République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة

فرنسيس جانسون

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Matériaux & Structures

Thème

Etude D'avant-projet Détaillé D'un Tronçon Autoroutier De La Troisième Rocade D'Alger Sur 10.000 KM Du PK80+000 Au PK90+000 Avec La Conception D'un Echangeur Au PK 85+700.

Présenté par :

BOUSTILA Ilyes

BNEBRIH Abdellah

Encadré par :

Mr. GUENAIZI Abdelhak

Promotion 2023/2024

ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba


بسم الله الرحمن الرحيم

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce travail.

En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur Mr : **GUENAIZI**

ABDELHAK pour ses appréciations compétentes, ses précieux conseils et son aide durant toute la période du travail.

Nous remercions vivement nos familles **BOUSTILA** et **BENBRIH** pour leur aide matérielle et morale durant toute la période de préparation.

Nous tenons également à exprimer notre gratitude envers tous les

Enseignants de l'ENSTP qui a contribué à notre formation et à l'élaboration de ce présent travail.

Un Grand Remerciant a MM **BOUREBIA AMINA** et **MM BOUREBIA**

MAHDIA et **MM MAKOUDI Imen** et Mr **MUSTAPHA ZOUGGARI** pour leur encouragement et soutiens le long de notre formation au sein de l'école.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail. Et de l'enrichir par leurs propositions.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À ma très chère mère Fatima

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier

Comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me

Guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force

Pour affronter les différents obstacles.

À mon très cher père Mouloud

Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager.

À mon très cher frère Yakoub et Mouad

À ma Sœur et mes Nièces

À Mes Cousins : Hocine, Issam, Salah, Karim, Djamel, Ayoub

À mes amis proches : Nacer, Taki, Athmane, Lyes, Rabah, Hafidh, Mohamed Ayoub, Houssem, Ala, Hassan, Nadjib, Bilel

À mes amis de l'Enstp.

Pour leurs aides et supports dans les moments difficiles.

À mon cher binôme Abdellah

À tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.

Merci !

Boustila Ilyes

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À ma très chère mère Nacera

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier Comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me Guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force Pour affronter les différents obstacles.

À mon très cher père Sami Achour

Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager.

Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

À mes sœurs Imen et Soundous

À mes frères Khalil et Ayoub

À mon très cher ami abdelmamoun SILEM

Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager

À mes tantes maternelles : Malika et Rabia

À Mon oncle : SMAIL mon bras droit,

À Mes vrais Amis : NOUONU, ABDELKRIM, MOHAMED, ABDELHADI,

À mes amis de l'Enstp en général

À mon ami Mohamed CHOUH spécialement.

Pour leurs aides et supports dans les moments difficiles.

À mon cher binôme Ilyes

Pour son entente et sa sympathie.

À tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.

Sans oublier tous mes enseignants de l'ENSTP avec des exceptions.

Merci !

Résumé

Ce travail présente une étude détaillée du projet d'un tronçon autoroutier de la troisième rocade d'Alger en phase d'avant-projet détaillé du PK80+000 au PK90+000 avec la conception d'un échangeur au PK85+700.

Nous avons entamé ce travail avec une présentation du projet, ensuite la conception structurale qui consiste une étude du trafic qui est considérée comme la première étape de l'étude de ce projet, suivie de la conception de la géométrie de la route (tracé en plan, profil en long et profil en travers) et dimensionnement du corps de chaussée. Puis, après avoir examiné la partie géotechnique et l'étude d'assainissement, nous avons procédé au choix du type d'échangeur et à la planification de la signalisation.

Nous avons terminé notre travail en effectuant une étude d'impact sur l'environnement en respectant le cadre juridique algérien et on a calculé le devis estimatif et quantitatif a été calculé

Mots clés : Bassin versant, vitesse de base, déblai, remblai, corps chaussé.

ملخص

يقدم هذا العمل دراسة مفصلة لمشروع قسم من الطريق السريع الخاص بالطريق الاجتنابي الثالث للجزائر العاصمة في مرحلة التصميم الأولية التفصيلية من النقطة الكيلومترية 000+80 الى النقطة الكيلومترية 000+90 مع تصميم محول عند النقطة الكيلومترية 700+85

بدأنا هذا العمل بالعرض التقديمي للمشروع، ثم التصميم الإنشائي الذي يتكون من الدراسة المرورية والتي تعتبر المرحلة الأولى لدراسة هذا المشروع، يليها التصميم الهندسي للطريق (التخطيط، طولي الملف الشخصي والملف الجانبي المتقاطع) وأبعاد جسم الطريق. ومن ثم، وبعد فحص الجزء الجيوتقني ودراسة الصرف الصحي، قمنا باختيار نوع التبادل وتخطيط الإشارة

أكملنا عملنا بإجراء دراسة الأثر البيئي وفقًا للإطار القانوني الجزائري وتم حساب التقدير التقديري والكمي

الكلمات المفتاحية؛ متجمعات المياه. السرعة الأساسية. الحفر. الردم.

Summary

This work presents a detailed study of the project of a motorway section of the third ring road of Algiers in the detailed preliminary design phase from PK80+000 to PK90+000 with the design of an interchange at PK85+700.

We started this work with a presentation of the project, then the structural design, which consists of a traffic study that is considered as the first stage of the study of this project, followed by the design of the geometry of the road (drawn in plan, longitudinal profile and cross section) and dimensioning of the road body. Then, after examining the geotechnical part and the sanitation study, we proceeded to choose the type of interchange and plan the signaling.

We completed our work by carrying out an environmental impact study in compliance with the Algerian legal framework and the estimated and quantitative estimate was calculated.

Keywords: Watershed, Base Speed, excavation, embankment, pavement body

Liste des abréviations :

- **RN** : route nationale
- **PK** : Point kilométrique
- **RHm** : rayon horizontal minimal absolu
- **RHn** : rayon horizontal normal
- **Rhd** : rayon au devers minimal
- **Rhnd** : rayon minimal non-déversé
- **Rh** : rayon hydraulique
- **Ø** : pour les diamètres
- **VB** : vitesse de base
- **BV** : bassin versant
- **OA** : ouvrage d'art
- **A.N.R.H** : agence nationale des ressources hydraulique
- **Bb** : béton bitumineux
- **Gb** : Grave bitume
- **Gnt** : Grave non-traitée
- **ICTAAL** : instruction sur les conditions technique d'aménagement des autoroutes de liaisons
- **TJMA** : Trafic journalier moyen annuel
- **TPC** : Terre-plein central
- **Teffectif** : Trafic effectif
- **BAU** : Bande d'arrêt d'urgence
- **BDG** : Bande dérasé de gauche

Liste des figures

Figure II.1 : Tracé de la 3eme rocade d'Alger 2
Figure II.2 : Tracé de notre projet 3
Figure II.3 : Le long du projet qui va du PK80+000 au 90+000 4
Figure II.4 : La zone 3 5
Figure II.5 La zone 3 5
Figure II.6 : La zone 4 6
Figure II.7 : La zone hydrologique de notre projet. 7
Figure II.8 : La zone sismique 8
Figure V.1 : Eléments constitutifs d'un tracé en plan 18
Figure V.2 : Géométrie de la clothoïde 20
Figure VI.1 : Schéma d'une parabole. 25
Figure VII.1 : Diffèrent types de profil en travers 28
Figure VII.2 : Eléments constructifs du profil en travers. 30
Figure VIII.1 : Carte Géologique de la Région d'Alger 33
Figure VIII.2 : Abaque de classification GTR 42
Figure VIII.3 : Abaque de Casagrande 45
Figure IX.1 : Démarche du catalogue 47
Figure IX.2 : La carte climatique de l'Algérie 50
Figure IX.3 : La température équivalente 50
Figure IX.4 : Types de structures 52
Figure IX.5 : Classe de trafic poids lourd 52
Figure IX.6 : Epaisseur de matériau de couche de forme 53
Figure IX.7 : structures proposées par le fascicule 3. 54
Figure IX.8 : Vérification de la structure 01 57
Figure IX.9 : Vérification de la structure 02 58
Figure X.1 : Bassins versants délimité par le logiciel Global Mapper 65
Figure X.2 : dalot. 70
Figure X.3 : la géométrie du fossé 75
Figure XI.1 : Analyse de stabilité de déblai à long terme 77
Figure XI.2 : Analyse de stabilité de déblai à condition sismique 77
Figure XI.3 : Analyse de stabilité remblai à long terme 79
Figure XI.4 : Analyse de stabilité remblai à condition sismique 79
Figure XIII.1 : Echangeur autoroutier en trèfle complet 85
Figure XIII.2 : Echangeur autoroutier en demi-trèfle 85
Figure XIII.3 : Echangeur en trompette 86
Figure XIII.4 : Echangeur en losange 86
Figure XIII.5 : Bretelles de base 87
Figure XIII.6 : Dispositif d'entrée de l'autoroute 89
Figure XIII.7 : Dispositif de sortie de l'autoroute 89
Figure XIII.8 : Longueurs de décélération/d'accélération en palier L0 en fonction du rayon de la première/dernière courbe de la bretelle. 90
Figure XIII.9 : vue en plan de l'échangeur 92
Figure XV.1 : Schéma de ligne transversal 97
Figure XV.2 : flèche de rabattement. 98
Figure XV.3 : Flèches de sélection directionnelle. 98
Figure XV.4 : paramètre d'implantation des luminaires 101

Liste des tableaux

Tableau IV-1 : Coefficient d'équivalence « P 12
Tableau IV-2 : Valeur de K1 13
Tableau IV-3 : Valeurs de coefficient K2. 13
Tableau IV-4 : Valeurs de la capacité théorique 13
Tableau V-1 : Valeurs minimales des rayons du tracé en plan d'après (ICTAAL) 19
Tableau V-2 : Les données de l'axe à calculer 21
Tableau VI-1 : Valeurs limites des paramètres du profil en long 24
Tableau VII-1 : Profil en travers type du notre projet. 31
Tableau VIII-1 : Les normes des investigations in situ 34
Tableau VIII-2 : les normes des investigations au laboratoire 36
Tableau VIII-3 : les résultats des puits de reconnaissance 37
Tableau VIII-4 : les résultats des sondages carottés 38
Tableau VIII-5 : Les sondages pressiométriques 39
Tableau VIII-6 : Les résultats des analyses de laboratoire des échantillons des puits de reconnaissance 40
Tableau VIII-7 : Les résultats des analyses de laboratoire des échantillons des Sondages carottés 40
Tableau VIII-8 : Résultats de classification GTR 43
Tableau VIII-9 : Conditions d'utilisation des matériaux en remblai 43
Tableau IX-1 : Les zones climatiques pluviométries 51
Tableau IX-2 : Réseaux principaux 51
Tableau IX-3 : Les classes de sol-supports 53
Tableau IX-4 : les structures proposées 54
Tableau IX-5 : Caractéristique de la structure proposée 57
Tableau IX-6 : récapitulatif de la structure 01 58
Tableau IX-7 : récapitulatif de la structure 02 58
Tableau IX-8 : Structures Proposées par Méthode CBR et méthode du catalogue des chaussées neuves. 59
Tableau X-1 : Valeurs du coefficient (C2) par rapport à la nature du sol 63
Tableau X-2 : Valeurs du coefficient (C3) relative à la couverture du sol 63
Tableau X-3 : valeurs des coefficients de Strickler 64
Tableau X-4 : caractéristique de station pluviométrique du projet 65
Tableau X-5 : Valeurs du paramètre de Montana « a » 65
Tableau X-6 : Caractéristiques des bassins versants 66
Tableau X-7 : Débits max des bassins versants pour les périodes de retour 67
Tableau X-8 : Dimensions des dalots 71
Tableau X-9 : Valeurs du coefficient de ruissellement en fonction du type de la chaussée. 72
Tableau X-10 : Tableau récapitulatif des résultats des débits des SBV 74
Tableau XI-1 : Interprétation des résultats de déblais 78
Tableau XI-2 : Interprétation des résultats de Remblai 80
Tableau XII-1 : Ouvrages de franchissement de notre tronçon 81
Tableau XIII-1 : Bretelles de base 86
Tableau XIII-2 : Les valeurs limites des paramètres du profil en long 88
Tableau XIII-3 : Paramètres du profil en travers d'une bretelle 88
Tableau XIII-4 : Principales distances de visibilité 91
Tableau XV-1 : Caractéristiques des lignes 96

Tableau XV-2 : Les modulations des lignes discontinues 97
Tableau XV-3 : les différents types de panneaux de signalisation verticale.....100

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE……...1

CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET 2

I.1 Introduction 2

I.2 Descriptions du projet 2

I.3 Descriptions de notre tracé 3

I.4 Encadrements géologiques 4

I.5 Hydrologie de la zone d'étude 7

I.5.1 Hydrologie 7

I.5.2 Précipitations 7

I.5.3 Climat 7

I.5.4 Sismicité 8

CHAPITRE II : DONNEES DE BASE 9

II.1 Introduction 9

II.2 Objet de l'ICTAAL et domaine d'application 9

II.3 Conception générale 9

II.4 Choix de catégorie de la route 9

II.5 La vitesse de base 10

II.6 Visibilité 10

II.7 Normes géométriques 10

CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC 11

III.1 Introduction 11

III.2 Différents types de trafic 11

III.3 Analyse du trafic 11

III.4 Calcul de la capacité de trafic 12

III.4.1 Définition de la capacité 12

III.4.2 Projection future du trafic 12

III.4.3 Calcul de trafic effectif 12

III.4.4 Débit de pointe horaire normal 13

III.4.5 Débit horaire admissible 13

La formule qui donne le Débit Horaire Admissible 13

III.4.6 Détermination du nombre de voies 14

III.5 Application au projet 14

CHAPITRE IV : TRACE EN PLAN 17

IV.1 Introduction 17

IV.2 Règles à respecter pour tracé en plan 17
IV.3 Les éléments du tracé en plan.....17
IV.3.1 Alignements droits.....18
IV.3.2 Arcs de cercle.....18
IV.4 Rayon minimal Rm 19
IV.5 Rayon minimal non déversé Rhnd 19
IV.6 Raccordements progressifs.....19
IV.6.1 Eléments de la clothoïde.....20
IV.7 Application au projet.....21
CHAPITRE V : PROFIL EN LONG 23
V.1 Introduction.....23
V.2 Règles de conception du profil en long 23
V.3 Valeurs limites.....23
V.4 Déclivité.....24
V.4.1 Déclivité minimale.....24
V.4.2 Déclivité maximale 24
V.5 Raccordement en profil en long.....24
V.5.1 Raccordements convexes (angle saillant) 25
V.5.2 Raccordement concaves (angle rentrant) 25
V.6 Exemple de Calcul de profil en long (cas d'un rayon concave) 25
V.7 Coordination du tracé en plan et du profil en long 27
CHAPITRE VI : PROFIL EN TRAVERS 28
VI.1 Introduction 28
VI.2 Les type du profil en travers.....28
VI.2.1 Le profil en travers type.....28
VI.2.2 Le profil en travers courant.....28
VI.2.3 Les éléments du profil en travers.....28
VI.3 Dévers en alignement et en courbe non déversée.....30
VI.3.1 Dévers en courbe déversée 30
VI.4 Application au projet:.....31
CHAPITRE VII : ETUDE GEOTECHNIQUE 33
VII.1 Introduction.....33
VII.2 Objectifs de la géotechnique routière.....33
VII.3 La géologie du projet 33
VII.4 Normes et programmes des essais géotechniques.....34

VII.5 Normes des investigations in situ....34
VII.5.1 Aperçu sur les normes des investigations in situ....34
VII.6 Normes des essais de laboratoire....34
VII.6.1 Aperçu sur les normes des investigations au laboratoire....35
VII.7 Résultats des investigations géotechniques....37
VII.7.1 Aperçu sur les résultats des puits de reconnaissance....37
VII.7.2 Aperçu sur les résultats des sondages carottés....38
VII.7.3 Aperçu sur l'ensemble des sondages pressiométriques....39
VII.8 Résultats des essais de laboratoire....39
VII.8.1 Les résultats des essais physiques....39
VII.8.2 Les résultats des analyses de laboratoire des échantillons des puits de reconnaissance 40
VII.8.3 Les résultats des analyses de laboratoire des échantillons des sondages carottés....40
VII.9 Classification des sols....42
VII.9.1 Classification LCPC....45
CHAPITRE VIII : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE....46
VIII.1 Introduction....46
VIII.2 Méthodes de dimensionnement....46
VIII.2.1 La méthode de C.B.R améliorée (California-Bearing-Ratio)....46
VIII.2.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :....47
VIII.3 Application au projet....48
VIII.4 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :....50
VIII.4.1 Les données climatiques....50
VIII.5 Détermination du corps de chaussée....51
VIII.5.1 Type de réseau principal....51
VIII.5.2 Détermination de la classe de trafic TPLi....52
VIII.5.3 Choix de type de structure....53
VIII.6 Vérifications des structures de chaussée et la déformation du sol support....54
VIII.7 Résultats de la modélisation du corps de chaussée avec Alizé III....57
VIII.8 Conclusion....59
CHAPITRE IX : ASSAINISSEMENT....60
IX.1 Introduction....60
IX.2 Objectifs de l'assainissement....60
IX.3 Dimensionnement du réseau d'assainissement....60
IX.3.1 Le débit d'apport....61
IX.3.2 La période de retour....61

IX.3.3 Temps de concentration 61
IX.3.4 Coefficient de ruissellement 62
IX.3.5 Intensité de pluie I(t) 63
IX.4 Etude hydrologique 64
IX.4.1 Donnes climatiques 65
IX.4.2 Délimitations des bassins versants 65
IX.5 Caractéristiques physiques des bassins versants 66
IX.6 Système de drainage transversal 68
IX.6.1 Dimensionnement des buses 68
IX.6.2 Dimensionnement des dalots 70
IX.7 Système de drainage longitudinal 71
IX.7.1 Dimensionnement des fossés 71
IX.7.2 Estimation des débits d'apport 71
CHAPITRE X : STABILITE DES TALUS ET DES CUBATURES 76
X.1 Introduction 76
X.2 Les méthodes de calcul 76
X.3 La méthode de la moyenne des aires 76
X.4 Application aux déblais-remblais de sur projet 77
X.4.1 Caractéristiques du déblai 77
X.4.2 Caractéristiques du remblai 78
X.5 CUBATURES 80
X.6 Résultats de notre projet 80
CHAPITRE XI : OUVRAGES D'ART 81
XI.1 Introduction 81
XI.2 Présentation d'ouvrage 81
XI.3 Choix du type d'ouvrage 81
XI.4 Variantes proposées pour notre tracé 82
XI.4.1 Variante 1 : pont à poutre en BA 82
XI.4.2 Variante 2 : Les Ponts mixte 82
XI.4.3 Variante 3 : pont-dalle en béton armé 83
CHAPITRE XII : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR 84
XII.1 Introduction 84
XII.2 Définition de l'échangeur 84
XII.3 Rôle de l'échangeur 84
XII.4 Constitution des échangeurs 84

XII.5 Les différents types d'échangeurs 85
XII.6 Choix du type d'échangeur 86
XII.7 Les caractéristiques géométriques de brettelle 87
XII.7.1 Tracé en plan d'une bretelle 87
XII.7.2 Profil en long d'une bretelle 88
XII.7.3 Profil en travers d'une bretelle 88
XII.7.4 Pente transversale d'une bretelle 88
XII.7.5 Raccordement avec l'autoroute 89
XII.7.6 Visibilité 90
XII.8 Application au projet 92
CHAPITRE XIII : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT 93
XIII.1 Introduction 93
XIII.2 Cadre juridique 93
XIII.3 Objectifs d'une étude d'impact sur l'environnement 93
XIII.4 Étude d'impact sur l'environnement 93
XIII.4.1 Impact sur la nature 93
XIII.4.2 Impact sur le cadre humain 94
XIII.4.3 Impact sur le Paysage 94
XIII.5 Conclusion : 95
CHAPITRE XIV : SIGNALISATION 96
XIV.1 Introduction 96
XIV.2 Signalisation horizontal 96
XIV.2.1 Catégories de marques de chaussée 96
XIV.3 Signalisation Verticale 98
XIV.3.1 Signaux de danger 98
XIV.3.2 Signalisation de direction 99
XIV.3.3 Signaux à simple indication 99
XIV.3.4 Signaux comportant une prescription absolue 99
XIV.4 Eclairage: 101
XIV.4.1 Introduction: 101
XIV.4.2 Catégorie d'éclairage : 101
XIV.4.3 Paramètre d'implantation de luminaire 101
CHAPITRE XV : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF 102
CONCLUSION GENERALE……...105

Introduction générale

Le secteur des travaux publics connaît une évolution constante marquée par des exigences croissantes tant au niveau national qu'international plus en plus pressantes menant à un développement accéléré. Pour prospérer en tant que promoteur, propriétaire ou exploitant, il est essentiel de s'adapter à ces nouvelles réalités.

C'est dans ce contexte que l'École Nationale Supérieure des Travaux Publics intègre dans son programme de formation des projets de fin d'études à la cinquième année conduisant à l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'État en travaux publics.

Les concepteurs routiers, pour garantir un fonctionnement optimal, ont élaboré une législation réglementaire accompagnée de guides et d'outils informatiques. Ces outils permettent une maîtrise détaillée et précise des projets. L'objectif principal de ce projet de fin d'études est de mettre en pratique les connaissances théoriques acquises tout au long de notre formation sur l'école et sur les stages pratiques et les visites chantiers.

Notre projet porte sur l'étude APD d'une section autoroutière de la troisième rocade d'Alger en collaboration avec l'établissement ADA et se décline en plusieurs chapitres :

- Les types de renforcement des chaussées
- Présentation du projet
- Données de base
- Étude de trafic
- Tracé en plan
- Profil en long
- Profil en travers
- Étude géotechnique
- Dimensionnement de la structure de chaussée
- Assainissement
- Cubatures et stabilité des talus
- Ouvrages d'art
- Conception de l'échangeur
- Étude d'impact sur l'environnement
- Étude de signalisation

La réalisation de ces différentes étapes nous permettra de concrétiser les concepts appris et de contribuer efficacement au domaine des travaux publics.

Enfin, une conclusion générale viendra synthétiser les résultats obtenus et les leçons tirées de cette expérience.

CHAPITRE I

PRESENTATION DU PROJET

I.1 Introduction :

Alger, la capitale de l'Algérie, est une métropole en constante expansion démographique et économique. Cette croissance rapide entraîne une augmentation significative du trafic routier, posant des défis majeurs en matière de mobilité urbaine et de fluidité du transport. Pour répondre à ces enjeux, le gouvernement algérien a entrepris plusieurs projets d'infrastructure visant à améliorer le réseau routier de la ville. Parmi ces initiatives figure la construction de la troisième rocade d'Alger.

La troisième rocade d'Alger est un projet ambitieux et stratégique destiné à désengorger le trafic des rocades existantes et à améliorer la connectivité entre les différentes régions de la capitale. Ce projet vise à offrir une alternative efficace aux axes routiers actuels souvent saturés, en facilitant le déplacement des personnes et des marchandises, et en réduisant les temps de trajet.

I.2 Descriptions du projet :

Le projet de la 3e Rocade d'Alger consiste à établir un lien autoroutier entre Nador, dans la wilaya de Tipaza, et Bordj Menaïel, dans la wilaya de Boumerdes, suivant un parcours qui s'étire sur un peu plus de 150 km et qui l'amène à traverser aussi le territoire de la wilaya de Blida.

A l'issu des études menées en phase d'APS et d'APD pour la 3ème Rocade d'Alger, un tracé optimal de 159.170 km de longueur et de direction globale Ouest-Est reliant Tipaza à Tizi-Ouzou, a été recommandé.

Le tracé de la 3ème Rocade d'Alger prend son origine de Sidi Rached (Tipaza) allant jusqu'à l'Est de la ville de Draa Ben Khedda à (Tizi Ouzou). Il parcourt la zone tellienne et traverse la Wilaya de Tipaza, la Wilaya de Blida, la Wilaya de Boumerdes et aboutit à la Wilaya de Tizi-Ouzou.

En accord avec le schéma directeur routier, l'objectif de la réalisation de la 3e Rocade d'Alger est de soulager la région algéroise de la circulation de transit empruntant actuellement la Rocade sud d'Alger, nommée Première Rocade, et la 2eme Rocade.



Figure I.1 : Tracé de la 3eme rocade d'Alger

I.3 Descriptions de notre tracé :

Le tracé du tronçon de notre projet, se trouve dans la section centrale de la troisième rocade autoroutière d'Alger. Le point de début de tronçon est situé à 5.7 km vers l'Ouest de l'échangeur sur la CW48 (Sud-Ouest de la ville de KHEMIS EL KHECHNA), et le point de la fin du projet au l'intersection avec la deuxième rocade autoroutière d'Alger en traversant une zone dans sa moitié montagneuse jusqu'à l'intersection avec le CW 48 au niveau de l'échangeur au PK 85+700. Le tronçon est localisé du PK 80+000 au PK 90+000 sur un linéaire de 10 km.

Du PK 80+000 au PK 85+000 : Zone montagneuse vallonnée ou se trouve beaucoup d'écoulement naturelles et deux oueds (oued Bou Harrou et oued Bou Farrou) et intersection avec une conduite de gaz avec et des pistes Afin de se déplacer à travers les terres agricoles.

Du PK 85+000 au PK 86+000 : Cette zone se caractérise par des habitations ou se trouve beaucoup de bâtiments autour de l'échangeur qui relie la ville de KHEMIS EL KHECHNA avec la rocade autoroutière.

Du PK 86+000 jusqu'à PK90+000 : Zone à majorité des terres agricoles ou existe beaucoup des contraintes qui sont :

* Franchissement de Oued el Hamiz au PK86+925.

* Franchissement deux conduites ONID d'irrigation et une conduite de gaz qui nécessite une protection.

* Franchissement la RN 29 (KHEMIS ET KHECHNA vers L'ARBATACHE) au

PK87+875 et l'autoroute Est Ouest au PK88+175.

* Existence de quelques habituations autour de de PK89+100 et la fin du tracé (le point de l'intersection avec la deuxième rocade)

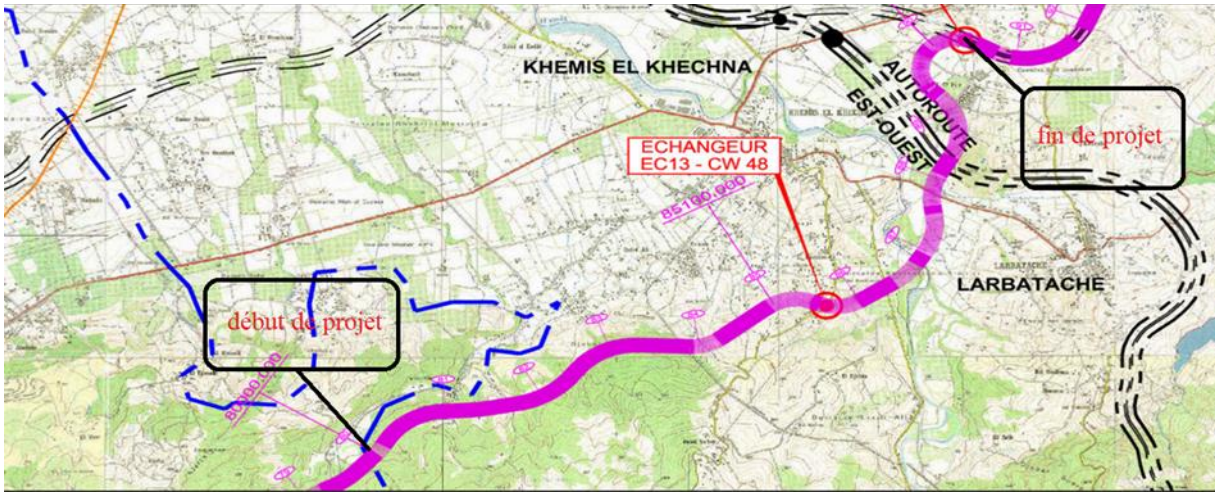


Figure I.2 : Tracé de notre projet

Sur la CW, il est projeté un échangeur dont la configuration a pris en charge tous les flux entrant et sortant de la section autoroutière.

I.4 Encadrements géologiques :

D'après les données recueillies par Algérienne Des Autoroutes (ADA) et reçues de ce dernier, un aperçue géologique est présenté, résultat de l'analyse et du traitement des informations géologiques relevés sur terrain et de la bibliographie disponibles ce travail est établi en vue d'élaborer la carte géologique détaillée et les profils en long géologique le long du projet qui va du PK0+000 au PK159+170 de la 3ème Rocade d'Alger.

Ainsi, nous rencontrons le long de notre parcours de Sidi Rached jusqu'à Draa Benkhedda les formations géologiques suivantes :

1. (PK68+000 au PK85+000) Mont Sud de Meftah

2. (PK85+000 au PK 102+000) Khemis El Khechena - Ben Marzouga



Figure I.3 : Le long du projet qui va du PK80+000 au 90+000

D'après le paragraphe mentionné au-dessus, notre projet est compris entre la troisième et la quatrième zone géologique comme suite :

Zone 3 : Le Mont Sud de Meftah :

Désignée par Z3, franchit les monticules du sud de la ville de Meftah dans la région de Djebabra, du Nord de la ville de Larbaa (PK68) au Sud de la ville de Khemis Khechena (PK85)

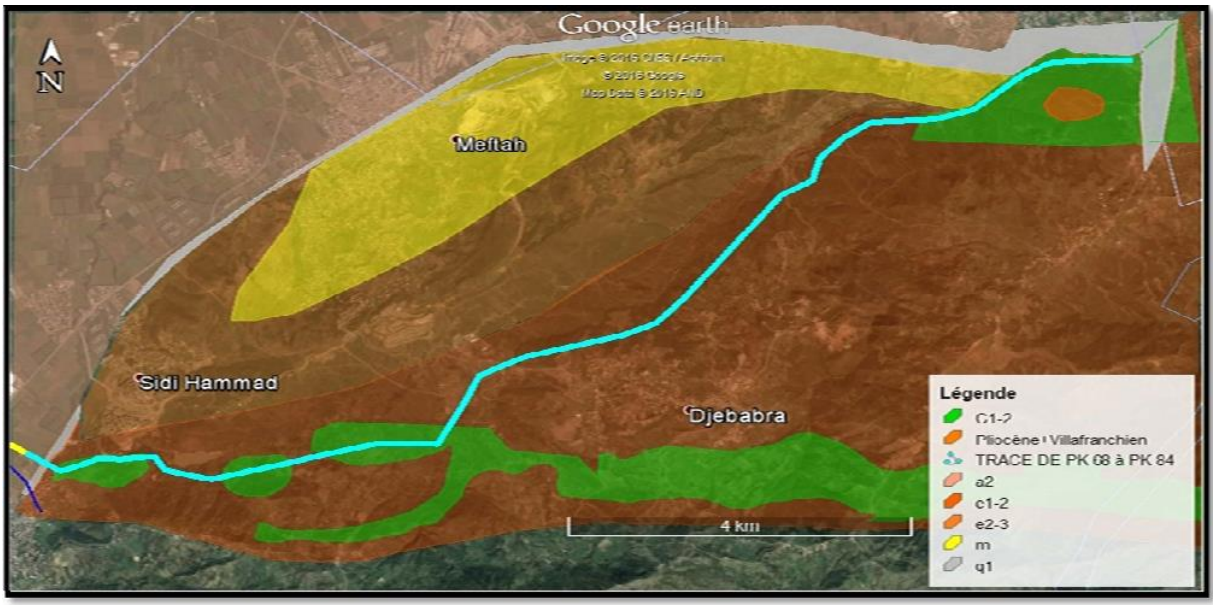


Figure I.4 : La zone 3

Le tronçon de la Z3 serpente les monts sud de la ville de Meftah dans une direction NE –SW et Il passe de la Wilaya de Blida à la wilaya de Boumerdès au PK80.

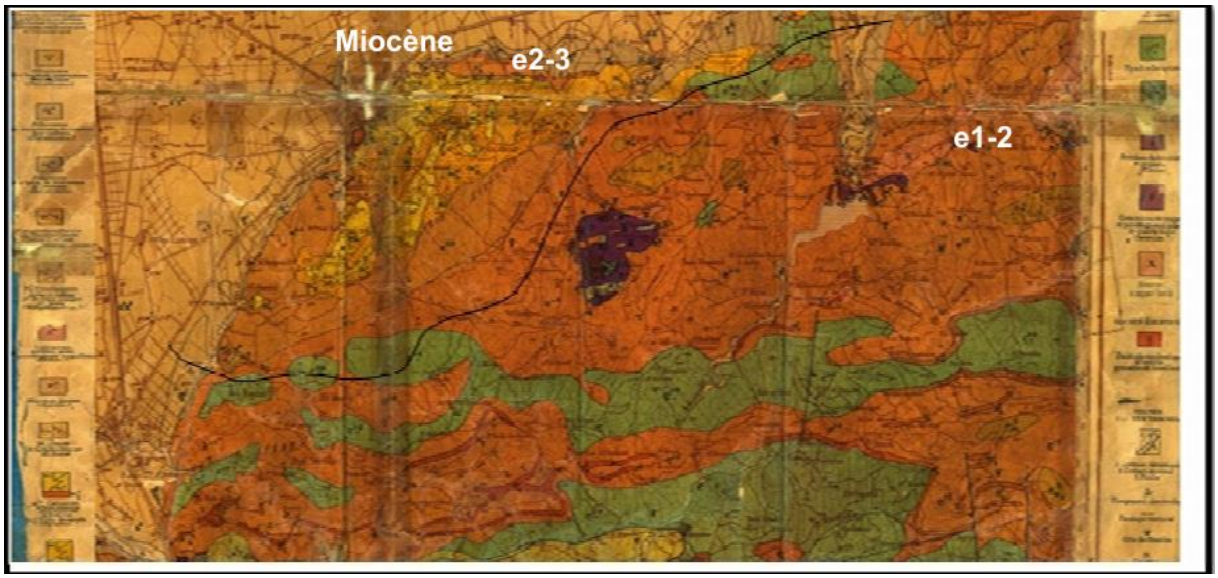


Figure I.5 La zone 3

Sur le plan lithologique, le tracé traverse le long de cette zone principalement la nappe des flysch maurétanien constitué par les unités inférieures de Guerrouch (C1-2) d'âge Tithonique-néocomien-Barrémo-aptien-albien, et l'unité supérieur de Djebel Zima Senono éocène (e1-2), appelé flysch à petites nummulites. Dans le secteur d'étude, le flysch mauritanien est composé essentiellement des grès carbonatés en gros bancs alternant avec des argiles à pélites, verdâtres (C1-2). Le flysch à petites nummulites ou Sénono-Eocène de Zima (e1-2) est composé d'une alternance de grès à ciment calcaire

micacé, de brèches à éléments carbonatés et d'argilites parfois schisteuses. Le sol de cette zone est composé essentiellement de dépôts de pentes (colluvions) à matrice argileuse.

La couverture végétale est peu dense vu le caractère massif des roches détritique.

Zone 4 : Khemis El Khechena-Ben Marzouga :

La quatrième zone désignée par Z4 regroupe la plaine de Khemis El Khechena et les reliefs sud de Ben Marzouga. Elle s'étend du Sud de la ville de Khemis Khechena (PK84) jusqu'au niveau de la terminaison des reliefs du Sud Ben Marzouga.

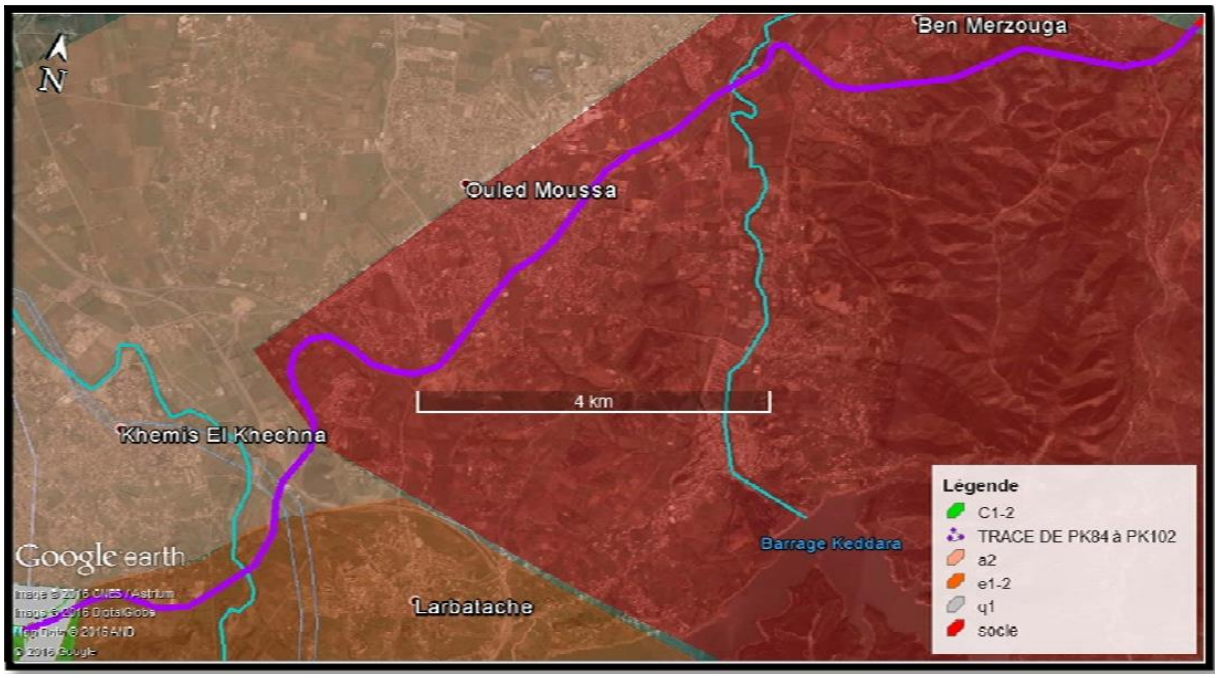


Figure I.6 : La zone 4

Sur le plan structural, la plaine est sculptée par l'Oued El Hamiz qui marque une limite naturelle entre les reliefs des flyschs au Sud-Ouest, et les reliefs du Socle Kabyle au Nord-Est, faisant partie de la Mitidja Orientale. La plaine d'inondation de Oued El Hamiz draine le massif schisto-gneissique de Bouzegza qui la borde du côté Sud.

Sur le plan lithologique, le tronçon marque la transition entre les flyschs maurétanien, et le Néogène (Miocène) et Quaternaire de la Mitidja orientale. Les flyschs maurétanien se manifestent essentiellement avec des facies, gréso – pélitiques et argilitiques.

Dans la Mitidja orientale les petits reliefs situés à la rive droite de l'Oued El Hamiz sont occupés par des schistes micacés noirs et des argiles schisteuses feuilletées de couleur marron à verdâtre du Miocène post–nappe.

Le reste de la plaine est formée de terrasses du Quaternaire ancien et d'alluvions limoneuses actuelles. Ce tronçon est intercepté par deux rivières importantes du Nord d'Alger, qui sont Oued El Hamiz au niveau du GOH 7, et Oued Boudouaou qui alimente le barrage de Keddara au Sud du tracé.

I.5 Hydrologie de la zone d'étude :

La section de la troisième rocade d'Alger entre PK80 et PK90 traverse une région variée en termes d'hydrologie, de précipitations et de climat. Voici une description détaillée de ces aspects pour cette zone spécifique :

I.5.1 Hydrologie

La troisième rocade d'Alger, entre PK80 et PK90, traverse des zones hydrologiques importantes, comprenant des cours d'eau comme l'Oued El Hamiz, qui joue un rôle clé dans le drainage et la gestion des inondations. Des systèmes de drainage et des bassins de rétention ont été construits pour gérer les eaux de ruissellement et protéger les infrastructures. La région repose également sur des nappes phréatiques, essentielles pour l'eau potable et l'irrigation, nécessitant une gestion prudente pour éviter la surexploitation et garantir la durabilité des ressources en eau.

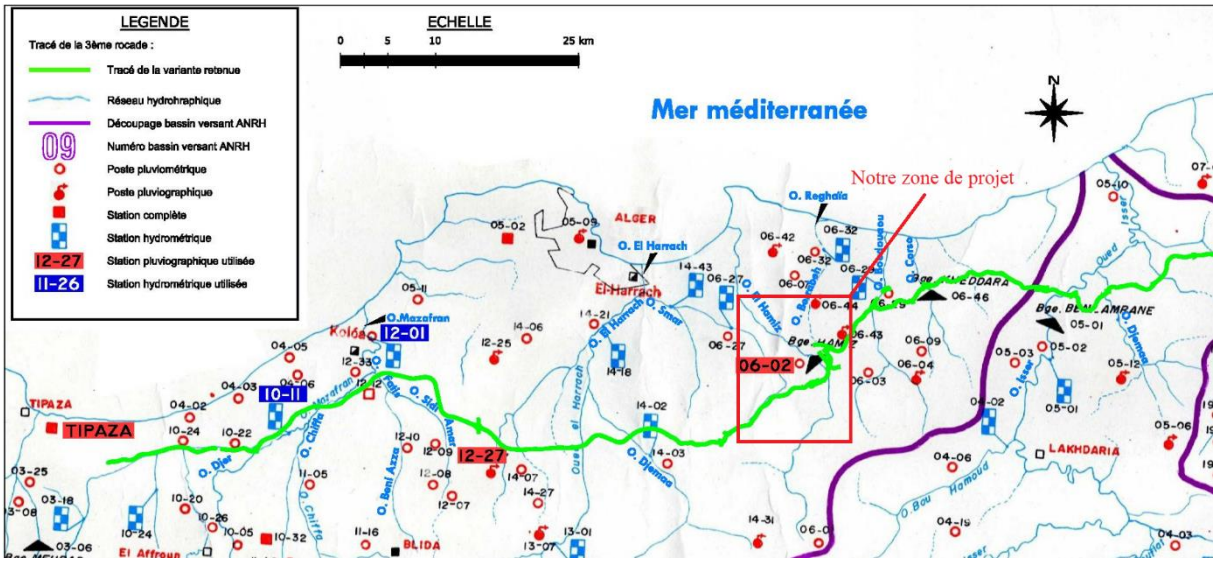


Figure I.7 : La zone hydrologique de notre projet

I.5.2 Précipitations

La région entre PK80 et PK90 sur la troisième rocade d'Alger a un climat méditerranéen avec des précipitations annuelles moyennes de 600 à 800 mm, principalement en hiver (novembre à mars). La saison pluvieuse, avec des pluies modérées à fortes, culmine en décembre et janvier. Les étés (juin à septembre) sont secs, augmentant le risque de sécheresse et nécessitant une gestion prudente de l'eau.

I.5.3 Climat

Le climat méditerranéen de la région se caractérise par des étés chauds et secs avec des températures souvent au-dessus de 30 °C, et des hivers doux et humides avec des températures entre 10 °C et 20 °C.

En été, les températures diurnes sont de 30-35 °C et nocturnes de 20-25 °C, tandis qu'en hiver, elles varient de 10-20 °C le jour et de 5-10 °C la nuit.

En conclusion, la région entre PK80 et PK90 est marquée par une hydrologie diversifiée, des précipitations saisonnières et un climat méditerranéen typique. La gestion efficace des ressources en eau et l'adaptation aux variations climatiques sont cruciales pour le développement durable de cette zone.

I.5.4 Sismicité :

Le couloir retenu se trouve dans une zone d'activité sismique élevée comme l'a montré le séisme du 21 mai 2003 de Boumerdes, où une magnitude de 6,8 a été enregistrée sur l'échelle de Richter.

La région d'étude et l'ensemble des wilayas de Tipaza, Blida, Boumerdes, et Tizi Ouzou sont classées dans la zone sismique II b et III (sismicité élevée à sismicité très élevée).

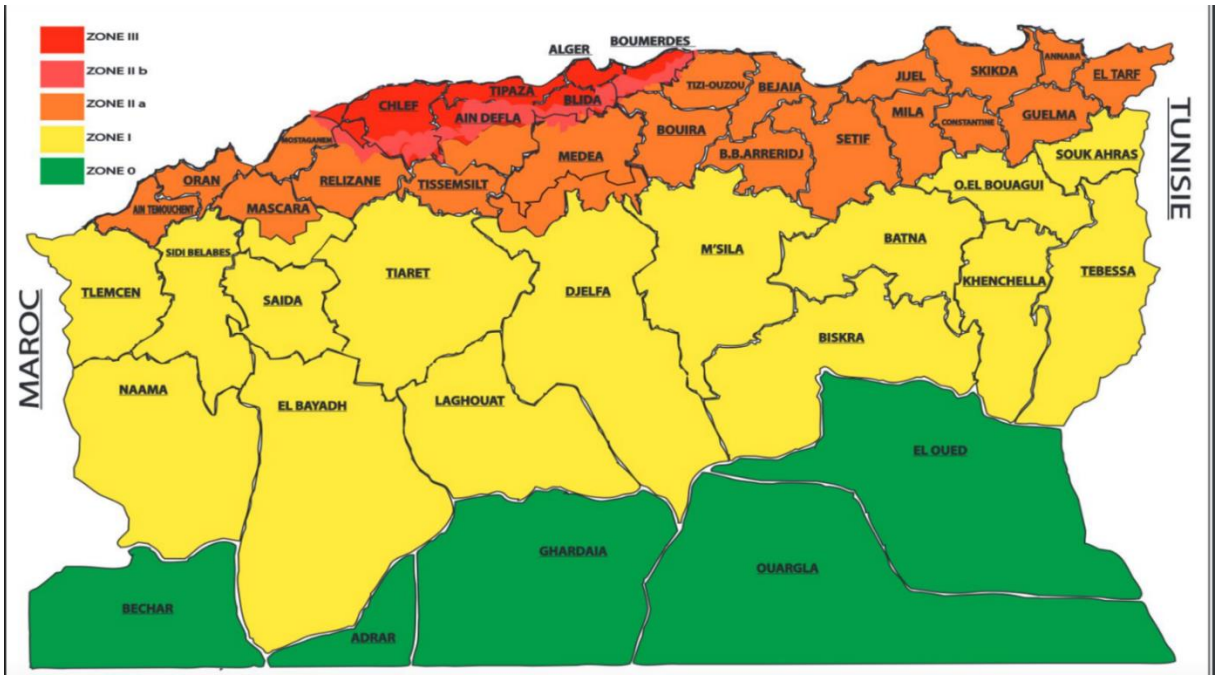


Figure I.8 : La zone sismique

CHAPITRE II

DONNÉES DE BASE

II.1 Introduction

Pour la conception géométrique nous avons utilisé les normes de l'ICTAAL 2000 (Instructions sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison).

II.2 Objet de l'ICTAAL et domaine d'application :

L'ICTAAL traite de la conception des autoroutes interurbaines, qu'il s'agisse de la réalisation d'infrastructures nouvelles ou de l'aménagement du réseau existant. Dans cette instruction, le terme autoroute désigne une route à chaussées séparées comportant chacune au moins deux voies en section courante, isolée de son environnement et dont les carrefours sont dénivelés.

Elle ne s'applique pas :

* Aux autres types de routes principales - les routes express à une chaussée, les artères inter-urbaines et les "routes" - qui font l'objet du guide Aménagement des Routes Principales (A.R.P.).

* Aux routes à chaussées séparées comportant chacune une seule voie de circulation et des créneaux de dépassement, qui feront l'objet d'une instruction ultérieure.

* Aux autoroutes situées en milieu urbain, considérées comme des voies rapides urbaines, et relevant de l'Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines (I.C.T.A.V.R.U.), y compris lorsqu'elles assurent la continuité ou l'aboutissement d'une autoroute interurbaine. Il est toutefois recommande en milieu périurbain, lorsque le caractère urbain actuel ou futur de la voie est faible, d'appliquer les règles de l'ICTAAL.

II.3 Conception générale :

La première étape de la conception est le choix des caractéristiques générales : le type de route qui détermine l'instruction à appliquer, la catégorie de route qui conditionne les principales caractéristiques géométriques du tracé, le nombre de voies, le synoptique des échangeurs et des aires, et éventuellement la progressivité de l'aménagement.

Ces choix, dont certains peuvent avoir déjà été faits lors d'études antérieures, dépendent des objectifs que se fixe le maître d'ouvrage concernant la nature des fonctions et le niveau de service assignés à la voie. Ils requièrent une approche globale et se fondent sur des études préalables prenant en compte les contraintes environnementales, les aspects socio-économiques et les sujétions financières.

II.4 Choix de catégorie de la route :

Les autoroutes ou sections d'autoroute sont classées en deux catégories se distinguant par le niveau de leurs caractéristiques de tracé en plan et de profil en long.

On distingue :

• **la catégorie L1**, appropriée en région de plaine ou vallonnée où les contraintes de relief sont modérées. La vitesse maximale autorisée pour cette catégorie est de 130km/h.

•**la catégorie L2** mieux adaptée aux sites de relief plus difficile, compte tenu des impacts économiques et environnementaux qu'il implique. La vitesse maximale autorisée pour cette catégorie est de 110km/h.

II.5 La vitesse de base :

La vitesse de base de ce projet d'après le règlement ICTAAL est **110km/h** (**catégorie L2).**

II.6 Visibilité :

Les niveaux élevés de sécurité et de confort impliquent de bonnes conditions de visibilité permettant au conducteur d'anticiper les événements survenant sur l'autoroute.

II.7 Normes géométriques :

Les paramètres géométriques adoptés pour ce projet sont :

- Tracé en plan.
- Profil en long.
- Profil en travers.

CHAPITRE III

ETUDE DE TRAFIC

III.1 Introduction :

Il est primordial de réaliser une étude du trafic avant de commencer tout projet de construction ou d'aménagement d'infrastructures de transport. Elle offre la possibilité de choisir le type d'aménagement approprié et, au-delà, les caractéristiques à lui attribuer : du nombre de voies à l'épaisseur des différentes couches de matériaux qui composent la courbe.

Elle joue un rôle essentiel dans la compréhension des grandes circulations à travers un pays ou une région.

Grâce à cette étude, nous pouvons :

✓ évaluer la valeur économique des projets routiers.

✓ L'évaluation des dépenses liées à l'entretien.

✓ La définition des spécificités techniques des diverses partie de la route.

III.2 Différents types de trafic :

- **Trafic normal.**
- **Trafic dévié.**
- **Trafic induit.**
- **Trafic total.**

III.3 Analyse du trafic :

Il est essentiel d'effectuer des analyses de circulation sur les différentes voies du réseau routier afin de réaliser les plans d'aménagement ou de transformation de l'infrastructure, de déterminer les dimensions à donner aux routes et d'évaluer l'utilité des travaux envisagés.

Il existe de nombreux éléments de ces analyses, tels que :

-Statistiques générales.
-Comptages sur routes (manuels, automatiques).
-Enquêtes de circulation. (Origine, destination).

III.4 Calcul de la capacité de trafic :

III.4.1 Définition de la capacité :

La capacité d'une route correspond à la vitesse maximale des véhicules qui peuvent raisonnablement circuler en un point ou sur une section de route homogène (ou dans deux directions) avec ses propres caractéristiques géométriques et de circulation sur une période de temps déterminé.

III.4.2 Projection future du trafic :

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

$$TJMAh = TJMA0\ (1+\tau)^{n}$$

Avec :

- **TJMAh :** Le trafic à l'année horizon en **(v/jour).**
- **TJMA0 :** Le trafic à l'année de référence en **(v/jour).**
- **n :** nombre d'années.
- **τ :** taux d'accroissement du trafic en **(%).**

III.4.3 Calcul de trafic effectif :

La formule qui donne le trafic effectif est :

$$Teff = [(1-Z) + PxZ] \times TJMA_{horizon}$$

Avec :

- **Teff :** Trafic effectif à l'année horizon en **(uvp/jour).**
- **Z :** pourcentage du poids lourd.
- **P :** coefficient d'équivalence pour le poids lourd, il dépend de la nature de la route.

Le tableau permet de déterminer le coefficient d'équivalence « P » pour poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristiques de la route.

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

Tableau III-1 : Coefficient d'équivalence « P

III.4.4 Débit de pointe horaire normal :

Le débit de pointe horaire normal est donné par la formule :

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

Avec :

Q : débit de pointe horaire.

n : nombre d'heure, (en général n=8 heures), donc : **1**/n= **0**. **12**.

$\mathbf{T_{eff}}$: trafic effectif.

III.4.5 Débit horaire admissible :

La formule qui donne le Débit Horaire Admissible est :

$$Qadm = K1.\ K2.\ Cth$$

Avec :

K1, K2 : coefficients correcteurs.

$\mathbf{C_{th}}$ **:** capacité théorique

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.90 à 0,95

Tableau III-2 : Valeur de K1

	Catégorie de la route				
Environnement	1	2	3	4	5
E1 : facile	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E2 : moyen	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
E3 : difficile	0,91	0,95	0,97	0,98	0,98

Tableau III-3 : Valeurs de coefficient K2.

	Capacité théorique
Route à2 voies de 3.5 m	1500 à 2000 uvp/h
Route à 3 voies de 3.5 m	2400 à 3200 uvp/h
Route à chaussées séparées/voie	1500 à1800 uvp/h / voie

Tableau III-4 : Valeurs de la capacité théorique

III.4.6 Détermination du nombre de voies :

▪ Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

On fait la comparaison entre Q_{adm} et Q et on prend le profil permettant d'avoir : $Q_{adm} \geq Q$

▪ Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

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

$$N = S.Q/Q_{adm}$$

Avec :

Q : débit de pointe horaire.

$\mathbf{Q_{adm}}$ **:** débit admissible par voie.

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

III.5 Application au projet :

❖ Données sur le trafic :

Selon les résultats des Prévisions de trafic sur la nouvelle liaison autoroutière effectués par le Service spécialisé de L'ADA :

- **Le trafic à l'année 2016 :** TJMA 2016= 14570 v/j.
- **Le pourcentage de poids lourds** PL= 11.6 %
- **Année de mise en service :** 2026
- **Taux de croissance annuelle de trafic :** τ= 3.08%.
- **La durée de vie :** 20 ans.
- **Catégorie C1** (catégorie L2 suivant L'ICTAAL)
- **L'environnement E2**
- **La vitesse de base sur le tracé :** VB=110 km/h

❖ On a :

$TJMA_{2026}= 14570 \times (1 + 0.0308)^{10}$ **= 19733 v/j.**

$TJMA_{2026}$= 19733 v/j.

Le Trafic à l'année (2026) pour une durée de vie de 20 Ans est :

$TJMA_{2046} = 19733 \times (1 + 0.0308)^{20}$ **= 36198 v/j**

$TJMA_{2046}$ = 36198 v/j

❖ Calcul de trafic effectif :

P : coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourd. Pour une route à deux voies et un environnement E2, on a P=6.

Z : le pourcentage de poids lourds est égal à 11.6 %.

T_{eff} = [(1 – 0.116) + 6 × 0.116] × 36198 **= 57194uvp/h**

T_{eff} = 57194 uvp/h

❖ Débit de pointe horaire normale :

Q = 0.12 × 57194 uvp/h

Q = 6863 uvp/h

❖ Débit admissible :

Le débit que supporte une section donnée :

Q_{adm} = 0.95 × 0.85 × 1800

Q_{adm} = 1515 uvp/h

❖ Nombre de voies :

N = 2/ 3 × (6798/1515) = 3

N = 3 voies /sens

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

❖ Calcul de l'année de saturation de 2x3 voies :

On détermine la durée de vie avant saturation par la formule suivante :

On a :

$$Q_{saturation} = 6 \times Qa_{dm}$$

Donc :

$$Q_{saturation} = 6 \times 1515 = 9090 \text{ uvp/h /sens}$$

$$\boxed{Q_{saturation} = 9090 \text{ uvp/h /sens}}$$

D'autre part

Teff2026 = [(1-Z) + P×Z] ×TJMA2026, Z=11.6 %

Teff2026 = [(1-0.116) + 6×0.116] ×19733

$$\boxed{Teff2025 = 31178 \text{ uvp/j.}}$$

Q2025 = 0.12 × Teff2025 = 0.12 × 31178 = 3741 uvp/h.

Et on a

$Q_{saturation} = Q \times (1+\tau)^n$ Débit maximal que la route peut supporter.

D'où

n = ln (9090/3741) / ln (1+0.0308)

$$\boxed{n = 29 \text{ ans}}$$

Donc l'année de saturation sera égale à **2026+29 = 2055.**

CHAPITRE IV

TRACE EN PLAN

IV.1 Introduction :

La première étape de tout projet routier consiste à trouver ou la route doit être place dans le paysage et à l'adapter de manière optimale à la configuration du terrain.

Le tracé en plan représente la projection de la route sur une surface horizontale. Ce tracé est composé d'une série de courbes et des segments droits, parfois reliés par des courbes de transition appelées clothoïdes.

Il est défini par une vitesse de référence, appelée vitesse de base, qui guide la conception géométrique de la route. Le tracé met en évidence les longueurs des tronçons droits, des courbes et les rayons de courbure dans les virages.

Son objectif principal est d'assurer la sécurité et le confort des usagers tout en s'intégrant harmonieusement à topographie du terrain.

IV.2 Règles à respecter pour tracé en plan :

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

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

• Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.

• Eviter au maximum les propriétés privées.

• Le raccordement du nouveau tracé au réseau routier existant.

• Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques.

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

• Respecter la cote des plus hautes eaux.

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

• Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.

IV.3 Les éléments du tracé en plan :

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

- Droites (alignements)
- Arcs de cercle.
- Courbes de raccordement de courbure progressive (clothoïde).

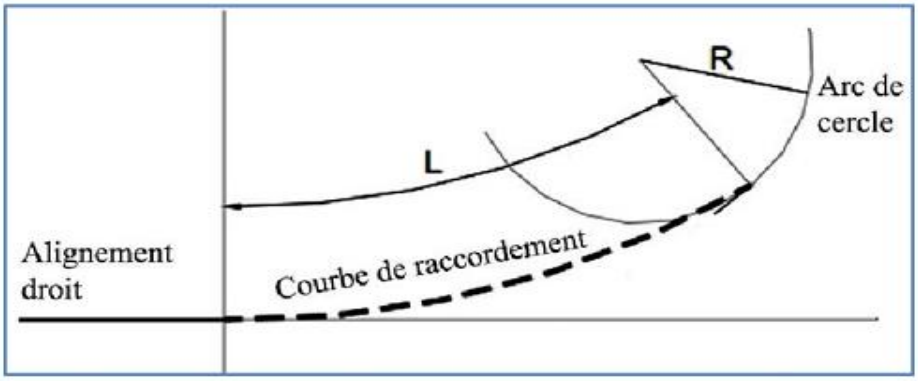


Figure IV.1 : Eléments constitutifs d'un tracé en plan

IV.3.1 Alignements droits :

La longueur des alignements dépends de :

- Du rayon de courbure de ces sinuosités.

- La vitesse de base, plus précisément de la durée du parcours rectiligne.

- Des sinuosités précédentes et suivantes à l'alignement.

IV.3.1.1 Valeurs des alignements :

La longueur minimum Lmin : il existe une longueur minimale d'alignement Lmin qui devra séparer deux courbes circulaires de même sens.

Lmin = 5 x VB/3.6, Avec VB : vitesse de base en Km/h.

La longueur maximum Lmax : La longueur maximale Lmax prise égale à la distance parcourue pendant 60 seconds.

Lmax= 60 x VB/3.6, Avec VB : vitesse de base en Km/h.

Dans ce projet :

Pour VB = 110 Km/h

Lmin = 153m ; Lmax = 1834m

IV.3.2 Arcs de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

- la stabilité des véhicules.

- la visibilité dans les tranchées en courbes.

- l'inscription des véhicules longs dans les courbes de faible rayon.

Les véhicules peuvent éprouver une instabilité due à la force centrifuge. Pour contrer cet effet, la chaussée est inclinée vers l'intérieur afin de réduire le risque de dérapage. Cette inclinaison, appelée

dévers, permet également d'augmenter le rayon de courbure. Toutefois, il est essentiel de déterminer avec précision les valeurs d'inclinaison pour garantir la sécurité. Ceci implique l'établissement d'un rayon minimal pour assurer des conditions de conduite optimales.

IV.4 Rayon minimal Rm :

Le rayon minimal au devers représente la limite ou les routes commencent à être inclinées vers l'intérieur dans les virages. A ce point, l'accélération centrifuge résiduelle, à une vitesse donnée Vr, équivaut à celle rencontrée par un véhicule roulant à la même vitesse sur une route droite.

Il ne faut jamais descendre au-dessous de cette valeur pour assurer la stabilité des véhicules.

IV.5 Rayon minimal non déversé Rhnd :

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toit et le dévers est négatif pour l'un des sens de circulation, le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non déversé (Rhnd).

Tableau IV-1 : Valeurs minimales des rayons du tracé en plan d'après (ICTAAL)

Catégorie	**Symbole**	**L2**
Rayon minimal	Rm (m)	400
Rayon minimal non déversé	Rnd (m)	650
Rayon minimal sans courbe de translation	1.5 Rnd	975

IV.6 Raccordements progressifs :

L'objectif du raccordement est d'introduire de manière progressive l'arc circulaire et son inclinaison, afin d'éviter des changements brusques dans l'équilibre du véhicule. Cela se traduit par une variation continue et progressive de la force centrifuge ressentie par l'utilisateur.

La clothoïde est la courbe de raccordement la plus couramment utilisée. Elle garantit une transition fluide, en particulier dans les zones où l'inclinaison varie, tout en assurant une introduction harmonieuse de l'inclinaison et de la courbure, conformément aux exigences de stabilité et de confort dynamique de la route.

On définit une par son paramètre A (A2= RL) ou par son rayon R (au point de tangence) et sa longueur L.

Les courbes de rayon inférieur à **1.5 Rnd** ne peuvent être raccordées avec des alignements progressivement. Pour assurer :

- le confort des passagers

- la stabilité transversale des véhicules.

- la transition de la chaussée.

IV.6.1 Eléments de la clothoïde :

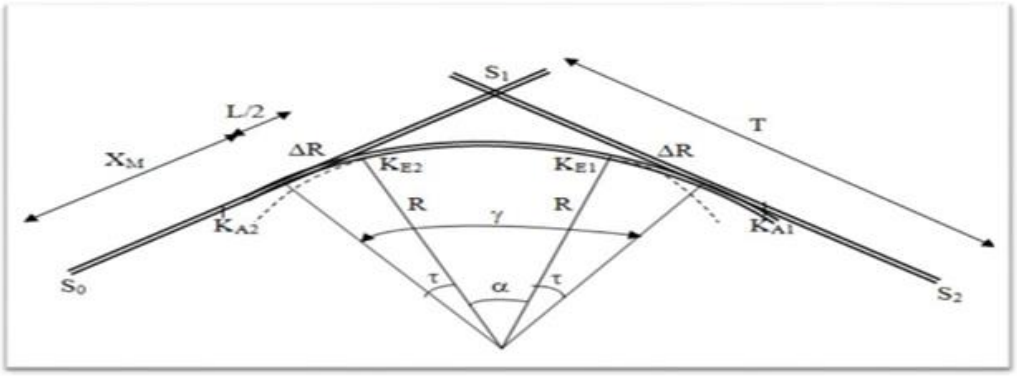


Figure IV.2 : Géométrie de la clothoïde

A : Paramètre de la clothoïde

M : Centre de cercle

R : Rayon de cercle

KA : Origine de la clothoïde

KE : Extrémité de la clothoïde

L : Longueur de la branche de la clothoïde

ΔR : Mesure se décalage entre l'élément droit de l'arc du cercle (le ripage)

Xm : Abscisse du centre du cercle

X : Abscisse de KE

τ : Angle des tangentes

Y : Origine de KE

TK : Tangente courte

TL : Tangente longue

SL: Corde (KA - KE)

σ : Angle polaire (angle de corde avec la tangente)

IV.7 Application au projet :

Pour illustrer notre travail de calcul d'axe, il nous semble qu'il est intéressant de détailler au moins un calcul d'une liaison de notre axe.

La liaison que l'on a choisie se situe à la fin de notre projet. Les coordonnées des sommets et le rayon utilisé sont comme suit :

Tableau IV-2 : Les données de l'axe à calculer

	X	Y
A	526174.652	4054600.109
B	526646.594	4053671.300
C	528152.219	4052674.855

R = 1000 m et VB = 110 km/h

Pour notre projet :

R = 1000 m > 1.5 Rnd = 975 m ⟹ d = -2.5, Donc le calcul se fait sans Clothoïde.

- **Calcul des Gisements :**

AB

$|\Delta X| = |XB - XA| =$ **471.942 m**

$|\Delta Y| = |YB - YA| =$ **928.809 m**

BC

$|\Delta X| = |XC - XB| =$ **1505.625 m**

$|\Delta Y| = |YC - YB| =$ **996.445 m**

D'où :

$G_A^B = \text{arctg} \left| \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|} \right| =$ **26.94 grades.**

$G_B^C = \text{arctg} \left| \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|} \right| =$ **56.50 grades.**

$AB = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} =$ **1041.83 m**

$BC = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} =$ **1805.49 m**

- **Calcul de l'angle γ :**

$\gamma = |\ G\overline{B}^{C} - G\overline{A}^{B}\ |$ = **29.56 grades.**

- **Calcul de Tangente T :**

T = R tan (γ / 2) **= 263.84 m**

- **Calcul des coordonnées des points de tangente :**

β = 11.5 gr

X_1 = X_B + Tsin (β) = **526699.594 m**

$Y_1 = Y_B + T\cos(\beta)$ = 4053929.843 **m**

θ = 11.05 gr

X_2 = X_B + Tsin (θ) = **526697.163 m**

$Y_2 = Y_B - T\sin(\beta)$ = 4053620.731 **m**

- **Calcul des coordonnées de centre :**

G_{1-C} = 300 – β **= 288.5**

X_3 = X_1 - R sin (G_{1-C}) = **527647.918 m**

$Y_3 = Y_1 + R \sin(G_{1-C})$ = **4052981.519 m**

Larc = π R (γ / 200) **= 464.327 m**

- **Calcul les coordonnées des points singuliers :**

$X_1 = X_B - T \sin(G\overline{A}^{B})$ **= 526527.059 m**

$Y_1 = Y_B - T \cos(G\overline{A}^{B})$ **= 4053436.092 m**

$X_2 = X_B + T \sin(G\overline{B}^{C})$ **= 526866.606 m**

$Y_2 = Y_B + T \cos(G\overline{B}^{C})$ **= 4053816.923 m**

Remarque : Les calculs d'axe sont faits à l'aide du logiciel COVADIS et sont joints dans l'ANNEXE

CHAPITRE V

PROFIL EN LONG

V.1 Introduction

Le profil en long d'une route est une coupe longitudinale fictive qui s'établit en ligne continue. Il représente donc le changement d'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne. Le profil long a pour objectif principal de garantir au conducteur une continuité dans l'espace de la route pour qu'il puisse anticiper l'évolution du tracé et bien voir les points singuliers.

Le profil en long est toujours composé d'éléments de lignes droites raccordés par des paraboles.

V.2 Règles de conception du profil en long :

Lors de la conception, il convient de prendre en compte les éléments suivants :

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.

- Rechercher un équilibre entre les volumes de déblais et de remblais afin de répondre aux exigences économiques et environnementales.

- Eviter une hauteur excessive en remblai.

- Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.

- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison des cercles et des arcs à courbures progressives de très grand rayon.

- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment.

- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

V.3 Valeurs limites :

Les paramètres de profil en long doivent respecter les valeurs limitées données dans le tableau selon L'ICTAAL.

Tableau V-1 : Valeurs limites des paramètres du profil en long

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

Pour notre projet on a catégorie **L2** donc la déclivité maximale = **6 %** et la déclivité minimale = **0.5 %** avec RV (saillant) = **6000m** et RV (entrant) = **3000m**

V.4 Déclivité :

La déclivité correspond à l'angle que représente le profil en long par rapport à l'horizontal. On l'appelle une rampe lorsque la route monte dans du kilométrage, et une pente dans le cas contraire.

V.4.1 Déclivité minimale :

Il n'est pas suffisant d'avoir une pente transversale suffisante pour évacuer les eaux de pluies. Il est nécessaire d'éviter les paliers (tronçons de route totalement horizontaux) afin que l'eau accumulée latéralement puisse être facilement évacuée longitudinalement par des fossés ou des canalisations avec une pente adéquate.

Déclivité minimum : $i_{min} = 0.5\%$

V.4.2 Déclivité maximale :

La déclivité maximale dépend de :

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

Déclivité maximum : $i_{max} = 6\%$

V.5 Raccordement en profil en long :

Il est nécessaire de relier en profil en long deux déclivités de sens opposé par une courbe. Le choix du rayon de connexion et de la courbe doit garantir le confort des utilisateurs et une visibilité satisfaisante. Et on distingue deux types de raccordements :

V.5.1 Raccordements convexes (angle saillant) :

Les raccordements paraboliques en angle saillant peuvent avoir des rayons minimums admissibles en se basant sur la position de l'œil humain, les obstacles et les distances d'arrêt et de visibilité.

Leur conception doit satisfaire à la condition :

Condition de confort :

Quand la courbure de raccordement du profil en long est élevée, les véhicules sont confrontés à une accélération verticale insupportable.

Condition de visibilité :

Une préoccupation primordiale pour évaluer le profil en long est d'obtenir une visibilité adéquate. Il est nécessaire que deux véhicules circulant en sens inverse puissent se voir à une distance au moins double de la distance d'arrêt.

Rayon minimal en angle saillant : 6000 m.

V.5.2 Raccordement concaves (angle rentrant) :

Les conditions de confort et de visibilité de jour ne sont pas importantes dans un raccordement concave, mais il existe un problème de visibilité de nuit pour les routes non éclairées.

Rayon minimal en angle rentrant : 3000 m

V.6 Exemple de Calcul de profil en long (cas d'un rayon concave)

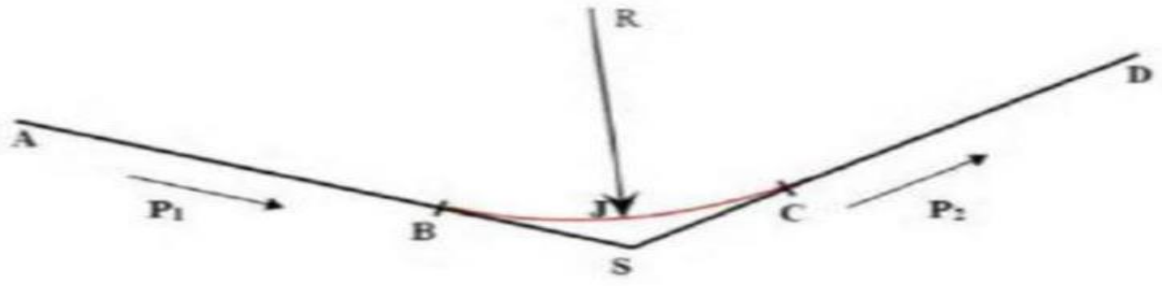


Figure V.1 : Schéma d'une parabole.

Sommets	X(m)	Z(m)
$S_A(x, z)$	312,62	156,17
$S_D(x, z)$	1939,3	189,57
$S_S(x, z)$	1079,55	146,95

Avec :

R = 10000m et VB = 110 Km/h

Calcul des déclivités :

$$P1 = \frac{Zs - ZA}{Xs - XA} = \frac{146{,}95 - 156{,}17}{1079{,}55 - 312{,}62} = \mathbf{-1{,}20\%}$$

$$P2 = \frac{Zs - ZD}{Xs - XD} = \frac{146{,}95 - 189{,}57}{1079{,}55 - 1939{,}3} = \mathbf{4{,}96\%}$$

Calcul des tangentes :

$$T = \frac{R}{2}|P1 \pm P2| = \frac{10000}{2}\left|\frac{-1{,}20}{100} + \frac{4{,}96}{100}\right| = \mathbf{188m}$$

Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$B \begin{cases} XB = Xs - T = 1079{,}55 - 188 = 891{,}55 \\ ZB = Zs - T \times P1 = 146{,}95 - 188 \times (-0{,}0120) = 149{,}206 \end{cases}$$

⟹ **B(891,55 , 149,206)**

$$C \begin{cases} Xc = Xs + T = 1079{,}55 + 188 = 1267{,}55 \\ Zc = Zs - T \times P2 = 146{,}95 - 188 \times (0{,}0496) = 137{,}63 \end{cases}$$

⟹ **C(1267,55 , 137,63)**

Calcul de la longueur de raccordement :

L = 2 × T = 2 × 188 **= 376m**

Calcul de la flèche :

$$\mathbf{H} = \frac{T^2}{2R} = \frac{188^2}{2 \times 10000} = \mathbf{1{,}7672m}$$

Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (J) :

$$\begin{cases} X_{J/A} = R \times P1 \\ Z_{J/A} = X_{J/A} \times P1 - \dfrac{(X_{j/A})^2}{2R} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{J/A} = 10000 \times (-0{,}012) = \mathbf{-120m} \\ Z_{J/A} = -120 \times (-0{,}012) - \dfrac{(120)^2}{2 \times 10000} = \mathbf{0,72m} \end{cases}$$

$$J \begin{cases} Xj = X_B + X_{J/A} = 891{,}55 - 120 = \mathbf{771,55m} \\ Z_J = Z_B - Z_{J/A} = 149{,}206 - 0{,}72\text{m} = \mathbf{148,486m} \end{cases}$$

⟹ **J(771,55m , 148,486m)**

V.7 Coordination du tracé en plan et du profil en long

Il n'est pas suffisant que le tracé en plan et le profil en long pris individuellement soient conformes aux valeurs minimales de la catégorie choisie et que les conditions d'enchaînement soient respectées pour garantir le confort et la sécurité des utilisateurs.

L'étude du tracé en plan ne doit pas être séparée de celle du profil en long. De cette façon, la mise en harmonie du tracé en plan et du profil en long permet d'améliorer la visibilité et la perception globale du tracé.

Remarque : **Le profil en long a été fait avec le logiciel Covadis 'Autopiste'**

(Voir l'ANNEXE)

CHAPITRE VI

PROFIL EN TRAVERS

VI.1 Introduction

Une coupe perpendiculaire à l'axe du projet représente le profil en travers d'une route. Le projet et le terrain naturel sont représentés sur le même document.

Les traits du profil en travers sont le résultat d'études précédentes ou d'une classification du réseau. Il regroupe toutes les composantes de la future route, dans toutes les circonstances (remblais, déblais, trottoirs).

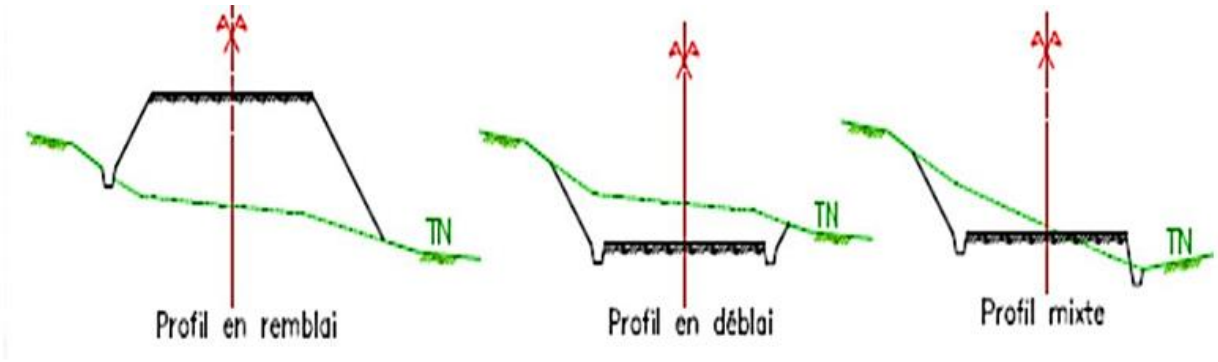


Figure VI.1 : Diffèrent types de profil en travers

VI.2 Les type du profil en travers

VI.2.1 Le profil en travers type :

Les éléments de la route (déblais ou remblais en section courante, carrefours...) sont représentés par le profil en travers type. Si les variations du tracé sont significatives, il est nécessaire de prévoir des détails ou plusieurs profils types. « Incluant toutes les dimensions générales qui se répètent ainsi que tous les détails constructifs (largeur des voies, accotements, pentes, talus, dimensions des couches, etc...)

VI.2.2 Le profil en travers courant :

Les profils en travers permettent de déterminer les dimensions du projet (volume des déblais et des remblais, ainsi que les volumes de la couche de forme, de fondation, de base, de roulement...).En général, un profil est prévu tous les 20 mètres en relief faible (10 à 15 mètres en relief courant).

VI.2.3 Les éléments du profil en travers :

- **L'emprise :** La surface de la route et de ses dépendances est attribuée au domaine public. Elle inclut la base du projet ainsi qu'un espace de terrain supplémentaire.
- **L'assiette :** Le terrain comprend la plate-forme routière, les fosses et les talus. Elle est restreinte par les accès en terre.

- **La chaussée :** Elle est restreinte par le bord interne de la marque au sol. Il convient de rappeler que les courbes de rayon inférieurs à 200 mètres sont représentées par une sur largeur.
- **L'accotement :** Comprend la bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) bordée a l'extérieure d'une berme.

- **La bande d'arrêt d'urgence :**

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

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

Sa largeur est de 2,50 m, ou de 3.00 m lorsque le trafic poids lourd excède 2.000 v/j (deux sens confondus).

- **La berme :**

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

Sa largeur qui dépend surtout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place est de 1,00 m minimum mais elle peut être intégrée à un dispositif d'assainissement dont la pente ne dépasse pas 25%.

- **La plate-forme routière :** est la surface de la route qui comprend la ou les chaussées, les accotements et les éventuels terre-pleins centraux.

- **Terre –plein central (T.P.C) :** Le T.P.C assure la séparation matérielle des deux sens de circulation. Sa largeur résulte de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.

a) Bande dérasée de gauche (B.D.G) :

- Elle est destinée à permettre de légers écarts de trajectoire et à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité. Elle contribue dans les courbes à gauche au respect des règles de visibilité

Elle est dégagée de tout obstacle, revêtue et se raccorde à la chaussée sars dénivellation. Sa largeur est de 1,00 m.

b) Bande médiane :

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

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

Si elle est inférieure ou égale à 3 m, elle est stabilisée et revêtue pour en faciliter l'entretien Sinon, elle peut être engazonnée et plantée d'arbustes, à moins que sa largeur et la topographie du site ne permettent la conservation du terrain naturel et de la végétation existante : dans ce cas une berme de 1,00 m est maintenue en bordure de la B.D.G.

L'ICTAAL a défini le profil en travers type comme suit :

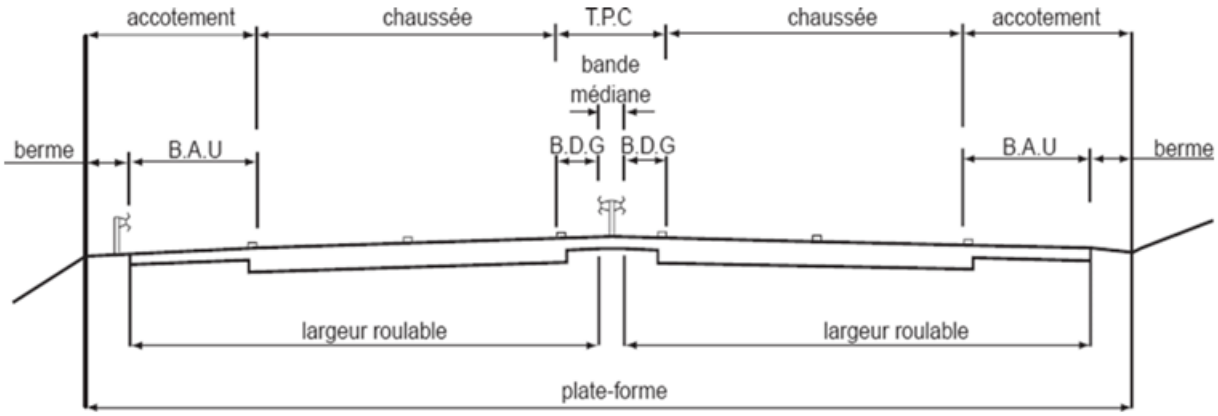


Figure VI.2 : Eléments constructifs du profil en travers.

VI.3 Dévers en alignement et en courbe non déversée :

- La pente transversale d'une chaussée est de 2,5% vers l'extérieur.
- La pente d'une B.A.U. (ou d'une B.D.D.), est identique à celle de la chaussée adjacente, mais au-delà de la surlargeur 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.

VI.3.1 Dévers en courbe déversée :

- La pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de 1/R, entre 2,5% pour Rnd et 7% pour Rm.
- La pente de la B.A.U. (ou la B.D.D.) intérieure à la courbe est la même que celle de la chaussée adjacente. La pente de la B.A.U. extérieure (ou la B.D.D.) reste la même qu'en alignement droit tant que le dévers ne dépasse pas 4%; au-delà, elle est de sens opposé au dévers et égale à 1,5%, hormis la surlargeur de chaussée qui conserve la même pente que la chaussée.

VI.4 Application au projet:

Description	Largeur (m)	Nombre	Largueur total (m)
Voie de Circulation 2×3	3.5	6	21
Terre-plein central (T.P.C)	3	1	3
-Bande dérasée gauche (BDG)	1	2	2
-Bande médiane	1	1	1
Accotement :	4	2	8
-B.A.U	3	2	6
-La berme	1	2	2
Totale	32		
Dévers en section droite			
Chaussée	2.5% vers l'extérieur.		
Bande dérasée de gauche (B.D.G)	Identique à celle de la chaussée.		
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	4% vers l'extérieur.		
Berme extérieure	8% vers l'extérieur.		
Dévers en Courbe			
Chaussée	7% au 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.		

Tableau VI-1 : Profil en travers type du notre projet.

Remarque :

Le calcul est traité automatiquement à l'aide de logiciel Covadis (Autopiste)

(Voir l'ANNEXE)

CHAPITRE VII

ETUDE GEOTECHNIQUE

VII.1 Introduction

La géotechnique routière consiste à appliquer les principes de la géotechnique au domaine de la construction routière. Elle repose largement sur des données empiriques issues d'essais réalisés en laboratoire et en terrain. En pratique, elle est étroitement liée à la géologie, utilisant ses connaissances pour comprendre et aborder les défis spécifiques rencontres dans la conception et la construction des routes.

La géotechnique routière traite des problèmes concernant la route, dans toutes ses parties, elle étudie notamment :

- Les remblais
- Les fondations de chaussée
- La construction des différentes couches de la chaussée

VII.2 Objectifs de la géotechnique routière :

La géotechnique routière a pour objectif :

- Assurer la sécurité en indiquant la stabilité des talus et des remblais
- Déterminer les caractéristiques et la nature de chaque couche
- L'identification des caractéristiques mécaniques du sol support
- Déterminer certaines données nécessaires pour le dimensionnement du corps de chausse

VII.3 La géologie du projet :

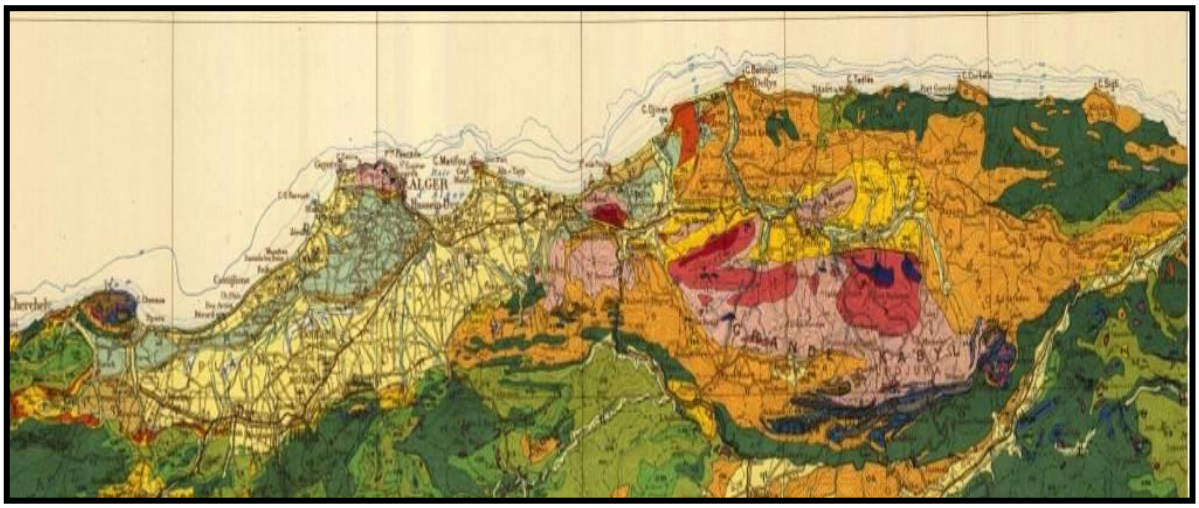


Figure VII.1 : Carte Géologique de la Région d'Alger

Les formations de la Mitidja disparaissent et affleurent dans les premiers contreforts d'abord du Miocène inferieur détritique suivi d'un miocène moyen mamo-calcaire et puis gréseux.

Les flysch continuent jusqu'au sud de Khemis El Khechena. Ces zones de flysch Maurétanie on note la présence de plusieurs facies, greso-pelitique, quartzitique et marno-calcaire. Dans les zones pelitico-argileuses, beaucoup de zones montrent des glissements gravitaires superficiels. Les formations de flysch montrent par endroit des zones de grés quartziques très épaisses.

VII.4 Normes et programmes des essais géotechniques :

Le présent rapport englobe les résultats des travaux de prospection géotechnique relatifs à la partie route du couloir de la 3ème Rocade d'Alger retenu pour l'APD.

Une campagne de reconnaissance géotechnique a été réalisée par les laboratoires INZAMAC, INGEO et HAMZA INTERNATIONAL durant la période entre Juillet 2015 et Août 2016.

Elle a permis de ressortir les logs, les profils pressiométriques et les bulletins individuels de l'ensemble des résultats présentés en annexes.

VII.5 Normes des investigations in situ :

Dans le présent rapport, nous présentons les résultats d'investigations exécutées selon des normes internationales, regroupées dans le tableau, afin de caractériser les aspects lithologiques et mécaniques du sol support de la zone d'étude.

VII.5.1 Aperçu sur les normes des investigations in situ :

N°	Désignation	Objectifs
1	Puits de reconnaissance	Identification du sol en phase d'APD Prélèvements des échantillons. Détermination de la portance du terrain. (essais CBR).
2	Sondages pressiométriques	Évaluer les caractéristiques de déformabilité des terrains ainsi que leur pression limite.
3	Sondages carottés	Identification d'un sol. Distinction des types de formation. Prélèvements des échantillons.

Tableau VII-1 : Les normes des investigations in situ

VII.6 Normes des essais de laboratoire :

Dans le but de caractériser les sols et roches des formations rencontrées le long du tracé de la 3ème Rocade d'Alger, des essais de laboratoire physiques, chimiques et mécaniques ont été

élaborés sur des échantillons prélevés aussi bien des puits de reconnaissance (échantillons remaniés) que dans des sondages carottés (échantillons intacts et carotte intacts).

VII.6.1 Aperçu sur les normes des investigations au laboratoire :

Essais	Description	objectifs
D'identification physico-chimiques	Analyse granulométrique (tamisage à sec) AG	Répartition pondérale des éléments granulaires d'un matériau des terrassements
	Analyse granulométrique par méthode de sédimentation	Détermination de la distribution pondérale
	Teneur en eau naturelle	Détermination de la teneur en eau d'un matériau
	Limites d'Atterberg	Détermination de l'argilosité d'un sol
	Teneur en CaSO4	Détermination de la teneur en sulfate - Degré d'agressivité du sol
	Teneur en CaCO3	Détermination de la teneur en carbonate - Méthode du calcimètre
	Détermination de la valeur de bleu d'un sol	Détermination de l'argilosité d'un matériau
	Masse volumique des particules solides d'un sol	Détermination de la masse volumique moyenne des particules solides de sol
	Masse volumique sèche d'une roche	Détermination de la masse volumique sèche d'un élément de roche
Essais Routiers	Essai Proctor normal	Déterminer la masse volumique sèche d'un matériau et sa teneur en eau correspondante.
	Indice CBR après immersion	Déterminer l'indice portant d'un échantillon de sol compacté dans un moule CBR avec une énergie Proctor Normal.
	Essai œdométriques	Étudier la compressibilité d'un

Essais mécaniques des sols		échantillon de sol
	Essai de cisaillement	Mesure des paramètres de résistance au cisaillement rectiligne (cohésion et angle de frottement interne) d'un matériau
Essais mécaniques des roches	Essai Los Angelos (LA)	Mesure de la résistance d'une fraction granulaire à la fragmentation par chocs
	Essai Micro Deval humide (MDE)	Mesure de la résistance d'usure d'une fraction granulaire
	Essai de fragmentabilité (FG)	Mesure de la résistance de la roche sous la charge due au trafic routier
	Essai de dégradabilité (DG)	Qualifier la sensibilité du matériau rocheux aux sollicitations hydriques
	Essai de compression simple	Mesure de la résistance à la compression
	Essai de résistance à la traction	Mesure de la résistance à la traction

Tableau VII-2 : les normes des investigations au laboratoire

VII.7 Résultats des investigations géotechniques :

VII.7.1 Aperçu sur les résultats des puits de reconnaissance :

N° des Puits	PK	Profondeur réalisée (m)	Lithologie	Formation géologique
F83-R	79+700	Inaccessible	Argilite grise verdâtre	-
F84-R	80+500	Inaccessible	Argilite grise verdâtre	-
F85-R	81+498	Inaccessible	Argilite grise verdâtre	-
F86-R	81+761	2,2	Argile schisteuse rouge	Crétacé supérieur à Eocène e1 2 : Flysch nummulitique
F87-R	82+033	4,2	Argile brun-jaunâtre carbonatée verdâtre vers la base sur des argilites à graves	
F88-R	82+720	3,4	Sable argileux	Crétacé supérieur à Eocène e1 2 : Flysch nummulitique
F89-R	83+511	3,8	Argile marneuse sur des tufs entre 1.4-2m avec des argilites à graves à la base	
F90-R	84+160	4	Argile schisteuse feuilletée grise avec des schistes à argilites schisteuses à galets vers la base	
F91-R	85+500	3	Argilites verdâtres sur des schistes gris verdâtre	
F92-R	86+550	2	Des alluvions	Quaternaire : alluvions argileuses et limoneuses
F93-R	87+700	3	Argile jaunâtre carbonatée à galets	
F94-R	88+625	3,4	Schiste marneuse, gris-jaunâtre feuilleté	Miocène post-nappe : Schistes
F95-R	89+660	2,8	Argile jaunâtre rouge à tuf	

Tableau VII-3 : les résultats des puits de reconnaissance

VII.7.2 Aperçu sur les résultats des sondages carottés :

Tableau VII-4 : les résultats des sondages carottés

N° des sondages	PK	Profondeur réalisée (m)	Formation majeur	Formation en affleurement
SC27Bis-R	77+960	17,00	(0.00-5.60m) Argile légèrement sableuse	Crétacé supérieur à Eocène e1 2 : Flysch nummulitique
			(5.60-17.00m) Alluvions	
SC28Bis-R	80+560	33,00	(0.00-19.00m) Alternance sable-grés	
			(19.00-33.00m) Argilites	
SC29Bis-R	81+725	37,00	Argilites altérées à la surface	
SC30-R	82+095	37,00	Argilites altérées à la surface	
SC31-R	82+660	37,00	Alternance sable grésifié-Argile sableuse	Crétacé inférieur c1-2: flysch de Guerrouch
SC32-R	83+116	10	Argile	
SC33-R	84+260	30	Argilites	
SC34-R	99+640	52,00	(0.00-8.90m) Argile schisteuse	Miocène post-nappe : Schistes
			(8.90-52.00m) Schiste micacé	

VII.7.3 Aperçu sur l'ensemble des sondages pressiométriques :

Tableau VII-5 : Les sondages pressiométriques

N° des sondages	PK	Profondeur réalisée (m)	Formation géologique
SP26-R	79+460	15,00	Crétacé supérieur à Eocène e1-2 : Flysch nummulitique
SP27-R	80+050	15,00	
SP28-R	80+560	22,5	
SP29-R	81+900	15,5	
SP30-R	81+725	25,00	
SP31-R	82+095	Inaccessible	-
SP32-R	82+285	25,00	Crétacé supérieur à Eocène e1-2 : Flysch nummulitique
SP33-R	82+660	Inaccessible	-
SP34-R	84+260	21,00	Crétacé inférieur c1-2: flysch de Guerrouch
SP35-R	84+642	15,00	
SP36-R	86+060	20,00	
SP37-R	99+640	16,00	Miocène post-nappe : Schistes

VII.8 Résultats des essais de laboratoire

VII.8.1 Les résultats des essais physiques :

Les résultats des essais effectués sur les échantillons issus des puits de reconnaissance et des sondages carottés sont donnés dans les tableaux suivant :

VII.8.2 Les résultats des analyses de laboratoire des échantillons des puits de reconnaissance :

Tableau VII-6 : Les résultats des analyses de laboratoire des échantillons des puits de reconnaissance

Référence Sondage	Profondeur (m)	Teneur en eau	Analyse granulométrique				Limites d'Atterbg		Valeur au bleu de Méthylène
		W (%)	Dmax	<2mm (%)	<0,08mm (%)	<2µm (%)	WL (%)	Ip (%)	
F79-R	3,2	5,62	25	79,24	50,75	25,85	32	13	2
F86-R	1,70 - 2,20	6,07	10,5	69,57	52,81	30,53	44	18	2
F87-R	3	14,33	42	74,8	70,11	46,94	61	41	2
F88-R	2,6	3,95	5,5	95,54	32,72	16,51	34	17	0,46
F89-R	0,0-3,3	8,7	90	72,2	65,55	41,72	59	36	2,33
F90-R	3	12,74	5,5	97,03	66,6	43,71	53	30	2,47

VII.8.3 Les résultats des analyses de laboratoire des échantillons des sondages carottés :

Tableau VII-7 : Les résultats des analyses de laboratoire des échantillons des Sondages carottés

Réf	Profondeur (m)	Densité apparen-te	Densité sèche	poids spécifique	Analyse granulométrique				Limites d'Atterberg		Teneur en eau
Puits		γh (g/cm³)	γd (g/cm³)	γs (g/cm³)	% <5 mm	% <2 mm	% < 80µm	% < 2µm	Wl (%)	Ip (%)	Wn (%)
SC26 R+SPT	3,50 - 3,80	2,06	1,81	2,67	87,97	81,38	51,73	23,19	33	13	13,25
	6,65 - 7,00	2,17	1,82	2,66	90,9	79,4	36,91	20,69	35	16	19,29

SC28 R+SPT	16,60-17,00	2,02	1,74	2,62	93,47	89,37	69,95	40,4	36	18	15,5
	20,00-20,30	2,19	1,93	2,71	97,77	93,41	63,88	37,32	29	13	13,19
SC29 R Bis	6,70 - 7,00	2,14	1,85	2,63	91,54	85,13	70,81	43,64	35	16	15,03
	21,00 - 21,30	2,08	1,73	2,68	99,16	87,39	61,4	42,19	33	18	20,22
SC30 R Bis	7,20 - 7,55	2,12	1,92	2,59	84,22	72	49,08	26,09	34	17	10,18
	17,40 - 17,75	2,18	2,02	2,61	92,65	88,61	67,75	40,23	36	19	8,07
	22,20 - 22,60	2,48	2,37	2,63	99,43	98,44	91,44		29	11	4,6
SC31 R Bis	11,00 - 11,40	2,4	2,27	2,59	99,89	99,76	95,09	42,98	27	12	5,35
	23,00 - 23,45	2,17	1,82	2,66	90,9	79,4	36,91	20,69	35	16	19,29
SC32 R Bis	6,35 - 7,00	2,11	1,8	2,54	86,79	82,82	71,42	54	48	28	17,04
SC33 R Bis	3,20 - 3,65	2,14	1,86	2,72	99,26	98,22	96,48	59,2	46	30	15,15
	10,00 - 10,50	2,22	1,94	2,64	87,87	79,79	56,94	33,42	50	37	14,51
	14,60 - 15,20	2,11	1,83	2,69	100	99,57	94,89	46,41	46	36	14,48
SC34 R+SPT	25,00-25,40	2,56	2,48	2,73							3,16
	30,00-30,40	2,67	2,6	2,73							2,36
	41,35-41,74	2,65	2,59	2,74							2,31

VII.9 Classification des sols :

Classification GTR :

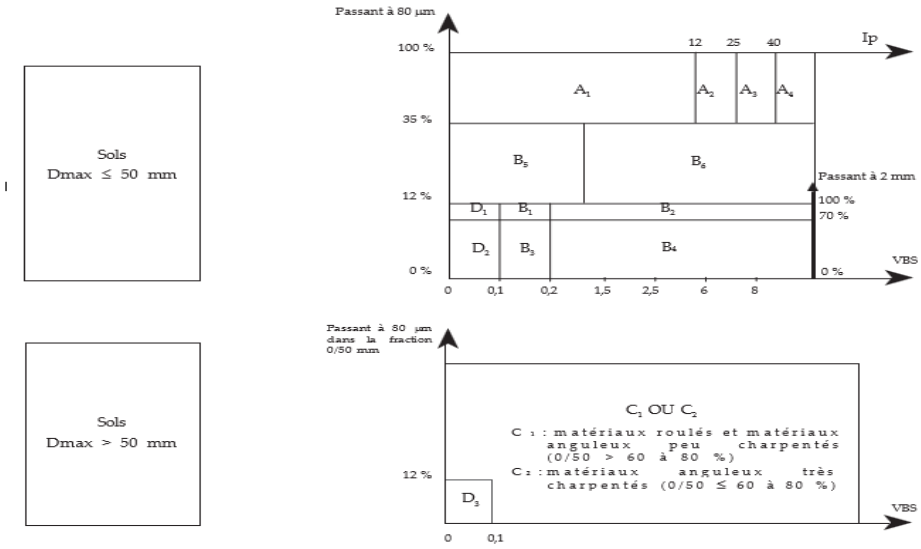


Figure VII.2 : Abaque de classification GTR

Exemple de classification :

- **Classement selon la nature :**

Paramètre de nature premier niveau de classification :

F70-R (PK: 86+550):

Dmax = 10,5mm < 50mm

Et ⟹ classe **A** sol fin.

Tamisat a 80um = 52,81 %

Paramètre de nature deuxième niveau de classification :

VBS= 2 < 2.5 ⟹ sous classe **A1.**

- **Classement selon l'état hydrique :**

Wopn = 14,76 % ; Wn = 6,07 %

Wn = 6,07 % < 0,7 * Wopn = 10,33 % ⟹ **A1ts.**

Résultats de classification GTR :

Tableau VII-8 : Résultats de classification GTR

Référence Sondage	PK	Profondeur(m)	Classification GTR
F80-R	80+050	3,2	**A1ts**
F81-R	80+560	3,2	**A1ts**
F82-R	81+900	3,2	**A1ts**
F83-R	81+725	3,2	**A1ts**
F84-R	82+095	3,2-	**A1ts**
F85-R	82+285	3,2	**A1ts**
F86-R	82+660	1,70 - 2,20	**A1ts**
F87-R	84+260	3	**A1s**
F88-R	84+642	2,6	**B6ts**
F89-R	86+060	0,0-3,3	**C1A1ts**
F90-R	99+640	3	**A1ts**

Conditions d'utilisation des matériaux en remblai :

Tableau VII-9 : Conditions d'utilisation des matériaux en remblai

Sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
A1ts	Sols normalement inutilisables en l'état Leur humidification pour les ramener dans l'état s voire m peut être envisagée sous réserve d'une étude spécifique			NON
B6ts	Sols normalement inutilisables en l'état Leur humidification pour changer d'état doit être décidée à l'appui d'une étude spécifique			NON
C1A1ts	Sols normalement inutilisables en l'état L'humidification de ces sols pour les ramener au moins à l'état (s) peut être envisagée à l'appui d'une étude spécifique			NON

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
A_1S	Ces sols sont difficiles à compacter. Il faut au moins éviter de réduire encore leur teneur en eau et pour des remblais de grande hauteur un changement de leur état hydrique est nécessaire.	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	**E**: extraction en couches **R** : couches minces **C** : compactage moyen **H** : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1 0 0 0 1 2 2
		=	ni pluie ni évaporation importante	**Solution 1 : humidification dans la masse** **W**: humidification pour changement d'état **R** : régalage en couches minces **C**: compactage moyen	0 0 4 0 1 2 0
				Solution 2 : **emploi en l'état** **C**: compactage intense **H:** remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m	0 0 0 0 0 1 2
		-	évaporation importante	**Solution 1 : arrosage superficiel** **W**: arrosage superficiel pour maintien de l'état **C**: compactage intense **H**: remblai de faible hauteur (≤ 5 m)	0 0 3 0 0 1 1
				Solution 2 : extraction avec arrosage superficiel **E**: extraction frontale **W**: arrosage superficiel **C**: compactage intense **H**: remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1 0 0 0 0 1 2

				Solution 3 : humidification dans la masse **W**: humidification pour changement d'état **R** : couches minces **C**: compactage intense **H**: remblai de hauteur moyenne (≤10 m)	0 0 4 0 1 1 2

VII.9.1 Classification LCPC :

La classification LCPC se base sur les abaques et le diagramme de Casagrande (ou diagramme de plasticité)

Les valeurs de limites de liquidité des différents échantillons varient entre 32% et 61%, et l'indice de plasticité entre 13 et 41.

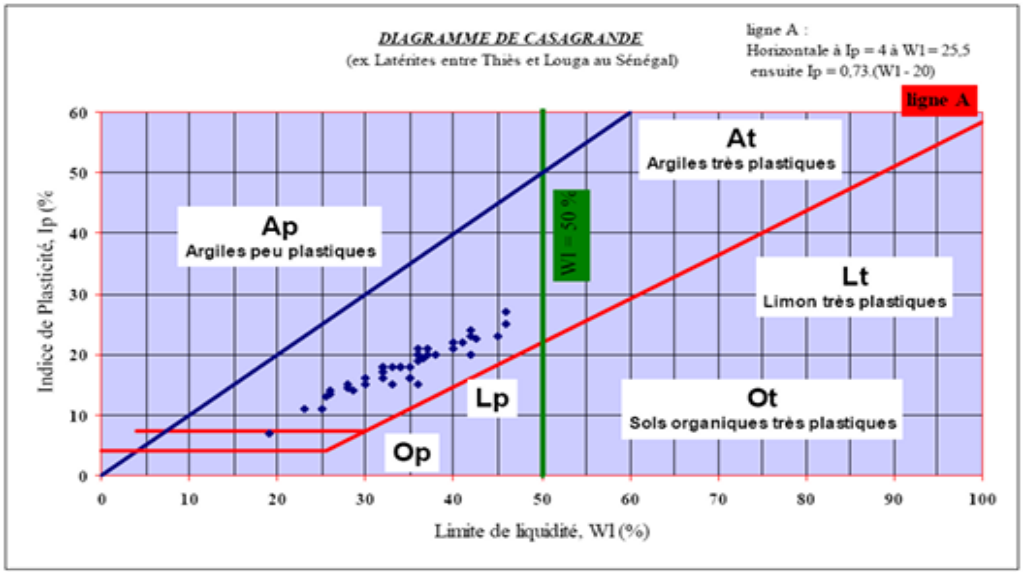


Figure VII.3 : Abaque de Casagrande

CHAPITRE VIII

DIMENSIONNEMENT
DU CORPS DE CHAUSSEE

VIII.1 Introduction

Pour garantir la rentabilité et la sécurité d'une structure de chaussée, il est essentiel de prendre en compte divers paramètres tels que le volume de trafic, les conditions climatiques, les ressources locales et les politiques de maintenance.

L'objectif principal est de garantir que la structure puisse atteindre sa durée de vie prévue tout en assurant le confort et la sécurité des usagers. Pour ce faire, il est crucial de respecter des normes de qualité strictes lors de la construction de la chaussée.

Cela implique de mettre en œuvre des pratiques de construction de haute qualité. Pour faire face aux défis posés par les conditions routières difficiles, le climat et les charges de trafic élevées, il est crucial de choisir des matériaux adaptés et de reconnaître l'importance du support offert par le sol.

VIII.2 Méthodes de dimensionnement :

Toutes les approches de dimensionnement du corps de chaussée se basent sur l'évaluation de la portance du sol, le volume de trafic et les propriétés mécaniques des matériaux utilisés dans les différentes couches. Pour notre projet, nous envisageons d'utiliser deux méthodes spécifiques pour dimensionner le corps de chausse :

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

VIII.2.1 La méthode de C.B.R améliorée (California-Bearing-Ratio) :

Cette méthode semi-empirique repose sur un test de poinçonnement effectué sur un échantillon du sol de support, préalablement compacté selon une densité de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifie, avec une épaisseur d'eau inferieur à 15cm. Pour déterminer l'épaisseur totale du corps de chaussée, on applique la formule empirique suivante :

$$\boldsymbol{Eeq = \frac{100 + \sqrt{P} \times [75 + 50 \times \log(N \div 10)]}{Icbr + 5}}$$

- Eeq : épaisseur équivalente du corps de chaussée
- I : indice CBR du sol support
- N : nombre moyen de poids lourd à l'année horizon
- P : charge par roue, en Algérie en prend P = 6,5t (l'essieu 13 tonnes)

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$e = a1 \times e1 + a2 \times e2 + a3 \times e3$$

Avec :

a1, a2, a3 : coefficients d'équivalences

e1, e2, e3 : épaisseurs réelles des couches

VIII.2.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

La méthode de catalogue de dimensionnement utilise les mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : le trafic, les matériaux, le sol support et l'environnement.

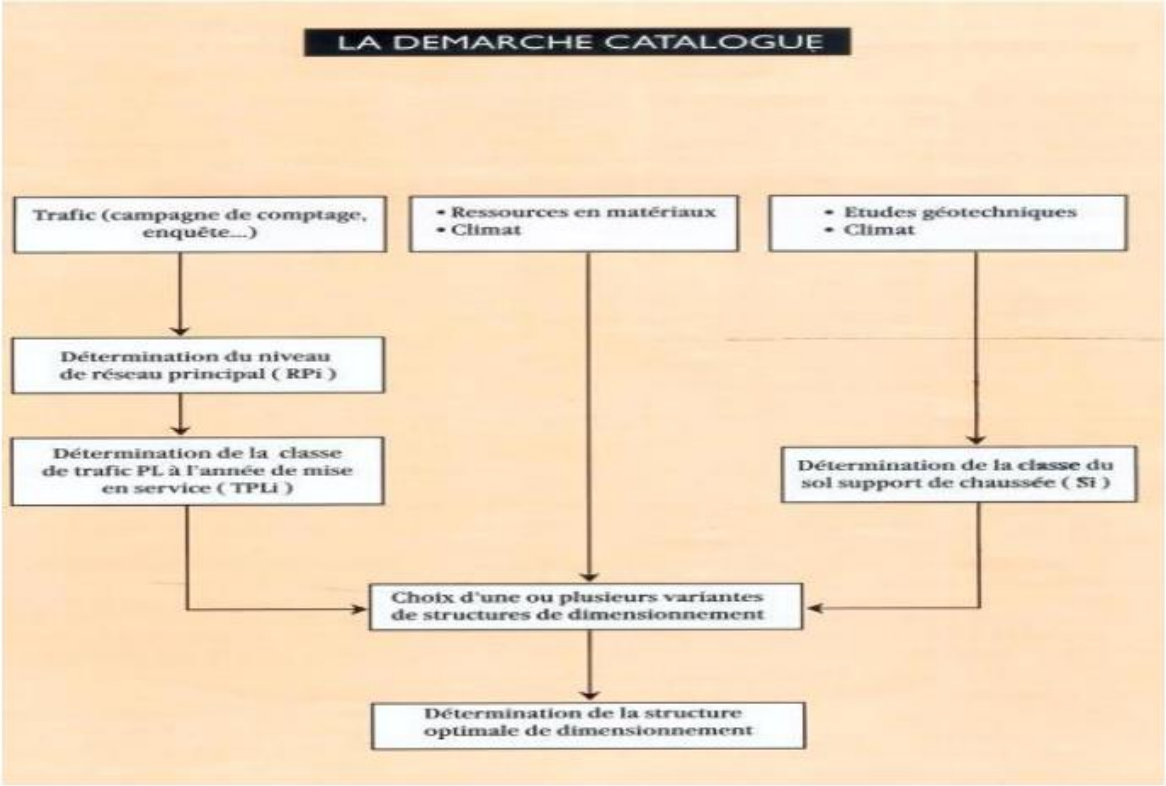


Figure VIII.1 : Démarche du catalogue.

VIII.3 Application au projet

Méthode CBR :

Nous avons comme données :

Pourcentage du poids lourds Z = 11.6%

P = 6.5t

$TJMA_{2026}$= 19733 × (2/3) = 13155 v/j/sens.

L'indice CBR = 0.8 pour des raisons de sécurité (cas le plus défavorable)

Calcul du trafic du poids lourd à l'année 2046 (pour une durée de vie de 20ans)

$TJMA_{2026}$ = 19733 × (2/3) = **13155 v/j/sens.**

$TJMA_{2046}$ = 13155 × $(1 + 0.0308)^{20}$ = **24131 v/j/sens.**

TPL2046 = 24131*0.113*0.8 = **2182 PL/J/sens**

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

$$\boldsymbol{Eeq = \frac{100 + \sqrt{P} \times [75 + 50 \times \log(N \div 10)]}{Icbr + 5}}$$

$$\boldsymbol{Eeq = \frac{100 + \sqrt{6}.5 \times [75 + 50 \times \log(2182 \div 10)]}{0.8 + 5} = 101.6\ Cm}$$

Donc on prend : Eeq = 110 Cm

Choix de la structure :

$$\mathbf{Eeq = a1 \times e1 + a2 \times e2 + a3 \times e3}$$

Avec :

e1 : épaisseur réelle de la couche de roulement.

e2 : épaisseur réelle de la couche de base.

e3 : épaisseur réelle de la couche de fondation.

a1, a2, a3 : les coefficients d'équivalence.

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

e1 = 8cm en béton bitumineux (BB) avec a1 = 2,0

e2 = 20cm en grave bitume (GB) avec a2 = 1,5

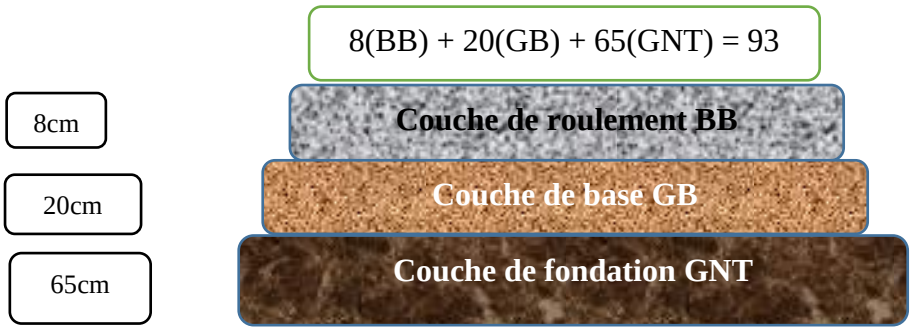
e3 : épaisseur en grave non traité (GNT) avec a3 = 1,0

Donc

Eeq = 8 × 2 + 20 × 1,5 + e3 × 1 = 110 cm ⟶ **e3 = 64 cm**

On prend une épaisseur de **65 cm de GNT.**

Donc la structure proposé :



Structure du corps de chaussée par la méthode CBR

Couche de :	Epaisseur réelle (cm)	Epaisseur équivalente (cm)
Roulement BB	8	8 × 2 = 16
Base GB	20	20 × 1,5 = 30
Fondation GNT	65	65 × 1 = 65
Total	93	111

VIII.4 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

VIII.4.1 Les données climatiques :

VIII.4.1.1 Classification de la zone d'étude :

Selon la carte climatique de l'Algérie donnée par fascicule 01 du catalogue de dimensionnement des chaussée neuves, page 24 Annexe 03, la wilaya de Boumerdes est classée en zone I.

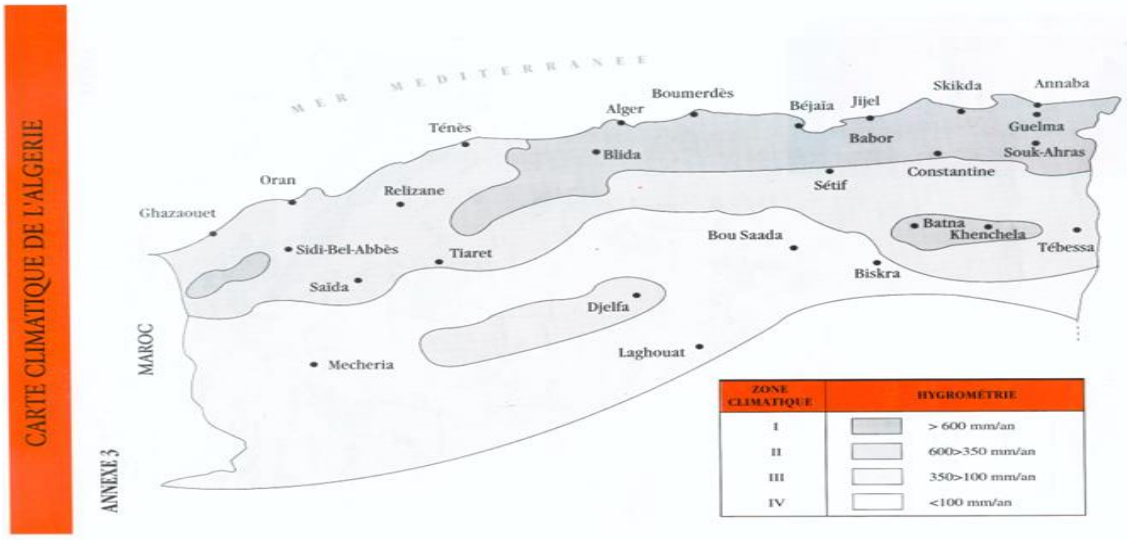


Figure VIII.2 : La carte climatique de l'Algérie

VIII.4.1.2 La température équivalente :

D'après le fascicule 01 du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves page 15, la température équivalente de la wilaya de Boumerdes qui correspond à la zone II est de 20 °C.

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

Figure VIII.3 : La température équivalente

VIII.4.1.3 La zone climatique :

-La région de Boumerdes reçoit une 350 à 600 mm de pluies par an.

Donc : La Zone climatique est donc II.

Tableau VIII-1 : Les zones climatiques pluviométries

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

VIII.5 Détermination du corps de chaussée

VIII.5.1 Type de réseau principal :

- Tant tenu du trafic dont on dispose qui est égal à 14570 v/j donc > à 1500 v/j.

- Ce présent projet est d'une importance économique et socioéconomique importante et l'opportunité de ce projet.

Cela nous permet de dire que le réseau principal de notre projet est **RP1.**

Tableau VIII-2 : Réseaux principaux

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

Choix des structures types pour le réseau principal 1(RP1) :

D'après le tableau ci-dessus, on choisit une structure de type : GB/GB ou GB/GNT

Niveau de réseau principal (RPi)	Matériaux types	Structures
RP1	MTB (matériaux traités au bitume)	GB/GB , GB/GNT, GB/TUF, GB/SG, GB/AG
	MTLH (matériaux traités aux liants hydrauliques)	- GL / GL - BCg / GC
RP1	MNT(matériaux non traités)	GNT/GNT,TUF/TUF, AG/AG, SG/SG
	MTB (matériaux traités au bitume)	SB / SG

Figure VIII.4 : Types de structures

VIII.5.2 Détermination de la classe de trafic TPLi :

Données du projet :

$TJMA_{2016}$= 14570 véhicules/jour pour les deux sens

- 11,6 % de poids lourd

- Taux de croissance τ = 3.5 %.

- Durée de vie n = 20ans

- Année de mise en service = 2026

On a

$TJMA_{2026}$ = 19733 (véh/j) ⟶ $TJMA_{2026/sens}$ = 19733 × (2/3) = 13155 (véh/j/sens)

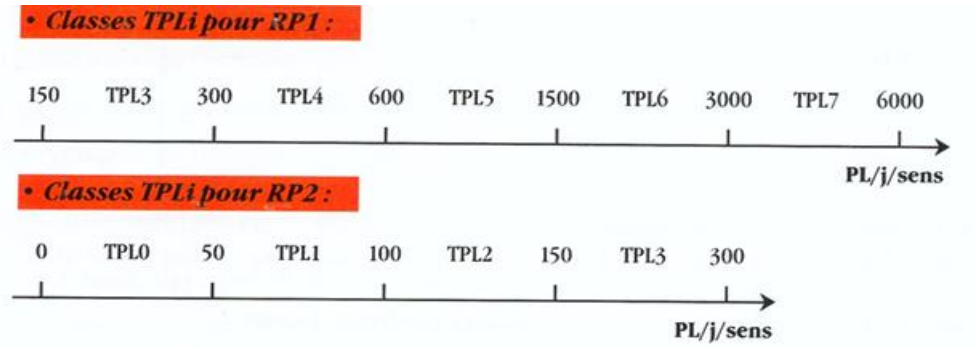


Figure VIII.5 : Classe de trafic poids lourd

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

On a 1221 appartient [600-1500] alors : La classe de trafic est **TPL5.**

Portance de sol support :

La classe du sol support est donnée en utilisant la relation empirique suivante :

$$E=5\times CBR$$

Tableau VIII-3 : Les classes de sol-supports

Classe de sol-support	S4	S3	S2	S1	S0
Module (MPA)	<25	2550	50125	125200	>200

Pour notre cas, on a ICBR=0,47 alors E=2.35MPA, donc on dispose d'un sol de portance S4, il est nécessaire d'ajouter une couche de forme.

Selon, le catalogue, pour les sols de classe S4 (les sols avec un indice de CBR moins de 5) on utilise une couche de forme pour le ramener à S2 ou à S3 (le recours à une couche de forme dans ce cas est nécessaire).

De point de vue global, nous sommes devant un sol de classe S2.

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

Figure VIII.6 : Epaisseur de matériau de couche de forme

Dans les sols de classe S4, on doit utiliser une couche de forme de matériaux non traités avec une épaisseur de 60cm compactée en 2 couches de 30cm.

VIII.5.3 Choix de type de structure :

Pour le tableau de fascicule pour le choix de type de structure

On propose de prendre une structure de type :

- MTB (Matériaux traités au bitume) GB / GB Ou GB/GNT.

- MTLH (Matériaux traités liants hydrauliques) GL / GL Ou BCg / GC.

On a un réseau principal (RP1), une zone climatique I, une durée de vie de 20 ans, un taux d'accroissement (3,5%), une portance de sol (S2) et une classe de trafic (TPL5).

Les structures possibles sont :

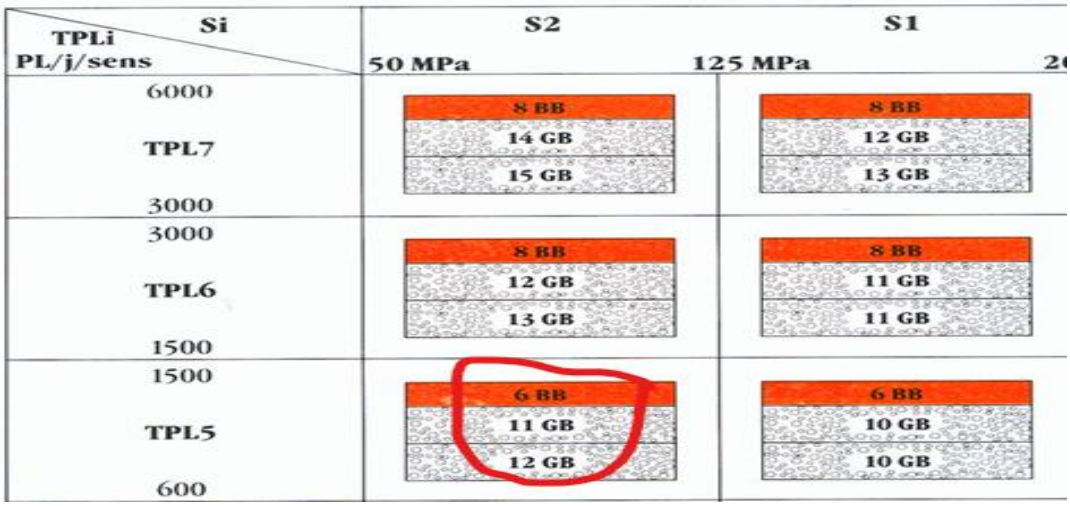


Figure VIII.7 : structures proposées par le fascicule 3.

D'après ces données, et selon le fascicule (1,2 et 3) du catalogue Algérien on propose les structures suivantes :

Tableau VIII-4 : les structures proposées

Classe du sol	Classe S2 (cm)
Couche de roulement	6 BB
Couche de base	11 GB
Couche de fondation	12 GB
Couche de forme	60 UF (30 + 30 GNT)

VIII.6 Vérifications des structures de chaussée et la déformation du sol support :

Il faut vérifier que ε_t et ε_z (calculées avec logiciel Alize III) sont inférieures aux valeurs admissibles calculées $\varepsilon_{t\ ad}$ et $\varepsilon_{z.ad}$

Tel que :

- εt : étant la déformation de traction par flexion a la base des matériaux traités au bitume (dans notre cas sous la couche du GB).

- $\varepsilon_{z\ (sol)}$: la déformation verticale sur le sol support.

- Calcul de la déformation admissible sur le sol support :

En utilisant la formule suivante :

$$\varepsilon_{z.ad} = 22.10^{-3} \times TCEi^{-0.235}$$

Calcul de trafic cumule des poids lourds (TCi) :

- TPLi= 1221 PL /J/sens
- i = taux d'accroissement (τ) pris égal à 3,5%.
- n = durée de vie = 20 ans.

$TCi = TPLi \times ((-1+ (1+i)) /i) \times 365 = 1221 \times ((-1+ (1+0.035)/0.035)) \times 365 =$ **12.6×10^6**

$$TC = 12.6 \times 10^6 \text{ équivalents essieux 13t}$$

Calcul de trafic cumule équivalant TCE :

Pour le Tableau de Valeurs du coefficient d'agressivité A :

D'après le Tableau (Voir l'annexe) **A=0.6.**

Donc :

$TCE = TC \times A = 12.6 \times 10^6 \times 0.6 =$ **7.56×10^6**

$TCE = 7.56 \times 10^6$ eq essieux 13t.

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

$\varepsilon_{z,adm} = 22\times10^{-3} \times TCE^{-0.235} = 22\times10^{-3} \times (7.56 \times 10^6)^{-0.235} = 5.32 \times10^{-4}$.

$$\varepsilon_{z,adm} = 532\times 10^{-6}$$

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

En utilisant la formule suivante :

$\varepsilon_{t,ad} = \varepsilon_6(10°,25HZ) \times Kne \times K\theta \times Kr \times Kc$

Avec :

- Kne : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée
- Kθ : facteur lié à la température

- Kr : facteur lié au risque et aux dispersions

- Kc : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussées

Kne = $(TCEi / 10^6)^b$; Kθ = $(E\ (10°C, 10Hz) / E\ (\theta eq, 10Hz))^{0.5}$; Kr = $10^{-tb\delta}$; Kc=1.3

Avec :

- TCEi : trafic en nombre cumulé d'essieux de 13 tonnes sur la durée de vie considérée

- b : pente de la droite de fatigue (b<0)

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

- E (θeq) : Module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est en fonction de la zone climatique considérée

Avec :

SN : dispersion de la loi de fatigue

• Sh : dispersion sur les épaisseurs (en cm)

• c : coefficient égal à 0.02

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

Pour les Tableau des Caractéristiques des matériaux enrobés et les risque du projet et la température équivalente :

À partir des tableaux (Voir l'annexe), on calcule les différents coefficients pour trouver :

- Kne = $(TCEi / 10^6)^b$ = $(7.56 \times 10^6 / 10^6)^{-0.146}$ = **0.75**

- Kθ = $(E\ (10°C, 10Hz) / E\ (\theta eq, 10Hz))^{0.5}$ = $(12500/7000)^{0.5}$ **= 1.336**

- Kr = $10^{-tb\delta}$, avec r = 5%, d'où t = -1.645

$\delta = \sqrt{(SN^2 + ((c/b) \times Sh)^2)} = \sqrt{(0.45^2 + ((0.02 / 0.146) \times 3)^2)}$ = **0.609**

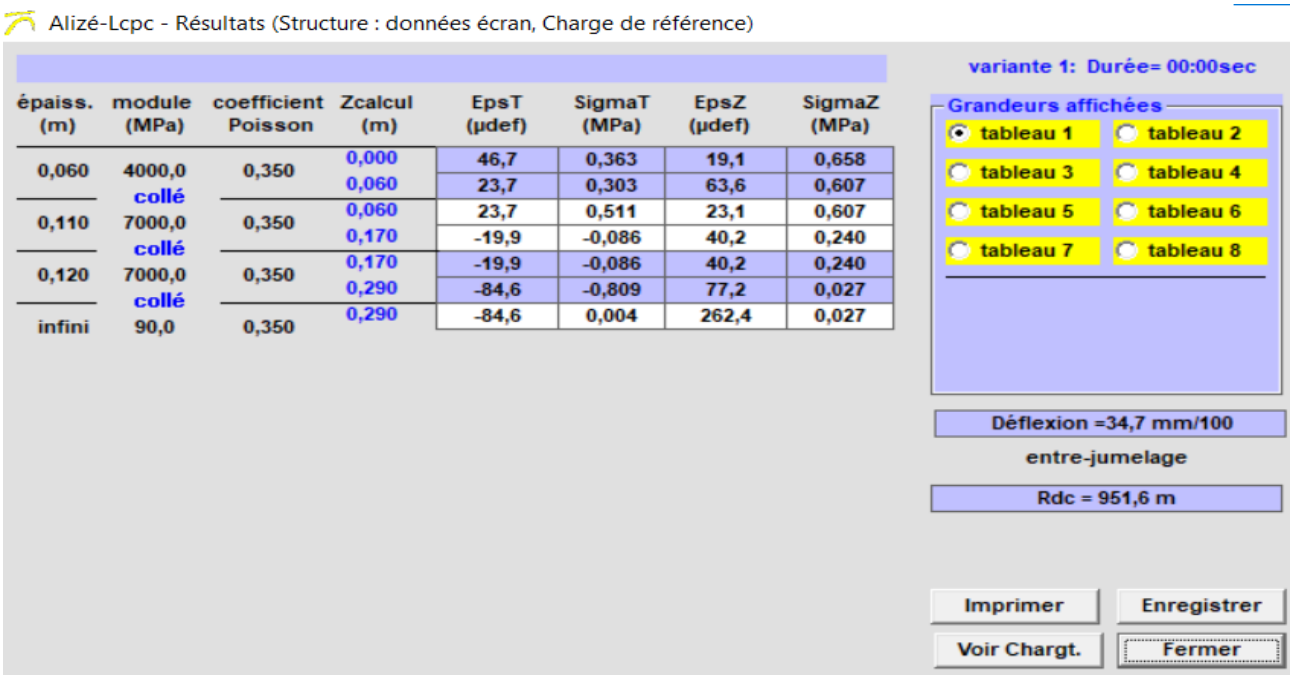
- Kr = $10^{-1.645 \times 0.146 \times 0.609}$ = **0.714**

- Kc = 1.3

D'où : $\varepsilon_{t.ad} = 100.10^{-6} \times 0.75 \times 1.336 \times 0.714 \times 1.3 = 93 \times \mathbf{10^{-6}}$

$\varepsilon_{t.ad} = 93 \times 10^{-6}$

VIII.7 Résultats de la modélisation du corps de chaussée avec Alizé III :



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,060	4000,0	0,350	0,000	46,7	0,363	19,1	0,658
	collé		0,060	23,7	0,303	63,6	0,607
0,110	7000,0	0,350	0,060	23,7	0,511	23,1	0,607
	collé		0,170	-19,9	-0,086	40,2	0,240
0,120	7000,0	0,350	0,170	-19,9	-0,086	40,2	0,240
	collé		0,290	-84,6	-0,809	77,2	0,027
infini	90,0	0,350	0,290	-84,6	0,004	262,4	0,027

Figure VIII.8 : Vérification de la structure 01

Remarque :

On a proposé une autre structure avec les valeurs suivantes :

Tableau VIII-5 : Caractéristique de la structure proposée

Epaisseur (cm)	Module (MPA)	Coef de poisson
8cm de BB	4000	0.35
20cm de GB	7000	0.35
30cm de GNT	310	0.25

Pour le calcul de module de GNT :

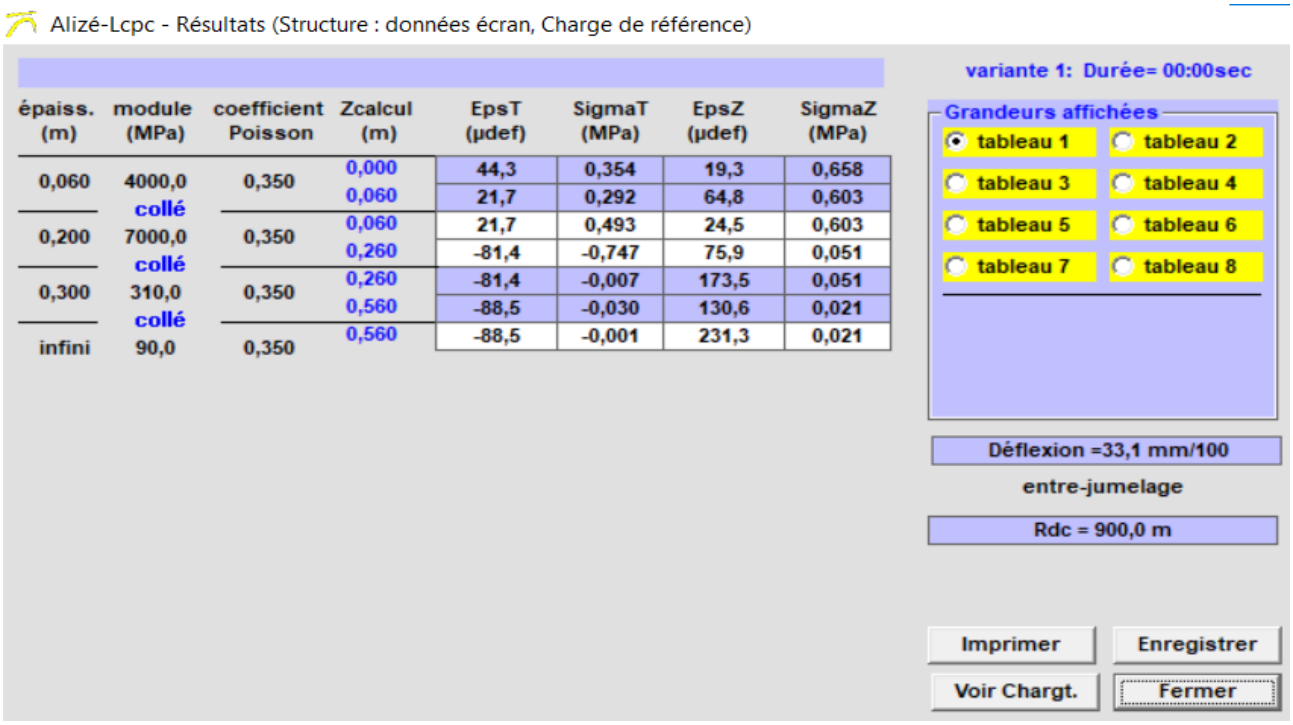
A l'aide de Fascicule N 02 page 19 :

E_{mnt} = K × E sol support

E_{Gnt} = 2.5 ×50 = 125 MPA **avec H=15 cm**

E_{Gnt} = 2.5 × 125 = 312.5 MPA **avec H = 30 cm**

Donc on prend **E_{Gnt} = 310 MPA.**



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,060	4000,0	0,350	0,000	44,3	0,354	19,3	0,658
	collé		0,060	21,7	0,292	64,8	0,603
0,200	7000,0	0,350	0,060	21,7	0,493	24,5	0,603
	collé		0,260	-81,4	-0,747	75,9	0,051
0,300	310,0	0,350	0,260	-81,4	-0,007	173,5	0,051
	collé		0,560	-88,5	-0,030	130,6	0,021
infini	90,0	0,350	0,560	-88,5	-0,001	231,3	0,021

Figure VIII.9 : Vérification de la structure 02

Tableau VIII-6 : récapitulatif de la structure 01

	Déformation admissible	Déformation calculées par alizé
ε_z sol support	532×10^{-6}	262.4×10^{-6}
ε_t à la base de GB	93×10^{-6}	84.6×10^{-6}

Tableau VIII-7 : récapitulatif de la structure 02

	Déformation admissible	Déformation calculées par alizé
ε_z sol support	532×10^{-6}	231.3×10^{-6}
ε_t à la base de GB	93×10^{-6}	88.5×10^{-6}

On a : $\varepsilon_t < \varepsilon_{t.ad}$ et $\varepsilon_z < \varepsilon_{z.ad}$ pour les deux structures, donc elles **sont vérifiées**.

VIII.8 Conclusion :

Les résultats de l'analyse du corps de chaussée en utilisant la méthode de CBR améliorée et le catalogue algérien des chaussées neuves ont été les suivants :

Couche	Structure 1 (méthode CBR)	Structure 2 (Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves) Première structure	Structure 2 (Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves) Deuxième structure
Couche de roulement	8cm de BB	6cm de BB	6cm de BB
Couche de base	20cm de GB	11cm de GB	20cm de GB
Couche de fondation	65cm de GNT (2couches)	12cm de GB	30cm de GNT
Couche de forme (facultative)	/	60cm de TUF	60cm de TUF

Tableau VIII-8 : Structures Proposées par Méthode CBR et méthode du catalogue des chaussées neuves.

La méthode CBR nous offre une structure de chaussée qui présente des épaisseurs moins importante à celles de la méthode du catalogue.

La méthode du catalogue de dimensionnement de chaussée est suggérée car elle repose sur des lois de comportement à la fatigue, ce qui permet d'améliorer le comportement face à l'agressivité des charges. Cela permettra de réduire les coûts d'entretien tout au long de la durée de vie de cette route.

CHAPITRE IX

ASSAINISSEMENT

IX.1 Introduction :

La gestion de l'assainissement routier joue un rôle crucial dans la conception, la construction et l'exploitation des infrastructures linéaires. L'eau représente la principale menace pour la route car elle engendre de nombreux problèmes complexes sur la chaussée, ce qui compromet la sécurité des usagers (glissance, inondation, diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par dés enrobage des couches de surface, etc.) et a un impact sur la durabilité de la chaussée en réduisant la portance des sols de fondation.

Les types de dégradation provoquée par les eaux sont engendrés comme suit :

Pour les chaussées :

- Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussée).

- Décollement des Bords.

- Désenrobage.

Pour les talus :

- Glissement.

- Affouillement du pied de talus.

- Erosion.

L'étude hydraulique a révélé l'existence de rivières et, plus généralement, des écoulements d'eau en surface. Par la suite, elles examineront l'impact du projet sur ces écoulements et les équipements à considérer afin de les maintenir.

IX.2 Objectifs de l'assainissement :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurez-vous que les eaux tombantes et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée soient rapidement évacuées.

- Réduction des frais de maintenance.

- Prévenir les risques d'érosion.

- Le maintien d'une situation de viabilité optimale.

- Assurez-vous que les eaux d'infiltration sont évacuées à travers les éléments de la chaussée.

IX.3 Dimensionnement du réseau d'assainissement :

Une étude hydrologique implique l'identification et l'analyse des débits de crue de chaque zone.

Les infrastructures hydrauliques comme les ponts, les buses et les dalots jouent un rôle crucial dans la restauration de tous les cours d'eau qui se rencontrent avec les routes. Il est indispensable afin de favoriser le débit de l'eau à travers la route.

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

- Données topographique

- Données hydraulique

La technique de dimensionnement implique de sélectionner un élément et de vérifier sa capacité à absorber le débit d'apport, en utilisant la formule suivante :

Qa = Qs ; avec Qa = débit d'apport en provenance du bassin versant (m^3/s)

Qs = débit d'écoulement au point de saturation (m^3/s)

IX.3.1 Le débit d'apport :

En utilisant la méthode rationnelle le débit est donné par la formule :

$$\mathbf{Q = 0{,}278.C.A.I}$$

Avec :

Qa : débit d'apport en m^3/s

C : coefficient de ruissellement

A : aire de bassin versant (km^2)

I : intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps déconcentration (mm/h)

K : coefficient de conversion d'unités

Avec : ($K = \frac{1}{3,6} = 0.278$ Si A en km^2)

IX.3.2 La période de retour :

- les buses et les fossés seront dimensionnés pour une période de retour 10 ans.

- les dalots seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.

- les ponts seront dimensionnés pour une période de retour 100 ans.

IX.3.3 Temps de concentration :

La durée (Tc) de l'averse qui produit le débit maximum Q étant prise égale au temps de concertation.

Selon Ventura, Passini et Giandotti, le temps de concentration est estimé de manière différente en fonction des caractéristiques du bassin drainé, comme suit :

$t_c = 0{,}127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$ Si A < 5 km^2 Selon (Ventura).

$t_c = 0{,}108 \times \frac{\sqrt[3]{A.L}}{\sqrt{P}}$ Si 5 km^2 <A< 25 km² Selon (Giandotti).

$t_c = \frac{\sqrt[4]{A}+1{,}5\times L}{0{,}8 \times \sqrt{H}}$ Si 25 km² < A < 200 km² Selon (Passini).

Avec :

Tc : temps de Concentration (heure).

A : Superficie du bassin Versant (km2).

L : Longueur de bassin versant (km).

P : Pente moyenne du bassin versant (m/m).

H : la différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m).

IX.3.4 Coefficient de ruissellement :

Coefficient moyen traduisant le rapport entre volume ruisselé et le volume précipité sur une surface pour une pluie donnée. Sera estimé à partir de la méthode de KENESSEY (Hongrie) où "C" est la somme de trois coefficients partiels :

C = C1 + C2 + C3

Avec :

- C1 : dépend de la pente "p" du thalweg.
- C2 : Dépend de la nature du sol (perméabilité).
- C3 : dépend de la couverture végétale du bassin versant.

Les valeurs des coefficients C1, C2, C3 :

Tableau X 1 : Valeurs du coefficient (C1) pour diverses pentes

Pente (P) %	Coefficient (C1)
P ≤ 3,5	0,01 - 0,05
3.5 ≤ P ≤ 11	0,06 – 0,10
11 < P ≤ 35	0,12 – 0,20
35 < P	0,22 – 0,30

Tableau IX-1 : Valeurs du coefficient (C2) par rapport à la nature du sol

Couverture végétale	Coefficient (C2)
Imperméable	0,22 - 0,30
Peu perméable	0,10 - 0,20
perméable	0,06 - 0,10
Très perméable	0,06 - 0,05

Tableau IX-2 : Valeurs du coefficient (C3) relative à la couverture du sol

Couverture végétale	Coefficient (C3)
Rocheux	0,22 - 0,30
Prairie	0,17 - 0,25
Labours – Champs	0,07 - 0,15
Forêts et terrains sableux	0,03 - 0,05

IX.3.5 Intensité de pluie I(t) :

Le calcul de l'intensité de la pluie à l'aide de la formule de Montana :

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

Avec :

- **I** : intensité de pluie exprimée en mm/h.
- t_c : temps de concentration en heures.
- **T** : période de retour exprimé en ans (elle dépend de l'ouvrage à réaliser).
- **a** et **b** : paramètre de Montana.

Estimation des débits de saturation Qs :

La formule de MANNING STRICKLER donne le débit de saturation :

$$Qs = S_m.K_{ST}.R_H^{2/3}J^{1/2}$$

K_{ST} : coefficient de Strickler qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage.

R : rayon hydraulique (m).

J : la pente moyenne de l'ouvrage.

S : section mouillée.

Tableau IX-3 : valeurs des coefficients de Strickler

Ouvrage d'assainissement	En terre	Buses Métalliques	Maçonnerie	Dalot (Béton)	Béton (buses préfabriqué)
K_{ST}	30	40	50	60	70

Afin que l'ouvrage puisse transmettre l'eau de ruissellement de manière sécurisée, il est nécessaire de s'assurer que :

$$Qs \geq Qa$$

IX.4 Etude hydrologique :

L'étude hydrologique a abouti à la définition de treize (13) bassins versants répartis sur l'ensemble du tracé.

Cette étude hydrologique a permis d'établir les débits de crues pour des périodes de retour de 10 ans, 50 ans et 100 ans.

Les données pluviométriques sont acquises auprès de L'Agence National des Ressources Hydriques (ANRH). Les pluies journalières maximales ont été ajustées avec la méthode de Gumbel pour la station de HAMIZ BARRAGE N° 020602

Tableau IX-4 : caractéristique de station pluviométrique du projet

Nom de la station	HAMIZ BARRAGE
Code	020602
X (Lambert)	558.55
Y (Lambert)	367.40
Altitude (m)	130

IX.4.1 Donnes climatiques :

L'analyse des courbes IDF de la pluviométrie de la région a donné comme résultats :

L'indice climatique pour la région de Boumerdes **b = 0.66**

Tableau IX-5 : Valeurs du paramètre de Montana « a »

T	10	50	100
a(t)	40	53,2	58,8

IX.4.2 Délimitations des bassins versants :

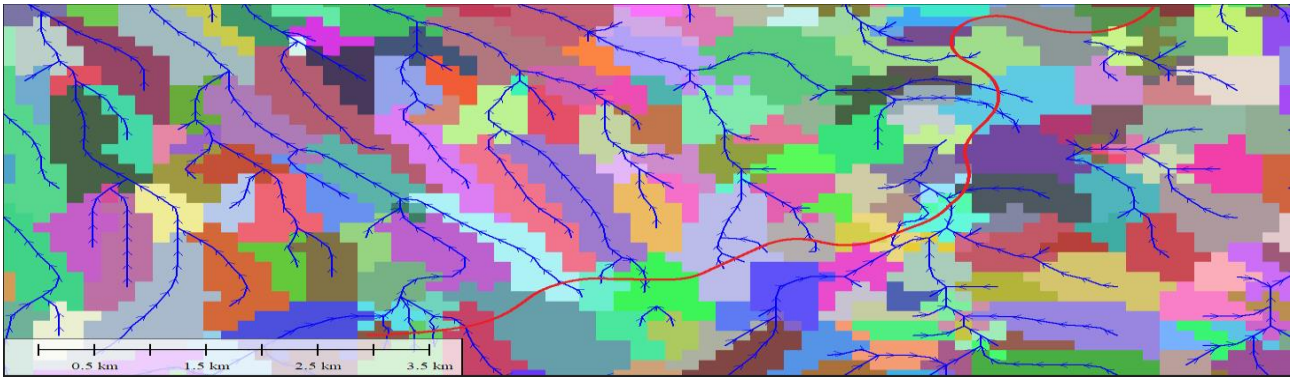


Figure IX.1 : Bassins versants délimité par le logiciel Global Mapper

IX.5 Caractéristiques physiques des bassins versants :

Tableau IX-6 : Caractéristiques des bassins versants

BV	A (Km^2)	P (km)	Lr (km)	Hmax (m)	Hmin (m)	I (m/m)	C=C1+C2+C3
BV1	0.45	3.02	1.17	189	78	9.5%	0.46
BV2	0.36	3.31	1.49	400	290	7.4%	0.46
BV3	0.3	2.57	1.35	327	263	4.7%	0.46
BV4	1.54	6.56	2.5	450	143	12.28%	0.54
BV5	2.12	6.36	2.5	450	133	12.68%	0.54
BV6	0.95	4.08	1.5	400	165	15.67%	0.54
BV7	0.27	1.91	1.25	195	159	3.6%	0.46
BV8	0.26	2.57	1.43	304	238	4.6%	0.46
BV9	2.03	8.06	3.3	400	104	8.97%	0.46
BV10	156.84	57.57	18	1000	200	4.4%	0.46
BV11	1.01	3.93	1.4	250	97	10.93%	0.46
BV12	4.47	10.45	4	250	97	3.83%	0.46
BV13	0.85	4.80	1.31	150	56	7.2%	0.54

Tel que :

A : surface du bassin versant (km^2).

Lr : longueur du cours d'eau principal (km).

Hmax : altitude maximale (m).

Hmin : altitude minimale (m).

I : pente moyenne du bassin versant (m/m).

Calcul de débit d'apport :

Exemple :

Pour le bassin versant BV2, on a :

La surface **A = 0.36 km²** ⟹ **A < 5 km²**

$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.36}{0.074}}$ ⟹ $\boldsymbol{t_c}$ **= 0.28 h**

$I(t, T) = a(t) / t_c^b = 40 / 0.28^{0.66}$ ⟹ **I (t, T) = 92.67 mm/h**

Le coefficient de Ruissellement : C = 0.46

Donc : Qa = 0.278 × 92.67 × 0.36 × 0.46 = **4.27 m³/s**

Tableau IX-7 : Débits max des bassins versants pour les périodes de retour

N° BV	Tc(h)	I (mm/h)	Q (m3/s)	Proposition
BV1	0.78	93.88	5.4	Dalot
BV2	0.28	92.67	4.27	Buse
BV3	0.37	78.1	3.9	Buse
BV4	0.45	90	20.82	Dalot
BV5	0.52	81.9	26.07	Dalot
BV6	0.33	83.45	16.34	OA
BV7	0.35	80.71	2.79	Buse

BV8	0.3	88.71	2.95	Buse
BV9	0.6	74.19	19.24	Dalot
BV10	5.2	69.66	860	OA
BV11	0.39	63	12.87	Dalot
BV12	1.37	50.27	24.65	Dalot
BV13	0.44	91.46	11.67	Dalot

IX.6 Système de drainage transversal :

L'écoulement des bassins versants se draine à travers l'autoroute via des ponts, des dalots et des buses.

Les recommandations suivantes doivent être respectées :

- La méthode retenue pour le dimensionnement est celle du Guide Setra d'assainissement routier.

- Les vitesses maximales à la sortie des buses et dalots en béton ne doivent pas dépasser 4,0 m/s.

IX.6.1 Dimensionnement des buses :

Le dimensionnement d'une buse résulte de la comparaison entre le débit d'apport Qa trouvé dans la partie étude hydrologique, et le débit de saturation de cette buse. Donc il faut que Qa soit inférieure à Qs. donné par la formule de Manning Strickler :

$$Qs = S_m . K_{ST} . R_H^{2/3} . J^{1/2}$$

Tel que :

Sm = $\pi . R^2$ $Rh = R/2$ Kst = 80 (buses préfabriquées)

- Pour la pente hydraulique des buses « J », on met : J= 1%, c'est assez pour l'écoulement d'eau dans une section en béton armé.

On calcul une section et un périmètre mouillé pour une hauteur de remplissage égale à :

- 0.75 De diamètre si ce dernier est inférieur ou égale à 1 mètre.

- 0.5 De diamètre si ce dernier est supérieur à 1 mètre.

$$D = 2 \times \left(\frac{2^{\frac{2}{3}} \times Qa}{\pi \times Kst \times J^{0.5}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

IX.6.1.1 Exemple de calcul :

Pour le bassin versant **BV3** on a :

A = 0.3km^2, Lr = 1.35km, tc = 0.37h, I10 = 78.1mm/h, Q10 = 3.9m^3/s.

Pour le dimensionnement des buses, on prend : **Qa= Qs**

Qa = 3.9 m^3/s $\longrightarrow$ $D = 2 \times \left(\frac{2^{\frac{2}{3}} \times 3.9}{\pi \times 80 \times 0.01^{0.5}} \right)^{\frac{3}{8}}$ = 1,18 m .

Φ = D = 1.18 m

Alors on prend une buse de **Φ = 1500 mm.**

La vérification des conditions d'auto-curage :

On doit vérifier les conditions suivantes :

- V > 0.6 m/s pour Q=0.1Qps

- V > 0.3 m/s pour Q=0.01 Qps

Avec : $\boldsymbol{Qps}$: Débit pleine section. Et Φ = 1500 mm.

Si l'une des conditions n'est pas vérifiée on doit choisir une autre valeur de D.

* $\boldsymbol{Qps} = 80 \times \pi \times 0.75^2 \times (0.75/2)^{2/3} \times 0.01^{1/2} = 7.35$ m3/s.

Vps = Qps / S = (7.35/0.75^2×π) = 4.16 m/s.

Rq=Q/Qps = 0.45× Rv = V/Vps $\longrightarrow$ $(3.9/7.35) = 0.45\times$ Rv $\longrightarrow$ Rv = 1.17

Rq = 0.45×1.17 = 0.53

V= 0.45×Vps = **2.2 m/s < 4 m/s.** **Condition vérifiée**

*** V** ≥ 0.6m/s pour Q= 0.1 Qps :

Rq = 0.1 → Rv = V / Vps = 0.64 → V = 0.64 × 3.9 = **2.5 m/s >0.6m/s.** **Condition vérifiée**

* Q / Qps = 0.01 → V / Vps = 0.316

V = 3.9 x 0.316 = **1.23 m/s > 0.3 m/s** **Condition vérifiée**

IX.6.2 Dimensionnement des dalots :

Le dimensionnement des dalots est en fonction du débit maximum des eaux de ruissellement captées pendant le temps de concentration Tc.

En ce qui concerne les dalots, on calcule la section et le périmètre mouillés pour une hauteur de remplissage de :

* Hr = 0,80 H si H ≤ 2.5 m

* Hr = H-0.50 si H > 2.5 m

* H : hauteur du dalot

Avec :

* La surface mouillée : **Sm=0.8H×B**

* Le périmètre mouillé : **Pm=1.6H+B**

* Le rayon Hydraulique : **Rh=(0.8×B)/(1.6H+B)**

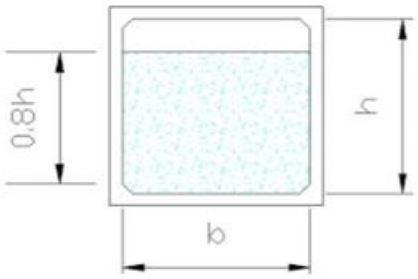


Figure IX.2 : dalot

* J : La pente de pose égale la pente de profil en travers

Et on applique l'égalité : **Qa=Qs**

On a $\mathbf{Q_s = S_m . K_{ST} . R_H^{2/3} . J^{1/2}}$

Donc $Q_a = Q_s = S_m \times K_{st} \times J^{1/2} \times R_H^{2/3}$

Alors $\mathbf{H = ((1/(0.8\times B))((Qa/(K_{ST}\times J^{1/2}))^{3/5}(1.6H + B)^{2/5}}$

▪ **Qs** : débit de saturation en m^3/s.

▪ **K_{ST}** : coefficient de Strickler K_{ST} = 70.

▪ **J** : Pente de dalot, On donne J = 1%

IX.6.2.1 Exemple du calcul :

Pour le bassin versant BV4 on prend les données suivantes :

A = 1.54 km^2, L= 2.50 km, tc = 0.45 h, I50 = 90 mm/h, Q50=20.82m^3/s.

$\mathbf{H = ((1/(0.8\times B))((Qa/(70\times J^{1/2}))^{3/5}(1.6H + B)^{2/5}}$

$\mathbf{H0 = ((1/(0.8\times B))(Qa/(70\times J^{1/2}))^{3/5}}$

On fixe B = 2 et par calcul itératif, on trouve : **H = 2,5 m.** Donc, nous choisissons un dalot de **2** mètres de haut et **6** mètres de large.

Tableau IX-8 : Dimensions des dalots

N° BV	Q (m^3/s)	Largeur b (m)	Hauteur H (m)	Type d'ouvrage	Dimensions
1	5.4	2	1.5	Dalot	1 × (2×1.5) m^2
4	20.82	6	2.5	Dalot	2 × (3×2.5) m^2
5	26.07	6	2.5	Dalot	2 × (3×2.5) m^2
9	19.24	6	2.5	Dalot	2 × (3×2.5) m^2
11	12.87	6	2	Dalot	2 × (3×2) m^2
12	24,65	6	2.5	Dalot	2 × (3×2.5) m^2
13	11.67	6	2	Dalot	2 × (3×2) m^2

La vérification des conditions d'auto-curage :

*** Vérification de la vitesse : cas (BV5)**

V = Qa / S = 26.07 / (6×2.5) **= 1.74 m/s < 4m/s** **Condition vérifiée**

*** Vérification de la hauteur critique :**

hc = $\sqrt[3]{\frac{(Qa)^2}{g \times B^2}} = \sqrt[3]{\frac{26{,}07^2}{10 \times 2^2}}$ ⟹ **hc = 2.48 m < 2.5 m** **Condition vérifiée**

IX.7 Système de drainage longitudinal :

Un drainage longitudinal est un drainage destiné à évacuer l'eau le long d'une route, d'une piste ou d'une autoroute. En général, le système de drainage est constitué d'un canal ou d'un fossé linéaire longeant la chaussée, destiné à recueillir et à évacuer les eaux de pluie et les eaux de fonte des neiges.

IX.7.1 Dimensionnement des fossés :

Les fossés sont dimensionnés en fonction de leur profil en long et des points de refoulement (drain ou oued). Ainsi, les fossés sont dimensionnés en fonction de leurs départs et de leurs fins.

IX.7.2 Estimation des débits d'apport :

Le débit d'apport pour chaque élément (chaussée, BAU, berme et talus) et le débit total sur leurs sections respectives sont pris en compte pour prendre en compte la présence des éléments.

Longueur **400 m** avec Déblai de **H= 19 m.**

⟶ **Qa = Qach+ QBAU + Qb + Qat**

Avec :

Qach = K.I.Cc.Ac ⟶ Débit rapporté par la chaussée +BDG.

Qb : K.I.Cb.Ab ⟶ Débit rapporté par la berme.

Qat : K.I.Ct.At ⟶ Débit rapporté par le talus.

QBAU : K.I.C_{BAU}.A_{BAU} ⟶ Débit d'apport de la BAU.

IX.7.2.1 Coefficient de ruissellement :

Les différentes valeurs du coefficient de ruissellement de la chaussée, de la berme, du talus et de la valeur prise sont récapitulées dans le tableau.

Tableau IX-9 : Valeurs du coefficient de ruissellement en fonction du type de la chaussée.

Type de chaussée	Valeur de C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.80 à 0.95	0.95
Accotement	0.10 à 0.40	0.40
Talus	0.10 à 0.30	0.30

IX.7.2.2 Exemple du calcul :

*** La chaussée+ BDG : P =2.5% ; C =0.95 :**

A_{ach} = 11,5 × 400 = 4600 **m^2 = 4,6 × 10^{-3} km^2.**

Tc = 0,127 × $\sqrt{\frac{0,0046}{0.025}}$ = **0,054 h.**

La période de retour pour le dimensionnement est égale à 10 ans. Donc :

a(t) = 40,2 et b = 0,66

It = 40,2 × $0,054^{-0.66}$ = **275,96 mm/h.**

Qach = 0.278 × C × I × A = **0,34 m^3/s**.

*** La bande d'arrêt d'urgence : P = 4% ; C =0.95 :**

ABAU = 3 x 400 = **1200 m^2 = 1,2 × 10^{-3} km^2.**

Tc = 0,127 × $\sqrt{\frac{0,0012}{0.04}}$ = **0,022 h.**

La période de retour est égale à 10 ans :

It = **499,15 mm/h.**

Q_{BAU} = 0.278 × C × I × A = **0,158 m^3/s**.

*** La berme : P =8%; C = 0.4**

Ab **=** 1 x 400 = 400 m^2 = **0,4 × 10^{-3} km^2.**

Tc = 0,127 × $\sqrt{\frac{0,0004}{0.08}}$ = **8,98 × 10^{-3} h.**

La période de retour est égale à 10 ans :

It = **901,7 mm/h.**

Q_b = 0.278 × C × I × A = **0,04 m^3/s.**

*** Le talus: P = 67%; C= 0.3:**

At = 13,7 × 400 = 5480 m^2 = **5,48 ×10^{-3} km^2.**

Tc = 0,127 × $\sqrt{\frac{5,48 \times 10-3}{0.67}}$ = **0,011 h.**

La période de retour est égale à 10 ans :

It = **788,69 mm/h.**

Q_{talus} = 0.278 × C × I × A = **0,36 m^3/s.**

Tableau IX-10 : Tableau récapitulatif des résultats des débits des SBV

SBV	A (km^2)	P (%)	Tc (h)	It(mm/h)	C	K	Q(m^3/s)	Qa(m^3/s)
Chaussée	$4,6\times10^{-3}$	2,5	0,054	275,96	0,95	0,278	0,34	0,898
B. A. U	$1,2\times10^{-3}$	4	0,022	499,15	0,95	0,278	0,158	
Berme	$0,4\times10^{-3}$	8	$8,98\times10^{-3}$	901,7	0,4	0,278	0,04	
Talus	$5,48\times10^{-3}$	67	0,011	788,69	0,3	0,278	0,36	

$Qa = Qach + Q_{BAU} + Q_b + Q_{talus}$ = 0,34 + 0,158 + 0,04 + 0,36 = **0,898 m^3/s.**

Débit de saturation :

$$Qa = Qs = S_m . K_{ST} . R_H^{2/3} . J^{1/2}$$

Avec :

K_{ST} = 70 J = 2 %

On a:

On fixe b = 0.5m et pour un angle de 45°, et on calcule Qs pour les différentes valeurs de h.

* Sm = h × (b+ h) car angle alpha = 45°.

* Pm = b + 2h × $(2)^{0.5}$

* Rh=Sm/Pm

Alors:

$$h = \left(\frac{Qa}{Kst \times b \times J^{0.5}} \right)^{\frac{3}{5}} \times \frac{\left(1+2\sqrt{2} \times \frac{h}{b}\right)^{\frac{2}{5}}}{1+\frac{h}{b}}$$

D'après le calcul itératif de cette formule **:** On a trouvé **la hauteur h= 0.33m.**

*** Pour des raisons de sécurité on prend un fossé standard (h =0.5 m, b = 0.5 m).**

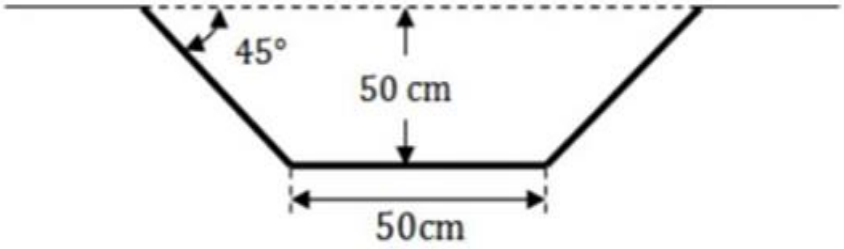


Figure IX.3 : la géométrie du fossé

CHAPITRE X

STABILITE DES TALUS ET DES CUBATURES

X.1 Introduction :

Toute modification du terrain naturel sur lequel le projet sera implanté est nécessaire lors de tout projet routier.

Cette modification comprend deux actions :

* la première consiste à ajouter de la terre (remblai).

* la seconde il est question d'enlever de la terre (excavation).

On a dû effectuer des profils longitudinaux et transversaux afin de déterminer les volumes de terre entre le tracé du projet et le terrain naturel.

Dans le but de diminuer les coûts de terrassement, tout en assurant une amélioration de l'aspect homogène et uniformisé de la route, et en proposant une chaussée bien aménagée pour assurer une circulation sécurisée des véhicules.

X.2 Les méthodes de calcul :

Il y a différentes approches pour calculer les volumes de remblai-déblai, parmi lesquelles nous mentionnerons celles-ci :

* Méthode de la longueur applicable.

* Méthode de l'aire moyenne : (méthode par défaut).

* Méthode approchée.

* Méthode de la moyenne des aires (méthode par excès).

X.3 La méthode de la moyenne des aires :

Il s'agit d'une technique simple qui implique de déterminer les volumes des segments situés entre deux profils en travers successifs (déblai et remblai). Par la formule :

$$\mathbf{V= (L/6) \times (S1+S2+4Smoy)}$$

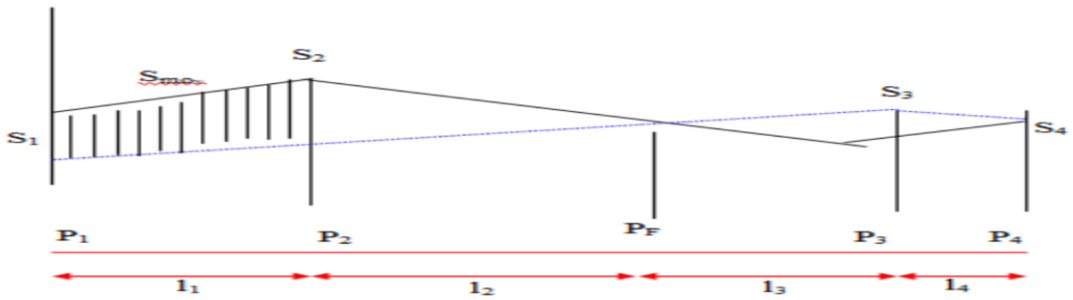
* L : la distance entre les deux profils.

* S1 : surface de profil en travers P1.

* S2 : surface de profil en travers P2.

* Smoy : surface limitée à mi- distances des profils.

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



X.4 Application aux déblais-remblais de sur projet :

X.4.1 Caractéristiques du déblai :

Nous allons vérifier la stabilité du profil qui représente la hauteur du déblai la plus importante, à savoir au PK 81+725, cette hauteur est de 19 m pour cela on utilise le logiciel Slide 6.0.

*** Les remblayages ont été modélisés avec une inclinaison de 3H / 2V**

Les caractéristiques du matériau d'apport :

* Angle de frottement : 35.75 °.

* Cohésion : 31 KPa.

*** Résultats d'analyse par logiciel :**

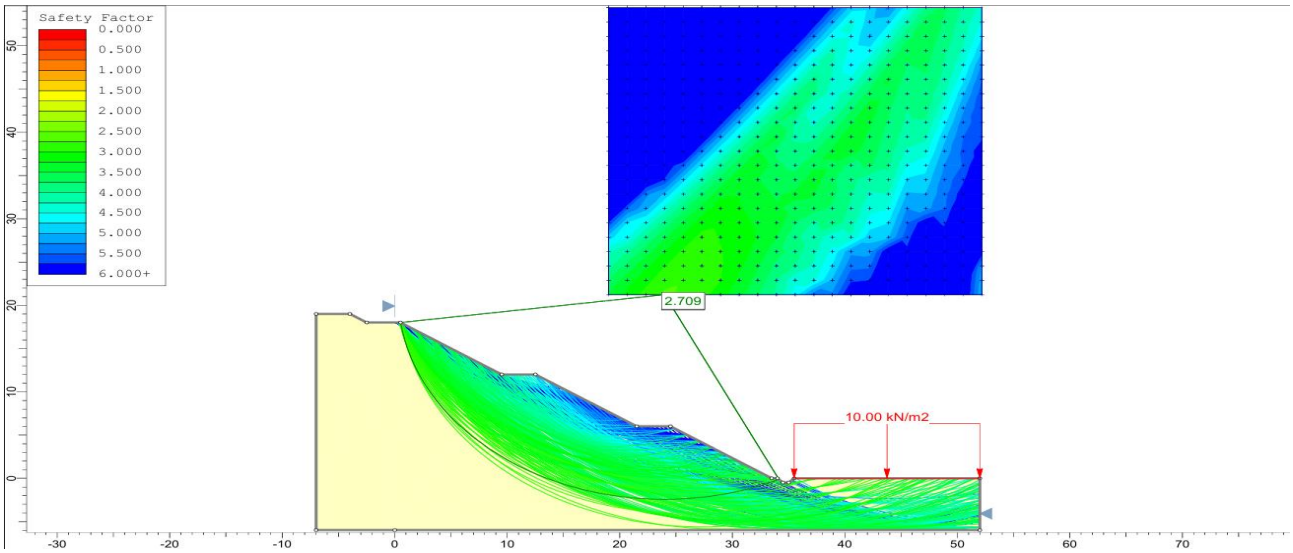


Figure X.1 : Analyse de stabilité de déblai à long terme

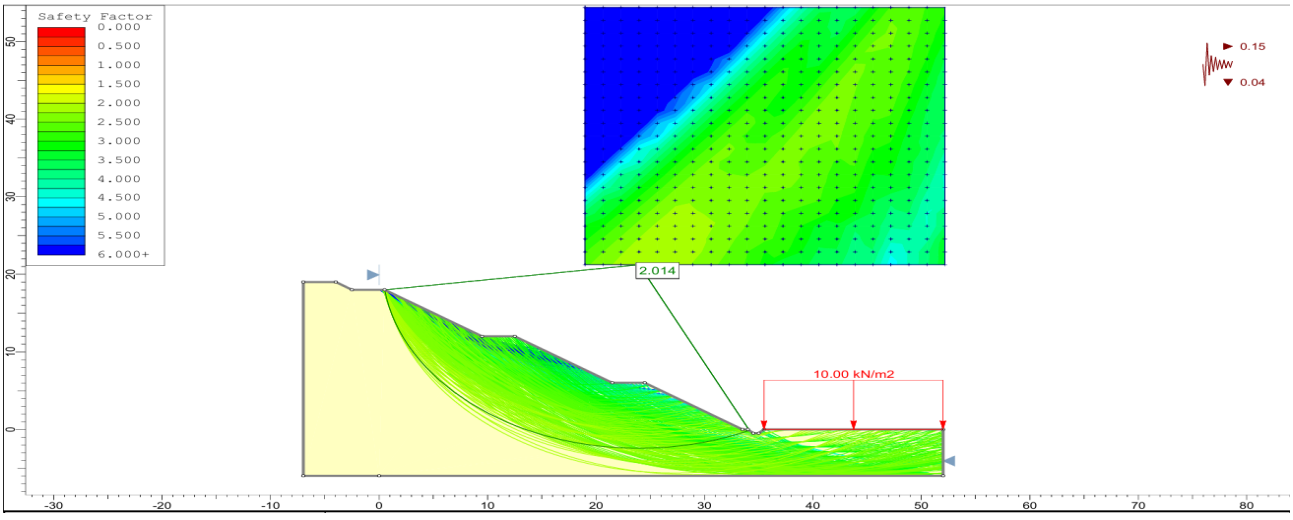


Figure X.2 : Analyse de stabilité de déblai à condition sismique

* Interprétation des résultats :

Tableau X-1 : Interprétation des résultats de déblais

Explication	Analyse	Facteur de sécurité	Vérification Fs
Figure	Analyse de stabilité de déblai à long terme	2.709	> 1.5 Vérifié
	Condition sismique		
Figure	Analyse de stabilité de déblai à condition sismique	2,014	> 1.3 Vérifié

D'après le tableau :

La pente du talus de déblai choisie pour le calcul (3H/2V), nous a permet de qualifier la situation du terrain comme étant stable.

X.4.2 Caractéristiques du remblai :

Nous allons vérifier la stabilité du profil qui représente la hauteur du déblai la plus importante, à savoir au PK 86+050, cette hauteur est de 20 m pour cela on utilise le logiciel slide 6.0.

*** Les remblayages ont été modélisés avec une inclinaison de 3H / 2V**

Les caractéristiques du matériau d'apport :

* Angle de frottement : 35.75 °.

* Cohésion : 47 KPa.

*** Résultats d'analyse par logiciel :**

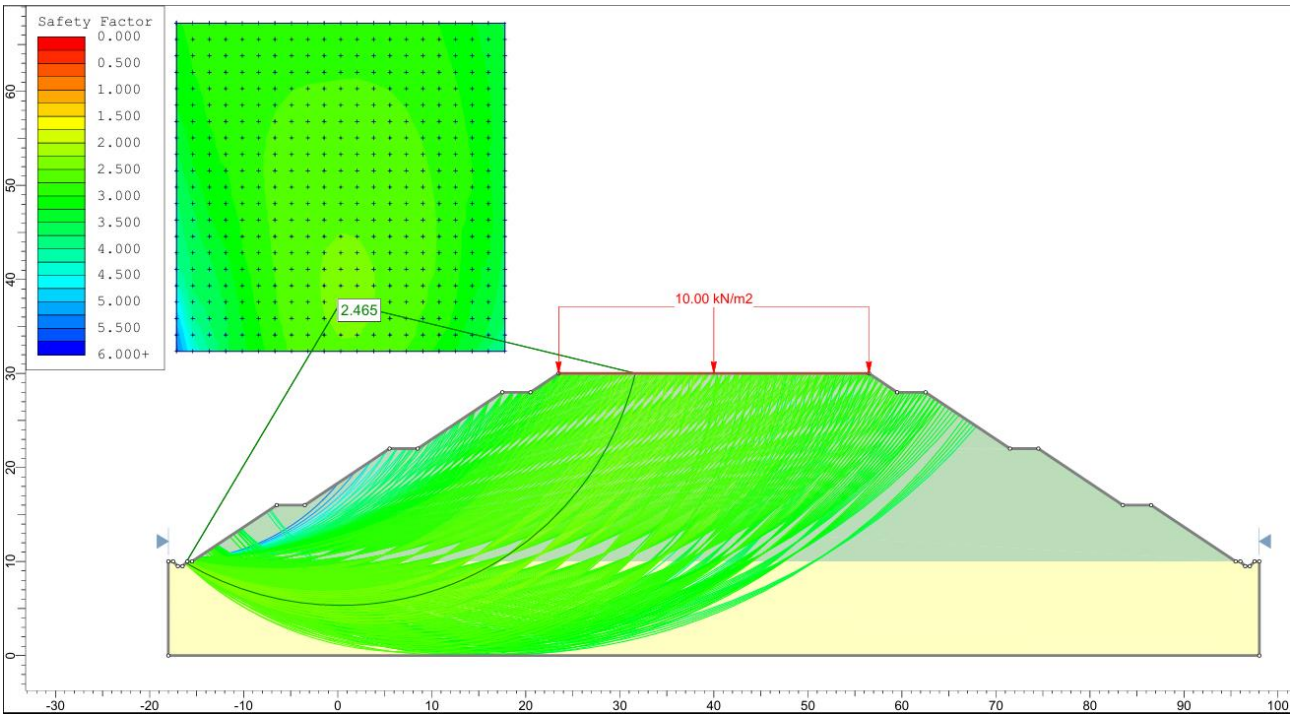


Figure X.3 : Analyse de stabilité remblai à long terme

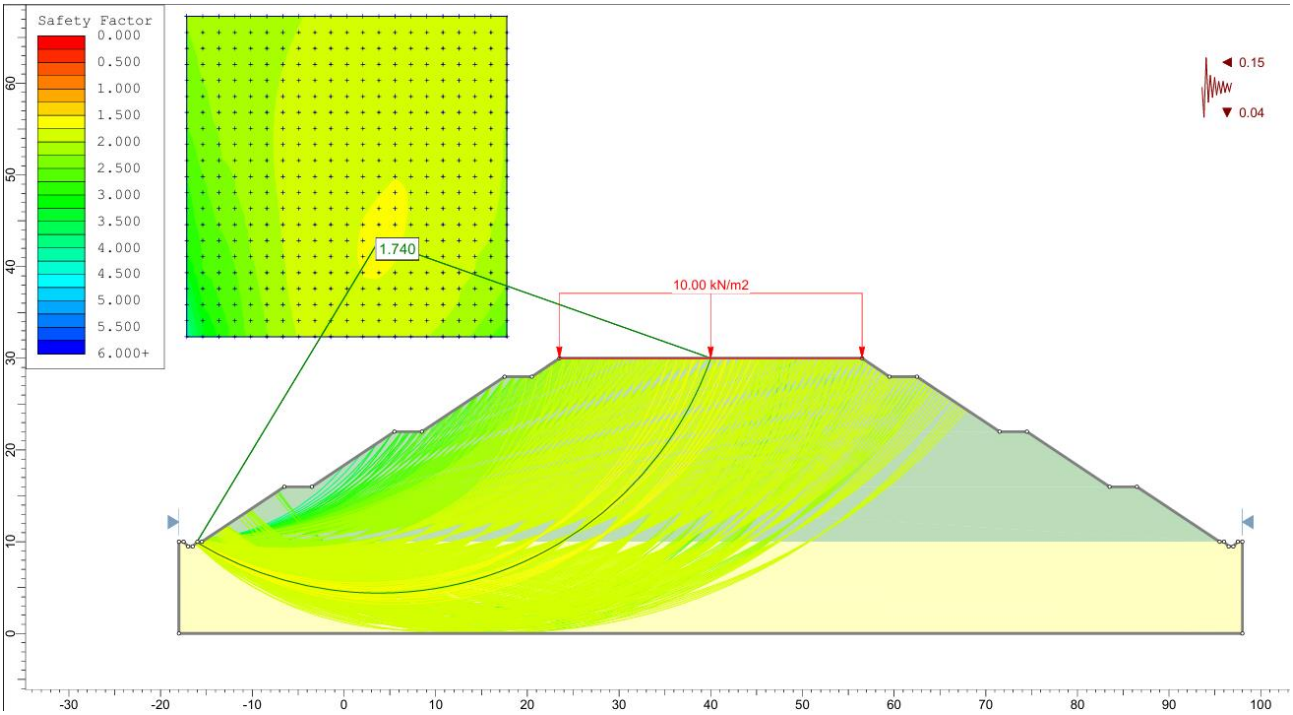


Figure X.4 : Analyse de stabilité remblai à condition sismique

* Interprétation des résultats :

Tableau X-2 : Interprétation des résultats de Remblai

Explication	Analyse	Facteur de sécurité	Vérification Fs
Figure	Analyse de stabilité de Remblai à long terme	2.465	> 1.5 Vérifié
	Condition sismique		
Figure	Analyse de stabilité de Remblai à condition sismique	1.740	> 1.3 Vérifié

D'après le tableau :

La pente du talus de déblai choisie pour le calcul (3H/2V), nous a permis de qualifier la situation du terrain comme étant stable.

X.5 CUBATURES :

La cubature des terrassements est une procédure qui vise à évaluer les quantités de terres (déblais et remblais) dans un projet de construction. En d'autres termes, il s'agit d'une opération visant à évaluer la quantité de terres à évacuer en cas de déblais et à apporter en cas de remblais dans un projet de construction routière.

X.6 Résultats de notre projet :

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

* Volume total de déblai : **1366658.5 m^3**

* Volume total de remblai : **1639350 m^3**

Remarque : Les résultats de calcul des cubatures sont détaillés dans **l'ANNEXE.**

CHAPITRE XI

OUVRAGES D'ART

XI.1 Introduction :

En général, un pont désigne tout élément qui permet à une voie de circulation de traverser un obstacle naturel ou une autre voie de circulation. On peut distinguer selon les cas : pont-route, pont-rail, pont canal. En bref, un pont désigne n'importe quel ouvrage de franchissement en élévation construit sur place, ce qui exclut les buses entièrement ou partiellement préfabriquées**.**

Dans ce chapitre on présente les PK des ouvrages ainsi leurs types selon les différents exigences.

XI.2 Présentation d'ouvrage :

Le contenu de notre projet est récapitulé dans le tableau ci-dessous :

Tableau XI-1 : Ouvrages de franchissement de notre tronçon

N° ouvrages d'arts	Localisation	Type	Description
1	PK 2+937	Viaduc	L =65m
2	PK 5+925	Pont	Ponts sur Oued Hamiz au niveau de la RN29A L = 120m
3	PK 6+375	Passage supérieur	Franchissement autoroute Est-Ouest L = 40m
4	PK 7+200	Pont	Pont à poutre avec : L = 75m
5	PK 8+063	Passage supérieur	L = 40m
6	PK 9+200	Passage supérieur	L = 40m

XI.3 Choix du type d'ouvrage :

L'objectif est de sélectionner le type d'ouvrage le plus approprié sur le plan technique et économique, afin de répondre au mieux à toutes les exigences liées à ce type d'ouvrage (béton armé, béton précontraint, mixte).

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

* Les profils de la voie.

* La portée de l'ouvrage.

* Le gabarit à respecter.

* La nature du sol.

XI.4 Variantes proposées pour notre tracé :

XI.4.1 Variante 1 : pont à poutre en BA

C'est un pont dont le tablier est porté par une ou plusieurs poutres longitudinales en béton armé, espacées de 1.5 à 4m, qui sont solidarisés entre elles par des entretoises sur appuis en travées, et par un hourdis formant la couche de roulement.

*** Les avantages :**

- Economique du point de vue de consommation des matériaux.

- La préfabrication permet de diminuer le délai d'exécution de l'ouvrage.

*** Les inconvénients :**

- Les structures continues sont très rigides et sensibles aux tassements différentiels.

- La main d'œuvre doit être qualifiée.

XI.4.2 Variante 2 : Les Ponts mixte

Un pont mixte acier/béton comporte des éléments structurels en acier et en béton armé ou précontraint, dont la particularité réside dans le fait de faire fonctionner ces matériaux selon leurs aptitudes optimales, notamment en compression pour le béton et en traction pour l'acier. Ses éléments présentent une solidarisation entre eux, sous forme de liaisons mécaniques, de façon à créer un ensemble monolithique.

*** Les avantages :**

- La simplicité d'usinage des poutres à âmes pleines.

- La rapidité et la simplicité de mise en œuvre.

*** Les inconvénients :**

- Matériaux très chers.

- La maintenance contre la corrosion et la fatigue des assemblages sont les principaux problèmes rencontrés par les ponts métalliques et mixtes.

- La répartition des efforts intérieurs est fortement influencée par les phénomènes de retrait et de fluage dans le domaine de la construction mixte.

XI.4.3 Variante 3 : pont-dalle en béton armé

Le ponts-dalle est constitué dans le sens longitudinal par une dalle pleine de béton coulé en place, à inertie constante, à travée unique ou à plusieurs travées continues sur appuis simples.

*** Les avantages :**

- L'aspect esthétique des ponts-dalles.
- Economie considérable du coffrage.

*** Les inconvénients :**

- La dalle consomme plus de béton qu'un tablier à poutres.
- Portée limitée à 20 m.

CHAPITRE XII

CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

XII.1 Introduction :

On dit que le développement de la route est la clé du développement.
Les infrastructures de transport, notamment les voies de communication, doivent être à la fois économiques et sociales.

Il est essentiel que le transport soit confortable, sécurisé pour les usagers de la route tout en étant fluide et rapide afin de gagner du temps. Nous avons choisi un échangeur qui sera indispensable et adéquat pour faciliter cette circulation en raison de la disponibilité de l'espace disponible. Afin de réussir ce genre de projet, il y a une étape essentielle à franchir : la conception. Il s'agit d'une étape cruciale, car elle permet de concevoir un projet en prenant en considération son coût et sa durabilité.

XII.2 Définition de l'échangeur :

Un échangeur autoroutier est un ensemble de bretelles routières permettant de s'engager sur une autoroute ou de la quitter soit pour prendre une autre autoroute soit pour emprunter les autres routes ordinaires.

Les échangeurs se trouvent donc aux intersections entre autoroutes, ou entre une autoroute et un autre type de route. Ils permettent d'éviter tout croisement à niveau également tout ralentissement sur les chaussées principales de l'autoroute.

Un échangeur autoroutier compte au minimum un pont permettant à une Autoroute d'enjamber l'autre dans les cas les plus complexes, les chaussées peuvent s'étager sur quatre niveaux différents (échangeur dit "Four-stack").

Un échangeur peut être complet (bidirectionnel) ou partiel (donnant accès à une seule direction de l'autoroute).

XII.3 Rôle de l'échangeur :

- Assurer la continuité du réseau autoroutier.
- faciliter aux usagers un déplacement dans de bonnes conditions de confort et de sécurité.
- Diminuer le ralentissement des voies.
- Eviter les contraintes d'arrêt et de reprise.

XII.4 Constitution des échangeurs :

Pour enjamber une route et la raccorder à une autre, un échangeur est constitué des éléments suivants :

- **Ouvrages d'art** (passage supérieur ou inférieur) : assure la liaison et l'échange entre les brettèles.

- **Carrefour (s) plan(s)** : on trouve les carrefours plans seulement sur les raccordements Autoroute-route.
- **Bretelles (rampes d'entrée, et des rampes de sortie)** : sont des voies qui assurent et raccorder les deux routes à la jonction.

XII.5 Les différents types d'échangeurs :

On trouve plusieurs types d'échangeurs :

Echangeur majeur :

- **Echangeur en trèfle complet :**

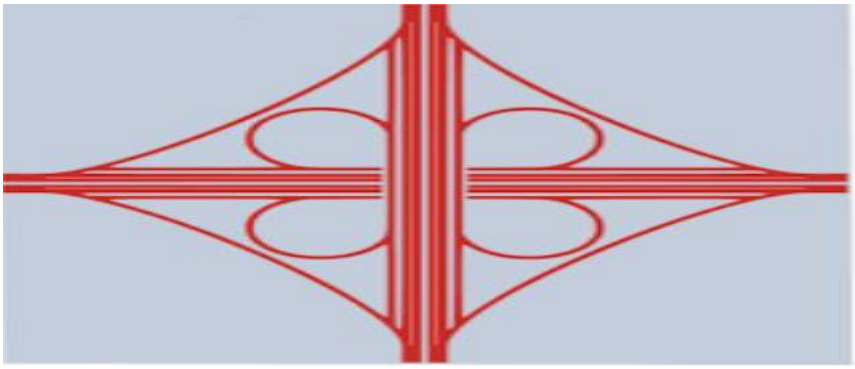


Figure XII.1 : Echangeur autoroutier en trèfle complet

Echangeur mineur :

- Echangeur en demi-trèfle

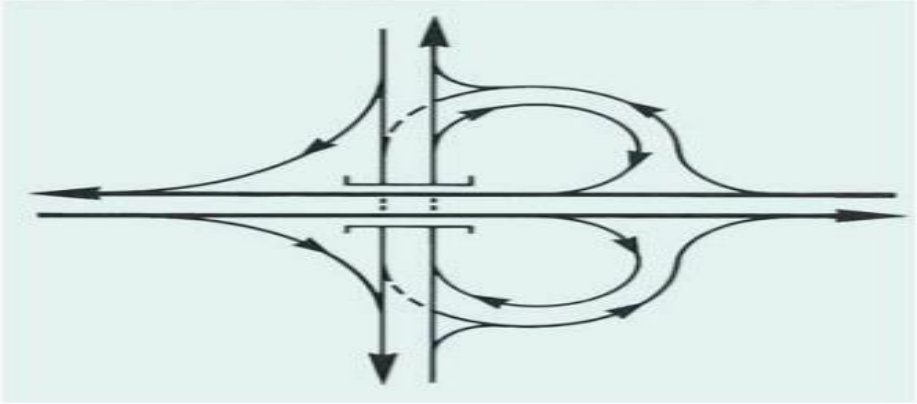


Figure XII.2 : Echangeur autoroutier en demi-trèfle

- Echangeur en trompette

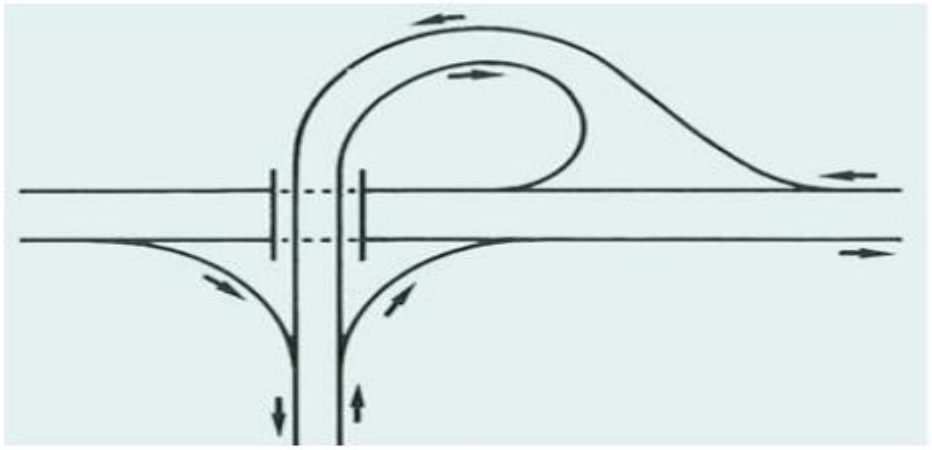


Figure XII.3 : Echangeur en trompette

- Echangeur en losange.

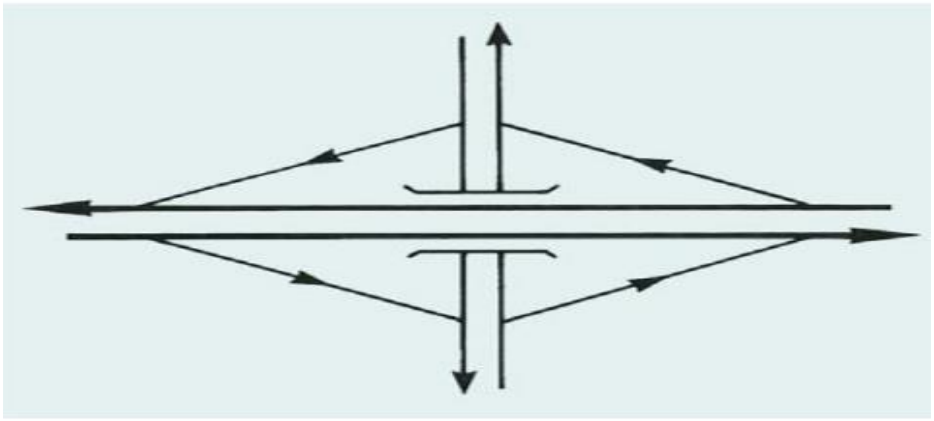


Figure XII.4 : Echangeur en losange

XII.6 Choix du type d'échangeur :

Nous avons ainsi opté pour l'échangeur de type losange pour les raisons suivantes :

- Offrir une bonne sécurité et une bonne visibilité aux usagers.
- Pour le côté esthétique.
- La disponibilité de l'espace.
- Le gain de temps.

Les types de brettelle : on peut citer trois (3) types de bretelles

Bretelle	Diagonal	Boucle	Anse
Débit de pointe en (V/h)	500-1000	<1500	1000-2000

Tableau XII-1 : Bretelles de base

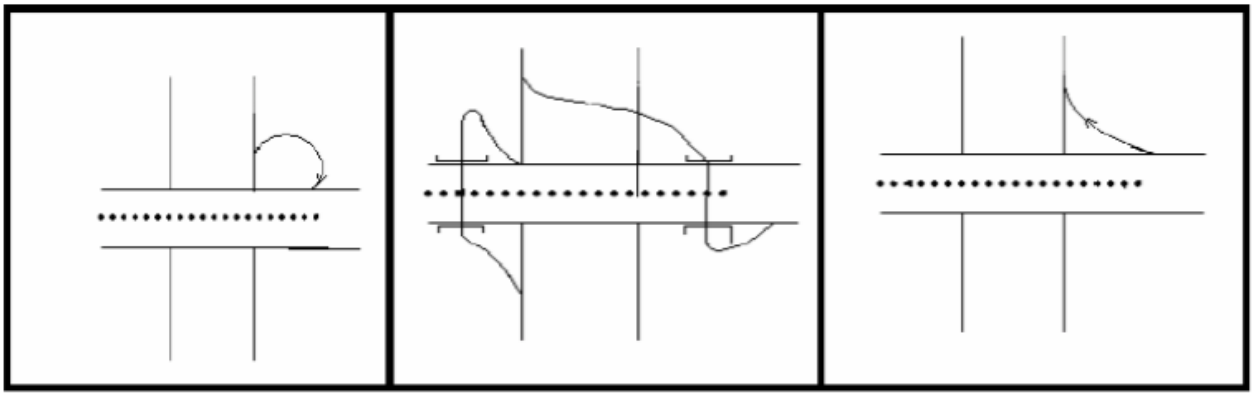


Figure XII.5 : Bretelles de base

XII.7 Les caractéristiques géométriques de brettelle :

Selon l'ECTAAL2000 les brettelles des diffuseurs sont à une ou deux voies.

XII.7.1 Tracé en plan d'une bretelle :

XII.7.1.1 Valeurs limites des rayons du tracé en plan :

Par convention, un rayon en plan est mesuré par rapport au bord intérieur de la chaussée.

Le rayon minimal est de 40 m. Mais, à l'exception des boucles, le rayon de la première courbe rencontrée en sortie doit être au moins de 100 m.

En boucle, il n'est pas conseillé de recourir à des rayons excédant 60 m.

Le rayon minimal non déversé (Rnd) est de 300 m.

XII.7.1.2 Enchaînement des éléments du tracé en plan :

Une boucle comporte un arc circulaire unique encadré par des arcs de clothoïdes.

Deux courbes successives de sens contraire doivent satisfaire à la condition : $R1 \leq 2R2$, où R1 et R2 notent les rayons de la première et de la seconde courbe rencontrées.

XII.7.1.3 Raccordement progressif :

Une courbe circulaire est encadrée par deux arcs de clothoïde de longueur égale à la plus grande des deux valeurs : $6R^{0,4}$ et $7|\boldsymbol{\Delta\delta}|$; où R note le rayon de courbure (en m), et $|\boldsymbol{\Delta\delta}|$ la différence des pentes transversales (en %) des éléments du tracé raccordés.

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

XII.7.2 Profil en long d'une bretelle :

Les valeurs limites des paramètres du profil en long sont les suivantes :

Tableau XII-2 : Les valeurs limites des paramètres du profil en long

déclivité maximale	6 %
rayon minimal en angle saillant	1500 m
rayon minimal en angle rentrant	800 m

Au carrefour de raccordement avec la voirie ordinaire, on peut utiliser des rayons inférieurs sur de faibles développées.

XII.7.3 Profil en travers d'une bretelle :

La chaussée est bordée de part et d'autre par une bande dérasée de même structure qu'elle, et par une berme qui peut être intégrée au dispositif d'assainissement.

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

Tableau XII-3 : Paramètres du profil en travers d'une bretelle

Chaussée unidirectionnelle	3,50 m
Bidirectionnelle	7,00 m
B.D.D.	1,00 m
B.D.G	0,50 m

XII.7.4 Pente transversale d'une bretelle :

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

En dehors des courbes déversées, la pente transversale d'un versant est de 2,5 % orientée vers la droite. Dans les courbes déversées, la pente varie linéairement en fonction de 1/R entre 2,5 % pour le rayon Rnd (300 m) et 7 % pour 100 m, et reste de 7 % en deçà de 100 m.

XII.7.5 Raccordement avec l'autoroute :

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

XII.7.5.1 Le dispositif d'entrée comprend successivement :

• une section d'accélération dont l'obliquité avec l'axe de l'autoroute est comprise entre 3 et 5 %. Sa longueur qui dépend du rayon de la dernière courbe (voir **Figure XIII.8)** de la bretelle, doit permettre d'atteindre au point "E = 1,00 m", la vitesse conventionnelle de 55 km/h avec une accélération en palier de 1 m/s^2.

• une section de manœuvre adjacente à la chaussée de l'autoroute, longue de 200 m et large de 3,50m.

• un biseau long de 75 m.

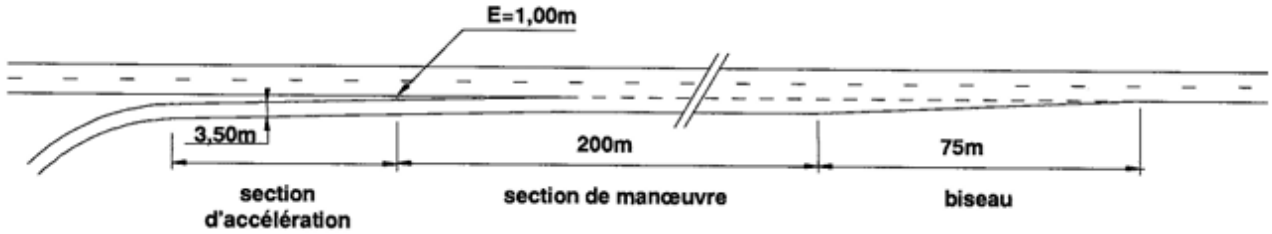


Figure XII.6 : Dispositif d'entrée de l'autoroute

XII.7.5.2 Le dispositif de sortie comporte successivement :

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

• une section de décélération, dont la longueur permet de passer de la vitesse conventionnelle (70 km/h, pour un rayon de la bretelle inférieur à 120 m) à la fin de la section de manœuvre, à la vitesse associée au rayon de la première courbe rencontrée (voir **Figure XIII.8)**, avec une décélération en palier de 1,5 m/s^2.

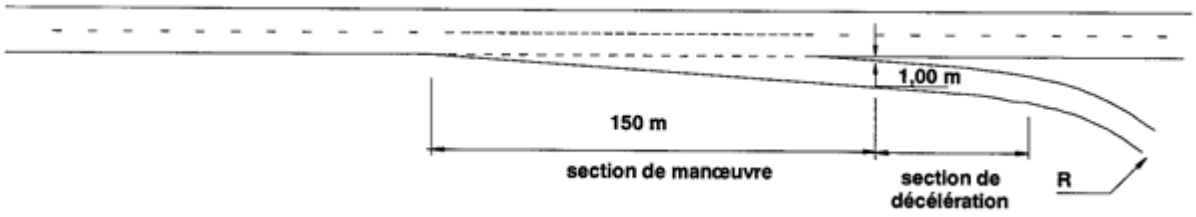


Figure XII.7 : Dispositif de sortie de l'autoroute

XII.7.5.3 Longueurs de décélération/d'accélération :

La longueur d'une zone de décélération ou d'accélération en pente est donnée par la formule : $L_{d/a} = L_0 / (1\text{-}10.p)$ où p est la déclivité en valeur algébrique.

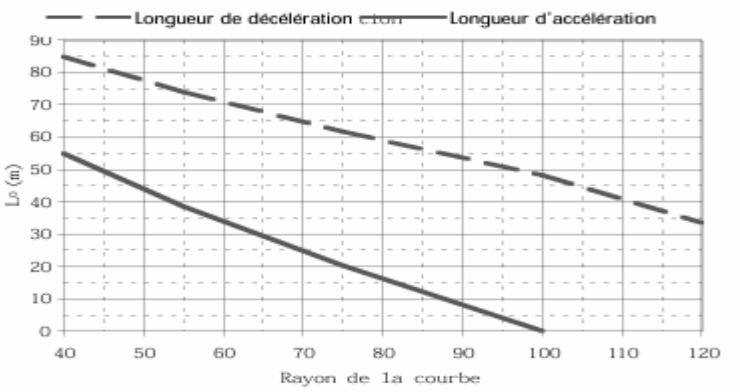


Figure XII.8 : Longueurs de décélération/d'accélération en palier L0 en fonction du rayon de la première/dernière courbe de la bretelle.

XII.7.6 Visibilité :

XII.7.6.1 Visibilité sur une entrée d'autoroute :

La distance de visibilité sur véhicule entrant, positionne au niveau du point E.1.00 m du dispositif d'insertion est fixée, au minimum, à la distance d'arrêt pour la vitesse limite autorisée sur la chaussée réceptrice.

d_a= distance de freinage + distance de perception/réaction

$$da = 2V + (V2 / 2g (\gamma(v) + p))$$

Avec :

V en m/s. V (v) : décélération moyenne exprimée en fraction de g.

P : la déclivité, en valeur algébrique.

Pour les rayons R < 5V, (V en Km/h et R rayon de la courbe en m) : la distance de freinage est majorée de 25%.

XII.7.6.2 Visibilité sur une sortie d'autoroute :

La distance de manœuvre en sortie d_{ms} est définie comme la distance parcourue à vitesse constante **V85**

- Pendant le temps nécessaire pour opérer, fixé à 6 secondes.

Pour les deux voies de circulation les plus à droite de la chaussée, le conducteur doit à la fois percevoir à la distance d_{ms} du point dit "de sortie au plus tôt" (S = 1,50 m).

- L'ensemble de la face du panneau de signalisation avancée placé au droit de ce point.

- La balise signalant le musoir, que l'on suppose observée à une hauteur de 1 m, à l'endroit où le musoir atteint 5 m de large.

$$d_{ms} = 6V$$

XII.7.6.3 Principales distances de visibilité :

Tableau XII-4 : Principales distances de visibilité

Vitesse (km/h)	**110**
Vitesse (m/s)	**30.6**
Décélération moyenne γ(v)	**0.36**
Distance d'arrêt en palier et en alignement droit da (en m)	**195**
Distance d'arrêt en courbe et en palier pour R<5V (en m)	**230**
Distance de manœuvre en sortie d_{ms} (en m)	**185**
Distance de visibilité sur marquage dvm (en m)	**95**
Distance de lecture lc (en m)	**150**
Distance de non-perturbation np (en m)	**170**

XII.8 Application au projet :

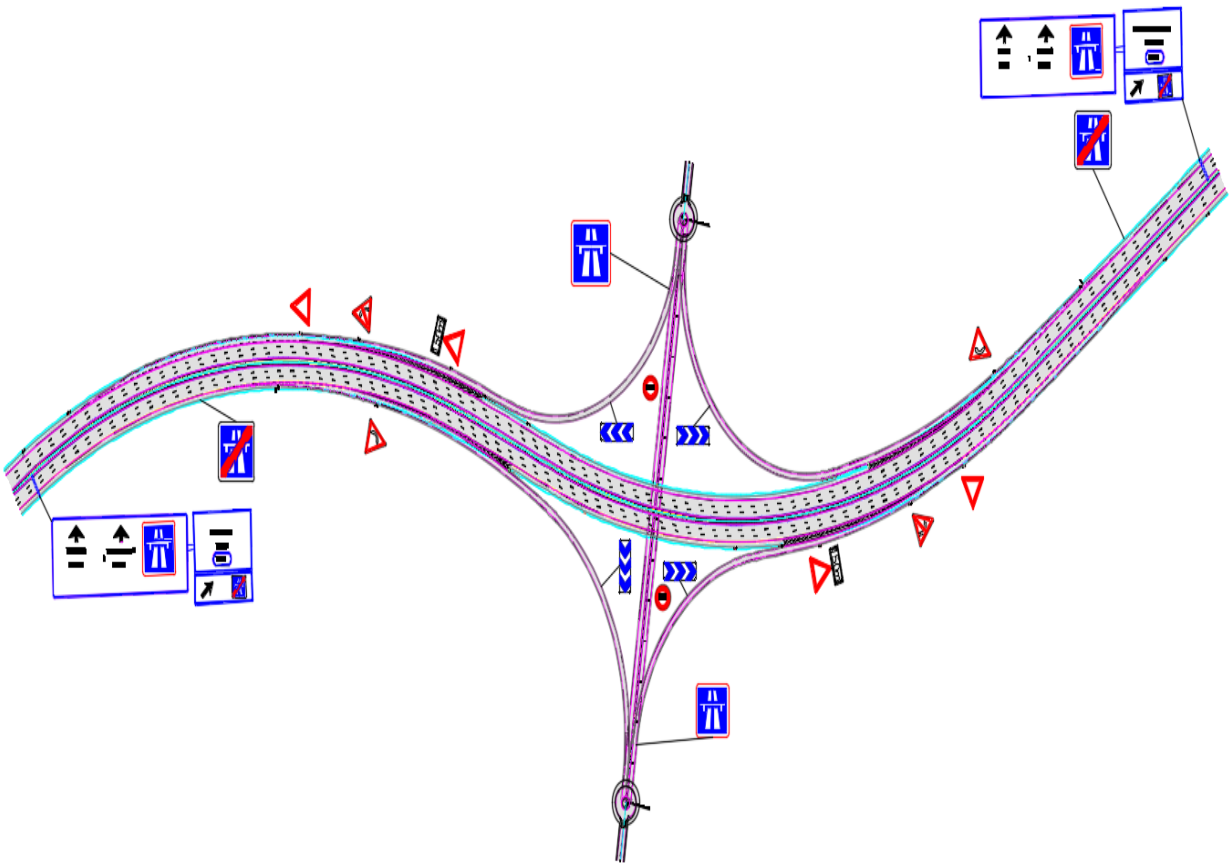


Figure XII.9 : vue en plan de l'échangeur

CHAPITRE XIII

IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIII.1 Introduction :

La réalisation d'un aménagement routier est une tâche complexe et est considérée aujourd'hui comme une action qui peut avoir un impact sur l'environnement. Effectivement, les activités telles que l'extraction de matériaux, les déboisements, l'exploitation des ressources en eau et l'émission de bruits liées à ce genre de projets peuvent avoir un impact négatif sur la qualité des paysages et les ressources naturelles.

Un effet environnemental est toute modification de l'état initial d'un site causée par la construction, la modification et l'exploitation d'une installation, dans n'importe quel domaine. Afin de mener à bien cette étude d'impact, il est nécessaire d'examiner toutes les questions directement liées à l'environnement (eau, air, faune, flore...), ainsi que l'environnement humain.

XIII.2 Cadre juridique :

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

- Une analyse détaillée du projet.

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

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

- les raisons et les justifications techniques et environnementales du choix du projet.

XIII.3 Objectifs d'une étude d'impact sur l'environnement :

Une analyse d'impact sur l'environnement vise à repérer, et évaluer les conséquences directes et indirectes à court, moyen et long terme d'un projet, ainsi qu'à suggérer les mesures appropriées pour réduire les conséquences néfastes du projet. Elle a pour objectifs :

- Préserver les espèces végétales.

- Analyser et évaluer l'impact du projet sur l'environnement physique, biologique et humain, ainsi que sur le climat sonore et le paysage.

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

XIII.4 Étude d'impact sur l'environnement :

Il s'agit d'une recherche scientifique, technique et technologique à l'échelle multidisciplinaire qui examine et évalue tous les effets sur les environnements physiques, humains et naturels d'un projet spécifique. Son objectif est de maîtriser, contrôler et réduire les divers impacts causés par cela.

XIII.4.1 Impact sur la nature :

*** La flore :** La dégradation de la végétation de la zone d'étude sera plus importante en raison des travaux de la future autoroute. Un autre phénomène de pollution qui impacte la végétation non éliminée est la pollution atmosphérique causée par les travaux ou la circulation des engins, ce qui a un impact négatif sur la végétation à proximité des sites de construction. Il est nécessaire de prendre en considération des mesures pour préserver la flore, comme élaborer un plan d'état des lieux afin de faciliter le suivi d'un projet de restauration de la couverture végétale.

*** La faune :** Il est essentiel de prendre en considération l'impact de l'aménagement d'une route sur les animaux lors de la conception de son tracé afin de prévenir les collisions. Pour lutter contre ce genre d'accident, il est essentiel d'installer des panneaux de signalisation pour limiter la vitesse dans les zones où la faune est présente.

XIII.4.2 Impact sur le cadre humain :

*** le bruit :** C'est l'un des effets les plus connus de la circulation routière et peut se manifester lors de la construction pour les travaux d'excavation ou d'emprunt dans les zones sensibles.

Les impacts :

- la fatigue

- Baisse de l'acuité auditive.

Les solutions :

- Eviter les zones de grandes densités d'habitation.

- L'amélioration de la couche de roulement ; en agissant sur les enrobés au dépend des frottements, pour minimiser les bruits de circulation.

XIII.4.3 Impact sur le Paysage :

Il est crucial de prendre en considération le paysage dans les projets routiers, tant pour la préservation des sites que pour le développement des territoires. Pour éclairer les décideurs sur les valeurs paysagères et concilier le milieu naturel et l'aménagement autoroutier, il est essentiel de consulter les paysagistes. Le paysage qu'elle traverse est sérieusement affecté par l'infrastructure routière, même si dans certains cas les effets sont réduits par l'existence de talus et par le relief.

XIII.5 Conclusion :

L'étude vise à minimiser les impacts environnementaux négatifs en continuant de contrôler les émissions des véhicules et la planification future des terrains dans la région. Il souligne l'importance de mesures détaillées et opérationnelles pour prévenir, atténuer ou réparer les conséquences environnementales néfastes du projet.

CHAPITRE XIV

SIGNALISATION

XIV.1 Introduction

La signalisation routière joue un rôle crucial dans la communication des usagers de la route.

Ainsi, elle doit être élaborée et mise en place de manière à soutenir les utilisateurs tout au long de leur parcours en leur offrant la possibilité d'adapter leur comportement aux différentes situations qui se présentent à eux, en évitant ainsi les hésitations et les fausses manœuvres.

Dans ce chapitre, il est présenté une planche de signalisation horizontale et verticale pouvant se trouver le long de notre section (du PK 80+00 au PK 90+00).

XIV.2 Signalisation horizontal :

L'objectif de la signalisation horizontale est de préciser clairement les zones de la chaussée réservées aux différents sens de la circulation ou à certaines catégories d'utilisation.

Ce genre de signalisation joue un rôle primordial en délimitation des voies de circulation pour renforcer la sécurité routière et en complément de la signalisation verticale.

XIV.2.1 Catégories de marques de chaussée :

XIV.2.1.1 Lignes longitudinales :

- Continues, de largeur variable.

- Discontinues, de largeur et modulation variables.

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U »

- U = 7.5 cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.

- U = 6 cm sur les routes et voies urbaines.

- U = 5 cm sur les autres routes.

Tableau XIV-1 : Caractéristiques des lignes

Modulation	Désignation des marques	Largeur
Continue	Délimitation de terre-plein central(TPC)	3U
	Ligne séparant les sens de circulation opposés sur les routes a trois voies, avec deux voies affectées a un sens de circulation et ligne oblique marquant un rétrécissement de route de trois à deux voies	3U
T1	Ligne axiale ou de délimitation de voie	2U
T2	Délimitation des voies de décélération, d'insertion ou d'entrecroisement	5U
	Ligne de rive de Chaussée	3U

T2''	Ligne " CÉDEZ-LE-PASSAGE "	50cm
T3	Ligne d'annonce d'une ligne continue	2U
T3''	Ligne de rive aux approches de certains carrefours et dans les bretelles de raccordement	3U

On recapitalise les modulations des lignes discontinues dans le tableau suivant :

Tableau XIV-2 : Les modulations des lignes discontinues

Type de modalisation	Longueur de trait (cm)	Distance entre trait (cm)
T1	3	10
T'1	1.5	5
T2	3	3.5
T3	3	1.33
T'3	20	6
T4	39	13

XIV.2.1.2 Lignes transversales:

- Ligne " STOP ", largeur de 50 cm.
- Ligne " Cédez le passage ", type **T'2**.

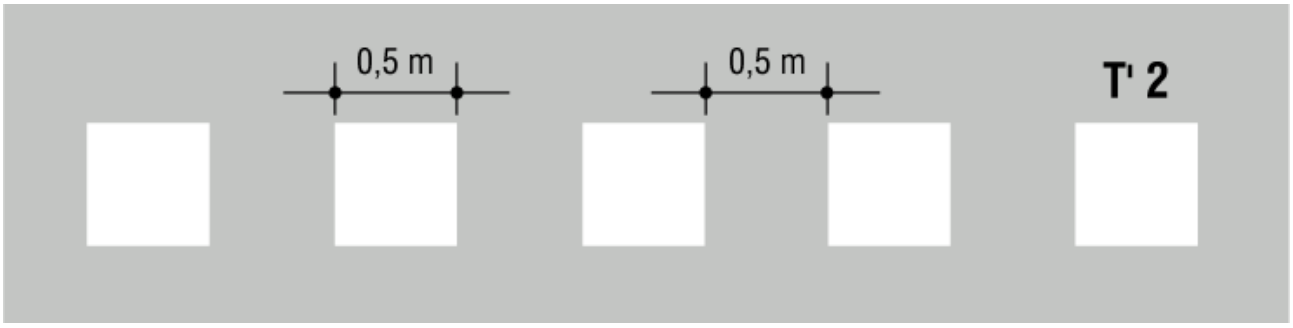


Figure XIV.1 : Schéma de ligne transversal

XIV.2.1.3 Flèches:

- Flèches de rabattement.

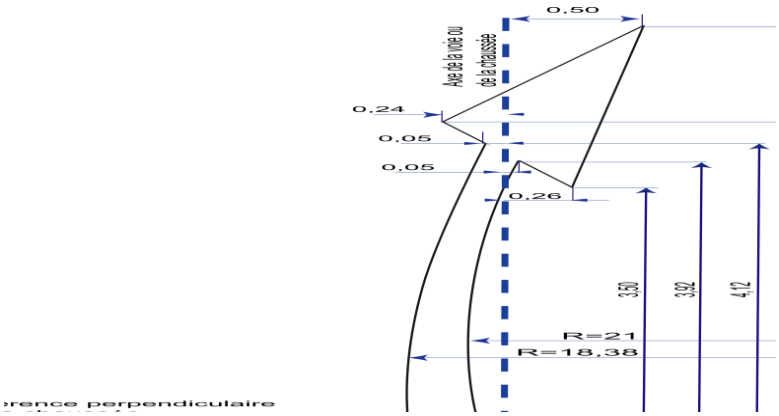


Figure XIV.2 : flèche de rabattement.

- Flèches de sélection directionnelle.

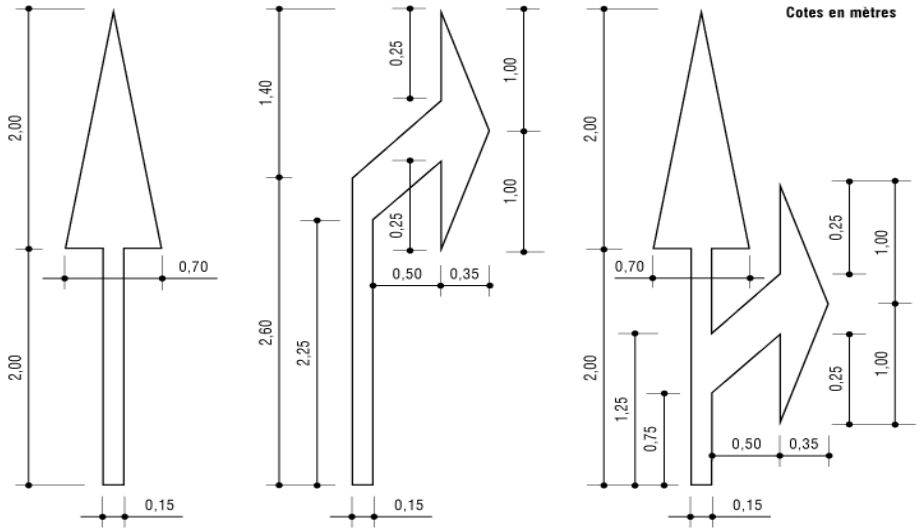


Figure XIV.3 : Flèches de sélection directionnelle.

XIV.2.1.4 Autres marques:

- Marquage spécial Pour stationnement ou aires d'arrêt d'appel d'urgence.

- Marquage d'ilots séparateurs avec hachures.

XIV.3 Signalisation Verticale:

Elle est réalisée en utilisant des panneaux qui communiquent des informations sur le parcours emprunté par l'utilisateur grâce à leur localisation, leur couleur et leur forme.

XIV.3.1 Signaux de danger :

Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être places à 150 m avant de l'obstacle.

XIV.3.2 Signalisation de direction :

La représentation de la direction prend en considération les destinations essentielles pour le tronçon étudié.

XIV.3.3 Signaux à simple indication

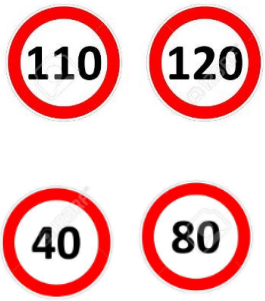
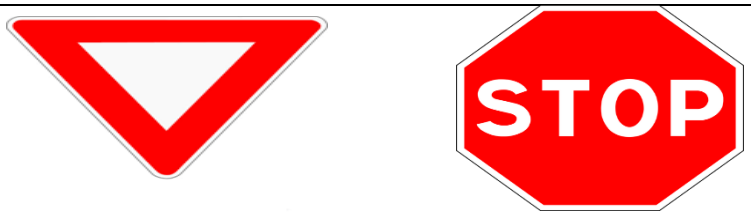
Panneaux en général de forme rectangulaire, parfois terminés en pointe de fléché :

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

XIV.3.4 Signaux comportant une prescription absolue

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

- L'interdiction.
- L'obligation.
- La fin de prescription.

Nom de panneau	Schéma
Limitation de vitesse	
Signalisation de danger	
Signalisation d'intersection	

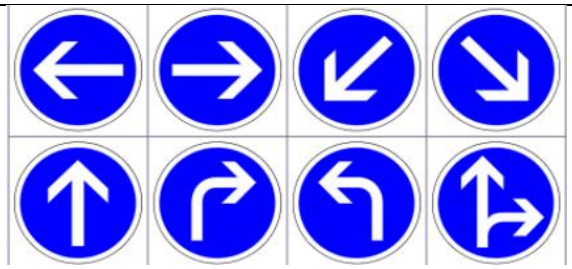
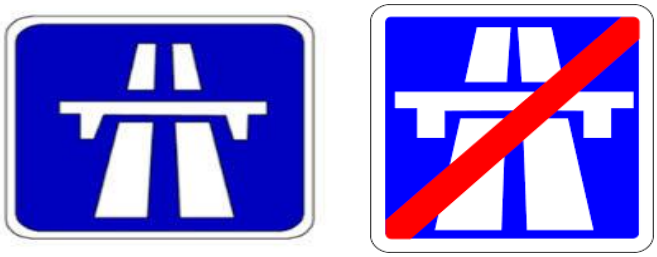
Signalisation d'obligation	
Signaux d'indication entrée/sortie de l'autoroute	
Signalisation de passage supérieure limitation de hauteur	
Signalisation temporaire	
Balise de musoir	
Signalisation sur la glissière de sécurité	

Tableau XIV-3 : les différents types de panneaux de signalisation verticale

XIV.4 Eclairage:

XIV.4.1 Introduction:

La sécurité et le confort des usagers de la voie doivent être autant élevés que possible grâce à l'éclairage public. En tant qu'automobiliste, il est essentiel de distinguer clairement les points spécifiques de la route et les obstacles éventuels, autant que possible sans l'aide des projecteurs de la voiture ou des croisements, ainsi que de prendre en compte tous les éléments de la route.

XIV.4.2 Catégorie d'éclairage :

Quatre types d'éclairages publics sont classés :

Eclairage général d'une route ou une autoroute, **catégorie A.**

• Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), **catégorie B.**

• Eclairage des voies de cercle, **catégorie C.**

• Eclairage d'un point singulier situé sur un itinéraire non éclairé, **catégorie D.**

XIV.4.3 Paramètre d'implantation de luminaire

• L'espacement (e) entre luminaires.

• La hauteur (h) du luminaire.

• La largeur (l) de la chaussée.

• Le porte-à-faux (p) du foyer par rapport au support.

• L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.

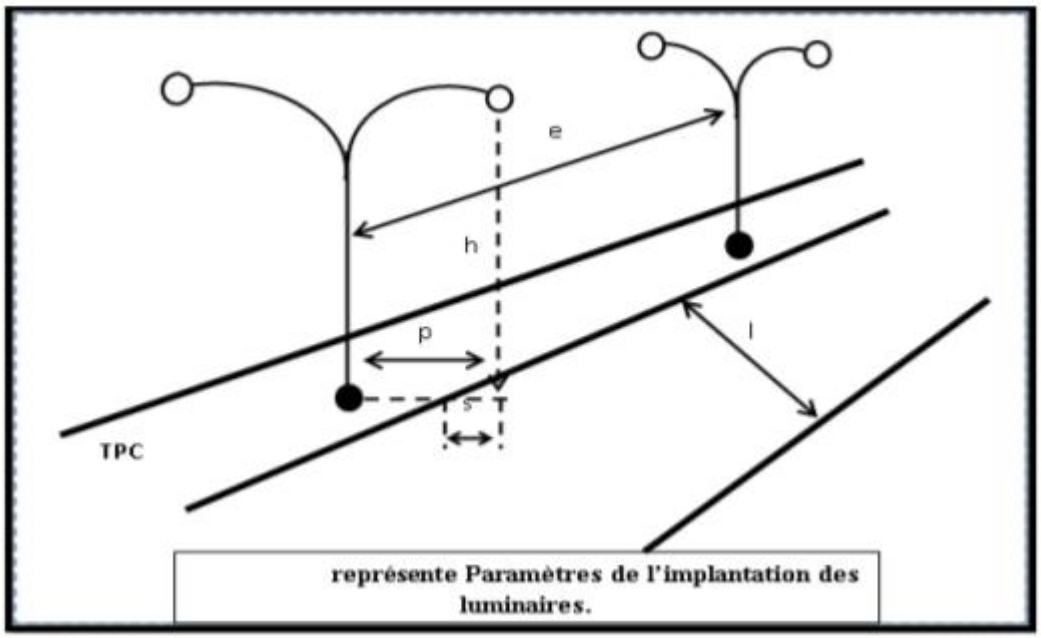


Figure XIV.4 : paramètre d'implantation des luminaires

CHAPITRE XV

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N°	Designation des Travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (Da)	Prix Total DA
1	Installation du chantier				
1.1	Installation du chantier	Forfait	1	25 000 000	**25 000 000**
	Total (1) :				**25 000 000**
2	Travaux préparatoire				
2.1	Déplacement des poteaux électriques de moyenne tension (MT).	U	14	150 000	**2 100 000**
2.2	Protection conduite de gaz	ml	330	20 000	**6 600 000**
	Total (2) :				**8 700 000**
3	Terrassement				
3.1	Décapage de la terre végétale e=20cm.	m^3	68000	200	**13 600 000**
3.2	Remblai en provenance y compris transport	m^3	1 723 345	1 100	**1 895 679 500**
3.3	Déblai mise en dépôt	m^3	1 366 660	550	**751 663 000**
	Total (3) :				**2 661 942 500**
4	Chaussée				
4.1	Fourniture, Transport et Mise en Ouvre du GNT pour la couche de fondation	m^3	102 000	3 000	**306 000 000**
4.2	Fourniture, Transport et Mise en Ouvre du GB (2.2t/m3) pour la couche de base	T	64 000	6000	**384 000 000**
4.3	Fourniture, Transport et Mise en Ouvre du TUF pour la couche de forme	m^3	204 000	1500	**306 000 000**
4.4	Couche d'imprégnation en émulsion 1200g/m2	T	360	100 000	**36 000 000**

4.5	Couche d'accrochage dosée 200 à 300g/m2	T	90	100 000	**9 000 000**
4.6	Fourniture, Transport et Mise en Ouvre pour la couche de roulement en BB (2.3t/m3)	T	42100	7 000	**294 700 000**
4.7	Fourniture, Transport et Mise en Ouvre du matériau (terre végétale) pour l'berme	m³	11 295	550	**6 212 250**
	Total (4) :				**1 341 912 250**
5	Assainissement				
5.1	Fossés trapézoïdaux en béton	ml	30 000	500	**15 000 000**
5.2	Buse Φ 1500 y compris Tête de buse	ml	260	100 000	**26 000 000**
5.3	Dalots (1.5×2) en BA	m³	413	55 000	**22 715 000**
5.4	Dalots (2.5×3) en BA	m³	19 354	55 000	**1 064 470 000**
	Dalots (2×3) en BA	m³	2 320	55 000	**127 600 000**
	Total (5) :				**1 255 785 000**
6	Ouvrage d'art				
6.1	Pont a poutre (120 m)	m²	3 960	200 000	**792 000 000**
6.2	Pont a poutre (95 m)	m²	3 135	200 000	**627 000 000**
6.3	Pont cadre	m²	700	150 000	**105 000 000**
6.4	Viaduc (65 m)	m²	2145	200 000	**429 000 000**
	Total (6) :				**1 953 000 000**
7	Signalisation				
7.1	Signalisation horizontale.	ml	10000	250	**2 500 000**
7.2	Panneaux de Signalisation verticale.	U	100	3 500	**350000**
7.3	Signalisation Panneau Portiques	U	2	2 500 000	**5 000 000**
7.4	Signalisation Panneau Portance	U	4	1 750 000	**7 000 000**
	Total (7) :				**12 350 000**

8	Equipment				
8.1	Glissière en béton	ml	40000	8 000	**32 000 000**
	Total (8) :				**32 000 000**
9	Contrôle (bureau d'étude et laboratoire)				
9.1	Contrôle (bureau d'étude et laboratoire)	Forfait	1	100 000 000	**1 00 000 000**
	Total (9) :				**1 000 000 000**

	Totale	**7 381 989 750**
	TVA (19 %)	**1 402 578 052**
	Totale Générale (TTC)	**8 784 567 802**

Conclusion générale :

La réalisation d'un tronçon de la troisième rocade d'Alger constitue une infrastructure majeure contribuant significativement au développement économique de notre pays. Sur le plan technique, nous avons mené une étude complète englobant l'ensemble des aspects nécessaires à la réalisation du projet.

Cette étude comprend une analyse géométrique détaillée (tracé en plan, profil en long, etc.), une étude géotechnique (gestion des déblais et remblais) et une étude hydraulique, avec des propositions de solutions pour les ouvrages hydrauliques.

Cette étude nous a permis de trouver des solutions à tous les problèmes techniques susceptibles de survenir lors de la conception d'un projet routier dans un environnement complexe. Cela nous a offert l'opportunité d'apprendre une méthodologie rationnelle et structurée pour élaborer un projet de travaux publics.

En outre, cette expérience a été l'occasion d'approfondir nos connaissances et de maîtriser davantage les outils informatiques, notamment les logiciels AutoCAD et Covadis.

En fin de compte, cette étude s'est révélée très enrichissante à tous points de vue. Elle nous a permis d'améliorer et d'approfondir nos connaissances théoriques, tout en nous exposant à une multitude de branches du domaine des travaux publics qu'un ingénieur compétent doit maîtriser, facilitant ainsi notre intégration dans le monde professionnel.

BIBLIOGRAPHIE

• B40 (Normes technique d'aménagement des routes et trafic et capacité des routes 1977).

• ICTAAL 2000 : instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison.

• Rapport explicatif de l'étude du trafic (document de l'ADA)

• Rapport hydraulique (document de l'ADA)

• Le rapport géotechnique (document de l'ADA)

• Ancien mémoire de fin d'étude

• Les cours de l'école pendant 3ans (hydraulique, Route, Esquisse, GTR, …)

• Cours De Routes Conception Des Tracés Routiers (Norme)

• Catalogue Algérien de dimensionnement des chaussées neuves fascicule 1,2 et 3 (CTTP 2001)

• Guide des terrassements routiers GTR

• Site internet : Wikipedia ; dspace.univ-tiaret (PDF) ; e-biblio.univ-mosta.dz ; 4geniecivil.com

• Logiciels utilisés : Covadis. Autopiste 2017 ; Auto cade 2020 ; Slide 6 ; ALIZE LCPC ; GLOBAL MAPPER

ANNEXE

- **Axe En Plan**

Axe En Plan

Axe : BOUSTILA +BENBRIH
Table courante : ICTAAL L2

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	96.49gr	204.168	0+000.000	526081.106	4052591.892
Arc 1	Rayon	2000.000 m	261.192	0+204.168	526284.963	4052603.153
	Centre X	526174.652 m				
	Centre Y	4054600.109 m				
Droite 2	Gisement	88.17gr	292.257	0+465.360	526544.078	4052634.524
Arc 2	Rayon	1000.000 m	725.337	0+757.617	526831.306	4052688.507
	Centre X	526646.594 m				
	Centre Y	4053671.300 m				
Droite 3	Gisement	42.00gr	90.864	1+482.954	527436.782	4053058.436
Clothoïde 1	Paramètre	-266.848	89.010	1+573.818	527492.469	4053130.235
Arc 3	Rayon	-800.000 m	665.244	1+662.828	527548.307	4053199.537
	Centre X	528152.219 m				
	Centre Y	4052674.855 m				
Clothoïde 2	Paramètre	266.840	89.005	2+328.072	528133.076	4053474.626
Droite 4	Gisement	102.02gr	488.313	2+417.076	528222.060	4053473.456
Clothoïde 3	Paramètre	224.721	100.999	2+905.390	528710.128	4053457.981
Arc 4	Rayon	500.000 m	250.317	3+006.389	528811.081	4053458.179
	Centre X	528776.458 m				
	Centre Y	4053956.979 m				
Clothoïde 4	Paramètre	-224.723	101.001	3+256.706	529046.247	4053536.011
Droite 5	Gisement	57.29gr	570.237	3+357.706	529127.387	4053596.080
Clothoïde 5	Paramètre	-223.870	100.236	3+927.944	529574.019	4053950.608
Arc 5	Rayon	-500.000 m	432.512	4+028.179	529654.529	4054010.243
	Centre X	529924.641 m				
	Centre Y	4053589.482 m				
Clothoïde 6	Paramètre	180.616	65.244	4+460.691	530069.686	4054067.981
Droite 6	Gisement	122.89gr	30.876	4+525.935	530131.231	4054046.362
Clothoïde 7	Paramètre	180.632	65.256	4+556.811	530160.132	4054035.497
Arc 6	Rayon	500.000 m	386.533	4+622.067	530221.688	4054013.874
	Centre X	530366.728 m				
	Centre Y	4054492.375 m				
Clothoïde 8	Paramètre	-223.876	100.241	5+008.600	530597.066	4054048.591
Droite 7	Gisement	63.14gr	366.824	5+108.841	530682.716	4054100.584
Clothoïde 9	Paramètre	251.007	84.006	5+475.664	530989.751	4054301.304
Arc 7	Rayon	750.000 m	237.008	5+559.670	531059.185	4054348.569
	Centre X	530614.302 m				
	Centre Y	4054952.373 m				
Clothoïde 10	Paramètre	-251.014	84.011	5+796.678	531224.804	4054516.727
Droite 8	Gisement	35.89gr	102.291	5+880.689	531271.010	4054586.876
Clothoïde 11	Paramètre	250.999	84.001	5+982.980	531325.673	4054673.337
Arc 8	Rayon	750.000 m	458.410	6+066.981	531369.222	4054745.154
	Centre X	530713.852 m				
	Centre Y	4055109.831 m				
Clothoïde 12	Paramètre	-250.997	83.999	6+525.391	531459.843	4055187.269
Droite 9	Gisement	389.85gr	35.643	6+609.390	531448.059	4055270.426
Clothoïde 13	Paramètre	-217.824	72.996	6+645.032	531442.401	4055305.617
Arc 9	Rayon	-650.000 m	363.268	6+718.028	531432.164	4055377.881
	Centre X	532078.700 m				
	Centre Y	4055444.896 m				
Clothoïde 14	Paramètre	217.832	73.001	7+081.296	531494.999	4055730.891

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 10	Gisement	32.58gr	202.527	7+154.297	531529.545	4055795.189
Clothoïde 15	Paramètre	217.829	72.999	7+356.824	531628.723	4055971.770
Arc 10	Rayon	650.000 m	805.847	7+429.823	531663.268	4056036.067
	Centre X	531079.567 m				
	Centre Y	4056322.062 m				
Clothoïde 16	Paramètre	-217.835	73.003	8+235.670	531539.750	4056781.118
Droite 11	Gisement	346.50gr	18.635	8+308.673	531486.301	4056830.830
Clothoïde 17	Paramètre	-198.021	98.031	8+327.308	531472.420	4056843.263
Arc 11	Rayon	-400.000 m	1056.294	8+425.339	531402.179	4056911.552
	Centre X	531703.483 m				
	Centre Y	4057174.641 m				
Clothoïde 18	Paramètre	230.649	132.998	9+481.633	531841.449	4057550.095
Droite 12	Gisement	133.00gr	109.121	9+614.631	531960.299	4057490.767
Clothoïde 19	Paramètre	286.220	112.996	9+723.752	532055.083	4057436.699
Arc 12	Rayon	725.000 m	1109.282	9+836.748	532154.627	4057383.294
	Centre X	532463.740 m				
	Centre Y	4058039.095 m				
				10+946.030	533106.402	4057703.521
Longueur totale de l'axe 10946.030 mètre(s)						

- **Profil En Long**

Profil En Long Projet

Axe : BOUSTILA +BENBRIH
Table courante : ICTAAL L2

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	-2.53 %	214.356	0+000.000	164.088
Parabole 1	Rayon	15000.000 m	198.534	0+214.356	158.673
	Sommet Absc.	0+593.276 m			
	Sommet Alt.	153.887 m			
Pente 2	Pente	-1.20 %	358.675	0+412.890	154.972
Parabole 2	Rayon	10000.000 m	615.962	0+771.565	150.659
	Sommet Absc.	0+891.822 m			
	Sommet Alt.	149.935 m			
Pente 3	Pente	4.96 %	373.122	1+387.527	162.222
Parabole 3	Rayon	-6000.000 m	357.297	1+760.649	180.717
	Sommet Absc.	2+058.072 m			
	Sommet Alt.	188.089 m			
Pente 4	Pente	-1.00 %	764.618	2+117.946	187.790
Parabole 4	Rayon	-40000.000 m	301.474	2+882.564	180.160
	Sommet Absc.	2+483.402 m			
	Sommet Alt.	182.152 m			
Pente 5	Pente	-1.75 %	1184.545	3+184.039	176.016
Parabole 5	Rayon	-16000.000 m	479.252	4+368.583	155.267
	Sommet Absc.	4+088.328 m			
	Sommet Alt.	157.722 m			
Pente 6	Pente	-4.75 %	528.511	4+847.835	139.695
Parabole 6	Rayon	5000.000 m	211.230	5+376.346	114.607
	Sommet Absc.	5+613.692 m			
	Sommet Alt.	108.974 m			
Pente 7	Pente	-0.52 %	1352.295	5+587.576	109.042
Parabole 7	Rayon	6500.000 m	163.885	6+939.871	101.979
	Sommet Absc.	6+973.821 m			
	Sommet Alt.	101.890 m			
Pente 8	Pente	2.00 %	492.600	7+103.755	103.189
Parabole 8	Rayon	-13000.000 m	520.750	7+596.356	113.036
	Sommet Absc.	7+856.225 m			
	Sommet Alt.	115.633 m			
Pente 9	Pente	-2.01 %	317.936	8+117.106	113.016
Parabole 9	Rayon	15000.000 m	528.696	8+435.042	106.636
	Sommet Absc.	8+736.058 m			
	Sommet Alt.	103.615 m			
Pente 10	Pente	1.52 %	167.159	8+963.737	105.343
Parabole 10	Rayon	-12500.000 m	339.627	9+130.896	107.880
	Sommet Absc.	9+320.629 m			
	Sommet Alt.	109.320 m			
Pente 11	Pente	-1.20 %	65.906	9+470.523	108.422
Parabole 11	Rayon	5000.000 m	85.123	9+536.429	107.631
	Sommet Absc.	9+596.387 m			
	Sommet Alt.	107.272 m			
Pente 12	Pente	0.50 %	137.652	9+621.551	107.335
Parabole 12	Rayon	12500.000 m	313.923	9+759.204	108.028
	Sommet Absc.	9+696.292 m			
	Sommet Alt.	107.870 m			
Pente 13	Pente	3.01 %	872.903	10+073.127	113.550
				10+946.030	139.865
Longueur totale de l'axe 10946.030 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 10948.896 mètre(s)					

Cubatures : Déblai Remblai

Cubatures Déblai Remblai (Gulden)

Axe : BOUSTILA +BENBRIH
Table courante : ICTAAL L2

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P01	0+000.000	12.500	104.72	43.02	1309.1	537.8	1309.1	537.8
P02	0+025.000	25.000	122.79	33.59	3069.7	839.8	4378.8	1377.6
P03	0+050.000	25.000	110.70	25.36	2767.5	634.1	7146.3	2011.7
P04	0+075.000	25.000	69.73	22.84	1743.3	571.1	8889.6	2582.8
P05	0+100.000	25.000	2.96	99.28	74.1	2482.0	8963.7	5064.8
P06	0+125.000	25.000	0.59	207.75	14.8	5193.7	8978.5	10258.6
P07	0+150.000	25.000	3.69	545.00	92.3	13624.9	9070.8	23883.4
P08	0+175.000	25.000	1.41	1045.25	35.2	26131.3	9106.0	50014.7
P09	0+200.000	14.584	3.29	1343.58	48.0	19594.6	9154.0	69609.3
P10	0+204.168	12.500	3.37	1182.61	42.7	14706.1	9196.7	84315.5
P11	0+225.000	22.916	1.66	347.59	38.5	7924.1	9235.2	92239.6
P12	0+250.000	25.000	20.35	56.61	512.4	1406.8	9747.6	93646.4
P13	0+275.000	25.000	225.76	0.02	5662.4	0.6	15410.0	93647.0
P14	0+300.000	25.000	340.85	0.02	8548.0	0.6	23958.0	93647.6
P15	0+325.000	25.000	181.79	0.02	4561.6	0.6	28519.6	93648.2
P16	0+350.000	25.000	22.23	19.99	559.1	496.0	29078.6	94144.2
P17	0+375.000	25.000	0.52	172.39	13.0	4295.8	29091.6	98440.0
P18	0+400.000	25.000	1.46	469.11	37.1	11716.2	29128.7	110156.3
P19	0+425.000	25.000	1.37	642.52	34.6	16022.1	29163.2	126178.4
P20	0+450.000	20.180	2.26	115.05	45.7	2309.2	29208.9	128487.6
P21	0+465.360	12.500	112.31	0.06	1405.9	0.7	30614.8	128488.3
P22	0+475.000	17.320	219.22	0.02	3796.9	0.4	34411.7	128488.7
P23	0+500.000	25.000	545.97	0.00	13649.3	0.0	48061.0	128488.7
P24	0+525.000	25.000	706.51	0.00	17662.7	0.0	65723.7	128488.7
P25	0+550.000	25.000	379.78	0.03	9494.4	0.6	75218.1	128489.3
P26	0+575.000	25.000	28.30	0.57	707.4	14.2	75925.5	128503.5
P27	0+600.000	25.000	1.98	202.00	49.4	5050.1	75975.0	133553.6
P28	0+625.000	25.000	98.25	2.95	2456.3	73.6	78431.3	133627.3
P29	0+650.000	25.000	426.23	0.02	10655.9	0.6	89087.2	133627.9
P30	0+675.000	25.000	752.45	0.00	18811.3	0.0	107898.5	133627.9

P31	0+700.000	25.000	1044.61	0.00	26115.2	0.0	134013.7	133627.9
P32	0+725.000	25.000	1159.75	0.00	28993.8	0.0	163007.4	133627.9
P33	0+750.000	16.309	1064.24	0.00	17356.3	0.0	180363.8	133627.9
P34	0+757.617	12.500	1012.44	0.00	12688.3	0.0	193052.0	133627.9
P35	0+775.000	21.191	874.13	0.00	18604.8	0.0	211656.8	133627.9
P36	0+800.000	25.000	653.86	0.02	16455.4	0.6	228112.3	133628.5
P37	0+825.000	25.000	439.87	0.02	11094.8	0.6	239207.1	133629.0
P38	0+850.000	25.000	256.20	0.02	6471.0	0.6	245678.0	133629.6
P39	0+875.000	25.000	55.19	23.14	1395.9	568.9	247074.0	134198.5
P40	0+900.000	25.000	0.27	201.85	6.9	5021.8	247080.9	139220.4
P41	0+925.000	25.000	2.03	127.97	51.2	3178.9	247132.1	142399.3
P42	0+950.000	25.000	210.81	0.02	5305.6	0.6	252437.7	142399.9
P43	0+975.000	25.000	486.88	0.02	12232.1	0.5	264669.8	142400.4
P44	0+1000.000	25.000	615.42	0.04	15483.9	0.9	280153.7	142401.3
P45	1+025.000	25.000	775.58	0.00	19456.4	0.0	299610.1	142401.3
P46	1+050.000	25.000	964.08	0.00	24143.8	0.0	323754.0	142401.3
P47	1+075.000	25.000	1083.78	0.00	27137.8	0.0	350891.8	142401.3
P48	1+100.000	25.000	1010.87	0.00	25296.7	0.0	376188.5	142401.3
P49	1+125.000	25.000	760.72	0.00	19017.1	0.0	395205.6	142401.3
P50	1+150.000	25.000	338.53	0.00	8471.1	0.0	403676.7	142401.3

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P51	1+175.000	25.000	49.04	0.64	1238.7	15.8	404915.3	142417.1
P52	1+200.000	25.000	1.33	177.05	33.6	4395.7	404948.9	146812.8
P53	1+225.000	25.000	1.05	475.11	26.7	11821.8	404975.7	158634.6
P54	1+250.000	25.000	0.73	883.03	18.7	22017.7	404994.4	180652.3
P55	1+275.000	25.000	7.24	1477.12	189.4	36903.6	405183.8	217555.9
P56	1+300.000	25.000	3.21	1682.65	82.8	41664.2	405266.6	259220.2
P57	1+325.000	25.000	2.74	1315.44	67.8	32340.3	405334.4	291560.5
P58	1+350.000	25.000	2.90	960.87	72.3	23594.6	405406.7	315155.1
P59	1+375.000	25.000	5.03	613.69	127.3	15167.4	405534.0	330322.5
P60	1+400.000	25.000	3.07	142.06	78.1	3524.0	405612.1	333846.5
P61	1+425.000	25.000	16.14	205.90	410.7	5062.8	406022.8	338909.3
P62	1+450.000	25.000	2.37	355.85	60.4	8762.3	406083.2	347671.6
P63	1+475.000	16.477	2.14	271.90	35.9	4415.0	406119.1	352086.6
P64	1+482.954	12.500	2.65	244.60	33.3	3043.4	406152.4	355130.0
P65	1+500.000	21.023	21.70	110.53	456.3	2323.7	406608.7	357453.8
P66	1+525.000	25.000	222.30	0.15	5557.4	3.7	412166.2	357457.5
P67	1+550.000	24.409	509.90	0.02	12446.4	0.5	424612.5	357458.0
P68	1+573.818	12.500	759.14	0.00	9489.3	0.0	434101.8	357458.0
P69	1+575.000	13.091	771.46	0.00	10093.0	0.0	444194.9	357458.0
P70	1+600.000	25.000	1031.24	0.00	25739.7	0.0	469934.6	357458.0
P71	1+625.000	25.000	1274.55	0.00	31789.0	0.0	501723.6	357458.0
P72	1+650.000	18.914	1380.03	0.00	26028.2	0.0	527751.8	357458.0
P73	1+662.828	12.500	1402.97	0.00	17476.2	0.0	545228.0	357458.0
P74	1+675.000	18.586	1400.69	0.00	25939.4	0.0	571167.4	357458.0
P75	1+700.000	25.000	1225.75	0.00	30534.0	0.0	601701.4	357458.0
P76	1+725.000	25.000	955.81	0.00	23770.9	0.0	625472.3	357458.0
P77	1+750.000	25.000	696.72	0.91	17281.8	23.6	642754.2	357481.6
P78	1+775.000	25.000	541.25	0.02	13405.8	0.6	656160.0	357482.2
P79	1+800.000	25.000	426.50	0.02	10553.6	0.6	666713.6	357482.8
P80	1+825.000	25.000	335.60	0.02	8296.4	0.6	675009.9	357483.3
P81	1+850.000	25.000	272.51	0.02	6730.9	0.6	681740.9	357483.9
P82	1+875.000	25.000	195.28	1.17	4817.6	29.9	686558.5	357513.8
P83	1+900.000	25.000	131.89	8.02	3247.4	205.3	689805.9	357719.1
P84	1+925.000	25.000	81.93	42.11	2014.4	1075.1	691820.2	358794.2
P85	1+950.000	25.000	74.87	55.59	1844.2	1422.0	693664.5	360216.2

P86	1+975.000	25.000	44.38	77.67	1089.6	1980.3	694754.1	362196.6
P87	1+1000.000	25.000	14.00	122.88	343.3	3120.2	695097.4	365316.8
P88	2+025.000	25.000	38.03	26.00	935.3	661.4	696032.7	365978.2
P89	2+050.000	25.000	167.89	0.03	4159.7	0.7	700192.3	365978.9
P90	2+075.000	25.000	351.63	0.02	8737.9	0.6	708930.2	365979.5
P91	2+100.000	25.000	425.65	0.02	10558.7	0.6	719489.0	365980.1
P92	2+125.000	25.000	485.63	0.02	12047.9	0.6	731536.8	365980.7
P93	2+150.000	25.000	464.29	0.02	11503.7	0.6	743040.5	365981.3
P94	2+175.000	25.000	420.88	0.02	10419.6	0.6	753460.2	365981.8
P95	2+200.000	25.000	365.27	0.02	9025.2	0.6	762485.3	365982.4
P96	2+225.000	25.000	314.39	0.02	7758.2	0.6	770243.5	365983.0
P97	2+250.000	25.000	268.53	0.02	6622.5	0.6	776866.1	365983.6
P98	2+275.000	25.000	237.25	0.03	5852.4	0.6	782718.5	365984.3
P99	2+300.000	25.000	179.73	0.42	4436.8	10.8	787155.3	365995.1
P100	2+325.000	14.036	109.46	2.09	1514.4	30.1	788669.7	366025.2
P101	2+328.072	12.500	101.74	2.25	1254.2	28.8	789923.9	366053.9
P102	2+350.000	23.464	54.98	16.11	1274.2	382.6	791198.0	366436.6
P103	2+375.000	25.000	35.54	35.39	881.1	891.9	792079.2	367328.5
P104	2+400.000	21.038	62.98	7.79	1320.8	164.6	793399.9	367493.0
P105	2+417.076	12.500	115.85	1.38	1447.6	17.3	794847.5	367510.3
P106	2+425.000	16.462	146.07	0.78	2404.6	12.8	797252.1	367523.2
P107	2+450.000	25.000	250.72	0.02	6268.0	0.6	803520.1	367523.8
P108	2+475.000	25.000	323.20	0.02	8080.1	0.6	811600.2	367524.4
P109	2+500.000	25.000	391.55	0.02	9788.7	0.6	821388.9	367525.0
P110	2+525.000	25.000	368.78	0.03	9219.6	0.6	830608.5	367525.6
P111	2+550.000	25.000	260.94	0.03	6523.4	0.6	837131.9	367526.3

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P112	2+575.000	25.000	118.42	0.27	2960.5	6.8	840092.4	367533.1
P113	2+600.000	25.000	22.51	22.18	562.8	554.5	840655.2	368087.6
P114	2+625.000	25.000	2.07	98.37	51.8	2459.2	840707.0	370546.8
P115	2+650.000	25.000	1.87	143.82	46.9	3595.4	840753.8	374142.2
P116	2+675.000	25.000	2.97	132.30	74.2	3307.5	840828.0	377449.7
P117	2+700.000	25.000	3.02	124.66	75.5	3116.5	840903.6	380566.1
P118	2+725.000	25.000	0.86	153.98	21.5	3849.5	840925.1	384415.7
P119	2+750.000	25.000	1.03	277.05	25.7	6926.1	840950.8	391341.8
P120	2+775.000	25.000	0.88	367.85	21.9	9196.2	840972.7	400538.0
P121	2+800.000	25.000	0.96	400.63	23.9	10015.7	840996.7	410553.7
P122	2+825.000	25.000	1.51	447.47	37.7	11186.7	841034.3	421740.5
P123	2+850.000	25.000	1.11	550.38	27.7	13759.5	841062.0	435500.0
P124	2+875.000	25.000	2.26	652.67	56.4	16316.7	841118.5	451816.7
P125	2+900.000	15.195	1.78	766.62	27.0	11648.6	841145.5	463465.4
P126	2+905.390	12.500	1.78	758.43	22.2	9477.2	841167.7	472942.6
P127	2+925.000	22.305	1.59	723.45	35.5	16128.2	841203.2	489070.7
P128	2+950.000	25.000	1.96	600.82	49.0	15070.5	841252.2	504141.2
P129	2+975.000	25.000	1.42	315.95	35.0	7918.8	841287.1	512060.0
P130	2+1000.000	15.694	1.02	119.17	15.8	1888.9	841302.9	513948.9
P131	3+006.389	12.500	1.80	67.92	22.3	863.8	841325.2	514812.7
P132	3+025.000	21.806	104.10	0.06	2244.2	1.3	843569.4	514814.0
P133	3+050.000	25.000	331.47	0.03	8242.0	0.8	851811.4	514814.8
P134	3+075.000	25.000	535.49	2.07	13372.2	54.8	865183.6	514869.6
P135	3+100.000	25.000	733.07	3.90	18328.1	103.4	883511.7	514973.0
P136	3+125.000	25.000	839.23	5.64	21068.1	149.5	904579.8	515122.5
P137	3+150.000	25.000	834.26	6.25	20963.4	165.8	925543.2	515288.3
P138	3+175.000	25.000	813.96	6.27	20458.6	166.3	946001.8	515454.6
P139	3+200.000	25.000	802.44	6.26	20177.3	165.9	966179.0	515620.6
P140	3+225.000	25.000	830.85	6.14	20856.9	162.9	987036.0	515783.5
P141	3+250.000	15.853	884.87	6.12	14065.8	102.9	1001101.7	515886.4
P142	3+256.706	12.500	894.52	6.09	11208.4	80.6	1012310.1	515967.0
P143	3+275.000	21.647	895.44	4.32	19436.6	98.0	1031746.7	516065.0
P144	3+300.000	25.000	825.00	1.75	20662.7	45.4	1052409.5	516110.4
P145	3+325.000	25.000	685.86	0.01	17166.1	0.4	1069575.6	516110.7
P146	3+350.000	16.353	526.63	0.00	8617.1	0.0	1078192.7	516110.7

P147	3+357.706	12.500	469.72	0.11	5871.7	1.4	1084064.4	516112.1
P148	3+375.000	21.147	317.06	0.03	6704.7	0.6	1090769.1	516112.7
P149	3+400.000	25.000	127.61	0.06	3190.3	1.5	1093959.4	516114.2
P150	3+425.000	25.000	2.55	11.43	63.8	285.8	1094023.2	516400.0
P151	3+450.000	25.000	1.24	133.96	31.0	3349.1	1094054.2	519749.1
P152	3+475.000	25.000	2.03	318.98	50.8	7974.6	1094105.0	527723.7
P153	3+500.000	25.000	1.46	451.12	36.4	11277.9	1094141.3	539001.6
P154	3+525.000	25.000	1.21	376.16	30.3	9404.0	1094171.6	548405.6
P155	3+550.000	25.000	1.02	322.55	25.5	8063.6	1094197.1	556469.2
P156	3+575.000	25.000	0.79	333.97	19.8	8349.2	1094216.9	564818.4
P157	3+600.000	25.000	0.72	457.22	18.1	11430.6	1094235.0	576249.0
P158	3+625.000	25.000	0.74	592.53	18.6	14813.2	1094253.6	591062.2
P159	3+650.000	25.000	1.41	647.31	35.2	16182.6	1094288.7	607244.8
P160	3+675.000	25.000	1.27	475.77	31.8	11894.2	1094320.5	619139.0
P161	3+700.000	25.000	1.22	360.23	30.5	9005.7	1094350.9	628144.8
P162	3+725.000	25.000	1.16	294.04	29.0	7351.0	1094379.9	635495.7
P163	3+750.000	25.000	1.11	232.41	27.7	5810.2	1094407.7	641306.0
P164	3+775.000	25.000	1.38	189.45	34.5	4736.2	1094442.2	646042.2
P165	3+800.000	25.000	1.68	156.89	42.1	3922.2	1094484.2	649964.3
P166	3+825.000	25.000	6.27	125.72	156.8	3143.1	1094641.0	653107.4
P167	3+850.000	25.000	39.08	47.46	977.0	1186.4	1095618.1	654293.8
P168	3+875.000	25.000	72.75	22.84	1818.7	570.9	1097436.8	654864.7
P169	3+900.000	25.000	94.51	16.05	2362.7	401.2	1099799.5	655265.9
P170	3+925.000	13.972	56.93	30.14	795.4	421.1	1100594.9	655687.0
P171	3+927.944	12.500	54.37	32.13	678.8	402.3	1101273.7	656089.3
P172	3+950.000	23.528	33.59	44.25	785.6	1048.0	1102059.3	657137.3

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P173	3+975.000	25.000	17.53	76.11	432.5	1927.2	1102491.8	659064.5
P174	3+1000.000	25.000	42.63	49.29	1044.5	1258.9	1103536.3	660323.5
P175	4+025.000	14.090	81.62	27.13	1123.7	393.9	1104660.0	660717.4
P176	4+028.179	12.500	83.97	26.68	1023.4	344.6	1105683.4	661062.0
P177	4+050.000	23.410	93.53	18.65	2139.1	451.6	1107822.5	661513.5
P178	4+075.000	25.000	99.41	6.12	2434.9	158.2	1110257.4	661671.8
P179	4+100.000	25.000	82.91	8.90	2026.5	229.6	1112283.8	661901.4
P180	4+125.000	25.000	51.99	21.97	1266.5	566.1	1113550.3	662467.5
P181	4+150.000	25.000	35.74	42.90	869.4	1101.4	1114419.7	663569.0
P182	4+175.000	25.000	44.93	35.10	1093.1	902.0	1115512.7	664471.0
P183	4+200.000	25.000	45.13	33.58	1098.7	862.7	1116611.5	665333.7
P184	4+225.000	25.000	46.23	41.68	1124.1	1069.7	1117735.5	666403.4
P185	4+250.000	25.000	18.37	58.06	446.5	1487.7	1118182.0	667891.1
P186	4+275.000	25.000	3.40	104.41	82.5	2671.2	1118264.5	670562.4
P187	4+300.000	25.000	0.96	151.79	23.3	3878.6	1118287.8	674440.9
P188	4+325.000	25.000	1.02	188.09	24.8	4780.4	1118312.6	679221.4
P189	4+350.000	25.000	1.38	277.57	33.4	7047.5	1118346.0	686268.9
P190	4+375.000	25.000	1.06	294.83	25.6	7495.7	1118371.6	693764.6
P191	4+400.000	25.000	1.11	378.07	27.0	9602.4	1118398.6	703367.0
P192	4+425.000	25.000	0.95	479.02	23.0	12138.1	1118421.6	715505.1
P193	4+450.000	17.845	0.98	618.20	16.7	11165.4	1118438.3	726670.5
P194	4+460.691	12.500	0.48	703.76	6.0	8897.9	1118444.3	735568.5
P195	4+475.000	19.655	1.25	751.94	23.6	14909.8	1118467.9	750478.3
P196	4+500.000	25.000	1.94	561.45	48.8	14106.3	1118516.7	764584.5
P197	4+525.000	12.968	2.29	439.51	29.7	5707.8	1118546.4	770292.3
P198	4+525.935	12.500	2.29	433.91	28.6	5423.9	1118575.1	775716.2
P199	4+550.000	15.438	2.36	275.53	36.4	4253.6	1118611.5	779969.8
P200	4+556.811	12.500	2.51	239.47	31.4	2991.4	1118642.9	782961.1
P201	4+575.000	21.594	2.61	136.71	56.1	2939.5	1118699.0	785900.6
P202	4+600.000	23.533	6.05	46.87	144.3	1090.5	1118843.3	786991.2
P203	4+622.067	12.500	13.51	1.45	166.5	18.4	1119009.8	787009.6
P204	4+625.000	13.967	26.97	0.15	372.9	2.2	1119382.7	787011.8
P205	4+650.000	25.000	206.71	0.07	5176.5	1.7	1124559.1	787013.5
P206	4+675.000	25.000	325.94	1.49	8188.0	39.4	1132747.1	787052.8
P207	4+700.000	25.000	316.84	2.08	7983.0	55.1	1140730.0	787107.9

P208	4+725.000	25.000	297.25	2.06	7507.8	54.4	1148237.8	787162.4
P209	4+750.000	25.000	217.73	2.16	5540.0	57.1	1153777.8	787219.4
P210	4+775.000	25.000	279.82	2.48	7104.3	65.6	1160882.2	787285.0
P211	4+800.000	25.000	275.42	2.05	6974.0	54.4	1167856.2	787339.4
P212	4+825.000	25.000	226.17	0.90	5704.6	23.8	1173560.7	787363.2
P213	4+850.000	25.000	143.03	0.06	3600.4	1.6	1177161.2	787364.8
P214	4+875.000	25.000	21.65	8.27	550.3	202.4	1177711.5	787567.1
P215	4+900.000	25.000	1.67	154.56	42.0	3886.4	1177753.5	791453.5
P216	4+925.000	25.000	1.73	279.11	43.1	7004.2	1177796.6	798457.7
P217	4+950.000	25.000	1.99	397.02	49.0	9991.7	1177845.6	808449.4
P218	4+975.000	25.000	1.89	610.54	46.4	15396.7	1177892.0	823846.1
P219	5+000.000	16.800	2.04	790.11	33.0	13399.3	1177925.1	837245.4
P220	5+008.600	12.500	1.61	849.69	19.7	10722.3	1177944.8	847967.7
P221	5+025.000	20.700	1.53	992.75	30.9	20696.6	1177975.7	868664.3
P222	5+050.000	25.000	2.14	1182.85	52.0	29647.0	1178027.7	898311.3
P223	5+075.000	25.000	1.98	1213.11	48.6	30350.5	1178076.3	928661.8
P224	5+100.000	16.920	0.94	1191.46	15.9	20161.1	1178092.2	948822.9
P225	5+108.841	12.500	0.94	1175.12	11.8	14689.0	1178104.0	963511.9
P226	5+125.000	20.580	0.94	1139.46	19.4	23449.9	1178123.4	986961.8
P227	5+150.000	25.000	0.89	1056.74	22.2	26418.4	1178145.6	1013380.2
P228	5+175.000	25.000	0.86	971.81	21.6	24295.3	1178167.2	1037675.5
P229	5+200.000	25.000	0.81	889.62	20.3	22240.4	1178187.5	1059915.9
P230	5+225.000	25.000	0.79	814.13	19.8	20353.4	1178207.3	1080269.3
P231	5+250.000	25.000	0.82	750.77	20.5	18769.2	1178227.7	1099038.5
P232	5+275.000	25.000	0.51	673.94	12.8	16848.6	1178240.5	1115887.0
P233	5+300.000	25.000	0.76	615.90	19.0	15397.5	1178259.6	1131284.5

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P234	5+325.000	25.000	0.83	547.78	20.7	13694.6	1178280.3	1144979.1
P235	5+350.000	25.000	0.87	481.65	21.7	12041.3	1178302.0	1157020.5
P236	5+375.000	25.000	0.85	415.80	21.2	10395.1	1178323.2	1167415.5
P237	5+400.000	25.000	0.85	356.02	21.1	8900.5	1178344.3	1176316.0
P238	5+425.000	25.000	0.81	306.21	20.2	7655.4	1178364.5	1183971.4
P239	5+450.000	25.000	0.84	274.79	21.0	6869.7	1178385.5	1190841.1
P240	5+475.000	12.832	0.88	257.30	11.3	3301.7	1178396.8	1194142.8
P241	5+475.664	12.500	0.88	256.64	11.0	3207.8	1178407.8	1197350.6
P242	5+500.000	24.668	0.80	221.02	19.8	5451.1	1178427.6	1202801.7
P243	5+525.000	25.000	0.80	195.51	20.1	4884.6	1178447.7	1207686.3
P244	5+550.000	17.335	0.80	184.73	13.9	3199.8	1178461.6	1210886.1
P245	5+559.670	12.500	0.83	182.72	10.3	2281.9	1178472.0	1213168.0
P246	5+575.000	20.165	0.84	181.63	16.9	3659.2	1178488.9	1216827.3
P247	5+600.000	25.000	0.83	189.00	20.7	4721.6	1178509.5	1221548.9
P248	5+625.000	25.000	0.79	197.13	19.7	4925.9	1178529.2	1226474.8
P249	5+650.000	25.000	0.83	211.25	20.8	5280.5	1178550.0	1231755.3
P250	5+675.000	25.000	0.88	227.62	21.9	5689.8	1178572.0	1237445.1
P251	5+700.000	25.000	0.82	239.73	20.6	5991.8	1178592.6	1243436.9
P252	5+725.000	25.000	0.82	259.80	20.5	6490.2	1178613.1	1249927.1
P253	5+750.000	25.000	0.85	285.80	21.3	7140.0	1178634.4	1257067.1
P254	5+775.000	23.339	0.85	294.69	19.8	6873.6	1178654.2	1263940.7
P255	5+796.678	12.500	0.85	304.89	10.6	3809.3	1178664.8	1267750.0
P256	5+800.000	14.161	0.85	306.38	12.0	4336.9	1178676.8	1272086.9
P257	5+825.000	25.000	0.84	316.72	21.1	7916.1	1178697.9	1280003.0
P258	5+850.000	25.000	0.84	324.53	20.9	8112.2	1178718.8	1288115.1
P259	5+875.000	15.344	0.65	312.01	10.0	4786.6	1178728.8	1292901.7
P260	5+880.689	12.500	1.20	312.64	15.0	3908.0	1178743.8	1296809.7
P261	5+900.000	22.156	1.86	325.68	41.2	7215.6	1178785.0	1304025.3
P262	5+925.000	25.000	1.76	371.36	44.0	9284.1	1178829.1	1313309.3
P263	5+950.000	25.000	1.80	215.54	45.1	5388.5	1178874.1	1318697.9
P264	5+975.000	16.490	0.67	194.11	11.1	3200.8	1178885.2	1321898.7
P265	5+982.980	12.500	0.67	221.62	8.4	2770.3	1178893.6	1324669.0
P266	5+1000.000	21.010	0.67	250.81	14.2	5269.2	1178907.9	1329938.2
P267	6+025.000	25.000	0.85	251.87	21.2	6292.9	1178929.1	1336231.1
P268	6+050.000	20.990	0.84	247.54	17.7	5189.7	1178946.8	1341420.8

P269	6+066.981	12.500	0.87	247.80	10.9	3092.9	1178957.6	1344513.6
P270	6+075.000	16.510	0.85	246.87	14.1	4069.3	1178971.8	1348583.0
P271	6+100.000	25.000	0.67	218.75	16.6	5452.2	1178988.4	1354035.1
P272	6+125.000	25.000	0.78	180.96	19.4	4497.8	1179007.8	1358532.9
P273	6+150.000	25.000	0.70	122.71	17.4	3061.3	1179025.2	1361594.3
P274	6+175.000	25.000	1.35	146.64	33.6	3666.4	1179058.9	1365260.6
P275	6+200.000	25.000	1.71	116.75	42.1	2903.7	1179101.0	1368164.3
P276	6+225.000	25.000	0.88	104.35	22.2	2596.4	1179123.2	1370760.8
P277	6+250.000	25.000	0.85	98.53	21.4	2450.7	1179144.7	1373211.5
P278	6+275.000	25.000	0.85	89.77	21.3	2233.5	1179166.0	1375445.0
P279	6+300.000	25.000	0.82	102.23	20.7	2546.2	1179186.7	1377991.2
P280	6+325.000	25.000	0.91	115.86	22.8	2889.8	1179209.5	1380881.0
P281	6+350.000	25.000	0.88	126.43	22.2	3157.1	1179231.7	1384038.1
P282	6+375.000	25.000	0.83	124.16	20.8	3099.7	1179252.5	1387137.8
P283	6+400.000	25.000	0.86	133.48	21.6	3333.0	1179274.1	1390470.9
P284	6+425.000	25.000	0.77	125.19	19.3	3122.4	1179293.4	1393593.3
P285	6+450.000	25.000	0.82	117.78	20.7	2936.0	1179314.1	1396529.3
P286	6+475.000	25.000	0.82	120.68	20.6	3006.9	1179334.7	1399536.2
P287	6+500.000	25.000	0.85	127.04	21.4	3164.5	1179356.1	1402700.7
P288	6+525.000	12.695	0.85	135.42	10.8	1714.2	1179366.9	1404414.8
P289	6+525.391	12.500	0.85	135.65	10.6	1691.1	1179377.5	1406105.9
P290	6+550.000	24.805	0.82	147.15	20.5	3644.1	1179398.0	1409750.0
P291	6+575.000	25.000	0.84	156.64	21.0	3912.5	1179419.0	1413662.5
P292	6+600.000	17.195	0.87	168.92	15.0	2903.6	1179434.0	1416566.1
P293	6+609.390	12.500	0.88	173.20	11.0	2164.9	1179445.0	1418731.0
P294	6+625.000	17.821	0.89	176.89	15.8	3152.4	1179460.8	1421883.4

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P295	6+645.032	12.500	0.88	179.98	10.9	2249.7	1179471.8	1424133.1
P296	6+650.000	14.984	0.90	182.42	13.4	2734.2	1179485.2	1426867.3
P297	6+675.000	25.000	0.90	195.46	22.4	4890.6	1179507.6	1431757.9
P298	6+700.000	21.514	0.88	202.46	18.9	4362.6	1179526.5	1436120.4
P299	6+718.028	12.500	0.88	212.13	11.0	2656.6	1179537.5	1438777.0
P300	6+725.000	15.986	0.87	219.36	13.8	3512.7	1179551.3	1442289.7
P301	6+750.000	25.000	0.94	245.45	23.4	6140.3	1179574.8	1448430.1
P302	6+775.000	25.000	0.95	249.84	23.8	6253.5	1179598.5	1454683.5
P303	6+800.000	25.000	0.98	256.15	24.3	6412.1	1179622.8	1461095.6
P304	6+825.000	25.000	0.88	258.15	21.9	6458.5	1179644.7	1467554.1
P305	6+850.000	25.000	0.90	249.92	22.2	6246.6	1179667.0	1473800.7
P306	6+875.000	25.000	0.80	195.09	20.0	4881.3	1179686.9	1478682.0
P307	6+900.000	25.000	0.76	204.88	18.7	5106.4	1179705.7	1483788.4
P308	6+925.000	25.000	0.66	206.94	16.6	5193.0	1179722.3	1488981.5
P309	6+950.000	25.000	0.67	235.30	16.9	5900.8	1179739.2	1494882.2
P310	6+975.000	25.000	1.22	263.06	30.2	6588.6	1179769.4	1501470.9
P311	7+000.000	25.000	0.40	270.99	10.5	6789.1	1179779.9	1508260.0
P312	7+025.000	25.000	0.78	273.19	19.5	6851.6	1179799.5	1515111.6
P313	7+050.000	25.000	0.75	280.94	18.7	7037.2	1179818.2	1522148.8
P314	7+075.000	15.648	0.91	337.56	14.1	5285.1	1179832.3	1527433.9
P315	7+081.296	12.500	0.91	348.67	11.3	4360.3	1179843.6	1531794.2
P316	7+100.000	21.852	0.79	359.79	17.2	7861.4	1179860.8	1539655.6
P317	7+125.000	25.000	0.93	423.73	22.9	10594.3	1179883.7	1550249.9
P318	7+150.000	14.649	1.69	435.88	24.8	6388.0	1179908.4	1556637.9
P319	7+154.297	12.500	1.43	421.45	17.9	5268.2	1179926.4	1561906.2
P320	7+175.000	22.851	1.18	282.59	27.0	6457.5	1179953.3	1568363.7
P321	7+200.000	25.000	0.77	336.85	19.2	8421.1	1179972.6	1576784.8
P322	7+225.000	25.000	2.43	452.23	60.8	11305.7	1180033.4	1588090.5
P323	7+250.000	25.000	2.78	417.13	69.5	10428.3	1180102.9	1598518.9
P324	7+275.000	25.000	2.20	353.39	54.9	8834.7	1180157.8	1607353.6
P325	7+300.000	25.000	4.42	348.25	110.5	8706.2	1180268.4	1616059.8
P326	7+325.000	25.000	2.61	237.41	65.2	5935.2	1180333.6	1621995.0
P327	7+350.000	15.912	64.72	108.14	1029.8	1720.7	1181363.4	1623715.7
P328	7+356.824	12.500	94.97	76.80	1188.4	958.8	1182551.7	1624674.4
P329	7+375.000	21.588	153.10	27.37	3323.7	586.2	1185875.5	1625260.6

P330	7+400.000	25.000	196.62	4.89	4964.3	120.0	1190839.8	1625380.6
P331	7+425.000	14.912	242.37	0.03	3655.8	0.4	1194495.5	1625381.0
P332	7+429.823	12.500	245.50	0.02	3108.2	0.3	1197603.7	1625381.3
P333	7+450.000	22.588	231.23	0.02	5291.4	0.5	1202895.1	1625381.8
P334	7+475.000	25.000	200.27	0.06	5079.8	1.4	1207974.9	1625383.2
P335	7+500.000	25.000	123.55	29.82	3164.0	728.9	1211138.9	1626112.1
P336	7+525.000	25.000	85.99	1.49	2193.9	36.2	1213332.8	1626148.3
P337	7+550.000	25.000	127.75	1.28	3244.5	31.0	1216577.3	1626179.3
P338	7+575.000	25.000	82.18	3.06	2088.4	74.5	1218665.7	1626253.8
P339	7+600.000	25.000	37.96	12.61	965.9	307.6	1219631.7	1626561.3
P340	7+625.000	25.000	41.45	2.32	1052.2	56.5	1220683.9	1626617.8
P341	7+650.000	25.000	58.90	0.80	1487.9	19.5	1222171.8	1626637.4
P342	7+675.000	25.000	75.09	0.86	1894.4	20.9	1224066.2	1626658.3
P343	7+700.000	25.000	80.44	0.85	2032.5	20.8	1226098.7	1626679.0
P344	7+725.000	25.000	58.80	1.27	1489.4	30.9	1227588.2	1626710.0
P345	7+750.000	25.000	18.18	15.10	462.9	369.8	1228051.1	1627079.8
P346	7+775.000	25.000	1.10	55.68	27.8	1378.1	1228078.9	1628457.9
P347	7+800.000	25.000	0.96	93.56	24.0	2325.8	1228102.9	1630783.7
P348	7+825.000	25.000	1.15	139.88	29.2	3477.5	1228132.1	1634261.2
P349	7+850.000	25.000	0.61	125.06	15.4	3109.8	1228147.5	1637371.0
P350	7+875.000	25.000	0.87	68.05	21.8	1698.6	1228169.3	1639069.6
P351	7+900.000	25.000	67.56	0.06	1692.9	1.5	1229862.2	1639071.0
P352	7+925.000	25.000	130.66	0.06	3272.3	1.5	1233134.5	1639072.5
P353	7+950.000	25.000	177.22	0.06	4437.5	1.5	1237572.1	1639074.0
P354	7+975.000	25.000	194.00	0.06	4861.7	1.5	1242433.8	1639075.6
P355	8+000.000	25.000	196.93	0.06	4935.6	1.5	1247369.4	1639077.1

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P356	8+025.000	25.000	196.01	0.06	4916.2	1.5	1252285.5	1639078.6
P357	8+050.000	25.000	189.89	0.06	4766.1	1.5	1257051.6	1639080.2
P358	8+075.000	25.000	177.37	0.06	4454.1	1.5	1261505.8	1639081.7
P359	8+100.000	25.000	149.64	0.06	3756.8	1.5	1265262.6	1639083.2
P360	8+125.000	25.000	114.43	0.06	2876.1	1.5	1268138.7	1639084.8
P361	8+150.000	25.000	91.46	0.06	2299.7	1.5	1270438.4	1639086.3
P362	8+175.000	25.000	85.89	0.06	2162.1	1.5	1272600.5	1639087.8
P363	8+200.000	25.000	76.24	0.06	1917.7	1.5	1274518.2	1639089.3
P364	8+225.000	17.835	56.83	0.42	1020.8	7.4	1275539.0	1639096.7
P365	8+235.670	12.500	48.78	0.46	613.6	5.6	1276152.5	1639102.3
P366	8+250.000	19.665	39.25	0.53	775.4	10.1	1276927.9	1639112.4
P367	8+275.000	25.000	20.24	0.42	507.9	10.4	1277435.8	1639122.8
P368	8+300.000	16.837	12.71	0.72	214.2	12.1	1277650.0	1639134.9
P369	8+308.673	12.500	9.38	0.75	117.2	9.3	1277767.3	1639144.3
P370	8+325.000	9.318	2.52	7.13	23.5	66.4	1277790.7	1639210.7
P371	8+327.308	12.500	2.17	8.67	27.1	108.4	1277817.9	1639319.2
P372	8+350.000	23.846	0.78	25.11	18.5	600.5	1277836.4	1639919.6
P373	8+375.000	25.000	0.87	46.09	21.9	1158.0	1277858.2	1641077.6
P374	8+400.000	25.000	0.84	72.04	20.9	1815.7	1277879.2	1642893.3
P375	8+425.000	12.670	0.91	114.00	11.4	1459.5	1277890.6	1644352.7
P376	8+425.339	12.500	0.91	114.75	11.3	1450.4	1277901.9	1645803.2
P377	8+450.000	24.830	0.92	172.03	22.8	4324.2	1277924.7	1650127.4
P378	8+475.000	25.000	0.84	201.87	20.9	5095.2	1277945.6	1655222.5
P379	8+500.000	25.000	0.90	165.89	22.4	4184.9	1277968.0	1659407.5
P380	8+525.000	25.000	0.81	112.97	20.2	2853.0	1277988.2	1662260.4
P381	8+550.000	25.000	0.82	72.06	20.5	1829.3	1278008.8	1664089.7
P382	8+575.000	25.000	2.69	44.84	65.5	1146.5	1278074.2	1665236.2
P383	8+600.000	25.000	5.35	33.50	129.9	859.3	1278204.1	1666095.5
P384	8+625.000	25.000	10.57	22.16	256.8	570.4	1278460.9	1666665.9
P385	8+650.000	25.000	21.86	10.83	532.6	280.1	1278993.5	1666946.0
P386	8+675.000	25.000	14.02	17.38	341.0	448.3	1279334.5	1667394.3
P387	8+700.000	25.000	10.73	21.70	261.3	560.2	1279595.8	1667954.5
P388	8+725.000	25.000	6.40	35.63	155.4	914.6	1279751.2	1668869.0
P389	8+750.000	25.000	3.24	48.04	78.7	1230.4	1279829.9	1670099.4
P390	8+775.000	25.000	1.89	66.07	46.1	1689.1	1279876.0	1671788.6

P391	8+800.000	25.000	1.90	66.23	46.3	1694.3	1279922.3	1673482.9
P392	8+825.000	25.000	1.97	62.81	48.0	1606.4	1279970.3	1675089.3
P393	8+850.000	25.000	2.77	62.38	67.2	1597.8	1280037.5	1676687.1
P394	8+875.000	25.000	2.14	61.74	52.0	1579.7	1280089.5	1678266.7
P395	8+900.000	25.000	2.84	70.41	69.0	1802.5	1280158.5	1680069.2
P396	8+925.000	25.000	1.79	75.53	43.6	1931.7	1280202.2	1682000.9
P397	8+950.000	25.000	1.14	73.58	28.1	1879.1	1280230.3	1683880.0
P398	8+975.000	25.000	1.09	75.54	26.9	1928.8	1280257.2	1685808.8
P399	8+1000.000	25.000	0.93	88.84	23.1	2266.6	1280280.3	1688075.4
P400	9+025.000	25.000	0.89	109.36	22.0	2783.7	1280302.3	1690859.1
P401	9+050.000	25.000	0.92	108.74	22.8	2762.7	1280325.1	1693621.8
P402	9+075.000	25.000	0.88	93.00	22.0	2362.2	1280347.1	1695984.0
P403	9+100.000	25.000	0.91	87.21	22.7	2213.1	1280369.8	1698197.1
P404	9+125.000	25.000	0.84	68.48	21.0	1742.0	1280390.8	1699939.1
P405	9+150.000	25.000	3.23	38.61	78.6	988.2	1280469.4	1700927.3
P406	9+175.000	25.000	13.42	19.16	326.4	494.3	1280795.8	1701421.6
P407	9+200.000	25.000	28.90	10.40	704.5	269.3	1281500.3	1701690.8
P408	9+225.000	25.000	44.16	4.93	1079.3	128.1	1282579.6	1701818.9
P409	9+250.000	25.000	54.15	5.08	1323.9	132.2	1283903.5	1701951.1
P410	9+275.000	25.000	61.30	4.81	1499.2	125.4	1285402.7	1702076.4
P411	9+300.000	25.000	54.74	8.17	1335.3	212.3	1286738.0	1702288.7
P412	9+325.000	25.000	51.58	13.87	1254.1	360.0	1287992.1	1702648.8
P413	9+350.000	25.000	37.73	25.64	914.5	663.0	1288906.6	1703311.8
P414	9+375.000	25.000	34.79	23.14	845.5	605.2	1289752.0	1703917.0
P415	9+400.000	25.000	36.70	80.63	891.4	2084.5	1290643.4	1706001.5
P416	9+425.000	25.000	29.49	110.11	709.7	2824.3	1291353.1	1708825.8

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P417	9+450.000	25.000	30.76	108.08	736.6	2756.1	1292089.6	1711581.8
P418	9+475.000	15.817	20.95	94.86	316.6	1525.9	1292406.3	1713107.8
P419	9+481.633	12.500	13.50	91.99	161.3	1168.6	1292567.6	1714276.4
P420	9+500.000	21.683	5.07	69.41	106.3	1521.1	1292673.8	1715797.5
P421	9+525.000	25.000	4.29	38.45	103.5	972.2	1292777.3	1716769.7
P422	9+550.000	25.000	1.94	20.34	47.4	515.7	1292824.7	1717285.4
P423	9+575.000	25.000	2.06	25.24	50.8	632.3	1292875.5	1717917.7
P424	9+600.000	19.815	3.23	10.58	63.8	210.4	1292939.3	1718128.1
P425	9+614.631	12.500	3.04	7.41	38.0	92.6	1292977.3	1718220.7
P426	9+625.000	17.685	3.03	8.99	53.6	159.0	1293030.8	1718379.7
P427	9+650.000	25.000	7.91	3.98	197.8	99.6	1293228.6	1718479.3
P428	9+675.000	25.000	7.61	5.57	190.2	139.2	1293418.8	1718618.5
P429	9+700.000	24.376	9.96	6.41	242.8	156.3	1293661.6	1718774.8
P430	9+723.752	12.500	5.89	5.86	73.6	73.3	1293735.1	1718848.1
P431	9+725.000	13.124	5.54	6.58	72.8	86.4	1293808.0	1718934.5
P432	9+750.000	25.000	2.76	25.39	69.2	634.0	1293877.2	1719568.4
P433	9+775.000	25.000	9.90	6.13	248.2	154.8	1294125.4	1719723.3
P434	9+800.000	25.000	10.91	3.87	272.8	98.5	1294398.2	1719821.8
P435	9+825.000	18.374	15.93	0.81	293.5	15.1	1294691.6	1719836.8
P436	9+836.748	12.500	14.50	1.34	181.7	17.0	1294873.4	1719853.8
P437	9+850.000	19.126	4.56	2.16	88.1	41.6	1294961.5	1719895.4
P438	9+875.000	25.000	9.61	7.28	242.4	178.1	1295203.9	1720073.5
P439	9+900.000	25.000	4.57	26.40	116.2	651.3	1295320.0	1720724.9
P440	9+925.000	25.000	10.39	20.58	263.9	506.5	1295584.0	1721231.3
P441	9+950.000	25.000	18.05	4.61	455.5	112.4	1296039.5	1721343.8
P442	9+975.000	25.000	16.58	1.78	419.0	43.3	1296458.5	1721387.1
P443	9+1000.000	25.000	3.60	23.46	91.4	581.2	1296549.9	1721968.3
P444	10+025.000	25.000	17.00	7.28	430.1	177.6	1296980.0	1722145.9
P445	10+050.000	25.000	9.48	3.84	235.7	95.5	1297215.7	1722241.4
P446	10+075.000	25.000	18.43	5.37	466.5	131.4	1297682.2	1722372.9
P447	10+100.000	25.000	21.90	4.02	547.4	97.9	1298229.6	1722470.7
P448	10+125.000	25.000	29.98	3.05	755.5	74.1	1298985.1	1722544.8
P449	10+150.000	25.000	31.76	3.48	798.6	84.7	1299783.8	1722629.5
P450	10+175.000	25.000	29.71	6.79	749.0	167.0	1300532.7	1722796.5
P451	10+200.000	25.000	35.20	7.46	882.0	187.3	1301414.7	1722983.8

P452	10+225.000	25.000	32.54	2.21	818.6	53.8	1302233.3	1723037.5
P453	10+250.000	25.000	45.61	0.67	1146.1	16.4	1303379.4	1723053.9
P454	10+275.000	25.000	30.55	0.56	767.7	13.7	1304147.1	1723067.7
P455	10+300.000	25.000	23.93	4.97	605.4	121.8	1304752.5	1723189.5
P456	10+325.000	25.000	47.86	0.10	1201.4	2.6	1305953.8	1723192.1
P457	10+350.000	25.000	35.67	0.19	898.8	4.6	1306852.7	1723196.7
P458	10+375.000	25.000	62.79	1.80	1578.0	43.9	1308430.6	1723240.6
P459	10+400.000	25.000	64.25	0.06	1612.5	1.4	1310043.1	1723242.0
P460	10+425.000	25.000	58.85	0.06	1478.1	1.5	1311521.2	1723243.5
P461	10+450.000	25.000	59.39	2.80	1491.2	68.1	1313012.4	1723311.6
P462	10+475.000	25.000	75.54	0.06	1896.1	1.5	1314908.5	1723313.1
P463	10+500.000	25.000	89.23	0.06	2240.1	1.5	1317148.6	1723314.6
P464	10+525.000	25.000	334.62	0.03	8413.0	0.7	1325561.6	1723315.3
P465	10+550.000	25.000	91.38	0.06	2293.7	1.5	1327855.2	1723316.8
P466	10+575.000	25.000	98.28	0.06	2463.6	1.5	1330318.8	1723318.3
P467	10+600.000	25.000	99.16	0.05	2486.3	1.4	1332805.2	1723319.7
P468	10+625.000	25.000	97.78	0.05	2452.3	1.3	1335257.5	1723320.9
P469	10+650.000	25.000	107.00	0.06	2684.3	1.6	1337941.7	1723322.5
P470	10+675.000	25.000	105.04	0.06	2635.1	1.5	1340576.8	1723324.0
P471	10+700.000	25.000	103.06	0.06	2581.5	1.5	1343158.4	1723325.5
P472	10+725.000	25.000	110.83	0.05	2776.0	1.3	1345934.3	1723326.8
P473	10+750.000	25.000	109.26	0.05	2735.2	1.4	1348669.5	1723328.2
P474	10+775.000	25.000	111.28	0.05	2788.6	1.3	1351458.1	1723329.5
P475	10+800.000	25.000	111.00	0.06	2784.1	1.5	1354242.2	1723330.9
P476	10+825.000	25.000	105.86	0.06	2654.4	1.5	1356896.6	1723332.4
P477	10+850.000	25.000	108.88	0.12	2725.0	3.0	1359621.7	1723335.4

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P478	10+875.000	25.000	96.72	0.19	2425.0	4.5	1362046.7	1723340.0
P479	10+900.000	25.000	95.49	0.08	2398.8	2.0	1364445.5	1723341.9
P480	10+925.000	23.015	73.95	0.03	1714.3	0.7	1366159.8	1723342.6
P481	10+946.030	10.515	47.27	0.16	498.7	1.7	1366658.5	1723344.3