République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة

فرنسيس جانسون

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Étude APD d'un Tronçon Autoroutier de la 3ème Rocade d'Alger reliant la Wilaya de Tipaza à la Wilaya de Tizi Ouzou du PK50+000 au PK60+000, avec la Conception d'un échangeur.

Présenté par :

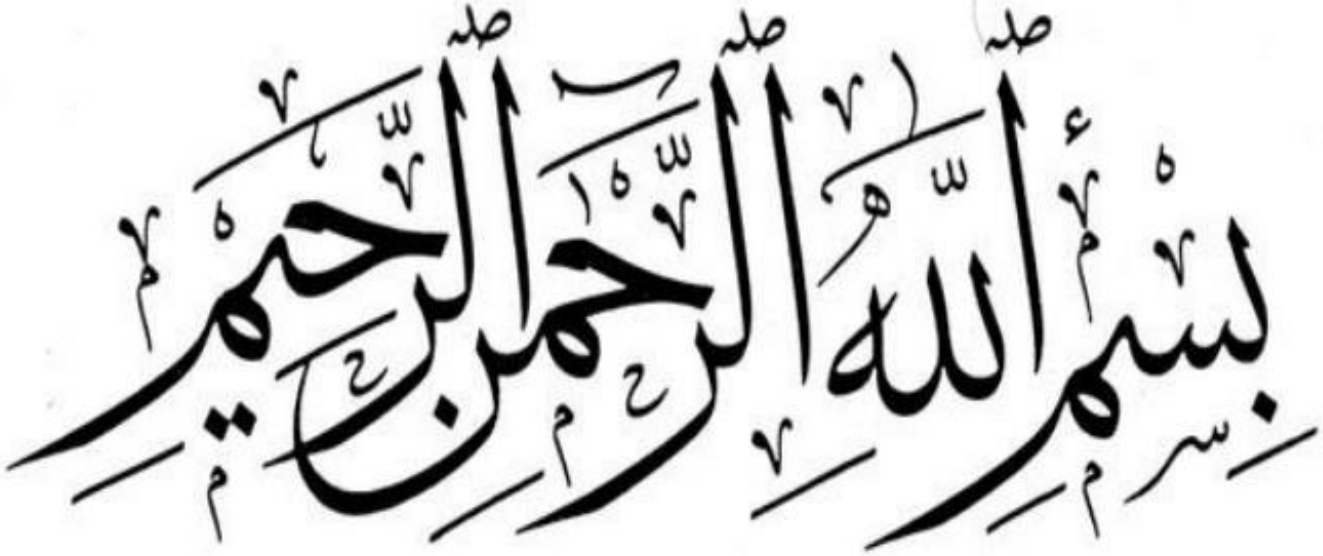
BOUALOUACHE AHMED ANIS

Encadré par :

Mr. GOUMETRE AHMED

Promotion 2023/2024

© ENSTP-FJ - Garidi - Vieux Kouba


بسم الله الرحمن الرحيم

Remerciements

Nous commençons par exprimer notre gratitude à notre Dieu Tout-Puissant, qui nous a accordé la force et le courage pour réaliser ce travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements et notre profonde reconnaissance à notre encadrant, M. Ahmed GOUMETTRE

Nous souhaitons également exprimer notre reconnaissance envers l'ensemble des enseignants et du personnel administratif du département DIB de l'ESNTP, dont les efforts ont contribué à notre formation et à la réalisation de ce travail.

Nos remerciements vont également au chef de projet, M. Rabeh DOUDANE, et l'ingénieur M. Said MADANI

Dédicace

Tout d'abord, je tiens à exprimer ma gratitude envers Dieu Tout-Puissant pour m'avoir accordé la force, le courage et la volonté tout au long de mes études, ainsi que pour la réalisation de ce travail.

Je dédie ce modeste travail

À la personne la plus chère à mon cœur, celle qui m'a soutenu et encouragé à donner le meilleur de moi-même, qui n'a jamais cessé d'être présente à mes côtés, et qui a éclairé mon chemin par la lumière de ses prières et de ses précieux conseils : Ma mère, Malika.

À mon père, Rezki, qui a sacrifié sa vie pour me voir grandir et briller dans mes études. Celui que j'ai toujours trouvé à mes côtés, qui m'offre grandeur et fierté, et qui ne m'a jamais laissé ressentir le besoin ou l'infériorité.

À mes frères, Lotfi et Chawki, ainsi qu'à mes sœurs, Selma, Hanane, et Ahlem, et à Wissem, pour leur soutien et leur présence.

Aux filles de mes sœurs, Tasnim, Ranime, Israa, Nihel, Areedj et Ichrak, dont les sourires apportent tant de joie.

À Les deux petits princes, Karam et Sefouane, qui rendent notre famille encore plus heureuse.

À la chère Amani, pour son soutien.

Merci à vous tous, les plus chers au monde, pour votre amour et votre aide.

RÉSUMÉ

Les projets routiers représentent des investissements économiques considérables. Par conséquent, chaque projet routier doit être étudié sous divers aspects afin de garantir son utilité et sa rentabilité.

Pour notre mémoire de fin d'études, nous avons réalisé une étude d'avant-projet détaillé d'un tronçon autoroutier de la 3ème rocade d'Alger, allant du PK 50+000 au PK 60+000, incluant la conception d'un échangeur au PK 59+513 à l'intersection de la 3ème rocade d'Alger et de la CW14.

Le tracé de l'autoroute a été conçu initialement en configuration 2x2 voies, extensible à 2x3 voies, avec un terre-plein central de 10 mètres.

Nous avons débuté par l'étude du trafic routier et son extrapolation sur une période de 20 ans, pour le dimensionnement de la structure de la chaussée.

Ensuite, nous avons réalisé le tracé géométrique de l'axe en plan à l'aide du logiciel COVADIS, en respectant les normes en vigueur, suivi de l'élaboration du profil en long et du profil en travers.

Nous avons ensuite effectué un rapport géotechnique pour déterminer les caractéristiques du sol support, suivi d'une étude d'assainissement et de drainage de la route. Par la suite, nous avons choisi le type d'échangeur et planifié la signalisation.

Enfin, nous avons conclu par une étude d'impact sur l'environnement, ainsi que par l'établissement du devis estimatif et quantitatif.

Summary

Road projects represent considerable economic investment. Therefore, each road project must be studied in various aspects to ensure its usefulness and profitability.

For our thesis, we carried out a detailed design study of a motorway section of the 3rd ring road of Algiers, ranging from PK 50+000 to PK 60+000, including the design of an interchange at PK 59+513 at the intersection of the 3rd ring road of Algiers and CW14.

The route of the motorway was initially designed in 2x2 lane configuration, expandable to 2x3 lane, with a central median of 10 meters.

We started with the study of road traffic and its extrapolation over a period of 20 years, for the dimensioning of the pavement structure.

Then, we realized the geometric alignment of the axis in plan using the software COVADIS, respecting the standards in force, followed by the development of the long profile and the cross profile.

We then conducted a geotechnical report to determine the characteristics of the supporting soil, followed by a road drainage and remediation study. Subsequently, we chose the type of exchanger and planned the signage.

Finally, we concluded with an environmental impact study, as well as the establishment of the estimate and quantitative estimate.

ملخص

تمثل مشاريع الطرق استثمارات اقتصادية هامة للغاية. لذا، يجب دراسة كل مشروع من جوانب متعددة لضمان طابعه الوظيفي وربحيته.

في مذكرة تخرجنا قمنا بإجراء دراسة تفصيلية لمشروع طريق سريع من النقطة الكيلومترية PK50+000 إلى النقطة الكيلومترية PK60+000 ، بما في ذلك تصميم بدال عند النقطة الكيلومترية PK59+513 عند التقاطع مع الطريق الولائي CW14.

تم تصميم المسار الأولي للطريق السريع بتكوين 2×2 مسارات قابل للتوسيع إلى 3×2 مسارات، مع وجود سطحاء وسطى بعرض 10 أمتار.

بدأنا المشروع بدراسة حركة المرور لفترة 20 سنة لتصميم بنية قارعة الطريق، بعد ذلك قمنا برسم المسطور المسطح باستخدام برنامج COVADIS وفقاً للمعايير، وإعداد المقطع الطولي والمقطع الواربي.

بعد هذه المراحل، أجرينا تقريراً جيوتكنيكياً لمعرفة خصائص التربة الداعمة، وكذلك دراسة الصرف للطريق.

ثم انتقلنا إلى اختيار نوع البدال والتخطيط للإشارات.

أخيراً، اختتمنا بدراسة التأثير البيئي وتقدير التكلفة الكمية.

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES ABREVIATIONS

APD : Avant-projet détaillé.

BBME : béton bitumineux à module élevé.

EME : enrobé à module élevé.

RAHP : Rocade Autoroutière des Hauts Plateaux.

RN : route nationale.

PK : point kilométrique.

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

TJMA : trafic journalière moyen annuelle.

U.V.P : unités de véhicules particuliers.

PL : poids lourds.

CTTP : Organisme National de Contrôle Technique des Travaux Publics.

TPC : terre pleine centrale.

BDG : bande dérasé gauche.

BM : bande moyenne.

BAU : bande d'arrêt d'urgence

BDD : bande dérasé droite.

GTR : guide de terrassement routier.

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

LCPC : laboratoire centrale des ponts et chaussées.

SPT: Essais de pénétration standard.

CBR : California - Bearing – Ratio.

BB : béton bitumineux.

GB : grave bitumineux.

GNT : grave non traitées .

AN : application numérique.

BV : bassin versant.

DBA : double séparateur en béton adhérent.

LISTE DES ABREVIATIONS

GS : glissière de sécurité.

FMO : fourniture et mise en œuvre.

THT : total hors taxes.

TTC : toutes taxes compris.

TVA : taxe sur la valeur ajoutée.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau III.1: Coefficient d'équivalence 12
Tableau III.2: Valeurs de K1-Normes B30 12
Tableau III.3: Valeurs de K2-Normes B30 12
Tableau III.4: Valeurs de capacité théorique-Normes B30 12
Tableau III.5: Tableau récapitulatif de calcul du Traffic 14
Tableau IV.1: Valeurs extrêmes des alignements droits 18
Tableau IV.2: Valeurs minimales des rayons du tracé en plan 19
Tableau V.1 : Les limites des paramètres de profil en long. 25
Tableau V.2 : Les données du PL a calculé 28
Tableau VI.1 : Les caractéristique géométrique de Profil en travers type en section 34
Tableau VII.1: Cubatures déblais remblais 37
Tableau VIII.1 : les Investigations In situ 38
Tableau VIII.2 : Les investigations au laboratoire 39
Tableau VIII.3 : Aperçu sur les résultats des analyses de laboratoire des échantillons des puits de reconnaissance 40
Tableau VIII.4 : Classification des sols fins sur le diagramme de Casa grande 40
Tableau VIII.5: Classification de chaque puits selon LCPC 41
Tableau VIII.6 : Aperçu sur les résultats des analyses de laboratoire des échantillons des puits de reconnaissance 41
Tableau VIII.7 : Classification des Matériaux selon le GTR 42
Tableau IX.1 : Choix de température équivalente 44
Tableau IX.2: Classe de portance des sols 46
Tableau IX.3: Sur-classement avec couche de forme en matériaux non traité 46
Tableau IX.4 : Fiche structure pour RP1 47
Tableau IX.5 : Fiche structure GB/GB 47
Tableau IX.6 : Duré de vie adoptées 48
Tableau IX.7 : Valeurs de coefficient d'agressivité 48
Tableau IX.8: Performance mécanique des matériaux bitumineux 50
Tableau IX.9: Performance mécanique des matériaux bitumineux 50
Tableau IX.10 : Synthèses des hypothèses sur les conditions de collage 51
Tableau IX.11 : Résultats de la moélisation de la structure 51
Tableau IX.12: Risque adoptés pour le réseau RP1 53
Tableau IX.13 **:** valeurs de $t = f(r\%)$ 53
Tableau IX.14 : Tableau des valeurs calculée et admissible des sollicitations 54
Tableau IX.15 : Coefficient d'équivalence des matériaux 55
Tableau X.1 : Coefficients de Montana (a et b) pour différentes périodes de retour 57
Tableau X.2 : Valeurs du Coefficients $C1$ 59
Tableau X.3 **:** Valeurs du Coefficients $C2$ 59
Tableau X.4 **:** Valeurs du Coefficients $C3$ 59
Tableau X.5 : Les caractéristiques physiques des bassins versants 60
Tableau X.6 : Les valeurs des intensités des pluies et temps de concentration 61
Tableau X.7 : Les valeurs des débits max 62
Tableau X.8 : Vérification des conditions d'auto curage pour les ouvrages hydrauliques circulaires (Buse). 64
Tableau X.9 : Dimensionnement des dalots 66
Tableau X.10 : Vérification des conditions d'auto curage 66
Tableau X.11: Valeurs des coefficients de ruissellement 67
Tableau X.12: Les caractéristiques des sous bassins versants 68

LISTE DES TABLEAUX

Tableau X.13 : Calcul des debits 68
Tableau XI.1 : Les valeurs limites des paramètres du profil en long (ICTAAL) 77
Tableau XI.2 : Les largeurs des composantes du profil en travers 78
Tableau XI.3 : Dévers de la chaussée 78
Tableau XI.4 : Principales distances de visibilité d'après LICTAAL 80
Tableau XII.1 : Ouvrages existants 81

LISTE DES FIGURES

Figure II.1: Photo satellitaire du tracé de la 3ème Rocade d'Alger 6
Figure II.2: la carte de Tronçon d'étude 7
Figure IV.1: Schéma des éléments du Tracé en Plan 17
Figure IV.2: Les éléments de la Clothoïde 20
Figure IV.3: Schématisation d'un tracé en plan avec Raccordement 22
Figure V.1: Schéma illustratif de raccordements convexes 26
Figure V.2 : Schéma illustratif de raccordements convexes 27
Figure V.3 : Schéma illustratif d'un rayon concave 28
Figure VI.1 : Types de profils en travers 30
Figure VI.2 : Éléments constitutifs du profil en travers en section courante 31
Figure VI.3 : Profil type de notre projet 33
Figure VI.4 : Profil type au niveau des ouvrages d'art 35
Figure VI.5 : Les caractéristique géométrique de Profil en travers -Ouvrage 35
Figure VII.1 : Les positions des sections dans un profil en long 36
Figure X.1: Délimitation des bassins versants à l'aide de Global Mapper BV-3 60
Figure X.2 : Abaque Rq ; Rh et Rv conduite circulaire 64
Figure X.3 : Dalot 65
Figure X.4: conception d'un Fossé 69
Figure XI.1 : La zone de décélération 76
Figure XI.2 : La zone d'accélération. 77
Figure XI.3 : distance d'arrêt. 78
Figure XI.4 : distance de manœuvre de sortie 79
Figure XI.5 : Echangeur de notre projet (EC10-CW14) 80
Figure XIII.1 : Les lignes transversale 85
Figure XIII.2 : Les lignes longitudinales 85
Figure XIII.3 : transversale Les lignes de délimitation de voies dans le tracé 85
Figure XIII.4: Les lignes de délimitation de voies dans le tracé sans affectation de voies 86
Figure XIII.5 : Les lignes de délimitation de voies dans le tracé avec affectation de voies 86
Figure XIII.6 : même nombre de voies 86
Figure XIII.7: Nombre de voies inférieur 86
Figure XIII.8 : Flèches directionnelles 87
Figure XIII.9 : Flèches de rabattement 87
Figure XIII.10 : Schémas de marquage avec hachures 88
Figure XIII.11 : Signalisation de direction 90
Figure XIII.12 : Paramètres d'implantation des luminaires 91

Table des matières

Introduction générale 1

Chapitre I : Recherche bibliographie 2

I. 1 Introduction 2

I. 2 Définition d'un sable de dunes 2

I. 3 Intérêt du sable de dune 2

I. 3. 1 Intérêt technique 2

I. 3. 2 Intérêt économique 2

I. 4 Identification des sables de dunes du Sahara 2

I. 4. 1 Composition chimique 2

I. 4. 2 Granulométrie 3

I. 4. 3 Propreté 3

I. 4. 4 Comportement mécanique 3

I. 5 Utilisation du sable de dunes 3

I. 5. 1 Matériaux pour corps de chaussée 3

I. 5. 2 L'utilisation du sable de dunes pour les revêtements routiers 4

I. 6 Conclusion 4

Chapitre II : Présentation de projet 5

II. 1 Introduction 5

II. 2 Description de Projet et ses Objectifs 5

II. 2. 1 Description du Projet 5

II. 3 Localisation Géographique du projet 6

II. 4 Description du Tronçon d'Étude 7

II. 5 Contraintes du Tronçon d'Étude 8

II. 6 Conclusion 8

Chapitre III : Étude de Trafic 9

III. 1 Introduction : 9

III. 2 Importance de l'Étude de Trafic 9

III. 3 Analyse des Trafics 9

III. 3. 1 Comptages 9

III. 3. 2 Connaissance des flux (les enquêtes) 10

III. 3. 3 Différents types du trafic 10

III. 4 Modèles De Présentation De Trafic : 11

III. 5 Calcul de la capacité 11

III. 5. 1 Calcul de TJMA horizon 11

III. 5. 2 Calcul des Trafics Effectifs 11
III. 5. 3 Débit de Pointe Horaire Normal 12
III. 5. 4 Débit Horaire Admissible 12
III. 5. 5 Calcul de nombre de voies 13
III. 5. 6 Application au projet 13
III. 6 Conclusion 15
Chapitre IV : Tracé en plan 16
IV. 1 Introduction 16
IV. 2 Choix de la Catégorie 16
IV. 3 Règles et Principes de Conception du Tracé En Plan 16
IV. 4 Les éléments du Tracé En Plan 17
IV. 4. 1 Les Alignements Droits 17
IV. 4. 2 Arcs De Cercle: 18
IV. 4. 3 Les Courbes de Raccordement (CR) 19
IV. 5 Enchaînement des éléments du tracé en plan 21
IV. 6 Exemple de calcul manuel pour un axe en plan : 22
Chapitre V : profil en long 25
V. 1 Introduction 25
V. 2 Règles à suivre pour le tracé du profil en long : 25
V. 3 Les caractéristiques de notre profil en long 25
V. 3. 1 Valeurs limites 25
V. 3. 2 Déclivité minimale : 25
V. 3. 3 Déclivité maximale 26
V. 4 Types de Raccordement en profil en long 26
V. 4. 1 Raccordements convexes (angle saillant) 26
V. 4. 2 Raccordements concave (angles rentrant) : 26
V. 5 Coordination du tracé en plan et du profil en long 27
V. 6 Exemple de calcul du profil en long (cas de raccordement d'un rayon concave) 28
Chapitre VI : Profil en travers 30
VI. 1 Profil en travers 30
VI. 2 Types de profils en travers dans la conception routière : 30
VI. 2. 1 Le profil en travers type : 30
VI. 2. 2 Profil en Travers Courant 30
VI. 3 Les éléments constitutifs du profil en travers : 31
VI. 4 Pente transversale : 32

VI. 4. 1 En alignement et en courbe non déversée : 32
VI. 4. 2 En courbe déversée : 32
VI. 5 Changement de dévers 33
VI. 6 Profil en travers type du notre projet 33
VI. 6. 1 Profil en travers en section courante 33
VI. 6. 2 Profil en travers au niveau des ouvrages d'art 35
Chapitre VII : Cubature 36
VII. 1 Introduction 36
VII. 2 Méthodes de Calcul des Cubatures 36
VII. 2. 1 Méthode de la moyenne des aires 36
VII. 3 Calcul des cubatures de terrassement : 37
Chapitre VIII : Étude géotechnique 38
VIII. 1 Introduction 38
VIII. 2 Les objectifs de l'étude géotechnique 38
VIII. 3 Méthodologie 38
VIII. 3. 1 Investigations In situ 38
VIII. 3. 2 Investigations au laboratoire 39
VIII. 4 Identification des Matériaux 40
VIII. 5 Caractéristiques mécaniques 41
VIII. 6 Classification des sols selon la norme NF P 11-300 ou GTR 42
VIII. 7 Définition des pentes des talus : 43
VIII. 8 Conclusion et Recommandation 43
Chapitre IX : Dimensionnement du corps de chaussée 44
IX. 1 Introduction 44
IX. 2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves 44
IX. 2. 1 Les Données climatiques 44
IX. 2. 2 Trafic 45
IX. 2. 3 Classe de portance de sol support 46
IX. 2. 4 Sur classement de sol support 46
IX. 2. 5 Choix de la structure de chaussée 47
IX. 2. 6 Dimensionnement de la chaussée 47
IX. 2. 7 Modélisation de la structure 49
IX. 3 Dimensionnement par la méthode CBR 54
IX. 4 Conclusion 55
Chapitre X : Assainissement 56

X. 1 Introduction 56
X. 2 Objectifs de l'Assainissement Routier 56
X. 3 Étapes d'un Projet d'Assainissement Routier 56
X. 4 Étude hydrologique 57
X. 4. 1 Choix des stations météorologiques 57
X. 4. 2 Période de retour pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques 57
X. 4. 3 Détermination de l'intensité $\mathbf{I(t)}$ 57
X. 4. 4 Estimation du débit de crue 58
X. 4. 5 Application au projet 61
X. 5 Étude hydraulique 62
X. 5. 1 Calcul des ouvrages hydrauliques 62
X. 5. 2 Estimation des débits de saturation des ouvrages 62
X. 5. 3 Système de drainage transversal 63
X. 5. 4 Système de drainage longitudinal 66
Chapitre XI : Échangeur 70
XI. 1 Introduction 70
XI. 2 Le rôle d'un échangeur 70
XI. 3 Avantages et Inconvénients de l'échangeur 70
XI. 4 Les différents types d'échangeurs 71
XI. 4. 1 Échangeurs majeurs 71
XI. 4. 2 Échangeur mineur 71
XI. 5 Conception d'un échangeur 73
XI. 5. 1 Éléments de conception d'un échangeur 73
XI. 5. 2 Conditions à respecter 74
XI. 6 Les composants d'un échangeur 74
XI. 6. 1 Ouvrage d'art 74
XI. 6. 2 Carrefour plan 74
XI. 6. 3 Bretelles : 74
XI. 7 Visibilité 78
XI. 7. 1 La visibilité à l'entrée de l'autoroute 78
XI. 7. 2 Visibilité sur la sortie de l'autoroute 79
XI. 7. 3 Distance de visibilité sur marquage $\mathbf{dvm}$: 79
XI. 7. 4 Distance de lecture $\mathbf{Ic}$ 79
XI. 8 Application au projet 79
XI. 8. 1 Choix du type de l'échangeur 79

XI. 9 Conclusion 80
Chapitre XII : Ouvrages D'art 81
XII. 1 Introduction 81
XII. 2 Sélection du Type d'Ouvrage 81
XII. 3 Gabarit Réservé 81
XII. 4 Les ouvrages existants 81
Chapitre XIII : signalisations 82
XIII. 1 Introduction 82
XIII. 2 Objectifs de la signalisation 82
XIII. 3 Règles à respecter pour la signalisation 82
XIII. 4 Types de signalisation 82
XIII. 4. 1 Signalisation horizontale 82
XIII. 4. 2 Signalisation verticale 83
XIII. 5 Caractéristiques générales des marques 83
XIII. 6 Dispositifs de retenue 84
XIII. 6. 1 Glissières de sécurité métalliques fixes 84
XIII. 6. 2 Glissières de sécurité métalliques amovibles 84
XIII. 6. 3 Séparateurs en béton 84
XIII. 6. 4 Balises de signalisation 84
XIII. 7 Application au projet 84
XIII. 7. 1 Signalisation horizontale 84
XIII. 7. 2 Signalisation verticale 88
XIII. 8 Éclairage 91
XIII. 8. 1 Introduction 91
XIII. 8. 2 Différentes catégorie d'éclairage 91
XIII. 8. 3 Paramètres d'implantation des luminaires 91
XIII. 9 Application au projet 92
XIII. 9. 1 Éclairage de la voie 92
XIII. 9. 2 Éclairage des bretelles 92
Chapitre XIV : Impact sur l'environnement 93
XIV. 1 Introduction 93
XIV. 2 Etude d'impact sur l'environnement 93
XIV. 3 Objectif 93
XIV. 4 Cadre légal 94
XIV. 5 Les impacts sur l'environnement 94

XIV. 6 Conclusion 95
Devis quantitatif et estimatif 96
Conclusion générale 98
Bibliographie 99
ANNEXE 1: Axe en plan 100
ANNEXE 2 : Axe en long 101
ANNEXE 3: La géométrie du profil en travers 103
ANNEXE 4: Cubatures récapitulatif 116

Introduction générale

L'infrastructure de transport, en particulier les voies routières, joue un rôle essentiel dans le développement économique et social d'un pays. Reconnaissant cette importance, l'Algérie a engagé une politique ambitieuse d'amélioration et d'expansion de son réseau routier, notamment à travers la réalisation de la 3ème rocade d'Alger. Ce projet majeur vise à renforcer la connectivité entre les différentes régions, améliorer la sécurité routière, et répondre aux défis posés par l'augmentation du trafic et les exigences de confort moderne.

Notre étude se concentre sur un segment clé de cette rocade, entre le PK50+000 et le PK60+000, avec l'objectif de concevoir un échangeur efficace. Ce tronçon, stratégique pour la liaison entre Tipaza et Tizi Ouzou, est étudié dans le cadre de l'Avant-Projet Détaillé (APD) en utilisant des technologies de pointe pour la conception et la modélisation. Notre démarche inclut une analyse complète couvrant la géotechnique, le trafic, l'assainissement, et la signalisation, visant à proposer une infrastructure durable et adaptée aux besoins futurs.

A travers cette initiative, nous contribuons à l'évolution de l'infrastructure routière en Algérie, en apportant une solution à la fois moderne, sécurisée, et respectueuse de l'environnement, conforme aux aspirations de développement du pays.

Chapitre I : Recherche bibliographie

I. 1 Introduction

Le sable désigne un mélange de grains lâches, sans cohésion, dont la taille varie généralement entre 0,062 et 5 mm. Géologiquement, le sable se caractérise par deux aspects : la granulométrie (taille des grains) et la minéralogie (nature des grains). Une particule individuelle est appelée grain de sable. Le sable peut être d'origine naturelle, résultant de l'érosion des roches, ou artificielle, produit par le broyage de roches massives à travers des opérations de concassage et de criblage, aussi appelé sable de carrière. Ce dernier se caractérise par des grains plus anguleux et irréguliers. La composition du sable varie en fonction de la nature des roches d'origine.

I. 2 Définition d'un sable de dunes

Les sables des dunes sont constitués de particules siliceuses (S_iO_2) de petites dimensions et de taille uniforme. Ces sables forment des dunes mouvantes dont la hauteur peut varier considérablement. Le Sahara est composé d'environ 40 % de montagnes désertiques, 15 % de plaines désertiques, et 30 % de dunes de sable, le reste étant constitué de sebkhas et de chotts. Le Sahara couvre environ un tiers du continent africain. Ces données soulignent l'importance de développer des infrastructures routières dans cette région peu équipée et de valoriser le sable local dans les projets de construction routière.

I. 3 Intérêt du sable de dune

L'utilisation du sable de dune présente des avantages à deux niveaux : technique et économique.

I. 3. 1 Intérêt technique

Les propriétés techniques du sable incluent sa capacité à densifier les matériaux et à améliorer leurs caractéristiques géotechniques en augmentant le frottement interne et la portance. De plus, il peut être utilisé pour réduire la plasticité des matériaux de base.

I. 3. 2 Intérêt économique

Du point de vue économique, l'utilisation du sable de dune présente des avantages évidents. Il permet des économies significatives dans le transport des matériaux car il est abondamment disponible localement. De plus, son extraction ne génère pratiquement aucun coût supplémentaire, et il peut être facilement mélangé avec d'autres matériaux sur le chantier.

I. 4 Identification des sables de dunes du Sahara

I. 4. 1 Composition chimique

Les sables de dunes du Sahara se caractérisent par leur composition chimique simple, principalement constituée de plus de 95% de silice, de 1 à 2% de calcaire, et des traces d'autres

oxydes. En raison de cette composition, ils ont une couleur blanche légèrement jaune et ocre, et ils perdent facilement leur cohésion en surface lorsqu'ils s'assèchent.

I. 4. 2 Granulométrie

Les sables de dunes du Sahara ont des plus gros éléments d'un diamètre d'environ 0,5 mm, qui sont plus nombreux près de la roche mère et deviennent plus petits à mesure qu'on s'éloigne. Les particules deviennent également plus arrondies avec l'éloignement de la source. Les plus petits éléments ont un diamètre d'environ 0,04 mm. Le coefficient d'uniformité, qui mesure la répartition des tailles de particules, est d'environ 1,8, le coefficient de courbure, qui indique la forme de la courbe de gradation, est d'environ 10, ce qui correspond à un sable très fin mal gradué.

I. 4. 3 Propreté

Le sable de dune présente une très faible teneur en argile et une limite de liquidité d'environ 25, avec une limite de plasticité non mesurable. Son équivalent de sable dépasse 60%, ce qui indique une bonne qualité en tant que matériau granulaire. De plus, sa valeur de bleu est d'environ 0,1, ce qui témoigne d'une faible proportion de fines et d'une bonne propreté du matériau.

I. 4. 4 Comportement mécanique

Des essais de compactage et de cisaillement direct ont révélé plusieurs résultats importants :

- L'effet de la teneur en eau sur le compactage est négligeable lorsque celle-ci est faible (0 à 6 %).
- La cohésion du sable de dune est très faible, d'environ 5 kPa.
- L'angle de frottement interne varie de 30 à 35° en fonction de la densité du sable.

Ces résultats indiquent que le sable de dune peut présenter un comportement mécanique satisfaisant même à faible compacité, à condition qu'il soit protégé du vent. Cependant, l'indice portant CBR de ces sables, mesuré à la densité optimale et à la teneur en eau de l'optimum Proctor modifié, est relativement bas, d'environ 10%. Cette caractéristique exclut la possibilité d'utiliser uniquement ces sables pour constituer le corps de la chaussée.

I. 5 Utilisation du sable de dunes

I. 5. 1 Matériaux pour corps de chaussée

L'utilisation des sables de dunes dans les techniques routières représente un domaine de recherche crucial pour les régions désertiques telles que le Sahara. Plusieurs études ont examiné leur potentiel dans la construction routière, mettant en évidence des avantages techniques et économiques significatifs. Dans les recherches examinées, l'intégration de sable de dune dans divers mélanges de matériaux de base a montré une amélioration de la portance et des caractéristiques géotechniques des matériaux. Cette amélioration est particulièrement remarquable lorsque le sable de dune est mélangé avec des matériaux locaux, tels que des graviers alluvionnaires ou des tufs calcaires, dans des proportions allant jusqu'à 25%.

En termes d'aspects techniques, l'ajout de sable de dune a permis d'augmenter le frottement interne, d'améliorer la portance et de réduire la plasticité des matériaux. De plus, le sable de dune offre des avantages économiques en réduisant les coûts de transport des matériaux et en étant largement disponible localement.

Cependant, des limites ont été identifiées, notamment en ce qui concerne l'excès d'ajout de sable de dune, pouvant entraîner une diminution de la cohésion des mélanges. Par conséquent, une optimisation des proportions est nécessaire pour garantir des performances géotechniques optimales.

I. 5. 2 L'utilisation du sable de dunes pour les revêtements routiers

Plusieurs études ont été menées pour évaluer l'utilisation du sable de dunes dans les revêtements routiers. Une de ces études, réalisée en 2013, avait pour objectif de remplacer les agrégats traditionnels par des sables locaux dans les enrobés bitumineux, et d'évaluer les performances mécaniques des mélanges obtenus. Trois types de sable ont été utilisés dans cette étude : le sable de dunes, le sable alluvionnaire et le sable concassé 0/3 de la région de Ouargla, avec un bitume pur de classe 40/50.

Les résultats des essais ont permis d'évaluer des paramètres importants tels que la densité, la compacité, la stabilité et le fluage des mélanges. Ces résultats ont montré que les performances des mélanges variaient en fonction de la teneur en bitume et du type de mélange. Par exemple, certains mélanges ont présenté un meilleur pourcentage de vides remplie par le bitume, tandis que d'autres ont montré une meilleure compacité et stabilité.

Une autre étude en 1997 a examiné l'effet de différents stabilisants, tels que le ciment et la chaux, sur la résistance au cisaillement des mélanges de sable de dunes traités avec de l'émulsion de bitume. Les résultats ont montré une amélioration de la résistance au cisaillement avec l'ajout de ces stabilisants, en particulier le ciment.

Ces études ont démontré le potentiel du sable de dunes dans les techniques routières, tout en mettant en évidence l'importance de prendre en compte différents facteurs tels que la teneur en bitume, les types de mélange et les stabilisants pour optimiser les performances des revêtements routiers.

I. 6 Conclusion

Ce chapitre met en lumière l'utilisation des sables dans les techniques routières, où ils présentent un intérêt économique significatif.

Bien que l'utilisation seule des sables de dunes ne donne pas des résultats satisfaisants, plusieurs études ont montré que leur combinaison avec des stabilisants tels que le ciment, la chaux, la poussière de cimenterie ou le tuf volcanique peut améliorer de manière significative les performances, à condition de choisir le stabilisant approprié et la bonne teneur, tout en respectant les normes de durabilité requises.

Chapitre II : Présentation de projet

II. 1 Introduction

La 3ème Rocade d'Alger, envisagée comme un maillon essentiel dans l'amélioration de l'infrastructure routière algérienne, vise à créer une liaison autoroutière entre Sidi Rached (wilaya de Tipaza) et Draa Benkhedda (wilaya de Tizi Ouzou), en passant par les wilayas de Blida et Boumerdès. S'étendant sur environ 159 km, ce projet stratégique cherche à désengorger la circulation intense autour de la région algéroise, facilitant ainsi le transit entre l'ouest et l'est du pays.

II. 2 Description de Projet et ses Objectifs

II. 2. 1 Description du Projet

La 3ème Rocade d'Alger est imaginée en tant que corridor moderne, répondant aux normes internationales de sécurité et d'efficacité. Avec une configuration initiale en 2x2 voies élargissable à 2x3 voies, elle inclut un terre-plein central de 10 m pour assurer une séparation physique entre les directions de circulation, augmentant ainsi la sécurité des usagers.

Les ouvrages d'art prévus dans le cadre du projet sont conçus pour supporter directement une configuration à 2x3 voies, anticipant les besoins futurs de capacité et de fluidité du trafic.

I.2.2 Objectifs Principaux

- **Désengorgement du Trafic Urbain :** Un des enjeux majeurs que la 3ème Rocade cherche à adresser est la congestion routière intense dans la région algéroise, en offrant une alternative efficace aux premières et deuxièmes Rocades d'Alger. Cela permettra d'améliorer la circulation de transit, réduisant les bouchons.

- **Amélioration de l'Accessibilité :** Le projet vise à renforcer l'accessibilité aux zones d'activités économiques, industrielles et touristiques, facilitant ainsi le développement régional et offrant de nouvelles opportunités pour l'investissement et l'emploi. En particulier, l'accès aux zones touristiques pendant la saison estivale sera grandement amélioré, boostant le tourisme local.

- **Sécurité et Confort :** La 3ème Rocade est conçue pour offrir un haut niveau de sécurité et de confort pour les usagers, avec l'objectif de réduire significativement le nombre d'accidents et de fournir une expérience de conduite agréable grâce à des infrastructures modernes.

- **Optimisation des Coûts de Transport :** En fournissant un tracé direct et efficace, le projet contribue à la réduction des coûts de transport pour les individus et les entreprises, favorisant ainsi l'économie locale et nationale.

- **Développement Durable :** La 3ème Rocade est envisagée dans une perspective de développement durable, cherchant à minimiser son empreinte environnementale et à intégrer des solutions écologiques dans sa conception et sa construction. Elle vise à améliorer le cadre de vie des riverains en réduisant le bruit et la pollution liés au trafic.

II. 3 **Localisation Géographique du projet**

Suite aux études approfondies réalisées durant les phases d'Avant-Projet Sommaire (APS) et d'Avant-Projet Détaillé (APD), il a été déterminé qu'un tracé optimal de 159,170 km, s'étendant d'ouest en est depuis Tipaza jusqu'à Tizi Ouzou, représente la solution la plus viable pour la 3ème Rocade d'Alger. Ce tracé prend sa source à Sidi Rached (Tipaza) et s'étire jusqu'à l'est de Draa Ben Khedda (Tizi Ouzou), embrassant une traversée diverse de la géographie algérienne. Il navigue initialement le long du bourrelet du Sahel sur une distance de 36 km, avant de s'orienter vers le sud à travers la cluse du Mazafran (Sidi Abdallah) pour parcourir la plaine de la Mitidja sur environ 20 km jusqu'à l'entrée nord de Boufarik.

Le parcours se réoriente ensuite vers l'est, continuant sa route dans la plaine de la Mitidja jusqu'au point kilométrique 68, où il franchit les terrains montagneux au sud de Meftah, après Larbaa. Il frôle la localité de Djebabra, passe au sud de Khemis Khechena et prend une direction nord-est pour fusionner temporairement avec le tracé de la deuxième Rocade sur une étendue d'environ 9 km. À partir du hameau de Benmerzouga, le tracé se dirige à l'est, traversant la RN 5 après avoir longé Oued Corso, et continue son périple à proximité de Tidjellabine pour ensuite traverser la montagne de Thénia.

Après avoir surmonté les monts de Thénia, le parcours sillonne la plaine de Si Mustapha et l'oued Isser, longe les montagnes adjacentes aux Isser et à Bordj Ménaïel, et se rapproche à nouveau de la RN12 (Alger-Tizi Ouzou) près de Naciria. Il avance ensuite vers la plaine de Tademaït et longe la rive gauche d'Oued Sébaou, le traversant pour suivre la rive droite jusqu'à Sidi Naamane. Finalement, le tracé recroise l'Oued Sébaou pour aboutir à Draa Benkhedda, où il se connecte à l'échangeur de la pénétrante de Tizi-Ouzou, complétant ainsi le parcours envisagé pour cette infrastructure majeure.



Figure II.1: Photo satellitaire du tracé de la 3ème Rocade d'Alger

II. 4 Description du Tronçon d'Étude

Notre focus se porte sur l'étude d'un tronçon spécifique de 10 km, de PK50+000 à PK60+000, inclus dans le cadre plus large de la 3ème Rocade, représente une portion significative de ce projet d'infrastructure majeur. Ce segment de 10 km traversant un paysage varié qui inclut des zones montagneuses et des plaines.

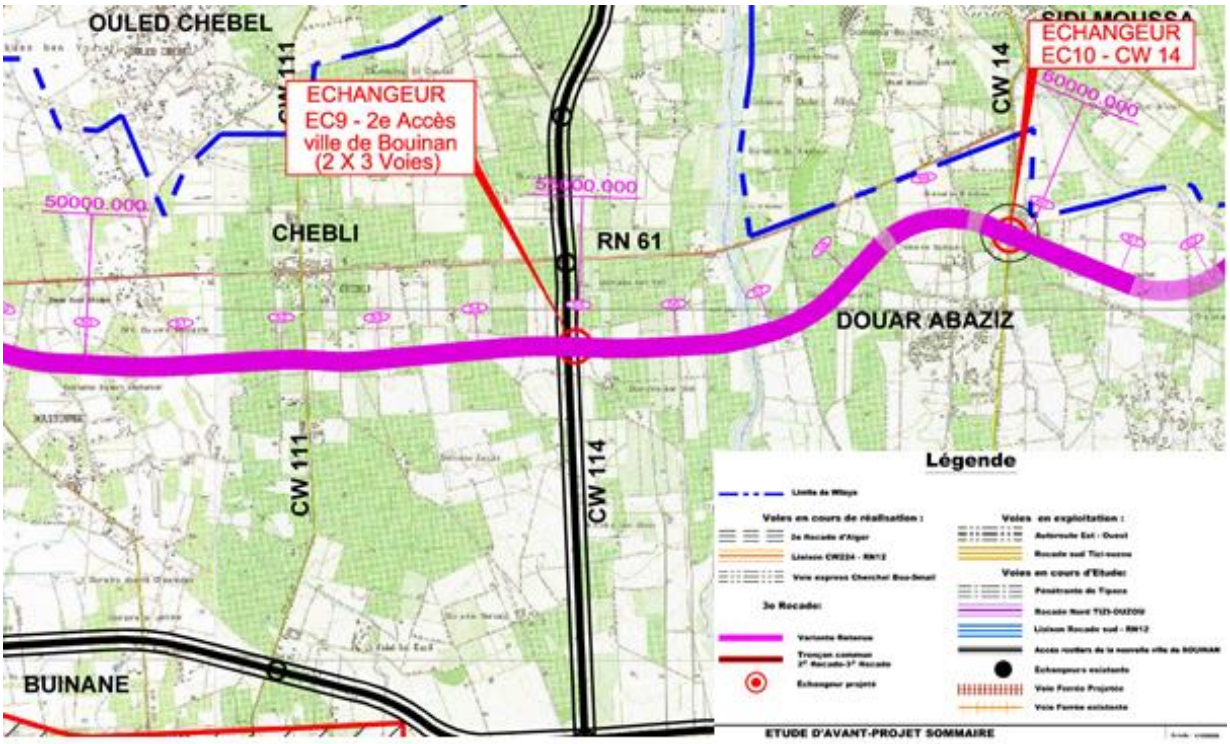


Figure II.2: la carte de Tronçon d'étude

- **Début du Tronçon (PK50) :** À partir de ce point, le tracé est pensé pour s'adapter au relief environnant, minimisant l'impact sur le paysage naturel et les zones agricoles adjacentes.
- **Parcours à travers le Tronçon :** Sur ce segment, la rocade est prévue pour maintenir une configuration en 2x2 voies, avec la possibilité d'une future extension à 2x3 voies. L'accent est mis sur l'intégration harmonieuse avec l'environnement, tout en assurant la sécurité et le confort des usagers. Le design prend en compte les spécificités géographiques et environnementales de la zone, garantissant une traversée efficace et sûre.

- **Echangeur EC10 - CW14 :** Situé à Douar Abaziz, marque un point d'interaction crucial avec la route CW14. Cet échangeur est stratégiquement placé pour desservir les communautés locales et faciliter l'accès aux zones environnantes. En offrant une jonction sécurisée et efficace, l'Echangeur EC10 contribue à la réduction des temps de parcours et à l'amélioration de la sécurité routière pour les usagers de la route.
- **Fin du Tronçon (PK60)** : Cette extrémité représente une transition vers la continuation de la rocade, en direction de l'est vers Tizi Ouzou.

II. 5 Contraintes du Tronçon d'Étude

L'étude du tronçon de PK50+000 à PK60+000, bien qu'essentielle au succès global de la 3ème Rocade d'Alger, est confrontée à plusieurs défis et contraintes qui doivent être soigneusement analysés et surmontés. Ces contraintes sont liées à la topographie, à l'hydrologie, à l'environnement, ainsi qu'à la cohabitation avec d'autres infrastructures existantes. Sans entrer dans les détails spécifiques des contraintes, qui seront abordées plus en détail ultérieurement, nous soulignons l'importance de considérer :

Les contraintes topographiques : Le relief et les caractéristiques du sol qui peuvent influencer la conception du tracé et des ouvrages d'art.

Les contraintes hydrologiques : La présence de cours d'eau, l'écoulement des eaux de surface, et les zones potentiellement inondables qui nécessitent des solutions d'assainissement adaptées.

Les contraintes environnementales : La nécessité de minimiser l'impact sur les écosystèmes locaux, les terres agricoles, et les zones habitées à proximité du tracé.

La cohabitation avec d'autres infrastructures : La proximité de lignes électriques, de conduites de gaz, de routes nationales, et de voies ferrées qui requiert une planification minutieuse pour éviter les interférences.

II. 6 Conclusion

La 3ème Rocade d'Alger, dans son ensemble, représente une initiative ambitieuse visant à transformer le réseau de transport algérien, en améliorant significativement la fluidité du trafic et en stimulant le développement économique et social des régions qu'elle traverse. Au cœur de ce vaste projet se trouve notre étude APD sur le tronçon spécifique de PK50 à PK60. Cette portion, bien qu'étant une fraction de l'ensemble, joue un rôle crucial dans la concrétisation des objectifs de la 3ème Rocade d'Alger.

Chapitre III : Étude de Trafic

III. 1 Introduction :

L'étude de trafic joue un rôle essentiel dans la planification et la conception des projets routiers, y compris pour le tronçon de PK50 à PK60 de la 3ème Rocade d'Alger. Elle fournit une base solide pour prendre des décisions éclairées sur plusieurs aspects critiques du développement routier, garantissant ainsi la création d'infrastructures à la fois durables et adaptées aux besoins futurs.

III. 2 Importance de l'Étude de Trafic

- ✓ **Prévision des Flux de Trafic :** Elle permet d'estimer les volumes de trafic actuels et futurs, crucial pour dimensionner adéquatement l'infrastructure.
- ✓ **Dimensionnement du Corps de Chaussée :** L'analyse du type et du volume de véhicules, particulièrement les poids lourds, guide le choix des matériaux et l'épaisseur de la chaussée pour assurer sa longévité.
- ✓ **Détermination du Nombre de Voies :** Elle aide à définir le nombre de voies nécessaires pour gérer le trafic prévu, évitant congestion et améliorant la sécurité.
- ✓ **Conception des Échangeurs :** Fournit des données pour planifier la localisation et la configuration des échangeurs et accès, optimisant la circulation et l'intégration au réseau existant.
- ✓ **Sécurité Routière :** Identifie les zones à risque pour implémenter des mesures de sécurité spécifiques.
- ✓ **Évaluation des Impacts :** Anticipe l'impact environnemental et social du projet, permettant de choisir des solutions minimisant les nuisances.

III. 3 Analyse des Trafics

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

- Celles qui permettent de quantifier le trafic : les comptages.
- Celles qui en outre permettent d'obtenir des renseignements qualificatifs : les enquêtes.

III. 3. 1 Comptages

C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, on distingue deux types de comptage :

- Les comptages automatiques.
- Les comptages manuels.

III.3. 1. 1 Comptages automatiques

Les comptages automatiques de trafic sont essentiels pour mesurer les volumes de circulation et se divisent en deux catégories Permanents et temporaires.

- Les comptages permanents sont installés sur des routes stratégiques (autoroutes, routes nationales, et chemins de wilaya très fréquentés) pour fournir des données continues sur le trafic.
- Les comptages temporaires, quant à eux, sont réalisés annuellement durant les périodes de pic de trafic sur d'autres segments du réseau routier, grâce à des dispositifs de comptage mobiles, afin de compléter l'aperçu global du trafic.

III.3. 1. 2 Comptages manuels

Les comptages manuels sont effectués par des observateurs qui notent la composition du trafic, servant ainsi à enrichir les données issues des comptages automatiques. Ces opérations manuelles fournissent des détails précieux tels que la proportion de poids lourds et de véhicules de transport en commun dans le flux de circulation. Les résultats sont ensuite présentés sous forme de moyenne journalière annuelle (TJMA) pour une analyse complète du trafic.

III. 3. 2 Connaissance des flux (les enquêtes)

Il s'avère généralement bénéfique d'enrichir les données issues des comptages avec des informations détaillées sur le type de trafic et ses directions. Selon les besoins, différentes techniques peuvent être utilisées, notamment l'enquête cordon. Celle-ci est conduite à tous les points d'entrée et de sortie d'une zone spécifique, qu'il s'agisse d'une agglomération complète, d'une ville, ou simplement d'un quartier. Son utilité réside principalement dans sa capacité à différencier les flux de transit des mouvements locaux.

III. 3. 3 Différents types du trafic

On identifie quatre types de trafic essentiels dans l'analyse des projets routiers :

- **Trafic Normal :** Les flux de véhicules existants sur les infrastructures actuelles, sans considérer l'impact du nouveau projet.
- **Trafic Induit :** Les nouveaux mouvements de véhicules générés par l'attraction vers d'autres itinéraires ou destinations à la suite de l'aménagement.
- **Trafic Dévié :** Il englobe les déplacements qui n'étaient pas réalisés ou qui l'étaient vers d'autres destinations en raison de la qualité insuffisante de l'ancien aménagement, ainsi que ceux stimulés par la réduction des coûts de production et de vente grâce à l'amélioration apportée par le nouveau tracé.
- **Trafic Total :** Correspond à l'addition du trafic induit et du trafic dévié, reflétant l'ensemble des mouvements résultant du projet.

III. 4 Modèles De Présentation De Trafic :

Pour projeter le trafic futur, nous utiliserons la méthode de **"Prolongation de l'Évolution Passée"**, en extrapolant les tendances historiques via un modèle de croissance exponentiel. D'autres méthodes incluent l'analyse de corrélation entre le trafic et des indicateurs économiques, le modèle gravitaire pour les trafics à court terme, et les modèles de facteur de croissance basés sur des données démographiques et économiques spécifiques à la zone étudiée.

Le trafic $\mathrm{T_n}$ à l'année n sera : $\mathrm{T_n} = \mathrm{T_0}(1+\tau)^{\mathrm{n}}$

- $\mathrm{T_0}$: Le trafic à l'année de référence.
- n : Nombre d'année d'exploitation.
- τ : Taux d'accroissement du trafic (%).

III. 5 Calcul de la capacité

➢ Définition

La capacité routière se définit comme le volume maximal de véhicules pouvant traverser une section de route, dans une ou deux directions, compte tenu de ses spécificités géométriques et de trafic, sur une période donnée. Elle est mesurée en termes de débit horaire de véhicules.

III. 5. 1 Calcul de TJMA horizon

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

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

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

III. 5. 2 Calcul des Trafics Effectifs

Le calcul du trafic effectif implique la conversion du trafic en Unités de Véhicules Particuliers (UVP), basée sur le type de route et son contexte environnemental. Des coefficients d'équivalence sont employés pour transformer le volume de poids lourds (PL) en UVP, permettant ainsi de déterminer le trafic réel selon une formule spécifique.

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

- T_{eff} : Trafic effectif à l'horizon en (UPV/J)
- Z : Pourcentage de poids lourds (%).
- P : coefficient d'équivalence pour le poids lourd, il dépend de la nature de la route (Nombres de voies et de l'environnement).

Le tableau ci-dessous nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence P pour poids Lourds en fonction de l'environnement et les caractéristiques de notre 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

III. 5. 3 Débit de Pointe Horaire Normal

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

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right).T_{eff}$$

- Q : Débit de pointe horaire
- n : Nombre d'heure
- T_{eff} : Trafic effectif.

III. 5. 4 Débit Horaire Admissible

C'est le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par application de la formule :

$$\boldsymbol{Q_{adm} = K_1.K_2.C_{th}}$$

- $\boldsymbol{K_1}$ **:** coefficient lié à l'environnement.
- $\boldsymbol{K_2}$ **:** coefficient de réduction de capacité.
- $\boldsymbol{C_{th}}$ **:** capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Environnement	E1	E2	E3
K1	0,75	0,85	O, 9 à 0, 95

Tableau III.2: Valeurs de K1-Normes B30

	Catégorie de la Route				
Environnement	1	2	3	4	5
1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
3	0,91	0,95	0,97	0,96	0,96

Tableau III.3: Valeurs de K2-Normes B30

	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3.5m	1500 à 2000 UVP/h
Route à 3 voies de 3.5m	2400 à 3200 UVP/h
Route à chaussés séparées	1500 à 1800 UVP/h

Tableau III.4: Valeurs de capacité théorique-Normes B30

III. 5. 5 Calcul de nombre de voies

- Cas d'une chaussée **bidirectionnelle** :
  On compare Q à Q_{adm} et on prend le profil permettant d'avoir : $Q \leq Q_{adm}$
- Cas d'une chaussée **unidirectionnelle** :
  Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport :

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

  Avec :
  - S: coefficient de dissymétrie en général égale à 2/3
  - Q_{adm}: débit admissible par voie.

III. 5. 6 Application au projet

➢ **Les Données de Trafic :**

D'après les résultats de trafic qui nous ont été fournis par l'établissement Public National Algérienne des Autoroutes (ADA) qui sont les suivants :

- Le trafic actualisé en 2022 est : TJMA=7500 veh/j/sens.
- L'année de mise en service sera en : 2026
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté : τ= 4%.
- Le pourcentage de poids lourds Z= 35%.
- La durée de vie : 20 ans. (Année horizon)
- La vitesse de base V_b =130 km/h.
- Environnement :E_1.
- Catégorie :C_1.

➢ **Calcul de TJMA horizon**

- $\mathrm{TJMA}_{2026} = \mathrm{TJMA}_{2022}(1+\tau)^{\mathrm{n}}$

$$\mathrm{TJMA}_{2026} = 7500(1+0.04)^4$$
$$\mathrm{TJMA}_{2026} = 8774 \text{ veh/j /ses}$$

- $\mathrm{TJMA}_{2046} = \mathrm{TJMA}_{2026}(1+\tau)^{\mathrm{n}}$

$$\mathrm{TJMA}_{2046} = 8774(1+0.04)^{20}$$
$$\mathrm{TJMA}_{2046} = 19225 \text{ veh/j /ses}$$

➢ **Calcul du trafic effectif**

D'après le tableau de coefficient d'équivalence $\mathrm{P} = 2$

- $\mathrm{Teff}_{2026} = [(1-\mathrm{Z}) + \mathrm{PZ}]\mathrm{TJMA}_{2026}$

$$\mathrm{Teff}_{2026} = [(1-0.35) + 2\times 0.35] \times 8774$$
$$\mathrm{Teff}_{2026} = 11845 \text{ uvp/j}$$

- $\mathrm{Teff}_{2046} = [(1-\mathrm{Z}) + \mathrm{PZ}]\mathrm{TJMA}_{2046}$

$$\mathrm{Teff}_{2046} = [(1-0.35) + 2\times 0.35] \times 19225$$
$$\mathrm{Teff}_{2046} = 25954 \text{ uvp/j}$$

➢ **Débit de pointe horaire**

$$\mathrm{Q} = (\frac{1}{\mathrm{n}})\mathrm{T}_{\mathrm{eff}}$$

- $\frac{1}{n}$: Coefficient de pointe prise égale à 0.12 en général.

- $Q_{2026} = 0.12 Teff_{2026}$

$$Q_{2026} = 0.12 \times 11845$$
$$Q_{2026} = 1422 \text{ uvp/h}$$

- $Q_{2046} = 0.12 Teff_{2046}$

$$Q_{2046} = 0.12 \times 25954$$
$$Q_{2046} = 3115 \text{ uvp/h}$$

➢ **Débit horaire admissible**

$$E_1 \rightarrow K_1 = 0.75; K_2 = 1; C_{th} = 1800 \text{ uvp/h}$$

- $Q_{adm} = K_1 K_2 C_{th}$

$$Q_{adm} = 0.75 \times 1 \times 1800$$
$$Q_{adm} = 1350 \ uvp/h$$

➢ **Nombre de voies**

- Chaussée unidirectionnelle :

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

- S : coefficient traduisent la dissymétrie du trafic dans les deux sens prise égale a $\frac{2}{3}$ (en général).

$$N = \frac{2}{3} \times \frac{3115}{1350}$$
$$N = 2.3 \rightarrow \text{ le nombre entier le plus proche est : } 2 \text{ voies}$$

➢ **Calcul de la saturation du trafic**

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

$Q_{sat} = 2 \times Q_{adm} = 2700$ uvp/j

$Q_{2026} = \frac{2}{4} \times 1422 \ \longrightarrow \ Q_{2026} = 948 \ uvp/j \ /sens$

$n = \frac{ln\left(\frac{Q_{sat}}{Q_{2026}}\right)}{ln(1+\tau)} = \frac{ln\left(\frac{2700}{948}\right)}{ln(1+0.04)} \longrightarrow n = 27 \ ans$ L'année de saturation = 2053

➢ **Tableau récapitulatif**

$TJMA_{2026}$ (v/j/sens)	$TJMA_{2046}$ (v/j/sens)	$Teff_{2046}$ (uvp/j)	Q_{2046} (uvp/h)	Q_{adm} (uvp/h)	N (voies par sens)
8774	19225	25954	3115	1350	2

Tableau III.5: Tableau récapitulatif de calcul du Traffic

III. 6 Conclusion

Le profil en travers adopté est constitué les éléments suivants :

- ✓ Chaussée : 2×2 voies ; 3.5m/voie
- ✓ T.P.C : 10m
- ✓ B.A.U : 3m (Le trafic poids lourd excède 2000v/j)
- ✓ La Berme : 1m

Chapitre IV : Tracé en plan

IV. 1 Introduction

La conception de tout projet routier débute par l'identification de l'emplacement optimal de la route, en harmonisant de manière efficace son tracé avec les caractéristiques naturelles du terrain.

Le tracé en plan représente la projection horizontale de l'axe de la route sur un plan topographique, en précisant les différents éléments qui le composent, tels que l'alignement, les courbes, et les jonctions. Les normes de conception du tracé en plan sont conçues pour assurer des conditions optimales de sécurité et de confort, adaptées aux spécificités de chaque environnement. Les critères de conception utilisés pour le tracé en plan, conformes aux normes de **l'ICTAAL 2000** (**I**nstructions sur les **C**onditions **T**echniques d'**A**ménagement des **A**utoroutes de **L**iaison).

IV. 2 Choix de la Catégorie

Cette conception est réalisée en se référant à la catégorie de base (L1) avec une vitesse maximale autorisée de 130 km/h.

IV. 3 Règles et Principes de Conception du Tracé En Plan

- ✓ **Respecter les Points de Départ et d'Arrivée :** Assurer une continuité logique et fonctionnelle de la route en respectant les points d'entrée et de sortie préétablis.

- ✓ **Adaptation au Terrain Naturel :** Ajuster le tracé pour minimiser les modifications du relief naturel, réduisant ainsi les coûts et l'impact des terrassements.

- ✓ **Intégration avec les Réseaux Existantes :** Assurer une connexion fluide et efficace avec les réseaux routiers existants.

- ✓ **Protection des Zones Agricoles :** Éviter les tracés qui traversent des terrains agricoles et des zones forestières pour préserver ces espaces vitaux et maintenir la biodiversité.

- ✓ **Minimisation des Ouvrages d'Art :** Éviter le franchissement des cours d'eau dans la mesure du possible pour limiter la nécessité de structures coûteuses comme les ponts et viaducs.

- ✓ **Prise en Compte des Infrastructures Sous-jacentes :** Respecter les contraintes posées par les réseaux existants, tels que les installations électriques, les conduites de gaz, et les systèmes d'assainissement et d'approvisionnement en eau.

- ✓ **Normes des Alignements :** Observer des longueurs minimales et maximales pour les alignements droits, optimisant ainsi la sécurité et la visibilité sur la route.

- ✓ **Utilisation de Grands Rayons de Courbure** : Privilégier les courbes de grand rayon lorsque le terrain le permet, améliorant la sécurité en facilitant des vitesses de circulation plus élevées et plus sûres.

IV. 4 Les éléments du Tracé En Plan

Le tracé en plan d'une route comprend plusieurs éléments clés qui déterminent son alignement horizontal et son intégration dans le paysage environnant. Ces éléments sont essentiels pour assurer la sécurité, la fonctionnalité et l'esthétique de la route.

L'axe du tracé en plan est formé par une série d'alignements droits reliés par des arcs de cercle, comme représenté dans le schéma suivant :

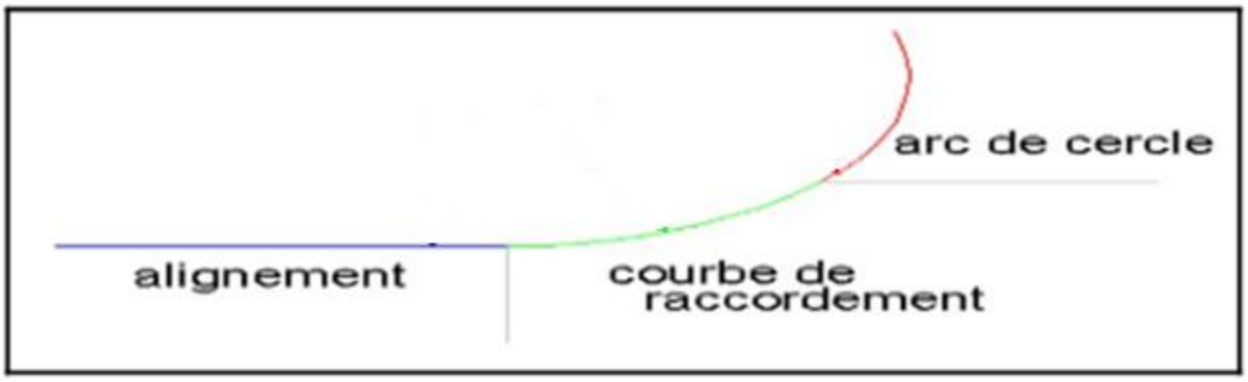


Figure IV.1: Schéma des éléments du Tracé en Plan

IV. 4. 1 Les Alignements Droits

Les alignements droits sont des segments de route sans courbes. Ils sont géométriquement simples et fréquemment utilisés en raison de cette simplicité. Cependant, leur utilisation excessive présente plusieurs inconvénients, surtout dans certaines conditions de conduite.

- ➢ **Inconvénients des Alignements Droits:**

- **Éblouissement des Phares la Nuit:** Prolongé et intense, réduisant la visibilité.
- **Monotonie et Fatigue de Conduite:** Rend la conduite ennuyeuse et peut diminuer l'attention du conducteur, augmentant le risque d'accidents.
- **Difficulté d'Évaluer les Distances**: Particulièrement avec des véhicules éloignés.
- **Mauvaise Intégration Paysagère:** Les lignes droites peuvent paraître artificielles et ne pas s'harmoniser avec le paysage naturel.

- ➢ **Utilisation Justifiée des Alignements Droits:**
  - **Dans les Plaines:** Où les courbes ne sont pas nécessaires.
  - **Dans des Vallées Étroites:** Où l'espace est limité.
  - **À Proximité de Constructions Existantes:** Pour éviter des complications.
  - **Pour Faciliter le Dépassement:** Sur des segments où le dépassement est autrement dangereux.

➢ **La longueur des Alignements :**

La longueur des alignements dépend de plusieurs facteurs, notamment :

- La vitesse de base, ou plus spécifiquement, le temps passé à parcourir un tronçon rectiligne.
- Les configurations des courbes avant et après l'alignement droit.
- Le rayon de courbure des courbes adjacentes à l'alignement.

○ **La longueur minimale :** C'est la distance parcourue par le passager à une vitesse V_B sur une période de $t = 5$ secondes.

$$L_{min} = 5\frac{V_b}{3.6}$$ V_b : La vitesse de base en Km/h

○ **La longueur maximale :** C'est la distance parcourue par le passager à une vitesse V_b sur une période de $t = 60$ secondes.

$$L_{max} = 60\frac{V_b}{3.6}$$ V_b : La vitesse de base en Km/h

Vitesse de base	$V_b(Km/h)$	130
La longueur minimale	$L_{min}(m)$	180
La longueur maximale	$L_{max}(m)$	2166

Tableau IV.1: *Valeurs extrêmes des alignements droits*

IV. 4. 2 Arcs De Cercle:

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures:

- ✓ Stabilité, sous la sollicitation centrifuge des véhicules circulant à grande vitesse.
- ✓ Visibilité en courbe.
- ✓ Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

IV.4. 2. 1 Stabilité En Courbe

Dans un virage de rayon R, un véhicule est soumis à la force centrifuge qui peut induire une instabilité. Pour atténuer cet effet, la chaussée est inclinée transversalement vers l'intérieur du virage, ce qui aide à prévenir le dérapage grâce à une pente connue sous le nom de dévers, exprimée par sa tangente. Les rayons du virage et le devers associé doivent être conçus de manière à ce qu'un véhicule roulant à la vitesse de référence V_b ne dérape pas. Les rayons en plan sont déterminés en tenant compte de plusieurs facteurs :

- La force centrifuge F_C.
- Le poids du véhicule P.
- L'accélération de la pesanteur g.
- Le devers d.

IV.4. 2. 2 Visibilité en courbe

Un virage sur une route peut être caché par un talus de déblai sur le côté intérieur de la courbe, ou encore par une construction ou une forêt. Pour garantir une bonne visibilité au conducteur, il est nécessaire soit de reculer le talus, soit de supprimer les obstacles en élargissant la zone dégagée à une largeur appropriée. Alternativement, une autre solution consisterait à augmenter le rayon du virage jusqu'à ce que la visibilité requise soit obtenue.

IV.4.2.2.1 Valeurs des Rayons En Plan

Les rayons recommandés selon les normes de l'ICTAAL 2000 sont indiqués dans le tableau suivant. Ces valeurs représentent les minimums à respecter pour les rayons en plan.

Catégorie		L_1	L_2
Rayon minimal	$R_m(m)$	600	400
Rayon minimal non déversé	$R_{nd}(m)$	1000	650

Tableau IV.2: Valeurs minimales des rayons du tracé en plan

Les rayons supérieurs ou égaux à $1.5R_{nd}$sont appliqués tant que cela n'induit pas de surcoûts sensibles pour améliorer la sécurité de circulation et assurer la visibilité.

IV. 4. 3 Les Courbes de Raccordement (CR)

D'après **L'ICTAAL-200** les courbes de rayon inférieur à 1,5 Rnd (1500) ne peuvent être raccordées avec les alignements que progressivement par des raccordements progressifs.

Parmi les différentes courbes qui permettent une variation continue du rayon de courbure, la **Clothoïde** est celle qui a été choisie pour la conception des tracés routiers.

- **La Clothoïde :**

La Clothoïde est une spirale où le rayon de courbure diminue progressivement, partant d'un point initial où il est infiniment grand jusqu'à devenir nul. Cette courbure change de manière linéaire en fonction de la distance parcourue le long de la courbe. Lorsqu'elle est parcourue à une vitesse constante, la Clothoïde permet de garder une variation constante de l'accélération latérale, améliorant ainsi le confort des usagers en rendant les transitions plus douces.

- **Les Éléments de la Clothoïde**

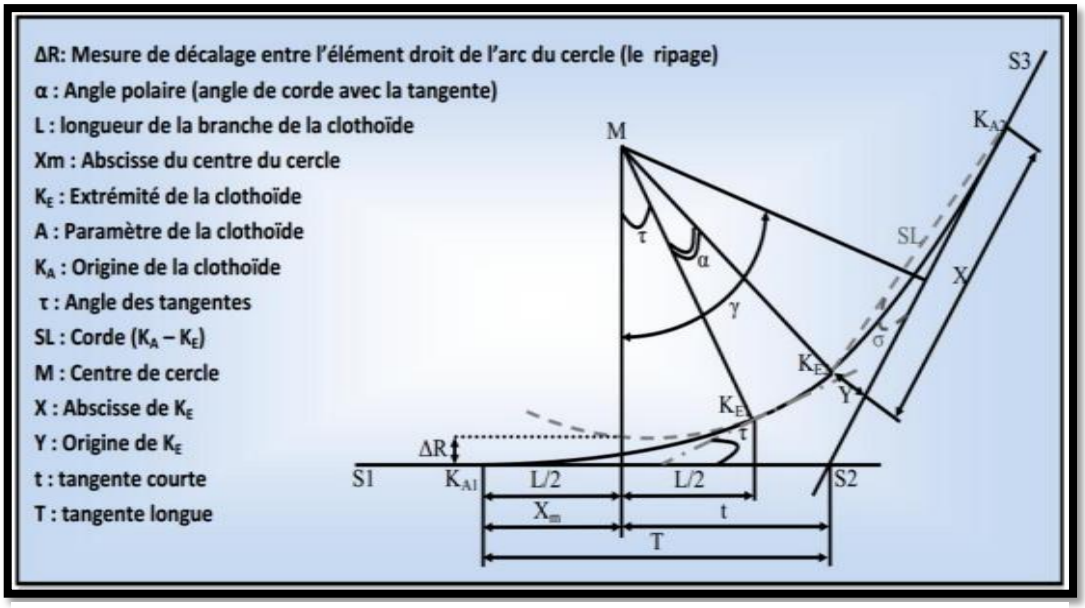


Figure IV.2: Les éléments de la Clothoïde

- **Expression mathématique de la clothoïde**

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

Donc $K = C.L = \frac{1}{R} \rightarrow R.L = \frac{1}{C}$

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

Le produit en chaque point du rayon de courbure par la longueur de l'axe (la développée), a une valeur constante égale à A^2.

L'équation Paramétrique de cette courbe est donc : $\boxed{A^2 = R.L}$

- A : Paramètre de la Clothoïde.
- R : Rayon de l'arc de cercle utilisé.
- L : longueur totale de la portion de clothoïde utilisée.

- **Longueur de Raccordement progressif (clothoïde)**

D'après **l'ICTAAL-2000** Les courbes de rayon inférieur à $1.5R_{nd}$ sont introduites par des raccordements progressifs (clothoïdes).

La longueur de ces raccordements progressifs est au moins égale à la plus grande des deux valeurs suivantes :

$$\boxed{L = max\{\,14|\Delta\delta|\,;\,R/9\,\}}$$

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

$$\boxed{|\Delta\delta| = |\delta_1 - \delta_{20}|}$$

- δ_0 : le divers de la courbe.
- δ_1 : la pente transversale initiale.

IV. 5 Enchaînement des éléments du tracé en plan

- **Utilisation de Courbes Circulaires:**

  D'après **LICTAAL-200** les courbes circulaires avec un rayon inférieur à $1.5R_{nd}$ doivent être suivre des règles spécifiques d'enchaînement pour garantir la sécurité et la fluidité de la circulation.

- **Introduction des Courbes:**
  - ✓ Il est recommandé d'introduire ces courbes modérées sur une longueur allant de 500 à 1000 m, en utilisant initialement des courbes de plus grand rayon pour faciliter la transition.
  - ✓ Lors de la succession de deux courbes, la première courbe rencontrée (R1) doit avoir un rayon inférieur ou égal à 1,5 fois le rayon de la seconde courbe (R2), où R2 est inférieur à 1,5 Rnd. Cette règle vise à assurer une transition douce entre les courbes et à réduire le risque d'accidents.
- **Séparation entre Courbes Successives:**
  - ✓ Deux courbes successives devraient être séparées par un tronçon droit d'au moins 200 mètres. Cette distance est nécessaire pour donner aux conducteurs suffisamment de temps pour ajuster leur conduite entre deux changements de direction.
  - ✓ Une exception est faite pour deux courbes de sens opposé qui peuvent être introduites sans cet alignement droit si elles sont raccordées par des raccordement progressifs.
- **Sections à Risque:**
  - ✓ Dans les zones particulièrement risquées, comme après une longue descente, près d'un échangeur, d'une aire de repos, ou dans des zones où le verglas est fréquent, suivre ces recommandations est essentiel pour prévenir les accidents et garantir la sécurité des usagers.

IV. 6 Exemple de calcul manuel pour un axe en plan :

Pour démontrer notre approche de calcul d'axe, nous avons faire un exemple détaillé portant sur une section spécifique de notre tracé. Nous avons sélectionné pour cela une liaison située à la fin de notre tracé.

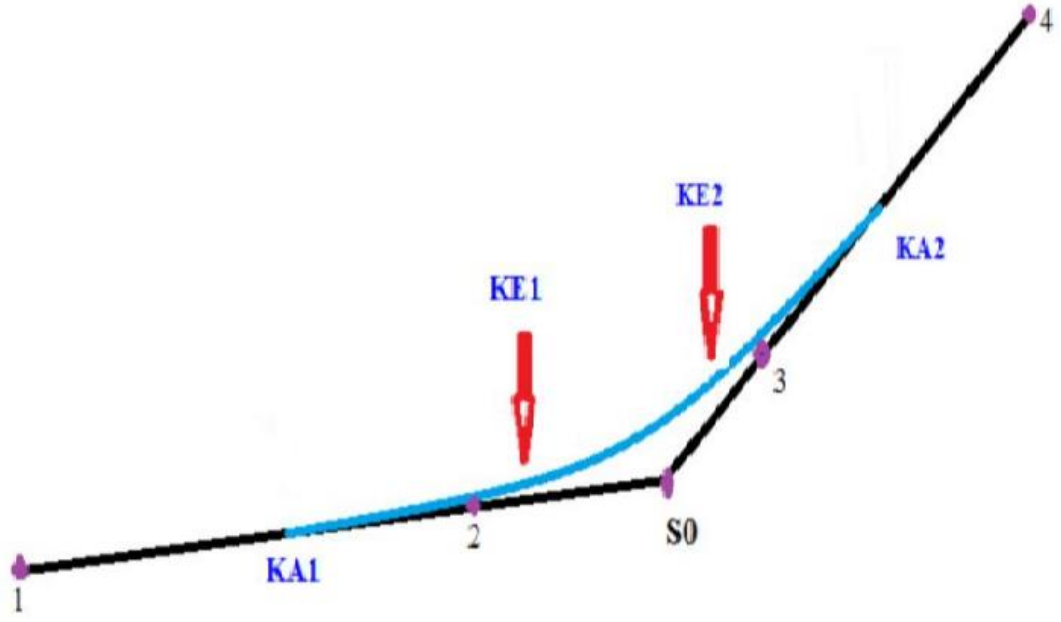


Figure IV.3: Schématisation d'un tracé en plan avec Raccordement

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

Points	X	Y
1	506257.122	4047782.515
2	506609.867	4048152.973
3	507802.854	4048408.325
4	508432.322	4048150.930

Le Rayon $R = 1000\ m < 1.5R_{nd} = 1500\ m$ $\longrightarrow$ Un raccordement progressif (clothoïde) avec un paramètre $A = 333.333$.

- **Calcul des gisements**

Le gisement d'une direction est l'angle fait par cette direction avec le nord géographique dans le sens des aiguilles d'une montre**.**

- $\mathbf{G_1^2}$
  - $\Delta_{X_1}^{2} = X_2 - X_1 = 506609.867 - 506257.122 = 352.745\ m$
  - $\Delta_{Y_1}^{2} = Y_2 - Y_1 = 4048152.973 - 4047782.515 = 370.458\ m$

  $G_1^2 = \text{arctg}\left(\frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|}\right) = \text{arctg}\left(\frac{352.745}{370.458}\right) \longrightarrow\ G_1^2 = 48.44\ gr$

- $\mathbf{G_1^4}$
  - $\Delta_{X_1}^{4} = X_4 - X_1 = 508432.322 - 506257.122 = 2175.2\ m$
  - $\Delta_{Y_1}^{4} = Y_4 - Y_1 = 4048150.930 - 4047782.515 = 368.415\ m$

$$G_1^4 = \text{arctg}\left(\frac{|\Delta_X|}{|\Delta_Y|}\right) = \text{arctg}\left(\frac{2175.2}{368.415}\right) \longrightarrow \ G_1^4 = 89.31 \text{ gr}$$

- $\mathbf{G_3^4}$
  - $\Delta_{X_3}^4 = X_4 - X_3 = 508432.322 - 507802.854 = 629.46$ m
  - $\Delta_{Y_3}^4 = Y_4 - Y_3 = 4048150.930 - 4048408.325 = -257.395$ m

$$G_3^4 = 200 - \text{arctg}\left(\frac{|\Delta_X|}{|\Delta_Y|}\right) = 200 - \text{arctg}\left(\frac{629.46}{257.395}\right) \longrightarrow G_3^4 = 124.71 \text{ gr}$$

➢ **Calcul des angles au sommets de triangle $\mathbf{1S_0 4}$**

- Angle $\hat{1} = |G_1^2 - G_1^4| = 40.87$ gr
- Angle $\hat{4} = |G_1^4 - G_3^4| = 35.4$ gr
- Angle $\hat{S_0} = 200 - \text{Angle } \hat{1} - \text{Angle } \hat{2} = 200 - 40.87 - 35.4 = 123.73$ gr

➢ **Calcul des distances $\overline{\mathbf{1-4}}$ et $\overline{\mathbf{1-S_0}}$**

- $\overline{1-4} = \sqrt{(X_4 - X_1)^2 + (Y_4 - Y_1)^2} = 2206.178$ m
- $\overline{1-S_0} = \frac{\overline{1-4} \times \sin \hat{4}}{\sin S_0} = 1250.38$ m

➢ **Calcul des cordonnées**

❖ **Sommet $\mathbf{S_0}$**

- $X_{s_0} = X_1 + \overline{1-S_0} \times \sin G_1^{S_0} = 507119.34$
- $Y_{s_0} = Y_1 + \overline{1-S_0} \times \sin G_1^{S_0} = 4048644.997$

❖ **Point de tangence $\mathbf{KA_1}$**

  - $L = \frac{A^2}{R} = 111.111$ m
  - $\Delta R = \frac{L^2}{24R} = 0.5143$ m
  - $X_M = \frac{L}{2} = 55.555$
  - $\gamma = |G_1^2 - G_3^4| = 76.27$ gr
  - $T = X_M + (R + \Delta R) \times \tan\frac{\gamma}{2} = 738.609$ m
  - $G_{s_0}^{KA_1} = G_1^{S_0} + 200 = 248.44$ gr

- $X_{KA_1} = X_{S_0} + T \times \sin G_{s_0}^{KA_1} = 506610.0181$
- $Y_{KA_1} = Y_{S_0} + T \times \cos G_{s_0}^{KA_1} = 4048110.082$

❖ **Point de tangence $\mathbf{KE_1}$**

- **Angle polaire**

$$\sigma = \text{arctg}\left(\frac{L^2}{6A^2}\right) \longrightarrow \sigma = 1.178 \text{ gr}$$

- **La corde**

$$S_L = L - \frac{L^5}{90A^4} \longrightarrow S_L = 111.095$$

- **Gisement de la corde $\mathbf{K_{A1}K_{E1}}$**

$$GK_{A1}K_{E1} = 48.44 - 1.178 = 47.262 \text{ gr}$$

$$X_{KE1} = X_{KA1} + S_L \times \sin G_{K_{A1}}^{K_{E1}} = 506685.124$$

$$Y_{KE1} = Y_{KA1} + S_L \times \cos G_{K_{A1}}^{K_{E1}} = 4048191.943$$

❖ **Points $\mathbf{K_{E2}}$ et $\mathbf{K_{A2}}$**

- $G_{S_0}^{K_{A2}} = G_3^4 = 124.71 \text{ gr}$
- $G_{K_{A2}}^{K_{E2}} = 124.71 + 200 + 1.178 = 325.888 \text{ gr}$

$$X_{KA_2} = X_{S_0} + T \times \sin G_{s_0}^{KA_2} = 507803.006$$

$$Y_{KA_2} = Y_{S_0} + T \times \cos G_{s_0}^{KA_2} = 4048365.455$$

$$X_{KE2} = X_{KA2} + S_L \times \sin G_{K_{A2}}^{K_{E2}} = 507700.970$$

$$Y_{KE2} = Y_{KA2} + S_L \times \cos G_{K_{A2}}^{K_{E2}} = 4048409.397$$

➢ **Longueur et paramètre de raccordement progressif**

- **La longueur**

$$L_s \geq \text{Max}(L_1; L_2) = \text{Max}\left(14|\delta_1 - \delta_0|; \frac{R}{9}\right)$$

  - δ_0 : La pente transversale initial 2.5%
  - δ_1 : Le le dévers de la courbe -2.5%

$$L_s = \text{Max}\left(14|-2.5 - 2.5|; \frac{1000}{9}\right) = 111.111 \text{ m}$$

- **Le paramètre :**

$$A = \sqrt{L_s \times R} = 333.333$$

- **Vérification de la condition $\frac{\mathbf{R}}{\mathbf{9}} \leq \mathbf{A} \leq \mathbf{R}$**

$\frac{R}{9} = 111.111 < \mathbf{A} < 1000 \longrightarrow$ Vérifié

Les résultats des calculs manuels sont presque identiques à ceux obtenus avec le logiciel COVADIS. Les résultats calculés automatiquement par le logiciel sont joints en annexe.

Chapitre V : profil en long

V. 1 Introduction

Le profil en long est une représentation graphique de la coupe verticale le long de l'axe d'une route, montrant les variations d'altitude de l'axe routier et du terrain naturel. Il détaille les pentes, les rampes, et la déclivité des segments de route pour prévoir la topographie et planifier les infrastructures nécessaires. Le profil aide à assurer une conduite sûre et confortable en permettant au conducteur de prévoir les changements du tracé. Il est utilisé pour optimiser la construction de la route, facilitant les terrassements et la gestion des eaux, tout en intégrant la route de manière harmonieuse dans le paysage.

V. 2 Règles à suivre pour le tracé du profil en long :

- ✓ Adhérer aux normes géométriques établies par la réglementation en vigueur.
- ✓ Éviter les angles rentrants en déblai pour prévenir la stagnation de l'eau et garantir un bon écoulement.
- ✓ Favoriser un profil en léger remblai plutôt qu'en léger déblai pour améliorer l'évacuation des eaux et mieux intégrer la route dans le paysage.
- ✓ Chercher à équilibrer le volume des remblais et des déblais pour minimiser l'impact environnemental et réduire les coûts.
- ✓ Assurer un drainage efficace en inclinant les zones à devers nul d'au moins 0.5% dans le profil en long.
- ✓ Remplacer deux arcs de cercle consécutifs du même sens par un seul, pour simplifier la géométrie et réduire les coûts.
- ✓ Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

V. 3 Les caractéristiques de notre profil en long

V. 3. 1 Valeurs limites

Tous les paramètres de notre profil en long doivent respecter les valeurs limite donnée par le tableau suivant :

Catégorie	L_1
Déclivité maximale (%)	5%
Rayon en angle saillant(m)	12500
Rayon en angle rentrant(m)	4200

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

V. 3. 2 Déclivité minimale :

Il est recommandé d'éviter les sections de route parfaitement horizontales « palier », en raison de problèmes de drainage des eaux pluviales. La pente transversale de la chaussée ne garantit pas un drainage adéquat ; il est essentiel que l'eau accumulée puisse également s'écouler longitudinalement avec facilité via des fossés ou des systèmes de canalisation conçus avec une inclinaison suffisante. La déclivité minimale recommandée est de $i_{min} = 0.5\%$ (sauf dans des exceptionnelles).

V. 3. 3 Déclivité maximale

La déclivité maximale dépend de :

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

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

Déclivité maximale : $i_{max} = 5\%$.

V. 4 Types de Raccordement en profil en long

Le profil en long se compose de différentes sections qui doivent être raccordées de manière fluide pour assurer le confort et la sécurité. Les types de raccordement utilisés dans le profil en long incluent :

V. 4. 1 Raccordements convexes (angle saillant)

Les raccordements convexes, exigent des courbes paraboliques avec des rayons minimums définis selon des facteurs tels que la position de l'œil du conducteur, la présence d'obstacles, ainsi que les distances d'arrêt et de visibilité nécessaires. Leur conception doit satisfaire :

- **La condition de confort :** La condition de confort vise à réduire l'accélération verticale subie par le véhicule lorsqu'il traverse une courbe convexe.
- **La condition de visibilité :** Une considération essentielle pour la détermination du profil en long est l'obtention d'une visibilité satisfaisante.

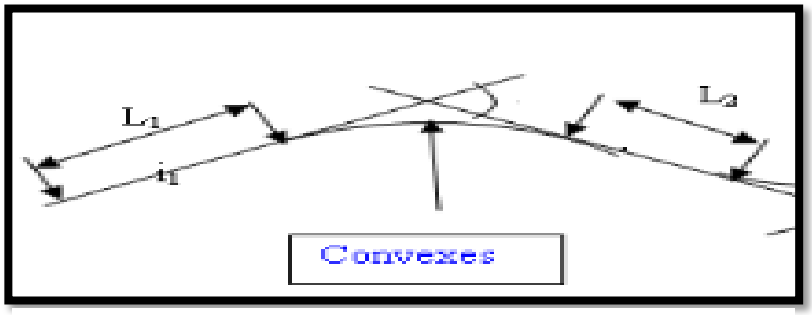


Figure V.1: Schéma illustratif de raccordements convexes

Rayon minimal en angle saillant : 12500 m.

V. 4. 2 Raccordements concave (angles rentrant) :

Dans les raccordements concaves au point le plus bas, la visibilité pendant la journée n'est généralement pas un problème car la lumière du jour illumine bien la route. Cependant, la nuit, la situation change car les phares des véhicules deviennent la principale source de lumière. Dans ces zones concaves ou ces points bas, il est crucial de s'assurer que les phares des véhicules puissent éclairer suffisamment loin devant eux.

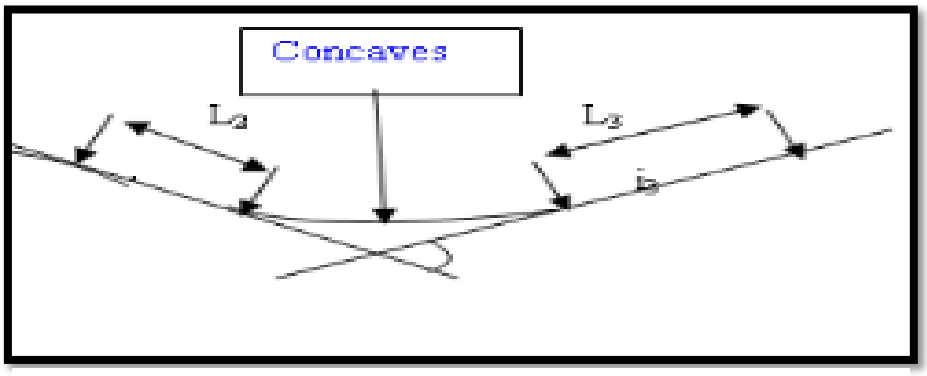


Figure V.2 : Schéma illustratif de raccordements convexes

Rayon minimal en angle rentrant : 4200 m.

V. 5 Coordination du tracé en plan et du profil en long

➢ Objectifs de la Coordination

- **Bonne Insertion dans le Site :** La route doit bien s'intégrer dans le paysage environnant, en respectant les conditions naturelles et construites du site.
- **Respect des Règles de Visibilité :** La route doit être conçue pour offrir une bonne visibilité tout au long, permettant aux conducteurs de voir clairement la route et de prévoir ses changements.
- **Confort Visuel :** La route doit offrir une expérience visuelle agréable, sans éléments perturbateurs ou déroutants pour les conducteurs.

Selon **LICTAAL-2000** ces objectifs incitent à:

- **Associer un Profil en Long Concave à un Grand Rayon en Plan :** Un profil en long concave devrait être combiné avec un grand rayon en plan. Cela permet un dégagement latéral important, offrant plus de sécurité et de visibilité.
- **Faire Coïncider les Courbes Horizontales et Verticales :** Les changements de direction sur la route (courbes horizontales) doivent être synchronisés avec les montées et les descentes (courbes verticales). Il est recommandé que $R_{vertical} > 6R_{horizontal}$ Pour éviter un défaut d'inflexion, où la route pourrait sembler visuellement et physiquement inconfortable.
- **Gérer les Pertes de Tracé :** Les sections de la route où la route semble disparaître ou où la visibilité est réduite doivent être minimisées. Si ces sections ne peuvent pas être éliminées sans engendrer de coûts excessifs, elles doivent être conçues pour réapparaître clairement à une distance d'au moins 500 mètres. Cela aide à prévenir la confusion ou les perceptions erronées chez les conducteurs, rendant la route plus prévisible et donc plus sûre.

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

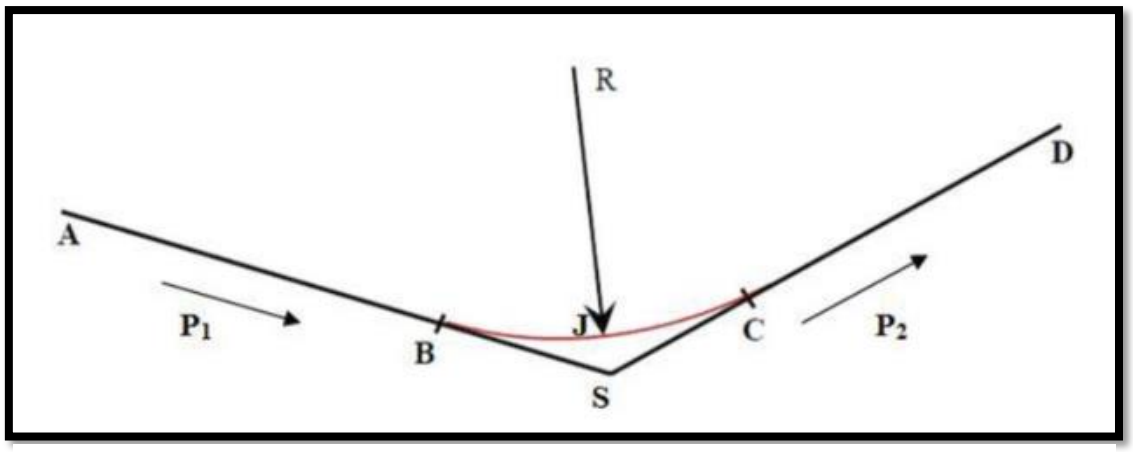


Figure V.3 : Schéma illustratif d'un rayon concave

- **Les points de notre Profil en long**

Points	Abscisse (m)	Z(m)	R(m)
A	50617.799	56.302	4200
S	50680.000	56.043	
D	51506.693	60.124	

Tableau V.2 : Les données du PL a calculé

- **Calcul des pentes**
  - $P_1 = \frac{\Delta Z_{AS}}{\Delta X_{AS}} = \frac{Z_S - Z_A}{X_S - X_A} = -0.41\%$
  - $P_2 = \frac{\Delta Z_{SD}}{\Delta X_{SD}} = \frac{Z_S - Z_D}{X_S - X_D} = 0.5\%$

- **Calcul des tangentes**
  - $T = \frac{R}{2} \times |P_1 + P_2| = 19.11\ m$

- **Calcul des coordonnées des points de tangence**
  - **Point B**

    $X_B = X_S - T = 50660.890\ m$

    $Z_B = Z_S - (T \times P_1) = 55.964\ m$

  - **Point C**

    $X_C = X_S + T = 50699.11m$

    $Z_B = Z_S + (T \times P_2) = 56.138m$

- **Calcul de la longueur de raccordement**
  - $L = 2 \times T = 38.22\ m$
- **Calcul des cordonnées de point J**
  - $X_{J/A} = R \times P_1 = 17.22m$
  - $Z_{J/A} = X_{J/A} \times P_1 - \frac{{X_{J/A}}^2}{2R} = 0.035m$

$X_J = X_B + X_{J/A} = 50678.11$

$Z_J = Z_B - Z_{J/A} = 55.929\ m$

Les résultats des calculs manuels sont presque identiques à ceux obtenus avec le logiciel COVADIS. Les résultats calculés automatiquement par le logiciel sont joints en annexe.

Chapitre VI : Profil en travers

VI. 1 Profil en travers

Dans la conception de routes, le profil en travers est représenté par une coupe transversale perpendiculaire à l'axe de la route, tracée sur un plan vertical. Un projet routier implique l'utilisation de multiples profils en travers pour couvrir différentes sections de la route. Pour simplifier ce processus, on crée d'abord un "profil en travers type" qui sert de modèle standard. Ce profil type inclut toutes les mesures et détails constructifs nécessaires, tels que les largeurs des voies et des chaussées, les pentes des surfaces et des talus, les épaisseurs des différentes couches de la superstructure, et les systèmes d'évacuation des eaux.

VI. 2 Types de profils en travers dans la conception routière :

Pour la planification d'un projet routier, l'ingénieur est tenu de concevoir deux types principaux de profils en travers :

VI. 2. 1 Le profil en travers type :

Ce profil en travers type est essentiel dans la construction de nouvelles routes ou de modification de routes existantes. Il inclut tous les détails de construction de la route prévue pour différentes conditions, telles que les zones en remblai ou en déblai. En appliquant ce profil standard au relief actuel du terrain et en respectant les niveaux définis du projet, il devient possible de calculer précisément les volumes de terrassement requis.

VI. 2. 2 Profil en Travers Courant

Le profil en travers courant est un élément de base utilisé régulièrement dans les projets de routes, placé à des intervalles fixes (tels que 10, 15, 20, 25, … mètres) pour aider au calcul des volumes de terrassement. Selon les caractéristiques du terrain naturel, il peut y avoir trois types de profils en travers : les profils en déblai, en remblai, ou des profils mixtes.

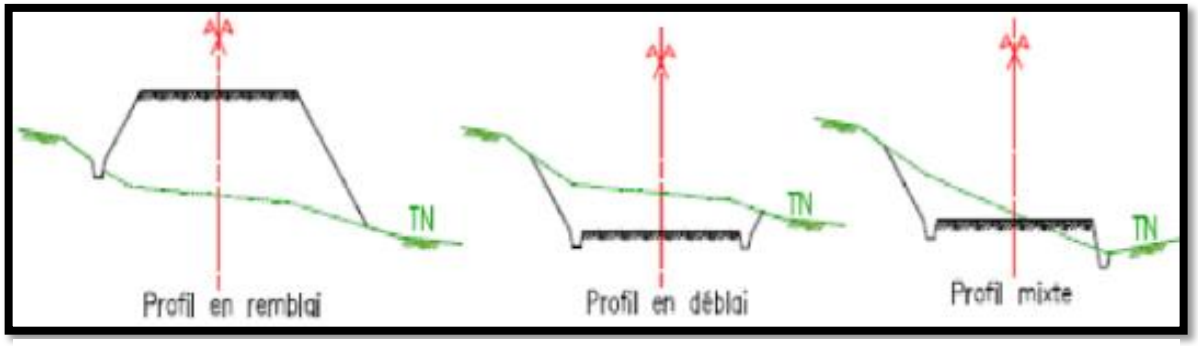


Figure VI.1 : Types de profils en travers

VI. 3 **Les éléments constitutifs du profil en travers :**

Le profil en travers se compose des éléments suivants :

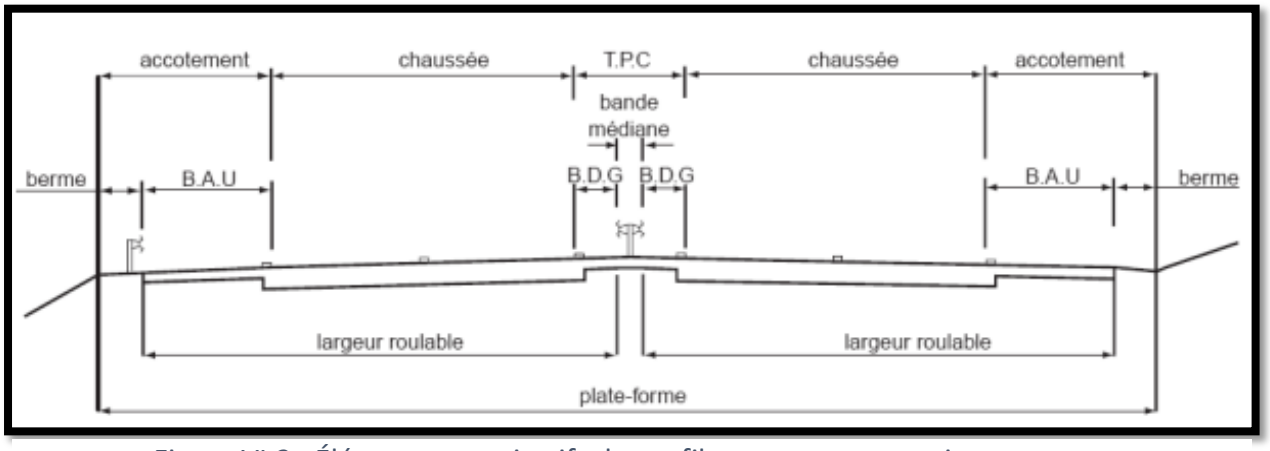


Figure VI.2 : Éléments constitutifs du profil en travers en section courante

- **Chaussée :** La chaussée désigne la partie de la route sur laquelle les véhicules roulent, et comprend généralement entre 2 et 4 voies, chacune mesurant 3,5 mètres de large.
- **Largeur roulable :** Celle-ci inclut les sur-largeurs de chaussée, la chaussée elle-même, et la bande d'arrêt d'urgence.
- **Plateforme :** C'est l'ensemble de la surface de la route qui comprend une ou plusieurs chaussées, les accotements, et les terre-pleins centraux.
- **Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) :** Zone de l'accotement, libre de tout obstacle et revêtue, aménagée pour permettre l'arrêt d'urgence des véhicules et l'intervention des services de secours ou de maintenance**.**
- **Bande dérasée gauche (B.D.G) :** La bande dérasée gauche, positionnée à gauche sur les chaussées à sens unique, permet des écarts de trajectoire mineurs et réduit l'effet de paroi dû aux barrières de sécurité. Elle assure une meilleure visibilité dans les virages à gauche, revêtue et alignée au niveau de la chaussée. Sa largeur standard est de 1 mètre.
- **Bande médiane :** Section non roulable du terre-plein central située entre les deux bandes dérasées gauches. Elle sert à séparer physiquement les deux directions de circulation et peut accueillir divers équipements comme des barrières de sécurité et des panneaux de signalisation.
- **Berme :** Partie latérale non roulable de l'accotement, adjacente à une B.A.U. Elle est souvent engazonnée et sert aux dégagements visuels tout en supportant des équipements tels que des barrières de sécurité et de la signalisation verticale.
- **Terre-plein central (T.P.C) :** Bande séparatrice entre deux chaussées sur une même plateforme. Composé d'une bande médiane et de deux B.D.G, il assure la séparation physique des flux de trafic opposés**.**

VI. 4 Pente transversale :

Selon **LICTAAL-2000** : Les courbes de rayon inférieur à R_{nd} sont déversées vers l'intérieur de la courbe.

VI. 4. 1 En alignement et en courbe non déversée :

- **Pente Transversale de la Chaussée:**
  La chaussée présente une pente transversale de 2,5%, qui s'incline vers l'extérieur de la route. Cette inclinaison aide à drainer l'eau de la surface de la route vers les côtés, contribuant ainsi à réduire le risque d'accumulation d'eau.
- **Pente des Bandes d'Arrêt d'Urgence (B.A.U.) ou Bandes Dérasées Droites (B.D.D.):**
  La pente de ces bandes est généralement la même que celle de la chaussée adjacente. Cependant, au-delà de la zone marquée sur le bord de la chaussée, cette pente peut être augmentée jusqu'à 4% pour répondre à des exigences techniques spécifiques, telles que l'amélioration du drainage.
- **Pentes des Bandes Dérasées Gauches (B.D.G.) et du Terre-Plein Central (T.P.C.):**
  Les pentes des B.D.G. et du T.P.C., lorsqu'ils sont revêtus, suivent également l'inclinaison de la chaussée adjacente. Cela assure une continuité dans le drainage.
- **Pente de la Berme Extérieure:**
  La berme extérieure, qui n'est généralement pas destinée à la circulation, présente une pente transversale plus marquée de 8%. Dans certaines situations, particulièrement quand elle fait partie du système d'assainissement de la route, cette pente peut être augmentée jusqu'à 25%. Cette augmentation significative de la pente facilite l'écoulement rapide des eaux de pluie, empêchant ainsi leur accumulation sur la chaussée ou dans les zones de circulation.

VI. 4. 2 En courbe déversée :

- **Pente Transversale de la Chaussée :**
  En courbe déversée (où la chaussée est inclinée vers l'intérieur du virage), la pente transversale de la chaussée change selon la courbure de la route. Elle varie linéairement en fonction de l'inverse du rayon de la courbe $(1/R)$. Cela signifie que pour un rayon (R_{nd}), la pente transversale est de 2,5 %, et elle augmente jusqu'à 7 % pour les courbes plus serrées (R_m).
- **Pente de la Bande d'Arrêt d'Urgence (B.A.U.) :**
  - **À l'intérieur de la courbe :** La pente de la B.A.U. ou de la bande dérasée droite (B.D.D.) intérieure suit la même pente que la chaussée adjacente.
  - **À l'extérieur de la courbe :** La pente de la B.A.U. ou de la B.D.D. extérieure reste la même que celle en alignement droit tant que le dévers n'excède pas 4 %. Si le dévers est plus grand que 4 %, la pente de cette B.A.U est inversée par rapport à celle de la chaussée et fixée à 1,5 %.

➢ **Autres composantes de la plate-forme :**

Les dispositions concernant les autres éléments de la route, tels que les accotements et les bermes, restent les mêmes que celles utilisées pour **les alignements droits et les courbes non déversées.**

VI. 5 Changement de dévers

➢ **Point de Rotation des Dévers**

Le dévers désigne l'inclinaison transversale de la chaussée. Le point de rotation des dévers est le point autour duquel cette inclinaison change.

- **Si le Terre-Plein Central (T.P.C.) est revêtu :** le point de rotation du dévers situé sur l'axe central de la plate-forme routière.
- **Si le T.P.C. n'est pas revêtu :** le point de rotation pour chaque chaussée se trouve généralement sur le bord gauche de chaque chaussée.

➢ **Évacuation des Eaux de Ruissellement**

Le changement de dévers doit être conçu de manière à ne pas entraver l'écoulement efficace des eaux de ruissellement.

- **Zone de Basculement du Dévers :** Dans la zone où le dévers change (de basculement), il est crucial que la chaussée conserve une capacité de drainage suffisante. Pour cela, une pente résultante minimale de 0,5 % est maintenue en tout point de la chaussée, ce qui aide à assurer que l'eau ne stagne pas sur la route.
- **En Courbe Déversée:** lorsqu'une route est en courbe et le dévers est utilisé pour, le T.P.C. (s'il est présent et revêtu) est conçu pour aider à évacuer les eaux de la chaussée.

VI. 6 Profil en travers type du notre projet

VI. 6. 1 Profil en travers en section courante

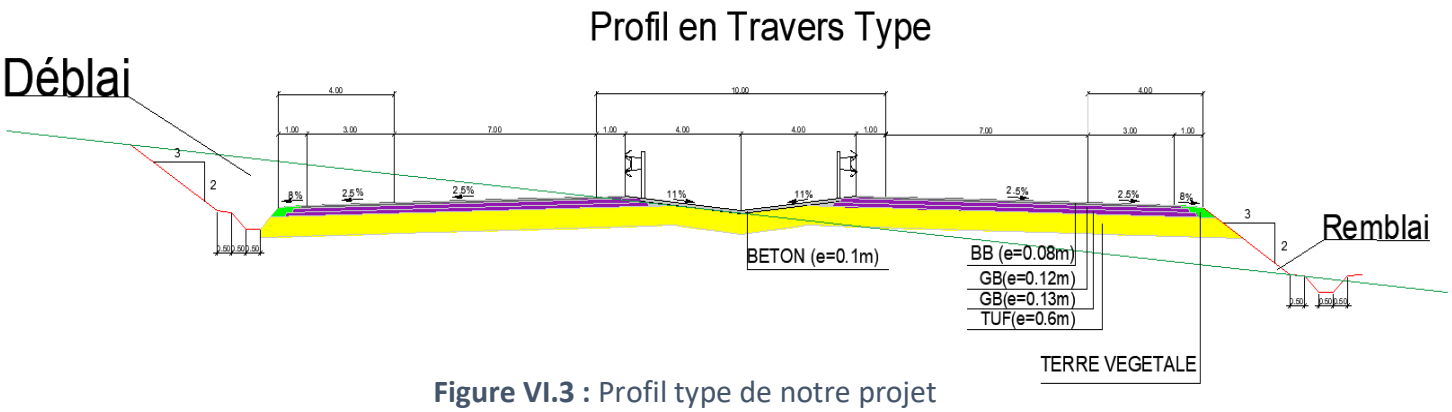


Figure VI.3 : Profil type de notre projet

Description	Largeur (m)	Nombre	Largeur totale(m)
Voie de circulation 2x2	3.5	4	14
Terre-plein central (T.P.C)	10	1	10
Bande dérasée de gauche (B.D.G)	1	2	1
Bande médiane (B.M)	8	1	8
Accotement	4	1	4
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	3	1	3
La berme	1	1	1
La largeur totale de la plate-forme			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)	Identique à celle de la chaussée.		
Berme extérieure	8% vers l'extérieur		
Bande médiane (B.M)	11% vers l'axe.		
Dévers en courbe			
Chaussée	2,5 % pour Rnd et 7 % pour Rm		
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 : Les caractéristique géométrique de Profil en travers type en section

VI. 6. 2 Profil en travers au niveau des ouvrages d'art

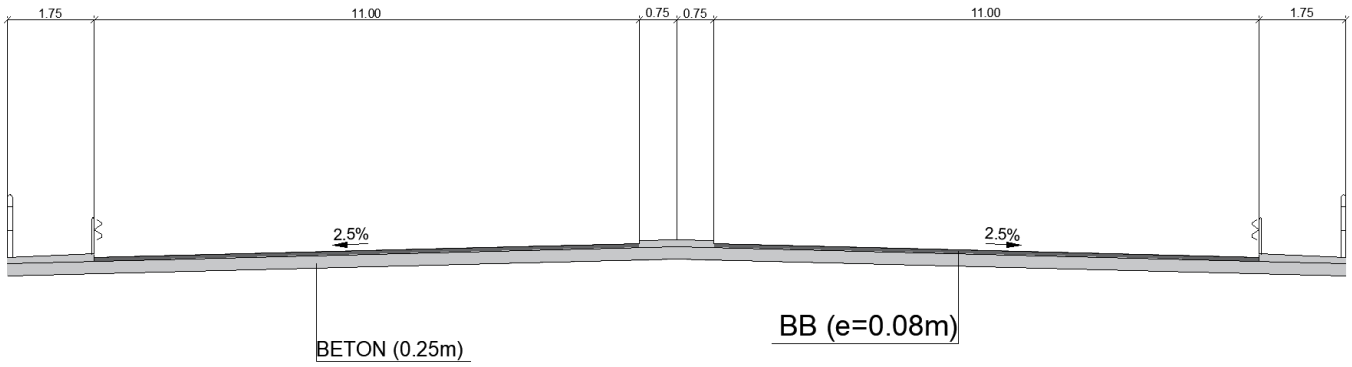


Figure VI.4 : Profil type au niveau des ouvrages d'art

Description	Largeur (m)	Nombre	Largeur totale(m)
Voie de circulation 2x3	3.5	6	21
Terre-plein central (T.P.C)	2	1	2
Bande dérasée de gauche (B.D.G)	0.5	2	1
Bande médiane (B.M)	1.5	1	1.5
Accotement	4	1	4
La largeur totale de la plate-forme			27
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)	Identique à celle de la chaussée.		

Figure VI.5 : Les caractéristique géométrique de Profil en travers -Ouvrage

Chapitre VII : Cubature

VII. 1 Introduction

La cubature des terrassements implique le calcul des volumes de terre à excaver (déblais) et des volumes de terre à ajouter (remblais) pour réduire les coûts de terrassement et fournir à la route une apparence lisse et régulière. Cela prépare le terrain pour la construction d'une chaussée stable, assurant ainsi une circulation sécurisée pour les véhicules. Les calculs de ces volumes sont basés sur les éléments suivants :

- Les profils en long, qui montrent la coupe verticale le long de l'axe de la route.
- Les profils en travers, qui détaillent la coupe horizontale de la route à divers intervalles.
- Les distances entre les profils successifs, qui influent sur la précision.

VII. 2 Méthodes de Calcul des Cubatures

Pour estimer les volumes de terrassement, nous utilisons **la méthode de la moyenne des aires**, qui est simple à appliquer. Cependant, cette méthode peut produire des résultats approximatifs avec une certaine marge d'erreur. Pour minimiser les risques d'erreurs et garantir la sécurité, il est recommandé d'augmenter les volumes estimés de 10 %.

VII. 2. 1 Méthode de la moyenne des aires

Le principe de cette méthode est de calculer le volume compris entre deux profils successifs P_1 et P_2 par la formule suivante :

$$V = \frac{h}{6}(S_1 + S_2 + 4S_0)$$

- h : hauteur entre deux profils.
- S_0 : surface limitée à mi- distances des profils.
- S_1 : surface de profil en travers P_1.
- S_2 : surface de profil en travers P_2.

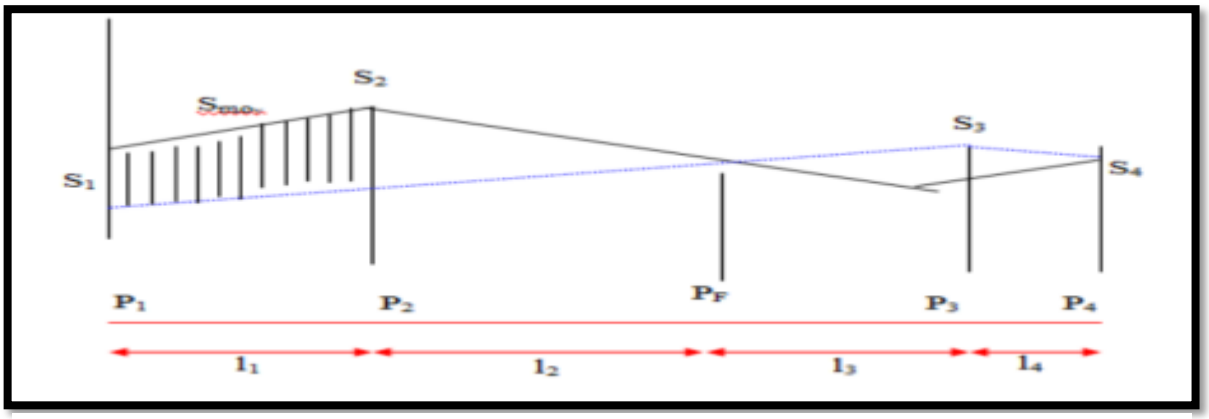


Figure VII.1 : Les positions des sections dans un profil en long

- Le volume compris entre les deux profils en travers P_1 et P_2 de section S_1 et S_2 sera égale à :

$$V = \frac{L_1}{6}(S_1 + S_2 + 4S_{moy})$$

- Par simplification en considèrent :

$$S_{moy} = \frac{S_1 + S_2}{2}$$

- On obtient :
  - $V_1 = \frac{L_1}{2}(S_1 + S_2)$ Entre P_1 et P_2.
  - $V_2 = \frac{L_2}{2}(S_1 + 0)$ Entre P_2 et P_f.
  - $V_3 = \frac{L_3}{2}(0 + S_3)$ Entre P_f et P_3.
  - $V_4 = \frac{L_4}{2}(S_3 + S_4)$ Entre P_3et P_4.
- Le Volume total est :

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

VII. 3 **Calcul des cubatures de terrassement :**

Pour notre projet, le calcul des cubatures a été effectué à l'aide du logiciel « COVADIS » les résultats sont représenter dans le tableau suivant :

	Volume (m^3)
Déblais	322393,6
Remblais	17839,3

Tableau VII.1: Cubatures déblais remblais

Chapitre VIII : Étude géotechnique

VIII. 1 Introduction

La connaissance précise des propriétés mécaniques du sol est essentielle pour assurer non seulement la durabilité de l'infrastructure envisagée, mais aussi pour garantir une expérience sécurisée et confortable pour les usagers. Cette démarche est cruciale pour prévenir tout type de dégradation prématurée de la chaussée, que ce soit à court ou à long terme, dès l'ouverture de l'autoroute, et pour éviter les complications lors de la construction. Pour cela, nous présentons une classification des matériaux de construction routière, s'appuyant sur les directives du guide technique "Réalisation des remblais et des couches de forme".

VIII. 2 Les objectifs de l'étude géotechnique

Les objectifs de l'étude géotechnique comprennent :

- Déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques du sol pour assurer une base solide à l'infrastructure.
- Assurer la stabilité des pentes et des talus pour prévenir les glissements et l'érosion.
- Guider le dimensionnement de la chaussée en identifiant la capacité portante du sol et les besoins en matériaux de construction.
- Identifier les zones potentiellement problématiques qui pourraient affecter la durabilité et la sécurité de la route.
- Fournir des recommandations sur les techniques de construction et les matériaux à utiliser pour optimiser la longévité et la performance de la chaussée.

VIII. 3 Méthodologie

L'approche méthodologique adoptée pour l'étude géotechnique du tronçon PK50 à PK60 de la 3ème Rocade d'Alger repose sur une combinaison d'investigations in situ et au laboratoire, visant à obtenir une compréhension détaillée des conditions géologiques et géotechniques du site.

VIII. 3. 1 Investigations In situ

Nous présentons les investigations exécutées selon des normes internationales afin de caractériser les aspects lithologiques et mécaniques du sol support de la zone d'étude selon le tableau suivant :

N°	**Désignation**	**Objectif**
1	**Puits de reconnaissance**	-Identification du sol en phase -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. -Prélèvements des échantillons.

Tableau VIII.1 : les Investigations In situ

VIII. 3. 2 Investigations au laboratoire

Essais	Description	Objectif
D'identification Physico - Chimiques	-Analyse granulométrique	-Répartition pondérale des éléments granulaires d'un matériau.
	-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 ; CaCO3.	-Détermination de la teneur en sulfate (Degré d'agressivité du sol) /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/roche.	-Détermination de la masse volumique moyenne des particules solides de sol/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.	-Déterminer l'indice portant d'un échantillon de sol compacté dans un moule CBR avec une énergie Proctor Normal.
Essais Mécaniques Des Sols	-Essai œdométriques.	-Étudier la compressibilité d'un 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 (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 VIII.2 : Les investigations au laboratoire

VIII. 4 Identification des Matériaux

Le tableau ci-après récapitule des résultats laboratoire obtenus à partir des essais réalisés sur les échantillons prélevés des puits.

Référence Puits	PK	Profondeur (m)	Analyse Granulométrique				Limites d'Atterberg	
			D_{max}	$< 2mm$ (%)	$< 0.08mm$ (%)	$< 2\mu m$ (%)	$W_L(\%)$	$I_P(\%)$
F49-R	50+700	0,30 - 3,10	6.3	99.82	87.19	26.54	35	7
F50-R	51+700	0,00 - 2,40	5	99.84	97.79	59.3	41	14
F51-R	52+700	0,00 - 2,40	10	99.8	25.71	10.94	29	7
F52-R	53+700	00,00-01,50	5	99.8	89.92	54.46	35	17
F53-R	54+908	0,00 - 1,20	63	85.53	79.39	46.31	35	11
F54-R	56+300	00,40-02,30	63	17.79	3.14	1.02	NM	NM
F55-R	57+500	0,00 - 2,80	50	53.86	31.36	22.87	41	17
F56-R	58+500	00,00-03,80	10	88.84	73.03	35.45	32	13
F57-R	59+850	0,00 - 3,20	10	99.68	97.07	63.13	41	14

Tableau VIII.3 : Aperçu sur les résultats des analyses de laboratoire des échantillons des puits de reconnaissance

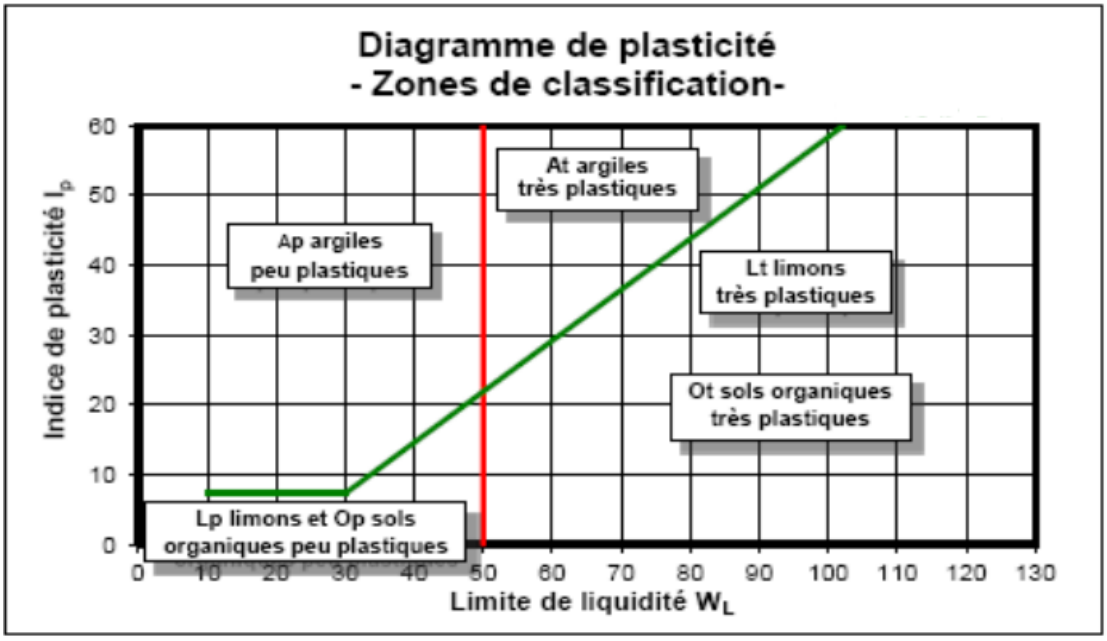


Tableau VIII.4 : Classification des sols fins sur le diagramme de Casa grande

➢ **Classification de chaque puit selon LCPC :**

- Exemple puit F49-R :

$$87.19\% < 80\mu m \rightarrow \text{Sol Fin}$$

$$(w_L; I_p) = (35\%; 7\%): \text{à partir de diagramme de Casagrande} \rightarrow L_p$$

Référence Puits	PK	Classification selon LCPC
F49-R	50+700	L_p : Limon peu plastique
F50-R	51+700	L_p :Limon peu plastique
F51-R	52+700	S_L :Sable limoneux
F52-R	53+700	A_p :Argile peu plastique
F53-R	54+908	A_p :Argile peu plastique
F54-R	56+300	G_m :Grave propre mal graduée
F55-R	57+500	S_L :Sable limoneux
F56-R	58+500	A_p : Argile peu plastique
F57-R	59+850	L_p : Limon peu plastique

Tableau VIII.5: Classification de chaque puits selon LCPC

VIII. 5 **Caractéristiques mécaniques**

Le tableau ci-après récapitule des résultats laboratoire obtenus à partir des essais réalisés sur les échantillons prélevés des puits.

Référence Puits	PK	Profondeur (m)	Proctor modifiée			Indice $CBR_{imbibé}$
			γ_{dmax} t/m^3	W_{opm} (%)	W_n (%)	
F49-R	50+700	0,30 - 3,10	1.85	12.2	9,81	6
F50-R	51+700	0,00 - 2,40	1.83	12.5	16,01	7
F51-R	52+700	0,00 - 2,40	1.95	9.6	15,19	7
F52-R	53+700	00,00-01,50	2.03	9.7	15,76	2
F53-R	54+908	0,00 - 1,20	1.89	11.8	14,84	2
F54-R	56+300	00,40-02,30	2.29	NM	4,77	2
F55-R	57+500	0,00 - 2,80	2.08	7.3	8,82	4
F56-R	58+500	00,00-03,80	1.86	12.7	13,2	2
F57-R	59+850	0,00 - 3,20	1.87	12.7	15,43	2

Tableau VIII.6 : Aperçu sur les résultats des analyses de laboratoire des échantillons des puits de reconnaissance

VIII. 6 Classification des sols selon la norme NF P 11-300 ou GTR

		Classement selon la nature				Classement selon l'état hydrique	
Référence Puits	PK	Paramètres de nature premier niveau de classification	Classe	Paramètres de nature deuxième niveau de classification	Sous classe en fonction de la nature	Paramètres et valeur de seuils retenus	Sous - classe
F49-R	50+700	$D_{max} \leq 50$ mm et 87.19 % passant à 80µm	A	$I_P < 12$	A_1	$0.7w_{op} < w_n < 0.9w_{op}$	A_{1S}
F50-R	51+700	$D_{max} \leq 50$ mm et 97.79 % passant à 80µm	A	$12 < I_P < 25$	A_2	$1.1w_{op} < w_n < 1.3w_{op}$	A_{2h}
F51-R	52+700	$D_{max} \leq 50$ mm et 25.71 % passant à 80µm	B	VBS = 0.75 et $I_p = 7\%$	B_5	$w_n \geq 1.25\ w_{op}$	B_{5th}
F52-R	53+700	$D_{max} \leq 50$ mm et 89.92 % passant à 80µm	A	$12 < I_P < 25$	A_2	$w_n \geq 1.25\ w_{op}$	A_{2th}
F53-R	54+908	$D_{max} \leq 50$ mm et 79.39 % passant à 80µm	A	$I_P < 12$	A_1	$w_n \geq 1.25\ w_{op}$	A_{2th}
F54-R	56+300	$D_{max} \leq 50$ mm et 3.14 % passant à 80µm	D	17.79% passant à 80µm et $VBS = 0.04$	D_2	NM	-
F55-R	57+500	$D_{max} \leq 50$ mm et 31.36 % passant à 80µm	B	$12 < I_P < 25$	B_6	$1.1w_{op} < w_n < 1.3w_{op}$	B_{6h}
F56-R	58+500	$D_{max} \leq 50$ mm et 73.03% passant à 80µm	A	$12 < I_P < 25$	A_2	$0.9w_{op} < w_n < 1.1w_{op}$	A_{2m}
F57-R	59+850	$D_{max} \leq 50$ mm et 97.07% passant à 80µm	A	$12 < I_P < 25$	A_2	$1.1w_{op} < w_n < 1.3w_{op}$	A_{2h}

Tableau VIII.7 : Classification des Matériaux selon le GTR

VIII. 7 **Définition des pentes des talus :**

Les pentes des talus des déblais ont été définies en fonction de plusieurs paramètres :

- Profondeur des déblais,
- Lithologie et résistance du terrain (C, phi),
- La considération d'une stabilité à court et long terme,
- L'intégration paysagiste adaptée,
- La prise en compte du problème de l'expropriation des terrains.

En règles générales, les déblais ont été conçus avec des talus uniformes sur toute la profondeur moyennant des bermes espacées de 6m de profondeur et une recommandation de tendre les derniers mètres pour éviter l'existence d'arêtes.

VIII. 8 **Conclusion et Recommandation**

- ✓ D'après les résultats de l'essai CBR , nous pouvons classer le sol support selon le catalogue de dimensionnement des chaussées neufs (tableau 2-fasicule 1) dans la classe S4 ($\mathrm{CBR} = 2 < 5$), donc en prévoir une couche de forme.

- ✓ La pente de talus adoptée sera de 3H/2V avec des banquettes chaque 6 m de hauteur pour assurer la stabilité et ce qui permettra d'atténuer le problème de l'érosion superficielle et de ravinement des talus.

- ✓ Matériaux A1s et A2 (A2h, A2th, A2m) : Ces matériaux sont généralement des sols bien gradés (différentes tailles de particules de sol) avec peu de fines ou des sols limoneux à faible plasticité. Ils sont bien adaptés pour être utilisés dans les couches de fondation ou de base des chaussées en raison de leur bonne capacité portante et de leur faible susceptibilité au gonflement.
  Recommandation : Utilisez ces matériaux pour les couches de base où une bonne stabilité est requise, en particulier pour A1s et A2h qui montrent de meilleures caractéristiques de drainage.

- ✓ Matériaux B5th et B6h : Ces classifications indiquent la présence de sols ayant un pourcentage élevé de fines avec une plasticité et un potentiel de gonflement modérés à élevés.
  Recommandation : Étant donné le risque potentiel de gonflement et de retrait, ces matériaux doivent être traités ou stabilisés avant utilisation. Ils pourraient nécessiter l'ajout de liants comme la chaux ou le ciment pour améliorer leur comportement mécanique.
- ✓ Matériau D2 : Ce sol est généralement difficile à compacter et peut présenter des problèmes en termes de stabilité et de capacité de support.

  Recommandation : Évitez d'utiliser ce type de sol dans les zones portantes des structures.

Chapitre IX : Dimensionnement du corps de chaussée

IX. 1 Introduction

L'excellence d'un projet routier ne repose pas uniquement sur un tracé et un profil en long optimisés.

Une fois construite, la route doit être capable de résister aux éléments naturels tels que les variations de température, la pluie, la neige et le verglas. Cela nécessite des caractéristiques à la fois géométriques et mécaniques robustes, garantissant sa résistance face aux diverses sollicitations tout au long de sa durée de vie.

La qualité de construction des chaussées est donc essentielle, débutant par une évaluation précise du sol de fondation et une sélection méticuleuse des matériaux.

Dans ce contexte, nous emploierons les deux méthodes prédominantes en Algérie pour le dimensionnement des chaussées : **Le catalogue de dimensionnement algérien et la méthode CBR**. Une comparaison de ces approches nous guidera dans le choix du type de chaussée le plus adapté à notre projet, en tenant compte des aspects géomécaniques et économiques.

IX. 2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

Les données de bases pour le dimensionnement de chaussée sont :

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

IX. 2. 1 Les Données climatiques

Pour dimensionner la chaussée de manière adéquate, on utilise une température de référence, nommée température équivalente θ_{eq}. Cette approche prend en considération les variations annuelles de température.

Selon le « catalogue de dimensionnement des chaussées neuves », qui classe les sites selon leur climat, le lieu du projet est identifié comme appartenant à la zone I.

Donc on prend $\theta_{eq} = 20°C$ Comme montré par le Tableau suivant :

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

Tableau IX.1 : Choix de température équivalente

IX. 2. 2 Trafic

IX.2. 2. 1 Détermination du type de réseau principal RP :

D'après le catalogue on a la classification suivante :

- ✓ $TJMA_{2022} = 7500\ v/j\ > 1500\, v/j.$
- ✓ Liaison reliant deux chef-lieu de wilaya.
- ✓ Liaison présentant un intérêt économique et stratégique.

Donc le réseau principal est : **RP1**.

IX.2. 2. 2 Détermination du type de la classe de trafic TPLi :

On doit calculer le trafic de poids lourd (TPL) sur la voie la plus charger (vpc) a l'année de mise en service (2026) :

- **Calcul de TPL en 2022 :**

$$\mathrm{TPL}_{2022} = \mathrm{Z} \times \mathrm{TJMA}_{2022}$$

$$\mathrm{TPL}_{2022} = 0.35 \times 7500$$

$$\mathrm{TPL}_{2022} = 2625\ \mathrm{PL/j\ /sens}$$

- **Répartition transversal sur la VPC en 2022 pour 2×2 voies :**

  -Chaussée unidirectionnelle a 2 voies : 90% du trafic PL sur la voie lente de droite.

  Donc : $\mathrm{TPL}_{2022}(\mathrm{vpc}) = 0.9 \times \mathrm{TPL}_{2022}$

$$\mathrm{TPL}_{2022}(\mathrm{vpc}) = 0.9 \times 2625$$

$$\mathrm{TPL}_{2022}(\mathrm{vpc}) = 2363\ \mathrm{PL/j\ sur\ vpc}$$

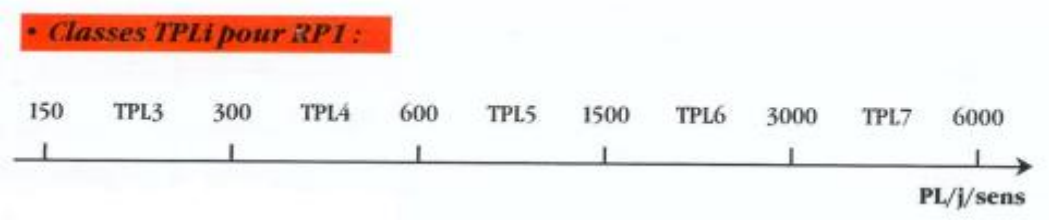
- **Calcul de TPL a l'année de mise en service (2026) :**

$$\mathrm{TPL}_{2026}(\mathrm{vpc}) = \mathrm{TPL}_{2022}(\mathrm{vpc}) \times (1+\tau)^{\mathrm{n}}$$

$$\mathrm{TPL}_{2026}(\mathrm{vpc}) = 2363 \times (1+0.04)^{4}$$

$$\mathrm{TPL}_{2026}(\mathrm{vpc}) = 2765\ \mathrm{PL/j\ sur\ vpc\ en\ 2026}$$

D'après le fasicule-1 page 10 :



Type de la classe de trafic est : **TPL6.**

IX. 2. 3 Classe de portance de sol support

D'après le fasicule-1 tableau-2 :

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

Tableau IX.2: Classe de portance des sols

Notre sol support a un $\mathrm{CBR} = 2 < 5$ donc la classe de portance est : **S4.**

La classe de portance S4 est insuffisante pour réaliser une infrastructure du réseau RP1

Par conséquent, il est nécessaire d'ajouter une couche de forme (CDF).

IX. 2. 4 Sur classement de sol support

D'après le fasicule-1 tableau-5 :

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

Tableau IX.3: Sur-classement avec couche de forme en matériaux non traité

Pour améliorer la classe de portance de notre sol de support de S4 à S2 on adopte de 60 cm d'épaisseur, composée en deux couches de matériau non traité (TUFF).

Cette amélioration rendra la classe de portance du sol adéquate pour la construction d'une infrastructure sur le réseau RP1.

IX. 2. 5 Choix de la structure de chaussée

D'après le fasicule-2 tableau-1 :

Types de Matériaux	Fiche structure n°	Type structure	Zones climatiques (*)
1 - MTB (Matériaux traités au bitume)	1	GB/GB	I , II
	2	GB/GNT	I , II
	3	GB/GNT	III
	4	GB/SG1	IV
	5	GB/TUF1	III
2 - MTLH (matériaux traités liants hydrauliques)	6	GL/GL	I , II
	7	BCg/GC	I , II

GB : Grave Bitume, GNT : Grave non traitée, SG1 : Sable gypseux de classe 1, GL : grave-laitier, GC : grave ciment, BCg : béton de ciment goujonné, TUF 1 : Tuf de classe 1.

Tableau IX.4 : Fiche structure pour RP1

Pour le réseau principal RP1 et la Zone climatique 1 les structures possibles sont :

$$\{MTB: GB/GB\,;\ GB/GNT\}$$

$$\{MTLH: GL/GL\,;\ Bcg/GC\}$$

IX. 2. 6 Dimensionnement de la chaussée

IX.2. 6. 1 Détermination des épaisseurs de la structure

D'après le fasicule-3 page-11 :

TPLi / Si / PL/j/sens	S2 — 50 MPa	S1 — 125 MPa	S0 — 200 MPa
6000 TPL7 3000	8 BB 14 GB 15 GB	8 BB 12 GB 13 GB	8 BB 11 GB 11 GB
3000 TPL6 1500	8 BB 12 GB 13 GB	8 BB 11 GB 11 GB	8 BB 10 GB 10 GB

Tableau IX.5 : Fiche structure GB/GB

Pour un trafic de poids lourd **TPL6** avec une classe de sol support **S2** il est recommander d'utiliser la structure suivante : **8BB+12GB+13GB.**

IX.2. 6. 2 Calcul de TEC sur la durée de vie

- **La durée de vie temps**

D'après le fasicule-2 tableau-4 :

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

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

Tableau IX.6 : Duré de vie adoptées

Pour un réseau RP1 avec une structure GB/GB la durée de vie adoptée est : **20 ans**.

- **Valeur de A (GB/GB) coefficient d'agressivité**

D'après le fasicule-2 tableau-11 :

Niveau de réseau principal (RPi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GB , GB/Tuf , GB/SG...	0 ,6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL , BCg/GC	1
RP2	Chaussées à matériaux non traités : GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG	0,6
	Chaussées à matériaux traités au bitume : SB/SG	0,4
RP1 et RP2	Sol support (Calcul de $\varepsilon_{z,ad}$)	0,6

Tableau IX.7 : Valeurs de coefficient d'agressivité

Pour un niveau de réseau RP1 avec une structure GB/GB le coefficient d'agressivité est : **0.6**

- **Calcul de TEC**

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

  - TEC : Le Traffic équivalent cumulé sur une durée de vie temps
  - $\mathrm{TPL_i}$: Trafic poids lourd sur VPC en 2026.
  - A : Coefficient d'agressivité
  - i : Taux d'accroissement géométrique (pris égal à 0.04 dans le calcul de dimensionnement)
  - n : Durée de vie temps

$$\mathrm{TEC} = 365 \times 2765 \times 0.6 \times \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04}$$

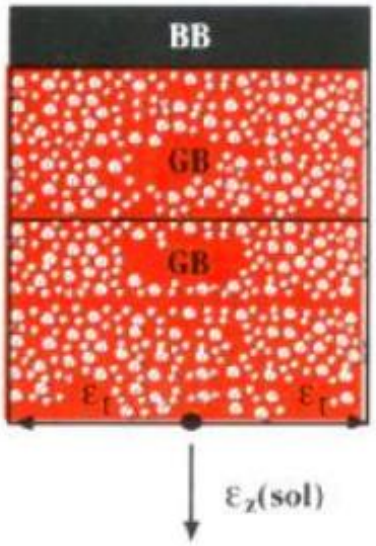
$$\mathrm{TEC} = 18.0316 \times 10^6 \ \ \mathrm{ess} - 13\mathrm{t}$$

IX. 2. 7 Modélisation de la structure

IX.2. 7. 1 Le mode de fonctionnement de la structure MTB (GB/GB)

D'après le fasicule-2 page-12 :

Le schéma suivant donne un aperçu sur le type de modélisation de la structure MTB (GB/GB) ainsi leur mode de fonctionnement :



- ε_t **:** La déformation de traction par flexion a la base des matériaux traités au bitume.
- $\varepsilon_z(\mathrm{sol})$ **:** La déformation vertical sur le sol support**.**

IX.2. 7. 2 Performance mécanique des matériaux bitumineux (MTB)

D'après le fasicule-2 page-12 :

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

BB : béton bitumineux, GB : grave bitume, SB : sable bitume

Tableau IX.8: Performance mécanique des matériaux bitumineux

Pour le matériau GB :

- $\mathrm{E}(10°, 10\mathrm{Hz}) = 12500$ MPa
- $\mathrm{E}(20°, 10\mathrm{Hz}) = 7000$ MPa
- $\mathrm{SN} = 6.84$
- $\mathrm{Sh} = 3$ cm
- $\vartheta = 0.35$

IX.2. 7. 3 Performance mécanique des matériaux bitumineux (MNT)

D'après le fasicule-2 tableau-15 :

Niveau de la couche	Modules des MNT (MPa)	Valeurs de k	υ
Base* (15 ≤ h ≤ 20cm)	GNT = 500	2,5	0,25
	TUF 1 = 500	2	0,25
	TUF 2 = 300	2	0,25
	SG 1 = 700	2	0,25
	SG2 = 300	2	0,25
	AG = 300	2	0,25
Fondation (en sous couches de 25 cm)	E_{MNT} (sous couche 1) = k $E_{sol\ support}$ E_{MNT} (sous couche i) = k E_{MNT} (sous couche i -1) avec E_{MNT} borné à E_{MNT} couche de base		
Fondation MNT sous GB et SB (GB/MNT,)	E_{MNT} (sous couche 1) = k $E_{sol\ support}$ (avec k idem ci-dessus) E_{MNT} (sous couche i) = k E_{MNT} (sous couche i -1) avec E_{MNT} borné à 350 MPa		

(*) Pour la couche de base, les modules et coefficients de Poisson sont ceux obtenus en laboratoire au Tri axial à chargements répétés (Annexes 7 et 8 du Fascicule 1).

Tableau IX.9: Performance mécanique des matériaux bitumineux

Le calcul des modules des 2 couches de matériau non traité (TUF) utilisée dans la CDF :

- Sous couche-1 :

$$E_{TUF-1} = K \times E_{sol-support} \;/\quad E_{sol-support} = 5 \times CBR = 10\ MPa$$
$$E_{TUF} = 2 \times 10 = 20\ MPa$$

- Sous-couche-2 :

$$E_{TUF-2} = K \times E_{TUF-1}$$
$$E_{TUF-2} = 2 \times 20 = 40\ MPa$$

IX.2. 7. 4 Les conditions de collage entre les différentes couches de la structure

D'après le fasicule-2 tableau-3 :

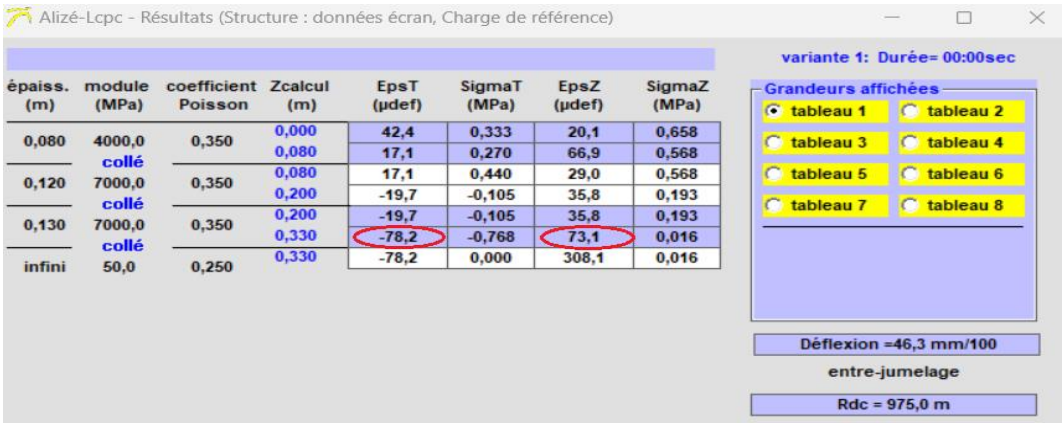
Structures types	Hypothèses sur le type d'interface
MTB : 1- BB/GB/GB/sol support	Toutes les interfaces sont collées
2- BB/GB/GNT ou TUF ou SG/sol	Toutes les interfaces sont collées
3- SB/SG/sol support	Toutes les interfaces sont collées
MTLH : 1- BB/GL/GL/sol support	Toutes les interfaces sont collées
2- BCg/GC/sol support	interface BCg/GC décollée interface GC/sol collée
MNT : 1- GNT/GNT/sol support 2- TUF/TUF/sol support 3- SG/SG/sol support 4- AG/AG/sol support	Toutes les interfaces sont collées

Tableau IX.10 : Synthèses des hypothèses sur les conditions de collage

Pour la structure BB/GB/GB/sol support toute les interface sont collées

IX.2. 7. 5 Modélisation et détermination de ε_t et ε_{z-sol} pour notre structure

La modélisation de notre structure **8BB+12GB+13GB** sur logiciel Alizé donne les résultats suivants :



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,080	4000,0	0,350	0,000	42,4	0,333	20,1	0,658
	collé		0,080	17,1	0,270	66,9	0,568
0,120	7000,0	0,350	0,080	17,1	0,440	29,0	0,568
	collé		0,200	-19,7	-0,105	35,8	0,193
0,130	7000,0	0,350	0,200	-19,7	-0,105	35,8	0,193
	collé		0,330	-78,2	-0,768	73,1	0,016
infini	50,0	0,250	0,330	-78,2	0,000	308,1	0,016

Tableau IX.11 : Résultats de la moélisation de la structure

- $\varepsilon_t = -78.2\ \mu def$.
- $\varepsilon_z(Sol) = 73.1\ \mu def$.

IX.2. 7. 6 Calcul des sollicitations admissibles

➢ Les caractéristiques de fatigue de matériau GB

D'après le fasicule-2 tableau-13 :

- $\varepsilon_6(10°, 25\text{Hz}) = 100\ \mu\text{def}$
- $-\frac{1}{\text{b}} = 6.84 \rightarrow \text{b} = -0.1461$
- $\text{SN} = 0.45$
- $\text{Sh} = 3\ \text{cm}$

➢ Calcul de $\boldsymbol{\varepsilon_{t-adm}}$

$$\varepsilon_{t-adm} = \varepsilon_6(10°\text{C}, 25\text{Hz}).\text{K}_{ne}.\text{K}_\theta.\text{K}_r.\text{K}_c$$

- $\varepsilon_6(10°\text{C}, 25\text{Hz})$: déformation limite qui correspond à cycles. (Essai de fatigue à 10°C et 25Hz).
- K_{ne} : facteur lié au nombre cumule d'essieux équivalents supporte par la chaussée.
- K_θ : facteur lié à la température.
- K_r : facteur lié au risque et aux dispersions
- K_c : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur la chaussée.

- **Calcul de $\mathbf{K_{ne}}$**

$$\text{K}_{ne} = \left(\frac{10^6}{\text{TEC}}\right)^{\text{b}} \longrightarrow \text{K}_{ne} = \left(\frac{10^6}{18.0316 \times 10^6}\right)^{0.1461} \longrightarrow \text{K}_{ne} = 0.6553$$

  - b: pente de la droite de fatigue.

- **Calcul de $\mathbf{K_\theta}$**

$$\text{K}_\theta = \sqrt{\frac{\text{E}(10°\text{C})}{\text{E}(\theta_{eq})}} \longrightarrow \text{K}_\theta = \sqrt{\frac{12500}{7000}} \longrightarrow \text{K}_\theta = 1.3363$$

  - $\text{E}(10°\text{C})$: module complexe de matériau bitumineux à 10°C.
  - $\text{E}(\theta_{eq})$: module de complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée.

- **Calcul de $\mathbf{K_r}$**

$$\text{K}_r = 10^{-\text{tb}\delta}$$

  - δ : La dispersion $\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{C}{b}.Sh\right)^2}$
  - SN : dispersion sur la loi de fatigue.
  - Sh : dispersion sur les épaisseurs.
  - C : coefficient égal à 0.02.
  - t : fractile de la loi normale qui est en fonction du risque adopté (r%).

- D'après le fasicule-2 tableau-5 :

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

Tableau IX.12: Risque adoptés pour le réseau RP1

Pour une classe de trafic TPL6 avec une structure GB/GB le risque est : 5%

- D'après le fasicule-2 tableau-16 :

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

Tableau IX.13 : valeurs de $t = f(r\%)$

La valeur de t est : -1.645

- $\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{C}{b}.Sh\right)^2} \longrightarrow \delta = \sqrt{0.45^2 + \left(\frac{0.02}{0.1461}.3\right)^2} \longrightarrow \delta = 0.6092$

- $K_r = 10^{-tb\delta} \longrightarrow K_r = 10^{-(-1.645).(-0.1461).(0.6092)} \longrightarrow K_r = 0.7138$

- **Calcul de K_c**

  D'après le fasicule-2 page-12 :

  Tableau 8 : Performance mécanique des matériaux bitumineux $\longrightarrow K_c = 1.3$

$$\varepsilon_{t-adm} = \varepsilon_6(10°C, 25Hz).K_{ne}.K_\theta.K_r.K_c$$
$$\varepsilon_{t-adm} = 100 \times 0.6553 \times 1.3363 \times 0.7138 \times 1.3$$
$$\varepsilon_{t-adm} = 81.25\mu def$$

- **Calcul de ε_{z-adm}**

$$\varepsilon_{z-adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TEC)^{-0.235} \longrightarrow \varepsilon_{z-adm} = 22 \times 10^{-3} \times \left(18.0316 \times 10^{6}\right)^{-0.235}$$

$$\varepsilon_{z-adm} = 433.76 \mu def$$

IX.2. 7. 7 Interprétation des résultats

	Valeurs calculées (µdef)	Valeurs admissibles (µdef)
ε_t	78.2	81.25
ε_z	73.1	433.76

Tableau IX.14 : Tableau des valeurs calculée et admissible des sollicitations

D'après les résultats obtenus, les déformations ε_t et ε_z restent en dessous des seuils admissibles ($\varepsilon_t < \varepsilon_{t-adm}$ *et* $\varepsilon_z < \varepsilon_{z-adm}$), indiquant que la structure proposée répond aux critères de dimensionnement.

Par conséquent, la structure de chaussée adoptée par la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves comprend : **8BB+12GB+13GB+60TUF (*)**

(*) : La couche de forme sera réalisée en 2 couches.

IX. 3 Dimensionnement par la méthode CBR

- La détermination de l'épaisseur du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par la relation suivante :

$$E_{tot} = \frac{100 + \sqrt{P}\left(75 + 50\log\left(\frac{N}{10}\right)\right)}{I_{CBR} + 5}$$

- E_{tot} : épaisseur équivalente.
- I_{CBR} : indice CBR (sol support).
- N : trafic poids lourd par jour sur la voie la plus chargée à l'année horizon.
- P : Charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).

Pour notre cas :

- $I_{CBR} = 2$.
- $N = TPL_{2046} = 6059$ PL/j sur VPC .

$$E_{tot} = \frac{100 + \sqrt{6.5}\left(75 + 50\log\left(\frac{6059}{10}\right)\right)}{2 + 5} = 92.27 \longrightarrow E_{tot} = 93 \text{ cm}$$

- L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$E_{équiv} = \sum a_i \times e_i$$

  - a_i : coefficients d'équivalences.
  - e_i : épaisseurs réelles des couches.

On fixe deux épaisseurs et on calcule la 3éme moyennant des coefficients d'équivalences du tableau suivant :

Nature matériau	a_i
Béton Bitumineux BB	2
Grave Bitume GB	1.5
Grave Ciment	1.5
Sable Ciment	1-1.2
Sable Bitumineux	1-1.2
Grave Concassée GC	1
Grave roulée TVO	0.75
Sable	0.5

Tableau IX.15 : Coefficient d'équivalence des matériaux

On adopte les épaisseurs des matériaux les plus courants :

BB :5-8 cm GB :10-20 cm GC :15-30 cm TVO:30cm et plus

Si on prend : $\mathrm{e}_1(\mathrm{BB}) = 8\ \mathrm{cm}$ et $\mathrm{e}_2(\mathrm{GB}) = 20\ \mathrm{cm}$

$e_3 = \frac{E_{tot}-(a_1e_1+a_2e_2)}{a_3} \longrightarrow e_3 = \frac{93-(2\times8+1.5\times20)}{0.75} \longrightarrow e_3 = 62.67\ cm$ Soit 63 cm de TVO en couche de fondation.

La structure de chaussée adoptée par la méthode CBR comprend : **8BB+20GB+63TVO**

IX. 4 Conclusion

Après avoir analysé l'épaisseur nécessaire pour notre chaussée et examiné divers résultats, nous avons choisi l'épaisseur proposée par **la méthode du catalogue algérien** pour les raisons suivantes :

- ✓ Elle prend en compte les performances des matériaux utilisés.
- ✓ Elle considère les déformations admissibles des matériaux.
- ✓ Elle intègre l'aspect de fatigue des matériaux.
- ✓ Cette méthode est spécifiquement algérienne, élaborée par le Centre Technique des Travaux Publics (CTTP) et approuvée par le ministère des Travaux Publics.

Par conséquent, la structure de chaussée retenue est : **8BB+12GB+13GB+60TUF.**

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

Chapitre X : Assainissement

X. 1 Introduction

L'assainissement des voies de circulation englobe tous les dispositifs nécessaires pour collecter et évacuer les eaux de surface et les eaux souterraines. Cela inclut :

- L'assèchement de la surface de circulation, réalisé grâce à des pentes transversales et longitudinales, complété par des dispositifs tels que fossés, caniveaux, cunettes et rigoles.
- Les drainages, qui sont des systèmes enterrés conçus pour recueillir et évacuer les eaux souterraines. Ces systèmes peuvent inclure des tranchées et des canalisations drainantes.
- Les canalisations, qui regroupent les infrastructures nécessaires à l'évacuation des eaux de surface, telles que conduites, chambres de visite, et autres.

Une étude d'assainissement efficace est essentielle pour prolonger la durée de vie de l'autoroute et minimiser les coûts de maintenance futurs. Ce chapitre est donc structuré autour de trois sections principales : l'étude hydrologique, l'étude hydraulique, et l'étude d'assainissement.

X. 2 Objectifs de l'Assainissement Routier

L'assainissement des routes vise à atteindre les objectifs suivants :

- **Évacuation rapide des eaux :** Cela permet de prévenir l'accumulation d'eau sur la chaussée, réduisant ainsi les risques d'aquaplaning et améliorant la sécurité des usagers.
- **Maintien de la viabilité de la route :** Assurer des conditions de circulation optimales, quelles que soient les conditions météorologiques.
- **Réduction des coûts de maintenance :** Un bon système d'assainissement diminue la nécessité de réparations fréquentes causées par les dégâts des eaux.
- **Prévention de l'érosion :** Éviter que l'eau n'endommage les structures de la route et le paysage environnant.

X. 3 Étapes d'un Projet d'Assainissement Routier

Un projet d'assainissement routier se divise généralement en trois principales composantes :

1. **Pluviométrie :** Analyse des précipitations de la région pour estimer les volumes d'eau à gérer.
2. **Bassin Versant :** Identification de la zone à drainer incluant la détermination des surfaces affectées et les coefficients de ruissellement qui influencent le volume et la vitesse du ruissellement.
3. **Conception et Dimensionnement des Ouvrages d'Assainissement** : Sélection et dimensionnement des infrastructures nécessaires avec la vérification d'auto curage.

X. 4 Étude hydrologique

Cette étude vise à calculer les débits de crue pour chaque cours d'eau franchit notre tracé afin de dimensionner les structures hydrauliques telles que les ponts, ponceaux, buses et dalots. L'objectif principal est d'estimer les crues pour les ouvrages de drainage, mais l'étude englobe également l'analyse des précipitations et des facteurs affectant le rapport pluie-débit.

X. 4. 1 Choix des stations météorologiques

La station météorologique la plus représentative du tracé et qui disposent de données

D'observations sur une période assez longue est :

- Station de BOUINANE code ANRH 021227.

X. 4. 2 Période de retour pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques

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

X. 4. 3 Détermination de l'intensité $\mathbf{I_{(t)}}$

- **La formule de Montana :** Cette formule définit la relation entre l'intensité, la durée et la fréquence des précipitations. Elle se présente comme suit :

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

  - $I_{(t)}$: intensité de pluie (mm/h).
  - T : période de retour (ans)
  - t : temps de l'averse égal au temps de concentration (h).
  - a et b : paramètres de Montana.

Station	Paramètres de Montana	Période de retour (ans)				
		2 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
BOUINANE	a	9.8	23.0	28.1	34.6	39.5
	b	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59

Tableau X.1 : Coefficients de Montana (a et b) pour différentes périodes de retour

- **Le temps de concentration :** Le temps de concentration représente la durée nécessaire pour que des gouttes d'eau, non absorbées par le sol ni évaporées, s'écoulent depuis le point le plus haut jusqu'à l'embouchure d'un bassin versant. Des méthodes simplifiées existent pour estimer ce temps pour différents bassins versants :

✓ **Méthode VENTURA**

Si $(A < 5\ Km^2)$ → $$T_c = 0.127\sqrt{\frac{A}{p}}$$

- T_C : Temps de concentration exprimé en heure (h).
- A : Surface du bassin versant (km²).
- P : Pente moyenne du bassin versant (m/m).

✓ **Méthode PASSINI**

Si $(5Km^2 < A < 25Km^2)$ → $$T_c = 0.108\frac{(AL)^{\frac{1}{3}}}{P^{\frac{1}{2}}}$$

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

✓ **Méthode GIANDOTTI**

Si $(25Km^2 < A < 200Km^2)$ → $$T_c = \frac{4\sqrt{A}+1.5L}{0.8\sqrt{h}}$$

- T_C : Temps de concentration exprimé en heure (h).
- A : Surface du bassin versant (km²).
- P : Pente moyenne du bassin versant (m/m).
- L : Longueur du cours d'eau principal en km.
- h : La différence entre la côte moyenne et la côte minimale (m).

X. 4. 4 Estimation du débit de crue

➢ **Formule Rationnelle :** Pour estimer le débit maximal d'une fréquence spécifique basé sur l'intensité moyenne de la pluie 'I' et une durée 't_c', on utilise une formule issue de la méthode rationnelle. Cette formule est conçue pour fournir une estimation par excès du débit et est applicable pour des superficies inférieures à 250 ha.

$$Q_a = K.C.I.A$$

- Q_a : Le débit maximum de crue en [m3/s].
- C : Coefficient de ruissellement.
- I : Intensité de la pluie exprimée en [mm/h].
- A : Aire de la surface drainée en $[km^2]$.
- K : Coefficient de conversation des unités égale a $[0.278]$.

➢ **Coefficient de ruissellement :**

Le coefficient de ruissellement, noté « C », représente la proportion de l'eau qui ruisselle sur un sol déjà saturé par des précipitations par rapport au volume total de l'averse. Ce coefficient peut être déterminé en utilisant la méthode de Kenessey (Hongrie), où « C » est calculé comme la somme de trois coefficients partiels :

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

- $\mathbf{C_1}$: Dépend de la pente P du thalweg principal estimée comme étant égal au rapport de la dénivelée du thalweg (falaises exclues) par sa longueur développée. Ces informations sont obtenues généralement à partir des cartes topographiques disponibles.

Pente %	$\mathbf{C_1}$
$P \leq 3.5$	0.01-0.05
$3.5 \leq P \leq 11$	0.06-0.10
$11 \leq P \leq 35$	0.12-0.2
$P \geq 35$	0.22-0.3

Tableau X.2 : Valeurs du Coefficients C_1

- $\mathbf{C_2}$: Dépend de la perméabilité du sol, déterminée à partir des informations concernant la nature de sol et ces caractéristiques.

État de Perméabilité du sol	$\mathbf{C_2}$
Imperméable	0.22-0.30
Peu Perméable	0.10-0.20
Perméable	0.06-0.10
Très Perméable	0.06-0.5

Tableau X.3 **:** Valeurs du Coefficients C_2

- $\mathbf{C_3}$: Dépend de la couverture végétale du bassin versant. Ces informations seront obtenues à partir d'une inspection visuelle des bassins versants.

Couverture végétale	$\mathbf{C_3}$
Rocheux	0.22-0.30
Prairie	0.15-0.25
Labours-champs	0.07-0.15
Forets et Terrains Sableux	0.03-0.05

Tableau X.4 **:** Valeurs du Coefficients C_3

- **Délimitation des bassins versants**

Un bassin versant est une zone géographique qui draine vers un point spécifique sur un cours d'eau, généralement à l'emplacement d'un ouvrage planifié. Il est délimité par la ligne de partage des eaux, ce qui donne une indication initiale de la portée et aide à choisir la méthode de calcul pour dimensionner l'ouvrage.
La délimitation précise des bassins versants est réalisée à l'aide de Global Mapper, un logiciel informatique spécialisé qui fournit des informations détaillées sur les caractéristiques des bassins de drainage.

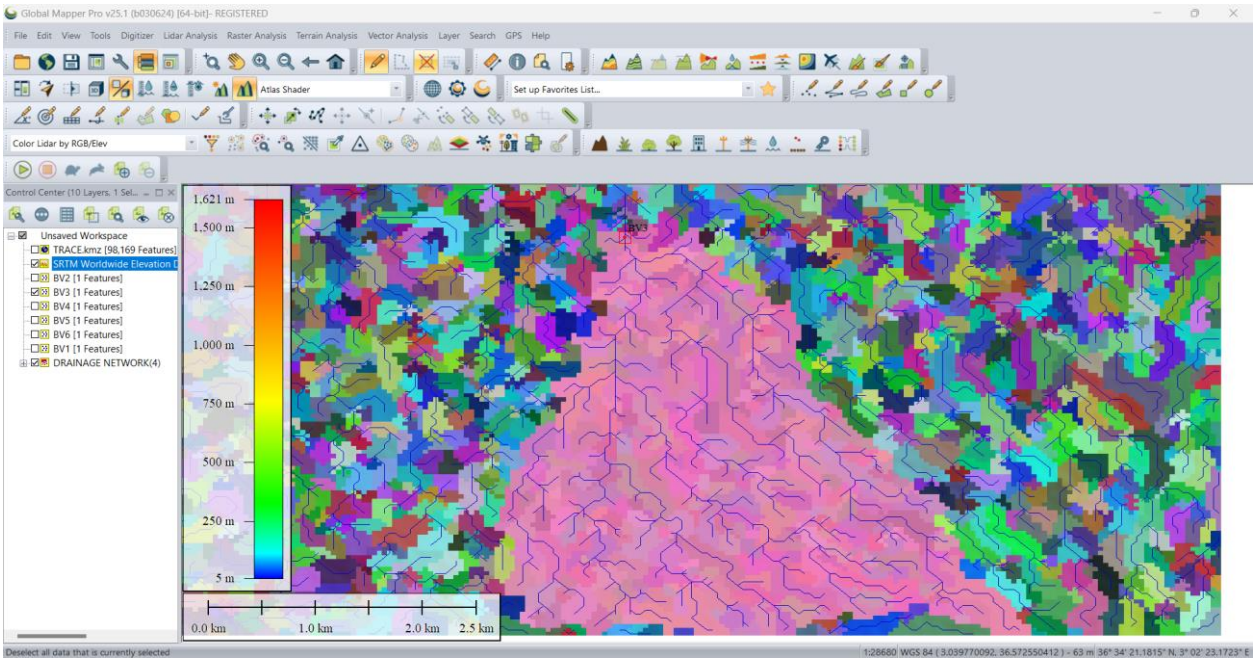


Figure X.1: Délimitation des bassins versants à l'aide de Global Mapper BV-3

L'identification de la superficie du bassin versant qui alimente un site donné est crucial pour définir les dimensions hydrauliques minimales nécessaires pour une structure.
Les caractéristiques physiques du bassin versant, comme la structure des talwegs (le tracé du cours d'eau principal) et des lignes de crête, sont également prises en compte.
Ces caractéristiques incluent :

- A : La superficie du bassin, délimitée par la ligne de crête.
- L : La longueur du cours d'eau principal.
- H_{max} : L'altitude maximale.
- H_{min} : L'altitude minimale.
- H_{moy}: L'altitude moyenne.
- I_{moy}: La pente moyenne de cour d'eau / $I_{moy} = \frac{H_{max} - H_{min}}{L}$

➢ **Caractéristique physiques des bassins versants**

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

N° BV	PK	Surface (Km^2)	Périmètre (Km)	L (m)	H_{max} (m)	H_{min} (m)	H_{moy} (m)	I_{moy} m/m
BV-1	**PK 50+729**	0.3125	2.827	59.0613	63	53	58	0.169
BV-2	**PK 55+713**	0.1168	1.757	68.211	71	63	67	0.117
BV-3	**PK 56+393**	8.737	19.715	129.319	133	62	195	0.549
BV-4	**PK 58+298**	0.04964	1.145	61.0614	65	60	62.5	0.081
BV-5	**PK 59+525**	0.365	3.666	70.3361	74	61	67.5	0.184
BV-6	**PK 59+667**	0.2	2.52	70.3361	74	63	68.5	0.156

Tableau X.5 : Les caractéristiques physiques des bassins versants

X. 4. 5 Application au projet

Exemple de calcul de Bassin versant numéro-1 (BV1) :

1) La pente moyenne de cour d'eau :

$$I_{moy} = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} \longrightarrow I_{moy} = \frac{63 - 53}{59.0613} \longrightarrow I_{moy} = 0.169$$

2) Le Coefficient de ruissellement :

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

- $C_1 = 0.04$
- $C_2 = 0.18$ $\qquad C = 0.4$
- $C_3 = 0.18$

3) Estimation du temps de concentration :

$$A < 5Km^2 \longrightarrow T_c = 0.127\sqrt{\frac{A}{P}} \longrightarrow T_c = 0.127\sqrt{\frac{0.3125}{0.169}}$$

$$T_C = 0.17\ h$$

4) Détermination de l'intensité (I) pour les périodes de retour 10 ; 50 ; 100 ans:

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

- $I_{(t,10ans)} = \frac{23}{0.17^{0.59}} \longrightarrow I_{(t,10ans)} = 65.42\,mm/h$
- $I_{(t,50ans)} = \frac{34.6}{0.17^{0.59}} \longrightarrow I_{(t,50ans)} = 98.42\ mm/h$
- $I_{(t,100ans)} = \frac{39.5}{0.17^{0.59}} \longrightarrow I_{(t,100ans)} = 112.64\ mm/h$

5) Calcul de débit :

$$Q_a = K.C.I.A$$

- $Q_a(10ans) = 0.278 \times 0.4 \times 65.42 \times 0.3125 \longrightarrow Q_a(10ans) = 2.27\ m^3/s$
- $Q_a(50ans) = 0.278 \times 0.4 \times 98.42 \times 0.3125 \longrightarrow Q_a(50ans) = 3.42\ m^3/s$
- $Q_a(100ans) = 0.278 \times 0.4 \times 112.64 \times 0.3125 \rightarrow Q_a(100ans) = 3.91\ m^3/s$

X.4. 5. 1 Résultats de calcul

Le tableau suivant récapitule les valeurs des intensités de pluie pour des périodes de retour de 100, 50 et 10 ans pour chaque bassin versant de la zone d'étude :

N° BV	$T_c(h)$	$I_{(t,10ans)}(mm/h)$	$I_{(t,50ans)}(mm/h)$	$I_{(t,100ans)}\ (mm/h)$
BV-1	0.17	65.42	98.42	112.64
BV-2	0.12	80.35	120.88	138
BV-3	0.15	70.44	105.96	120.97
BV-4	0.01	348.11	523.69	597.85
BV-5	0.18	63.25	95.16	108.63
BV-6	0.14	73.36	110.37	126

Tableau X.6 : Les valeurs des intensités des pluies et temps de concentration

Le tableau suivant récapitule les valeurs des débits maximums pour des périodes de retour de 100, 50 et 10 ans, ainsi que les ouvrages hydrauliques nécessaires pour chaque bassin versant.

N° BV	$Q_a(10ans)(m^3/s)$	$Q_a(50ans)(m^3/s)$	$Q_a(100ans)(m^3/s)$	Proposition
BV-1	2.27	3.42	3.91	Buse
BV-2	1.04	1.57	1.79	Buse
BV-3	68.43	102.94	117.52	OA
BV-4	1.92	2.89	3.3	Buse
BV-5	2.56	3.86	4.40	Dalot
BV-6	1.63	2.45	2.8	Buse

Tableau X.7 : Les valeurs des débits max

X. 5 Étude hydraulique

X. 5. 1 Calcul des ouvrages hydrauliques

Cette partie consiste à dimensionner les ouvrages de franchissement de cours d'eau, basés sur les résultats de l'étude hydrologique. Voici les principaux types d'ouvrages à considérer :

- Buses : Ouvrages circulaires placés sous la route aux points bas du terrain, avec des diamètres variant entre 1000 et 2000 mm
- Dalots : Ouvrages rectangulaires ou carrés disposés sous la route, identifiés par leur largeur (B) et leur hauteur (H).
- Ponts et viaducs : Ouvrages d'assainissement transversaux conçus pour véhiculer des débits de crue centennaux. Les dimensions de ces ouvrages sont déterminées pour satisfaire la condition suivante : $Q_{100} < Qs$, où :
    - Q_{100} : représente le débit de crue centennal (débit d'apport) en m³/s.
    - Qs : représente le débit de saturation de l'ouvrage en m³/s.

X. 5. 2 Estimation des débits de saturation des ouvrages

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

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

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

X. 5. 3 Système de drainage transversal

X.5. 3. 1 Dimensionnement des buses

Une solution par buse circulaire a été retenue pour évacuer les eaux pluviales des bassins versants avec un débit $Q_a < 4m^3/s$. Ces ouvrages sont conçus pour diriger les eaux des fossés vers les cours d'eau. Pour des raisons de nettoyage et d'entretien, chaque buse doit avoir un diamètre minimal de $D > 1000mm$.

Deux types de buses sont couramment utilisées :

- Buses en béton.
- Buses métalliques.

Le dimensionnement d'une buse est réalisé en comparant le débit d'apport (Q_a)trouvé dans l'étude hydrologique avec le débit de saturation (Q_s) de la buse, calculé à l'aide de la formule de Manning-Strickler :

$$Q_s = S.K_{st}.R_h^{\frac{2}{3}}.J^{\frac{1}{2}}$$

Avec :

- $S = S_m = \frac{\pi D^2}{4}$; $P_m = \pi \times D \longrightarrow R_h = \frac{S_m}{P_m} \longrightarrow R_h = \frac{D}{4}$

$$Q_a = Q_s \longrightarrow D = \left(\frac{4^{\frac{5}{3}} \times Q_a}{\pi \times K_{st} \times J^{\frac{1}{2}}}\right)^{\frac{3}{8}}$$

Une fois le diamètre est calculé. On choisit un diamètre normalisé commercial existant dans le marché : Φ500, Φ800, Φ1000, Φ1200, Φ1500 ...etc.

Et on doit vérifier les conditions d'auto curage suivantes :

- ✓ $V > 0.6\,m/s$ pour $Q = 0.1Q_{ps}$.
- ✓ $V > 0.3\ m/s$ pour $Q = 0.01Q_{ps}$.
  - Q_{ps} : Débit pleine section.

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

X.5.3.1.1 Application au projet

Exemple BV-1 :

- **Calcul de diamètre**

$$D = \left(\frac{4^{\frac{5}{3}} \times Q_a(10)}{\pi \times K_{st} \times J^{\frac{1}{2}}}\right)^{\frac{3}{8}} \longrightarrow D = \left(\frac{4^{\frac{5}{3}} \times 2.27}{\pi \times 80 \times 0.01^{\frac{1}{2}}}\right)^{\frac{3}{8}} \longrightarrow \quad D = 965\ mm$$

On prend $D = 1000\ mm$.

➢ **Vérification des conditions d'auto curage**

- $Q_{ps} = \frac{\pi \times K_{st} \times J^{\frac{1}{2}} \times D^{\frac{8}{3}}}{4^{\frac{5}{3}}} \longrightarrow Q_{ps} = \frac{\pi \times 80 \times 0.01^{\frac{1}{2}} \times 1^{\frac{8}{3}}}{4^{\frac{5}{3}}} \longrightarrow Q_{ps} = 2.49\ m^3/s$
- $V_{ps} = \frac{K_{st} \times J^{\frac{1}{2}} \times D^{\frac{2}{3}}}{4^{\frac{2}{3}}} \longrightarrow V_{ps} = \frac{80 \times 0.01^{\frac{1}{2}} \times 1^{\frac{2}{3}}}{4^{\frac{2}{3}}} \longrightarrow V_{ps} = 3.17\ m^3/s$

✓ **Condition d'auto curage-1 :**

Pour $R_q = \frac{Q}{Q_{ps}} = 0.1$ par interpolation linéaire $R_v = \frac{V}{V_{ps}} = 0.6386$

$V = 0.6386 \times V_{ps} \longrightarrow V = 2.02\ m/s$

$V = 2.02 > 0.6\ m/s \longrightarrow$ Condition d'auto curage-1 est vérifiée.

✓ **Condition d'auto curage-2 :**

Pour $R_q = \frac{Q}{Q_{ps}} = 0.01$ par interpolation linéaire $R_v = \frac{V}{V_{ps}} = 0.319$

$V = 0.319 \times V_{ps} \longrightarrow V = 1.01\ m/s$

$V = 1.01 > 0.3\ m/s \longrightarrow$ Condition d'auto curage-2 est vérifié.

Rq	Rv	Rh
0,0096	0,315	0,069
0,0107	0,327	0,073

Rq	Rv	Rh
0,0997	0,638	0,213
0,1007	0,640	0,214

Figure X.2 : Abaque Rq ; Rh et Rv conduite circulaire

➢ **Résultats**

N° BV	$Q_a(10ans)$ (m^3/s)	D calculée (mm)	D choisie (mm)	Q_{ps} (m^3/s)	V_{ps} (m/s)	V (m/s)	$V > 0.6$ (m/s)	V (m/s)	$V > 0.3$ (m/s)
BV-1	2.27	965	1000	2.49	3.17	2.02	Vérifié	1.01	Vérifié
BV-2	1.04	720	1000	2.49	3.17	2.02	Vérifié	1.01	Vérifié
BV-4	1.92	906	1000	2.49	3.17	2.02	Vérifié	1.01	Vérifié
BV-6	1.63	852	1000	2.49	3.17	2.02	Vérifié	1.01	Vérifié

Tableau X.8 : Vérification des conditions d'auto curage pour les ouvrages hydrauliques circulaires (Buse).

X.5. 3. 2 Dimensionnement des dalots

On utilise la formule de Manning Strickler, tel que la section et le périmètre mouillés sont calculés pour une hauteur de remplissage égale à 80 % :

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

- La surface mouillée : $S_m = 0.8HB$
- Le périmètre mouillé : $P_m = 1.6H + B$
- Le rayon hydraulique : $R_h = \frac{0.8HB}{1.6H+B}$

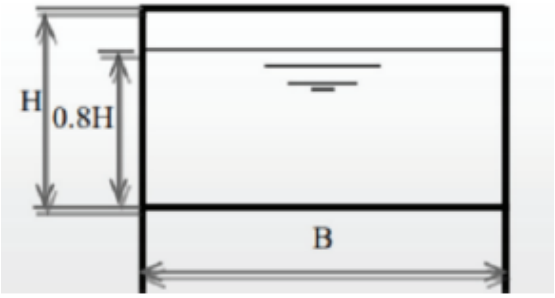


Figure X.3 : Dalot

Pour : $Q_a = Q_s \longrightarrow Q_a = S_m . K_{st} . R_h^{\frac{2}{3}} . J^{\frac{1}{2}} \longrightarrow H = \frac{1}{0.8B} . \left(\frac{Q_a}{K_{st} . J^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{5}} . (1.6H + B)^{\frac{2}{5}}$

On fixe la valeur de B et on calcul la valeur de H par itération :

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

X.5.3.2.1 Application au projet

- **Exemple BV-5:**

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

  - $K_{st} = 70$
  - $Q_a(50) = 3.86\ m^3/s$
  - $J = 1\%$

On fixe B=1.5 m :

$$H_{n+1} = 0.5830 \times (1.6H_n + 1.5)^{\frac{2}{5}}$$

On pose $H_0 = 0.8\ m$:

$$H_1 = 0.5830 \times (1.6H_0 + 1.5)^{\frac{2}{5}} \longrightarrow H_1 = 0.5830 \times (1.6 \times 0.5 + 1.5)^{\frac{2}{5}} \longrightarrow H_1 = 0.8775$$

$$H_2 = 0.5830 \times (1.6H_1 + 1.5)^{\frac{2}{5}} \longrightarrow H_2 = 0.5830 \times (1.6 \times 1.1019 + 1.5)^{\frac{2}{5}}$$

$$\longrightarrow H_2 = 0.8930$$

$$H_3 = 0.5830 \times (1.6H_2 + 1.5)^{\frac{2}{5}} \longrightarrow H_3 = 0.5830 \times (1.6 \times 1.2673 + 1.5)^{\frac{2}{5}}$$

$$\longrightarrow H_3 = 0.8960$$

$$H_4 = 0.5830 \times (1.6H_3 + 1.5)^{\frac{2}{5}} \longrightarrow H_4 = 0.5830 \times (1.6 \times 1.3075 + 1.5)^{\frac{2}{5}}$$

$$\longrightarrow H_4 = 0.8966$$

$$H_5 = 0.5830 \times (1.6H_4 + 1.5)^{\frac{2}{5}} \longrightarrow H_5 = 0.5830 \times (1.6 \times 1.3170 + 1.5)^{\frac{2}{5}}$$

$$\longrightarrow H_5 = 0.8967$$

$$H_6 = 0.5830 \times (1.6H_5 + 1.5)^{\frac{2}{5}} \longrightarrow H_6 = 0.5830 \times (1.6 \times 1.3192 + 1.5)^{\frac{2}{5}}$$

$$\longrightarrow H_6 = 0.8968$$

$$H_7 = 0.5830 \times (1.6H_6 + 1.5)^{\frac{2}{5}} \longrightarrow H_7 = 0.5830 \times (1.6 \times 1.3197 + 1.5)^{\frac{2}{5}}$$

$$\longrightarrow H_7 = 0.8968$$

Après itération on obtient H=0.9 m et pour raison de sécurité on prend H=1.5m donc on choisie un Dalot de 1.5m×1.5m

- **Vérification des conditions d'auto curage**
  - ✓ Vérification de la vitesse

    $V = \frac{3.86}{S} = \frac{3.86}{1.5 \times 1.5} = 1.71\ m/s \longrightarrow V = 1.71 < 4\ m/s$ Condition Vérifié
  - ✓ Vérification de la hauteur critique

    $h_c = \sqrt[3]{\frac{{Q_a}^2}{g \times B}} = \sqrt[3]{\frac{3.86^2}{10 \times 1.5}} = 1\ m \longrightarrow h_c = 1 < 1.5\ m$ Condition Vérifié
  - ✓ Vérification du régime d'écoulement

    Nbre de Froud$= \frac{V}{\sqrt{g \times H}} = \frac{1.71}{\sqrt{10 \times 1.5}} = 0.441 < 1$ régime fluvial

X.5.3.2.2 Résultats

Le tableau ci-dessous présente les dimensions des différents dalots de notre tracé.

N° BV	$Q_a(50ans)(m^3/s)$	$B(m)$	$H(m)$
BV-3	3.86	1.5	1.5

Tableau X.9 : Dimensionnement des dalots

Le tableau ci-dessous montre les vérifications des conditions d'auto curage des différents dalots.

N° BV	Q_a (m^3/s)	V m/s	$V < 4$ m/s	H (m)	h_c (m)	$h_c < H$	Nbre de Froud	Régime d'écoulement
BV-3	3.86	1.71	Vérifié	1.5	1	Vérifié	0.441	Vérifié

Tableau X.10 : Vérification des conditions d'auto curage

X. 5. 4 Système de drainage longitudinal

X.5. 4. 1 Dimensionnement des fossés :

- En prenant en compte les quatre éléments (chaussée, berme, talus), nous calculons le débit apporté par chaque élément de la route ainsi que le débit total par la méthode rationnelle.

$$Q_a = Q_c + Q_b + Q_t$$

- $Q_c = K.C_C.I.A_c$: Débit rapporté par la chaussée.
- $Q_b = K.C_b.I.A_b$: Débit rapporté par la berme.
- $Q_t = K.C_t.I.A_t$: Débit rapporté par le talus.

Avec :

- A_c : Surface de la chaussée.
- A_b : Surface de la berme.
- A_t : Surface du talus.
- C_C : Coefficient de ruissellement de la chaussée.
- C_b : Coefficient de ruissellement de berme.
- C_t : Coefficient de ruissellement du talus.

Coefficient de ruissellement (C)

Type de chaussée	Valeur de C	Valeur prises
Chaussée revêtement en enrobes	0.80 à 0.95	0.95
Accotement	0.10 à 0.40	0.40
Talus	0.10 à 0.30	0.30
Terrain naturel	0.00 à 0.20	0.20

Tableau X.11: Valeurs des coefficients de ruissellement

- Le débit de saturation pour un fossé en béton avec une forme trapézoïdale :

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

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

- Pour $Q_a = Q_s = 0.278.J^{\frac{1}{2}}.\left(\frac{h+(b+mh)}{b+2h\sqrt{h^2+m^2}}\right)^{\frac{2}{3}}.h(b + mh)$

On pose une valeur de b et on calcul h par itération :

Pour une angle de 45° m=1

$$h_{n+1} = \left(\frac{Q_a}{K_{st}.b.J^{\frac{1}{2}}}\right)^{\frac{3}{5}}.\frac{\left(1 + 2\frac{h_n}{b}\sqrt{2}\right)^{\frac{2}{5}}}{1 + \frac{h_n}{b}}$$

X.5.4.1.1 Application au projet

Le dimensionnement se fait dans le cas le plus défavorable, ou il y a une hauteur importante du déblai qui s'étend sur une longueur importante dans notre cas le déblai de PK57+180 au PK57+620 de H=8.55 est le plus défavorable.

- **Les caractéristiques des sous bassins versants concernées :**

SBV	Largeur (m)	Longueur(m)	Pente (%)	Surface (m^2)
Chaussée+ BAU+BDG	11	440	2.5	4840
Berme	1	440	8	440
Talus	-	440	66.67	5290
Totale	-	-	-	10570

Tableau X.12: Les caractéristiques des sous bassins versants

Exemple de calcul SBV-Talus

- **Le temps de concentration**

$A = 5.290 \times 10^{-3} Km^2 < 5\ Km^2$ On applique la formule de VENTURA

$$T_c = 0.127\sqrt{\frac{A}{P}} \longrightarrow T_c = 0.127\sqrt{\frac{5.290 \times 10^{-3}}{0.6667}} \longrightarrow T_c = 0.011\ h$$

- **L'intensité de l'averse**

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

Pour une période de retour de 10 ans :

$$I_{(t,10ans)} = \frac{23}{0.011^{0.59}} \longrightarrow I_{(t,10ans)} = 329.08\ mm/h$$

- **Calcul de débit d'apport**

On utilise la méthode Rationnelle

$$Q_t = K.C.I.A \longrightarrow Q_t = 0.278 \times 0.3 \times 329.08 \times 5.290 \times 10^{-3}$$
$$Q_t = 0.145\ m^3/s$$

SBV	$A(Km^2) \times 10^{-6}$	C	P(%)	$T_c(h)$	$I_t(mm/h)$	$Q_a(m^3/s)$
Chaussée+ BAU+BDG	4840	0.95	2.5	0.05	134.70	0.17
Berme	440	0.4	8	0.00941	360.83	0.017
Talus	5290	0.3	66.7	0.011	329.08	0.145
Le débit total						0.332

Tableau X.13 : Calcul des debits

On pose b=0.5 m et on calcul h par itération :

$$h_{n+1} = 0.1471 \times \frac{\left(\left(1 + 2\sqrt{2}\frac{h_n}{0.5}\right)\right)^{\frac{2}{5}}}{1 + \frac{h_n}{0.5}}$$

Après itération on a trouvé h=0.17 m et pour raison de sécurité on prend h=0.5m

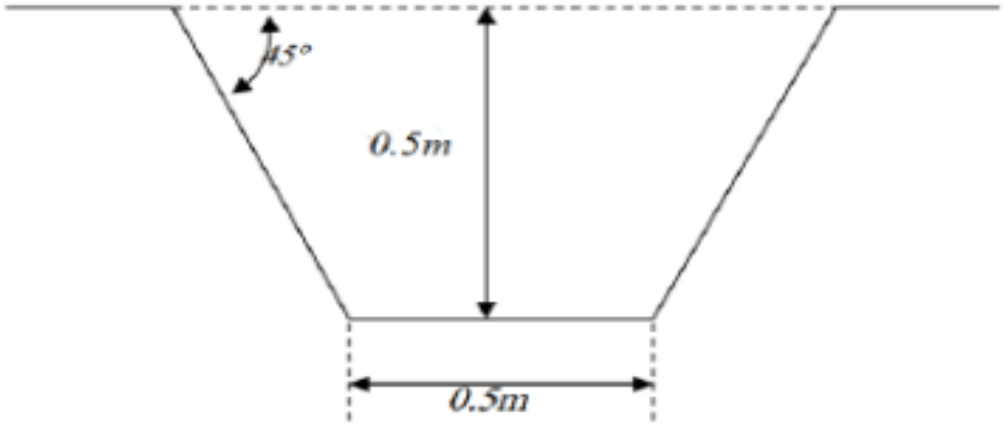


Figure X.4: conception d'un Fossé

Chapitre XI : Échangeur

XI. 1 Introduction

Un échangeur d'autoroute est une structure routière conçue pour permettre aux conducteurs de passer d'une autoroute à une autre via des boucles surélevées. Ces infrastructures facilitent un changement rapide et sécurisé d'un axe routier à un autre, optimisant ainsi les itinéraires. En plus d'améliorer la fluidité du trafic, les échangeurs renforcent la sécurité des automobilistes en éliminant la nécessité de manœuvres potentiellement dangereuses.

- **Les types d'échangeurs sont les suivants :**
    - **Nœuds :** lorsqu'ils relient deux voies rapides.
    - **Diffuseurs :** lorsqu'ils connectent une voie rapide au réseau routier urbain.
    - **Mixtes :** lorsqu'ils assurent en plus la liaison entre deux autoroutes.

Notre projet vise à concevoir un échangeur à l'intersection de la 3éme rocade d'Alger et de la CW14, situé au niveau de DOUAR ABAZIZ, au PK59+513 sur le tracé d'étude.

XI. 2 Le rôle d'un échangeur

Les échangeurs autoroutiers ont l'avantage majeur de limiter les ralentissements aux intersections d'autoroutes. Ils permettent de changer d'autoroute ou de direction tout en maintenant un trafic fluide et sans embouteillages, contrairement à ce qui se produirait en l'absence de ces infrastructures. Étant donné la vitesse à laquelle circulent les véhicules sur l'autoroute, il est impossible de traverser des intersections comme en agglomération.

Ce système est donc le plus optimisé pour remplir cette fonction. En outre, il est bien plus sécurisé qu'un simple carrefour ou rond-point. Ainsi, les échangeurs garantissent la sécurité des usagers de la route et leur font gagner du temps en permettant des changements de direction plus rapides.

XI. 3 Avantages et Inconvénients de l'échangeur

Les échangeurs autoroutiers présentent plusieurs avantages essentiels pour les conducteurs et le réseau routier. Voici les principaux :

- Facilite les déplacements des usagers dans des conditions de confort et de sécurité optimales.
- Élimine les points de conflit potentiels (ou les véhicules risquent de se croiser), réduisant ainsi le risque d'accidents graves.
- Évite les arrêts qui entraînent des pertes de temps considérables.
- Supprime les contraintes liées aux arrêts et aux redémarrages.
- Assure la continuité du réseau autoroutier.

Cependant, les échangeurs présentent aussi des inconvénients. Ils occupent beaucoup d'espace, ce qui peut nuire à l'environnement. De plus, leur construction est plus complexe et prend plus de temps que celle d'un simple carrefour ou rond-point. Cela signifie qu'il faut des mois de planification et de travail avant qu'ils ne soient prêts à être utilisés par les conducteurs.

XI. 4 Les différents types d'échangeurs

Bien qu'il existe de nombreuses variations dans la conception des échangeurs, les types fondamentaux ne sont pas très nombreux. Chaque type peut varier en forme et en taille, et il existe de nombreuses combinaisons de ces types qui donnent lieu à des configurations plus complexes. Un élément crucial dans la conception des échangeurs est l'agencement d'une ou plusieurs types de bretelles de base. Cependant, c'est le coût et les caractéristiques du site qui déterminent la forme de la bretelle à considérer.

En fonction de l'importance des routes à relier, nous pouvons distinguer deux classes d'échangeurs :

- **Les échangeurs majeurs :** qui relient des autoroutes entre elles.
- **Les échangeurs mineurs** : qui relient une autoroute à une route.

XI. 4. 1 Échangeurs majeurs

L'échangeur majeur raccorde entre autoroute et autoroute

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

XI.4. 1. 1 Type trèfle complet

C'est un échangeur massif, souvent construit là où il y a beaucoup de trafic. Il a des voies supplémentaires sur les côtés pour empêcher les voitures de se croiser.

Il est utilisé là où quatre routes se rejoignent. Il a quatre boucles et quatre voies en diagonale.

Il permet aux voitures de changer de direction sans se couper, mais cela le rend cher car il faut ajouter des voies supplémentaires pour permettre aux voitures de s'insérer sans se croiser.

XI.4. 1. 2 Type bifurcation « Y »

Pour relier trois branches, on utilise le type « Y ». La branche qui a moins de trafic se détache du tronc principal vers la droite et rejoint à nouveau ce même tronc principal du côté droit. Ce type comprend un ouvrage biais qui offre une transition fluide avec les caractéristiques autoroutières continues.

XI. 4. 2 Échangeur mineur

Cet échangeur est destiné à relier une autoroute, considérée comme une route principale, à une route ordinaire, désignée comme une route secondaire. Les configurations courantes pour ces liaisons sont :

- Le schéma en losange.
- Le schéma en demi-trèfle.
- Le schéma en trompette.

XI.4. 2. 1 Type losange

Cette disposition comprend quatre branches qui suivent le schéma le plus simple avec des bretelles directes, ainsi qu'un carrefour à niveau sur la route secondaire. Elle garantit une répartition symétrique du trafic d'échanges, et les distances de parcours pour l'ensemble du schéma sont réduites au minimum.

XI.4. 2. 2 Type demi –trèfle

La disposition en demi-trèfle se compose de deux boucles, deux diagonales et un carrefour à niveau sur la route secondaire. Elle ressemble au type losange, mais avec une différence majeure : la distribution du trafic d'échange est nettement asymétrique, car les boucles sont principalement utilisées comme voies d'entrée. Cela améliore la visibilité et la sécurité.

En général, il existe deux variantes de demi-trèfle

- Demi-trèfle symétrique.
- Demi-trèfle asymétrique, également appelé « cadran opposé ».

XI.4. 2. 3 Trompette

Le diffuseur de type trompette est actuellement le plus couramment rencontré sur les autoroutes. Il permet les échanges entre la voie principale et la voie transversale (trois branches) et comprend les éléments suivants :

- Un alignement droit partagé par toutes les bretelles.
- Une boucle pour l'entrée ou la sortie.
- Deux voies diagonales pour l'entrée et la sortie.

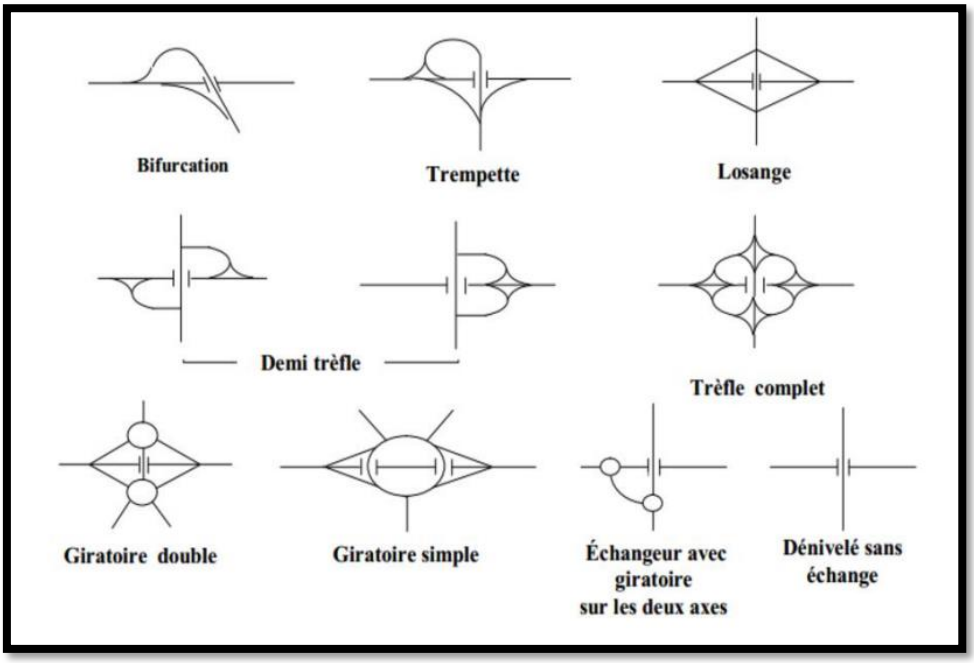


Figure 1 : Types d'échangeurs

XI. 5 Conception d'un échangeur

La première étape de la conception consiste à choisir les caractéristiques générales, telles que le type de route qui détermine les normes à suivre, la catégorie de route qui influence les principales caractéristiques géométriques du trafic, ainsi que le nombre de voies. Dans notre projet actuel, les normes applicables sont celles des autoroutes.

Avant la construction d'un échangeur, plusieurs études sont menées pour évaluer les impacts potentiels sur le trafic existant, les résidents locaux, l'économie de la région ou du pays en général.

Ensuite, plusieurs propositions de construction sont examinées. La sélection se fait en fonction de la conformité aux souhaits du maître d'ouvrage, de l'harmonisation avec les routes existantes, de l'impact environnemental minimal et de l'adaptation à la géographie locale.

XI. 5. 1 Éléments de conception d'un échangeur

L'objectif principal d'un échangeur est de répondre aux besoins des usagers. Ainsi, lors de sa conception, divers paramètres sont pris en compte, tels que :

- La sécurité.
- La classification des routes qui se croisent.
- L'utilisation du sol.
- La vitesse de circulation de base.
- Le volume et la composition du trafic.
- Le nombre de branches de l'échangeur.
- Les dispositifs de régulation du trafic.
- Le relief.
- Les exigences en termes d'espace et de terrain.
- L'accès aux quartiers environnants.
- Les aspects liés aux réseaux routiers et à la cohérence de l'aménagement.
- L'impact environnemental.
- Les considérations économiques.

Ces éléments permettent aux concepteurs de mieux comprendre les besoins des usagers lorsqu'ils utilisent les autoroutes. Pour garantir le bon fonctionnement de la route, il est crucial de considérer l'autoroute et les échangeurs comme un ensemble dès le départ pour s'assurer qu'ils s'intègrent parfaitement et fonctionnent de manière efficace.

La construction d'un échangeur offre une solution efficace à de nombreux problèmes associés aux carrefours plans. Les critères suivants fournissent des lignes directrices pour justifier et décider du choix d'aménagement d'un échangeur :

- **Circulation :**
  Le volume de trafic par rapport à la capacité de la route existante est le critère principal pour justifier la nécessité d'un échangeur.

- **Sécurité :**
  Certains carrefours plans présentent un risque élevé d'accidents et leur configuration ne peut être modifiée. Si l'installation de dispositifs de régulation de la circulation est insuffisante, la construction d'un échangeur peut être envisagée comme mesure de sécurité.
- **Relief :**
  Les échangeurs peuvent être envisagés là où les carrefours plans sont impraticables en raison du relief du terrain.

XI. 5. 2 Conditions à respecter

- Éviter les emplacements présentant des virages serrés.
- Éviter les zones à forte élévation ou à profil en long abrupt.
- Éviter les passages à proximité ou au-dessus de zones résidentielles et de bâtiments publics.
- Éviter les sections présentant des pentes raides.
- Limiter les travaux d'excavation importants.
- Minimiser l'impact sur les terres agricoles.

XI. 6 Les composants d'un échangeur

Peu importe son importance, sa catégorie ou sa configuration, un échangeur est généralement composé de trois éléments principaux :

XI. 6. 1 Ouvrage d'art

Pour permettre un passage supérieur ou inférieur, le nombre de structures (ponts) est déterminé en fonction de :

- Le type d'échangeur à construire.
- Les contraintes du site d'implantation.
- Les exigences en termes de tracé et de profil de la route.
- Les réglementations et les normes de conception en vigueur.

XI. 6. 2 Carrefour plan

Les carrefours plans se trouvent uniquement entre des routes ordinaires. Leur conception doit prendre en compte les considérations de sécurité et de confort.

XI. 6. 3 Bretelles :

Il s'agit de voies qui se séparent et se rejoignent entre les deux directions qui se croisent. Trois types de bretelles sont distingués : boucle, anse et diagonale.
Leur combinaison donne naissance à différents types d'échangeurs.

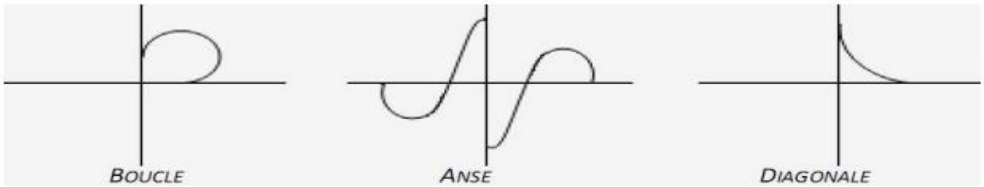


Figure XI.1: les type des bretelles

XI.6. 3. 1 Caractéristiques géométriques des bretelles

Les caractéristiques géométriques des bretelles concernent leur conception et leur forme sur le terrain. Selon les normes ICTAAL, plus spécifiquement les normes pour les échangeurs (complément d'ICTAAL 2000), une branche à une voie issue d'une sortie en déboîtement (c'est-à-dire une voie qui se sépare de la route principale) est conçue géométriquement comme une bretelle de diffuseur (qui sont des types d'échangeurs reliant une autoroute à une route secondaire ou urbaine).

XI.6. 3. 2 Tracé en plan d'une bretelle

XI.6.3.2.1 Valeurs limites des rayons

Les rayons	1 voie sortie	1 voie boucle
Rayon minimal (Rm)	40 (7%) et 100 (premier rayon rencontré)	40
Rayon non déversé (Rnd)	300	-
Dévers entre Rnd et Rm	d = (675/R) +0.25 entre 300 et 100	-

Tableau XI.1 : Valeurs limites des rayons

Recommandations

- Rayon minimal de 54 m : Assure une vitesse de 50 km/h sur la bretelle. Moins de 54 m nécessite une limite de vitesse de 30 km/h.
- Rayons des boucles : Éviter d'excéder 60 m pour prévenir l'accélération dans des virages serrés.
- Sur-largeur pour courbes < 100 m : Ajouter une sur-largeur calculée par la formule "50/R" pour augmenter la sécurité dans les courbes serrées.

XI.6.3.2.2 Enchaînement des éléments du tracé en plan

- **Boucle avec arc circulaire et clothoïdes** : Utilisée pour créer des virages confortables.
- **Courbes successives de sens contraire** : Doivent avoir des rayons respectant la condition $R_1 \leq 2R_2$, sauf certaines exceptions si $R_1 > 1.5R_{nd}$ et si $R_1 > R_2$.
- **Courbes successives de même sens** : Nécessitent un alignement droit entre elles pour une distance correspondant à 3 secondes de conduite à la vitesse autorisée.

	$R_1 < R_2$	$R_1 > R_2$
Courbes de même sens	AD 3s Ove L=7 (d2-d1) Courbe en C	AD 3s R1<2R2
Courbe de sens contraire	Courbe en S	R1<2R2 Courbe en S

Tableau 1 : Conditions d'enchainement des éléments du tracé en plan d'un échangeur

XI.6.3.2.3 Raccordement progressif

- **Rayons des courbes :** Pour des rayons de courbure jusqu'à $1.5\ R_{nd}$ 450 m, les courbes circulaires doivent être encadrées par des arcs de clothoïde**.**
  Si ces conditions sont trop contraignantes (difficiles à respecter), elles peuvent être limitées aux courbes avec un rayon inférieur ou égal à R_{nd} (300 m).

- **Calcul de la longueur des arcs de clothoïde :** Utiliser la plus grande valeur entre $6R^{0.4}$ Et $7 \times \Delta d$ où R note le rayon de courbure (en m), et Δd la différence des pentes transversales(en %) des éléments du tracé raccordés.

XI.6.3.2.4 Zones de décélération et d'accélération

Le raccordement d'une bretelle à l'autoroute se fait par une voie d'accélération pour l'entrée et par une voie de décélération pour la sortie.

- **La zone de décélération**

  Le dispositif de sortie d'une bretelle d'autoroute est conçu pour permettre aux véhicules de quitter l'autoroute en toute sécurité et de manière fluide. Les différentes sections de ce dispositif sont :

  - **Section de Manœuvre :** Cette section est une partie de la bretelle qui est directement adjacente à l'autoroute. Elle est appelée "biseau" en raison de sa forme effilée qui s'élargit progressivement et mesure 150 mètres de long. Elle commence à l'endroit où les véhicules commencent à diverger de l'autoroute. La largeur de cette section augmente progressivement jusqu'à atteindre 1 mètre à l'extrémité.
  - **Section de Décélération :** Après la section de manœuvre, la section de décélération permet aux véhicules de réduire leur vitesse de manière contrôlée.

    La longueur de cette section dépend de la vitesse initiale et du rayon de la première courbe rencontrée sur la bretelle (Un rayon supérieur à 120 mètres est fortement recommandé).

    La vitesse conventionnelle pour les véhicules quittant l'autoroute est de 70 km/h. Cette vitesse est considérée comme une référence pour le début de la décélération. À la fin de la section de manœuvre, les véhicules doivent ralentir à une vitesse adaptée au rayon de la première courbe de la bretelle.

    La décélération dans cette section est calculée avec une valeur de 1.5 m/s². Cela signifie que les véhicules ralentissent à cette cadence.

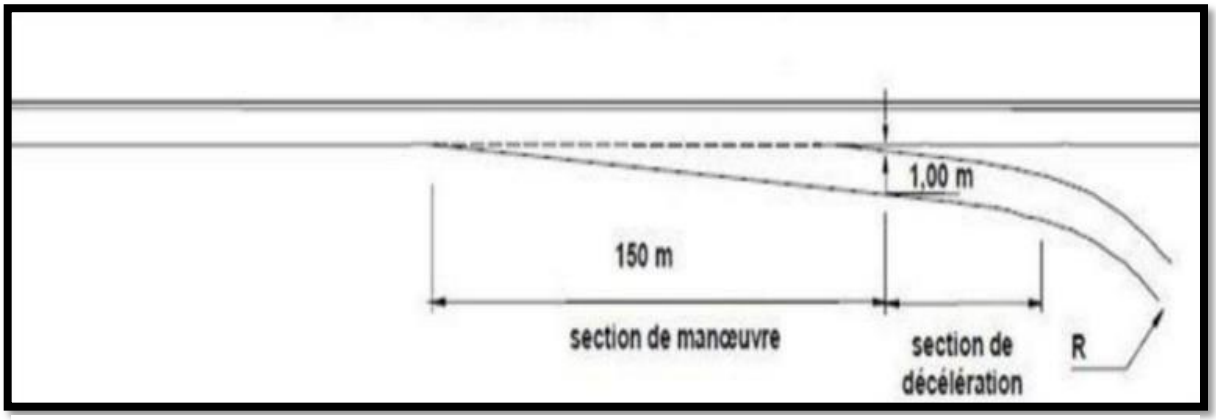


Figure XI.2 : La zone de décélération

- **La zone d'accélération**

  La zone d'accélération d'une bretelle est conçue pour permettre aux véhicules de rejoindre l'autoroute en toute sécurité et de manière fluide. Les différentes sections de cette zone sont :

  - **Section d'Accélération :** C'est la première section que les véhicules rencontrent en entrant sur l'autoroute depuis la bretelle. L'obliquité avec l'axe de l'autoroute est comprise entre 3 % et 5 % permet une transition progressive vers l'autoroute.

    La longueur de cette section dépend du rayon de la dernière courbe de la bretelle.

    Cette section doit permettre aux véhicules d'atteindre une vitesse conventionnelle de 55 km/h au point où l'écart (E) avec l'autoroute est de 1,00 mètre avec une accélération de 1 m/s².
  - **Section de Manœuvre :** C 'est la section qui suit immédiatement la section d'accélération. Cette section mesure 200 mètres de long avec une largeur de 3,50 mètres.

    Elle est adjacente à la chaussée principale de l'autoroute et permet aux véhicules de se préparer à entrer dans le flux de circulation principal.
  - **Biseau :** Le biseau est une section effilée qui permet aux véhicules de s'insérer progressivement dans la circulation de l'autoroute. Mesure 75 mètres de long. Il facilite la transition en permettant aux véhicules de s'aligner avec la circulation de l'autoroute avant de s'y engager complètement.

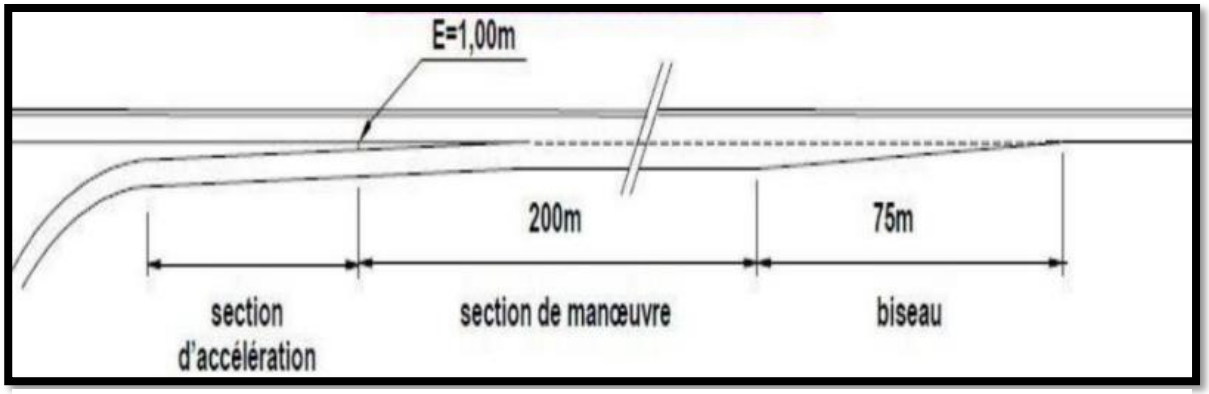


Figure XI.3 : La zone d'accélération.

XI.6. 3. 3 Profil en long d'une bretelle

Les valeurs limites des paramètres du profil en long sont présentées dans le tableau suivant :

Déclivité maximale	6%
Rayon minimal en angle saillant	1500
Rayon minimal en angle rentrant	800

Tableau XI.2 : Les valeurs limites des paramètres du profil en long (ICTAAL)

XI.6. 3. 4 Profil en travers d'une bretelle

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

Chaussée	$3.5\ \mathrm{m} + 1/\mathrm{R}$ si $\mathrm{R} < 100$
Bande dérasée gauche BDG	$0.5\ \mathrm{m}$
Bande dérasée droite BDD	$1\ \mathrm{m}$

Tableau XI.3 : Les largeurs des composantes du profil en travers

XI.6. 3. 5 **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.

Rayon (m)	Valeur du dévers (%)
Alignement ou rayon $\mathrm{R} > \mathrm{R_{nd}}(300\ \mathrm{m})$	2.5 %
Rayon déversé $\mathrm{R} < \mathrm{R_{nd}}$	Variation en fonction de 1/R entre 2.5 % pour le rayon Rnd(300m) et 7% pour Rm(100m)
$\mathrm{R} \leq 100\ \mathrm{m}$	7 %

Tableau XI.4 : Dévers de la chaussée

XI. 7 Visibilité

XI. 7. 1 La visibilité à l'entrée de l'autoroute

La visibilité à l'entrée de l'autoroute est au moins égale à la distance d'arrêt.

Distance d'arrêt : $\mathrm{d_a}$= distance de freinage + distance de perception/réaction

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

- $\gamma(\mathrm{V})$: 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%.

D'après l'ICTAAL échangeur , $\mathrm{d_a} = 280\ \mathrm{m}$ pour la vitesse de 130 km/h

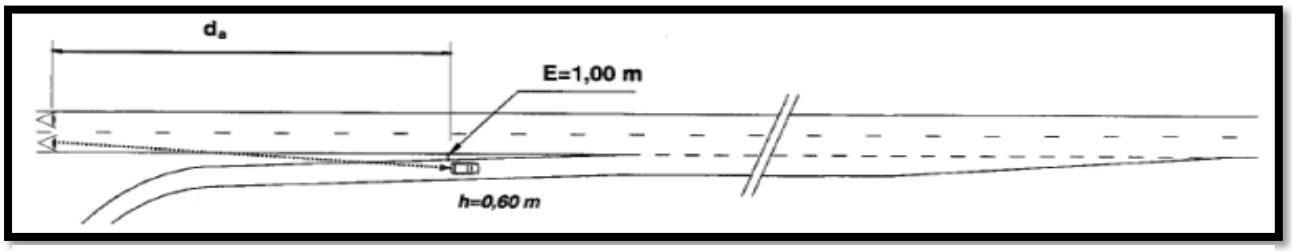


Figure XI.4 : distance d'arrêt.

XI. 7. 2 Visibilité sur la sortie de l'autoroute

La distance de manœuvre en sortie (d_{ms}) correspond à la distance parcourue durant 6 secondes $d_{ms} = 6V$.

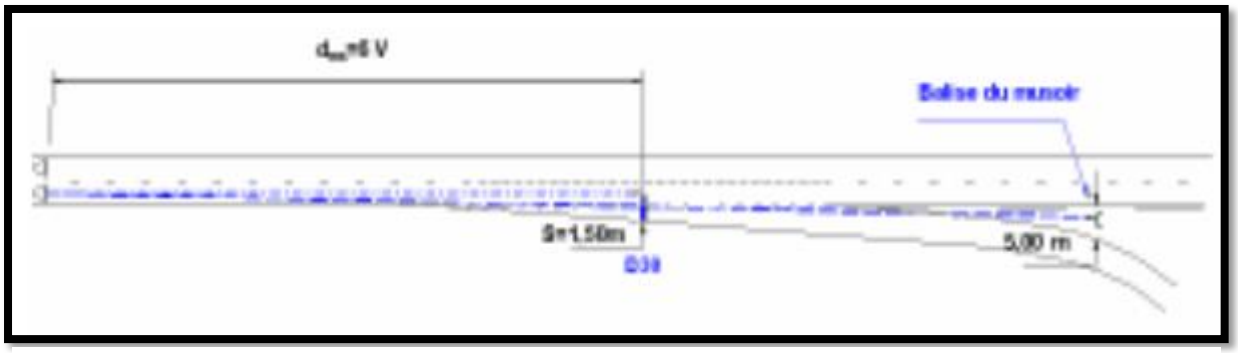


Figure XI.5 : distance de manœuvre de sortie

XI. 7. 3 Distance de visibilité sur marquage d_{vm} :

$$d_{vm} = 3V \text{ (en m/s)}$$

XI. 7. 4 Distance de lecture I_c

La distance de lecture (I_c) est définie comme la distance minimale à laquelle un usager peut lire les informations affichées sur les panneaux de signalisation ($I_c = 5V$, où V est exprimée en m/s).

XI. 8 Application au projet

XI. 8. 1 Choix du type de l'échangeur

- **Terrain :** Plat.
- **Type de route à raccorder :** L'échangeur à concevoir doit assurer un raccordement entre la 3éme rocade d'Alger et la CW 14 d'où notre échangeur pourra être de type : **mineur**.
- **Distribution du trafic:** Le croisement est de quatre (4) branches**.**
- **Vitesse sur les bretelles :** La vitesse sur les bretelles d'une autoroute est la vitesse de base à laquelle les véhicules doivent rouler pour que les aménagements de cette partie de la route soient adaptés. En respectant cette vitesse, on assure une uniformité dans la conception de la route, ce qui contribue à garantir la sécurité et le confort des conducteurs.
  - La vitesse sur l'autoroute est : **130 km/h.**
  - La vitesse sur la CW est : **80 km/h**.
  - La vitesse sur l'échangeur est : **40 à 60 km/h.**

On prend la vitesse de base sur les bretelles **V_b=60km/h** en boucle **V_{bc}=40km/h.**

XI. 9 Conclusion

- Terrain plat.
- Vitesse de 40 km/h.
- Échangeur mineur.
- Quatre sens.

Selon la situation et le classement des deux axes, un échangeur de type « **demi-trèfle** » est la solution idéale pour les raisons suivantes :

- En raison du nouveau axe autoroutier, le trafic va augmenter sur le CW 14.
- L'échangeur demi-trèfle garantit une bonne sécurité et offre une excellente visibilité aux usagers.
- Il assure une bonne fluidité du trafic.

Vitesse (km/h)	130
Distance d'arrête en palier et en alignement droit (da)	280
Distance d'arrêt en palier et en courbe pour $R < 5V$	332
Distance de manœuvre en sortie d_{ms}	220
Distance de visibilité sur marquage d_{vm}	110
Distance de lecteur	181
Décélération moyenne $\gamma(V)$	0,32

Tableau XI.5 : Principales distances de visibilité d'après LICTAAL

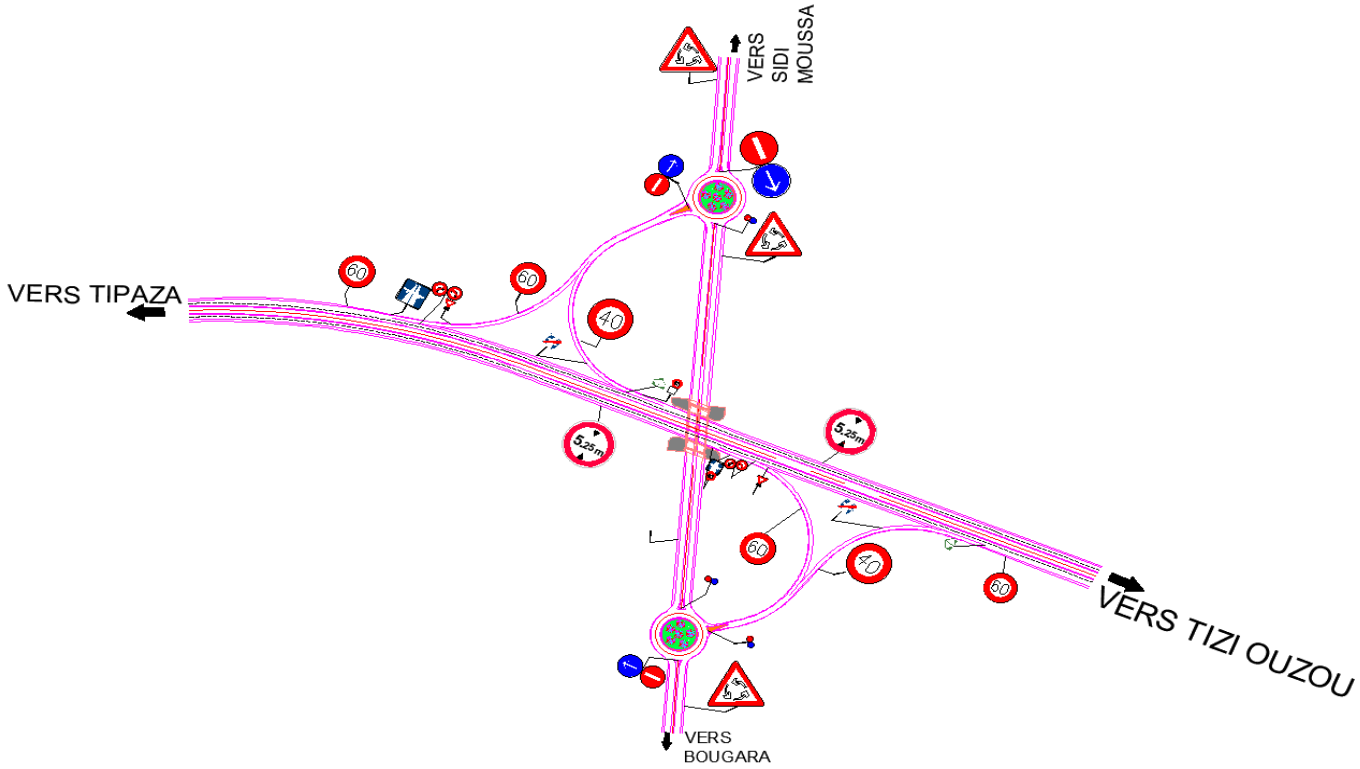


Figure XI.6 : Échangeur de notre projet (EC10-CW14)

Chapitre XII : Ouvrages D’art

XII. 1 Introduction

Les ouvrages d'art sont des structures essentielles conçues pour franchir des obstacles tels que des cours d'eau, des vallées, des ravins, ou d'autres voies de communication. Ce chapitre se concentrera spécifiquement sur les ponts, qui permettent le passage sécurisé des véhicules, des piétons et parfois de l'eau, en fonction de leur type.

XII. 2 Sélection du Type d'Ouvrage

L'objectif est de choisir le type d'ouvrage le plus approprié du point de vue technique et économique tout en répondant au mieux aux exigences spécifiques du projet. Les choix peuvent inclure des structures en béton armé, béton précontraint, ou des constructions mixtes. Les facteurs déterminants pour le choix du type d'ouvrage incluent :

- Le profil en long de la chaussée.
- La portée nécessaire pour l'ouvrage.
- La nature du sol sur le site de construction.
- Les emplacements possibles pour les appuis.

XII. 3 Gabarit Réservé

Le gabarit réservé fait référence à la hauteur minimale qui doit être dégagée au-dessus d'une voie, mesurée perpendiculairement à celle-ci. En Algérie, les normes réglementaires pour le gabarit varient en fonction du type de route :

- Pour les autoroutes et les routes express, un gabarit de 5,25 mètres est requis.
- Pour les routes ordinaires, le gabarit doit être compris entre 4,50 mètres et 4,80 mètres.

XII. 4 Les ouvrages existants

Notre projet inclut plusieurs types d'ouvrages, comme détaillé dans le tableau ci-dessous :

Désignation	PK	Type d’ouvrage	Longueur
Oued el Harach	PK 56+393	Pont	207 m

Tableau XII.1 : Ouvrages existants

Chapitre XIII : Signalisations

XIII. 1 Introduction

La signalisation routière est essentielle pour la sécurité et l'efficacité des transports. En tant qu'outil de communication crucial, elle guide les usagers en leur fournissant des informations claires et précises pour adapter leur conduite aux diverses situations rencontrées. Une signalisation bien conçue et installée permet de minimiser les hésitations et d'éviter les erreurs, assurant ainsi une conduite fluide et sécurisée.

XIII. 2 Objectifs de la signalisation

La signalisation routière vise à :

- Rendre la circulation plus sûre.
- Faciliter le flux de trafic.
- Indiquer ou rappeler certaines règles de conduite.
- Fournir des informations sur l'utilisation de la route.

XIII. 3 Règles à respecter pour la signalisation

Pour concevoir une signalisation efficace, il est essentiel de respecter les règles suivantes :

- Assurer la cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- Garantir la cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Respecter les règles d'implantation des panneaux.
- Éviter la publicité non réglementaire.
- Maintenir la simplicité en évitant une surabondance de signaux qui pourraient fatiguer l'attention des usagers.

XIII. 4 Types de signalisation

La signalisation se divise en deux catégories :

- Signalisation horizontale.
- Signalisation verticale.

XIII. 4. 1 Signalisation horizontale

Elle concerne uniquement les marques sur la chaussée utilisées pour réguler la circulation. La signalisation horizontale se divise en trois types :

- **Marquage longitudinale**
  - **Lignes continues :** Les lignes continues indiquent aux conducteurs qu'il est interdit de les franchir. Elles sont parfois précédées par une ligne discontinue, éventuellement accompagnée de flèches de rabattement, pour signaler cette interdiction.
  - **Lignes discontinues :** Les lignes discontinues sont conçues pour guider et faciliter la libre circulation des véhicules. Elles peuvent être franchies par les conducteurs. Ces

lignes se distinguent par leur module, c'est-à-dire le rapport entre la longueur des traits et celle des intervalles qui les séparent.

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

XIII. 4. 2 Signalisation verticale

La signalisation verticale utilise des panneaux pour transmettre des messages visuels via leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme. Ces panneaux peuvent être classés en quatre catégories distinctes :

- **Signaux de danger**

  Les panneaux de forme triangulaire, indiquant un danger, doivent être placés à une distance de 150 mètres avant l'obstacle à signaler (signalisation avancée).
- **Panneaux avec prescription absolue**

  Les panneaux de forme circulaire comportent des prescriptions absolues, parmi lesquelles :
  - L'interdiction.
  - L'obligation.
  - La fin de la prescription.
- **Panneaux à simple indication**

  Les panneaux, généralement de forme rectangulaire et parfois terminés en pointe de flèche, peuvent être classés en deux catégories :
  - Signaux d'indication.
  - Signaux de direction.
  - Signaux de localisation.
  - Signaux divers
- **Panneaux de localisation des dangers**

  Implantés en pré-signalisation, ces panneaux sont peu fréquemment utilisés en milieu urbain.
- **Autres types de signalisation**
  - **Flèche de rabattement :** Une flèche légèrement incurvée indiquant aux usagers de prendre la voie du côté qu'elle pointe.
  - **Flèches de sélection :** Flèches placées au centre d'une voie, notamment près des intersections, indiquant aux usagers la direction à suivre.

XIII. 5 Caractéristiques générales des marques

- ✓ Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages permanents sur la chaussée, tandis que le jaune est utilisé pour les marquages temporaires. De plus, le jaune est également utilisé pour les bordures d'arrêt d'urgence (BAU).
- ✓ Les peintures et matériaux utilisés présentent des caractéristiques spécifiques, notamment en termes de durabilité et de rétro-réflectivité.

- ✓ La largeur des lignes est déterminée en fonction d'une unité de mesure appelée "U", dont la valeur varie selon le type de route :

  - U = 7,5 cm sur les autoroutes et les voies rapides urbaines.
  - U = 6 cm sur les routes et les voies urbaines.
  - U = 5 cm sur les autres types de routes.

XIII. 6 Dispositifs de retenue

Les dispositifs de retenue sont des équipements conçus pour protéger les véhicules contre les sorties de chaussée non intentionnelles.

Les dispositifs de retenue utilisés comprennent :

XIII. 6. 1 Glissières de sécurité métalliques fixes

Les glissières de sécurité simples sont installées en TPC et du côté droit de la chaussée pour protéger contre les obstacles.

XIII. 6. 2 Glissières de sécurité métalliques amovibles

Ces glissières sont démontables et utilisées pour interrompre le TPC, permettant de basculer la circulation d'une chaussée à l'autre.

XIII. 6. 3 Séparateurs en béton

Les séparateurs en béton de type "DBA" (double séparateur en béton adhérent) sont des murets, continus en béton coulé sur place ou préfabriqués. Leurs avantages incluent une meilleure stabilité grâce à l'utilisation de béton à haute résistance, une résistance mécanique accrue, une meilleure répartition des charges au sol et un entretien minimal.

XIII. 6. 4 Balises de signalisation

Les balises de signalisation ont pour objectif d'attirer l'attention des usagers de la route, en particulier des conducteurs de véhicules à moteur, dans les zones à forte présence d'obstacles ou dangereuses.

XIII. 7 Application au projet

XIII. 7. 1 Signalisation horizontale

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

XIII.7. 1. 1 Le marquage du tracé

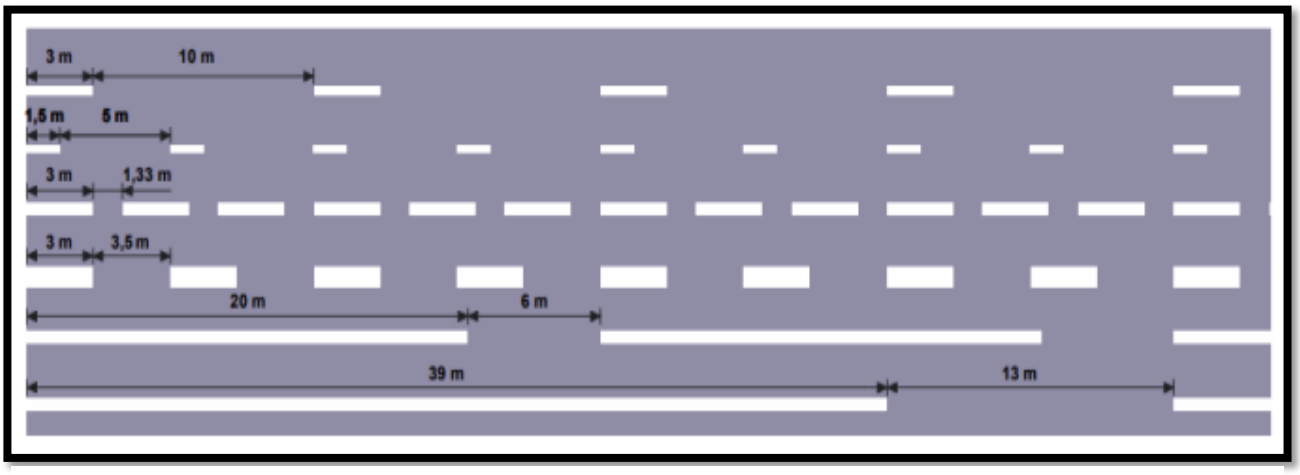


Figure XIII.2 : Les lignes longitudinales



Figure XIII.1 : Les lignes transversale

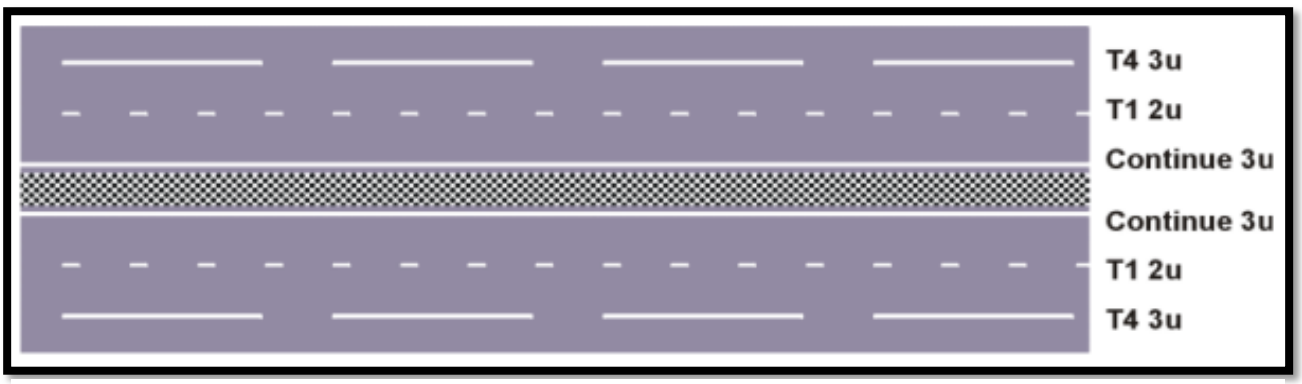


Figure XIII.3 : transversale Les lignes de délimitation de voies dans le tracé

XIII.7. 1. 2 Voies de décélération

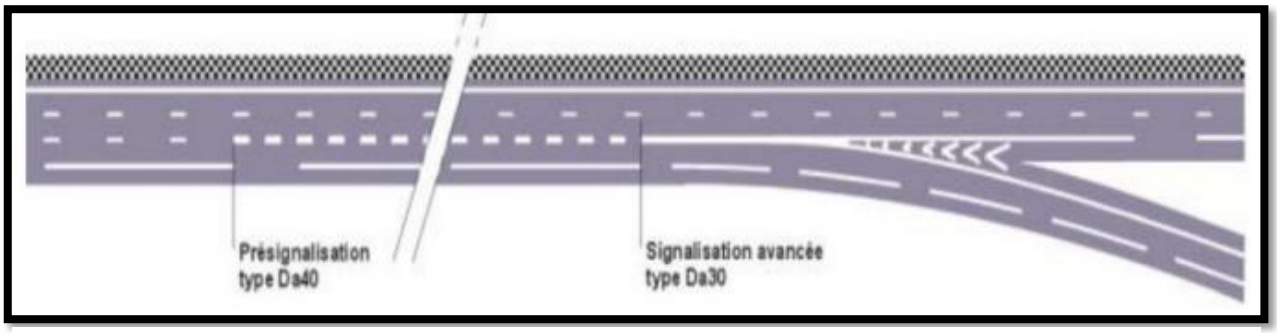


Figure XIII.5 : Les lignes de délimitation de voies dans le tracé avec affectation de voies

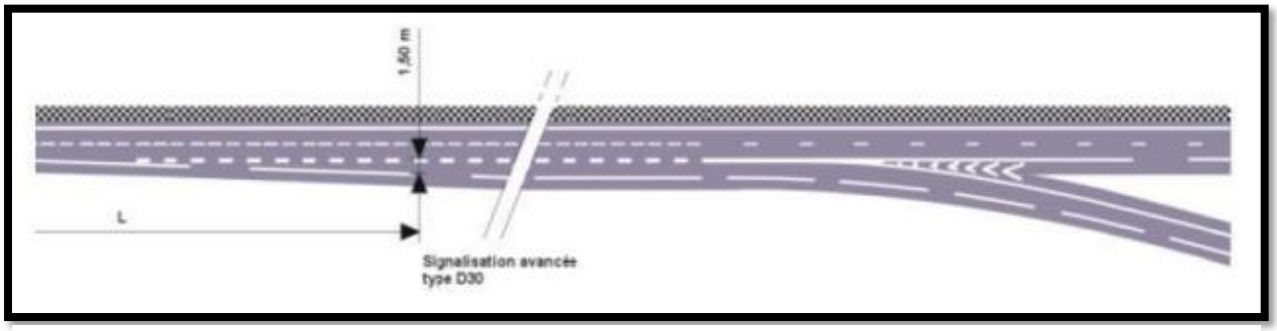


Figure XIII.4: Les lignes de délimitation de voies dans le tracé sans affectation de voies

XIII.7. 1. 3 Voies d'accélération

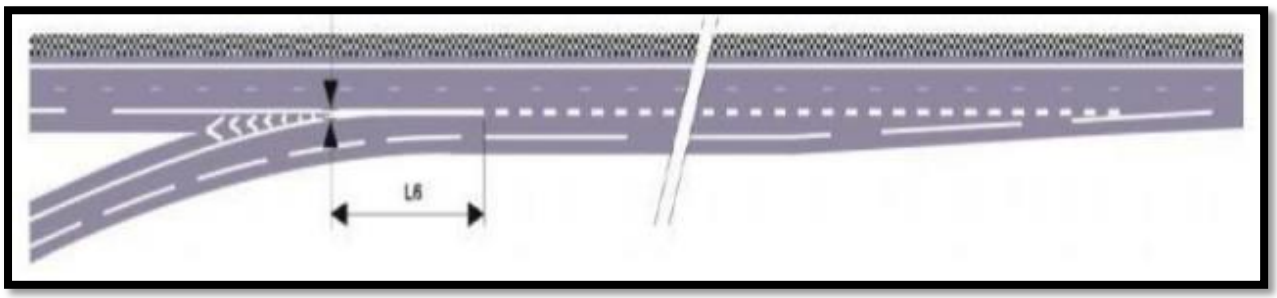


Figure XIII.6 : même nombre de voies

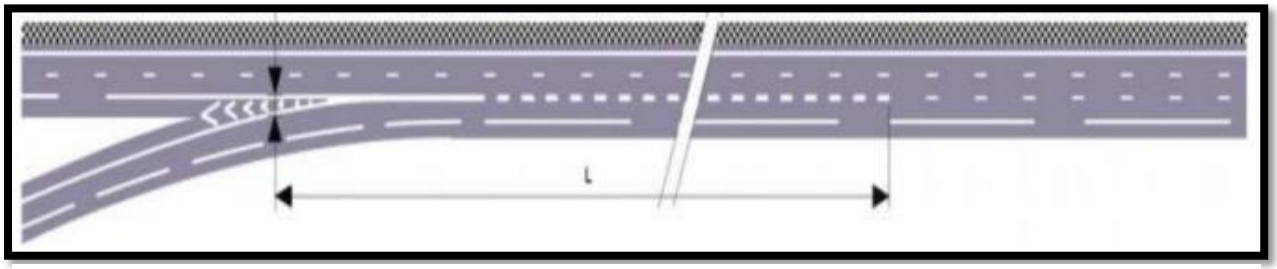


Figure XIII.7: Nombre de voies inférieur

XIII.7. 1. 4 Flèches directionnelles

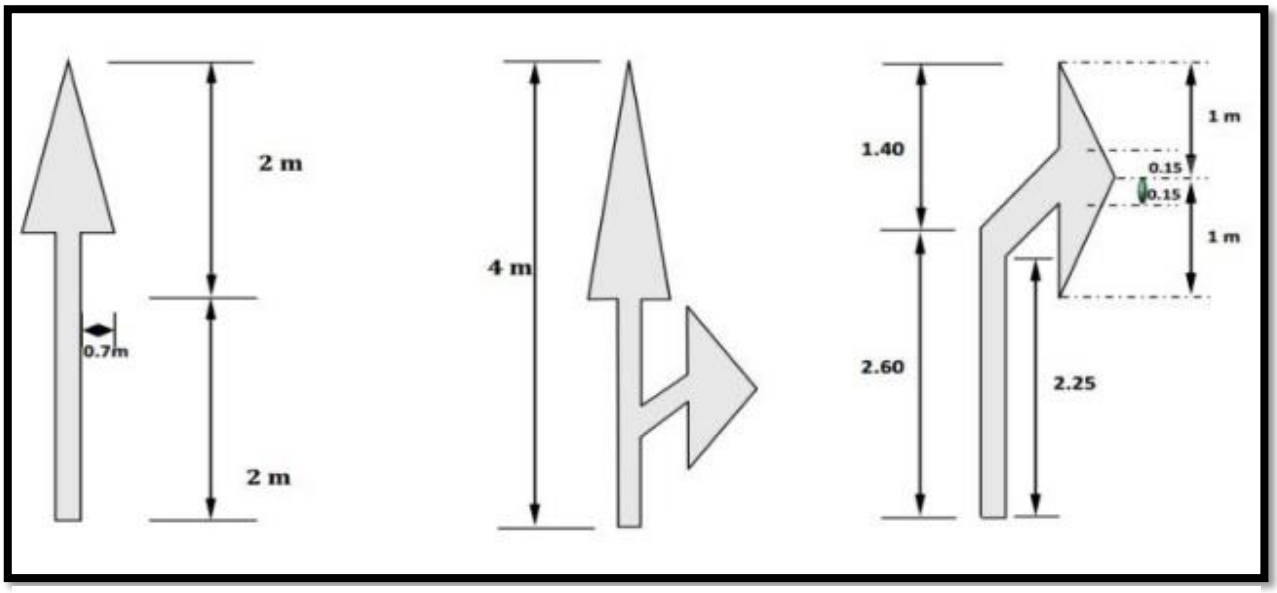


Figure XIII.8 : Flèches directionnelles

XIII.7. 1. 5 Flèches de rabattement

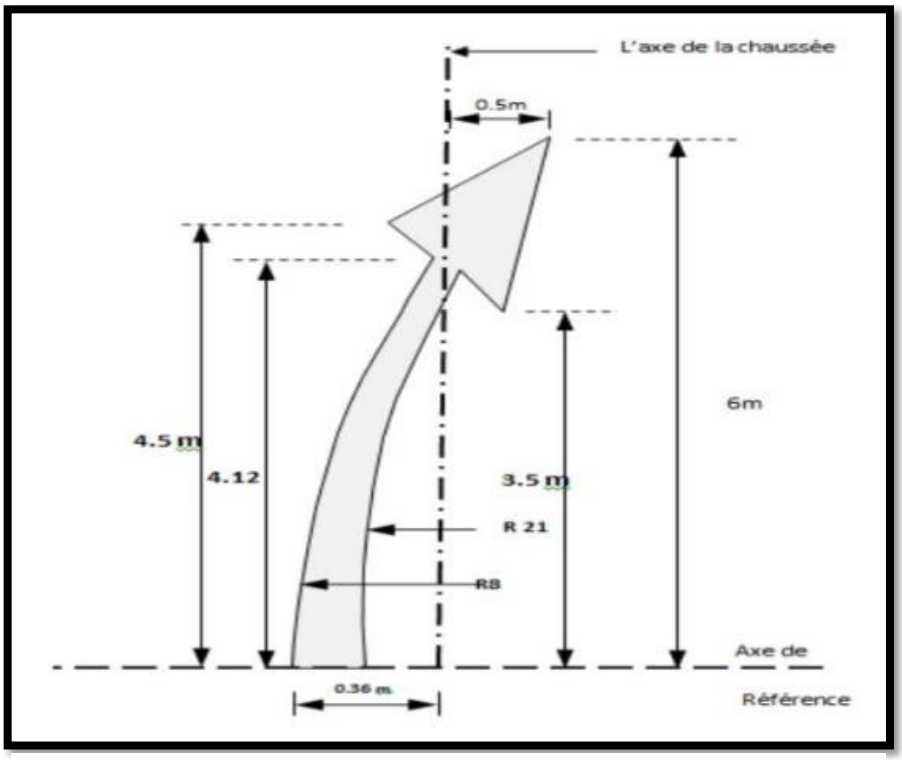


Figure XIII.9 : Flèches de rabattement

XIII.7. 1. 6 Autres marques

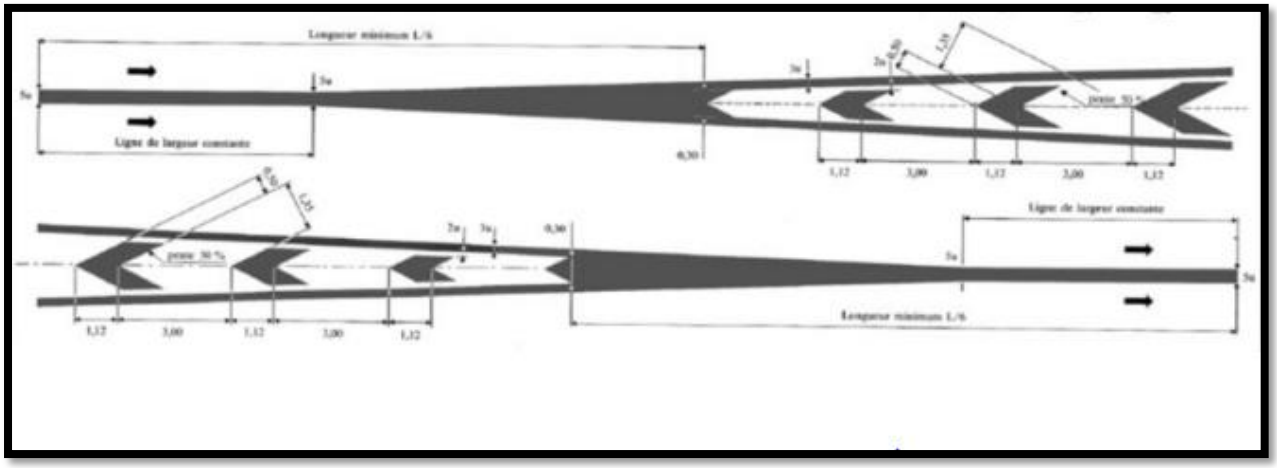


Figure XIII.10 : Schémas de marquage avec hachures

XIII. 7. 2 Signalisation verticale

XIII.7. 2. 1 Panneau de signalisation d'avertissement de danger



XIII.7. 2. 2 Panneau de signalisation d'intersection



Céder le passage à l'intersection



Céder le passage à l'intersection signale avancé

XIII.7. 2. 3 Panneau de signalisation d'interdiction



XIII.7. 2. 4 Panneau de signalisation d'indication



XIII.7. 2. 5 Panneau de signalisation de direction



Figure XIII.11 : Signalisation de direction

XIII. 8 Éclairage

XIII. 8. 1 Introduction

L'éclairage public est essentiel pour assurer la sécurité et le confort des usagers de la route pendant la nuit. Pour les automobilistes, un bon éclairage permet de distinguer clairement les caractéristiques de la route et de détecter les obstacles potentiels en temps opportun, sans dépendre uniquement des phares. Pour les piétons, il est crucial d'avoir une bonne visibilité des bordures de trottoir, des véhicules et des obstacles, ainsi que d'éviter les zones d'ombre pour garantir une circulation sécurisée.

XIII. 8. 2 Différentes catégorie d'éclairage

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

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

XIII. 8. 3 Paramètres d'implantation des luminaires

- **Espacement (e) entre luminaires** : Il varie en fonction du type de voie.
- **Hauteur (h) des luminaires** : Généralement comprise entre 8 et 10 mètres, pouvant atteindre 12 mètres pour les chaussées de grande largeur.
- **Largeur (l) de la chaussée**.
- **Porte-à-faux (p)** du foyer par rapport au support.
- Inclinaison du foyer lumineux et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.

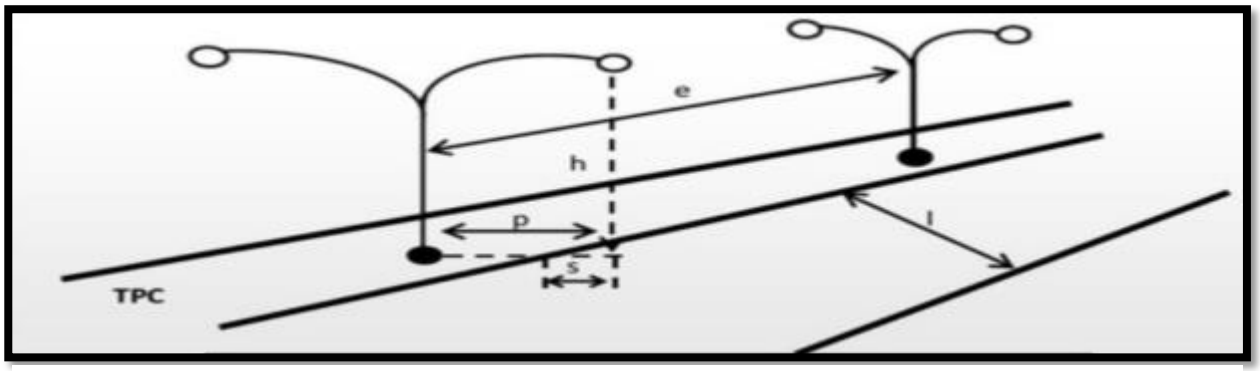


Figure XIII.12 : Paramètres d'implantation des luminaires

XIII. 9 Application au projet

XIII. 9. 1 Éclairage de la voie

Pour l'implantation des luminaires sur une autoroute 2x2 voies élargissable en 2x3 voies avec un terre-plein central (TPC) de 10 mètres

Des luminaires sont implantés sur le terre-plein central avec un espacement de 20 m et une hauteur de 12 m pour une couverture lumineuse optimale avec un porte à faux de 2 m pour bien éclairer les deux directions de circulation.

XIII. 9. 2 Éclairage des bretelles

Pour assurer une visibilité optimale sur les bretelles de l'échangeur, des dispositifs lumineux sont installés, avec un foyer porté par un support éclairant d'une hauteur d'environ 12 mètres pour chaque bretelle.

Chapitre XIV : Impact sur l'environnement

XIV. 1 **Introduction**

La réalisation d'infrastructures routières constitue un enjeu complexe, aujourd'hui reconnu pour son potentiel impact sur l'environnement. Les opérations telles que l'extraction de matériaux, le défrichement, l'utilisation de l'eau et la production de bruit, inhérentes à ces projets, menacent de modifier les paysages et d'épuiser les ressources naturelles.
Face à cette réalité, l'innovation technologique se présente comme un outil essentiel pour appréhender, réguler et réduire au minimum les conséquences environnementales de ces développements. Cela inclut des stratégies visant la protection des ressources aquatiques, la réduction des nuisances sonores et la préservation de la biodiversité. Ce cadre d'action témoigne de la volonté d'allier progrès infrastructurel et responsabilité écologique, en veillant à la durabilité et à l'harmonie des aménagements routiers avec leur environnement.

XIV. 2 **Etude d'impact sur l'environnement**

L'étude d'impact sur l'environnement est une procédure administrative et une
Étude technique, avant la réalisation d'un projet important.

Autrement dit L'étude d'impact sur l'environnement est un document scientifique Et une procédure juridique d'évaluation des effets dus à certaines activités et
Projets de l'homme sur l'environnement. Elle prendre en compte les enjeux portent sur la population, la santé humaine, la biodiversité, le sol, les terres, l'eau, l'air, le climat, la consommation des ressources, etc .

XIV. 3 **Objectif**

L'objectif principal de l'étude d'impact environnemental est d'évaluer les effets potentiels des activités humaines sur l'environnement et la santé, tout en cherchant à réduire leurs impacts négatifs. Cette analyse fournit au porteur de projet des informations précieuses sur les défis environnementaux à anticiper, facilitant ainsi la gestion et le suivi de la qualité environnementale tout au long de la réalisation du projet.

L'étude sert également à informer les autorités environnementales sur les implications des projets envisagés, supportant le processus décisionnel. Lorsqu'elle est correctement réalisée, elle permet d'identifier des alternatives et des stratégies d'atténuation pour diminuer l'empreinte écologique des projets proposés. Toutefois, elle ne garantit pas l'approbation systématique d'un projet, particulièrement si des impacts environnementaux significatifs sont identifiés.

XIV. 4 **Cadre légal**

En Algérie, l'analyse environnementale pour les projets d'infrastructures est réglementée par le décret n° 90-78, daté du 27 février 1990.
Ce décret exige que l'étude d'impact environnemental inclue :

- Une évaluation approfondie du projet.
- Un examen de l'état actuel du site et de son environnement naturel.
- Une prévision des impacts, qu'ils soient directs ou indirects, immédiats ou à long terme, que le projet pourrait avoir sur l'environnement.
- Les motivations techniques et écologiques qui sous-tendent la sélection du projet proposé.

XIV. 5 **Les impacts sur l'environnement**

La mise en place de procédures d'évaluation d'impact environnemental est essentielle pour identifier et atténuer les divers effets associés à la construction de routes. Ces impacts touchent principalement :

- **Ressources en eau :** Les routes peuvent affecter le débit des cours d'eau et la qualité de l'eau, augmentant le risque d'inondation ou de pollution. La création de bassins de rétention et de systèmes de drainage efficaces aide à prévenir ces risques en gérant le ruissellement et en protégeant les ressources en eau.
- **Qualité de l'air :** La pollution de l'air, principalement due aux émissions des véhicules et à la poussière, nécessite une approche globale incluant l'amélioration des moteurs, l'encouragement à l'usage d'autres moyens de transport, et la plantation d'arbres dans les zones urbaines.
- **Faune et flore :** Les projets routiers peuvent impacter significativement la biodiversité. Sélectionner soigneusement le tracé et intégrer des passages fauniques sont des mesures clés pour minimiser ces effets et favoriser la cohésion écologique.
- **Bruit :** La nuisance sonore est un effet notable du trafic, surtout pendant la construction. Des mesures comme la régulation du niveau sonore des engins, la planification des horaires de travail et l'aménagement paysager (l'utilisation de végétation, telle que des arbres, des haies et des buissons) peuvent atténuer le bruit.
- **Destruction :** Affecte ceux qui n'ont pas suivi les plans fonciers ou urbains. Les modifications nécessaires doivent être gérées avec précaution.

- **Sécurité :** La sécurité des piétons et des automobilistes est essentielle, nécessitant l'installation de passerelles, de trottoirs, et de panneaux de signalisation appropriés pour réduire les risques d'accidents.

XIV. 6 Conclusion

Les études d'impact environnemental jouent un rôle clé dans la réduction des conséquences écologiques des projets routiers, en abordant des aspects critiques tels que la protection de l'eau, de l'air, et des écosystèmes, ainsi que la gestion du bruit. En intégrant des mesures préventives et correctives, ces études permettent d'harmoniser le développement des infrastructures avec la préservation de l'environnement.

Devis quantitatif et estimatif

Désignation des travaux	Unité U	Quantité	Prix unitaire (DA)	Prix total (DA)
1.LOGISTIQUE DU CHANTIER				
Installation du chantier	Forfait	/	3%(2+3+4)	50675989.02
Total partiel (1)				**50675989.02**
2. TRAVAUX DE PREPARATION				
Préparation de terrain	m^2	320 000	900.00	288 000 000
Total partiel (2)				**288 000 000**
3.TERRASSEMENTS				
Décapage de terre végétale sur 25cm	m^3	479974.34	100	47997434
Mise en place des remblais	m^3	17839,3	600	10703580
Extraction des déblais	m^3	322393,6	450	145077120
Total partiel (3)				**203778134**
4.CORPS DE CHAUSSEES				
Couche de forme(60 cm TUF)	m^3	195952.6	2000	391905200
Couche de base+Couche de fondation(GB 2.3/m^3)	t	60313.9	8500	512668150
Couche de roulement (BB 2,2t/m^3)	t	17606	8500	149651000
Béton	m^3	10322.8	7000	72259600
Terre végétale	m^3	7522.5	600	4513500
Couche d'accrochage (0.3 t/m2)	t	126522	150	18978300
Couche d'imprégnation (1,5t/m2)	t	316305	150	47445750
Total partiel (4)				**1 197 421 500**
5. ASSAINISSEMT				
Buse Diamètre 1000 mm en béton armé y compris tête d'ouvrages en béton et toutes sujétions de bonne exécution	ml	128	3500	448 000

Fossé en béton de Forme trapézoïdale 0,5 x 0,5 m épaisseur 10 cm	ml	19453.8	6500	126449700
Dalot 1.5 x 1.5en béton armé	m^3	72	50000	360 000 0
Total partiel (5)				**130497700**
6. OUVRAGE D'ART				
Ouvrage d'art	m^2	5589	350000	1956150000
Total partiel (6)				**19 561 500 00**
7. ECHANGEUR				
Echangeur demi trèfle	Forfait	1	/	100 000 000
Total partiel (7)				**100 000 000**
8.SIGNALISATION ET EQUIPEMENT ROUTIERS				
Signalisation Éclairage et équipement routiers	Forfait	/	5%(3)	10188906.7
Séparateur en glissière métallique	ml	20000	6000	120000000
Total partiel (8)				**1210188907**
9.IMPACT SUR L'ENVIRENNEMENT				
Impact sur l'environnement	Forfait	/	(3%)(2+3+4)	50675989.02
Total partiel (9)				**50675989.02**
10.CONTROLE				
Contrôle (bureau d'étude et laboratoire)	**Forfait**	/	2% (2+3)	9835562.68
Total partiel (10)				**9835562.68**
TOTAL HT				**5 197 223 782**
TVA 19%				**987 472 519**
TOTAL TTC				**6 184 696 301**

Le total en lettres est : <u>Six milliards cent quatre-vingt-quatre millions six cent quatre-vingt-seize mille trois cent un Dinars Algérien.</u>

Conclusion générale

Ce projet de fin d'études a représenté une formidable opportunité pour mettre en pratique les connaissances théoriques et techniques acquises durant notre formation à l'École Nationale Supérieure des Travaux Publics. Il nous a permis de nous confronter aux défis techniques et administratifs inhérents à un projet routier, et a offert une expérience précieuse dans la gestion et la réalisation d'un projet de travaux publics, avec un focus particulier sur les projets routiers.

Nous avons également eu l'occasion de nous familiariser avec des logiciels de calcul et de dessin, notamment COVADIS et AUTOCAD, et de maîtriser les nouvelles technologies appliquées dans le domaine des travaux publics. Au cours de notre étude, nous avons appliqué rigoureusement les normes de l'ICTAAL, ainsi que les directives et recommandations spécifiques au secteur routier, afin de surmonter les contraintes rencontrées sur le terrain.

Notre travail a été guidé par deux préoccupations principales : d'abord, garantir le confort et la sécurité des usagers de la route ; ensuite, prendre en compte les aspects économiques et environnementaux liés à la construction de cette route.

En somme, ce projet nous a permis de franchir un pas important vers la vie professionnelle, nous préparant ainsi aux futures responsabilités et défis dans le domaine des travaux publics.

Bibliographie

[1] B40 (Normes technique d'aménagement des routes et trafic et capacité des routes).

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

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

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

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

[6] GTR_Fascicule_1_Principes_Généraux, SETRA_LCPC, Juillet 2000.

[7] GTR_Fascicule_2_Annexes_Techniques, SETRA_LCPC, Juillet 2000.

[8] Ancien projet de fin d'étude : W2949-22_Mig, W2955-22, W2289-16.

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

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

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

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

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

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

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

[16] Les cours de l'école pendant 3ans (hydraulique, Route, Esquisse, GTR, MDS…).

Logiciels utilisés :

- Auto cade 2018
- Alize LCPC Recherche
- Covadis. Autopiste 2016
- Global Mapper 25.1

ANNEXE 1: Axe en plan

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	102.87gr	247.689	50+000.000	498921.810	4047009.597
Arc 1	Rayon	2500.000 m	343.463	50+247.689	499169.247	4046998.430
	Centre X	499281.962 m				
	Centre Y	4049495.888 m				
Droite 2	Gisement	94.12gr	1729.303	50+591.152	499512.345	4047006.525
Arc 2	Rayon	-1700.000 m	125.851	52+320.455	501234.289	4047165.887
	Centre X	501390.950 m				
	Centre Y	4045473.120 m				
Droite 3	Gisement	98.84gr	1900.978	52+446.306	501359.919	4047172.837
Arc 3	Rayon	-1700.000 m	90.317	54+347.284	503260.581	4047207.536
	Centre X	503291.611 m				
	Centre Y	4045507.819 m				
Droite 4	Gisement	102.22gr	607.103	54+437.601	503350.884	4047206.786
Arc 4	Rayon	1500.000 m	113.954	55+044.704	503957.618	4047185.618
	Centre X	504009.918 m				
	Centre Y	4048684.706 m				
Droite 5	Gisement	97.38gr	956.762	55+158.658	504071.544	4047185.973
Arc 5	Rayon	1800.000 m	1383.823	56+115.420	505027.498	4047225.281
	Centre X	504953.547 m				
	Centre Y	4049023.761 m				
Droite 6	Gisement	48.44gr	511.535	57+499.243	506257.122	4047782.515
Clothoïde 1	Paramètre	-333.333	111.111	58+010.777	506609.867	4048152.973
Arc 6	Rayon	-1000.000 m	1086.937	58+121.889	506687.953	4048231.997
	Centre X	507372.754 m				
	Centre Y	4047503.267 m				
Clothoïde 2	Paramètre	333.333	111.111	59+208.825	507699.262	4048448.462
Droite 7	Gisement	124.71gr	680.060	59+319.937	507802.854	4048408.325
				59+999.997	508432.322	4048150.930
Longueur totale de l'axe 9999.997 mètre(s)						

ANNEXE 2 : Axe en long

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	0.65 %	422.182	50+000.000	53.407
Parabole 1	Rayon	-17000.000 m	195.620	50+422.182	56.154
	Sommet Absc.	50+532.802 m			
	Sommet Alt.	56.514 m			
Pente 2	Pente	-0.50 %	41.198	50+617.802	56.302
Parabole 2	Rayon	4200.000 m	42.000	50+659.000	56.096
	Sommet Absc.	50+680.000 m			
	Sommet Alt.	56.043 m			
Pente 3	Pente	0.50 %	805.693	50+701.000	56.096
Parabole 3	Rayon	-17000.000 m	170.000	51+506.693	60.124
	Sommet Absc.	51+591.693 m			
	Sommet Alt.	60.337 m			
Pente 4	Pente	-0.50 %	84.036	51+676.693	60.124
Parabole 4	Rayon	4200.000 m	45.244	51+760.730	59.704
	Sommet Absc.	51+781.730 m			
	Sommet Alt.	59.651 m			
Pente 5	Pente	0.58 %	393.552	51+805.973	59.721
Parabole 5	Rayon	4200.000 m	48.699	52+199.526	61.993
	Sommet Absc.	52+175.282 m			
	Sommet Alt.	61.923 m			
Pente 6	Pente	1.74 %	25.639	52+248.224	62.557
Parabole 6	Rayon	-12500.000 m	287.456	52+273.864	63.002
	Sommet Absc.	52+490.954 m			
	Sommet Alt.	64.887 m			
Pente 7	Pente	-0.56 %	156.358	52+561.320	64.689
Parabole 7	Rayon	4200.000 m	44.643	52+717.679	63.809
	Sommet Absc.	52+741.321 m			
	Sommet Alt.	63.742 m			
Pente 8	Pente	0.50 %	75.532	52+762.321	63.795
Parabole 8	Rayon	-12500.000 m	125.000	52+837.854	64.172
	Sommet Absc.	52+900.354 m			
	Sommet Alt.	64.329 m			
Pente 9	Pente	-0.50 %	266.917	52+962.854	64.172
Parabole 9	Rayon	4200.000 m	42.000	53+229.771	62.838
	Sommet Absc.	53+250.771 m			
	Sommet Alt.	62.785 m			
Pente 10	Pente	0.50 %	118.238	53+271.771	62.838
Parabole 10	Rayon	-12500.000 m	125.000	53+390.009	63.429
	Sommet Absc.	53+452.509 m			
	Sommet Alt.	63.585 m			
Pente 11	Pente	-0.50 %	84.398	53+515.009	63.429
Parabole 11	Rayon	4200.000 m	42.000	53+599.407	63.007
	Sommet Absc.	53+620.407 m			
	Sommet Alt.	62.954 m			
Pente 12	Pente	0.50 %	565.559	53+641.407	63.007
Parabole 12	Rayon	-12500.000 m	125.000	54+206.966	65.835
	Sommet Absc.	54+269.466 m			
	Sommet Alt.	65.991 m			

Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 13	Pente	-0.50 %	117.864	54+331.966	65.835
Parabole 13	Rayon	4200.000 m	60.339	54+449.831	65.245
	Sommet Absc.	54+470.831 m			
	Sommet Alt.	65.193 m			
Pente 14	Pente	0.94 %	71.858	54+510.169	65.377
Parabole 14	Rayon	-12500.000 m	29.927	54+582.028	66.050
	Sommet Absc.	54+699.107 m			
	Sommet Alt.	66.598 m			
Pente 15	Pente	0.70 %	181.415	54+611.954	66.295
Parabole 15	Rayon	-31500.000 m	477.899	54+793.370	67.560
	Sommet Absc.	55+012.995 m			
	Sommet Alt.	68.325 m			
Parabole 16	Rayon	13500.000 m	298.339	55+271.269	67.266
	Sommet Absc.	55+381.958 m			
	Sommet Alt.	66.813 m			
Pente 16	Pente	1.39 %	16.357	55+569.608	68.117
Parabole 17	Rayon	-15000.000 m	283.500	55+585.966	68.344
	Sommet Absc.	55+794.466 m			
	Sommet Alt.	69.793 m			
Pente 17	Pente	-0.50 %	5.202	55+869.466	69.606
Parabole 18	Rayon	21465.141 m	220.187	55+874.667	69.580
	Sommet Absc.	55+981.993 m			
	Sommet Alt.	69.311 m			
Pente 18	Pente	0.53 %	77.497	56+094.854	69.608
Parabole 19	Rayon	-51823.505 m	531.709	56+172.352	70.016
	Sommet Absc.	56+444.833 m			
	Sommet Alt.	70.732 m			
Pente 19	Pente	-0.50 %	1539.109	56+704.060	70.084
Parabole 20	Rayon	68901.076 m	1033.662	58+243.169	62.385
	Sommet Absc.	58+587.820 m			
	Sommet Alt.	61.523 m			
Pente 20	Pente	1.00 %	33.742	59+276.831	64.968
Parabole 21	Rayon	-83598.408 m	689.423	59+310.573	65.305
	Sommet Absc.	60+146.557 m			
	Sommet Alt.	69.485 m			
				59+999.997	69.357
Longueur totale de l'axe 9999.997 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 10000.146 mètre(s)					

ANNEXE 3: La géométrie du profil en travers

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente
									Gauche	Droite	long.
P01	50+000.000	Droite 1	Pente 1	53.407	53.407	202.87	498921.810	4047009.597	2.50	-2.50	0.65
P02	50+020.000	Droite 1	Pente 1	53.471	53.537	202.87	498941.790	4047008.695	2.50	-2.50	0.65
P03	50+040.000	Droite 1	Pente 1	53.625	53.667	202.87	498961.770	4047007.794	2.50	-2.50	0.65
P04	50+060.000	Droite 1	Pente 1	53.785	53.797	202.87	498981.749	4047006.892	2.50	-2.50	0.65
P05	50+080.000	Droite 1	Pente 1	53.920	53.928	202.87	499001.729	4047005.990	2.50	-2.50	0.65
P06	50+100.000	Droite 1	Pente 1	54.008	54.058	202.87	499021.709	4047005.088	2.50	-2.50	0.65
P07	50+120.000	Droite 1	Pente 1	54.140	54.188	202.87	499041.688	4047004.187	2.50	-2.50	0.65
P08	50+140.000	Droite 1	Pente 1	54.266	54.318	202.87	499061.668	4047003.285	2.50	-2.50	0.65
P09	50+160.000	Droite 1	Pente 1	54.323	54.448	202.87	499081.648	4047002.383	2.50	-2.50	0.65
P10	50+180.000	Droite 1	Pente 1	54.356	54.578	202.87	499101.627	4047001.482	2.50	-2.50	0.65
P11	50+200.000	Droite 1	Pente 1	54.372	54.708	202.87	499121.607	4047000.580	2.50	-2.50	0.65
P12	50+220.000	Droite 1	Pente 1	54.352	54.839	202.87	499141.587	4046999.678	2.50	-2.50	0.65
P13	50+240.000	Droite 1	Pente 1	54.322	54.969	202.87	499161.566	4046998.776	2.50	-2.50	0.65
P14	50+260.000	Arc 1	Pente 1	54.273	55.099	202.56	499181.547	4046997.905	2.50	-2.50	0.65
P15	50+280.000	Arc 1	Pente 1	54.488	55.229	202.05	499201.534	4046997.182	2.50	-2.50	0.65
P16	50+300.000	Arc 1	Pente 1	54.465	55.359	201.54	499221.526	4046996.618	2.50	-2.50	0.65
P17	50+320.000	Arc 1	Pente 1	54.476	55.489	201.03	499241.522	4046996.215	2.50	-2.50	0.65
P18	50+340.000	Arc 1	Pente 1	54.602	55.619	200.52	499261.520	4046995.971	2.50	-2.50	0.65
P19	50+360.000	Arc 1	Pente 1	54.720	55.750	200.01	499281.520	4046995.888	2.50	-2.50	0.65
P20	50+380.000	Arc 1	Pente 1	54.561	55.880	199.50	499301.520	4046995.964	2.50	-2.50	0.65
P21	50+400.000	Arc 1	Pente 1	54.676	56.010	198.99	499321.518	4046996.201	2.50	-2.50	0.65
P22	50+420.000	Arc 1	Pente 1	54.750	56.140	198.48	499341.514	4046996.597	2.50	-2.50	0.65
P23	50+440.000	Arc 1	Parabole 1	54.944	56.261	197.97	499361.507	4046997.153	2.50	-2.50	0.55
P24	50+460.000	Arc 1	Parabole 1	55.132	56.358	197.46	499381.494	4046997.870	2.50	-2.50	0.43
P25	50+480.000	Arc 1	Parabole 1	55.292	56.432	196.96	499401.475	4046998.746	2.50	-2.50	0.31
P26	50+500.000	Arc 1	Parabole 1	55.489	56.482	196.45	499421.448	4046999.782	2.50	-2.50	0.19
P27	50+520.000	Arc 1	Parabole 1	55.615	56.509	195.94	499441.412	4047000.978	2.50	-2.50	0.08
P28	50+540.000	Arc 1	Parabole 1	55.696	56.513	195.43	499461.366	4047002.333	2.50	-2.50	-0.04
P29	50+560.000	Arc 1	Parabole 1	55.811	56.492	194.92	499481.308	4047003.848	2.50	-2.50	-0.16
P30	50+580.000	Arc 1	Parabole 1	55.896	56.449	194.41	499501.238	4047005.523	2.50	-2.50	-0.28
P31	50+600.000	Droite 2	Parabole 1	55.967	56.381	194.12	499521.155	4047007.341	2.50	-2.50	-0.40
P32	50+620.000	Droite 2	Pente 2	56.150	56.291	194.12	499541.070	4047009.184	2.50	-2.50	-0.50
P33	50+640.000	Droite 2	Pente 2	56.476	56.191	194.12	499560.985	4047011.027	2.50	-2.50	-0.50
P34	50+660.000	Droite 2	Parabole 2	56.336	56.091	194.12	499580.900	4047012.870	2.50	-2.50	-0.48
P35	50+680.000	Droite 2	Parabole 2	56.029	56.043	194.12	499600.815	4047014.713	2.50	-2.50	0.00
P36	50+700.000	Droite 2	Parabole 2	55.762	56.091	194.12	499620.730	4047016.556	2.50	-2.50	0.48
P37	50+720.000	Droite 2	Pente 3	55.299	56.191	194.12	499640.645	4047018.399	2.50	-2.50	0.50
P38	50+740.000	Droite 2	Pente 3	56.143	56.291	194.12	499660.559	4047020.242	2.50	-2.50	0.50
P39	50+760.000	Droite 2	Pente 3	56.311	56.391	194.12	499680.474	4047022.085	2.50	-2.50	0.50
P40	50+780.000	Droite 2	Pente 3	56.562	56.491	194.12	499700.389	4047023.928	2.50	-2.50	0.50
P41	50+800.000	Droite 2	Pente 3	56.506	56.591	194.12	499720.304	4047025.772	2.50	-2.50	0.50
P42	50+820.000	Droite 2	Pente 3	56.499	56.691	194.12	499740.219	4047027.615	2.50	-2.50	0.50
P43	50+840.000	Droite 2	Pente 3	56.494	56.791	194.12	499760.134	4047029.458	2.50	-2.50	0.50
P44	50+860.000	Droite 2	Pente 3	56.472	56.891	194.12	499780.049	4047031.301	2.50	-2.50	0.50
P45	50+880.000	Droite 2	Pente 3	56.427	56.991	194.12	499799.964	4047033.144	2.50	-2.50	0.50
P46	50+900.000	Droite 2	Pente 3	56.500	57.091	194.12	499819.879	4047034.987	2.50	-2.50	0.50
P47	50+920.000	Droite 2	Pente 3	56.587	57.191	194.12	499839.793	4047036.830	2.50	-2.50	0.50
P48	50+940.000	Droite 2	Pente 3	56.412	57.291	194.12	499859.708	4047038.673	2.50	-2.50	0.50

ANNEXE

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente
									Gauche	Droite	long.
P49	50+960.000	Droite 2	Pente 3	56.455	57.391	194.12	499879.623	4047040.516	2.50	-2.50	0.50
P50	50+980.000	Droite 2	Pente 3	56.582	57.491	194.12	499899.538	4047042.359	2.50	-2.50	0.50
P51	50+1000.000	Droite 2	Pente 3	56.652	57.591	194.12	499919.453	4047044.202	2.50	-2.50	0.50
P52	51+020.000	Droite 2	Pente 3	56.602	57.691	194.12	499939.368	4047046.045	2.50	-2.50	0.50
P53	51+040.000	Droite 2	Pente 3	56.596	57.791	194.12	499959.283	4047047.888	2.50	-2.50	0.50
P54	51+060.000	Droite 2	Pente 3	56.777	57.891	194.12	499979.198	4047049.731	2.50	-2.50	0.50
P55	51+080.000	Droite 2	Pente 3	56.795	57.991	194.12	499999.113	4047051.574	2.50	-2.50	0.50
P56	51+100.000	Droite 2	Pente 3	56.622	58.091	194.12	500019.028	4047053.418	2.50	-2.50	0.50
P57	51+120.000	Droite 2	Pente 3	56.631	58.191	194.12	500038.942	4047055.261	2.50	-2.50	0.50
P58	51+140.000	Droite 2	Pente 3	56.610	58.291	194.12	500058.857	4047057.104	2.50	-2.50	0.50
P59	51+160.000	Droite 2	Pente 3	56.873	58.391	194.12	500078.772	4047058.947	2.50	-2.50	0.50
P60	51+180.000	Droite 2	Pente 3	56.819	58.491	194.12	500098.687	4047060.790	2.50	-2.50	0.50
P61	51+200.000	Droite 2	Pente 3	56.892	58.591	194.12	500118.602	4047062.633	2.50	-2.50	0.50
P62	51+220.000	Droite 2	Pente 3	56.904	58.691	194.12	500138.517	4047064.476	2.50	-2.50	0.50
P63	51+240.000	Droite 2	Pente 3	56.936	58.791	194.12	500158.432	4047066.319	2.50	-2.50	0.50
P64	51+260.000	Droite 2	Pente 3	56.993	58.891	194.12	500178.347	4047068.162	2.50	-2.50	0.50
P65	51+280.000	Droite 2	Pente 3	57.122	58.991	194.12	500198.262	4047070.005	2.50	-2.50	0.50
P66	51+300.000	Droite 2	Pente 3	57.336	59.091	194.12	500218.177	4047071.848	2.50	-2.50	0.50
P67	51+320.000	Droite 2	Pente 3	57.397	59.191	194.12	500238.091	4047073.691	2.50	-2.50	0.50
P68	51+340.000	Droite 2	Pente 3	57.477	59.291	194.12	500258.006	4047075.534	2.50	-2.50	0.50
P69	51+360.000	Droite 2	Pente 3	57.747	59.391	194.12	500277.921	4047077.377	2.50	-2.50	0.50
P70	51+380.000	Droite 2	Pente 3	57.794	59.491	194.12	500297.836	4047079.220	2.50	-2.50	0.50
P71	51+400.000	Droite 2	Pente 3	57.841	59.591	194.12	500317.751	4047081.064	2.50	-2.50	0.50
P72	51+420.000	Droite 2	Pente 3	57.959	59.691	194.12	500337.666	4047082.907	2.50	-2.50	0.50
P73	51+440.000	Droite 2	Pente 3	58.077	59.791	194.12	500357.581	4047084.750	2.50	-2.50	0.50
P74	51+460.000	Droite 2	Pente 3	58.145	59.891	194.12	500377.496	4047086.593	2.50	-2.50	0.50
P75	51+480.000	Droite 2	Pente 3	58.121	59.991	194.12	500397.411	4047088.436	2.50	-2.50	0.50
P76	51+500.000	Droite 2	Pente 3	58.211	60.091	194.12	500417.325	4047090.279	2.50	-2.50	0.50
P77	51+520.000	Droite 2	Parabole 3	58.362	60.185	194.12	500437.240	4047092.122	2.50	-2.50	0.42
P78	51+540.000	Droite 2	Parabole 3	58.486	60.258	194.12	500457.155	4047093.965	2.50	-2.50	0.30
P79	51+560.000	Droite 2	Parabole 3	58.670	60.307	194.12	500477.070	4047095.808	2.50	-2.50	0.19
P80	51+580.000	Droite 2	Parabole 3	58.895	60.333	194.12	500496.985	4047097.651	2.50	-2.50	0.07
P81	51+600.000	Droite 2	Parabole 3	59.527	60.335	194.12	500516.900	4047099.494	2.50	-2.50	-0.05
P82	51+620.000	Droite 2	Parabole 3	59.237	60.313	194.12	500536.815	4047101.337	2.50	-2.50	-0.17
P83	51+640.000	Droite 2	Parabole 3	59.016	60.268	194.12	500556.730	4047103.180	2.50	-2.50	-0.28
P84	51+660.000	Droite 2	Parabole 3	58.986	60.199	194.12	500576.645	4047105.023	2.50	-2.50	-0.40
P85	51+680.000	Droite 2	Pente 4	58.975	60.108	194.12	500596.560	4047106.866	2.50	-2.50	-0.50
P86	51+700.000	Droite 2	Pente 4	58.985	60.008	194.12	500616.474	4047108.710	2.50	-2.50	-0.50
P87	51+720.000	Droite 2	Pente 4	59.090	59.908	194.12	500636.389	4047110.553	2.50	-2.50	-0.50
P88	51+740.000	Droite 2	Pente 4	59.301	59.808	194.12	500656.304	4047112.396	2.50	-2.50	-0.50
P89	51+760.000	Droite 2	Pente 4	59.467	59.708	194.12	500676.219	4047114.239	2.50	-2.50	-0.50
P90	51+780.000	Droite 2	Parabole 4	59.577	59.652	194.12	500696.134	4047116.082	2.50	-2.50	-0.04
P91	51+800.000	Droite 2	Parabole 4	59.716	59.691	194.12	500716.049	4047117.925	2.50	-2.50	0.44
P92	51+820.000	Droite 2	Pente 5	59.893	59.802	194.12	500735.964	4047119.768	2.50	-2.50	0.58
P93	51+840.000	Droite 2	Pente 5	59.937	59.918	194.12	500755.879	4047121.611	2.50	-2.50	0.58
P94	51+860.000	Droite 2	Pente 5	59.940	60.033	194.12	500775.794	4047123.454	2.50	-2.50	0.58
P95	51+880.000	Droite 2	Pente 5	59.974	60.149	194.12	500795.709	4047125.297	2.50	-2.50	0.58
P96	51+900.000	Droite 2	Pente 5	60.041	60.264	194.12	500815.623	4047127.140	2.50	-2.50	0.58
P97	51+920.000	Droite 2	Pente 5	60.334	60.380	194.12	500835.538	4047128.983	2.50	-2.50	0.58
P98	51+940.000	Droite 2	Pente 5	60.593	60.495	194.12	500855.453	4047130.826	2.50	-2.50	0.58
P99	51+960.000	Droite 2	Pente 5	60.653	60.610	194.12	500875.368	4047132.669	2.50	-2.50	0.58
P100	51+980.000	Droite 2	Pente 5	60.679	60.726	194.12	500895.283	4047134.512	2.50	-2.50	0.58
P101	52+000.000	Droite 2	Pente 5	60.758	60.841	194.12	500915.198	4047136.356	2.50	-2.50	0.58
P102	52+020.000	Droite 2	Pente 5	60.971	60.957	194.12	500935.113	4047138.199	2.50	-2.50	0.58
P103	52+040.000	Droite 2	Pente 5	61.190	61.072	194.12	500955.028	4047140.042	2.50	-2.50	0.58
P104	52+060.000	Droite 2	Pente 5	61.295	61.188	194.12	500974.943	4047141.885	2.50	-2.50	0.58
P105	52+080.000	Droite 2	Pente 5	61.308	61.303	194.12	500994.857	4047143.728	2.50	-2.50	0.58
P106	52+100.000	Droite 2	Pente 5	61.431	61.419	194.12	501014.772	4047145.571	2.50	-2.50	0.58
P107	52+120.000	Droite 2	Pente 5	61.590	61.534	194.12	501034.687	4047147.414	2.50	-2.50	0.58
P108	52+140.000	Droite 2	Pente 5	61.677	61.649	194.12	501054.602	4047149.257	2.50	-2.50	0.58
P109	52+160.000	Droite 2	Pente 5	61.795	61.765	194.12	501074.517	4047151.100	2.50	-2.50	0.58

ANNEXE

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente
									Gauche	Droite	long.
P110	52+180.000	Droite 2	Pente 5	61.891	61.880	194.12	501094.432	4047152.943	2.50	-2.50	0.58
P111	52+200.000	Droite 2	Parabole 5	62.042	61.996	194.12	501114.347	4047154.786	2.50	-2.50	0.59
P112	52+220.000	Droite 2	Parabole 5	62.159	62.161	194.12	501134.262	4047156.629	2.50	-2.50	1.06
P113	52+240.000	Droite 2	Parabole 5	62.163	62.422	194.12	501154.177	4047158.472	2.50	-2.50	1.54
P114	52+260.000	Droite 2	Pente 6	62.278	62.761	194.12	501174.092	4047160.315	2.50	-2.50	1.74
P115	52+280.000	Droite 2	Parabole 6	62.408	63.107	194.12	501194.006	4047162.158	2.50	-2.50	1.69
P116	52+300.000	Droite 2	Parabole 6	62.668	63.428	194.12	501213.921	4047164.002	2.50	-2.50	1.53
P117	52+320.000	Droite 2	Parabole 6	62.680	63.718	194.12	501233.836	4047165.845	2.50	-2.50	1.37
P118	52+340.000	Arc 2	Parabole 6	62.843	63.975	194.86	501253.761	4047167.576	2.50	-2.50	1.21
P119	52+360.000	Arc 2	Parabole 6	63.035	64.201	195.61	501273.705	4047169.072	2.50	-2.50	1.05
P120	52+380.000	Arc 2	Parabole 6	63.309	64.394	196.35	501293.665	4047170.334	2.50	-2.50	0.89
P121	52+400.000	Arc 2	Parabole 6	63.647	64.556	197.10	501313.638	4047171.361	2.50	-2.50	0.73
P122	52+420.000	Arc 2	Parabole 6	63.848	64.686	197.85	501333.623	4047172.153	2.50	-2.50	0.57
P123	52+440.000	Arc 2	Parabole 6	63.517	64.783	198.60	501353.615	4047172.710	2.50	-2.50	0.41
P124	52+460.000	Droite 3	Parabole 6	63.230	64.849	198.84	501373.611	4047173.087	2.50	-2.50	0.25
P125	52+480.000	Droite 3	Parabole 6	63.268	64.882	198.84	501393.608	4047173.452	2.50	-2.50	0.09
P126	52+500.000	Droite 3	Parabole 6	63.241	64.884	198.84	501413.605	4047173.817	2.50	-2.50	-0.07
P127	52+520.000	Droite 3	Parabole 6	63.240	64.853	198.84	501433.601	4047174.182	2.50	-2.50	-0.23
P128	52+540.000	Droite 3	Parabole 6	63.379	64.791	198.84	501453.598	4047174.547	2.50	-2.50	-0.39
P129	52+560.000	Droite 3	Parabole 6	63.474	64.696	198.84	501473.595	4047174.912	2.50	-2.50	-0.55
P130	52+580.000	Droite 3	Pente 7	63.508	64.584	198.84	501493.591	4047175.277	2.50	-2.50	-0.56
P131	52+600.000	Droite 3	Pente 7	63.467	64.471	198.84	501513.588	4047175.643	2.50	-2.50	-0.56
P132	52+620.000	Droite 3	Pente 7	63.471	64.359	198.84	501533.585	4047176.008	2.50	-2.50	-0.56
P133	52+640.000	Droite 3	Pente 7	63.583	64.246	198.84	501553.581	4047176.373	2.50	-2.50	-0.56
P134	52+660.000	Droite 3	Pente 7	63.608	64.133	198.84	501573.578	4047176.738	2.50	-2.50	-0.56
P135	52+680.000	Droite 3	Pente 7	63.663	64.021	198.84	501593.575	4047177.103	2.50	-2.50	-0.56
P136	52+700.000	Droite 3	Pente 7	63.759	63.908	198.84	501613.571	4047177.468	2.50	-2.50	-0.56
P137	52+720.000	Droite 3	Parabole 7	63.762	63.796	198.84	501633.568	4047177.833	2.50	-2.50	-0.51
P138	52+740.000	Droite 3	Parabole 7	63.683	63.742	198.84	501653.565	4047178.198	2.50	-2.50	-0.03
P139	52+760.000	Droite 3	Parabole 7	63.545	63.784	198.84	501673.561	4047178.563	2.50	-2.50	0.44
P140	52+780.000	Droite 3	Pente 8	63.511	63.883	198.84	501693.558	4047178.928	2.50	-2.50	0.50
P141	52+800.000	Droite 3	Pente 8	63.540	63.983	198.84	501713.555	4047179.293	2.50	-2.50	0.50
P142	52+820.000	Droite 3	Pente 8	63.530	64.083	198.84	501733.551	4047179.658	2.50	-2.50	0.50
P143	52+840.000	Droite 3	Parabole 8	63.500	64.183	198.84	501753.548	4047180.023	2.50	-2.50	0.48
P144	52+860.000	Droite 3	Parabole 8	63.504	64.263	198.84	501773.545	4047180.388	2.50	-2.50	0.32
P145	52+880.000	Droite 3	Parabole 8	63.481	64.312	198.84	501793.541	4047180.753	2.50	-2.50	0.16
P146	52+900.000	Droite 3	Parabole 8	63.365	64.329	198.84	501813.538	4047181.119	2.50	-2.50	0.00
P147	52+920.000	Droite 3	Parabole 8	63.338	64.313	198.84	501833.535	4047181.484	2.50	-2.50	-0.16
P148	52+940.000	Droite 3	Parabole 8	63.320	64.266	198.84	501853.531	4047181.849	2.50	-2.50	-0.32
P149	52+960.000	Droite 3	Parabole 8	63.290	64.186	198.84	501873.528	4047182.214	2.50	-2.50	-0.48
P150	52+980.000	Droite 3	Pente 9	63.229	64.087	198.84	501893.525	4047182.579	2.50	-2.50	-0.50
P151	53+000.000	Droite 3	Pente 9	63.031	63.987	198.84	501913.521	4047182.944	2.50	-2.50	-0.50
P152	53+020.000	Droite 3	Pente 9	62.833	63.887	198.84	501933.518	4047183.309	2.50	-2.50	-0.50
P153	53+040.000	Droite 3	Pente 9	62.744	63.787	198.84	501953.515	4047183.674	2.50	-2.50	-0.50
P154	53+060.000	Droite 3	Pente 9	62.672	63.687	198.84	501973.511	4047184.039	2.50	-2.50	-0.50
P155	53+080.000	Droite 3	Pente 9	62.562	63.587	198.84	501993.508	4047184.404	2.50	-2.50	-0.50
P156	53+100.000	Droite 3	Pente 9	62.601	63.487	198.84	502013.505	4047184.769	2.50	-2.50	-0.50
P157	53+120.000	Droite 3	Pente 9	62.654	63.387	198.84	502033.501	4047185.134	2.50	-2.50	-0.50
P158	53+140.000	Droite 3	Pente 9	62.602	63.287	198.84	502053.498	4047185.499	2.50	-2.50	-0.50
P159	53+160.000	Droite 3	Pente 9	62.662	63.187	198.84	502073.495	4047185.864	2.50	-2.50	-0.50
P160	53+180.000	Droite 3	Pente 9	62.525	63.087	198.84	502093.491	4047186.229	2.50	-2.50	-0.50
P161	53+200.000	Droite 3	Pente 9	62.656	62.987	198.84	502113.488	4047186.594	2.50	-2.50	-0.50
P162	53+220.000	Droite 3	Pente 9	62.523	62.887	198.84	502133.485	4047186.960	2.50	-2.50	-0.50
P163	53+240.000	Droite 3	Parabole 9	62.638	62.799	198.84	502153.481	4047187.325	2.50	-2.50	-0.26
P164	53+260.000	Droite 3	Parabole 9	62.809	62.795	198.84	502173.478	4047187.690	2.50	-2.50	0.22
P165	53+280.000	Droite 3	Pente 10	62.881	62.879	198.84	502193.475	4047188.055	2.50	-2.50	0.50
P166	53+300.000	Droite 3	Pente 10	62.909	62.979	198.84	502213.471	4047188.420	2.50	-2.50	0.50
P167	53+320.000	Droite 3	Pente 10	62.957	63.079	198.84	502233.468	4047188.785	2.50	-2.50	0.50
P168	53+340.000	Droite 3	Pente 10	62.988	63.179	198.84	502253.465	4047189.150	2.50	-2.50	0.50
P169	53+360.000	Droite 3	Pente 10	62.987	63.279	198.84	502273.461	4047189.515	2.50	-2.50	0.50
P170	53+380.000	Droite 3	Pente 10	62.938	63.379	198.84	502293.458	4047189.880	2.50	-2.50	0.50

ANNEXE

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente
									Gauche	Droite	long.
P171	53+400.000	Droite 3	Parabole 10	62.902	63.475	198.84	502313.455	4047190.245	2.50	-2.50	0.42
P172	53+420.000	Droite 3	Parabole 10	62.474	63.543	198.84	502333.451	4047190.610	2.50	-2.50	0.26
P173	53+440.000	Droite 3	Parabole 10	62.219	63.579	198.84	502353.448	4047190.975	2.50	-2.50	0.10
P174	53+460.000	Droite 3	Parabole 10	62.453	63.583	198.84	502373.445	4047191.340	2.50	-2.50	-0.06
P175	53+480.000	Droite 3	Parabole 10	62.738	63.555	198.84	502393.441	4047191.705	2.50	-2.50	-0.22
P176	53+500.000	Droite 3	Parabole 10	62.852	63.495	198.84	502413.438	4047192.070	2.50	-2.50	-0.38
P177	53+520.000	Droite 3	Pente 11	62.889	63.404	198.84	502433.435	4047192.436	2.50	-2.50	-0.50
P178	53+540.000	Droite 3	Pente 11	62.758	63.304	198.84	502453.431	4047192.801	2.50	-2.50	-0.50
P179	53+560.000	Droite 3	Pente 11	62.710	63.204	198.84	502473.428	4047193.166	2.50	-2.50	-0.50
P180	53+580.000	Droite 3	Pente 11	62.908	63.104	198.84	502493.425	4047193.531	2.50	-2.50	-0.50
P181	53+600.000	Droite 3	Parabole 11	62.988	63.004	198.84	502513.421	4047193.896	2.50	-2.50	-0.49
P182	53+620.000	Droite 3	Parabole 11	62.932	62.954	198.84	502533.418	4047194.261	2.50	-2.50	-0.01
P183	53+640.000	Droite 3	Parabole 11	63.067	63.000	198.84	502553.415	4047194.626	2.50	-2.50	0.47
P184	53+660.000	Droite 3	Pente 12	63.174	63.100	198.84	502573.411	4047194.991	2.50	-2.50	0.50
P185	53+680.000	Droite 3	Pente 12	63.015	63.200	198.84	502593.408	4047195.356	2.50	-2.50	0.50
P186	53+700.000	Droite 3	Pente 12	62.947	63.300	198.84	502613.405	4047195.721	2.50	-2.50	0.50
P187	53+720.000	Droite 3	Pente 12	63.454	63.400	198.84	502633.401	4047196.086	2.50	-2.50	0.50
P188	53+740.000	Droite 3	Pente 12	63.624	63.500	198.84	502653.398	4047196.451	2.50	-2.50	0.50
P189	53+760.000	Droite 3	Pente 12	63.694	63.600	198.84	502673.395	4047196.816	2.50	-2.50	0.50
P190	53+780.000	Droite 3	Pente 12	63.684	63.700	198.84	502693.391	4047197.181	2.50	-2.50	0.50
P191	53+800.000	Droite 3	Pente 12	63.780	63.800	198.84	502713.388	4047197.546	2.50	-2.50	0.50
P192	53+820.000	Droite 3	Pente 12	63.910	63.900	198.84	502733.385	4047197.912	2.50	-2.50	0.50
P193	53+840.000	Droite 3	Pente 12	64.032	64.000	198.84	502753.381	4047198.277	2.50	-2.50	0.50
P194	53+860.000	Droite 3	Pente 12	64.192	64.100	198.84	502773.378	4047198.642	2.50	-2.50	0.50
P195	53+880.000	Droite 3	Pente 12	64.363	64.200	198.84	502793.375	4047199.007	2.50	-2.50	0.50
P196	53+900.000	Droite 3	Pente 12	64.463	64.300	198.84	502813.371	4047199.372	2.50	-2.50	0.50
P197	53+920.000	Droite 3	Pente 12	64.450	64.400	198.84	502833.368	4047199.737	2.50	-2.50	0.50
P198	53+940.000	Droite 3	Pente 12	64.564	64.500	198.84	502853.365	4047200.102	2.50	-2.50	0.50
P199	53+960.000	Droite 3	Pente 12	64.711	64.600	198.84	502873.361	4047200.467	2.50	-2.50	0.50
P200	53+980.000	Droite 3	Pente 12	64.665	64.700	198.84	502893.358	4047200.832	2.50	-2.50	0.50
P201	53+1000.000	Droite 3	Pente 12	64.695	64.800	198.84	502913.355	4047201.197	2.50	-2.50	0.50
P202	54+020.000	Droite 3	Pente 12	64.752	64.900	198.84	502933.351	4047201.562	2.50	-2.50	0.50
P203	54+040.000	Droite 3	Pente 12	64.938	65.000	198.84	502953.348	4047201.927	2.50	-2.50	0.50
P204	54+060.000	Droite 3	Pente 12	64.946	65.100	198.84	502973.345	4047202.292	2.50	-2.50	0.50
P205	54+080.000	Droite 3	Pente 12	64.979	65.200	198.84	502993.341	4047202.657	2.50	-2.50	0.50
P206	54+100.000	Droite 3	Pente 12	65.033	65.300	198.84	503013.338	4047203.022	2.50	-2.50	0.50
P207	54+120.000	Droite 3	Pente 12	65.107	65.400	198.84	503033.335	4047203.388	2.50	-2.50	0.50
P208	54+140.000	Droite 3	Pente 12	65.256	65.500	198.84	503053.331	4047203.753	2.50	-2.50	0.50
P209	54+160.000	Droite 3	Pente 12	65.218	65.600	198.84	503073.328	4047204.118	2.50	-2.50	0.50
P210	54+180.000	Droite 3	Pente 12	65.057	65.700	198.84	503093.325	4047204.483	2.50	-2.50	0.50
P211	54+200.000	Droite 3	Pente 12	65.041	65.800	198.84	503113.321	4047204.848	2.50	-2.50	0.50
P212	54+220.000	Droite 3	Parabole 12	65.091	65.893	198.84	503133.318	4047205.213	2.50	-2.50	0.40
P213	54+240.000	Droite 3	Parabole 12	65.076	65.956	198.84	503153.315	4047205.578	2.50	-2.50	0.24
P214	54+260.000	Droite 3	Parabole 12	65.298	65.987	198.84	503173.311	4047205.943	2.50	-2.50	0.08
P215	54+280.000	Droite 3	Parabole 12	65.512	65.987	198.84	503193.308	4047206.308	2.50	-2.50	-0.08
P216	54+300.000	Droite 3	Parabole 12	65.641	65.954	198.84	503213.305	4047206.673	2.50	-2.50	-0.24
P217	54+320.000	Droite 3	Parabole 12	65.739	65.889	198.84	503233.301	4047207.038	2.50	-2.50	-0.40
P218	54+340.000	Droite 3	Pente 13	65.765	65.795	198.84	503253.298	4047207.403	2.50	-2.50	-0.50
P219	54+360.000	Arc 3	Pente 13	65.574	65.695	199.31	503273.295	4047207.721	2.50	-2.50	-0.50
P220	54+380.000	Arc 3	Pente 13	65.458	65.595	200.06	503293.295	4047207.819	2.50	-2.50	-0.50
P221	54+400.000	Arc 3	Pente 13	65.628	65.495	200.81	503313.294	4047207.681	2.50	-2.50	-0.50
P222	54+420.000	Arc 3	Pente 13	65.526	65.395	201.56	503333.291	4047207.308	2.50	-2.50	-0.50
P223	54+440.000	Droite 4	Pente 13	65.575	65.295	202.22	503353.282	4047206.702	2.50	-2.50	-0.50

P224	54+460.000	Droite 4	Parabole 13	65.588	65.207	202.22	503373.269	4047206.005	2.50	-2.50	-0.26
P225	54+480.000	Droite 4	Parabole 13	65.635	65.203	202.22	503393.257	4047205.307	2.50	-2.50	0.22
P226	54+500.000	Droite 4	Parabole 13	65.701	65.294	202.22	503413.245	4047204.610	2.50	-2.50	0.69
P227	54+520.000	Droite 4	Pente 14	65.715	65.469	202.22	503433.233	4047203.913	2.50	-2.50	0.94
P228	54+540.000	Droite 4	Pente 14	65.827	65.657	202.22	503453.221	4047203.215	2.50	-2.50	0.94
P229	54+560.000	Droite 4	Pente 14	65.878	65.844	202.22	503473.209	4047202.518	2.50	-2.50	0.94
P230	54+580.000	Droite 4	Pente 14	65.952	66.031	202.22	503493.196	4047201.821	2.50	-2.50	0.94
P231	54+600.000	Droite 4	Parabole 14	66.543	66.206	202.22	503513.184	4047201.123	2.50	-2.50	0.79

ANNEXE

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente
									Gauche	Droite	long.
P232	54+620.000	Droite 4	Pente 15	66.567	66.351	202.22	503533.172	4047200.426	2.50	-2.50	0.70
P233	54+640.000	Droite 4	Pente 15	66.491	66.490	202.22	503553.160	4047199.729	2.50	-2.50	0.70
P234	54+660.000	Droite 4	Pente 15	66.417	66.630	202.22	503573.148	4047199.032	2.50	-2.50	0.70
P235	54+680.000	Droite 4	Pente 15	66.533	66.769	202.22	503593.136	4047198.334	2.50	-2.50	0.70
P236	54+700.000	Droite 4	Pente 15	66.769	66.909	202.22	503613.123	4047197.637	2.50	-2.50	0.70
P237	54+720.000	Droite 4	Pente 15	66.830	67.048	202.22	503633.111	4047196.940	2.50	-2.50	0.70
P238	54+740.000	Droite 4	Pente 15	66.725	67.187	202.22	503653.099	4047196.242	2.50	-2.50	0.70
P239	54+760.000	Droite 4	Pente 15	66.682	67.327	202.22	503673.087	4047195.545	2.50	-2.50	0.70
P240	54+780.000	Droite 4	Pente 15	66.595	67.466	202.22	503693.075	4047194.848	2.50	-2.50	0.70
P241	54+800.000	Droite 4	Parabole 15	66.815	67.605	202.22	503713.063	4047194.150	2.50	-2.50	0.68
P242	54+820.000	Droite 4	Parabole 15	66.916	67.734	202.22	503733.050	4047193.453	2.50	-2.50	0.61
P243	54+840.000	Droite 4	Parabole 15	67.038	67.850	202.22	503753.038	4047192.756	2.50	-2.50	0.55
P244	54+860.000	Droite 4	Parabole 15	67.272	67.954	202.22	503773.026	4047192.058	2.50	-2.50	0.49
P245	54+880.000	Droite 4	Parabole 15	67.486	68.044	202.22	503793.014	4047191.361	2.50	-2.50	0.42
P246	54+900.000	Droite 4	Parabole 15	67.382	68.122	202.22	503813.002	4047190.664	2.50	-2.50	0.36
P247	54+920.000	Droite 4	Parabole 15	67.364	68.188	202.22	503832.990	4047189.966	2.50	-2.50	0.30
P248	54+940.000	Droite 4	Parabole 15	67.476	68.241	202.22	503852.978	4047189.269	2.50	-2.50	0.23
P249	54+960.000	Droite 4	Parabole 15	67.513	68.281	202.22	503872.965	4047188.572	2.50	-2.50	0.17
P250	54+980.000	Droite 4	Parabole 15	67.610	68.308	202.22	503892.953	4047187.874	2.50	-2.50	0.10
P251	54+1000.000	Droite 4	Parabole 15	67.716	68.322	202.22	503912.941	4047187.177	2.50	-2.50	0.04
P252	55+020.000	Droite 4	Parabole 15	67.844	68.324	202.22	503932.929	4047186.480	2.50	-2.50	-0.02
P253	55+040.000	Droite 4	Parabole 15	67.969	68.314	202.22	503952.917	4047185.782	2.50	-2.50	-0.09
P254	55+060.000	Arc 4	Parabole 15	68.119	68.290	201.57	503972.907	4047185.163	2.50	-2.50	-0.15
P255	55+080.000	Arc 4	Parabole 15	68.282	68.254	200.72	503992.904	4047184.803	2.50	-2.50	-0.21
P256	55+100.000	Arc 4	Parabole 15	68.252	68.205	199.87	504012.903	4047184.709	2.50	-2.50	-0.28
P257	55+120.000	Arc 4	Parabole 15	67.897	68.143	199.02	504032.902	4047184.882	2.50	-2.50	-0.34
P258	55+140.000	Arc 4	Parabole 15	67.779	68.069	198.18	504052.897	4047185.322	2.50	-2.50	-0.40
P259	55+160.000	Droite 5	Parabole 15	68.014	67.982	197.38	504072.885	4047186.028	2.50	-2.50	-0.47
P260	55+180.000	Droite 5	Parabole 15	68.428	67.882	197.38	504092.868	4047186.849	2.50	-2.50	-0.53
P261	55+200.000	Droite 5	Parabole 15	68.367	67.770	197.38	504112.851	4047187.671	2.50	-2.50	-0.59
P262	55+220.000	Droite 5	Parabole 15	68.241	67.645	197.38	504132.834	4047188.493	2.50	-2.50	-0.66
P263	55+240.000	Droite 5	Parabole 15	68.014	67.507	197.38	504152.817	4047189.315	2.50	-2.50	-0.72
P264	55+260.000	Droite 5	Parabole 15	67.827	67.357	197.38	504172.800	4047190.136	2.50	-2.50	-0.78
P265	55+280.000	Droite 5	Parabole 16	67.864	67.198	197.38	504192.783	4047190.958	2.50	-2.50	-0.76
P266	55+300.000	Droite 5	Parabole 16	67.898	67.061	197.38	504212.767	4047191.780	2.50	-2.50	-0.61
P267	55+320.000	Droite 5	Parabole 16	67.816	66.955	197.38	504232.750	4047192.601	2.50	-2.50	-0.46
P268	55+340.000	Droite 5	Parabole 16	67.732	66.878	197.38	504252.733	4047193.423	2.50	-2.50	-0.31
P269	55+360.000	Droite 5	Parabole 16	67.865	66.830	197.38	504272.716	4047194.245	2.50	-2.50	-0.16
P270	55+380.000	Droite 5	Parabole 16	67.955	66.813	197.38	504292.699	4047195.066	2.50	-2.50	-0.01
P271	55+400.000	Droite 5	Parabole	67.868	66.825	197.38	504312.682	4047195.888	2.50	-2.50	0.13

			16								
P272	55+420.000	Droite 5	Parabole 16	67.829	66.866	197.38	504332.665	4047196.710	2.50	-2.50	0.28
P273	55+440.000	Droite 5	Parabole 16	67.788	66.937	197.38	504352.648	4047197.531	2.50	-2.50	0.43
P274	55+460.000	Droite 5	Parabole 16	67.795	67.038	197.38	504372.631	4047198.353	2.50	-2.50	0.58
P275	55+480.000	Droite 5	Parabole 16	67.765	67.169	197.38	504392.615	4047199.175	2.50	-2.50	0.73
P276	55+500.000	Droite 5	Parabole 16	67.734	67.329	197.38	504412.598	4047199.996	2.50	-2.50	0.87
P277	55+520.000	Droite 5	Parabole 16	67.792	67.518	197.38	504432.581	4047200.818	2.50	-2.50	1.02
P278	55+540.000	Droite 5	Parabole 16	67.571	67.738	197.38	504452.564	4047201.640	2.50	-2.50	1.17
P279	55+560.000	Droite 5	Parabole 16	67.999	67.987	197.38	504472.547	4047202.461	2.50	-2.50	1.32
P280	55+580.000	Droite 5	Pente 16	68.116	68.261	197.38	504492.530	4047203.283	2.50	-2.50	1.39
P281	55+600.000	Droite 5	Parabole 17	68.185	68.533	197.38	504512.513	4047204.105	2.50	-2.50	1.30
P282	55+620.000	Droite 5	Parabole 17	68.202	68.779	197.38	504532.496	4047204.927	2.50	-2.50	1.16
P283	55+640.000	Droite 5	Parabole 17	68.194	68.998	197.38	504552.480	4047205.748	2.50	-2.50	1.03
P284	55+660.000	Droite 5	Parabole 17	68.060	69.190	197.38	504572.463	4047206.570	2.50	-2.50	0.90
P285	55+680.000	Droite 5	Parabole 17	68.259	69.356	197.38	504592.446	4047207.392	2.50	-2.50	0.76
P286	55+700.000	Droite 5	Parabole 17	68.344	69.496	197.38	504612.429	4047208.213	2.50	-2.50	0.63
P287	55+720.000	Droite 5	Parabole 17	69.154	69.608	197.38	504632.412	4047209.035	2.50	-2.50	0.50
P288	55+740.000	Droite 5	Parabole 17	69.062	69.694	197.38	504652.395	4047209.857	2.50	-2.50	0.36
P289	55+760.000	Droite 5	Parabole 17	68.915	69.754	197.38	504672.378	4047210.678	2.50	-2.50	0.23
P290	55+780.000	Droite 5	Parabole 17	69.006	69.786	197.38	504692.361	4047211.500	2.50	-2.50	0.10
P291	55+800.000	Droite 5	Parabole 17	69.221	69.792	197.38	504712.344	4047212.322	2.50	-2.50	-0.04
P292	55+820.000	Droite 5	Parabole 17	69.452	69.771	197.38	504732.328	4047213.143	2.50	-2.50	-0.17

ANNEXE

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente
									Gauche	Droite	long.
P293	55+840.000	Droite 5	Parabole 17	69.658	69.724	197.38	504752.311	4047213.965	2.50	-2.50	-0.30
P294	55+860.000	Droite 5	Parabole 17	69.726	69.650	197.38	504772.294	4047214.787	2.50	-2.50	-0.44
P295	55+880.000	Droite 5	Parabole 18	69.598	69.554	197.38	504792.277	4047215.608	2.50	-2.50	-0.48
P296	55+900.000	Droite 5	Parabole 18	69.497	69.468	197.38	504812.260	4047216.430	2.50	-2.50	-0.38
P297	55+920.000	Droite 5	Parabole 18	69.365	69.401	197.38	504832.243	4047217.252	2.50	-2.50	-0.29
P298	55+940.000	Droite 5	Parabole 18	69.241	69.352	197.38	504852.226	4047218.074	2.50	-2.50	-0.20
P299	55+960.000	Droite 5	Parabole 18	69.213	69.323	197.38	504872.209	4047218.895	2.50	-2.50	-0.10
P300	55+980.000	Droite 5	Parabole 18	69.600	69.311	197.38	504892.192	4047219.717	2.50	-2.50	-0.01
P301	55+1000.000	Droite 5	Parabole 18	69.114	69.319	197.38	504912.176	4047220.539	2.50	-2.50	0.08
P302	56+020.000	Droite 5	Parabole 18	69.214	69.345	197.38	504932.159	4047221.360	2.50	-2.50	0.18
P303	56+040.000	Droite 5	Parabole 18	69.354	69.390	197.38	504952.142	4047222.182	2.50	-2.50	0.27
P304	56+060.000	Droite 5	Parabole 18	69.364	69.453	197.38	504972.125	4047223.004	2.50	-2.50	0.36
P305	56+080.000	Droite 5	Parabole 18	69.433	69.535	197.38	504992.108	4047223.825	2.50	-2.50	0.46
P306	56+100.000	Droite 5	Pente 18	69.534	69.635	197.38	505012.091	4047224.647	2.50	-2.50	0.53
P307	56+120.000	Arc 5	Pente 18	69.641	69.740	197.22	505032.074	4047225.474	2.50	-2.50	0.53
P308	56+140.000	Arc 5	Pente 18	69.743	69.845	196.51	505052.050	4047226.458	2.50	-2.50	0.53
P309	56+160.000	Arc 5	Pente 18	69.870	69.951	195.81	505072.013	4047227.663	2.50	-2.50	0.53
P310	56+180.000	Arc 5	Parabole 19	70.093	70.055	195.10	505091.962	4047229.091	2.50	-2.50	0.51
P311	56+200.000	Arc 5	Parabole 19	70.310	70.154	194.39	505111.894	4047230.739	2.50	-2.50	0.47
P312	56+220.000	Arc 5	Parabole 19	70.006	70.244	193.69	505131.806	4047232.609	2.50	-2.50	0.43
P313	56+240.000	Arc 5	Parabole 19	69.907	70.327	192.98	505151.697	4047234.700	2.50	-2.50	0.40
P314	56+260.000	Arc 5	Parabole 19	69.928	70.402	192.27	505171.562	4047237.013	2.50	-2.50	0.36
P315	56+280.000	Arc 5	Parabole 19	69.906	70.470	191.56	505191.401	4047239.545	2.50	-2.50	0.32
P316	56+300.000	Arc 5	Parabole 19	70.114	70.529	190.86	505211.211	4047242.298	2.50	-2.50	0.28
P317	56+320.000	Arc 5	Parabole 19	70.070	70.582	190.15	505230.988	4047245.271	2.50	-2.50	0.24
P318	56+340.000	Arc 5	Parabole 19	70.099	70.626	189.44	505250.732	4047248.463	2.50	-2.50	0.20
P318-1	56+340.320	Arc 5	Parabole 19	70.100	70.626	189.43	505251.048	4047248.516	2.50	-2.50	0.20
P319	56+351.937	Arc 5	Parabole 19	70.098	70.649	189.02	505262.498	4047250.473	2.50	-2.50	0.18
P320	56+360.000	Arc 5	Parabole 19	68.556	70.662	188.73	505270.439	4047251.875	2.50	-2.50	0.16
P321	56+380.000	Arc 5	Parabole 19	65.018	70.691	188.03	505290.106	4047255.505	2.50	-2.50	0.13
P322	56+393.257	Arc 5	Parabole 19	62.848	70.706	187.56	505303.120	4047258.032	2.50	-2.50	0.10
P323	56+400.000	Arc 5	Parabole 19	62.589	70.712	187.32	505309.732	4047259.354	2.50	-2.50	0.09
P324	56+417.525	Arc 5	Parabole 19	64.611	70.725	186.70	505326.894	4047262.905	2.50	-2.50	0.05
P325	56+420.000	Arc 5	Parabole 19	64.940	70.726	186.61	505329.315	4047263.420	2.50	-2.50	0.05
P326	56+440.000	Arc 5	Parabole 19	65.646	70.732	185.90	505348.850	4047267.704	2.50	-2.50	0.01
P327	56+460.000	Arc 5	Parabole 19	65.820	70.730	185.20	505368.337	4047272.205	2.50	-2.50	-0.03
P328	56+480.000	Arc 5	Parabole 19	65.671	70.720	184.49	505387.773	4047276.921	2.50	-2.50	-0.07

P329	56+500.000	Arc 5	Parabole 19	67.856	70.702	183.78	505407.155	4047281.854	2.50	-2.50	-0.11
P330	56+520.000	Arc 5	Parabole 19	69.911	70.677	183.07	505426.481	4047287.001	2.50	-2.50	-0.15
P331	56+540.000	Arc 5	Parabole 19	69.824	70.644	182.37	505445.749	4047292.363	2.50	-2.50	-0.18
P331-1	56+547.698	Arc 5	Parabole 19	69.801	70.630	182.10	505453.149	4047294.484	2.50	-2.50	-0.20
P331-2	56+548.098	Arc 5	Parabole 19	69.799	70.629	182.08	505453.533	4047294.595	2.50	-2.50	-0.20
P332	56+560.000	Arc 5	Parabole 19	69.754	70.604	181.66	505464.956	4047297.939	2.50	-2.50	-0.22
P333	56+580.000	Arc 5	Parabole 19	69.680	70.556	180.95	505484.100	4047303.728	2.50	-2.50	-0.26
P334	56+600.000	Arc 5	Parabole 19	69.654	70.500	180.25	505503.178	4047309.729	2.50	-2.50	-0.30
P335	56+620.000	Arc 5	Parabole 19	69.618	70.436	179.54	505522.189	4047315.942	2.50	-2.50	-0.34
P336	56+640.000	Arc 5	Parabole 19	69.547	70.364	178.83	505541.129	4047322.365	2.50	-2.50	-0.38
P337	56+660.000	Arc 5	Parabole 19	69.550	70.285	178.12	505559.997	4047328.999	2.50	-2.50	-0.42
P338	56+680.000	Arc 5	Parabole 19	69.488	70.198	177.42	505578.789	4047335.841	2.50	-2.50	-0.45
P339	56+700.000	Arc 5	Parabole 19	69.431	70.104	176.71	505597.505	4047342.893	2.50	-2.50	-0.49
P340	56+720.000	Arc 5	Pente 19	69.443	70.004	176.00	505616.141	4047350.151	2.50	-2.50	-0.50
P341	56+740.000	Arc 5	Pente 19	69.448	69.904	175.29	505634.696	4047357.617	2.50	-2.50	-0.50
P342	56+760.000	Arc 5	Pente 19	69.507	69.804	174.59	505653.166	4047365.288	2.50	-2.50	-0.50
P343	56+780.000	Arc 5	Pente 19	69.695	69.704	173.88	505671.550	4047373.163	2.50	-2.50	-0.50
P344	56+800.000	Arc 5	Pente 19	69.698	69.604	173.17	505689.845	4047381.243	2.50	-2.50	-0.50
P345	56+820.000	Arc 5	Pente 19	69.724	69.504	172.46	505708.050	4047389.525	2.50	-2.50	-0.50
P346	56+840.000	Arc 5	Pente 19	69.659	69.404	171.76	505726.161	4047398.009	2.50	-2.50	-0.50
P347	56+860.000	Arc 5	Pente 19	69.578	69.303	171.05	505744.177	4047406.694	2.50	-2.50	-0.50
P348	56+880.000	Arc 5	Pente 19	69.599	69.203	170.34	505762.095	4047415.579	2.50	-2.50	-0.50
P349	56+900.000	Arc 5	Pente 19	69.476	69.103	169.63	505779.913	4047424.662	2.50	-2.50	-0.50
P350	56+920.000	Arc 5	Pente 19	69.359	69.003	168.93	505797.630	4047433.942	2.50	-2.50	-0.50

ANNEXE

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente
									Gauche	Droite	long.
P351	56+940.000	Arc 5	Pente 19	69.278	68.903	168.22	505815.242	4047443.419	2.50	-2.50	-0.50
P352	56+960.000	Arc 5	Pente 19	69.138	68.803	167.51	505832.748	4047453.090	2.50	-2.50	-0.50
P353	56+980.000	Arc 5	Pente 19	69.315	68.703	166.81	505850.145	4047462.956	2.50	-2.50	-0.50
P354	56+1000.000	Arc 5	Pente 19	68.946	68.603	166.10	505867.432	4047473.014	2.50	-2.50	-0.50
P355	57+020.000	Arc 5	Pente 19	68.784	68.503	165.39	505884.605	4047483.264	2.50	-2.50	-0.50
P356	57+040.000	Arc 5	Pente 19	68.767	68.403	164.68	505901.664	4047493.704	2.50	-2.50	-0.50
P357	57+060.000	Arc 5	Pente 19	68.764	68.303	163.98	505918.606	4047504.333	2.50	-2.50	-0.50
P358	57+080.000	Arc 5	Pente 19	68.841	68.203	163.27	505935.428	4047515.149	2.50	-2.50	-0.50
P359	57+100.000	Arc 5	Pente 19	68.705	68.103	162.56	505952.130	4047526.152	2.50	-2.50	-0.50
P360	57+120.000	Arc 5	Pente 19	68.603	68.003	161.85	505968.708	4047537.340	2.50	-2.50	-0.50
P361	57+140.000	Arc 5	Pente 19	68.648	67.903	161.15	505985.161	4047548.711	2.50	-2.50	-0.50
P362	57+160.000	Arc 5	Pente 19	68.482	67.803	160.44	506001.486	4047560.264	2.50	-2.50	-0.50
P363	57+180.000	Arc 5	Pente 19	68.550	67.703	159.73	506017.682	4047571.998	2.50	-2.50	-0.50
P364	57+200.000	Arc 5	Pente 19	68.624	67.603	159.02	506033.747	4047583.911	2.50	-2.50	-0.50
P365	57+220.000	Arc 5	Pente 19	68.545	67.503	158.32	506049.678	4047596.002	2.50	-2.50	-0.50
P366	57+240.000	Arc 5	Pente 19	68.409	67.403	157.61	506065.474	4047608.269	2.50	-2.50	-0.50
P367	57+260.000	Arc 5	Pente 19	68.454	67.303	156.90	506081.133	4047620.711	2.50	-2.50	-0.50
P368	57+280.000	Arc 5	Pente 19	68.406	67.203	156.20	506096.652	4047633.326	2.50	-2.50	-0.50
P369	57+300.000	Arc 5	Pente 19	68.063	67.103	155.49	506112.031	4047646.113	2.50	-2.50	-0.50
P370	57+320.000	Arc 5	Pente 19	68.180	67.003	154.78	506127.266	4047659.069	2.50	-2.50	-0.50
P371	57+340.000	Arc 5	Pente 19	67.735	66.902	154.07	506142.357	4047672.195	2.50	-2.50	-0.50
P372	57+360.000	Arc 5	Pente 19	67.660	66.802	153.37	506157.300	4047685.487	2.50	-2.50	-0.50
P373	57+380.000	Arc 5	Pente 19	67.513	66.702	152.66	506172.096	4047698.944	2.50	-2.50	-0.50
P374	57+400.000	Arc 5	Pente 19	67.436	66.602	151.95	506186.740	4047712.565	2.50	-2.50	-0.50
P375	57+420.000	Arc 5	Pente 19	67.360	66.502	151.24	506201.233	4047726.348	2.50	-2.50	-0.50
P376	57+440.000	Arc 5	Pente 19	67.229	66.402	150.54	506215.571	4047740.291	2.50	-2.50	-0.50
P377	57+460.000	Arc 5	Pente 19	67.145	66.302	149.83	506229.754	4047754.392	2.50	-2.50	-0.50
P378	57+480.000	Arc 5	Pente 19	67.037	66.202	149.12	506243.779	4047768.651	2.50	-2.50	-0.50
P379	57+500.000	Droite 6	Pente 19	66.928	66.102	148.44	506257.644	4047783.063	2.50	-2.50	-0.50
P380	57+520.000	Droite 6	Pente 19	66.852	66.002	148.44	506271.436	4047797.548	2.50	-2.50	-0.50
P381	57+540.000	Droite 6	Pente 19	66.778	65.902	148.44	506285.228	4047812.032	2.50	-2.50	-0.50
P382	57+560.000	Droite 6	Pente 19	66.627	65.802	148.44	506299.019	4047826.516	2.50	-2.50	-0.50
P383	57+580.000	Droite 6	Pente 19	66.426	65.702	148.44	506312.811	4047841.000	2.50	-2.50	-0.50
P384	57+600.000	Droite 6	Pente 19	66.718	65.602	148.44	506326.603	4047855.484	2.50	-2.50	-0.50
P385	57+620.000	Droite 6	Pente 19	66.643	65.502	148.44	506340.394	4047869.969	2.50	-2.50	-0.50
P386	57+640.000	Droite 6	Pente 19	65.891	65.402	148.44	506354.186	4047884.453	2.50	-2.50	-0.50
P387	57+660.000	Droite 6	Pente 19	65.757	65.302	148.44	506367.977	4047898.937	2.50	-2.50	-0.50
P388	57+680.000	Droite 6	Pente 19	65.700	65.202	148.44	506381.769	4047913.421	2.50	-2.50	-0.50
P389	57+700.000	Droite 6	Pente 19	65.581	65.102	148.44	506395.561	4047927.905	2.50	-2.50	-0.50
P390	57+720.000	Droite 6	Pente 19	65.513	65.002	148.44	506409.352	4047942.389	2.50	-2.50	-0.50
P391	57+740.000	Droite 6	Pente 19	65.547	64.902	148.44	506423.144	4047956.874	2.50	-2.50	-0.50
P392	57+760.000	Droite 6	Pente 19	65.411	64.802	148.44	506436.935	4047971.358	2.50	-2.50	-0.50
P393	57+780.000	Droite 6	Pente 19	65.119	64.702	148.44	506450.727	4047985.842	2.50	-2.50	-0.50
P394	57+800.000	Droite 6	Pente 19	65.262	64.602	148.44	506464.519	4048000.326	2.50	-2.50	-0.50
P395	57+820.000	Droite 6	Pente 19	65.174	64.501	148.44	506478.310	4048014.810	2.50	-2.50	-0.50
P396	57+840.000	Droite 6	Pente 19	65.093	64.401	148.44	506492.102	4048029.294	2.50	-2.50	-0.50
P397	57+860.000	Droite 6	Pente 19	65.037	64.301	148.44	506505.894	4048043.779	2.50	-2.50	-0.50
P398	57+880.000	Droite 6	Pente 19	64.986	64.201	148.44	506519.685	4048058.263	2.50	-2.50	-0.50
P399	57+900.000	Droite 6	Pente 19	64.887	64.101	148.44	506533.477	4048072.747	2.50	-2.50	-0.50
P400	57+920.000	Droite 6	Pente 19	64.821	64.001	148.44	506547.268	4048087.231	2.50	-2.50	-0.50
P401	57+940.000	Droite 6	Pente 19	64.373	63.901	148.44	506561.060	4048101.715	2.50	-2.50	-0.50
P402	57+960.000	Droite 6	Pente 19	64.701	63.801	148.44	506574.852	4048116.199	2.50	-2.50	-0.50
P403	57+980.000	Droite 6	Pente 19	64.364	63.701	148.44	506588.643	4048130.684	2.50	-2.50	-0.50
P404	58+000.000	Droite 6	Pente 19	63.906	63.601	148.44	506602.435	4048145.168	2.50	-2.50	-0.50
P405	58+020.000	Clothoïde 1	Pente 19	63.863	63.501	148.47	506616.227	4048159.651	2.50	-2.50	-0.50
P406	58+040.000	Clothoïde 1	Pente 19	63.726	63.401	148.69	506630.045	4048174.110	2.50	-2.50	-0.50
P407	58+060.000	Clothoïde 1	Pente 19	63.566	63.301	149.14	506643.939	4048188.497	2.50	-2.50	-0.50
P408	58+080.000	Clothoïde 1	Pente 19	63.420	63.201	149.81	506657.959	4048202.759	2.50	-2.50	-0.50
P409	58+100.000	Clothoïde 1	Pente 19	63.551	63.101	150.72	506672.157	4048216.846	2.50	-2.50	-0.50
P410	58+120.000	Clothoïde 1	Pente 19	63.451	63.001	151.86	506686.578	4048230.703	2.50	-2.50	-0.50
P411	58+140.000	Arc 6	Pente 19	63.412	62.901	153.13	506701.263	4048244.280	2.50	-2.50	-0.50

ANNEXE

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente
									Gauche	Droite	long.
P412	58+160.000	Arc 6	Pente 19	63.363	62.801	154.40	506716.217	4048257.560	2.50	-2.50	-0.50
P413	58+180.000	Arc 6	Pente 19	63.308	62.701	155.68	506731.433	4048270.539	2.50	-2.50	-0.50
P414	58+200.000	Arc 6	Pente 19	63.269	62.601	156.95	506746.905	4048283.212	2.50	-2.50	-0.50
P415	58+220.000	Arc 6	Pente 19	63.216	62.501	158.22	506762.628	4048295.572	2.50	-2.50	-0.50
P416	58+240.000	Arc 6	Pente 19	63.143	62.401	159.50	506778.596	4048307.615	2.50	-2.50	-0.50
P417	58+260.000	Arc 6	Parabole 20	63.079	62.303	160.77	506794.800	4048319.336	2.50	-2.50	-0.48
P418	58+280.000	Arc 6	Parabole 20	63.043	62.210	162.04	506811.236	4048330.732	2.50	-2.50	-0.45
P419	58+300.000	Arc 6	Parabole 20	62.897	62.124	163.32	506827.897	4048341.796	2.50	-2.50	-0.42
P420	58+320.000	Arc 6	Parabole 20	62.991	62.043	164.59	506844.775	4048352.524	2.50	-2.50	-0.39
P421	58+340.000	Arc 6	Parabole 20	63.005	61.968	165.86	506861.865	4048362.913	2.50	-2.50	-0.36
P422	58+360.000	Arc 6	Parabole 20	62.935	61.899	167.14	506879.159	4048372.959	2.50	-2.50	-0.33
P423	58+380.000	Arc 6	Parabole 20	62.851	61.836	168.41	506896.650	4048382.656	2.50	-2.50	-0.30
P424	58+400.000	Arc 6	Parabole 20	62.855	61.779	169.68	506914.332	4048392.002	2.50	-2.50	-0.27
P425	58+420.000	Arc 6	Parabole 20	62.732	61.727	170.96	506932.197	4048400.992	2.50	-2.50	-0.24
P426	58+440.000	Arc 6	Parabole 20	62.641	61.681	172.23	506950.238	4048409.623	2.50	-2.50	-0.21
P427	58+460.000	Arc 6	Parabole 20	62.635	61.641	173.50	506968.449	4048417.891	2.50	-2.50	-0.19
P428	58+480.000	Arc 6	Parabole 20	62.656	61.607	174.78	506986.821	4048425.794	2.50	-2.50	-0.16
P429	58+500.000	Arc 6	Parabole 20	62.625	61.579	176.05	507005.347	4048433.327	2.50	-2.50	-0.13
P430	58+520.000	Arc 6	Parabole 20	62.671	61.556	177.32	507024.021	4048440.489	2.50	-2.50	-0.10
P431	58+540.000	Arc 6	Parabole 20	62.591	61.539	178.60	507042.834	4048447.276	2.50	-2.50	-0.07
P432	58+560.000	Arc 6	Parabole 20	62.369	61.528	179.87	507061.779	4048453.685	2.50	-2.50	-0.04
P433	58+580.000	Arc 6	Parabole 20	62.284	61.523	181.14	507080.848	4048459.714	2.50	-2.50	-0.01
P434	58+600.000	Arc 6	Parabole 20	62.292	61.524	182.42	507100.034	4048465.360	2.50	-2.50	0.02
P435	58+620.000	Arc 6	Parabole 20	62.189	61.530	183.69	507119.329	4048470.622	2.50	-2.50	0.05
P436	58+640.000	Arc 6	Parabole 20	61.882	61.542	184.96	507138.726	4048475.497	2.50	-2.50	0.08
P437	58+660.000	Arc 6	Parabole 20	61.872	61.561	186.24	507158.216	4048479.983	2.50	-2.50	0.10
P438	58+680.000	Arc 6	Parabole 20	61.950	61.584	187.51	507177.792	4048484.078	2.50	-2.50	0.13
P439	58+700.000	Arc 6	Parabole 20	61.932	61.614	188.78	507197.446	4048487.781	2.50	-2.50	0.16
P440	58+720.000	Arc 6	Parabole 20	61.818	61.650	190.05	507217.170	4048491.090	2.50	-2.50	0.19
P441	58+740.000	Arc 6	Parabole 20	61.817	61.691	191.33	507236.956	4048494.004	2.50	-2.50	0.22
P442	58+760.000	Arc 6	Parabole 20	61.769	61.738	192.60	507256.796	4048496.521	2.50	-2.50	0.25
P443	58+780.000	Arc 6	Parabole 20	61.770	61.791	193.87	507276.683	4048498.642	2.50	-2.50	0.28
P444	58+800.000	Arc 6	Parabole 20	61.746	61.849	195.15	507296.609	4048500.364	2.50	-2.50	0.31
P445	58+820.000	Arc 6	Parabole 20	61.919	61.914	196.42	507316.565	4048501.687	2.50	-2.50	0.34
P446	58+840.000	Arc 6	Parabole 20	61.866	61.984	197.69	507336.543	4048502.611	2.50	-2.50	0.37
P447	58+860.000	Arc 6	Parabole 20	61.923	62.060	198.97	507356.536	4048503.136	2.50	-2.50	0.40
P448	58+880.000	Arc 6	Parabole 20	62.116	62.142	200.24	507376.535	4048503.260	2.50	-2.50	0.42
P449	58+900.000	Arc 6	Parabole	62.120	62.230	201.51	507396.533	4048502.984	2.50	-2.50	0.45

			20								
P450	58+920.000	Arc 6	Parabole 20	62.273	62.323	202.79	507416.521	4048502.309	2.50	-2.50	0.48
P451	58+940.000	Arc 6	Parabole 20	62.453	62.423	204.06	507436.492	4048501.234	2.50	-2.50	0.51
P452	58+960.000	Arc 6	Parabole 20	62.495	62.528	205.33	507456.437	4048499.759	2.50	-2.50	0.54
P453	58+980.000	Arc 6	Parabole 20	62.627	62.639	206.61	507476.349	4048497.887	2.50	-2.50	0.57
P454	59+000.000	Arc 6	Parabole 20	62.820	62.756	207.88	507496.219	4048495.616	2.50	-2.50	0.60
P455	59+020.000	Arc 6	Parabole 20	62.911	62.878	209.15	507516.040	4048492.948	2.50	-2.50	0.63
P456	59+040.000	Arc 6	Parabole 20	63.093	63.006	210.43	507535.804	4048489.885	2.50	-2.50	0.66
P457	59+060.000	Arc 6	Parabole 20	63.137	63.141	211.70	507555.502	4048486.427	2.50	-2.50	0.69
P458	59+080.000	Arc 6	Parabole 20	63.310	63.281	212.97	507575.127	4048482.575	2.50	-2.50	0.71
P459	59+100.000	Arc 6	Parabole 20	63.479	63.426	214.25	507594.672	4048478.332	2.50	-2.50	0.74
P460	59+120.000	Arc 6	Parabole 20	63.743	63.578	215.52	507614.127	4048473.699	2.50	-2.50	0.77
P461	59+140.000	Arc 6	Parabole 20	63.801	63.735	216.79	507633.487	4048468.678	2.50	-2.50	0.80
P462	59+160.000	Arc 6	Parabole 20	63.771	63.899	218.07	507652.741	4048463.271	2.50	-2.50	0.83
P463	59+180.000	Arc 6	Parabole 20	63.997	64.068	219.34	507671.884	4048457.479	2.50	-2.50	0.86
P464	59+200.000	Arc 6	Parabole 20	63.859	64.242	220.61	507690.907	4048451.306	2.50	-2.50	0.89
P465	59+220.000	Clothoïde 2	Parabole 20	63.757	64.423	221.85	507709.804	4048444.756	2.50	-2.50	0.92
P466	59+240.000	Clothoïde 2	Parabole 20	63.953	64.609	222.88	507728.580	4048437.868	2.50	-2.50	0.95
P467	59+260.000	Clothoïde 2	Parabole 20	64.178	64.802	223.68	507747.255	4048430.710	2.50	-2.50	0.98
P468	59+280.000	Clothoïde 2	Pente 20	64.174	64.999	224.25	507765.852	4048423.352	2.50	-2.50	1.00
P469	59+300.000	Clothoïde 2	Pente 20	64.316	65.199	224.60	507784.396	4048415.859	2.50	-2.50	1.00
P470	59+320.000	Droite 7	Parabole 21	64.455	65.399	224.71	507802.912	4048408.301	2.50	-2.50	0.99
P471	59+340.000	Droite 7	Parabole 21	64.647	65.594	224.71	507821.425	4048400.731	2.50	-2.50	0.96
P472	59+360.000	Droite 7	Parabole 21	64.821	65.785	224.71	507839.937	4048393.161	2.50	-2.50	0.94

ANNEXE

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente
									Gauche	Droite	long.
P473	59+380.000	Droite 7	Parabole 21	64.802	65.971	224.71	507858.449	4048385.591	2.50	-2.50	0.92
P474	59+400.000	Droite 7	Parabole 21	64.895	66.152	224.71	507876.961	4048378.022	2.50	-2.50	0.89
P475	59+420.000	Droite 7	Parabole 21	65.061	66.328	224.71	507895.473	4048370.452	2.50	-2.50	0.87
P476	59+440.000	Droite 7	Parabole 21	65.395	66.499	224.71	507913.985	4048362.882	2.50	-2.50	0.85
P477	59+460.000	Droite 7	Parabole 21	65.338	66.666	224.71	507932.497	4048355.312	2.50	-2.50	0.82
P478	59+480.000	Droite 7	Parabole 21	65.536	66.828	224.71	507951.009	4048347.743	2.50	-2.50	0.80
P479	59+500.000	Droite 7	Parabole 21	66.125	66.985	224.71	507969.522	4048340.173	2.50	-2.50	0.77
P480	59+520.000	Droite 7	Parabole 21	67.715	67.137	224.71	507988.034	4048332.603	2.50	-2.50	0.75
P481	59+540.000	Droite 7	Parabole 21	67.144	67.285	224.71	508006.546	4048325.033	2.50	-2.50	0.73
P482	59+560.000	Droite 7	Parabole 21	67.014	67.427	224.71	508025.058	4048317.464	2.50	-2.50	0.70
P483	59+580.000	Droite 7	Parabole 21	67.795	67.565	224.71	508043.570	4048309.894	2.50	-2.50	0.68
P484	59+600.000	Droite 7	Parabole 21	67.135	67.698	224.71	508062.082	4048302.324	2.50	-2.50	0.65
P485	59+620.000	Droite 7	Parabole 21	67.553	67.827	224.71	508080.594	4048294.754	2.50	-2.50	0.63
P486	59+640.000	Droite 7	Parabole 21	67.065	67.950	224.71	508099.106	4048287.185	2.50	-2.50	0.61
P487	59+660.000	Droite 7	Parabole 21	67.893	68.069	224.71	508117.619	4048279.615	2.50	-2.50	0.58
P488	59+680.000	Droite 7	Parabole 21	67.393	68.183	224.71	508136.131	4048272.045	2.50	-2.50	0.56
P489	59+700.000	Droite 7	Parabole 21	68.030	68.292	224.71	508154.643	4048264.475	2.50	-2.50	0.53
P490	59+720.000	Droite 7	Parabole 21	68.116	68.397	224.71	508173.155	4048256.905	2.50	-2.50	0.51
P491	59+740.000	Droite 7	Parabole 21	68.206	68.497	224.71	508191.667	4048249.336	2.50	-2.50	0.49
P492	59+760.000	Droite 7	Parabole 21	68.347	68.591	224.71	508210.179	4048241.766	2.50	-2.50	0.46
P493	59+780.000	Droite 7	Parabole 21	68.274	68.681	224.71	508228.691	4048234.196	2.50	-2.50	0.44
P494	59+800.000	Droite 7	Parabole 21	68.747	68.767	224.71	508247.203	4048226.626	2.50	-2.50	0.41
P495	59+820.000	Droite 7	Parabole 21	68.802	68.847	224.71	508265.716	4048219.057	2.50	-2.50	0.39
P496	59+840.000	Droite 7	Parabole 21	68.633	68.923	224.71	508284.228	4048211.487	2.50	-2.50	0.37
P497	59+860.000	Droite 7	Parabole 21	68.647	68.994	224.71	508302.740	4048203.917	2.50	-2.50	0.34
P498	59+880.000	Droite 7	Parabole 21	68.725	69.060	224.71	508321.252	4048196.347	2.50	-2.50	0.32
P499	59+900.000	Droite 7	Parabole 21	68.767	69.122	224.71	508339.764	4048188.778	2.50	-2.50	0.29
P500	59+920.000	Droite 7	Parabole 21	68.893	69.178	224.71	508358.276	4048181.208	2.50	-2.50	0.27
P501	59+940.000	Droite 7	Parabole 21	69.054	69.230	224.71	508376.788	4048173.638	2.50	-2.50	0.25
P502	59+960.000	Droite 7	Parabole 21	69.178	69.277	224.71	508395.300	4048166.068	2.50	-2.50	0.22
P503	59+980.000	Droite 7	Parabole 21	69.284	69.319	224.71	508413.813	4048158.499	2.50	-2.50	0.20
P504	59+999.997	Droite 7	Parabole 21	69.357	69.357	224.71	508432.322	4048150.930	2.50	-2.50	0.18

ANNEXE 4: Cubatures récapitulatif

Matériau	Remblais	Déblais	Tuf	GB	BB	BETON	Terre végétale
Volume (m^3)	17839,3	322393,6	195952.6	60313.9	17606	10322.8	7522.5