur: 76
VIII.4.2 Echangeur mineur : 76
VIII.5 LES REGLES DE CONCEPTION 77
VIII.6 CHOIX DE TYPE DE L'ECHANGEUR 77
VIII.7 CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES BRETELLES : 78
VIII.7.1 Tracé en plan : 78
VIII.7.2 Profil en long: 80
VIII.7.3 Profil en travers : 81
VIII.7.4 Application au projet : 81
CHAPITRE IX : OUVRAGE D'ART *83*
IX.1 INTRODUCTION 83

IX.2 OUVRAGE D4ART AU PK22+625 83
IX.3 OUVRAGE D'ART AU PK26+300 84
CHAPITRE X: ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT 86
X.1 INTRODUCTION 86
X.2 DESCRIPTION DE L'ETAT INITIALE DE LA ZONE D'ETUDE 86
X.2.1 Relief : 86
X.2.2 Les ressources hydriques : 86
X.2.3 Climat : 86
X.2.4 Le couvert végétal : 86
X.2.5 La faune : 86
X.2.6 L'agriculture : 87
X.2.7 Habitations : 87
X.3 IDENTIFICATION DES IMPACTS DE PROJET 87
X.3.1 Impacts pendant la période de construction : 87
X.3.2 Impacts durant la période d'exploitation : 88
X.4 MESURE D'ATTENUATION DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT . 89
X.4.1 Mesure prévu pendant la phase de construction : 89
X.4.2 Mesure prévu pendant la phase d'exploitation : 90
X.5 CONCLUSION 90
CHAPITRE XI : ETUDE DE SIGNALISATION 91
XI.1 INTRODUCTION 91
XI.2 SIGNALISATION VERTICALE 91
XI.2.1 Signalisation de police : 91
XI.2.2 Signalisation de direction : 92
XI.2.3 Signalisation de localisation : 92
XI.3 SIGNALISATION HORIZONTALE 92
XI.3.1 Caractéristiques générales des marquages : 92
XI.3.2 Catégories de marques : 92
XI.4 DISPOSITIFS DE RETENUE 93
XI.4.1 Types des dispositifs de retenues : 93
XI.5 BALSE DE SIGNALISATION 94
XI.6 CLOTURE ANTI INTRUSION 94
XI.7 APPLICATION AU PROJET 95
XI.7.1 En section courante : 95
XI.7.2 Signalisation des points d'échange : 96
XI.7.3 Clôtures anti-intrusion : 98
CHAPITRE XII : DEVIS QUANTITAF ET ESTIMATIF. 99
CONCLUSION GENERALE 101
ANNEXE I : AXE EN PLAN. 104
ANNEXE II : PROFIL EN LONG. 105
ANNEXE III : TABULATIONS. 106

ANNEXE VI : CUBATURES DEBLAI/REMBLAI. 109
ANNEXE V : RECAPITULATIF DE L'UTILISATION DES MATERIAUX. 112
ANNEXEVI: SIGNALISATION..... 115

INTRODUCTION GENERALE

Pour concrétiser les connaissances techniques acquises pendant le cycle de formation, l'Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics propose à ses élèves ingénieurs l'élaboration des projets de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état des travaux publics.

ce projet de fin d'études (PFE) qui s'étend sur trois mois de stage, a pour objectif de permettre aux étudiants de cinquième année à l'ENSTP de développer, compléter et mettre en application dans un cadre d'ingénieur débutant les enseignements et les connaissances acquises durant leurs cursus à l'école.

Après avoir effectué les précédents stages dans des différentes entreprises et sociétés Algériennes en suivant l'étude, la réalisation et la tâche administrative de leurs projets, on a souhaité, à l'occasion de ce PFE, découvrir le métier de travaux publics dans le monde professionnel par l'étude d'un projet de grande envergure.

Le thème du PFE consiste à faire l'étude en APD d'un tronçon autoroutier sur 7 km de la rocade des hauts plateaux sur la section qui relie Batna à Tébessa du PK 20+00 au PK 27+00 avec conception d'un échangeur.

Le présent mémoire comprend les chapitres suivants :

- Recherche bibliographique.
- Présentation du projet.
- Etude de trafic.
- Etude géométrique.
- Etude géotechnique.
- Dimensionnement de corps de chaussée.
- Etude hydrologique et assainissement.
- Conception de l'échangeur.
- Ouvrages d'art.
- Etude d'impact sur l'environnement.
- Etude de signalisation.
- Conclusion.

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 INTRODUCTION

Dans le monde d'aujourd'hui où la prise en compte du développement durable est devenue une nécessité à tous les niveaux pour un meilleur avenir des générations futures, la construction et l'entretien des corps de chaussée des infrastructures de transport peut se faire par le choix d'une technique parmi celles très variées qui respectent les engagements vis-à-vis de la notion de développement durable.

Parmi ces techniques, il y en a qui sont anciennes, celles qui ont vu le jour ces dernières années et d'autres qui sont en développement.

Ainsi, ces considérations économiques mêlées à un souci de préservation des ressources naturelles ont conduit à la mise au point des nouvelles techniques pour l'assise des chaussées.

Dans cette recherche on va d'abord parler sur les différentes dégradations des chaussées, comment évaluer l'état de ces chaussées, quelque techniques d'entretien, et enfin sur un béton bitumineux innovants qui est le BBME.

I.2 DEGRADATION DES CHAUSSEES SOUPLES

On distingue plusieurs familles de dégradation : (Québec, 2002) [16]

I.2.1 Fissuration :

I.2.1.1 Fissures transversales

Description :

Rupture du revêtement relativement perpendiculaire à la direction de la route, généralement sur toute la largeur de la chaussée.

Causes probables :

- Retrait thermique.
- Vieillissement et fragilisation du bitume.
- Joint de construction mal exécuté (arrêt et reprise des travaux de pose d'enrobé).
- Diminution de la section du revêtement (ex. : vis-à-vis des regards ou des puisards).



Figure I.1: Fissure transversale.

I.2.1.2 Fissures longitudinales :

Description

Rupture du revêtement relativement parallèle à la direction de la route, excluant les fissures de gel, en dehors des pistes de roues.

Causes probables :

- Joint de construction mal exécuté le long de la travée adjacente.
- Ségrégation de l'enrobé à la pose (ex. : centre de l'épandeur).
- Vieillissement du revêtement.



Figure I.2: Fissure longitudinale.

I.2.1.3 Fissures en carrelage (faïençage) :

Description

Rupture du revêtement sur des superficies plus ou moins étendues, formant un patron de fissuration à petites ou à grandes mailles polygonales.

Causes probables :

- Fatigue (ex. : épaisseur de revêtement insuffisante).
- Vieillissement de la chaussée (oxydation et fragilisation du bitume dans l'enrobé).
- Capacité portante insuffisante.



Figure I.3: Faïençage de la chaussée.

I.2.2 Déformation de la surface :

I.2.2.1 Orniérage :

Description

Dépression longitudinale simple, double et parfois triple, de l'ordre de 250 mm de largeur, située dans les pistes de roues. Le profil transversal de ces dépressions est souvent similaire à des traces de pneus simples ou jumelés.

Causes probables :

- Enrobé à stabilité réduite par temps chaud (ex. : bitume trop mou ou surdosage).
- Enrobé trop faible pour bien résister au trafic lourd (ex. : fluage).
- Compactage insuffisant de l'enrobé lors de la mise en place (post compactage).
- Usure de l'enrobé en surface (abrasion).
- Capacité structurale insuffisante de la chaussée.



Figure I.4: orniérage de la chaussée.

I.2.2.2 Affaissement

Description

Distorsion du profil en bordure de la chaussée ou au voisinage de conduites souterraines.

Causes probables :

- Manque de support latéral et instabilité du remblai.
- Présence de matériaux inadéquats ou mal compactés.
- Zone de déblai argileux ou secteurs marécageux.
- Affouillement ou assèchement du sol support (milieu urbain).
- Mauvais état des réseaux souterrains (milieu urbain).



Figure I.5: Affaissement de la chaussée.

I.2.3 Défauts de l'enrobé et perte du revêtement :

I.2.3.1 Dés enrobage et arrachement :

Description :

Érosion du mastic et perte des gros granulats en surface produisant une détérioration progressive du revêtement.

Causes probables :

- Usure par trafic intense.
- Sous-dosage du bitume ou mauvais enrobage.
- Utilisation d'agrégats hydrophiles ou bitumophobes.
- Compactage insuffisant.
- Surchauffe ou vieillissement de l'enrobé (oxydation et fragilisation).
- Sollicitations accrues en zone de virage et de freinage (milieu urbain).



Figure I.6: Dés enrobage et arrachement.

I.2.3.2 Ressuage :

Description :

Remontée de bitume à la surface du revêtement, accentuée dans les pistes de roues.

Causes probables :

- Surdosage du bitume.
- Effet combiné de la température élevée du revêtement et des sollicitations du trafic.
- Excès de liant d'accrochage.
- Formulation d'enrobé inadaptée aux sollicitations.



Figure I.7: Ressuage de la chaussée.

I.2.3.3 Nid-de-poule :

Description :

Désagrégation localisée du revêtement sur toute son épaisseur formant des trous de forme généralement arrondie, au contour bien défini, de taille et de profondeur variables. Les trous peuvent être comblés par du rapiéçage temporaire.

Causes probables :

- Faiblesse ponctuelle de la fondation.
- Épaisseur insuffisante du revêtement.
- Chaussée fortement sollicitée par le trafic lourd.



Figure I.8: Nid-de-poule.

I.3 TECHNIQUES D'AUSCULTATION DES CHAUSSEES

L'auscultation répond à un besoin de connaissance de l'évolution de l'état de la chaussée, afin de favoriser une meilleure gestion et de programmer les travaux d'entretien. Elle doit absolument comporter et démarrer par l'évaluation de l'état de la surface de la chaussée. Cette évaluation permet ensuite de décider de la nécessité d'une auscultation complémentaire pour la détermination des autres paramètres de performance de chaque section définie.

Parmi les éléments permettant d'évaluer l'état de la chaussée on cite :

- L'état de la surface : par relevé visuel, automatisé ou assisté par ordinateur.
- La composition de la chaussée : par le carottage, le forage avec échantillonnage, etc.
- La capacité structurale : déterminer soit par technique dynamique ou statique.
- La mesure de confort au roulement (l'uni).
- La mesure de l'orniérage.

I.4 TECHNIQUE D'ENTRETIEN

Que les dégradations soient de surface ou structurelles, différentes solutions techniques d'entretien existent pour y pallier. Leur choix doit tenir compte de la nature et du niveau de dégradation de la chaussée, du trafic et des contraintes d'exploitation. D'après ces techniques on site :

- La réalisation des purges de chaussées : qui est une technique permettant de reprendre ponctuellement un défaut de structure de la chaussée par remplacement des couches déstructurées par de nouveaux matériaux.
- Le traitement de surface : est une technique d'entretien des chaussées constituée de couches superposées d'émulsion de bitume et de granulats. Il permet de créer une couche de roulement sur une surface donnée (granulaire ou revêtue), et de protéger l'intégrité de la chaussée.
- Planage et couche d'usure : cette technique consiste à renouveler les caractéristique de sécurité et de confort et de diminuer le bruit routier par planage (fraisage) de la couche de roulement existante et l'épandage d'une nouvelle couche d'enrobés.
- Le retraitement des chaussées : consiste à apporter un liant hydraulique, éventuellement un correcteur granulométrique et de l'eau, de les mélanger sur site, et de les compacter pour obtenir les performances mécaniques souhaitées
- La reconstruction : consiste au fraisage et à la mise en décharge de l'ancienne chaussée, puis à l'apport de matériaux élaborés, cette technique est utilisée lorsque l'usure de la chaussée atteint un niveau de dégradation élevée.
- Les enrobés coulés à froid : cette technique consiste à mettre en place un mélange bitumineux confectionné à froid, il s'applique en couche très mince. Elle améliore l'étanchéité mais surtout l'adhérence de la chaussée.
- Les bétons bitumineux : il peut être disposé en une ou plusieurs couches en fonction du besoin, ce type de béton est résistants et peuvent s'adapter à divers types de surface. Il existe plusieurs types comme : Béton bitumineux très mince (BBTM), béton bitumineux ultra mince(BBUM), béton bitumineux drainant(BBDR), béton bitumineux à module élevé(BBME)….etc.

Dans la partie suivante nous allons parler sur le béton bitumineux à module élevé (BBME).

I.5 BETON BITUMINEUX A MODULE ELEVE (BBME)

I.5.1 Définition :

Les bétons bitumineux à module élevé sont des enrobés hydrocarbonés dont le module de rigidité est supérieur à celui des bétons bitumineux classique. Ces BBME constituent une évolution des enrobés épais permettant de mieux répondre aux attentes en matière de résistance et de comportement mécanique face à l'accroissement des sollicitations lourdes. Ils sont obtenus à partir d'un mélange de bitume pur ou modifié, de granulats fabriqués dans une centrale d'enrobage. L'augmentation des performances s'est faite par l'emploi de bitume de grade plus dur, d'ajouts de polymères, d'additifs spéciaux tels que poudre d'asphalte ou fibre.

I.5.2 Classification :

On distingue deux types de bétons bitumineux à module élevé : (AFNOR, 1999) [18]

- Béton bitumineux à module élevé 0/10 mm (BBME 0/10).
- Béton bitumineux à module élevé 0/14 mm (BBME 0/14).

Chaque type peut se situer dans trois classes de performance : classe 1,2 ou 3.

I.5.3 Domaine d'application :

- Couche de roulement et de liaison pour travaux de construction des chaussées, empruntées par un trafic moyen ou dense.
- Entretien de chaussée traditionnelle sur des supports un peu plus déformables.
- Rond-point.
- Plateforme de stockage.
- Les quais et aires de manœuvres des ports.
- Pistes et voies de circulation des aéroports.

I.5.4 Propriétés :

- Enrobé « structurant »
- Les BBME permettent une meilleure résistance à l'orniérage.
- Ils se caractérisent par un module de rigidité « E » plus élevé que les enrobés classiques.
- Durée de vie élevée
- Epaisseur de mise en œuvre réduite, ils s'appliquent sur des épaisseurs de 5 à 7 cm pour les BBME 0/10 et 6 à 9 cm pour les BBME 0/14.
- Recommandée pour leur utilisation en couche de roulement dans les régions présentant de forts écarts thermiques journaliers ou saisonniers.

I.5.5 Composition :

Les BBME sont constituent de : granulats, liant hydrocarbonés et des additifs. (AFNOR, 1999) [18]

I.5.5.1 Granulats :

Le squelette granulaire est obtenu par recomposition de sables, de gravillon et éventuellement de filler d'apport. La valeur maximale de friabilité de sable est fixée à 40 pour un 0/4 et à 45 pour un 0/2.

Les classes granulaires utilisables sont : 0/2 mm ; 0/4 mm ; 2/6.3 mm ; 4/10 mm ; 6.3/10 mm ; 10/14mm.

Les granulats utilisés pour la réalisation des couches de chaussées doivent répondre à des spécifications relatives aux caractéristiques intrinsèques des granulats et à, celles liées à leurs fabrications. Elles dépendent :

- De la technique utilisée
- Du niveau de la couche de matériau par rapport à la surface de la chaussée.
- Du trafic poids lourds

Les essais mécaniques quand doit réaliser pour déterminer ces caractéristiques sont :

- Analyses granulométrie
- Masses Volumiques absolues
- Essai Micro Deval en présence d'eau
- Essai de Los Angeles
- Essai d'Aplatissement

Apres la réalisation de ses essais, les granulats sont choisis par référence à la norme

XP P 18-540.

La catégorie des granulats est spécifiée en fonction des objectifs recherchés et du contexte propre de chantier.

Les normes spécifient les catégories minimales suivantes :

Tableau I.1:Caractéristiques minimales des granulats pour BBME

	Couche de roulement	Couche de liaison
Résistance mécanique des gravillons	C	D
Caractéristiques de fabrication des gravillons	III	III
Caractéristiques de fabrication des sables	a	a
Angularité des gravillons et des sables	RC_2	-

Les fines utilisées sont les filler d'apport, les fines de sable et la chaux vive. Elles sont définies par leurs granulométrie, masse volumique réelle, valeur au bleu, porosité Rigden et le delta Bille-Anneau

I.5.5.2 Liants hydrocarbonés :

Divers types de liants peuvent être utilisés pour ces enrobés et qui sont comme suit :

- Les bitumes purs (EN 12591 de Décembre 2009)

C'est un bitume obtenu par divers procédés de raffinage à partir de bruts pétroliers. Il ne comporte aucun ajout destiné à en modifier la consistance.

- Les bitumes spéciaux :
- ➢ Bitumes spéciaux normalisés (Bitumes durs) :

Ce sont des bitumes purs obtenus par un procédé de raffinage direct. Ils correspondent généralement aux bitumes de classes 10/20 et 15/25.

- ➢ Bitumes spéciaux non normalisés : Ce sont des bitumes non normalisés, autres que des bitumes modifiés, répondant à des usages spécifiques routiers. On peut citer :
- Les bitumes à susceptibilité améliorée :
- Les bitumes anti-ornèrent.

- Les bitumes modifiés : Ils sont à adopter pour les couches de roulement (BBME) en vue d'une meilleure résistance au vieillissement du matériau entre autres. Les bitumes modifiés sont des liants bitumineux dont les propriétés ont été modifiées par l'emploi d'un agent chimique (le caoutchouc naturel, les polymères synthétiques, le soufre et certains composés organométalliques), qui introduit dans le bitume de base, en modifie la structure chimique et les propriétés physiques et mécaniques. Ils sont préparés avant emploi dans une unité spécialisée.

I.5.5.3 L'additif :

L'ajout d'un additif est en fonction des performances souhaitées.

I.5.6 Formulation :

La qualité des matériaux utilisés influe grandement sur le comportement mécanique des enrobés.

Les principaux éléments ayant la plus grande influence sur la résistance mécanique :

- Les caractéristiques intrinsèques des granulats.
- La composition minérale.
- La teneur en liant.

Tous ces éléments doivent être analysés par le concepteur afin de proposer un mélange correspondant aux caractéristiques optimales en termes de résistance mécanique et de susceptibilité thermique.

On peut distinguer six méthodes de formulation : (BOUAZZA_ MELLAKH, 2018) [17]

- La méthode par recette : s'appuie sur l'expérience locale. Une composition connue, qui a donné satisfaction dans des conditions d'utilisation données sur des longues périodes est reproduite. L'application de ces recettes est parfois complétée par quelques essais provenant des méthodes empiriques. La méthode utilisant des

essais empiriques la plus répandue est la méthode Marshall [ASTM DI-559-60T] [J.L. DELORME et al. 2007].

- La méthode analytique : se fonde sur les propriétés des constituants et la modélisation du mélange pour calculer le pourcentage de vides et estimer les performances du matériau. Cette méthode est principalement développée en Belgique.
- La méthode volumétrique : consiste à déduire des proportions respectives, exprimées en volume, du squelette granulaire, du bitume et du volume disponible (pourcentage de vide) d'une éprouvette compactée dans des conditions fixées, le comportement de l'enrobé sans réaliser nécessairement des essais mécaniques complémentaires.
- La méthode par essais : reliés aux propriétés fait appel à des essais de simulation, en relation directe avec la propriété recherchée, c'est le cas par exemple de l'essai d'orniérage réalisé comme une simulation du trafic.
- La méthode dite "fondamentale" : comprend des essais dont les résultats sont directement utilisables comme donnée d'entrée dans des modèles de dimensionnement. Il s'agit en particulier des valeurs de module dynamique ou de résistance en fatigue.

I.5.6.1 Objectifs d'une épreuve de formulation :

Etablissement, pour une composition donnée, des caractéristiques suivantes :

- Pourcentage de vides (PCG).
- Tenue à l'eau (Duriez).
- Résistance à la déformation permanente.
- Performances mécanique si nécessaire : orniérage, module et fatigue.

I.5.6.2 Niveau d'étude :

Le niveau d'épreuve de formulation est spécifié en fonction des objectifs recherchés, de l'enjeu du chantier, de son volume et de l'importance des diverses sollicitations auxquelles sera soumis l'enrobé.

Quatre niveaux d'épreuve de formulation sont définis : (AFNOR, 1999) [18]

Tableau I.2: Niveau épreuve de formulation

Niveau épreuve de formulation	Essai PCG (NF P 98-252)	Essai Duriez à 18°c (NF P 98-251-1)	Essai d'orniérage (NF P98253-1)	Essai de module complexe (NF P 98-2602)	Résistance en fatigue (NF P 98261-1)
Niveau 1	×	×			
Niveau 2	×	×	×		
Niveau 3	×	×	×	×	
Niveau 4	×	×	×	×	×

A chaque niveau, dans le cadre d'exigences particulières, d'autres essais de laboratoires peuvent être demandés.

I.5.7 Fabrication :

Elle commence par la vérification de la fiabilité de la centrale de fabrication moyennant l'examen du niveau d'équipement de cette dernière et l'étalonnage des systèmes de pesage pondéraux ou volumétriques et des systèmes de relevé des températures (AFNOR, 1992) [19]

Après réception de la qualité des matières premières (granulats et bitumes), la fabrication de l'enrobés peut être entamée suivant la procédure suivante :

- Stockage et chauffage de liant.
- Dosage des fines d'apport.
- Dosage des granulats et dosage des agrégats à recycler.
- Chauffage et déshydratation des granulats.
- Stockage des granulats séchés.
- Alimentation de malaxeurs en granulats.
- Chauffage des agrégats recyclé.
- Introduction et dosage de liant.
- Malaxage.
- Stockage et chargement des enrobés.

I.5.8 Mise en œuvre :

La mise en œuvre des enrobés intervient pour une part importante dans les qualités requises pour une couche de chaussée .Après réception du matériel de mise en œuvre et de transport des enrobés, la réalisation des planches d'essai et de référence, les caractéristiques à contrôler sont comme suit : (AFNOR, 1992) [19]

- Préparation du support
- Rê profilage ou fraisage préalable.
- Exécution d'une couche d'accrochage.
- Température enrobés:

Tableau I.3: Températures admissibles.

Catégorie du bitume	Température de fabrication (°C)	Température min de répandage (°C)	Température de fin de compactage (°C)
40/50	150/170	130	110
20/30	160/180	140	115
15/25-10/20	160/180	145	Fournisseur

- Etalage des enrobés :

Pour ce genre d'enrobés, il est recommandé d'avoir un finisseur avec table à haut pouvoir de pré-compactage (HPC) et cela afin d'optimiser le temps de compactage en fonction de la température requise

- Epaisseur :

C'est un des paramètres important dans la réussite de la technique des enrobés à module élevé vue que les épaisseurs au dimensionnement sont déjà faibles et qu'une légère sous épaisseur entraine un sous dimensionnement de la structure du corps de chaussée

- Compactage :

L'objectif étant de réduire le pourcentage de vides du matériau afin d'augmenter sa stabilité, ses performances mécaniques et la durée de vie. Les valeurs à obtenir du pourcentage moyen de vide sont citées ci-dessus dans le chapitre caractéristiques des enrobés EME et BBME. Toutes les valeurs de pourcentage de vides devant se situées dans une fourchette qui est arrêtée lors d'une planche de référence et dont l'étendue ne dépasse pas 6%

- Spécifications vis-à-vis de la sécurité :

Cela concerne l'uni de chaque couche du corps de chaussée mise en œuvre afin d'obtenir à la fin sur la couche de roulement l'uni souhaité De même, des spécifications sur la rugosité (Hauteur au sable : PMT) et d'adhérence (CFT et CFL) concernant la couche de roulement sont demandées.

I.5.9 Conclusion :

L'utilisation des béton bitumineux à module élevé permet un gain considérable en épaisseur de couche par rapport aux solutions classiques , leurs propriétés mécaniques leur offrent de très bonne performances en terme de rigidité (module de rigidité élevé), un pourcentage des vide réduit et un comportement remarquable vis-à-vis la fatigue.

Cela peut apporter une économie de ressources naturelles non renouvelables (granulats et liants) due à l'augmentation de la durée de vie de la chaussée, ainsi une réduction de l'épaisseur de cette dernière, ce qui permet de classer cette techniques d'utilisant ces enrobés parmi celles qui rentre dans le cadre du développement durable.

CHAPITRE II : PRESENTATION DE PROJET

II.1 INTRODUCTION

La Rocade Autoroutière des Hauts Plateaux (RAHP) s'inscrit dans les grandes orientations du schéma national d'aménagement du territoire qui retient des efforts importants de développement des hauts plateaux. Elle constituerait une infrastructure moderne capable de répondre aux nouvelles demandes de transport et de faciliter les échanges entre les régions des hauts plateaux et d'améliorer les liaisons avec la frange Nord du pays par l'intermédiaire des pénétrantes «Nord-Sud »raccordées à l'autoroute Est-Ouest.

Le projet de la Rocade Autoroutière des Hauts Plateaux est décomposé en trois (03) lots :

- Lot Est : Allant de Batna à Tébessa sur 220 km.
- Lot centre : Allant de Tiaret à Batna sur 495 km.
- Lot Ouest : Allant d'El Aricha à Tiaret sur 305 km.



Figure II.1:tracé de l'Autoroute des Hauts Plateaux.

II.2 SITUATION GEOGRAPHIQUE DE PROJET

Notre projet se trouve dans le lot Est de la rocade autoroutière des hauts plateaux, du PK 20+00 au PK 27+00 km. Situé entièrement au sud-est de la wilaya de Batna, exactement entre Les communes de Tazoult et Ouyoun El Assafir.



Figure II.2: Image satellitaire de la zone d'étude.

II.3 DESCRIPTION DE PROJET

Le tracé de notre projet passe dans la zone montagneuse du nord avant de s'orienter vers le Sud de la route nationale RN 88, l'échangeur est prévu au croisement de notre tracé avec la RN88 au PK22+625.

Cet échangeur contribuera aux échanges entre la rocade et la RN 88 qui relie Batna à Khenchela, ainsi il assumera un rôle important en tant qu'infrastructure routière incitant au développement grâce à l'amélioration de l'accessibilité régionale comme la ville de Tazoult.



Figure II.3: Axe de projet sur image satellitaire.

II.4 TOPOGRAPHIE DE LA ZONE D'ETUDE

La topographie traversée par notre tronçon est caractérisée par des reliefs vallonnés comme il est montré sur l'image satellitaire en 3D.

Ce qui nous permettre de le classer dans la catégorie L2 selon l'ICTAAL2000 (La catégorie L2 : mieux adaptée aux sites de relief plus difficile, compte tenu des impacts économiques et environnementaux qu'il implique.). Avec une vitesse maximale de 110 Km/h.

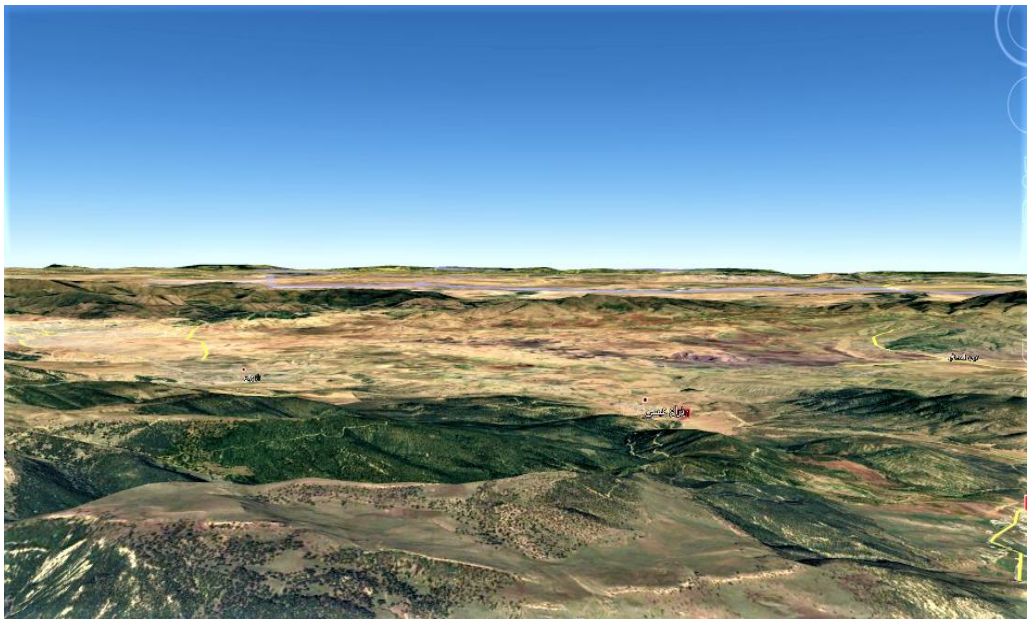


Figure II.4: Image satellitaire 3D de la zone d'étude.

II.5 OBJECTIF DE PROJET

Notre projet vise à:

- Soulager la saturation sur la RN88 qui relie Batna à Khenchela. On réduisant le temps de parcours vu que cette route est 2×1 voies.
- Diminuer le nombre d'accidents sur la RN31 surtout au niveau de tronçon Markouna –Tazoulet.
- Améliorer l'accessibilité à la ville de Tazoulet.

CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC

III.1 INTRODUCTION

L'étude de trafic est une étape importante dans l'étude d'un projet routier, elle a pour objet de connaitre les différentes flux à travers une région. Donc elle permet de clarifiée les décisions relatives à la politique des transports, et à l'élaboration des plans d'aménagement, de développement ou transformation des infrastructures.

L'étude de trafic, est une approche essentielle dans la conception des réseaux routiers. Cette conception est basée sur des prévisions des trafics sur les réseaux routiers nécessaires pour :

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

III.2 ANALYSE DE TRAFIC

Plusieurs méthodes permettant l'analyse du trafic, ces méthodes peuvent être classées en deux catégories :

- Comptages : C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, qui permet de quantifier le trafic, on distingue deux types de comptage :
  - ✓ Les comptages automatiques.
  - ✓ Les comptages manuels.
- Les enquêtes : elles permettent de compléter les informations recueillies à travers des comptages par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux, donc elle permet de distinguer :
  - ✓ Trafic de transit : Origine et destination en dehors de la zone étudiée (important pour décider de la nécessité d'une déviation).
  - ✓ Trafic d'échange : Origine à l'intérieur de la zone étudiée et destination à l'extérieur de la zone d'échange et réciproquement (important pour définir les points d'échange).
  - ✓ Trafic local : Trafic qui se déplace à l'intérieur de la zone étudiée.

III.3 CALCUL DE LA CAPACITE

III.3.1 Définition :

La capacité est le flux horaire maximum de véhicules qui peuvent passer par une direction de la route (ou deux directions) durant une période bien déterminé. La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

Le calcul de la capacité dépend :

- Des conditions de trafic.
- Du type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire.
- Des caractéristiques de la section considérée (nombre et largeur de voies).

III.3.2 Calcul du (TJMA) horizon :

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

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

Tel que :

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

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

n: nombre d'année d'exploitation.

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

III.3.3 Calcul des trafics effectifs:

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de type de route et de l'environnement.

Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (U.V.P). Le trafic effectif donné par la relation :

$$T_{eff} = [(1-Z)+PZ]TJMA_h$$

Tel que :

T_{eff}: Trafic effectif à l'horizon en (UVP/J)

Z: pourcentage de poids lourds (%).

P: coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route (nombres de voies et de l'environnement)

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

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

III.3.4 Débit de pointe horaire normale:

Le débit de pointe horaire normale est une fraction du trafic effectif à l'horizon, il et exprimé en unité de véhicule particulier (uvp) et donné par la formule suivante :

$$Q = \frac{1}{n} T_{eff}$$

Tel que :

Q: débit de pointe horaire

n: nombre d'heure, (en général: n=8 heures).

T_{eff} : Trafic effectif.

III.3.5 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 III.2)

K_2 : Coefficient de réduction de capacité (Voir Tableau III.3)

C_{th} : Capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable (Voir Tableau III.4)

Tableau III.3: Coefficient « K1 » (norme B40) [1]

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau III.4: Coefficient « K2» (norme B40) [1]

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

Tableau III.5: 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.3.6 Calcul du nombre des voies :

- Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

On compare Q à Q_{adm}pour les divers types de routes et on prend le profil permettant d'avoir :

$Q_{adm} \leq Q$

- Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport :

$$n = S\frac{Q}{Q_{adm}}$$

Tel que :

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

Q_{adm} : Débit admissible par voie.

III.4 APPLICATION AU PROJET

III.4.1 Les données de trafic :

Selon les résultats des comptages et des prévisions, effectués par le service spécialisé de l'Organisme National de Contrôle Technique des Travaux Publics (CTTP) nous avons :

- Le trafic journalier moyen annuel de l'année 2013 : $TJMA_{2013} = 5530\ v/j$
- Année de mise en service : 2025.
- Le pourcentage des poids lourds : Z =35%.
- Taux de croissance annuelle de trafic : τ= 4%

La durée de vie : 20ans.

III.4.2 TJMA horizon :

On a:

$TJMA_0$= $TJMA_{2013}$=5530v/j

$TJMA_n = (1+\tau)^n \times TJMA_{2013}$

$TJMA_{2025} = (1+ 0.04)^{12} \times 5530 =$ **8854 v/j**

$TJMA_{2045}$= $TJMA_{2025}(1+\tau)^{20}$=8854 $(1+0.04)^{20}$=**19400 v/j.**

III.4.3 Calcul des trafics effectifs :

$$T_{eff} = [(1 - Z) + PZ]TJMA_h$$

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

$T_{eff} = [(1 - Z) + PZ]TJMA_{2025}$= [(1−0.35) +4×0.35] ×8854=**18151 uvp/j**

$T_{eff} = [(1 - Z) + PZ]TJMA_{2045}$= [(1−0.35) +4×0.35] ×19400=**39770 uvp/j**

III.4.4 Débit de pointe horaire normale:

$$Q = \frac{1}{n} T_{eff}$$

Q_{2025}=0.12×18151=**2178 uvp/h**

Q_{2045}=0.12×39770=**4773 uvp/h**

III.4.5 Calcul de la capacité théorique :

$Q < Q_{adm} = K_1 K_2 C_{th}$

$C_{th} > Q / K_1 K_2$

D'après le B40 : K=0.85 et K=0.99

C_{th}>4773/ 0.85 ×0.99=5672

C_{th} =5672 uvp/h

Calcul de débit admissible :

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

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

Q_{adm}= 0.85×0.99 ×1800=**1515uvp/h/voie**.

Détermination de nombre de voie :

N=S.$\frac{Q}{Qadm}$; Avec S=2/3

N=(2/3)(4773/1515)=2.1

Donc : **N= 2voies/sens**

III.4.6 Calcul de l'année de saturation de (2X2 voies):

On a :$Q_{saturation} = 4 \times Q_{adm}$

Tel que : Q_{adm}= 1515 uvp/h ; donc : $Q_{saturation}$ =4×1515= **6060uvp/h**.

D'autre part : $Q_{saturation} = (1+\tau)^n \times Q_{20025}$

Tel que : **Q_{2025}=2178 uvp/h**

Alors : $(1+\tau)^n \times Q_{20025} = Q_{sat}$

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

$$n = \frac{\ln\left(\frac{6060}{2178}\right)}{\ln(1+0.04)}$$

n=26ans

D'où l'année de saturation est égale à : 2025+26=**2051.**

CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

IV.1 INTRODUCTION

L'élaboration de tout projet routier commence par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus rationnelle à la configuration de terrain. De plus la surface de roulement d'une route est une conception de l'espace, définie géométriquement par trois groupes d'élément qui sont :

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

IV.2 TRACE EN PLAN

IV.2.1 Introduction :

Le tracé en plan est la représentation sur un plan horizontal de l'axe de la route, ce plan est en générale une carte topographique ou une image satellitaire ou un plan de situation où une carte du relief du terrain représentée par des courbes de niveau. Ce tracé doit respecter certain critères pour assurer aux usages de l'autoroute un trajet confortable et sécuritaire.

IV.2.2 Règles à respecter dans le tracé en plan :

Pour faire une bonne conception de tracé en plan dans les normes, il est recommandé de :

- Chercher le plus court chemin du point de vue technique et du point de vue économique.
- Le raccordement de nouveau tracé au réseau existant.
- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Eviter au maximum les propriétés privées.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques, si le franchissement est obligatoire essayer d'éviter les ouvrages biais.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.

IV.2.3 Les éléments du tracé en plan :

Un tracé en plan est constitué de trois éléments :

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

IV.2.3.1 Alignements :

Bien qu'en principe la droite soit l'élément géométrique le plus simple, son emploi dans le tracé des routes modernes est restreint, car il présente des inconvénients, notamment :

- De nuit, éblouissement prolongé des phares.
- Difficultés de conduite et monotonie qui peuvent engendrer des accidents ou un malaise chez le conducteur.
- Mauvaise adaptation de la route au paysage.

La longueur des alignements dépend de :

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

IV.2.3.2 Arcs de cercle :

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.

Règle à respecter dans les arcs:

- Les rayons en plan doivent respecter les valeurs minimales résumées dans le tableau suivant : (l'ICTAAL 2000) [8]

Tableau IV.1: Valeurs minimales des rayons du tracé en plan

catégorie	L1	L2
Rayon minimal ($\boldsymbol{R_m}$)	600 m	**400 m**
Rayon minimal non déversé ($\boldsymbol{R_{nd}}$)	1000 m	**650 m**

- Il est conseillé de remplacer les longs alignements droits par des grands rayons.
- L'emploi de rayons supérieurs ou égaux à 1,5 R_{nd} est souhaitable, dans la mesure où cela n'induit pas de surcoût sensible, afin d'améliorer le confort et faciliter le respect des règles de visibilité.

Application au projet :

Pour le tracé en plan de notre projet, voici dans le tableau ci-dessous les rayons choisis :

Tableau IV.2: Valeurs des rayons choisis

	R1	R2	R3	R4
Valeur (m)	1600	4500	3000	1800

IV.2.3.3 Courbes de raccordement progressives :

Le raccordement d'un alignement droit à une courbe circulaire doit être fait par des courbures progressives permettant l'introduction du dévers et la condition du confort et de sécurité.

L'emploi et les rôles des courbes de raccordement se justifient 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.

Règle à respecter dans les raccordements:

- Les courbes de rayon inférieur à 1,5 R_{nd} 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.

Il est à noter que nous n'avons pas des raccordements progressifs (clothoïde) dans notre tracé.

IV.2.4 Enchaînement des éléments du tracé en plan :

Des courbes circulaires de rayon modéré ($< 1.5\ R_{nd}$) ne peuvent être utilisées qu'en respectant les règles d'enchaînement du tracé en plan ci-après : (l'ICTAAL 2000) [8]

• introduire de telles courbes sur une longueur de 500 à 1 000 m à l'aide de courbes de plus grand rayon. En ce cas, deux courbes successives doivent satisfaire à la condition : R1≤1,5R2, où R1 est le rayon de la première courbe rencontrée et R2 ($< 1.5\ R_{nd}$) celui de la seconde. Cette recommandation est impérative dans une section à risque, comme après une longue descente, à l'approche d'un échangeur, d'une aire ou dans une zone à verglas fréquent.

• séparer deux courbes successives par un alignement droit d'au moins 200 m, sauf pour deux courbes de sens contraire introduites par des raccordements progressifs.

IV.2.5 Exemple de calcul manuel de tracé en plan.

Nous avons :

R=4500 m >R_{nd} =975m $\Longrightarrow$ d= -2.5% donc le calcul se fait pour un rayon sans clothoïde.

Tableau IV.3: Les données de l'axe à calculer

pt	x	y
A	254065.1308	3932472.8084
B	257492.5183	3931623.2165
S	255490,2173	3931695,6216

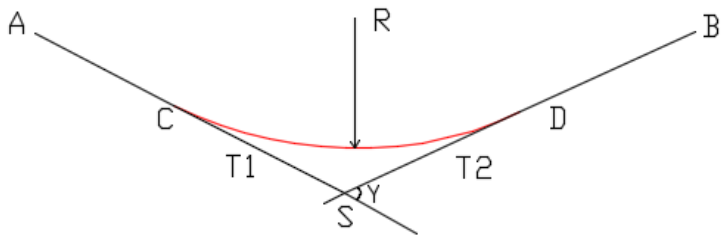


Figure IV.1: Raccordement circulaire entre deux alignements.

Calcul des gisements :

$$\begin{cases} \Delta X_{AS} = X_s - X_A = \mathbf{1425.0865m} \\ \Delta y_{AS} = y_S - y_A = \mathbf{-777.187m} \end{cases}$$

$$G_A^S = 200 - \text{Arctg}\left(\frac{|\Delta x_{AS}|}{|\Delta y_{AS}|}\right) = \mathbf{131.7848grade}$$

$$G_S^A = 200 + 131.7848 = \mathbf{331.7848grade}$$

$$\begin{cases} \Delta X_{BS} = X_S - X_B = \mathbf{-2002.301m} \\ \Delta y_{BS} = y_S - y_B = \mathbf{72.405m} \end{cases}$$

$$G_B^S = 400 - \text{Arctg}\left(\frac{|\Delta x_{BS}|}{|\Delta y_{BS}|}\right) = \mathbf{302.301grade}$$

$$G_S^B = 302.3 - 200 = \mathbf{102.301grade}$$

Calcul des angles :

$$\gamma = \left|G_A^S - G_S^B\right| = 131.7848 - 102.301$$

$$\boldsymbol{\gamma = 29.4838 grade}$$

Calcul de la tangente :

$$T = \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right) \times R = \tan(\frac{29.4838}{2}) \times 4500$$

T=1061.0775m

Calcul de la longueur d'arc :

$$L = R \times \frac{\pi}{200}\gamma = 4500 \times \frac{\pi}{200} \times 29.4838$$

L=2084.087m

Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$C = \begin{cases} x_C = x_S - T \times \sin\left(G_A^S\right) = \boldsymbol{254558.6654\ m} \\ y_C = y_S - T \times \cos\left(G_A^S\right) = \boldsymbol{3932203.653 m} \end{cases}$$

$$D = \begin{cases} x_D = x_S + T \times \sin\left(G_S^B\right) = \boldsymbol{256550.6 m} \\ y_D = y_S + T \times \cos\left(G_S^B\right) = \boldsymbol{3931657.278\ m} \end{cases}$$

A la fin de calcul manuel on a trouvé que les résultats sont compatible avec ceux qui son tirer de logiciel. (Les résultats de calcul sont joints en ANNEXE I COVADIS 200x-8).

IV.3 PROFIL EN TRAVERS

IV.3.1 Introduction :

C'est la coupe transversale de la chaussée et de ses dépendances. Le choix du nombre de voies de circulation, celui de leur largeur et celui de la structure générale du profil en travers est à la fois dicté par les débits que l'on souhaite écouler et par la fonction que l'on souhaite faire jouer à la route.

IV.3.2 Types de profils en travers :

Un projet de route comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers. Pour éviter de reporter sur chacun d'eux les dimensions générales qui se répètent et des détails constructifs communs. On établit tout d'abord un profil unique, appelé profil en travers type, après en établit les profils en travers courants.

IV.3.2.1 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. …).

Ce profil s'établit généralement à l'échelle du 1/50 et il est valable pour l'ensemble du projet.

IV.3.2.2 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.3.3 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 :

Espace, généralement en gazonnée et planté, qui sépare les deux chaussées d'une Autoroute. Il est équipé de glissières métalliques ou d'un muret en béton pour Empêcher les véhicules de le franchir.

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

La bande dérasé gauche BDG :

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

La bande moyenne BM :

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

Accotements :

Sont les zones latérales qui bordent extérieurement la chaussée. Ils peuvent être dérasés ou surélevés.il comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U.) bordée à l'extérieur d'une berme.

La bande d'arrêt d'urgence BAU :

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

La berme :

Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements : barrières de sécurité, signalisation verticale…

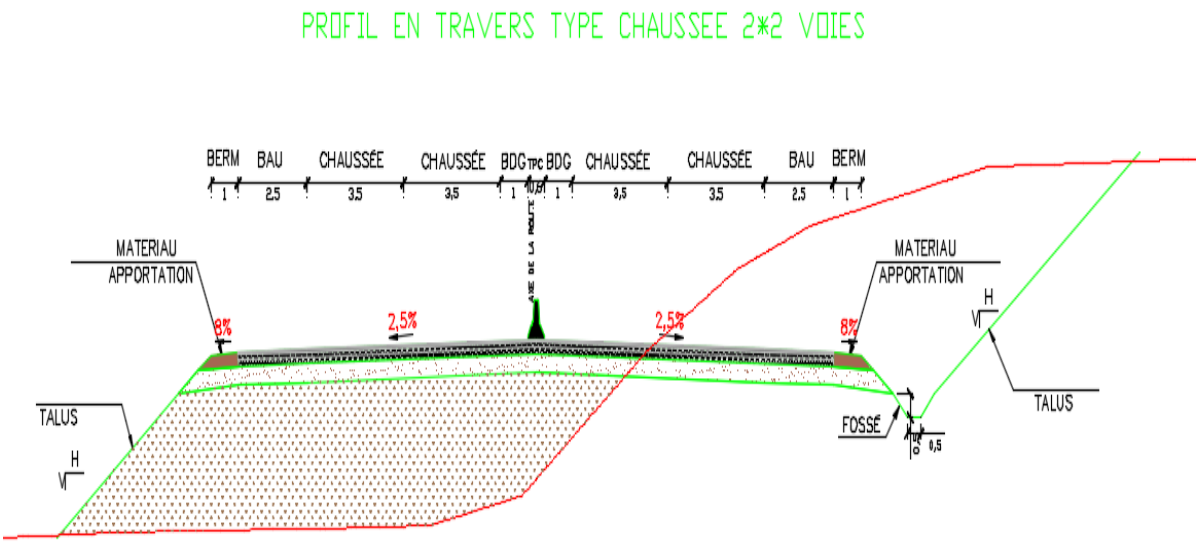


Figure IV.2: Eléments de profil en travers type.

IV.3.4 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.3.4.1 Divers en alignement et en courbe non déversée :

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

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

Les pentes des B.D.G. et du versant en toit d'un T.P.C. revêtu sont identiques à celle de la chaussée adjacente.

La berme extérieure présente une pente transversale de 8 % qui peut être portée jusqu'à 25 % dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement.

IV.3.4.2 Dévers en courbe déversée :

La pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de 1/R, entre 2,5 % pour R_{nd} et 7 % pour R_m

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

IV.3.5 Application au projet :

La section courante de notre projet est caractérisée par un profil en travers à 2x2 voies.

D'après les normes de l'ICTAAL2000, Les dimensions des éléments constituant le profil en travers proposé pour le projet, et leurs pentes transversales sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV.4: Profil en travers type proposé.

Description	Largeur (m)	nombre	largeur totale(m)
➢ Voie de circulation 2x2	3.5	4	14
➢ Terre-plein central (T.P.C)	2.6	1	2.6
- Bande dérasée de gauche (B.D.G)	1	2	2
- Bande médiane (B.M)	0.6	1	0.6
➢ Accotement	3.5	2	7
- Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	2.5	2	5
- La berme	1	2	2
totale	**23.6m**		
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)	2.5 % 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.4 PROFIL EN LONG

IV.4.1 Introduction :

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

Dans le cas des autoroutes, dont les deux chaussées unidirectionnelles sont séparées par un terre-plein central, le profil en long déterminant est une coupe par le milieu du terre-plein (axe de référence)

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

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

IV.4.2 Règles à respecter dans le profil en long :

L'élaboration du tracé s'appuiera sur les règles suivantes :

- 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.
    - Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
    - Utilisation des grands rayons verticaux.
    - Respecter la valeur maximale et minimale de déclivité.
    - Proscrire les longs alignements droits et les courbes à grand développement, et leur préférer de courtes lignes droites associées à des rayons proches de $1{,}5R_{nd}$.
    - Introduire franchement une forte pente en évitant les pentes augmentant progressivement.
    - Ne pas intercaler dans une forte pente (supérieure à 4 %) une pente plus modérée.
    - Éviter d'introduire des points singuliers (échangeurs, aires, courbes de rayon inférieur à R_{nd} …) dans la déclivité et dans les quelques hectomètres qui la suivent.

IV.4.3 Les éléments géométriques du profil en long :

IV.4.3.1 Les alignements :

Sont des segments droits caractérisés par leurs déclivités.

IV.4.3.2 Déclivité :

La déclivité d'une route est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal. Elle s'appelle une pente pour les descentes et de rampe pour les montées. Le raccordement entre une pente et une rampe se fait par un arc de cercle dont la nature est fixée par la différence m des deux déclivités.

Déclivité minimum :

Afin d'assurer l'évacuation des eaux pluviales, La pente transversale seule de la chaussée ne suffit pas, il faut encore que l'eau accumulée latéralement s'évacue longitudinalement avec facilité par des fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante. Leur minimum vaut 0.5% et de préférence 1%.

Déclivité maximale :

La déclivité maximale dépend de l'adhérence des pneus à la chaussée et la réduction des vitesses qu'elle provoque. Le problème de l'adhérence concerne tous les véhicules, tandis que pour la réduction des vitesses ce sont les camions (poids lourds PL) qui sont déterminants, car la plupart des VP ont une grande réserve de puissance.

IV.4.3.3 Raccordement :

En profil en long, deux déclivités de sens contraire doivent se raccorder par une courbe. Le rayon de raccordement et la courbe choisie doivent assurer le confort des usagers et la visibilité satisfaisante. On distingue deux types de raccordements :

- Raccordements convexes

Leur rayon RV doit satisfaire deux conditions :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

- Raccordement concave (rentrants) :

La visibilité du jour dans le cas de raccordement dans les points bas n'est pas déterminante c'est pendant la nuit qu'il faut s'assurer que les phares du véhicules devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle.

IV.4.4 Coordination tracé en plan et profil en long :

La coordination du tracé en plan et du profil en long doit faire l'objet d'une étude d'ensemble, afin d'assurer une bonne insertion dans le site, le respect des règles de visibilité et, autant que possible, un certain confort visuel ; ces objectifs incitent à :

• associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important ;

• faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :

R vertical > 6Rhorizontal, pour éviter un défaut d'inflexion.

• supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de surcoût sensible ; lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500 m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.

IV.4.5 Application au projet :

Valeurs limites :

D'après la norme ICTAAL2000, les paramètres du profil en long doivent respecter les valeurs limites données dans le tableau suivant :

Tableau IV.5: Profil en travers type proposée

Catégorie	L1	**L2**
Déclivité maximale (%)	5	**6**
Déclivité minimale (%)	0.5	**0.5**
Rayon minimal en angle saillant RV^ (m)	12500	**6000**
Rayon minimal en angle rentrant RV_v (m)	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 :

Tableau IV.6: Valeurs des rayons du profil en long choisis

Rayon	R1	R2	R3	R4	R5	R4	R5	R6
Valeur(m)	10000	7000	10000	10000	6000	10000	16000	18000

IV.4.6 Exemple de calcul manuel de profil en long :

Cas d'un rayon concave :

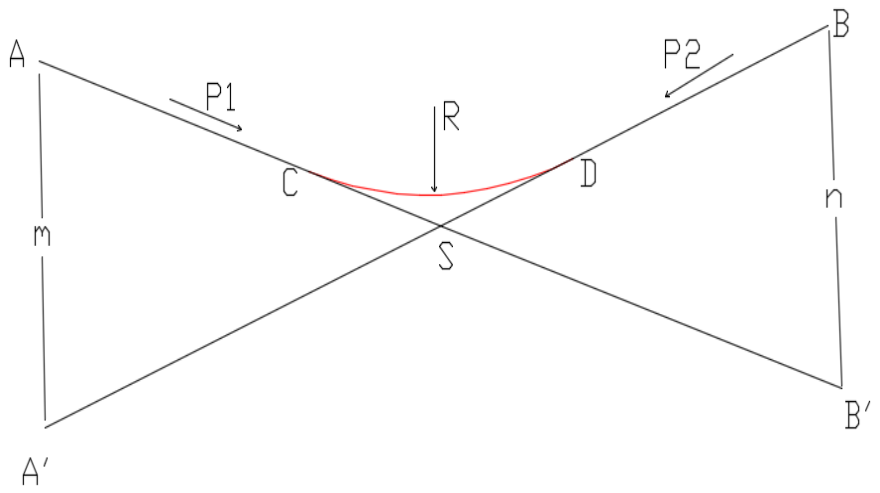


Figure IV.3: schéma illustratif d'un rayon concave.

On a :

Tableau IV.7: Les données de profil en long à calculer (rayon concave)

Point	X	Z	R(m)	L(m)
A	0	1192.5244	10000	2100.87
B	2100.0000	1239.7586		

Avec : P_1=1.3% et P_2=5.09%

$Z_{A'}=Z_B-L\times P_2=1239.7586-2100.87\times 0.0509=$**1132.86m**

$Z_{B'}=Z_A+L\times P_1=1192.5244+2100.87\times 0.013=$**1219.824m**

Calcul des coordonnées de sommet S :

$$X_S=\frac{L\times m}{m+n}=\frac{2100.87\times 59.7}{59.7+19.924}=\mathbf{1575.17m}$$

$$Z_{S/A}=Z_A+X_S\times P_1=1192.5244+1575.17\times\frac{1.3}{100}=\mathbf{1213m}$$

Calcul de la tangente :

$$T=\frac{R}{2}(|P_1|\pm|P_2|)$$

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

$$T = \frac{10000}{2}(0.0509 - 0.013) = \mathbf{189.5m}$$

Calcul des coordonnées des points de tangente :

$$\begin{cases} X_C = X_S - T = 1575.17 - 189.5 = \mathbf{1385.67m} \\ Z_C = Z_S - T \times P_1 = 1213 - 189.5 \times 0.013 = \mathbf{1210.54m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_D = X_S + T = 1575.17 + 189.5 = \mathbf{1764.6m} \\ Z_D = Z_S + T \times P_2 = 1213 + 189.5 \times 0.0509 = \mathbf{1222.65m} \end{cases}$$

Calcul de la longueur de raccordement :

$$L = 2 \times T = 2 \times 189.5 = \mathbf{379m}$$

Cas d'un rayon convexe :

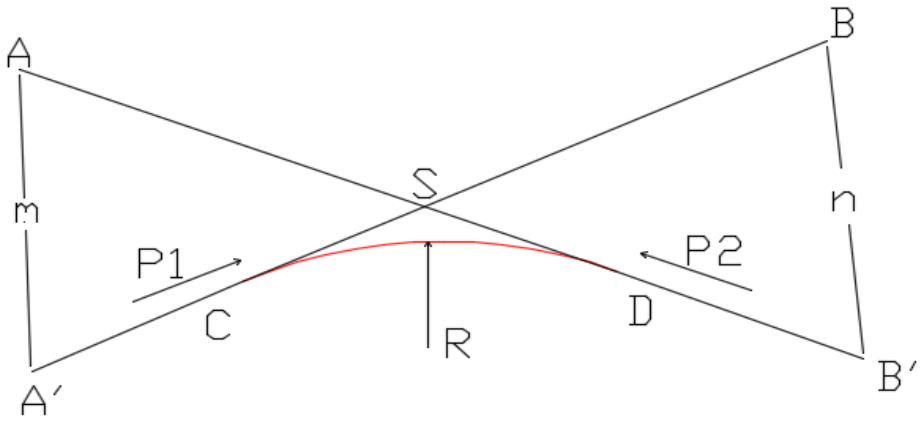


Figure IV.4: schéma illustratif d'un rayon convexe.

On a :

Tableau IV.8: Les données de profil en long à calculer (rayon convexe)

Point	X	Z	R(m)	L(m)
A	1764.545	1222.680	7000	804.33
B	2568.713	1234.334		

Avec : P_1=5.09% et P_2=-1.157%

$$\begin{cases} Z_{A'} = Z_B - L \times P_2 = 1234.334 + 804.33 \times 0.01157 = \mathbf{1243.64m} \\ Z_{B'} = Z_A + L \times P_1 = 1222.68 + 804.33 \times 0.0509 = \mathbf{1263.62m} \end{cases}$$

Calcul des coordonnées de sommet S :

$$\begin{cases} X_S = \frac{L \times m}{m+n} + L' = \frac{804.33 \times 20.96}{20.96+29.286} + 1764.76 = \mathbf{2100.284m} \\ Z_{S/A} = Z_A + X \times P_1 = 1222.68 + 335.524 \times \frac{5.09}{100} = \mathbf{1239.758m} \end{cases}$$

Calcul de la tangente :

$$T = \frac{R}{2}(|P_1| \pm |P_2|)$$

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

$$T = \frac{7000}{2}(0.0509 + 0.01157) = \mathbf{218.645m}$$

Calcul des coordonnées des points de tangente :

$$\begin{cases} X_C = X_S - T = 2100.284 - 218.645 = \mathbf{1881.64m} \\ Z_C = Z_S - T \times P_1 = 1239.769 - 218.645 \times 0.0509 = \mathbf{1228.64m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_D = X_S + T = 2100.284 + 218.645 = \mathbf{2318.93m} \\ Z_D = Z_S + T \times P_2 = 1239.769 - 218.645 \times 0.01157 = \mathbf{1237.23m} \end{cases}$$

Calcul de la longueur de raccordement :

$$L = 2 \times T = 2 \times 218.645 = \mathbf{437.29m}$$

Calcul des cordonnées du sommet de la courbe :

$$X_{J/A} = R \times P_1 = 7000 \times 0.05091 = \mathbf{356.3m}$$

$$Z_{J/A} = X_{J/A} \times P_1 - \frac{X_{J/A}^2}{2R} = 356.3 \times 0.0509 - \frac{356.3^2}{2 \times 7000} = \mathbf{9.068m}$$

$$X_J = X_c + X_{J/A} = 1881.64 + 356.3 = \mathbf{2237.94m}$$

$$Z_J = Z_c + Z_{J/A} = 1228.64 + 8.84 = \mathbf{1237.7m}$$

A la fin de calcul manuel on a trouvé que les résultats sont compatible avec ceux qui sont tirer de logiciel. (Les résultats de calcul sont joints en ANNEXE II COVADIS 200x-8).

IV.5 LES CUBATURES

IV.5.1 Définition :

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

IV.5.2 Méthode de calcul utilisée :

Il existe plusieurs méthodes de calcul des volumes remblai-déblai, parmi lesquelles nous utilisons la méthode de la moyenne des aires, qui est une méthode très simple mais elle présente l'inconvénient de donner des résultats avec une marge d'erreur, donc pour être proche des résultats exacts on doit majorer les résultats trouvés par un coefficient de 10 % et ceci dans le but d'être en sécurité.

IV.5.3 Description de la méthode :

On utilisant la formule qui calcul le volume compris entre deux profils successifs :

$$V = \frac{h}{6} \times (S_1 + S_2 + S_{moy})$$

Tel que :

h: Hauteur entre deux profils.

S_{moy} : Surface limitée à mi- distances des profils.

S_1 : Surface de profil en travers P1.

S_2 : Surface de profil en travers P2.

Pour éviter des calculs très longs, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions : $\frac{S_1+S_2}{2}$ et S_{moy}.

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

Et le volume total de terrassement sera donc : $V = \sum_1^n V_i$

IV.5.4 Exemple :

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

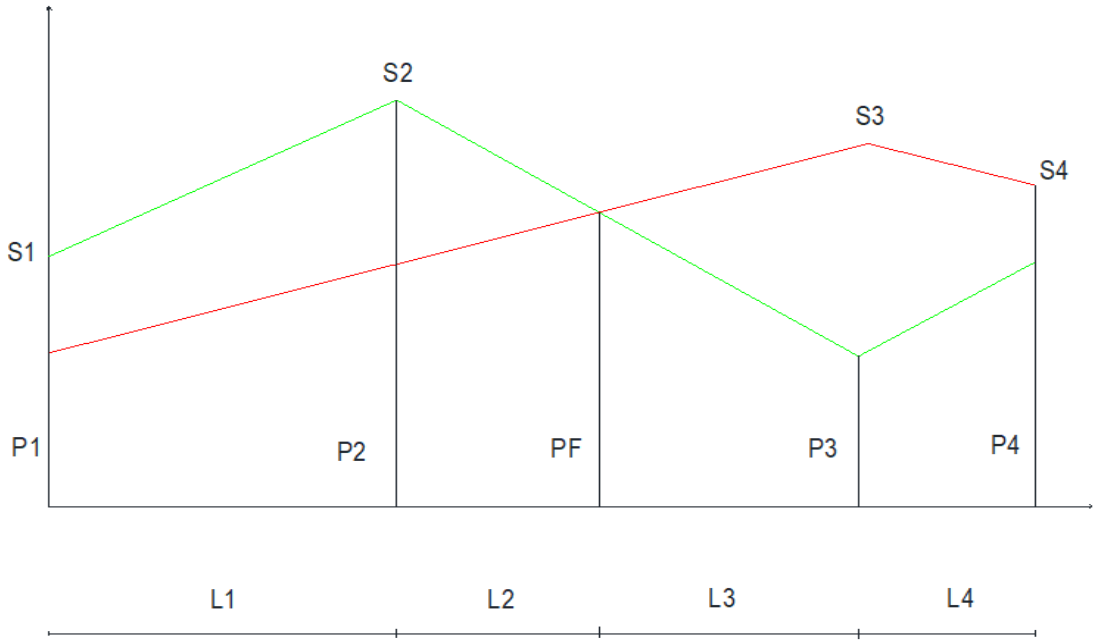


Figure IV.5: schématisation des déblais et remblai sur le profil en long.

Entre P_1 et P_2 :$V_1 = L_1 \times \frac{S_1+S_2}{2}$

Entre P_2 et P_F :$V_2 = L_2 \times \frac{S_2+0}{2}$

Entre P_F et P_3 :$V_3 = L_3 \times \frac{0+S_3}{2}$

Entre P_3 et P_4 :$V_1 = L_4 \times \frac{S_3+S_4}{2}$

Donc : $V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$

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

- Volume total de déblai : **798734.552 m^3.**
- Volume total de remblai : **904307.913 m^3.**

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

CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE

V.1 INTRODUCTION

La géotechnique est une discipline qui étudie le comportement des terrains constitutifs de notre planète en relation ou non avec la construction d'ouvrage par l'homme.

Sa connaissance s'appuie sur :

- L'observation et la mesure permettant la compréhension des phénomènes et leur modélisation.
- La géologie, la géophysique, l'hydrologie, la mécanique des sols…..

La géotechnique routière est l'application de la géotechnique au domaine routier. Elle concerne:

- Plateforme routière (corps de chaussée et assise de chaussée).
- Les ouvrages en terre (remblais/déblais).
- Les travaux de terrassement (utilisation du sol comme matériaux de construction en déblai/remblai).
- Les fondations des ouvrages d'art.
- Les soutènements et stabilisation de talus.
- Gites d'emprunts, zones de dépôts et carrières.

Un projet routier nécessite une bonne étude géotechnique pour la conception ou le confortement d'un projet.

V.2 OBJECTIF DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE

Une étude géotechnique vise à reconnaître au droit d'un aménagement existant ou à construire :

- La nature et la répartition des terrains
- Les caractéristiques et comportements des matériaux
- Les caractéristiques hydrogéologues site (présence d'eau souterraine, nature des écoulements, etc.…)
- La classification des matériaux de sol suivant le GTR
- La possibilité de réutiliser les déblais en remblai.

V.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.

V.4 CLASSIFICATION DES MATERIAUX

Après la réalisation de tous les essais nécessaires nous passons à la classification des matériaux qui est un facteur important dans notre étude car elle influe par la suite sur le dimensionnement du corps de chaussées, la stabilité des pentes, les ouvrages en terre…

Les paramètres pour la classification des sols sont divisés en 3 catégories selon les recommandations de Réalisation des remblais et des couches de forme. Fascicule I et II. Principes généraux (SETRA et LCPC) : [6, 7]

- Paramètres de nature.
- Paramètres d'état.
- Paramètres de comportement mécanique.

Tous ces paramètres sont toujours déterminés sur la fraction 0/50 mm qui est la fraction susceptible d'être identifiée par les essais de laboratoire usuels.

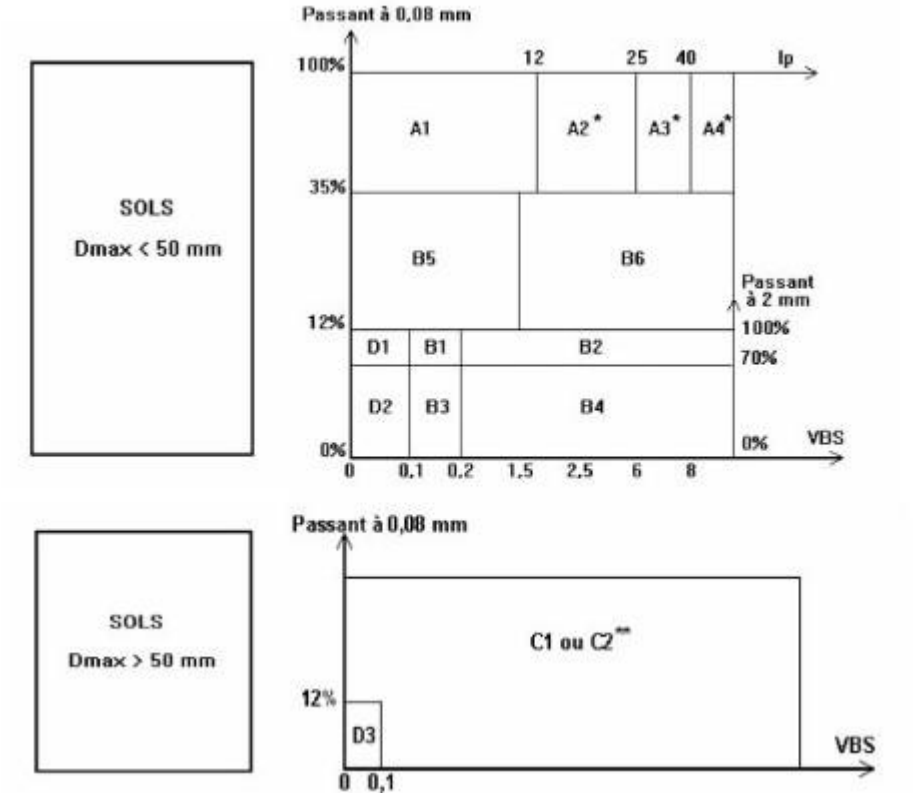


Figure V.1/ Abaque de la classification GTR.

V.5 APPLICATION AU PROJET

V.5.1 Les moyens de reconnaissance :

V.5.1.1 L'étude des archives et documents existants :

Structures géologiques :

Le synclinal de Batna - Timgad qui s'ouvre progressivement entre Batna et Timgad est essentiellement constitué par le Miocène. Il comporte sur sa marge sud une zone de repli anticlinale longitudinale au Djebel Delâa.

Géologie détaillée

La principale localité de cette section est la ville de Tazoult construite sur un site romain. Sur le plan de la géomorphologie, la région Tazoult montre des reliefs encadrant une vaste plaine argileuse rouge.



Figure V.2: Zone d'argile rouge.

À partir de la carte géologique, on observe que le début de notre tracé repose sur des calcaires et/ou dolomies avec alternances de marnes (miocène à dominantes marneuse).La topographie est quelque peu chahutée au niveau de Theniet El Markouna, on observe des pendages de 20° E. au niveau de Mériel les argiles rouges sont dominantes. Le relief est relativement plat dans les argiles dont l'épaisseur augmente vers l'Est. Un seul passage avec quelques difficultés est à signaler, c'est celui de l'Oued Mérial. Cet oued est important large et profond (2-3m).

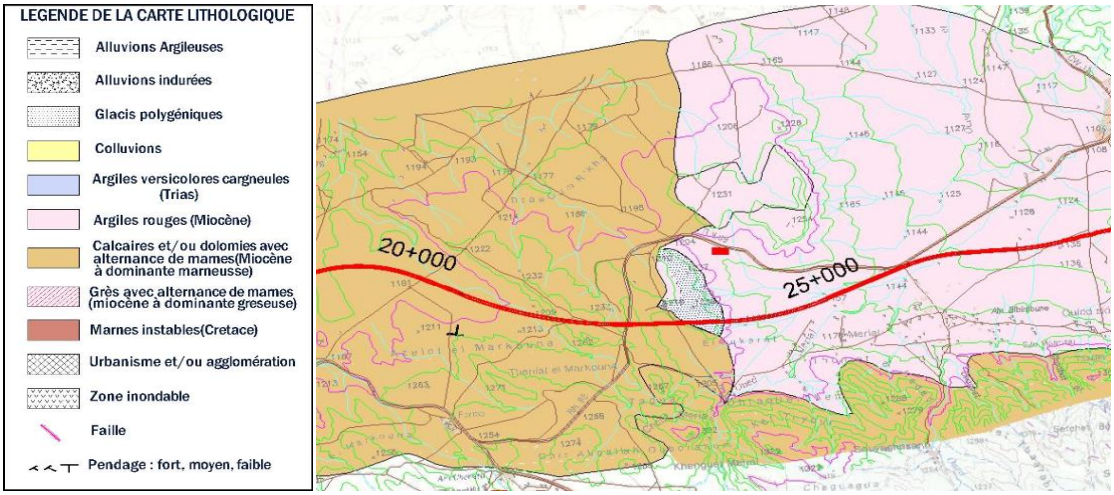


Figure V.3: Carte géologique de la zone d'étude.

V.5.1.2 Les essais in situ :

Les essais réalisés in situ sont :

- Sondage carotté XP P 94-202.
- Puits de reconnaissance XP P 94-011.
- Essais de pénétration standard (SPT) NF P 94-116.

Les résultats des essais et leurs interprétations :

Sondage carotté :

Tableau V.1: Résultats des sondages carottés.

sondage	PK	Profondeur (m)	Description des terrains
BSC15	21+878	0-0.4 0.4-12 12-13	• terre végétale. • cailloux et gravier calcaire dans une matrice de sable limoneuse argileuse mal récupéré. • marne verdâtre et peu oxydée.
BSC16	22+025	0-0.3 0.3-6.2 6.2-10.4 10.4-12.6	• Terre végétale. • Tuf peu argileux, blanchâtre caillouteux et graveleux. • Argile marron, ferme limoneuse et peu graveleuse. • Tuf peu argileux, blanchâtre caillouteux et graveleux.
BSC17	22+711	0-2.5 2.5-11	• Tuf argileux, blanchâtre et graveleux. • Marne argileuse verdâtre.
BSC18	22+722	0-0.2 0.2-6 6-10	• Terre végétale • cailloux et gravier calcaire à matrice d'argile tufacée. • Marne verdâtre ferme à peu plastique.
BSC19	23+557	0-4.5 4.5-6 6-10	• Graviers arrondie et sub-arrondis dans une matrice sableuse carbonatée. • Argile violacé légèrement humide. • Marne argileuse verdâtre avec présence de cailloux calcaire.
BSC20	23+619	0-5 5-10	• Graviers arrondie et sub-arrondis dans une matrice sableuse. • Argile violacée, très gypseuse humide et ferme.

Puits de reconnaissance :

Tableau V.2: Résultats des puits de reconnaissance.

Forage	PK	Zone	profondeur(m)	description lithologique nature des terrains
BPM25	22+025	Déblai	0-0.3 0.3-4	• Terre végétale. • Marne limoneuse sableuse, graveleuse avec présence de cailloux et quelque bloc.
BPM26	23+067	Remblai	0-0.3 0.3-1.5 1.5-4	• Terre végétale • Argile peu graveleuse, brune, très peu humide. • Argile marneuse jaunâtre a brunâtre, peu humide avec quelque cailloux.
BPM27	24+619	Déblai	0-4	• Tuf, graveleux, caillouteux, sec, brunâtre avec présence de blocs.

Essais de pénétration standard :

Tableau V.3: Résultats de l'essai SPT.

Sondage	PK	Profondeur(m)	N_0	N_1	N_2	Valeur $SPT=N_1+N_2$	Etat de compacité
BSC15	21+878	1.5 3 4.5 6	>50	-	-	-	-
BSC16	22+025	1.5 3 4.5 6	26 >50 >50 >50	>50	-	-	-
BSC17	22+711	1.5 3 4.5 6	>50	-	-	-	-
BSC18	22+722	1.5 3 4.5 6	>50	-	-	-	-
BSC19	23+557	1.5 3 4.5 6	>50 9 18 16	- 20 24 27	- 19 39 47	- 39 63 74	Très dense
BSC20	23+619	1.5 3 4.5 6	33 34 13 23	35 33 20 26	45 32 26 45	80 65 46 71	Très dense

Interprétation :

D'après les résultats ci-dessus nous avons trouvé que la zone de notre projet (du PK20 au PK27) est constituée de marne argileux, des argiles (argile sableuse, argile limoneuse), tuf, cailloux et graviers, surmontés de la terre végétale d'une épaisseur faible (0.2 à0.4 m).

V.5.1.3 Les essais au laboratoire

Les essais réalisés au laboratoire sont :

- Les essais d'identification des sols :
  - Analyse granulométrique par tamisage et par sédimentation.
  - Limites d'Atterberg.
  - Essai au bleu de méthylène(VBS).
  - Masse volumique des particules solides d'un sol.
  - Teneur en eau naturel.
  - Analyse chimique.
- Les essais mécaniques :
  - Essai CBR.
  - Essai Proctor.
  - Essai de cisaillement.

Les résultats des essais et leurs interprétations :

- Les essais d'identification des sols :

Tableau V.4: Résultats des essais d'identification des sols pour les sondages carottés.

Sondage carottée												
puits	prof	Analyse granulométrique				Limites d'Atterberg				w_n	γ_h	S_r
		D_{max}	Tam 2mm	Tam 0.2mm	Tam $80\mu m$	w_l	w_p	I_p	I_c			
BSC15	0.4/12	80	50	28	22	26	14	12	-	0.5	-	-
BSC16	6.8/7.2	80	90	89	88	71	34	37	1.53	14.21	21.7	95.14
BSC17	4.2/4.6	80	100	100	100	46	23	23	1.05	21.63	20.5	99.85
BSC18	7/7.35	80	42	41	41	50	24	26	1.32	15.46	21.7	99.32
BSC19	8.3/8.7	80	100	100	100	49	25	24	-	-	-	-
BSC20	7.3/7.6	80	100	100	100	42	22	20	1.39	13.5	20.1	72.08

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

Puis de reconnaissance													
Puits	Prof	Analyse granulométrique				Limites d'Atterberg				w_n	VBS	Analyse chimique	
		D_{max}	Tam 2mm	Tam 0.2mm	Tam $80\mu m$	w_l	w_p	I_p	I_c			car	gyp
BPM25	0.3/4	31.5	66	40	34	30	16	14	1.06	15	1.6	77	Traces
BPM26	0.3/1.5	20	73	56	50	40	22	18	1.19	19	5	23	Traces
	1.5/4	80	98	98	98	44	24	20	1.49	14	5.2	9	Traces
BPM27	0/4	100	32	12	17	21	13	8	1.40	9.8	1.2	64	Traces

- Les essais mécaniques :

Tableau V.6: Résultats des essais mécaniques pour les sondages carottés.

Sondage carottée				
Puits	Prof	Cisaillement directe		Compression simple
		$\emptyset_u$	c_u	R_c
BSC15	0.4/12	-	-	-
BSC16	6.8/7.2	22	38.8	-
BSC17	4.2/4.6	-	-	-
BSC18	7/7.35	-	-	-
BSC19	8.3/8.7	-	-	3.981
BSC20	7.3/7.6	23	70.7	-

Tableau V.7: Résultats des essais mécaniques pour les puits de reconnaissance.

Puits de reconnaissance						
puits	prof	Proctor modifié		CBR_{imb}	Cisaillement directe	
		γ_d	w_{opm}		$\emptyset_u$	c_u
BPM25	0.3/4	19.3	10.1	9	-	-
BPM26	0.3/1.5	18.7	9.4	4	-	-
	1.5/4	20	8.3	4.2	-	-
BPM27	0/4	22.8	5.8	3.4	-	-

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.

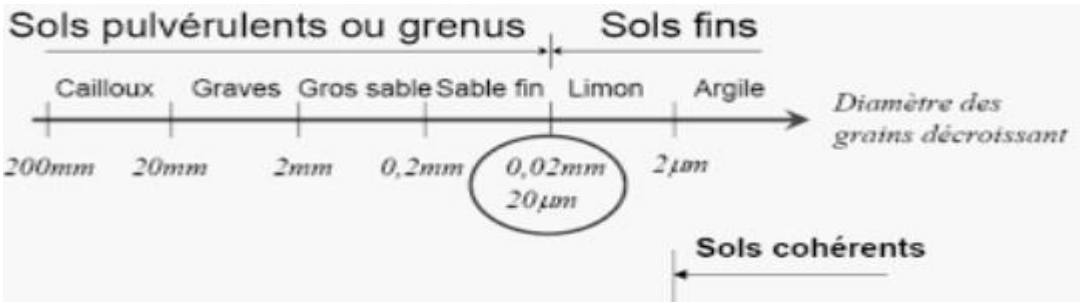


Figure V.4: Diagramme de classification des sols selon le diamètre.

✓ La plasticité :

Les valeurs de limites de liquidité des différents échantillons varient entre 21 et 71%, et l'indice de plasticité entre 8 et 37%. Ce qui caractérisent des argiles peu plastique et des limons très plastiques d'après la classification de Casa grande.

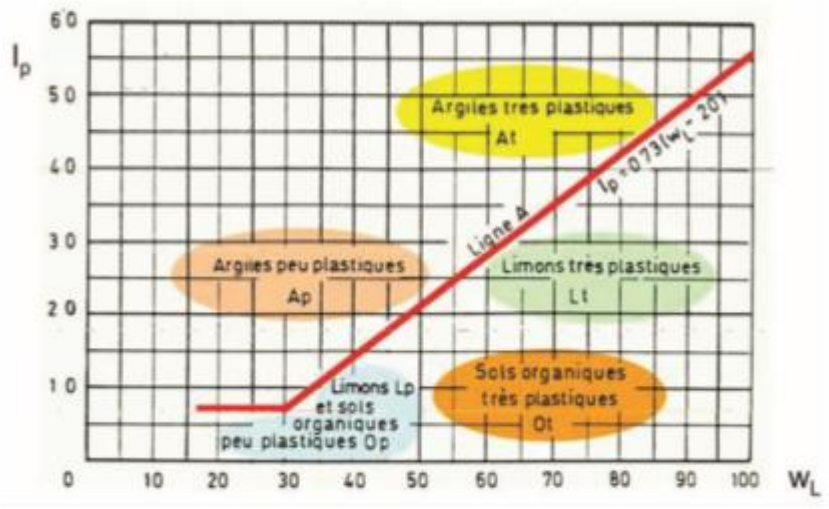


Figure V.5: Abaque de CASAGRANDE.

✓ La consistance :

Les valeurs de l'indice de consistance sont >1, donc nous avons des sols dures.

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

Figure V.6: Classification des sols selon l'indice de consistance.

✓ La densité :

Les valeurs de la masse volumique $\gamma_d > 18, donc\ il\ s'agit\ des\ sols\ très\ dense.$

Tableau V.8: L'état d'un sol en fonction de la masse volumique.

Etat	La masse volumique $\boldsymbol{\gamma_d(KN/m^3)}$
Peu dense	<16
Dense	**16-18**
Très dense	>18

✓ La portance :

Les valeurs de l'indice CBR varient entre 3.4 et 9 avec une valeur moyenne de 5.15 donc un sol de faible portance.

V.5.2 Classification GTR :

Exemple :

Pour le puits BPM25 nous avons :

Tableau V.9: Résultats des essais au laboratoire pour le puits BPM25.

puits	**prof**	**Analyse granulométrique**			**Limites d'Atterberg**				w_n	**VBS**	**Proctor modifié**	
		D_{max}	Tam 2mm	Tam $80\mu m$	w_l	w_p	I_p	I_c			γ_d	w_{opm}
BPM25	0.3/4	31.5	66	34	30	16	14	1.06	15	1.6	19.3	10.1

Classement selon la nature :

1er niveau : granularité :

$D_{max} = 31.5mm < 50mm$

Tamisât à $80\mu m = 34\% < 35\%$

⟶ Sols sableux et graveleux avec des fines- classe B

2eme niveau : granularité et argilosité :

Tamisât à $80\mu m = 34\% > 12\%$

VBS=1.6>1.5

⟶ S/classe B_6 : sable et graves argileux à très argileux

Classement selon l'état hydrique :

$1 < I_c = 1.06 < 1.2 \longrightarrow$ Etat hydrique moyen « m »

Les résultats de la classification de tous les puits sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau V.10: Classification GTR des matériaux.

Puits	Profondeur(m)	Classe GTR	Nature de sol
BSC15	0.4/12	B_6ts	Sables et graves, argileux à très argileux
BSC16	6.8/7.2	A_3ts	Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques
BSC17	4.2/4.6	A_2m	Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques
BSC18	7/7.35	A_3ts	Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques
BSC19	8.3/8.7	A_2	Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques
BSC20	7.3/7.6	A_2s	Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques
BPM25	0.3/4	B_6m	Sables et graves, argileux à très argileux
BPM26	0.3/1.5	A_2m	Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques
	1.5/4	A_2ts	Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques
BPM27	0/4	C_1B_5	Argiles à silex, argiles à meulière, éboulis, moraines, alluvions grossières

V.5.3 Conditions d'utilisation des matériaux :

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.

Le tableau ci-dessous présente toutes les possibilités de réutilisation des sols :

Tableau V.11: Les possibilités de réutilisation des sols.

Puits	Classe GTR	Possibilités de réutilisation
BSC15	B_6ts	Sols normalement inutilisables en l'état Leur humidification pour changer d'état doit être décidée à l'appui d'une étude spécifique
BSC16	A_3ts	Sols normalement inutilisables en l'état
BSC17	A_2m	Ces sols ne posent pas de problème de réutilisation en remblai sauf par pluie forte ou moyenne
BSC18	A_3ts	Sols normalement inutilisables en l'état
BSC19	A_2	-
BSC20	A_2s	La teneur en eau faible de ces sols oblige à un compactage intense. Il faut au moins éviter de réduire encore leur teneur en eau et pour des remblais de grande hauteur un changement de leur état hydrique est nécessaire
BPM25	B_6m	Ces sols ne posent pas de problème d'utilisation en remblai sauf par pluie forte
BPM26	A_2m	Ces sols ne posent pas de problème de réutilisation en remblai sauf par pluie forte ou moyenne
	A_2ts	Sols normalement inutilisables en l'état
BPM27	C_1B_5	Les conditions de réutilisation dépendent de l'état hydrique des sols

En couche de forme :

D'après le GTR :

Les sols : A_2m, A_2s, B_6m sont des sols réutilisable en couche de forme, mais ils nécessitent un traitement soit à la chaux ou au liant hydraulique.

V.5.4 Les gites à matériaux :

La reconnaissance des gîtes à matériaux consiste à estimer les réserves des matériaux pour remblais et structures des chaussées, et à vérifier l'accessibilité à partir du tracé de la Rocade.la localisation des gisements d'emprunt et les carrières allant du PK20 au PK27 est illustrer sur la carte ci–dessous :

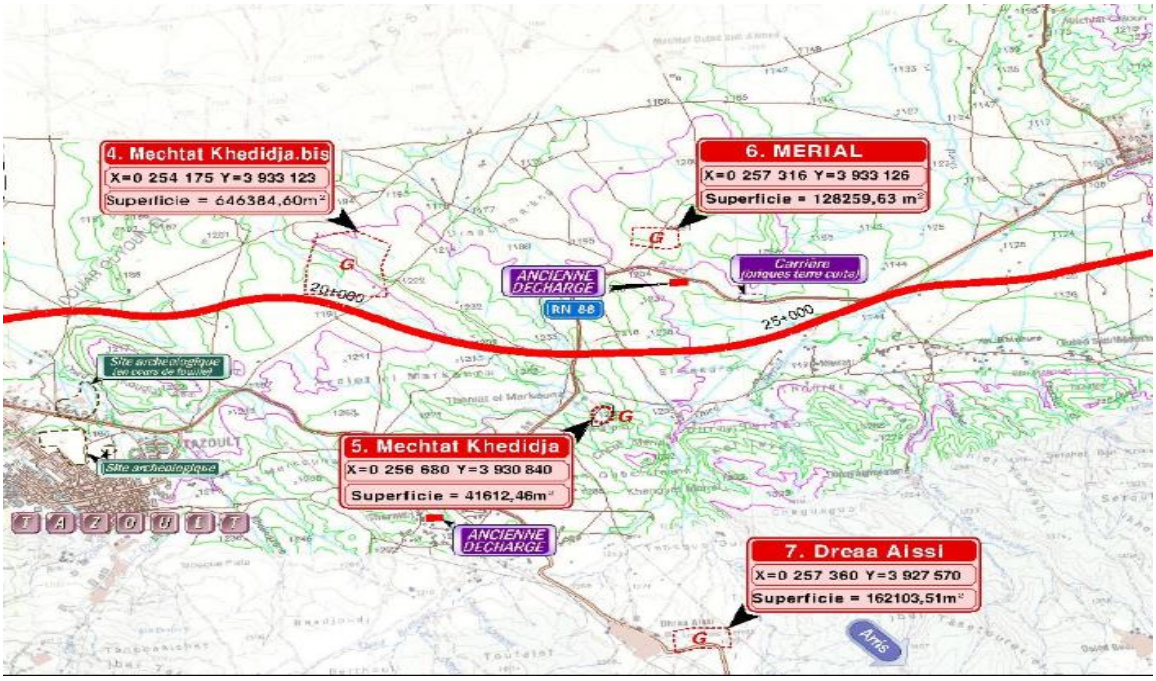


Figure V.7: Localisation des gites à matériaux.

Pour définir les caractéristiques des matériaux et leur possibilité d'utilisation pour remblais et structures des chaussées, la conformité des matériaux est évaluée en effectuant les puits de reconnaissance, les prélèvements des échantillons et les essais en laboratoire.

Le tableau suivant résume les caractéristiques de chaque gite :

Tableau V.12: caractéristiques des gites de matériaux.

Gisement	Situation	Accès	Matériaux	Destination
MECHTAT KHEDIDJA, Bis	PK20 A 0,6km au Nord du tracé	par piste bien aménagée de 2 km à partir de la RN88	A1th, A2th, B6h, B6th, C1A2m, C1B2m, C1B5m, C1B6m, C1B6h et C1B6th,	Remblai, Couche de forme après le traitement
MECHTAT KHEDIDJA	pK23 A 0,8 km au Sud du tracé	par piste bien aménagée d'un km à partir de la RN88	A1m, A2m, B6s, C1A1m, C1A2m, C1B6h et C1B6th	Remblai, Couche de forme après le traitement
Merial	PK23 A 1,5 Km au Nord du tracé	Direct à gauche de la RN88 à une distance de 0.5 km	A2m, A2h, B5h, B6m, B6h et C1A1m	Remblai, Couche de forme après le traitement
DRAA AISSI	PK23 A 4,0 km au Sud du tracé	Accès directe du chemin de wilaya menant vers Arris	A2m, A2h, C1A2m, C1B2h, C1B5m et C1B6m	Remblai, Couche de forme après le traitement

V.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, avec des zones de sables fins et tuf.

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 VI : DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

VI.1 INTRODUCTION

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude. Il s'agit de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée.

Pour cela, on appliquera la méthode la plus appliquée en Algérie: La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.

VI.2 METHODE CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES NEUVES

VI.2.1 Description de la méthode :

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

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

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

- Approche théorique.
- Approche empirique.

VI.3 Application au projet :

VI.3.1 Les données climatiques :

Le dimensionnement de corps de chaussée s'effectue avec une température équivalente $\theta_{éq}$, en tenant compte de cycle de variation de température de chaque année.

La température équivalente est généralement déterminée selon le zonage climatique du site

D'après le «catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP 2001) fasicule1»,

Le site de projet est classé en zone I (wilaya de BATNA), avec une intensité pluviométrique >600 mm/an.

Donc nous avons une température équivalente de 20 °c comme montré dans le tableau suivant :

Tableau VI.1: Valeurs des températures équivalentes

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

VI.3.2 Les données de trafic :

VI.3.2.1 Type de réseau principal :

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

Tableau VI.2: types de réseau principal.

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

Pour notre projet :

L'année de mise en service est 2025 : $\mathrm{TJMA}_{2025} = 8854\mathrm{v/j} > 1500\mathrm{v/j}$

Donc le réseau principal est RP1.

VI.3.2.2 Détermination de La Classe De Trafic $\mathbf{TPL_i}$

Les classes de trafic TPL_i adoptées dans les fiches structures de dimensionnement sont données, pour chaque niveau de réseau principal (RP1 et RP2) et nombre PL par jour et par sens à l'année de mise en service.

On a :

- $\mathrm{TJMA}_{2013} = \mathbf{5530v/j}$
- Année de mise en service : 2025.
- Le pourcentage des poids lourds : Z =35%.
- Taux de croissance annuelle de trafic : τ= 4%
- La durée de vie : 20ans.
- TJMA_{2025} = 8854 v/j

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.

On a :

$$TPL_{2025} = 0.35 \times TJMA_{2025} = 3099PL/J \rightarrow TPL_{2025/sens} = \frac{3099}{2} = \mathbf{1550PL\ /J/sens}$$

Pour une chaussée unidirectionnelle à 2 voies : 90% du trafic PL sur la voie lente de droite

Donc :

$$TPL_{2025} = 0.9 \times 1550 = \mathbf{1395PL\ /J/sens}$$

Donc notre classe de trafic est TPL_5

VI.3.2.3 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 :

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

Tel que :

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

n : Durée de vie considérée.

AN :

$$TC_{2025} = 1395 \times 365 \times \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04} = \mathbf{15.16 \times 10^6\ PL/j/sens}$$

VI.3.2.4 Le Trafic cumulé équivalent TCE_i:

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

$$TCE_i = TC_i \times A$$

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

Tableau VI.3: 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 : $TCE_{2025} = TC_{2025} \times A = 15.16 \times 10^6 \times 0.6 = \mathbf{9.1 \times 10^6\ PL/j/sens}$

VI.3.3 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 VI.4: Classe de portance des sols selon l'indice CBR.

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

Pour notre projet nous avons un indice CBR=5 donc une classe de portance du sol S_3.

VI.3.3.1 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 VI.5: Classe de portance des sols selon E.

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

On a :

$E = 5 \times I_{CBR} = 5 \times 5 = 25\ MPA$; Donc une classe de portance du sol S_3.

VI.3.3.2 Sur classement des sols supports de chaussée :

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.

L'utilisation d'une couche de forme en matériaux naturels sélectionnés ou traités, permet un sur classement de portance du sol. Le tableau ci-dessous donne des indications sur le choix de la couche de forme à réaliser.

Tableau VI.6: 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
S_4	Matériau non traité	60 (en 2 couches)	S_2
S_3	**Matériau non traité**	**40 (en 2 couches)**	**S_2**
S_3	Matériau non traité	70 (en 2 couches)	S_1

Dans notre cas on a un sol à faible portance S3, alors l'utilisation d'une couche de forme d'épaisseur 40cm, en 2 couches de TUF permet un sur classement de portance du sol qui sera d'une classe S2.

VI.3.4 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 la structure suivante :

Tableau VI.7: Structures choisis de la chaussée.

	Matériau	Epaisseur (cm)
Couche de roulement	BB	**6**
Couche de base	GB	**11**
Couche de fondation	GB	**12**
Couche de forme	TUF	**40**

VI.3.5 Vérification en fatigue des structures :

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

Les déformations admissibles sont données par les relations suivantes :

$$\begin{cases} \varepsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3}(TCE_i)^{-0.235} \\ \varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6(10°c, 25HZ)Kn_eK_\theta K_rK_c \end{cases}$$

La vérification :

$$\begin{cases} \varepsilon_t < \varepsilon_{t,adm} \\ \varepsilon_z < \varepsilon_{z,adm} \end{cases}$$

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

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

$\varepsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3}(9.1 \times 10^6)^{-0.235} = 5.09 \times 10^{-4}$

$$\boldsymbol{\varepsilon_{z,adm} = 5.09 \times 10^{-4}}$$

Calcul de la déformation admissible de traction $\varepsilon_{t,adm}$:

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

Avec :

K_θ: Facteur lie à la température.

Kn_e : Facteur 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.

$$Kn_e = \left(\frac{10^6}{TCE_i}\right)^b \quad ; K_\theta = \sqrt{\frac{E(10°c)}{E(\theta_{éq})}} \quad ; K_r = 10^{-tb\delta}$$

Performances mécaniques des matériaux bitumineux :

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

Tableau VI.8: 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)	$\boldsymbol{\varepsilon_6}$ (30°c, 10HZ) ($\mathbf{10^{-6}}$)	$\frac{-1}{b}$	S_n	S_h	υ	K_c
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0.35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6.84	0.45	3	0.35	1.3

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

- ✓ $\theta_{éq}$: Température équivalente ($\theta_{éq}$ = 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).

$$\delta = \sqrt{S_n{}^2 + \left(\frac{c}{b}S_h\right)^2} = \sqrt{0.45^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146}3\right)^2} = 0.609 \rightarrow K_r = 10^{-1.282\times0.146\times0.609}$$

$$\mathbf{K_r = 0.769}$$

$$Kn_e = \left(\frac{10^6}{TCE_i}\right)^b = \left(\frac{10^6}{9.1\times10^6}\right)^{-0.146}$$

$$\mathbf{Kn_e = 1.38}$$

$$K_\theta = \sqrt{\frac{E(10°c)}{E(\theta_{éq})}} = \sqrt{\frac{12500}{7000}}$$

$$\mathbf{K_\theta = 1.336}$$

$$\mathbf{K_c = 1.3}$$

AN :

$$\varepsilon_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} \times 1.38 \times 1.336 \times 0.769 \times 1.3$$

$$\boldsymbol{\varepsilon_{t,adm} = 1.843 \times 10^{-4}}$$

Les résultats de calculs donnés par le logiciel Alizé III sont :

Tableau VI.9: Valeurs des déformations.

Déformation admissible calculée	Déformation calculée par Alizé III
$\boldsymbol{\varepsilon_{t,adm} = 1.843 \times 10^{-4}}$	$\boldsymbol{\varepsilon_t = 0.172 \times 10^{-4}}$
$\boldsymbol{\varepsilon_{z,adm} = 5.09 \times 10^{-4}}$	$\boldsymbol{\varepsilon_z = 0.181 \times 10^{-4}}$

épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0.600	4000.0	0.350	0.000	-17.2	-0.009	53.7	0.657
	collé		0.600	-6.4	-0.017	12.6	0.040
0.110	7000.0	0.350	0.600	-6.4	-0.045	9.9	0.040
	collé		0.710	-10.4	-0.102	12.1	0.015
0.120	7000.0	0.350	0.710	-10.4	-0.102	12.1	0.015
	collé		0.830	-17.2	-0.180	18.1	0.003
infini	50.0	0.350	0.830	-17.2	0.000	58.8	0.003

VI.1: Ecran ALIZE

Donc notre structure de : **6(BB) +11(GB) +12(GB) +40(TUF)** est bien vérifiée.

CHAPITRE VII : ETUDE HYDROLOGIQUE ET ASSAINISSEMENT

VII.1 INTRODUCTION

Les phénomènes de ruissellement constituent une des causes premières des dégradations rencontrées sur la chaussée. L'assainissement routier se divise en deux principaux volets; le premier concerne le drainage des eaux de la plateforme autoroutière; le deuxième concerne le rétablissement des écoulements naturels des bassins versants interceptés par l'infrastructure autoroutière :

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 :

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

VII.2 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.

Cette étude est basée sur les données suivantes :

- Cartes topographiques à l'échelle de 1/20 000 pour la délimitation des bassins versants.
- Informations sur les données pluviométriques : courbe des isohyètes interannuelles, pluies maximales journalières et étude des intensités des averses régionales (intensité-durée -fréquence); séries historiques des débits maxima annuels des oueds limitrophes de la région d'étude permettant d'estimer les crues régionales;
- relevés des niveaux des hautes eaux et des caractéristiques des ouvrages existants ainsi qu'une appréciation des conditions de formation des crues et du coefficient de ruissellement permettant d'effectuer l'analyse de recoupement avec des résultats d'études analytiques des crues.

VII.2.1 Délimitation des bassins versants :

La carte topographique à l'échelle de 1/20000 est employée afin de délimiter les bassins versants, ainsi que leurs 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 VII.1: caractéristiques physiques des bassins versants.

N° BV	PK	S (km^2)	L (km)	$H_{max}(m)$	$H_{min}(m)$	$H_{moy}(m)$	P
BV1	20+050	0,33	0,98	1211,0	1100,0	1155,5	0,1133
BV2	20+652	0,60	1,27	1271,0	1192,0	1231,5	0,0622
BV3	21+558	3,27	3,33	1322,0	1205,0	1263,5	0,0351
BV4	22+541	0,10	0,60	1262,0	1238,0	1250,0	0,0400
BV5	23+053	0,18	0,40	1241,0	1211,0	1226,0	0,0750
BV6	24+570	1,53	1,94	1267,0	1168,0	1217,5	0,0510
BV7	25+441	3,29	2,53	1267,0	1100,0	1183,5	0,0660
BV8	26+300	79,05	15,57	1929,0	1137,0	1533,0	0,0509
BV9	26+841	0,97	1,28	1220,0	1142,0	1181,0	0,0609

VII.2.2 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 Km2
- La formule CRUPEDIX pour les bassins versants supérieurs à 50 Km2
- La formule de transition pour les bassins compris entre 10 et 50 Km2

Pour notre projet nous remarquant que les surfaces des bassins versant sont < 10 Km², donc on va appliquer la méthode rationnelle. Sauf le bassin versant BV8 qui a une surface importante (79.05 Km²), donc on applique la formule CRUPEDIX.

VII.2.2.1 Formule Rationnelle :

Le débit est donné par la formule :

$$Q_a = 0.278\ C\ I\ A$$

Avec :

Q_a: Débit de crue de période de retour voulue (en m3 /s)
I : intensité de pluie (en mm).
C : coefficient de ruissellement.
A : surface (Km²).

Période de retour :

C'est la fréquence probable d'apparition de la crue de projet, cette notion est utilisée dans le calcul de débit de référence adopté pour le dimensionnement de tous les ouvrages de franchissement (fossés, buses dalots, ouvrage d'art). L'estimation de cette période est conditionnée par le domaine d'application et l'importance de l'ouvrage à concevoir. On se propose de retenir les périodes de retour de conception suivantes :

- 100 ans pour la conception des ponts
- 50 ans pour la conception des dalots et buses
- 10 ans pour la conception des éléments de drainage de la plate-forme

Intensité de pluie :

Elle est calculée par la formule :

$$I(t,T) = a(T)/t_c^b$$

Avec :

$I(t,T)$: Intensité de pluie en mm/h.

b: Exposant climatique, b=0.75.

$a(T)$: Coefficient de Montana tirée à partir des graphes IDF (Intensité-Durée-Fréquence). Ces valeurs sont données dans le tableau suivant :

Tableau VII.2: Coefficient de Montana.

T (ans)	2	5	10	20	50	100
a	15.2	20.7	24.4	27.9	32.5	35.9

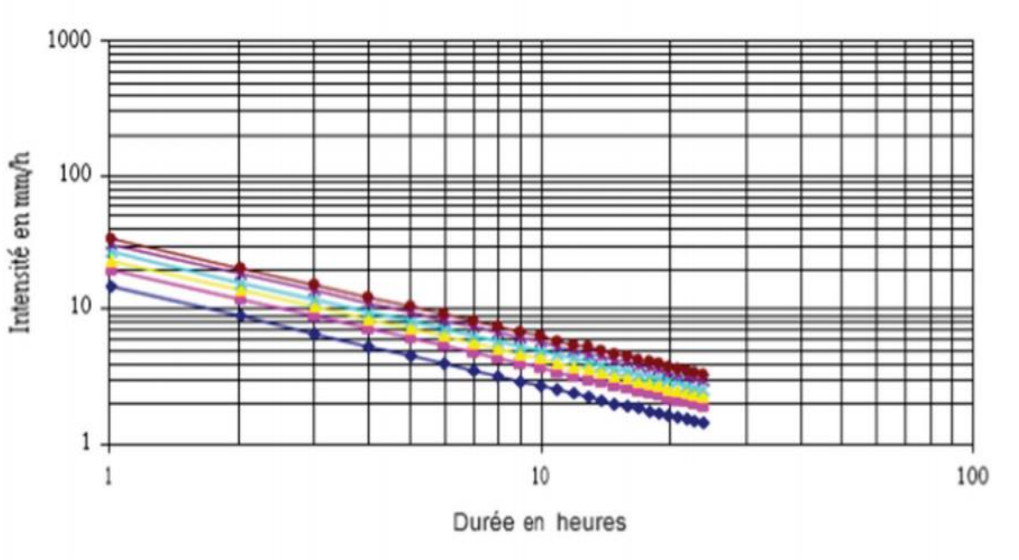


Figure VII.1: Courbe Intensité-Durée-Fréquence.

t_c : Temps de concentration en heure donné par :

Formule de Ventura pour (B.V inférieur à 5 Km²) : $t_c = 0.127\sqrt{\frac{S}{P}}$

Formule de Passini (B.V entre 5 Km2 et 25 Km²) : $t_c = 0.108\frac{\sqrt[3]{S.L}}{\sqrt{P}}$

Formule de Giandotti (B.V supérieur a 25 Km²) : $t_C = \frac{4\sqrt{S}+1.5L}{0.8\sqrt{H_{moy}-H_{min}}}$

Avec :

S : Superficie du bassin versant (km²).

L : Longueur de bassin versant (km).

P : Pente moyenne du bassin versant.

Les résultats de calcul sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau VII.3: Résultats de calcul des intensités de pluies.

N° BV	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t_c(heure)	0.217	0.394	1.226	0.2	0.197	0.695	0.896	3.7	0.507
$I(t,10)$	76.744	49.064	20.942	81.586	82.516	32.055	26.494	9.1461	40.610
$I(t,50)$	102.22	65.352	27.894	108.67	109.90	42.696	35.290	12.182	54.091
$I(t,100)$	112.91	72.189	30.812	120.03	121.40	47.163	38.981	13.456	59.750

Coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement « C », qui est un indicatif du pourcentage de l'eau ruisselant sur un sol saturé par les précipitations antérieures par rapport à la totalité de l'averse.

Selon le guide d'assainissement routier du SETRA, le coefficient de ruissellement peut s'écrire :

$$C_r = 0.8 \times \left(1 - \frac{P_0}{P_j(T)}\right)$$

Avec :

P_0 : La rétention initiale Po du BV

$P_j(T)$: La pluie journalière en mm de la période de retour T.

Ces valeurs sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau VII.4: Valeurs de coefficients de ruissellement.

T (ans)	10	50	100
C_r	0.4	0.5	0.54

VII.2.2.2 La formule Crupidex :

Permet d'évaluer le débit décennal instantané :

$$Q_{10} = S^{0.8} \times \left(\frac{P_{10}}{80}\right)^2 \times R$$

Avec :

S: la surface du bassin en km².

P_{10} : La pluie journalière décennale en mm.

R : un coefficient régional.

On obtient le débit centennal à partir de la corrélation :

$$Q_{100} = b' \times Q_{10}$$

b': Paramètre dépendant de la superficie du bassin versant

L'évaluation d'un débit de période de retour T compris entre 10 et 100 ans peut être obtenue par la formule suivante :

$$Q_T = Q_{10} + \Delta Q \left(\frac{y}{2.3} - 1\right)$$

Avec ;

$\Delta Q = Q_{100} - Q_{10}$

$y = -\ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right)$

Application au BV8 :

- ✓ La surface du bassin est de 79,05 km².
- ✓ La pluie journalière décennale donnée par la station pluviométrique de Tazoulet est : P_{10}=83.8mm.
- ✓ Tenant compte des données des cours d'eau jaugés dans la région nous avons pris R = 1(pour des terrains intermédiaires).
- ✓ Tenant compte des données observées dans la région b'=4.

$$Q_{10} = S^{0.8} \times \left(\frac{P_{10}}{80}\right)^2 \times R = 79.05^{0.8} \times \left(\frac{83.8}{80}\right)^2 \times 1 = 36.193\, m^3/s)$$

$$Q_{100} = b' \times Q_{10} = 4 \times 36.193 = 144.77\, m^3/s$$

$$Q_T = Q_{10} + \Delta Q\left(\frac{y}{2.3} - 1\right)$$

Avec :

$$\Delta Q = Q_{100} - Q_{10} = 144.77 - 36.193 = 108.577\, m^3/s$$

$$y = -\ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right) = -\ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{50}\right)\right) = 3.9$$

$$Q_T = Q_{10} + \Delta Q\left(\frac{y}{2.3} - 1\right) = 36.193 + 108.577\left(\frac{3.9}{2.3} - 1\right) = 111.72\, m^3/s.$$

VII.2.3 Présentation des résultats :

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 VII.5: Valeurs des débits de crue.

La méthode rationnelle				
N° BV	PK	$Q_{10}(m^3/s)$	$Q_{50}(m^3/s)$	$Q_{100}(m^3/s)$
BV1	20+050	2,82	4,70	5,59
BV2	20+652	3,27	5,43	6,49
BV3	21+558	7,61	12,64	15,12
BV4	22+541	0,90	1,50	1,80
BV5	23+053	1,65	2,75	3,28
BV6	24+570	5,45	9,06	10,82
BV7	25+441	9,68	16,10	19,23
BV9	26+841	4,38	7,29	8,70
La méthode de CRUPIDEX				
N° BV	PK	$Q_{10}(m^3/s)$	$Q_{50}(m^3/s)$	$Q_{100}(m^3/s)$
BV8	26+300	36.193	111,72	144,77

VII.2.4 Interprétation des résultats :

On remarque des débits faibles (<20m^3/s) donc on adopte soit des dalots ou des buses, sauf pour le BV8 qui présente un débit important ce qui nécessite un ouvrage d'art 'pont', le dimensionnement de ce dernier sera détailler dans le chapitre IX.

VII.3 ETUDE HYDRAULIQUE

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.

VII.3.1 Dimensionnement des buses :

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

$$Q_S = S_m . K_{st} . j^{\frac{1}{2}} . R_h^{\frac{2}{3}}$$

Avec :

S_m : Section mouillée

R_h : Rayon hydraulique

j : La pente de pose de la buse égale à : $j = \frac{Z_{amont} - Z_{aval}}{longueur}$

K_{st} : Coefficient d'écoulement de Manning Strickler = 80 (pour les buses préfabriqué en béton).

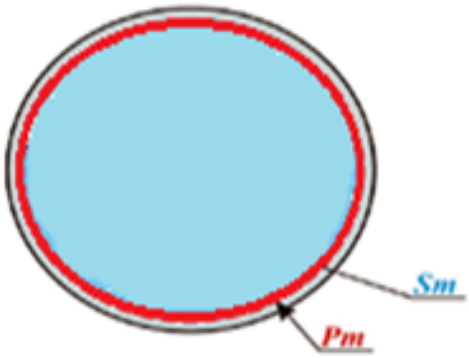


Figure VII.2: Buse.

On remplace : $S_m = \pi . R^2$ et $R_h = \frac{R}{2}$

Et on applique l'égalité : $Q_a = Q_S$

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

Condition d'auto curage :

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=0.01Q_{ps}

Avec :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).

VII.3.2 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 : $H_r = 0.8H$.

$$Q_S = S_m . K_{st} . j^{\frac{1}{2}} . R_h^{\frac{2}{3}}$$

Avec :

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

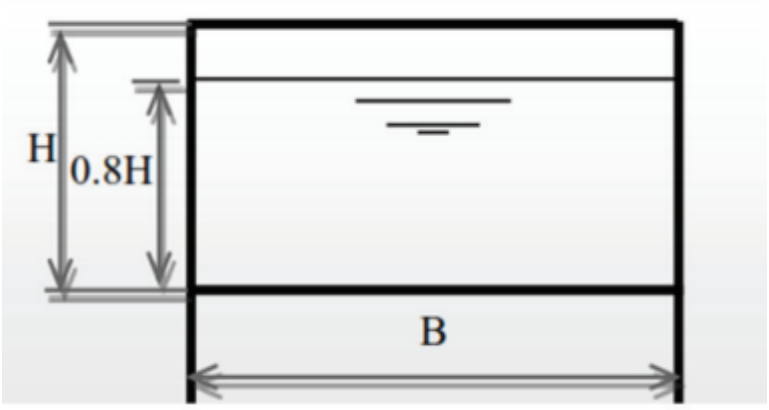


Figure VII.3: Dalot.

$$Q_a = Q_s = K_{st} . J^{1/2} . S . RH^{2/3}$$

Alors :

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

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

VII.3.3 Application au projet :

Les résultats de calculs du dimensionnement des ouvrages de transit et la vérification des conditions d'auto curage sont résumés dans les tableaux suivants :

Pour les buses :

Tableau VII.6: Dimensions des buses.

							Conditions d'auto curage		
N° BV	PK	Q_{50} m^3/s	Pente d'O.C	D_{cal} (mm)	Ø (mm)	Nb d'O.C	V (R_q)>1	V $(0.1R_q)$ >0.6	V $(0.01R_q)$ >0.3
BV1	20+050	4,70	0.01	1268.3	1500	2	3.69	1.96	0.92
BV2	20+652	5,43	0.01	1338.9	1500	2	3.84	1.98	0.994
BV4	22+541	1,50	0.01	826.47	1200	1	3.31	1.17	0.71
BV5	23+053	2,75	0.01	1037.4	1200	1	3.84	1.69	0.86

Pour les dalots :

Tableau VII.7: Dimensions des dalots.

						Conditions d'auto curage		
N° BV	PK	Q_a m^3/s	Dimension $(m \times m)$	Pente	Nb D'O.C	V (R_q)>1	V $(0.1R_q)$>0.6	V $(0.01R_q)$>0.3
BV3	21+558	12,64	2.5×2	0.01	2	4	2.039	0.988
BV6	24+570	9,06	2×2	0.01	2	3.69	1.865	0.899
BV7	25+441	16.10	3×2	0.01	3	3.75	1.902	0.941
BV9	26+841	7.29	4×4	0.01	1	3.94	1.988	1.323

VII.4 ETUDE D'ASSAINISSEMENT

Les ouvrages d'assainissement ont pour objet d'assurer la collecte, le transport et le traitement éventuel des eaux usées et pluviales ainsi que leur rejet dans les réseaux urbains.

Le réseau d'assainissement peut être divisé en plusieurs parties, notamment :

- ✓ Les ouvrages d'assainissement transversaux : constitue le réseau de localisation et de dimensionnement des ouvrages (dalots et des buses) calculés dans la partie étude hydraulique.
- ✓ Le réseau d'assainissement longitudinal : composé principalement par des fossés implantés aux limites de l'emprise de la rocade, que ce soit dans les talus de déblai ou de remblai.
- ✓ Les ouvrages de raccordement : dispositifs de drainage ponctuels assurant le raccordement des eaux entre les réseaux du drainage longitudinal et les ouvrages transversaux.

Dans cette partie on va s'intéresser principalement au dimensionnement des fossés.

VII.4.1 Dimensionnement des fossés :

Pour le Dimensionnement des fossés on a proposé des fossés de forme trapézoïdale en béton armé, avec une période de retour égale à 10 ans.

VII.4.1.1 Calcul de débit d'apport Q_a:

$$Q_a = Q_c + Q_B + Q_T$$

Avec :

Q_c: Débit rapporté par la chaussée.

Q_B: Débit rapporté par la berme.

Q_T: Débit rapporté par le talus.

Le calcul de ces débits se fait par la méthode rationnelle dont la formule s'écrit :

$$Q_a = 0.278\, C\, I\, A$$

VII.4.1.2 Calcul du débit de saturation Q_s:

$$Q_s = K_{st}.J^{1/2}.S.RH^{2/3}$$

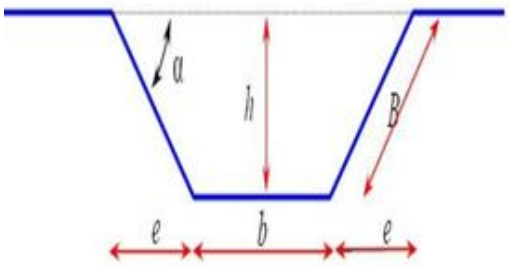


Figure VII.4: Caractéristique du faussée.

Avec :

La section mouillée :

$Sm = bh + 2\left(\frac{eh}{2}\right)$ avec: $\frac{1}{\tan\alpha} = m$

d'ou : $e = m.h$

$$Sm = bh + mh^2 => Sm = h(b + mh)$$

Le périmètre mouillé :

Pm= b + 2.B

avec: $\sqrt{(h^2 + e^2)} = \sqrt{(h^2 + hm^2)} = h^2\sqrt{(1 + m^2)}$

$$Pm = b + 2h\sqrt{(1 + m^2)}$$

Le Rayon hydraulique :

$$Rh = \frac{S_m}{P_m} = \frac{h(b + mh)}{(b + 2h\sqrt{(1 + m^2)}}$$

On applique l'égalité : $Q_a = Q_S$

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

VII.4.2 Application au projet :

VII.4.2.1 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=20.56m,** 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 **PK22+475** et **PK22+750**km avec une longueur de **L=275 m** et de pente **I= 5.8223 %**.

Tableau VII.8: Les caractéristiques des sous bassins versants concernées.

SBV	Largeur(m)	Pente(%)	Surface (m^2)
Chaussée+ B.A.U+BDG	10.5	2.5	2887.5
berme	1	8	275
Talus de déblai	20.56	66.67	5654

Temps de concentration :

Les surfaces des bassins versant sont inférieur à 5 Km² donc on utilise la formule de Ventura: $t_c = 0.127\sqrt{\frac{S}{P}}$

Intensité de pluie :

Elle est calculée par la formule : $I(t,T) = a(T)/t_c^b$

Avec :

b=0.75.

$a(T)$: Coefficient de Montana : $a(T)$=24.4

VII.4.3Coefficient 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 VII.9: Les coefficients de ruissellements.

Type de chaussée	Valeur de C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.80 à0.95	0.95
Accotement: sol légèrement perméable	0.10 à 0.40	0.4
Talus	0.10à 0.30	0.3

Calcul de débit d'apport Q_a:

On utilise la méthode rationnelle on trouve :

Tableau VII.10: Le débit équivalent des bassins versants.

SBV	A ($\mathbf{km^2}$)	C	p(%)	$\mathbf{tc(heure)}$	$\mathbf{I_t(mm/h)}$	$\mathbf{Q(m^3/s)}$
Chaussée +B.A.U+BDG	2.88×10^{-3}	0.95	2.5	0.043	258.39	0.196
Berme	$2.75x10^{-4}$	0.4	8	0.0074	967.08	0.029
Talus du déblai	5.654×10^{-3}	0.3	66.67	0.012	627.98	0.296
Le débit total en ($\mathbf{m^3/s}$)						**0.521**

On a :

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

On pose : b=0.5m et pour un angle 45˚donc : m=1

Pour la pente hydraulique du fossé « I », on a **:** I= 5.8223 %.

K_{st}: Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = 70.

Donc on obtient la formule suivante :

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

$$h_{n+1} = \left[\frac{0.521}{70.0.5.\sqrt{0.058}}\right]^{3/5}\frac{[1+5.65h]^{2/5}}{1+2h_n}$$

D'après le calcul itératif on a trouvé la hauteur **h= 0.182m.**

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

VII.4.3.1 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=10.08m**, 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 **PK25+650** et **PK27km** avec une longueur de **L=1350 m** et de pente **I= 1.06 %**.

Tableau VII.11: Le débit équivalent des bassins versants.

SBV	A ($\mathbf{km^2}$)	C	p(%)	$\mathbf{tc(heure)}$	$\mathbf{I_t(mm/h)}$	$\mathbf{Q(m^3/s)}$
Chaussée +B.A.U+BDG	0.014	0.95	2.5	0.095	142.59	0.527
Berme	$1.35x10^{-3}$	0.4	8	0.0165	530	0.286
Talus du déblai	0.0136	0.3	66.67	0.0276	64.08	0.26
Le débit total en ($\mathbf{m^3/s}$)						**1.073**

On pose : b=0.5m et pour un angle 45˚donc : m=1

Pour la pente hydraulique du fossé « I », on a **:** I= 1.06 %.

K_{st}: Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = 70.

Donc on obtient la formule suivante :

$$h_{n+1} = \left[\frac{1.073}{70.0.5.\sqrt{0.0106}}\right]^{3/5} \frac{[1 + 5.65\mathrm{h}]^{2/5}}{1 + 2h_n}$$

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

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

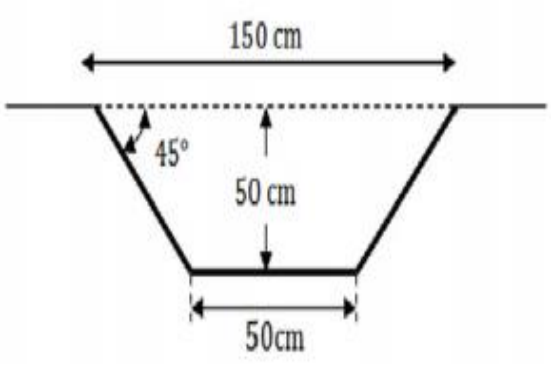


Figure VII.5: Dimensions du faussée.

CHAPITRE VIII : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

VIII.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'intéresse à la conception d'un échangeur prévu au PK 22+625.

VIII.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.

VIII.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 :

VIII.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.

VIII.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.

VIII.3.3 Brettelle :

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

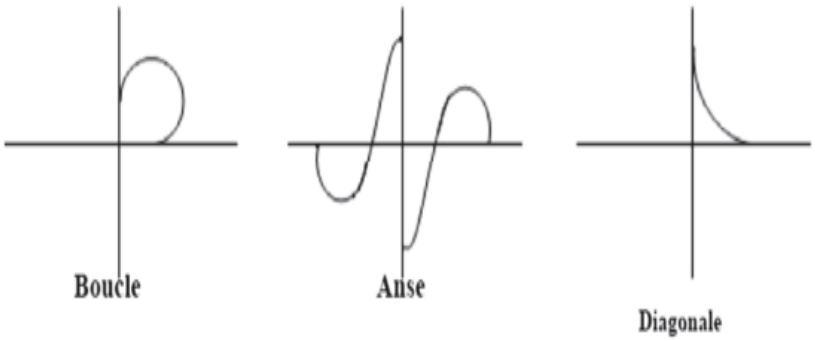


Figure VIII.1: Type des bretelles.

VIII.4 TYPES D'ECHANGEUR

La conception d'échangeur est toujours influencer 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 :

VIII.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.

VIII.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.

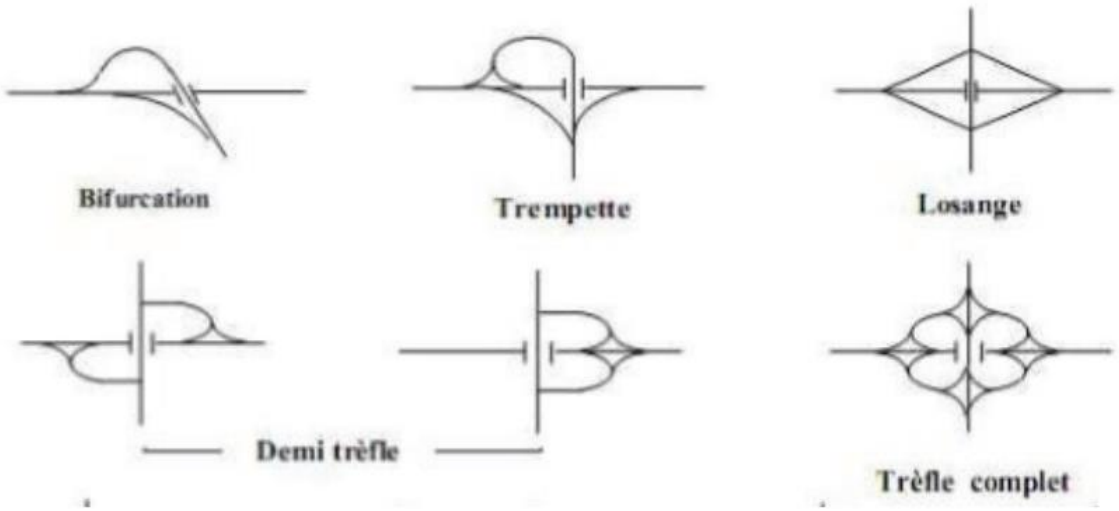


Figure VIII.2: Types d'échangeur.

VIII.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
- Eviter les sites en point haut de profil en long.

VIII.6 CHOIX DE TYPE DE L'ECHANGEUR

L'échangeur à concevoir doit assurer le raccordement de l'autoroute des Hauts Plateaux a (2×2 voies) avec la RN88 actuellement en (2×1 voies), mais comme si les travaux de dédoublement de cette route sont commencer, la conception de notre échangeur sera sur la base d'un profil en travers de (2×2 voies). Donc :

La distribution de trafic est dans 4 sens

Le croisement est à 8 branches

⟶ L'échangeur le plus adéquat est de type trèfle complet

VIII.7 CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES BRETELLES :

Pour les diffuseurs, généralement, les bretelles sont à 1 voie.

VIII.7.1 Tracé en plan :

VIII.7.1.1 Valeurs limites des rayons :

Sont définie comme suit : (COMPLEMENTS à l'ICTAAL, 2006) [3]

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

	voie de sortie	Voie de la boucle
Rayon minimal R_m (m)	40(7%) et100(le premier rayon rencontré)	40 (7%)
Rayon minimal non déverséR_{nd} (m)	300	
Rayon maximal dans la partie circulaire des boucles(m)	----	60
Dévers entre R_{nd} et R_m d (m)	d = (675/R) +0.25 entre 300 et 100	-----

Toutefois, afin de pouvoir maintenir une vitesse minimale de 50km/h sur la bretelle, il est conseillé de ne pas utiliser de rayon inférieur à 54 m. En dessous de cette valeur, une limitation à 30 km/h devra être mise en place.

Dans une courbe de rayon inférieur à 100 m, une sur largeur de 50/R par voie est à introduire à l'intérieur de la courbe.

VIII.7.1.2 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.

VIII.7.1.3 3 Raccordement Progressif :

Pour les bretelles à une voie ou les branches :

Une courbe circulaire de rayon inférieur ou égal à $1.5R_{nd}$ (450m) est encadrée par deux arcs de clothoïde dont la longueur est égale à la plus grande des deux valeurs : $6R^{0.4}$ et $7\Delta d$.

Où :

- R : rayon en (m).
- Δd : la différence des pentes transversales(en %) des éléments du tracé raccordés.

VIII.7.1.4 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.

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/s^2

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

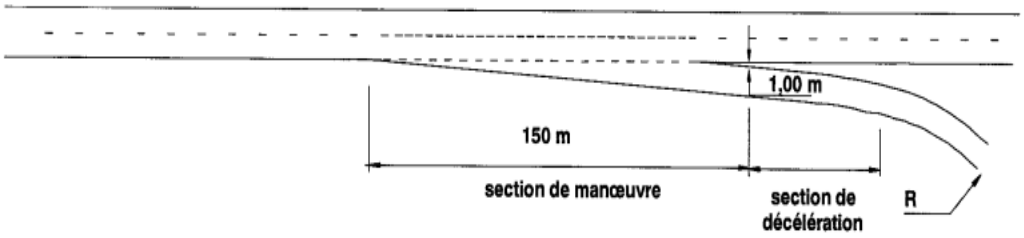


Figure VIII.3: Dispositif de sortie de l'autoroute.

La 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.

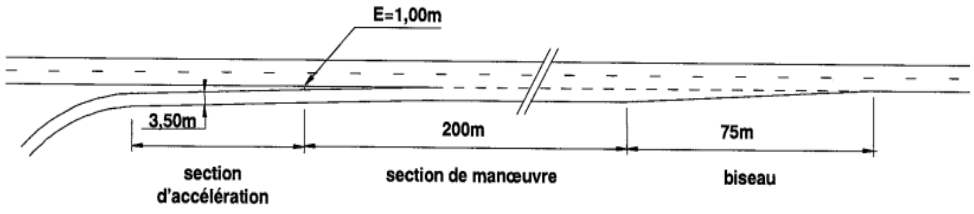


Figure VIII.4: Dispositif d'entrée sur l'autoroute.

Distance entre deux points d'accès :

- les mouvements d'échange sont assurés au moyen d'une voie d'entrecroisement, et pour un intervalle inférieur à 500 m, au moyen d'une collectrice.
- Une voie d'entrecroisement excédant 750 m de long n'étant pas souhaitable, un intervalle compris entre 750 m et 1200 m est à éviter.
- La longueur L_e dépend de la vitesse pratiquée sur le collecteur.

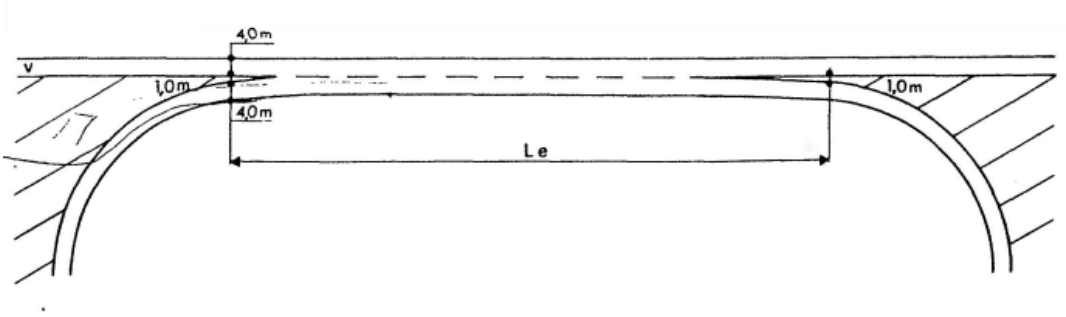


Figure VIII.5: La zone d'entrecroisement.

Tableau VIII.2: largeurs de la voie d'entrecroisement. (SETRA, 1989) [21]

V (km/h)	60	80	>80
L_e (m)	200	300	500

VIII.7.2 Profil **e**n long:

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

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

déclivité maximale	6 %
rayon minimal en angle saillant (m)	1 500
rayon minimal en angle rentrant (m)	800

VIII.7.3 Profil en travers :

VIII.7.3.1 Largeur des éléments du profil en travers :

Pour les diffuseurs, les bretelles unidirectionnelles sont constituées de : (COMPLEMENTS à l'ICTAAL, 2006) [3]

- Une voie de 3,5m (Dans une courbe de rayon inférieur à 100 m, une sur largeur de 50/R par voie est à introduire).

- Une bande dérasée de gauche BDG de 0,5m.
- Une bande dérasée de droite BDD de 1m (Lorsque l'enjeu le justifie, fort trafic PL par exemple, l'accotement peut être aménagé pour offrir une largeur roulable de 6 m : on prend BDD revêtue de 2 m).

VIII.7.3.2 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 VIII.4: Les valeurs limites des pentes transversales.

	Rayons (m)	Valeur du dévers
Alignement ou rayon≥$\boldsymbol{R_{nd}}$	AD ou R≥300	2.5 % orientés vers la droite
Rayon déversé R < $\boldsymbol{R_{nd}}$	100 < R < 300	Variation en 1/R entre 2.5 % (R300) et 7 % (R100)
	R ≤100 m	7 %

VIII.7.4 Application au projet :

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 VIII.5: caractéristiques des bretelles.

Bretelle	Rayon (m)	Divers (%)	L d'entré (m)	L de sortie (m)
Boucle 1	55	7	36	/
Boucle 2	55	7	/	68
Boucle 3	55	7	36	/
Boucle 4	60	7	/	63
Diagonale 1	100	7	/	45
Diagonale 2	100	7	0	/
Diagonale 3	100	7	/	45
Diagonale 4	100	7	0	/

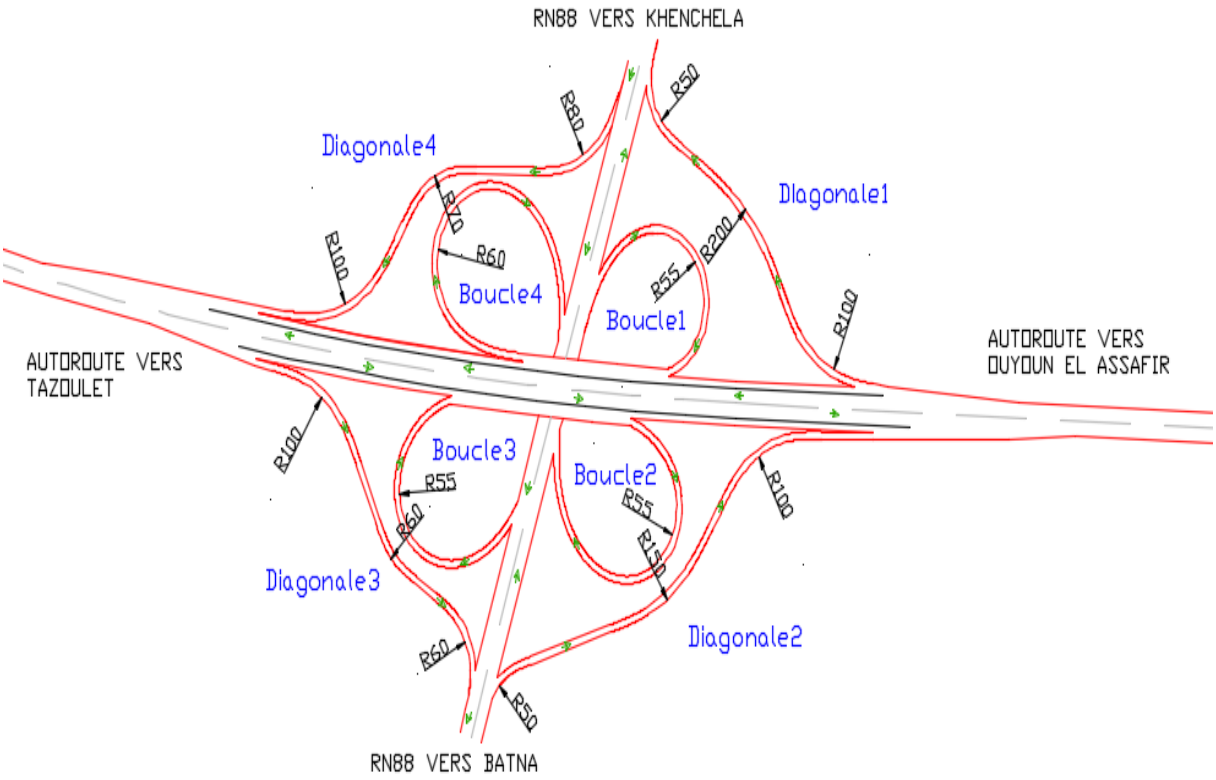


Figure VIII.6: Conception en plan de l'échangeur.

Profil en travers :

Tableau VIII.6: Profil en travers des bretelles.

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

CHAPITRE IX : OUVRAGE D'ART

IX.1 INTRODUCTION

Cette partie présentera les ouvrages à concevoir le long de notre tracé, que ce soit l'obstacle franchie (oued, route, chemin de fer…).

IX.2 OUVRAGE D4ART AU PK22+625

Il s'agit d'un passage supérieur par rapport à la RN88. Cet ouvrage est composée par deux ponts séparer (indépendant l'un de l'autre) suivant un biais de 15.043°.

Les caractéristiques de l'ouvrage sont :

- Pont à poutre en béton précontrainte.
- Tablier de portée totale 50.4 m.
- Gabarit de 5.25 m.
- Largeur de tablier est de 13.5m chacun.
- Nombre de poutre : 6 poutres.
- L'infrastructure de l'ouvrage est constituée de deux culées et une pile reposantes sur des fondations profondes.

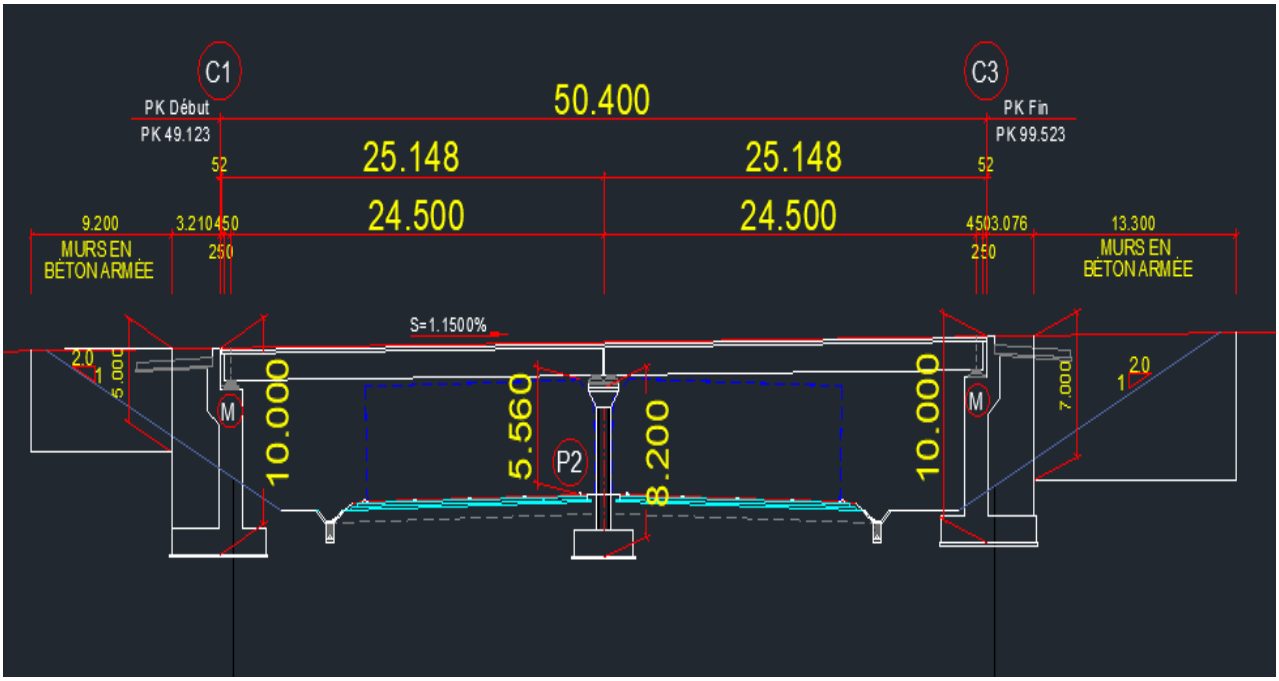


Figure IX.1: Coupe longitudinale de l'OA au PK22+625.

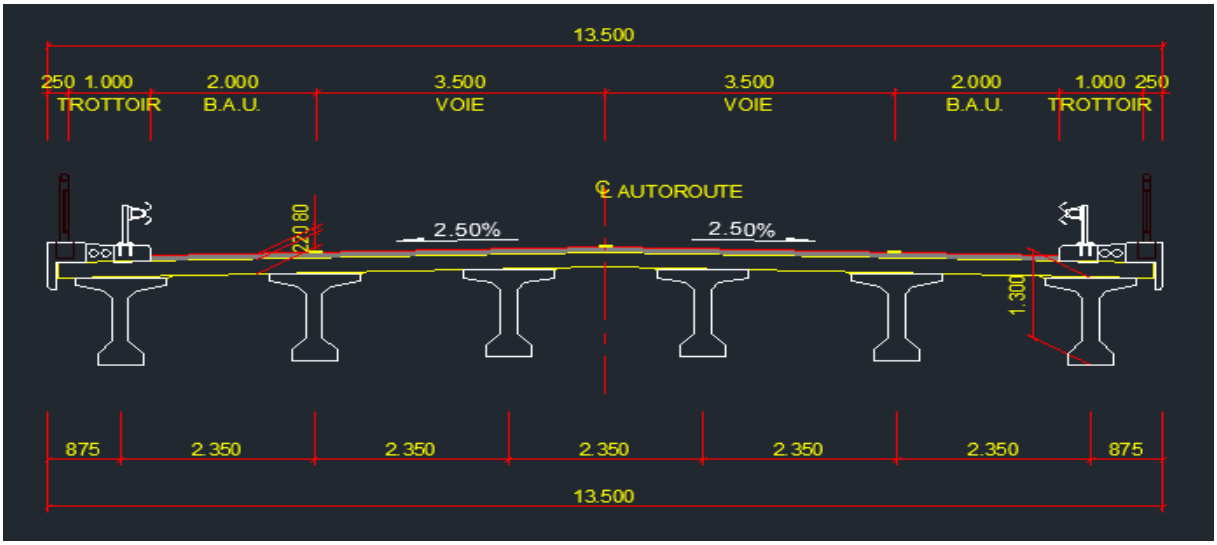


Figure IX.2: Coupe transversale au PK22+625.

IX.3 OUVRAGE D'ART AU PK26+300

Cet ouvrage assure le franchissement d'un oued 'Oued Merial', les caractéristique de cet oued sont déterminer sur la base de l'étude hydrologique et les reconnaissances du site comme suit :

- ✓ Largeur d'oued : 61m.
- ✓ Débit d'oued : $144 m^3/s$.

Les caractéristiques de l'ouvrage sont :

- ➢ Pont à poutre en béton précontrainte.
- ➢ Tablier de portée totale 80.76 m
- ➢ Largeur de tablier est de 24 m
- ➢ Nombre de poutre : 12 poutres.
- ➢ L'infrastructure de l'ouvrage est constituée de deux culées et deux piles reposantes sur des fondations profondes

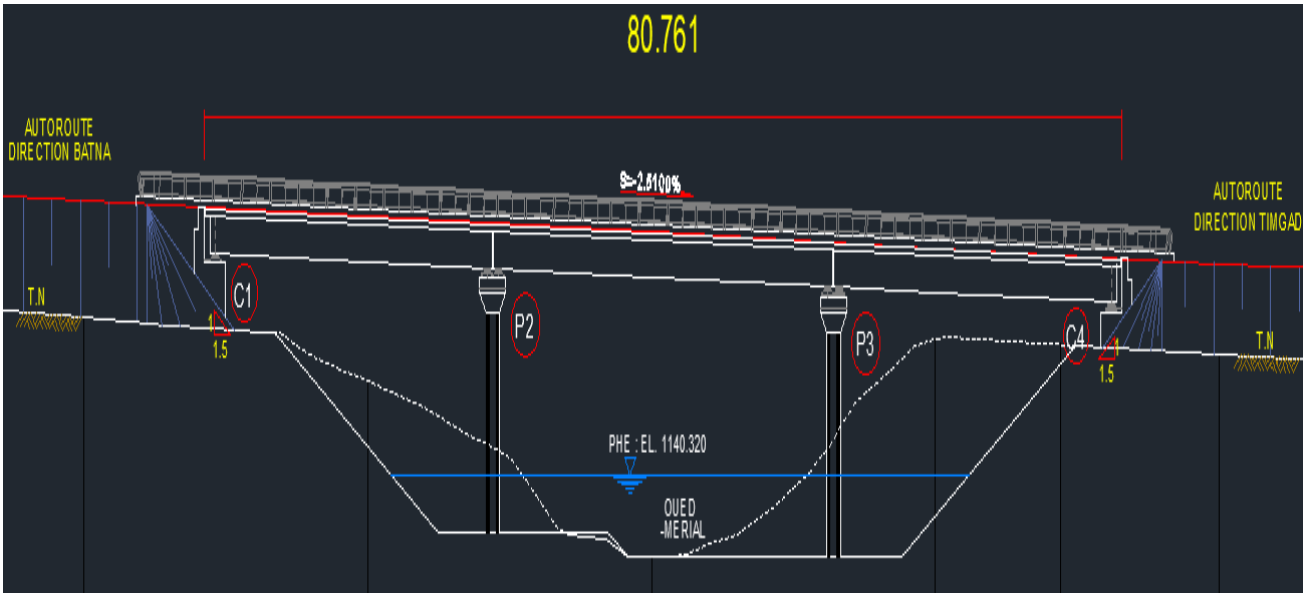


Figure IX.3: Coupe longitudinale de l'OA au PK26+300.

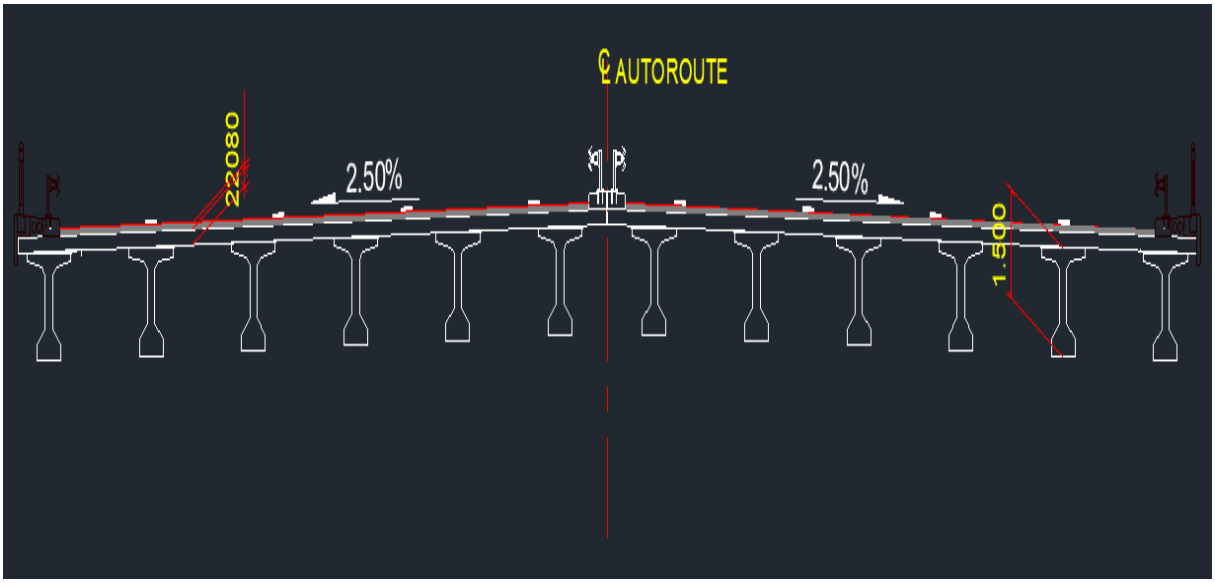


Figure IX.4: Coupe transversale au PK26+300.

CHAPITRE X : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

X.1 INTRODUCTION

L'étude d'impact sur l'environnement est une démarche continue et itérative, réalisée sous la responsabilité de maitre d'ouvrage ou de porteur du projet. Cette étude nous permettre d'analyser les effets de notre autoroute sur l'environnement, et prévenir ses conséquences dommageables. Donc elle présente un outil d'aide à la décision.

En Algérie, L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure se fait conformément au décret n° 90-78 du 27 février 1935. Les étapes de cette étude peuvent se résumées en :

- Une description de l'état initial de la zone d'étude.
- Identification des impacts de projet.
- Mesure d'atténuation des impacts sur l'environnement.

X.2 DESCRIPTION DE L'ETAT INITIALE DE LA ZONE D'ETUDE

X.2.1 Relief :

Les « Hauts Plateaux », Il s'agit d'un espace spécifique situé entre deux chaînes montagneuses : l'Atlas tellien (pays des nappes) au Nord et l'Atlas saharien au Sud. Cette zone présente différentes formes de relief; avec des altitudes dépassant souvent les milles mètres (1000m).

X.2.2 Les ressources hydriques :

Les oueds traversés par notre tracé s'écoulent vers les deux grands bassins versants concerné par notre zone d'étude (le bassin des Hauts Plateaux constantinois et celui de la Medjerda). Ils présentent des écoulements permanents ou non selon la pluviométrie.

X.2.3 Climat :

Le climat de la zone d'étude est de type semi-aride, les températures moyennes varient de 4°c en janvier à 35°c en juillet. En hiver, la température descend en dessous de zéro la nuit, avec de fréquentes gelées. En été, la température peut atteindre les 45°c à l'ombre. Le total annuel des précipitations est de 210 mm, le taux moyen d'humidité est de 97%, la neige ne fait son apparition que pendant quelques jours et surtout au mois de mars.

X.2.4 Le couvert végétal :

Notre zone d'étude est constitué de formation végétale issues essentiellement des peuplement 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.2.5 La faune :

Les animaux présents au niveau de la zone sont :

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

X.2.6 L'agriculture :

Notre zone d'étude repose sur une superficie agricole très importante (environ 1, 081,109 m²), les terrains agricoles traversés sont à foin ou céréalières (blé et orge),

X.2.7 Habitations :

Dans notre tronçon, la densité de milieu bâti est faible, il se trouve quelque habitations comme il est indiqué dans le tableau suivant :

Tableau X.1: Habitations existants dans le tronçon.

PK	Distance entre habitation et tracé (m)
24+900 à 25+100	38
25+650 à 25+750	65

X.3 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.

La construction de notre autoroute sera effectuée en zone agricole, en traversant des oueds, des routes, et quelque habitat isolé. Donc elle aura des impacts tant sur le milieu humain que sur le milieu biologique, et au moment de la construction ou de l'exploitation.

X.3.1 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 équipement peuvent aussi provoque des nuisances sonores ainsi une pollution atmosphérique.
- ✓ Impact lié à l'installation de chantier et de base de vie : cette opération influe directement sur l'environnement car elle provoque des perturbations au niveau des sources d'eau, des terrains ; la production des déchets….
- ✓ 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 leurs impact n'est pas important à cause d'éloignement des habitats de notre tracé.
- ✓ Impact des travaux sur le paysage : les travaux de chantier provoque une modification de la vue actuelle de site, suite à l'installation des bases de vie, l'enlèvement de couvert végétal, les travaux de terrassements, la construction de l'échangeur…etc.

- ✓ 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 l'agriculture : Notre projet est implanté sur un site agricole, qui présente une activité économique très importante pour la région, ou on prévoie:
    - La modification du régime agricole,
    - Les coupures des parcelles agricoles qui peuvent provoquée la destruction d'une partie,
    - La substitution des terrains agricoles, donc la diminution des superficies exploitées, et ça entraine aussi une gêne aux exploitants.
- ✓ 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 vitale.
- ✓ 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.3.2 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 BATNA, mais d'un autre coté augmenté dans les zones traversé 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.

Le tableau ci-dessous résume tous les impacts précédents avec leur évaluation.

Tableau X.2: Evaluation des impacts.

	impact	Evaluation d'impact			
		intensité	étendue	durée	importance
pendant la période de construction	dû à la perturbation de circulation	moyenne	locale	courte	moyenne
	lié à l'installation de chantier et de base de vie	moyenne	locale	courte	moyenne
	Lié aux travaux d'aménagement de site	faible	locale	courte	faible
	Dû à l'accroissement du bruit	faible	locale	courte	faible
	sur le paysage	moyenne	locale	courte	moyenne
	sur l'agriculture	moyenne	locale	longue	moyenne
	sur la faune et la flore	moyenne	locale	longue	moyenne
	socio-économique	forte	locale	courte	forte
Pendant l'exploitation	sur la qualité d'air	moyenne	locale	longue	moyenne
	lié aux émissions sonores	moyenne	locale	longue	moyenne
	Pollutions des eaux	moyenne	locale	longue	moyenne

X.4 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.4.1 Mesure prévu 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.
- ✓ Transporter les matériaux de déblais à la zone de dépôts, et traitement de paysage par végétation.
- ✓ Construire des ouvrages de franchissement pour ne pas entraver les écoulements naturels, et contrôle des déchets (eaux usées, déchets solide…).
- ✓ Indemnisation des agriculteurs concernés.
- ✓ Interdire l'abattage des arbres situés en dehors des limites de notre projet.
- ✓ Mise en place des passages à faune qui donnent la possibilité aux animaux d'éviter la route.

X.4.2 Mesure prévu 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.5 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

XI.1 INTRODUCTION

La signalisation routière est un outil de communication essentiel pour l'usager de la route. C'est l'ensemble des signaux conventionnels implantés sur une route et destinés à aider les usagers de la route à déplacer dans les conditions de sécurité, d'organisation et de confort.

Elle a pour objectif de :

- Assurer les fonctions fondamentales liées à la prescription.
- L'alerte à l'usager.
- La retenue des véhicules.
- Le repérage géographique, le guidage, l'information et autres fonctions.

Cette partie de rapport sera donc, composée en fonction des installations et équipements prévus pour notre tronçon, des chapitres suivants :

- Signalisation horizontale et verticale.
- Dispositifs de retenue.
- Clôtures.

XI.2 SIGNALISATION VERTICALE

Elle se fait à l'aide de panneaux, ces derniers sont des objets qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme. Elle comporte :

- Signalisation de police (Danger, prescription et indication)
- Signalisation de direction
- Signalisation de localisation

XI.2.1 Signalisation de police :

Elle sert à indiquer ou rappeler les diverses prescriptions ou encore à donner les informations relatives à la bonne compréhension de la route. Les panneaux seront conformes aux normes européennes. [10, 11, 12]

XI.2.1.1 Signalisation de danger :

Elle comporte les dispositifs d'annonce et de balisage des courbes en fonction de leurs rayons sur les bretelles de sortie et d'entrée des échangeurs, compte tenu des caractéristiques géométriques du tracé en plan.

XI.2.1.2 Signalisation de prescription :

Elle se déduit du statut des voies concernées et de la réglementation en vigueur. Elle comporte des signaux d'obligation, des panneaux pour signaler l'entrée dans une zone particulière, panneaux pour la limitation de vitesse, panneaux d'interdictions d'arrêt et le stationnement.

XI.2.1.3 Signalisation d'indication :

Les panneaux d'indication des différents services offerts à l'usager à l'intérieur des aires de service et de repos.

XI.2.2 Signalisation de direction :

Le but de la signalisation de direction est de permettre aux usagers de la route de suivre sans erreur ni hésitation l'itinéraire qu'ils se sont fixé.

XI.2.3 Signalisation de localisation :

L'objectif de la signalisation de localisation est de porter à la connaissance des usagers de la route : Le nom d'un lieu traversé par la route, Les routes nationales, Les chemins de wilaya…

XI.3 SIGNALISATION HORIZONTALE

La signalisation horizontale a pour but d'indiquer les parties de chaussée réservées aux différents sens de circulation ou à certaines catégories d'usagers. Elle consiste en un marquage sur chaussée au moyen des bandes en couleur blanche retro réfléchissante en enduit à chaud. En section courante de l'autoroute, ce marquage assure le rôle de guidage par délimitation des voies de circulation et de prescription.

XI.3.1 Caractéristiques générales des marquages :

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. [13]

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

XI.3.2 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.

XI.3.2.1 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.

XI.3.2.2 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.

XI.3.2.3 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.4 DISPOSITIFS DE RETENUE

Les dispositifs de retenue sont des équipements de sécurité destinés à retenir les véhicules dans la plate-forme de la route lors des sorties accidentelles. Ils permettent également d'isoler les obstacles singuliers ou les dénivellations importantes et de protéger les zones riveraines contre les intrusions des véhicules.

Ils sont implantés le long de la section courante de la rocade hors et sur ouvrages d'art, aussi bien sur le terre-plein central et sur les accotements.

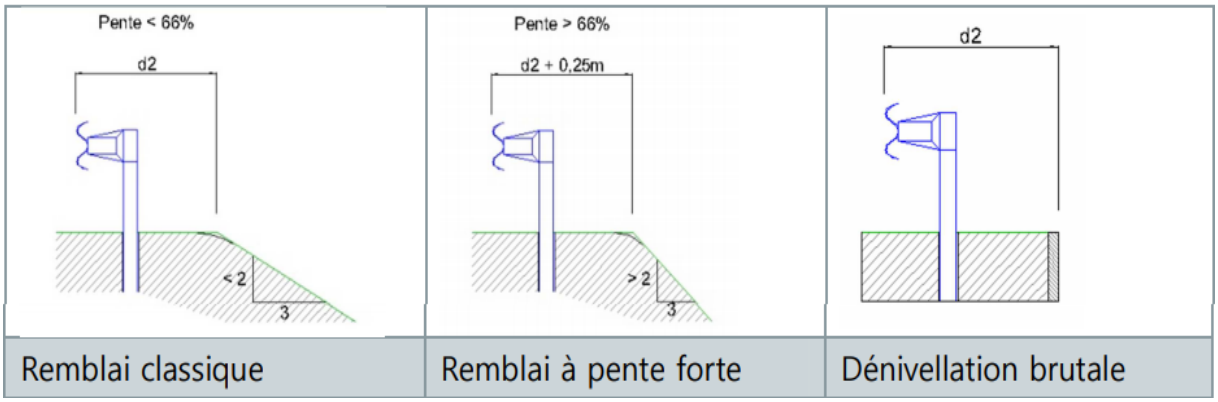
XI.4.1 Types des dispositifs de retenues :

XI.4.1.1 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.

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.



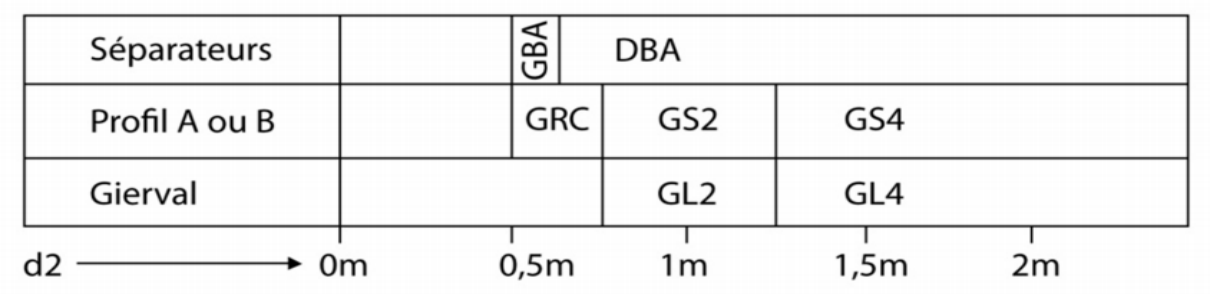


Figure XI.1: Choix du type de glissières de sécurité.

XI.4.1.2 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.5 BALSE 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.6 CLOTURE ANTI INTRUSION

La clôture est un équipement latéral installé aux abords de la rocade afin d'éviter toute intrusion des piétons ou des animaux. Elle est implantée tout le long de la rocade à la limite d'emprise, et renferme une piste de servitude pour assurer les fonctions de service et d'entretien, lorsque la topographie le permet.

La pose de la clôture répond à plusieurs enjeux de différentes natures, notamment :

- Eviter les collisions des automobilistes avec la grande faune.
- La délimitation de l'emprise de la rocade.
- La limitation du vagabondage des animaux domestique sur les chaussées.
- Guider la faune vers les passages de traversée.

Parmi les principaux éléments déterminants le type de clôture qui répond le mieux aux spécifications de la zone d'étude étant la connaissance de la faune. (SETRA, 2008) [20]

XI.7 APPLICATION AU PROJET

XI.7.1 En section courante :

XI.7.1.1 Signalisation verticale :

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

XI.7.1.2 Signalisation horizontale :

- Ce qui concernent l'unité de largeur des lignes de signalisation horizontale elle est de : U=7,5 cm
- Les lignes de marquage longitudinal utilisé dans notre projet sont :

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

Type	Désignation	Largeur (cm)
continue	délimitant les chaussées et le TPC	3u
Discontinue T1	délimitant les différentes voies.	2u
Discontinue T4	délimitant les BAU	3u

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

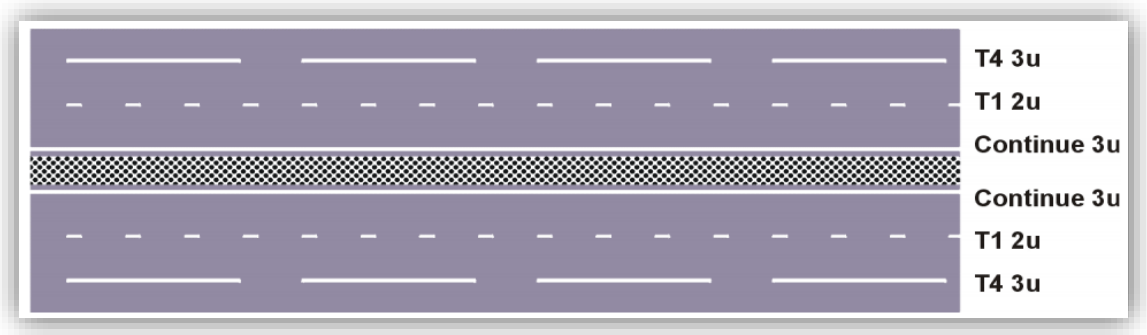


Figure XI.2: Types de marquages longitudinaux (section courante).

XI.7.1.3 Dispositifs de retenue :

Etant donné que la largeur de berme (d2) est de 1,0m sur l'autoroute, le type GS2 de glissières simple de profil A ou B a été choisi pour l'implanter sur accotement, et les séparateurs en béton DBA sont implantés sur terre pleine centrale (TPC).

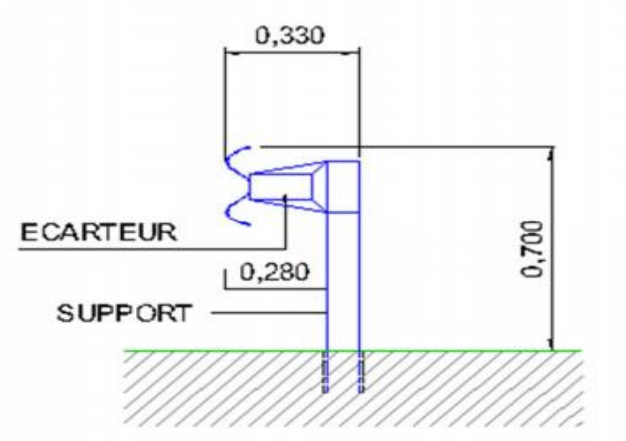


Figure XI.3: Glissière de sécurité type GS2.

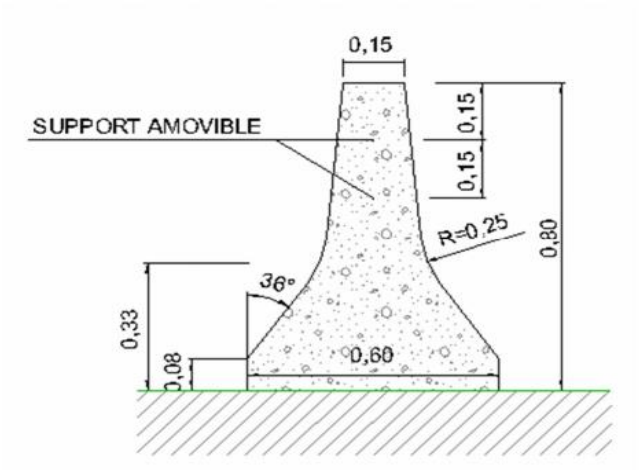


Figure XI.4: double séparateur en béton adhérent.

XI.7.2 Signalisation des points d'échange :

XI.7.2.1 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.

(Voir ANNEXE VI).

XI.7.2.2 Signalisation horizontale :

- L'unité de largeur des lignes de signalisation horizontale elle est de : U=5 cm.
- Les lignes de marquage longitudinal utilisé dans notre projet sont :

Tableau XI.2: types de marquages longitudinaux (échangeur).

Type	Désignation	Largeur (cm)
Discontinue T1	Délimitant les différentes voies.	2u
Discontinue T2	Délimitation des voies de décélération, d'insertion ou d'entrecroisement	5u
Discontinue T'3	Ligne de rive aux approches de certains carrefours et dans les bretelles de raccordement	3u

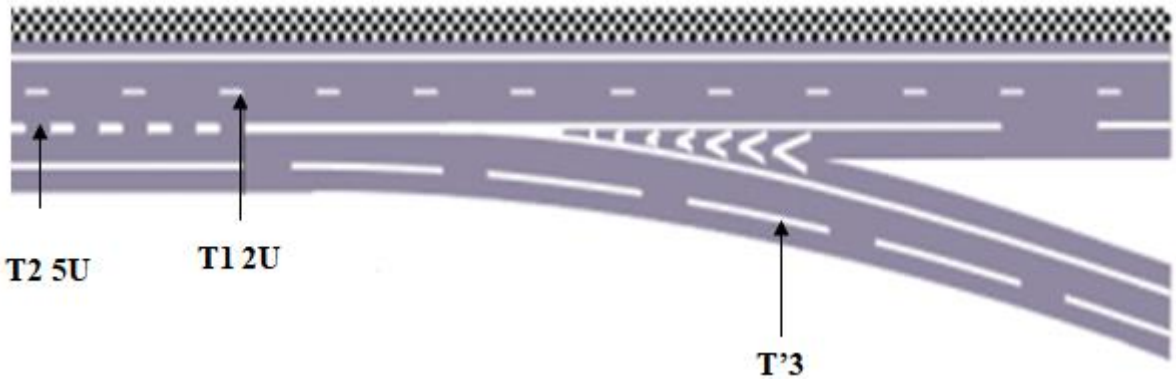


Figure XI.5: Types de marquages longitudinaux (échangeur).

XI.7.2.3 Dispositifs de retenue :

Le type GS2 de glissières simple de profil A ou B a été choisi pour l'implanter sur accotement.

Dans les points en divergence pour les bretelles d'entrée et de sortie de l'échangeur, Le dispositif de retenue frontal « le musoir métallique », est implanté, équipé d'une balise de type J14a.

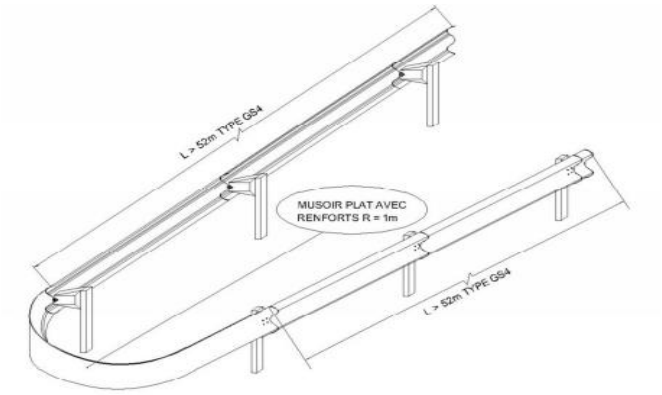


Figure XI.6: Musoir métallique.



Figure XI.7: Balise type J14a.

XI.7.3 Clôtures anti-intrusion :

Les espèces faunistique recensées dans la zone d'étude se compose d'une faune sauvage protégée tel que le Caméléon, le Chat ganté, la Gazelle de montagne, le renard roux et une faune domestique (bovins, équin, ovin, etc.).

Pour notre projet on a adopté pour la clôture à treillis soudés ou noués à mailles progressives, c'est le type de clôture le plus couramment, utilisé dans les projets routiers. Elle constituée d'un grillage ou treillis, de fils de ronce, de poteaux et des accessoires de fixation et de pose.



Figure XI.8: Clôture à treillis soudés à mailles progressives.

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		100000000,00
Etude d'exécution	Forfait (0.2%)	1		6000000,00
Compagne géotechnique complémentaire	Forfait (0.5%)	1		15000000,00
			Total partiel 1	121000000,00
2. Terrassements				
Décapage de la terre végétale	m^2	310174.21	200	62034842,00
Déblais y compris transport à la zone de stockage ou à la décharge publique.	m^3	798734.552	800	638987642,00
Remblai en provenance d'emprunt.	m^3	904307.913	1200	1085169496,00
			Total partiel 2	1786191980,00
3. Construction de corps de chaussée				
F.M.O d'une couche de Forme (40cm TUF)	m^3	70724.075	1500	106086113,00
F.M.O d'une couche de base en GB	T	16632	6500	248648400,00
F.M.O d'une couche de revêtement en BB	T	9072	6700	321545060,00
Couche d'imprégnation	m^2	151200	120	18144000 ,00
Matériaux de berme en (tuf)	m^3	5063.409	800	4050727.20
Couche d'accrochage	m^2	302400	120	36288000,00
			Total partiel 3	734762300,00
4. Assainissement				
Dalots en béton armé	m^3	2208.61	50000	110430500,00
Fourniture et pose de buses Φ1200 type BA	ml	86	25000	2150000,00
Fourniture et pose de buses Φ1500 type BA	ml	194	35000	6790000,00
Construction de fossé trapézoïdal (0,5*1.5*0,5m)	ml	14000	6500	91000000,00
			Total partiel 4	210370500,00
5. Signalisation et équipements				
Ligne continué (délimitant les chaussées et le TPC)	ml	14000	40	560000,00
Ligne discontinué(T1)	ml	14000	25	350000,00
Ligne discontinue (T4)	ml	14000	35	49000,00
Pose de glissière de sécurité type GS2	ml	14000	3500	49000000,00

Pose de séparateur en béton (DBA)	ml	7000	4500	31500000,00
Pose de clôtures anti-intrusion	ml	14000	800	11200000,00
			Total partiel 5	93100000,00
6. Ouvrage d'art				
Ouvrage d'art	m^2	3300	150000	495000000,00
			Total partiel 6	495000000,00
TOTAL HT : 3440424779,00 DA				
TVA 19% : 653680708,00 DA				
TOTAL TTC : 4094105487,00 DA				

Le total général en lettre est : Quatre milliards, quatre-vingt-quatorze millions, cent cinq mille, quatre cent quatre-vingt-sept Dinars Algérien.

CONCLUSION GENERALE

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 essentielle 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.

Ainsi il était une grande occasion pour savoir le déroulement d'un projet des travaux publics en général et un projet routier en particulier. De plus une occasion pour mieux maîtriser les différents logiciels de domaine génie civil comme l'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] Mémoire De Master : ENROBE A MODULE ELEVEE : FORMULATION ET UTILISATION CAS DE FORMULATION A 4 NIVEAUX, BOUAZZA Mohamed Seyf Eddene_ MELLAKH Abdelhafid, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2018.

[18] Norme française NF P 98 141 : Couche de roulement et couche de liaison : béton bitumineux à module élevé (BBME), AFNOR, Novembre 1999.

[19] Norme française NF P 98 150 : Exécution des corps de chaussée, couche de liaison et couche de roulement: béton bitumineux à module élevé (BBME), AFNOR, Décembre1992.

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

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

WEBOGRAPHIE

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

Scribd, http://www.scribd.com/ [en ligne].

ANNEXE I : AXE EN PLAN.

Eléments d'axe		Longueur (m)	Abscisse	X	Y
			0.0000	253899.8182	3932551.0566
Arc de cercle		182.9960			
X Centre	253299.0685				
Y Centre	3931068.1204				
Rayon	1600.0000				
			182.9960	254065.1308	3932472.8084
Alignement droit		562.1593			
Gisement	131.7848				
			745.1553	**254558.6674**	**3932203.6527**
Arc de cercle		**2084.0829**			
X Centre	256713.2177				
Y Centre	3936154.3379				
Rayon	**4500.0000**				
			2829.2382	**256550.5996**	**3931657.2771**
Alignement droit		942.5344			
Gisement	102.3011				
			3771.7726	257492.5183	3931623.2165
Arc de cercle		1253.0868			
X Centre	257600.9304				
Y Centre	3934621.2570				
Rayon	3000.0000				
			5024.8594	258718.0098	3931836.9916
Alignement droit		968.7699			
Gisement	75.7097				
			5993.6293	259617.1139	3932197.7226
Arc de cercle		670.2901			
X Centre	260287.3616				
Y Centre	3930527.1634				
Rayon	1800.0000				
			6663.9194	260270.8612	3932327.0877
Alignement droit		340.7036			
Gisement	99.4164				
			7000	260611.5505	3932330.2109
Longueur totale		7000			

ANNEXE II : PROFIL EN LONG.

Caractéristiques	Longueur 2D (m)	Longueur 3D (m)	S = Abscisse	Z = Altitude
			0.000	1192.524
Rampe = 1.303 %	1385.702	1385.827		
			1385.702	**1210.594**
Arc de cercle	378.135	378.351		
Rayon = 10000.0000				
			1764.545	**1222.680**
Rampe = 5.091 %	117.126	117.278		
			1881.671	**1228.643**
Arc de cercle	436.926	437.082		
Rayon = -7000.0000				
S haut = 2237.517				
Z haut = 1237.697				
			2318.597	**1237.229**
Pente = -1.157 %	250.116	250.132		
			2568.713	1234.334
Arc de cercle	308.357	308.481		
Rayon = -10000.0000				
			2877.069	1226.008
Pente = -4.245 %	104.975	105.069		
			2982.044	1221.552
Arc de cercle	298.479	298.603		
Rayon = 10000.0000				
			3280.524	1213.345
Pente = -1.256 %	192.364	192.379		
			3472.888	1210.928
Arc de cercle	273.390	273.584		
Rayon = -6000.0000				
			3746.278	1201.258
Pente = -5.822 %	53.615	53.705		
			3799.892	1198.136
Arc de cercle	313.301	313.597		
Rayon = 10000.0000				
			4113.194	1184.820
Pente = -2.680 %	381.969	382.106		
			4495.162	1174.581
Arc de cercle	234.053	234.100		
Rayon = 16000.0000				
			4729.215	1170.021
Pente = -1.217 %	897.329	897.396		
			5626.545	1159.103
Arc de cercle	27.801	27.803		
Rayon = 18000.0000				
			5654.346	1158.786
Pente = -1.062 %	1345.654	1345.730		
			7000.000	1144.492
Longueur totale	7000.000			

ANNEXE III : TABULATIONS.

		Elément		Longueur d'application			Altitude		Point d'axe	
Profil n°	Abscisse	Axe	Projet	Avant	Apres	Total	TN	Projet	X	Y
P1	0.000	Arc	AD	0.000	25.000	25.000	1185.391	1192.524	253899.818	3932551.057
P2	50.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1185.328	1193.176	253945.859	3932531.562
P3	100.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1185.851	1193.828	253991.268	3932510.639
P4	150.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1186.867	1194.479	254036.002	3932488.307
P5	200.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1187.183	1195.131	254080.059	3932464.667
P6	250.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1187.622	1195.783	254123.956	3932440.728
P7	300.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1188.171	1196.434	254167.852	3932416.788
P8	350.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1188.777	1197.086	254211.749	3932392.849
P9	400.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1189.502	1197.738	254255.645	3932368.909
P10	450.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1190.126	1198.389	254299.542	3932344.970
P11	500.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1190.439	1199.041	254343.438	3932321.030
P12	550.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1190.945	1199.693	254387.335	3932297.091
P13	600.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1191.380	1200.345	254431.231	3932273.152
P14	650.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1191.701	1200.996	254475.128	3932249.212
P15	700.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1192.292	1201.648	254519.024	3932225.273
P16	750.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1192.958	1202.300	254562.922	3932201.335
P17	800.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1193.973	1202.951	254606.976	3932177.688
P18	850.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1195.590	1203.603	254651.290	3932154.531
P19	900.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1196.874	1204.255	254695.859	3932131.868
P20	950.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1197.792	1204.906	254740.676	3932109.702
P21	1000.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1198.707	1205.558	254785.738	3932088.035
P22	1050.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1199.564	1206.210	254831.037	3932066.870
P23	1100.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1200.045	1206.861	254876.568	3932046.209
P24	1150.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1200.946	1207.513	254922.327	3932026.056
P25	1200.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1202.408	1208.165	254968.306	3932006.413
P26	1250.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1203.107	1208.816	255014.501	3931987.281
P27	1300.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1204.097	1209.468	255060.906	3931968.664
P28	1350.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1204.951	1210.120	255107.514	3931950.564
P29	1400.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1205.133	1210.781	255154.321	3931932.983
P30	1450.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1204.993	1211.625	255201.320	3931915.922
P31	1500.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1204.921	1212.720	255248.506	3931899.386
P32	1550.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1205.715	1214.065	255295.873	3931883.374
P33	1600.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1209.328	1215.661	255343.414	3931867.890
P34	1650.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1211.999	1217.506	255391.125	3931852.935
P35	1700.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1213.866	1219.603	255438.999	3931838.510
P36	1750.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1218.089	1221.950	255487.030	3931824.619
P37	1800.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1223.921	1224.485	255535.213	3931811.262
P38	1850.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1235.185	1227.031	255583.541	3931798.442
P39	1900.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1247.636	1229.552	255632.009	3931786.159
P40	1950.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1249.893	1231.787	255680.610	3931774.415
P41	2000.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1247.242	1233.664	255729.338	3931763.213
P42	2050.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1249.696	1235.183	255778.188	3931752.552
P43	2100.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1250.537	1236.345	255827.154	3931742.435
P44	2150.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1251.374	1237.149	255876.229	3931732.862
P45	2200.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1250.313	1237.597	255925.407	3931723.835
P46	2250.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1246.459	1237.686	255974.682	3931715.355
P47	2300.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1243.935	1237.419	256024.049	3931707.424
P48	2350.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1242.246	1236.865	256073.500	3931700.041
P49	2400.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1241.192	1236.287	256123.031	3931693.208
P50	2450.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1239.813	1235.708	256172.635	3931686.926
P51	2500.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1237.613	1235.129	256222.305	3931681.195
P52	2550.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1236.573	1234.551	256272.036	3931676.017
P53	2600.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1239.192	1233.923	256321.821	3931671.391
P54	2650.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1243.369	1233.063	256371.655	3931667.319
P55	2700.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1245.756	1231.953	256421.531	3931663.801
P56	2750.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1241.722	1230.592	256471.442	3931660.838
P57	2800.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1231.479	1228.981	256521.384	3931658.429
P58	2850.000	AD	RC	25.000	25.000	50.000	1223.957	1227.120	256571.348	3931656.527
P59	2900.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1218.490	1225.034	256621.315	3931654.720
P60	2950.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1214.857	1222.912	256671.282	3931652.913
P61	3000.000	AD	RC	25.000	25.000	50.000	1212.253	1220.806	256721.250	3931651.106
P62	3050.000	AD	RC	25.000	25.000	50.000	1210.415	1218.899	256771.217	3931649.299
P63	3100.000	AD	RC	25.000	25.000	50.000	1210.413	1217.242	256821.185	3931647.493
P64	3150.000	AD	RC	25.000	25.000	50.000	1211.862	1215.836	256871.152	3931645.686

P65	3200.000	AD	RC	25.000	25.000	50.000	1214.382	1214.680	256921.119	3931643.879
P66	3250.000	AD	RC	25.000	25.000	50.000	1217.749	1213.775	256971.087	3931642.072
P67	3300.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1221.505	1213.100	257021.054	3931640.265
P68	3350.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1221.999	1212.472	257071.021	3931638.458
P69	3400.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1222.539	1211.844	257120.989	3931636.651
P70	3450.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1223.319	1211.216	257170.956	3931634.844
P71	3500.000	AD	RC	25.000	25.000	50.000	1224.250	1210.527	257220.923	3931633.038
P72	3550.000	AD	RC	25.000	25.000	50.000	1225.621	1209.464	257270.891	3931631.231
P73	3600.000	AD	RC	25.000	25.000	50.000	1228.543	1207.984	257320.858	3931629.424
P74	3650.000	AD	RC	25.000	25.000	50.000	1215.271	1206.087	257370.825	3931627.617
P75	3700.000	AD	RC	25.000	25.000	50.000	1204.327	1203.773	257420.793	3931625.810
P76	3750.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1199.853	1201.041	257470.760	3931624.003
P77	3800.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1192.746	1198.130	257520.732	3931622.329
P78	3850.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1190.916	1195.345	257570.723	3931621.409
P79	3900.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1191.358	1192.811	257620.722	3931621.322
P80	3950.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1188.555	1190.528	257670.716	3931622.069
P81	4000.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1185.432	1188.495	257720.690	3931623.648
P82	4050.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1182.460	1186.713	257770.631	3931626.061
P83	4100.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1179.949	1185.182	257820.526	3931629.305
P84	4150.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1178.380	1183.833	257870.359	3931633.380
P85	4200.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1177.455	1182.493	257920.117	3931638.285
P86	4250.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1176.447	1181.153	257969.786	3931644.019
P87	4300.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1175.637	1179.812	258019.354	3931650.580
P88	4350.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1175.206	1178.472	258068.804	3931657.966
P89	4400.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1174.398	1177.132	258118.125	3931666.175
P90	4450.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1173.197	1175.792	258167.303	3931675.205
P91	4500.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1171.609	1174.452	258216.322	3931685.053
P92	4550.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1170.361	1173.205	258265.171	3931695.717
P93	4600.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1167.623	1172.115	258313.836	3931707.194
P94	4650.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1168.108	1171.181	258362.302	3931719.479
P95	4700.000	Arc	RC	25.000	25.000	50.000	1167.687	1170.403	258410.557	3931732.571
P96	4750.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1167.603	1169.768	258458.587	3931746.466
P97	4800.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1166.852	1169.160	258506.379	3931761.159
P98	4850.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1166.034	1168.551	258553.920	3931776.646
P99	4900.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1165.498	1167.943	258601.195	3931792.924
P100	4950.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1165.071	1167.335	258648.193	3931809.987
P101	5000.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1164.221	1166.726	258694.900	3931827.831
P102	5050.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1163.203	1166.118	258741.343	3931846.353
P103	5100.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1162.160	1165.509	258787.747	3931864.971
P104	5150.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1161.087	1164.901	258834.151	3931883.589
P105	5200.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1160.567	1164.293	258880.556	3931902.207
P106	5250.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1159.841	1163.684	258926.960	3931920.825
P107	5300.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1159.085	1163.076	258973.365	3931939.443
P108	5350.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1158.310	1162.468	259019.769	3931958.061
P109	5400.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1156.614	1161.859	259066.173	3931976.679
P110	5450.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1158.840	1161.251	259112.578	3931995.297
P111	5500.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1158.401	1160.643	259158.982	3932013.915
P112	5550.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1157.201	1160.034	259205.387	3932032.533
P113	5600.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1155.705	1159.426	259251.791	3932051.151
P114	5650.000	AD	RC	25.000	25.000	50.000	1154.793	1158.833	259298.196	3932069.769
P115	5700.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1153.849	1158.301	259344.600	3932088.387
P116	5750.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1153.411	1157.770	259391.004	3932107.005
P117	5800.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1152.689	1157.239	259437.409	3932125.623
P118	5850.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1152.026	1156.708	259483.813	3932144.241
P119	5900.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1151.162	1156.177	259530.218	3932162.859
P120	5950.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1151.129	1155.646	259576.622	3932181.477
P121	6000.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1150.231	1155.114	259623.031	3932200.084
P122	6050.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1149.563	1154.583	259669.751	3932217.890
P123	6100.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1148.669	1154.052	259716.948	3932234.392
P124	6150.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1147.860	1153.521	259764.585	3932249.576
P125	6200.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1147.384	1152.990	259812.625	3932263.431
P126	6250.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1146.471	1152.459	259861.032	3932275.947
P127	6300.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1137.816	1151.928	259909.767	3932287.113
P128	6350.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1145.191	1151.397	259958.794	3932296.921
P129	6400.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1144.363	1150.866	260008.075	3932305.364
P130	6450.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1143.494	1150.334	260057.570	3932312.435
P131	6500.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1142.668	1149.803	260107.244	3932318.129
P132	6550.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1141.374	1149.272	260157.056	3932322.441
P133	6600.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1140.505	1148.741	260206.968	3932325.367
P134	6650.000	Arc	AD	25.000	25.000	50.000	1139.769	1148.210	260256.943	3932326.906
P135	6700.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1139.024	1147.679	260306.940	3932327.418

P136	6750.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1138.420	1147.148	260356.938	3932327.877
P137	6800.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1137.047	1146.617	260406.936	3932328.335
P138	6850.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1136.006	1146.085	260456.934	3932328.794
P139	6900.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1136.572	1145.554	260506.932	3932329.252
P140	6950.000	AD	AD	25.000	25.000	50.000	1135.023	1145.023	260556.930	3932329.710
P141	7000.000	AD	AD	25.000	0.000	25.000	1139.944	1144.492	260606.928	3932330.169

ANNEXE VI : CUBATURES DEBLAI/REMBLAI.

	Déblais			Remblais		
Profil n°	Surf (m²)	Volume (m³)	Volume Cumulé (m³)	Surf. (m²)	Volume (m³)	Volume Cumulé (m³)
P1	0.00	0.000	0.000	221.62	5542.412	5542.412
P2	0.00	0.000	0.000	252.10	12607.790	18150.202
P3	0.00	0.000	0.000	255.36	12768.669	30918.871
P4	0.00	0.000	0.000	242.77	12140.620	43059.491
P5	0.00	0.000	0.000	252.99	12649.958	55709.448
P6	0.00	0.000	0.000	265.60	13279.783	68989.231
P7	0.00	0.000	0.000	269.55	13477.717	82466.948
P8	0.00	0.000	0.000	269.81	13490.343	95957.291
P9	0.00	0.000	0.000	267.81	13390.736	109348.027
P10	0.00	0.000	0.000	270.81	13540.648	122888.675
P11	0.00	0.000	0.000	287.64	14381.839	137270.514
P12	0.00	0.000	0.000	293.64	14682.191	151952.705
P13	0.00	0.000	0.000	301.80	15090.242	167042.947
P14	0.00	0.000	0.000	319.79	15989.541	183032.487
P15	0.00	0.000	0.000	321.49	16074.332	199106.819
P16	0.00	0.000	0.000	323.14	16156.636	215263.455
P17	0.00	0.000	0.000	305.36	15268.293	230531.749
P18	0.00	0.000	0.000	255.79	12791.852	243323.601
P19	0.00	0.000	0.000	228.50	11426.596	254750.197
P20	0.00	0.000	0.000	217.70	10885.773	265635.969
P21	0.00	0.000	0.000	205.07	10253.693	275889.662
P22	0.00	0.000	0.000	199.40	9969.050	285858.712
P23	0.00	0.000	0.000	205.31	10263.436	296122.148
P24	0.00	0.000	0.000	196.12	9804.495	305926.643
P25	0.00	0.000	0.000	164.59	8227.531	314154.175
P26	0.00	0.000	0.000	158.43	7919.272	322073.446
P27	0.00	0.000	0.000	149.29	7462.157	329535.603
P28	0.00	0.000	0.000	139.70	6982.603	336518.206
P29	0.00	0.000	0.000	159.05	7949.540	344467.746
P30	0.00	0.000	0.000	192.86	9641.181	354108.927
P31	0.00	0.000	0.000	239.60	11975.250	366084.177
P32	0.00	0.000	0.000	272.12	13610.340	379694.516
P33	0.00	0.000	0.000	202.34	10121.896	389816.412
P34	0.00	0.000	0.000	147.13	7360.186	397176.598
P35	0.00	0.000	0.000	149.22	7463.929	404640.526
P36	0.00	0.000	0.000	89.58	4481.987	409122.513
P37	22.30	1112.320	1112.320	13.14	658.324	409780.838
P38	541.69	27005.357	28117.676	0.00	0.000	409780.838
P39	954.43	47667.954	75785.630	0.00	0.000	409780.838
P40	1055.39	52795.717	128581.348	0.00	0.000	409780.838
P41	792.93	39667.550	168248.898	0.00	0.000	409780.838
P42	820.53	41040.467	209289.365	0.00	0.000	409780.838
P43	783.08	39171.703	248461.068	0.00	0.000	409780.838
P44	791.71	39602.408	288063.476	0.00	0.000	409780.838
P45	671.78	33603.106	321666.582	0.00	0.000	409780.838
P46	437.87	21902.634	343569.215	0.00	0.000	409780.838
P47	303.28	15169.328	358738.543	0.00	0.000	409780.838
P48	249.19	12468.124	371206.666	0.00	0.000	409780.838
P49	224.82	11246.844	382453.510	0.00	0.000	409780.838
P50	186.90	9349.379	391802.889	0.00	0.000	409780.838
P51	118.07	5905.619	397708.507	0.00	0.000	409780.838
P52	100.95	5048.906	402757.413	0.00	0.000	409780.838
P53	243.25	12162.629	414920.042	0.00	0.000	409780.838
P54	520.54	26020.562	440940.605	0.00	0.000	409780.838
P55	758.01	37901.106	478841.710	0.00	0.000	409780.838
P56	586.08	29316.054	508157.764	0.00	0.000	409780.838
P57	124.51	6225.099	514382.863	0.00	0.000	409780.838
P58	0.00	0.000	514382.863	66.66	3332.895	413113.733
P59	0.00	0.000	514382.863	190.35	9517.674	422631.407
P60	0.00	0.000	514382.863	258.49	12924.547	435555.954
P61	0.00	0.000	514382.863	280.33	14016.690	449572.644
P62	0.00	0.000	514382.863	274.64	13732.042	463304.686
P63	0.00	0.000	514382.863	201.48	10074.178	473378.864

P64	0.00	0.000	514382.863	94.18	4708.911	478087.775
P65	20.56	1028.124	515410.988	0.00	0.006	478087.781
P66	189.85	9492.551	524903.539	0.00	0.000	478087.781
P67	404.78	20238.852	545142.390	0.00	0.000	478087.781
P68	459.44	22971.896	568114.286	0.00	0.000	478087.781
P69	537.55	26877.598	594991.884	0.00	0.000	478087.781
P70	638.67	31933.663	626925.548	0.00	0.000	478087.781
P71	756.73	37836.595	664762.142	0.00	0.000	478087.781
P72	944.76	47237.971	712000.113	0.00	0.000	478087.781
P73	1209.35	60467.316	772467.430	0.00	0.000	478087.781
P74	481.62	24081.033	796548.462	0.00	0.000	478087.781
P75	40.02	2001.070	798549.532	0.00	0.000	478087.781
P76	2.55	127.342	798676.874	33.66	1682.609	479770.389
P77	0.00	0.000	798676.874	112.23	5610.866	485381.255
P78	0.00	0.000	798676.874	102.56	5134.062	490515.317
P79	1.16	57.678	798734.552	22.17	1110.594	491625.911
P80	0.00	0.000	798734.552	33.04	1654.169	493280.080
P81	0.00	0.000	798734.552	64.81	3242.324	496522.403
P82	0.00	0.000	798734.552	105.19	5260.606	501783.009
P83	0.00	0.000	798734.552	140.20	7011.902	508794.912
P84	0.00	0.000	798734.552	150.57	7530.228	516325.140
P85	0.00	0.000	798734.552	135.46	6774.154	523099.294
P86	0.00	0.000	798734.552	118.80	5941.216	529040.510
P87	0.00	0.000	798734.552	103.18	5161.688	534202.199
P88	0.00	0.000	798734.552	72.62	3632.779	537834.977
P89	0.00	0.000	798734.552	54.24	2713.081	540548.058
P90	0.00	0.000	798734.552	52.57	2630.246	543178.304
P91	0.00	0.000	798734.552	57.86	2894.145	546072.449
P92	0.00	0.000	798734.552	58.64	2932.459	549004.908
P93	0.00	0.000	798734.552	74.37	3718.183	552723.092
P94	0.00	0.000	798734.552	62.35	3117.362	555840.453
P95	0.00	0.000	798734.552	49.27	2461.937	558302.390
P96	0.00	0.000	798734.552	36.59	1829.101	560131.491
P97	0.00	0.000	798734.552	41.03	2050.970	562182.461
P98	0.00	0.000	798734.552	45.45	2272.127	564454.588
P99	0.00	0.000	798734.552	43.05	2152.180	566606.768
P100	0.00	0.000	798734.552	39.05	1952.585	568559.353
P101	0.00	0.000	798734.552	45.67	2283.365	570842.718
P102	0.00	0.000	798734.552	58.91	2945.685	573788.404
P103	0.00	0.000	798734.552	72.09	3604.704	577393.107
P104	0.00	0.000	798734.552	86.40	4320.073	581713.181
P105	0.00	0.000	798734.552	86.17	4308.594	586021.775
P106	0.00	0.000	798734.552	89.70	4484.765	590506.540
P107	0.00	0.000	798734.552	92.71	4635.399	595141.940
P108	0.00	0.000	798734.552	98.77	4938.484	600080.424
P109	0.00	0.000	798734.552	122.61	6130.356	606210.780
P110	0.00	0.000	798734.552	98.75	4937.733	611148.513
P111	0.00	0.000	798734.552	40.35	2017.537	613166.049
P112	0.00	0.000	798734.552	59.22	2961.093	616127.143
P113	0.00	0.000	798734.552	87.20	4359.998	620487.141
P114	0.00	0.000	798734.552	94.84	4741.980	625229.121
P115	0.00	0.000	798734.552	112.58	5629.205	630858.326
P116	0.00	0.000	798734.552	112.17	5608.591	636466.917
P117	0.00	0.000	798734.552	110.76	5538.021	642004.938
P118	0.00	0.000	798734.552	117.60	5880.094	647885.032
P119	0.00	0.000	798734.552	126.80	6340.168	654225.200
P120	0.00	0.000	798734.552	113.89	5694.660	659919.860
P121	0.00	0.000	798734.552	124.82	6240.140	666160.000
P122	0.00	0.000	798734.552	131.49	6573.074	672733.074
P123	0.00	0.000	798734.552	145.94	7294.651	680027.725
P124	0.00	0.000	798734.552	153.78	7687.752	687715.478
P125	0.00	0.000	798734.552	157.90	7894.561	695610.039
P126	0.00	0.000	798734.552	170.58	8527.806	704137.845
P127	0.00	0.000	798734.552	482.92	24147.017	728284.862
P128	0.00	0.000	798734.552	174.77	8737.445	737022.307
P129	0.00	0.000	798734.552	188.85	9441.797	746464.104
P130	0.00	0.000	798734.552	205.68	10282.170	756746.275
P131	0.00	0.000	798734.552	215.72	10783.208	767529.483
P132	0.00	0.000	798734.552	245.67	12287.906	779817.388
P133	0.00	0.000	798734.552	264.87	13243.161	793060.549

P134	0.00	0.000	798734.552	272.31	13615.502	806676.051
P135	0.00	0.000	798734.552	284.92	14245.888	820921.939
P136	0.00	0.000	798734.552	292.65	14632.639	835554.578
P137	0.00	0.000	798734.552	332.35	16617.555	852172.133
P138	0.00	0.000	798734.552	350.41	17520.369	869692.502
P139	0.00	0.000	798734.552	303.09	15154.322	884846.824
P140	0.00	0.000	798734.552	330.03	16501.620	901348.443
P141	0.00	0.000	**798734.552**	118.38	2959.470	**904307.913**

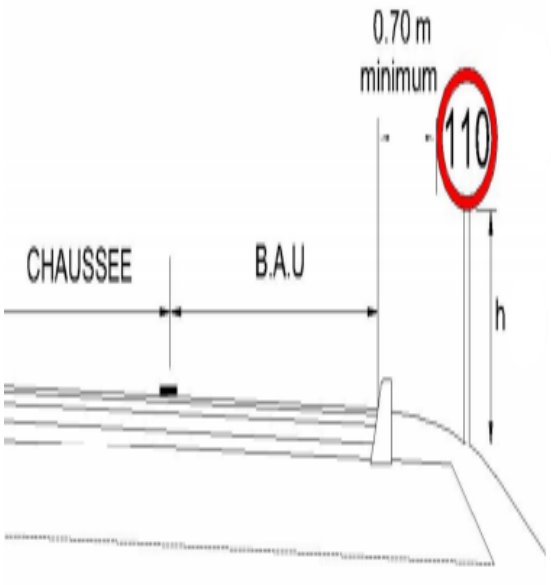
ANNEXE V : RECAPITULATIF DE L'UTILISATION DES MATERIAUX.

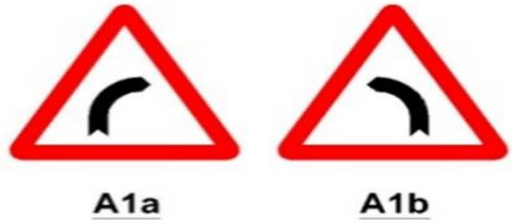
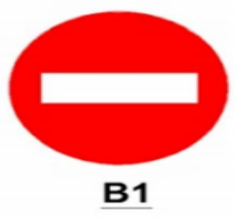
	BB	GB	TUF	Mat accot
Profil n°	Volume Cumulé (m³)	Volume Cumulé (m³)	Volume Cumulé (m³)	Volume Cumulé (m³)
P1	32.400	59.400	252.586	18.084
P2	97.200	178.200	757.758	54.251
P3	162.000	297.000	1262.930	90.418
P4	226.800	415.800	1768.102	126.585
P5	291.600	534.600	2273.274	162.752
P6	356.400	653.400	2778.446	198.920
P7	421.200	772.200	3283.618	235.087
P8	486.000	891.000	3788.790	271.254
P9	550.800	1009.800	4293.962	307.421
P10	615.600	1128.600	4799.134	343.588
P11	680.400	1247.400	5304.306	379.756
P12	745.200	1366.200	5809.478	415.923
P13	810.000	1485.000	6314.650	452.090
P14	874.800	1603.800	6819.821	488.257
P15	939.600	1722.600	7324.993	524.424
P16	1004.400	1841.400	7830.165	560.592
P17	1069.200	1960.200	8335.337	596.759
P18	1134.000	2079.000	8840.509	632.926
P19	1198.800	2197.800	9345.681	669.093
P20	1263.600	2316.600	9850.853	705.261
P21	1328.400	2435.400	10356.025	741.428
P22	1393.200	2554.200	10861.197	777.595
P23	1458.000	2673.000	11366.369	813.762
P24	1522.800	2791.800	11871.541	849.929
P25	1587.600	2910.600	12376.713	886.097
P26	1652.400	3029.400	12881.885	922.264
P27	1717.200	3148.200	13387.057	958.431
P28	1782.000	3267.000	13892.229	994.598
P29	1846.800	3385.800	14397.401	1030.765
P30	1911.600	3504.600	14902.573	1066.933
P31	1976.400	3623.400	15407.745	1103.100
P32	2041.200	3742.200	15912.917	1139.267
P33	2106.000	3861.000	16418.089	1175.434
P34	2170.800	3979.800	16923.261	1211.601
P35	2235.600	4098.600	17428.433	1247.769
P36	2300.400	4217.400	17933.605	1283.936
P37	2365.200	4336.200	18438.777	1320.103
P38	2430.000	4455.000	18943.949	1356.270
P39	2494.800	4573.800	19449.120	1392.437
P40	2559.600	4692.600	19954.292	1428.605
P41	2624.400	4811.400	20459.464	1464.772
P42	2689.200	4930.200	20964.636	1500.939
P43	2754.000	5049.000	21469.808	1537.106
P44	2818.800	5167.800	21974.980	1573.273
P45	2883.600	5286.600	22480.152	1609.441
P46	2948.400	5405.400	22985.324	1645.608
P47	3013.200	5524.200	23490.496	1681.775
P48	3078.000	5643.000	23995.668	1717.942
P49	3142.800	5761.800	24500.840	1754.110
P50	3207.600	5880.600	25006.012	1790.277
P51	3272.400	5999.400	25511.184	1826.444
P52	3337.200	6118.200	26016.356	1862.611
P53	3402.000	6237.000	26521.528	1898.778
P54	3466.800	6355.800	27026.700	1934.946
P55	3531.600	6474.600	27531.872	1971.113
P56	3596.400	6593.400	28037.044	2007.280
P57	3661.200	6712.200	28542.216	2043.447
P58	3726.000	6831.000	29047.388	2079.614
P59	3790.800	6949.800	29552.560	2115.782
P60	3855.600	7068.600	30057.732	2151.949
P61	3920.400	7187.400	30562.904	2188.116
P62	3985.200	7306.200	31068.076	2224.283

P63	4050.000	7425.000	31573.248	2260.450
P64	4114.800	7543.800	32078.420	2296.618
P65	4179.600	7662.600	32583.591	2332.785
P66	4244.400	7781.400	33088.763	2368.952
P67	4309.200	7900.200	33593.935	2405.119
P68	4374.000	8019.000	34099.107	2441.286
P69	4438.800	8137.800	34604.279	2477.454
P70	4503.600	8256.600	35109.451	2513.621
P71	4568.400	8375.400	35614.623	2549.788
P72	4633.200	8494.200	36119.795	2585.955
P73	4698.000	8613.000	36624.967	2622.122
P74	4762.800	8731.800	37130.139	2658.290
P75	4827.600	8850.600	37635.311	2694.457
P76	4892.400	8969.400	38140.483	2730.624
P77	4957.200	9088.200	38645.655	2766.791
P78	5022.000	9207.000	39150.827	2802.958
P79	5086.800	9325.800	39655.999	2839.126
P80	5151.600	9444.600	40161.171	2875.293
P81	5216.400	9563.400	40666.343	2911.460
P82	5281.200	9682.200	41171.515	2947.627
P83	5346.000	9801.000	41676.687	2983.795
P84	5410.800	9919.800	42181.859	3019.962
P85	5475.600	10038.600	42687.031	3056.129
P86	5540.400	10157.400	43192.203	3092.296
P87	5605.200	10276.200	43697.375	3128.463
P88	5670.000	10395.000	44202.547	3164.631
P89	5734.800	10513.800	44707.719	3200.798
P90	5799.600	10632.600	45212.891	3236.965
P91	5864.400	10751.400	45718.062	3273.132
P92	5929.200	10870.200	46223.234	3309.299
P93	5994.000	10989.000	46728.406	3345.467
P94	6058.800	11107.800	47233.578	3381.634
P95	6123.600	11226.600	47738.750	3417.801
P96	6188.400	11345.400	48243.922	3453.968
P97	6253.200	11464.200	48749.094	3490.135
P98	6318.000	11583.000	49254.266	3526.303
P99	6382.800	11701.800	49759.438	3562.470
P100	6447.600	11820.600	50264.610	3598.637
P101	6512.400	11939.400	50769.782	3634.804
P102	6577.200	12058.200	51274.954	3670.971
P103	6642.000	12177.000	51780.126	3707.139
P104	6706.800	12295.800	52285.298	3743.306
P105	6771.600	12414.600	52790.470	3779.473
P106	6836.400	12533.400	53295.642	3815.640
P107	6901.200	12652.200	53800.814	3851.807
P108	6966.000	12771.000	54305.986	3887.975
P109	7030.800	12889.800	54811.158	3924.142
P110	7095.600	13008.600	55316.330	3960.309
P111	7160.400	13127.400	55821.502	3996.476
P112	7225.200	13246.200	56326.674	4032.644
P113	7290.000	13365.000	56831.846	4068.811
P114	7354.800	13483.800	57337.018	4104.978
P115	7419.600	13602.600	57842.190	4141.145
P116	7484.400	13721.400	58347.361	4177.312
P117	7549.200	13840.200	58852.533	4213.480
P118	7614.000	13959.000	59357.705	4249.647
P119	7678.800	14077.800	59862.877	4285.814
P120	7743.600	14196.600	60368.049	4321.981
P121	7808.400	14315.400	60873.221	4358.148
P122	7873.200	14434.200	61378.393	4394.316
P123	7938.000	14553.000	61883.565	4430.483
P124	8002.800	14671.800	62388.737	4466.650
P125	8067.600	14790.600	62893.909	4502.817
P126	8132.400	14909.400	63399.081	4538.984
P127	8197.200	15028.200	63904.253	4575.152
P128	8262.000	15147.000	64409.425	4611.319
P129	8326.800	15265.800	64914.597	4647.486

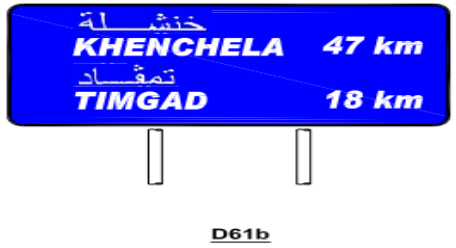
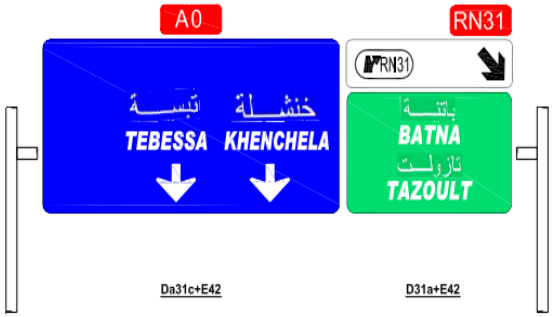
P130	8391.600	15384.600	65419.769	4683.653
P131	8456.400	15503.400	65924.941	4719.820
P132	8521.200	15622.200	66430.113	4755.988
P133	8586.000	15741.000	66935.285	4792.155
P134	8650.800	15859.800	67440.457	4828.322
P135	8715.600	15978.600	67945.629	4864.489
P136	8780.400	16097.400	68450.801	4900.656
P137	8845.200	16216.200	68955.973	4936.824
P138	8910.000	16335.000	69461.145	4972.991
P139	8974.800	16453.800	69966.317	5009.158
P140	9039.600	16572.600	70471.489	5045.325
P141	**9072.000**	**16632.000**	**70724.075**	**5063.409**

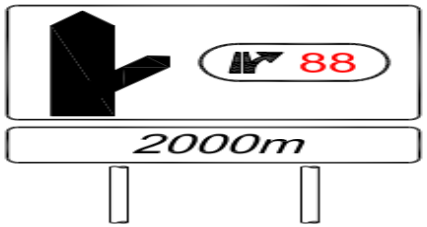
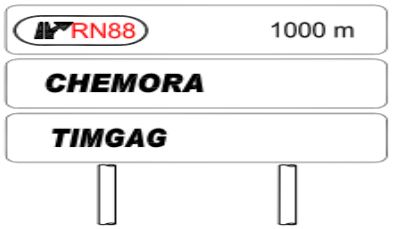
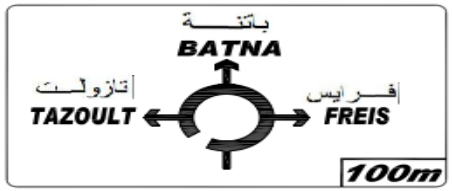
ANNEXEVI: SIGNALISATION.

catégorie	types	Définition	implantation	Illustration image
Signalisation de danger	A3b	Chaussée rétrécit par la gauche	• 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. 	
	A15b	Passage d'animaux sauvages		
	AB3a	Céder le passage à l'intersection. Signal de position		
	AB3b	Céder le passage à l'intersection. Signal avancé d'AB3a		

	A1a / A1b	Virage à droite/à gauche	• Assurer que la partie vue doit être dirigée face à la direction suivie par l'usager.	
Signalisation de prescription	B1	Sens interdit à tout véhicule	Meme exigence que les pannaux de la signalisation de danger.	
	B2a/ B2b	Interdiction de tourner à gauche à/ à droite la prochaine intersection		
	B6d	Arrêt et stationnement interdit		

	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

	C208	Fin d'une section autoroutière		
Signalisation de direction	D61b	Panneau de confirmation pour confirmer les destinations atteintes par la voie sur laquelle il est implanté. Il porte l'indication de kilométrage.	• Sur Double support. • à moins de 1km après le point d'insertion dans la section courante.	
	Da31c + D31a	panneau de confirmation de filante + panneau pour la sortie numérotée.	• Signalisation avancée implantée sur portique. • Au point ou la largeur de la voie de sortie atteint 1.50m. • A une hauteur minimale de 5.85m (5,25m gabarit de la route + une revanche de 0.1m pour l'entretien de la chaussée + revanche de 0.5m pour la protection de la signalisation).	

	D51c	Panneaux d'avertissement implantés sur la berme	• Sur double support. • A 2km, 1km et 300m à l'amont de la bretelle de sortie.	 D51c+M2
	D41a	Panneau de pré signalisation de sortie numérotée.	• Sur double support. • A environ 30seconde de parcours en amont du point d'implantation de la signalisation avancée.	 D41a
	D42	Panneau de pré signalisation dia grammatique à sens giratoire	• Sur potence. • A l'amont des carrefours plans avec l'indication des mentions atteintes. • à une hauteur minimale de 5.85m.	 D42

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.	