République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة

فرنسيس جانسون

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson



Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Matériaux & Structures

Thème

Etude APD de la liaison autoroutière reliant le port de Bejaïa a autoroute est-ouest Section du PK 34 au PK 44 avec une conception d'échangeur

Présenté par :

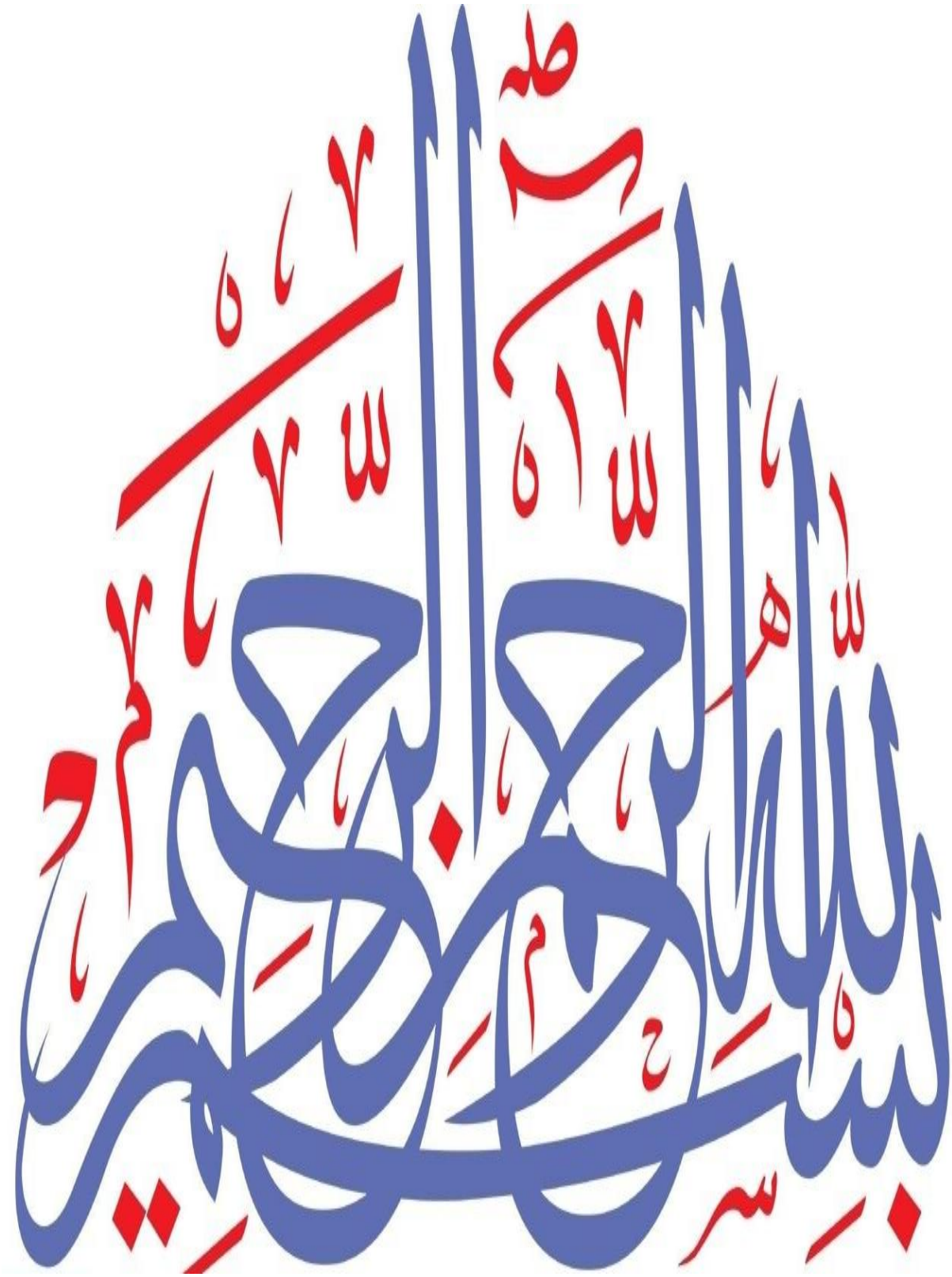
CHERIET AYMEN MIZOUNI
HASSIKA CHOUAIB

Encadré par :

Mr.ZIANE SOUFIANE

Promotion 2023/2024

© ENSTP-FJ - Garidi - Vieux Kouba


طه
بسم الله الرحمن الرحيم

Remerciement

Nous exprimons notre profonde gratitude et sincère dévouement à notre Dieu Tout-Puissant et Miséricordieux, qui nous a accordé la volonté, le courage et la force nécessaires pour élaborer ce travail.

Nous souhaitons exprimer notre gratitude à notre encadreur, Monsieur **ZIANE SOUFIANE**, pour son aide et son encadrement durant toute la période de préparation de ce mémoire.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers l'ingénieur **AZZOUZ** pour son aide précieuse et ses conseils avisés,qui ont grandement contribué à la réalisation de ce travail.

Nous tenons également à exprimer notre profonde reconnaissance à tous les Enseignants de l'ENSTP qui nous ont enrichis de leurs connaissances et de leur savoir tout au long de notre formation et de nos études.

Finalement, Je remercions sincèrement toutes les personnes qui ont, de près ou de loin, contribué à la réalisation de ce travail.

Nous remercions les membres du jury qui nous ont fait l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

je tiens à exprimer ma gratitude et mon amour à ceux qui m'ont aidé à atteindre mes objectifs et à grandir en tant que personne. Ma chère maman, Houda, qui a toujours été là pour moi, pour me guider et me soutenir, et qui a inspiré en moi la force et la détermination de poursuivre mes rêves. Mon dévoué père, Ali, qui a toujours été un modèle pour moi, avec sa générosité et sa bienveillance, et qui a enseigné à mes frères et moi les valeurs de l'honneur et de la responsabilité.

À mes frères, Amir, Ayham, Adem, et Akram, qui partagent mon amour pour l'apprentissage et qui m'ont aidé à grandir en tant que personne. Nous avons partagé des moments inoubliables ensemble, et je suis reconnaissant de leur présence dans ma vie.

Je remercie également l'ingénieur Mouiz Hada, qui a été un guide et un mentor pour moi, et qui a contribué à mon développement professionnel. Ses conseils et son expérience ont été inestimables.

Mes amis Taki, Nidal, et Ramy, qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de mon chemin, ont partagé avec moi des moments de joie et de détente. Je suis reconnaissant de leur amitié et de leur confiance en moi.

Et à mes amis de la cité universitaire, Mohamed, Amine, Maamer, Lokmane, Abdallah, et à tous les autres qui ont partagé avec moi les moments inoubliables de cette aventure. Votre présence, votre soutien et votre amitié ont été inestimables pour moi. Je vous remercie de votre confiance, de vos encouragements et de vos conseils.

Ce travail est dédié à tous ces personnes qui m'ont aidé à atteindre mes objectifs et qui continuent de m'inspirer chaque jour. Je les remercie de leur amour, de leur soutien et de leur confiance en moi. Je les aime et je les respecte.

Sans oublier tous mes enseignants de l’ENSTP sans exception

CHERIET AYMEN MIZOUNI

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À mes chers parents, qui ont été mon soutien à chaque étape. Merci pour vos efforts et sacrifices, sans vous je n'aurais pas atteint ce jour. Je vous aime tous les deux du fond du cœur.

À mes chers frères et mes sœurs, merci pour votre soutien t vos encouragements constants. Votre amour a été une incitation pour moi à atteindre cet accomplissement.

À celui qui nous a appris que le vrai professeur est celui qui atteint le cœur des étudiants avant leur esprit, à toi je dédie ce travail, Le meilleur professeur Bouzid Abde Alkhader.

À mon professeur joualil Ahmed Oussama, Qu'Allah ait pitié de toi, mon cher maître, tes pensées sont toujours vivantes dans nos âmes.

À celle qui a parié sur mon avenir, et maintenant je réalise son rêve à mon cher professeur salhi Rokhaya.

À tous les enseignants qui ont été la cause de ce à quoi je suis arrivé maintenant.
À tous les Amis des routes, difficiles et faciles, sombres et lumineuses, je dédie cette recherche alors que je présente ce cadeau comme une expression de ma gratitude pour votre présence dans ma vie. À l'ensemble des amis de l'école des travaux publics.

Sans oublier tous mes enseignants de l'ENSTP sans exception.

HASSIKA CHOUAIB

Résumé

Notre projet consistait en une étude d'avant-projet détaillé (APD) d'un tronçon autoroutier reliant le port de Bejaïa à l'autoroute est-ouest sur une distance de 10 km s'étendant du pk 34+000 au pk 44+000 sur une distance de 10 km, avec la conception d'un échangeur au pk 00+000. Ce projet a été proposé par l'agence nationale des autoroutes (ADA).

Pour mener à bien cette étude, nous avons suivi un plan de travail établi par notre encadreur. Ce plan comprenait une introduction générale, une étude de trafic, une analyse géométrique, une étude géotechnique, une évaluation hydraulique, la conception de l'échangeur, le calcul des volumes de terrassement et des matériaux, la réalisation d'un devis quantitatif et estimatif, et se terminait par une conclusion générale.

La conception et le calcul sont faits à l'aide de logiciel civil 3d, les dessins avec autocade, la vérification de structure avec alizé et de la stabilité des talus avec talren.

Mot clé : APD, échangeur, autoroute, trafic, géométrie, corps de chaussée, stabilité, relief difficile, renforcement

ملخص

يتكون مشروعنا من دراسة تصميم أولية مفصلة لقسم الطريق السريع الذي يربط ميناء بجاية بالطريق السريع شرق-غرب على مسافة 10 كيلومترات تمتد من النقطة الكيلومترية 34 + 000 إلى النقطة الكيلومترية 44 + 000 على مسافة 10 كيلومترات، مع تصميم تقاطع عند بي كي 00 + 000. تم اقتراح هذا المشروع من قبل الوكالة الوطنية للطرق السريعة (آدا).

لتنفيذ هذه الدراسة، اتبعنا خطة عمل وضعها مشرفنا. تضمنت هذه الخطة مقدمة عامة، ودراسة مرورية، وتحليل هندسي، ودراسة جيوتقنية، وتقييم هيدروليكي، وتصميم التبادل، وحساب أحجام الأعمال الترابية والمواد، وتحقيق تقدير كمي ومقدر، وانتهت باستنتاج عام.

يتم التصميم والحساب باستخدام برنامج سيفيل ثلاثي الابعاد، والرسومات مع أوتوكاد، والتحقق الهيكلي مع أليز واستقرار المنحدرات مع الشريحة تالرن.

الكلمات المفتاحية

:التقاطع، الطريق السريع، حركة المرور، الهندسة، جسم الطريق، الاستقرار، التعزيز

Summary

Our project consisted of a detailed preliminary design study (APD) of a motorway section connecting the port of Bejaia to the east-west motorway over a distance of 10 km extending from pk 34+000 to pk 44+000 over a distance of 10 km, with the design of an interchange at pk 00+000. This project was proposed by the National Highway agency (ADA).

To carry out this study, we followed a work plan established by our supervisor. This plan included a general introduction, a traffic study, a geometric analysis, a geotechnical study, a hydraulic evaluation, the design of the interchange, the calculation of the volumes of earthworks and materials, the realization of a quantitative and estimated estimate, and ended with a general conclusion.

The design and calculation are done using civil 3d software, drawings with autocade, structural verification with alizé and slope stability with talren.

Keywords :

APD, interchange, roadway, traffic, geometry, road body, stability, difficult relief, reinforcement

Abréviation

PK : point kilométrique
RN : route nationale
A.N.R.H : agence nationale des ressources hydraulique
ICTAAL : instruction sur les conditions technique d'aménagement des autoroutes de liaisons
ANA : agence nationale des autoroutes
BAU : Bande d'arrêt d'urgence
BDG : Bande dérasé de gauche
BDD : Bande dérasé de droite
TPC : Terre-plein central
TEC : Trafic effectif cumulé
TJMA : Trafic journalier moyen annuel
BB : béton bitumineux
GB : grave bitumineux
GNT : grave non traité
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

SOMMAIRE

.....1

CHAPITRE I *PRESENTATION DU PROJET*.....2

I.1 Introduction 2

I.2 Description sur la wilaya de Bejaia : 2

I.2.1 Le relief de wilaya Bejaia :.....2

I.2.1.1 La zone côtière : 3

I.2.1.2 La vallée de Soummam : 3

I.2.1.3 La zone montagneuse : 3

I.2.2 Le climat et précipitation de cette zone : 3

I.2.3 Hydrologie :.....3

I.2.4 Le Réseau routier de Bejaïa :.....3

I.3 Description du notre projet : 4

I.4 Objectif de ce projet :.....4

I.5 Les objectifs de mon étude du tronçon (PK34 au PK44) :.....4

I.6 Conclusion:.....4

CHAPITRE II *ETUDE DE TRAFIC*.....5

II.1 Introduction: 5

II.2 Analyse de trafic : 5

II.2.1 Comptage : 5

II.2.1.1 Comptages automatiques : 5

II.2.1.2 Comptages manuels : 6

II.2.2 Connaissance des flux (enquêtes) : 6

II.3 La capacité : 6

II.3.1 Définition de la capacité :.....6

II.3.2 Projection future du trafic : 6

II.3.3 Trafic effectif : 7

II.3.4 Débit de pointe horaire normale :.....7

II.3.5 Début horaire admissible :.....7

II.4 Application au projet : 8

II.4.1 Les données de trafic :.....8

II.4.2 Projection future de trafic :.....8

II.4.3 Calcul de trafic effectif :.....8

II.4.4 Débit de pointe horaire normale :.....8

II.4.5 Calcule de débit admissible :.....9

II.4.6 Détermination du nombre de voies : 9

II.4.7 Calcul de l'année de saturation : 9

II.5 Conclusion: 9
CHAPITRE III TRACE EN PLAN 10
III.1 Introduction: 10
III.2 Choix de la catégorie : 10
III.3 Règles à respecter dans le tracé en plan: 10
III.3.1 Les éléments de tracé en plan : 10
III.3.2 Les alignements : 11
III.3.3 Arc de cercle : 11
III.3.4 Les rayons : 11
III.4 Les raccordements progressifs : 12
III.5 Enchainement des éléments du tracé en plan : 12
III.5.1 Eléments de la Clothoïde : 12
III.6 Les contraintes dans le projet : 13
III.7 Les éléments géométriques dans notre trace : 13
III.8 Conclusion: 13
CHAPITRE IV PROFIL EN LONG 14
IV.1 Introduction: 14
IV.2 Règles à respecter pour le profil en long : 14
IV.3 Les paramètres du profil en long: 14
IV.4 Les éléments géométriques du profil en long : 15
IV.5 Déclivités : 15
IV.5.1 Déclivité minimale : 15
IV.5.2 Déclivité maximale : 15
IV.6 Raccordement en profil en long : 15
IV.6.1 Raccordements convexes (angle saillant ∩) : 15
IV.6.2 Raccordement concave (angle rentrant U) : 16
IV.7 Coordination entre le tracé en plan et le profil en long : 16
IV.8 Les pentes dans le projet : 16
IV.9 Les éléments géométriques dans notre profil en long : 16
IV.10 Conclusion: 16
CHAPITRE V PROFIL EN TRAVERS 17
V.1 Introduction : 17
V.2 Diffèrent type de profil : 17
V.3 Les éléments du profil en travers : 17
V.4 Classification du profil en travers : 18
V.4.1 Profil en travers type : 18

V.4.2 Profil en travers courant :.....18
V.4.3 Pentes transversales : 18
V.4.4 En alignement et en courbe non déversée :.....19
V.4.5 En courbe déversée : 19
V.5 Application de projet : 19
V.5.1 Profil en travers type de projet :.....19
V.6 Conclusion: 19
CHAPITRE VI DIMENNSIONEMENT DE CORPS CHAUSSEE 20
VI.1 Introduction : 20
VI.2 Objectif :.....20
VI.3 Méthode de dimensionnement : 20
VI.4 Les paramètres de dimensionnement d'une chaussée :.....20
VI.4.1 Classification du sol :.....20
VI.4.2 Le trafic :.....20
VI.5 Méthode de catalogue de dimensionnement de chaussée (CTTP) : 21
VI.5.1 Choix du niveau de réseau principale :.....21
VI.5.2 La classe de trafic : 21
VI.5.2.1 Pourcentage de poids lourds (sur la voie droite) : 21
VI.5.2.2 Trafic de poids lourds (TPL) : 21
VI.5.2.3 Choix de la classe de trafic (**TPLi**) : 21
VI.5.3 La classes de portance des sols :.....21
VI.5.4 Choix de épaisseur couche de forme : 22
VI.5.5 Choix de type de structure :.....22
VI.5.5.1 Condition interface : 22
VI.5.6 Trafic cumulée équivalent : 23
VI.5.7 Dimensionnement de corps de chaussée : 23
VI.5.7.1 Donnée de dimensionnement :.....23
VI.5.7.2 Choix de dimensionnement : 24
VI.5.8 La déformation admissible : 24
VI.5.8.1 La déformation admissible sur le sol support (**εz, ad**) :.....24
VI.5.8.2 La déformation admissible de traction : 24
VI.5.9 Les sollicitations avec ALIZE-LCPC :.....26
VI.5.10 Comparaison les résultats : 27
VI.6 Méthode CBR : 27
VI.6.1 Application sur notre projet :.....28
VI.6.1.1 Épaisseur équivalent : 28
VI.7 Matériaux sélectionnés :.....28
VI.8 Conclusion:.....29
CHAPITRE VII ETUDE GEOTECHNIQUE 30
VII.1 Introduction: 30
VII.2 Objectif de l'étude géotechnique: 30

VII.3 Les essais géotechniques : **30**
VII.3.1 Essai sin situ : 30
VII.3.1.1 Nombre de essais in situ : 30
VII.3.1.2 Résultats des essais in situ : 31
VII.3.2 Essais en laboratoire : 32
VII.3.2.1 Résultat des essais en laboratoire: 33
VII.4 Calcul des paramètres du terrain : **35**
VII.4.1 Méthode de calcul : 35
VII.4.2 Résultat de calcul : 35
VII.4.3 Matériaux réutilisables en remblai : 35
VII.5 Classification les sols selon GTR : **36**
VII.5.1 Sondage carotté : 36
VII.5.2 Puit de reconnaissance : 37
VII.6 Condition de réutilisation les matériaux : **37**
VII.6.1 Vérification de la possibilité de réutilisation des matériaux : 37
VII.6.2 Condition d'utilisation les matériaux en remblai et couche de forme : 38
VII.6.2.1 En remblai: 38
VII.6.3 En couche de forme : 39
VII.7 Conclusion: **39**
CHAPITRE VIII STABILITE DU TALUS **40**
VIII.1 Introduction: **40**
VIII.2 Les méthodes du calcul les stabilités des talus : **40**
VIII.3 Logiciels utilisés : **41**
VIII.4 Coefficient sismique : **41**
VIII.5 Pentes des talus et bermes : **41**
VIII.6 Mur de soutènement : **42**
VIII.7 Calcul la stabilité : **42**
VIII.7.1 Cas déblai : 42
VIII.7.1.1 Caractéristique de terrain appliqué : 42
VIII.7.1.2 Résultat de TALREN4 : 43
VIII.7.2 Cas remblai : 43
VIII.7.2.1 Caractéristique de terrain appliqué: 44
VIII.7.2.2 Résultat de TALREN4 : 44
VIII.8 Protection des talus: **44**
VIII.9 Conclusion : **44**
CHAPITRE IX ETUDE HYDRAULIQUE **45**
IX.1 Introduction: **45**
IX.2 Objectifs de l'assainissement routier : **45**
IX.3 Critères de base dans la conception des ouvrages d'assainissement : **45**

IX.4 Etude hydrologique : 46
IX.4.1 Les données de calcul : 46
IX.4.2 Les étapes de l'étude : 46
IX.5 Caractérisation physique des bassins versants : 46
IX.6 Estimation des débits de crue : 47
IX.6.1 Formule Rationnelle : 47
IX.6.2 Temps de concentration : 48
IX.6.2.1 Méthode de Ventura : 48
IX.6.2.2 Méthode de Passini : 48
IX.6.2.3 Méthode de Giandotti : 48
IX.6.3 L'intensité de pluie I : 48
IX.6.4 Coefficient de ruissellement : 49
IX.6.5 Le débit de saturation **Qs** : 49
IX.6.6 Résultats de calcul des débits : 49
IX.7 Dimensionnement hydraulique : 50
IX.7.1 Les Systèmes de drainage transversal : 50
IX.7.2 Prédimensionnement des ouvrages : 51
IX.7.3 Dimensionnement d'ouvrage transversal au PK 35+050 : 51
IX.7.3.1 Détermination du débit d'apport : 51
IX.7.3.2 Détermination de dimension du Buse: 51
IX.7.3.3 Vérification des conditions d'auto curage : 51
IX.7.3.4 Condition de calage : 52
IX.8 Dimensionnement d'ouvrage transversal au PK 37+825 : 53
IX.8.1.1 Détermination de l'intensité I(t) et du temps de concentration : 53
IX.8.1.2 Détermination du débit d'apport : 54
IX.8.1.3 Détermination des dimensions du dalot : 54
IX.8.1.4 Condition de calage : 54
IX.8.2 Tableau récapitulatif des dalots et des buses : 56
IX.9 Dimensionnement des fossés : 56
IX.9.1 La surface mouillée : 57
IX.9.2 Le périmètre mouillé : 57
IX.9.3 Le Rayon hydraulique : 57
IX.9.4 Coefficient de ruissellement (C) : 57
IX.9.5 Estimation des débits d'apport (**QA**) : 57
IX.9.6 Récapitulatif des surfaces : 57
IX.9.7 L'intensité de l'averse I(T) : 58
IX.9.8 Débit de saturation : 58
IX.10 Conclusion : 58
CHAPITRE X CUBATURE 60
X.1 Introduction : 60
X.2 Les méthodes de calcul : 60
X.3 Description de la méthode : 60

X.4 Calcul des cubatures de projet : 62

CHAPITRE XI CONCEPTION D'ECHANGEUR 63

XI.1 Introduction : 63

XI.2 Rôle de l'échangeur : 63

XI.3 Les éléments de l'échangeur : 63

XI.4 Règles de conception : 63

XI.5 Choix du type d'échangeur : 64

XI.5.1 1ère Etape : Détermination du tracé : 64

XI.5.2 2éme Etape : Configuration du tracé à adopter : 64

XI.5.3 3éme Etape : Analyse : 64

XI.6 Application sur notre projet : 64

XI.6.1 Détermination du tracé : 64

XI.6.1.1 Type de route et nombre de branches : 64

XI.6.1.2 Présentation du site d'implantation : 64

XI.6.1.3 Distribution du trafic : 64

XI.6.1.4 Vitesse et les caractéristiques sur la bretelle : 65

XI.6.2 Configuration du tracé à adopter : 65

XI.6.2.1 Les valeurs limitées de conception : 65

XI.6.2.2 Longueurs des voies : 65

XI.6.2.3 Terre-plein latéral (TPL) et obliquité Lm : 66

XI.6.2.4 Profil en long : 67

XI.6.2.5 Profil en travers : 67

XI.6.3 Analyse : 68

XI.6.3.1 Visibilité : 68

XI.7 Conclusion: 69

XI.8 photo d'échangeur 69

CHAPITRE XII OUVRAGE D'ART ET TUNNEL 70

XII.1 Introduction : 70

XII.2 Présentation et justification sur l'implantation de l'ouvrage existant : 70

XII.2.1 Présentation et justification sur le pont : 70

XII.2.2 Présentation et justification sur le viaduc : 70

XII.3 Choix de type d'ouvrage d'art (pont, viaduc) : 70

XII.3.1 Variante 1 (Pont à poutre en béton précontrainte) : 71

XII.3.1.1 Les avantages : 71

XII.3.1.2 Les inconvénients : 71

XII.3.2 Variante 2 (pont a poutre en béton armé) : 71

XII.3.2.1 Les avantages : 72

XII.3.2.2 Les inconvénients : 72

XII.3.3 Variante 3 (Pont mixte) : 72

XII.3.3.1 Les avantages : 72

XII.3.3.2 Les inconvénients : 72

XII.4 Analyse multicritère : 73
XII.4.1 Pont : 73
XII.4.2 Viaduc : 73
XII.5 Description sur les ouvrages d'art : 73
XII.5.1 Pont « OA 1 » : 73
XII.5.2 Viaduc « OA 1 » : 74
XII.6 Présentation et justification sur l'implantation de tunnel : 74
XII.7 Conclusion : 74
CHAPITRE XIII IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX 75
XIII.1 Introduction : 75
XIII.2 Objectif de l'étude d'impact sur environnement : 75
XIII.2.1 Evaluation des impacts : 75
XIII.2.1.1 Intensité de l'impact : 75
XIII.2.1.2 Étendue de l'impact : 76
XIII.2.1.3 Durée de l'impact : 76
XIII.2.1.4 Importance de l'impact : 76
XIII.3 Identification des impacts de projet sur l'environnement : 76
XIII.3.1 Evaluation des impacts pendant la période de chantier : 76
XIII.3.1.1 Impact dû à la pollution de l'air : 76
XIII.3.1.2 Impact des travaux sur le paysage : 77
XIII.3.1.3 Impact sur les sols : 77
XIII.3.1.4 Impact sur les ressources hydriques : 77
XIII.3.1.5 Impact sur l'agriculture : 78
XIII.3.1.6 Impacts sur le milieu humain : 78
XIII.3.1.7 Impacts socio-économiques : 79
XIII.3.2 Impacts potentiels durant la période d'exploitation : 79
XIII.3.2.1 Impact positif : 79
XIII.3.2.2 Impacts négatifs : 79
XIII.4 Mesures prises pour minimiser les impacts : 80
XIII.4.1 Mesures prévues durant la période de construction : 80
XIII.4.1.1 Mesures relatives à l'organisation du chantier : 80
XIII.4.1.2 Mesures d'ordre et de sécurité durant le chantier : 80
XIII.4.1.3 Mesures relatives à la pollution de l'air : 80
XIII.4.1.4 Mesures relatives à l'impact paysager : 80
XIII.4.1.5 Mesures relatives à l'impact sur les sols : 81
XIII.4.1.6 Mesures relatives à l'eau : 81
XIII.4.1.7 Mesures relatives à la végétation (milieux boises) : 81
XIII.4.1.8 Mesures relatives au milieu humain : 81
XIII.4.2 Mesures prévues durant la période d'exploitation : 81
XIII.4.2.1 Mesures relatives à la pollution de l'air : 81
XIII.4.2.2 Mesures relatives au paysage : 81
XIII.4.2.3 Mesures relatives à l'eau : 81
XIII.4.2.4 Mesures de renforcement de la sécurité humaine et de cadre de vie : 82

XIII.5 Conclusion : **82**

CHAPITRE XIV AMENAGEMENT LES FORTES PENTES **83**

XIV.1 Introduction : **83**

XIV.2 Les fortes pentes : **83**

XIV.2.1 Les paramètres de forte pente : 83

XIV.3 Composante de la voie détresse : **84**

XIV.3.1 Lit d'arrêt : 84

XIV.3.1.1 Type de lit d'arrêt : 84

XIV.3.1.2 Dimensionnement de lit d'arrêt : 84

XIV.3.2 Dimensionnement de voie d'accès au lit d'arrêt : 85

XIV.4 Application sur notre projet : **86**

XIV.4.1 Implantation : 86

XIV.4.1.1 Zone 1 (PK 38+850) 86

XIV.4.1.2 Zone 2 (PK 35+500) : 86

XIV.4.1.3 Zone 3 (PK 37+825 "sens inverse") : 86

XIV.5 Conclusion: **86**

XIV.6 Photo de la voie détresse : **86**

CHAPITRE XV SIGNALISATION **87**

XV.1 Introduction : **87**

XV.2 Types de signalisation : **87**

XV.2.1 Signalisation verticale : 87

XV.2.1.1 Signalisation de direction : 87

XV.2.1.2 Signalisation de Police (danger, de prescription et d'indication) 88

XV.2.2 Signalisation horizontale : 91

XV.2.2.1 Couleurs des marques : 91

XV.2.2.2 Types de signalisation horizontale : 92

XV.2.2.3 Caractéristiques générales des marques : 92

XV.3 Eclairage : **93**

XV.3.1 Catégories d'éclairages : 94

XV.3.2 Paramètres de l'implantation des luminaires : 94

XV.3.3 Application au projet : 94

XV.4 Conclusion : **95**

CHAPITRE XVI DEVI QUANTITATIF ET ESTIMATIF **96**

Conclusion Générale : **100**

Figure I.1:la pénétrante de bejaia 2
Figure II.1 : compteur routier 5
Figure II.2 : Comptage manuels 6
Figure III.1 : Les éléments de tracé en plan 11
Figure III.2 : les éléments de la clothoïde 12
Figure V.1 : different type de profil 17
Figure V.2 : élément de profil en travers 18
Figure VI.1 : Résultats obtenus par ALIZEE-LCPC 27
Figure VIII.1 : coupe des tranche de la ligne de repture 40
Figure VIII.2 : les critères de chaque tranche 40
Figure VIII.3 .les dimensionnement de notre mur de soutenement 42
Figure VIII.4 : déblai du pk 34+500 au pk 34+900 dans la logiciel CIVIL 3D 42
Figure VIII.5 : resultat de logiciel TALREN (en déblai) dans le cas sismique 43
Figure VIII.6 : resultat de logiciel TALREN (en déblai) dans le cas sans seisme 43
Figure VIII.7 : remblai du pk 37+775 au pk 38+050 dans la logiciel CIVIL 3D 43
Figure VIII.8 : resultat de logiciel TALREN (en remblai) dans le cas sismique 44
Figure VIII.9 : resultat de logiciel TALREN (en remblai) dans le cas sans séisme 44
Figure IX.1 : Les systèmes de drainages (buse) 50
Figure IX.2 : Les systèmes de drainages (dalot) 50
Figure IX.3 : buse 51
Figure IX.4 : l'abaque pour calculer hn 52
Figure IX.5 : l'abaque pour calculer hc 52
Figure IX.6 : l'abaque pour calculer yc 53
Figure IX.7 : l'abaque pour trouver S/R^2 53
Figure IX.8 : Dalot avec remplissage de 80%. 54
Figure IX.9 : l'abaque pour calculer hn 54
Figure IX.10 : l'abaque pour calculer hc 55
Figure IX.11 : l'abaque pour calculer yc 55
Figure IX.12 : Dimensions du fossé 58
Figure X.1 : Méthode de la moyenne des aires (projection horizontale). 60
Figure X.2 : Méthode de la moyenne des aires (projection verticale). 61
Figure XI.1 : la sorite de l'échangeur 66
Figure XI.2 : l'entré de l'échangeur 66

Figure XI.3 : terre-plein latérale 66
Figure XI.4 : Longueur oblique en sortie 67
Figure XI.5 : échnageur 69
Figure XII.1 : pont a poutre en béton précontrainte 71
Figure XII.2 : pont a poutre en béton armé 71
Figure XII.3 : pont mixte 72
Figure XIV.1 : calcule indicateur D (dénivelé) 83
Figure XIV.2 : voie détresse 84
Figure XIV.3 : Longueur de la fosse en mètres selon la pente moyenne de la fosse en % et la vitesse d'entrée dans la fosse en km/h 85
Figure XIV.4 : les granulat de lit d'arrêt 85
Figure XIV.5 : les longeurs de voie d'accées au lit d'arrét 85
Figure XIV.6 : la voie détresse dans notre projet 86
Figure XV.1 : panneau de direction 88
Figure XV.2 : signaux de danger 88
Figure XV.3 : Panneau de signalisation de présignalisassions 89
Figure XV.4 : signaux de prescription 90
Figure XV.5 : Panneau de signalisation de Tunnel 90
Figure XV.6 portique de signalisation de direction 91
Figure XV.7 : Marquage longitudinal 92
Figure XV.8 : Caractéristiques de tous les types de lignes discontinues selon les normes européennes 93
Figure XV.9 : Caractéristiques de tous les types de lignes discontinues selon les normes européennes 93
Figure XV.10 : Paramètres de l'imploration des luminaires 94

Tableau II.1:Coefficient d’équivalence 7
Tableau II.2 : Valeurs de K1 7
Tableau II.3 : Valeurs de k2 8
Tableau II.4 : Valeurs de capacité théorique 8
Tableau III.1 : les longueurs max et min de l'alignement 11
Tableau III.2 : les valeurs minimales des rayons du tracé en plan 12
Tableau III.3 : la géométie du tracé en plan 13
Tableau IV.1 : Les paramètres de profil en long 15
Tableau IV.2 : la géometrie du profil en long 16
Tableau V.1 : Dimensions des éléments du Profil en travers type 19
Tableau V.2 : divere de corps de chauusée 19
Tableau VI.1 : la classe de trafic TPL 21
Tableau VI.2 : classes de portance des sols 21
Tableau VI.3 : les matériaux et epaisseur de C.D.F 22
Tableau VI.4 : type de structure 22
Tableau VI.5 : les conditions de collage 22
Tableau VI.6 : coefficient d'agressivité 23
Tableau VI.7 : Performances mécaniques des Matériaux bitumineux 24
Tableau VI.8 : risque adopté pour le réseau RP1 25
Tableau VI.9 : valeur de t 25
Tableau VI.10 : les résultats de calcul 26
Tableau VI.11 : performance mécanique des matériaux non traités 26
Tableau VI.12 : comparaison les résultats de déformations 27
Tableau VI.13 : Coefficient de ai 28
Tableau VII.1 : les essais in situ dans notre projet 30
Tableau VII.2 : le nombre de réalisation des essais in situ 31
Tableau VII.3 : résultat de l'essai sondage carotté 31
Tableau VII.4 : résultat de l'essai puit de reconnaissance 31
Tableau VII.5 : les essais en laboratoire dans notre projet 32
Tableau VII.6 : Résultats des essais géotechniques sur les échantillons prélevés des sondages 33

Tableau VII.7 : Résultats des essais mécaniques sur les échantillons prélevés des sondages 33
Tableau VII.8 : Résultats des essais géotechniques sur les échantillons prélevés des puits de reconnaissance 34
Tableau VII.9 : Résultats des essais de compactage sur les échantillons prélevés des puits de reconnaissance 34
Tableau VII.10 : formule de Dunham 1954 35
Tableau VII.11 : résultat de calcul les caractéristiques de l'argile 35
Tableau VII.12 : résultat de calcul les caractéristiques de Cailloux et graviers 35
Tableau VII.13 : les caractéristiques de remblai 35
Tableau VII.14 : les caractéritique de la SC-34-1 36
Tableau VII.15 : résultat de classification les sols selon GTR sur les échantillons prélevés des sondages 36
Tableau VII.16 : résultat de classification les sols selon GTR sur les échantillons prélevés des puits de reconnaissance 37
Tableau VII.17 : la possibilité de réutilisation le déblai en remblais, PST et couches de forme 38
Tableau VII.18 : les techniques pour utiliser notre sol en remblai 38
Tableau VII.19 : les techniques pour utiliser notre sol en couche de forme 39
Tableau VIII.1 : Classification des ouvrages selon leur importance 41
Tableau VIII.2 : coefficient sismique 41
Tableau VIII.3 : pente des talus 41
Tableau VIII.4 :hauteur de talus et longueur de risberme 42
Tableau VIII.5 : caractéristique de terrain 42
Tableau VIII.6 :vérification les résultats de calcul (cas déblai) 43
Tableau VIII.7 : caractéristique de terrain 44
Tableau VIII.8 : vérification les résultats de calcul (cas remblai) 44
Tableau IX.1 : Caractéristiques physiques des bassins versants 47
Tableau IX.2 : Coefficient de Montana « a(t) » 49
Tableau IX.3 : Coefficient de ruissellement Cr 49
Tableau IX.4 : Les valeurs des débits d'apport 49
Tableau IX.5 : vérification les résultats de calcul les condition d'auto curage 52
Tableau IX.6 : résultat de calcul calage d'ouvrage 53
Tableau IX.7 : résultat de calcul calage d'ouvrage 56
Tableau IX.8 : Liste des ouvrages hydrauliques 56
Tableau IX.9 : Coefficient de ruissellement 57

Tableau IX.10 : caractéristique géométrique de la chaussée, berme, talus.....57
Tableau IX.11 : Calcul de débit d'apport 58
Tableau XI.1 : les caractéristiques de la bretelle et la boucle 65
Tableau XI.2 : les valeurs de P 67
Tableau XI.3 : Les valeurs limites des paramètres du profil en long 67
Tableau XI.4 : les caractéristiques de profil en travers.....67
Tableau XI.5 : les valeurs de Principales distances de visibilité 68
Tableau XII.1 : analyse multicritère du pont 73
Tableau XII.2 : analyse multicritère du viaduc.....73
Tableau XIV.1 : indicateur des fortes pentes.....83
Tableau XV.1 : Les marques et leurs largueurs.....93

Introduction générale

Le développement économique, industriel et culturel d'une nation est étroitement lié à la performance du secteur des transports. Un aménagement optimal de ce secteur favorise non seulement la communication et les échanges internes, mais aussi les interactions internationales. Le réseau routier, en particulier, joue un rôle crucial en tant qu'élément stratégique du système de transport. Il constitue un pilier de la cohésion sociale et communautaire. Cependant, le défi réside fréquemment dans l'insuffisance et la dégradation de l'infrastructure routière existante.

À l'issue de chaque cycle de formation à l'École Nationale Supérieure des Travaux Publics, l'élève ingénieur est tenu de réaliser un projet de fin d'études. Ce travail a pour objectif principal de permettre à l'élève de se familiariser avec un projet concret, facilitant ainsi son intégration professionnelle. Il vise également à lui faire connaître les missions et responsabilités d'un ingénieur d'État en travaux publics, tout en consolidant les connaissances acquises au cours de sa formation à l'école.

Dans le cadre du projet de fin d'études à l'École Nationale Supérieure des Travaux Publics, le sujet actuel a été initié par l'Algérienne des Autoroutes (ADA) en collaboration avec l'ENSTP. Cette initiative consiste en l'étude d'un Avant-Projet Détaillé (APD) pour un tronçon autoroutier reliant le port de Bejaïa à l'autoroute Est-Ouest, s'étendant du PK 34+000 au PK 44+000 sur une distance de 10 km. Le projet comprend également la conception d'un échangeur.

Le projet de fin d'études (PFE) vise à permettre aux ingénieurs en fin de cursus de mettre en pratique les connaissances théoriques acquises durant leur formation. Ce cadre d'ingénieur débutant leur offre l'opportunité d'appliquer les enseignements et les compétences acquises tout au long de leur parcours à l'école

Chapitre I : présentation du projet

CHAPITRE I *PRESENTATION DU PROJET*

I.1 Introduction

Les routes jouent un rôle crucial dans le développement des infrastructures et la connectivité régionale. Un projet clé en cours est la construction d'une route reliant le port de Béjaïa à l'autoroute Est-Ouest sur une distance de 100 kilomètres. Ce projet vise à améliorer la circulation des biens et des personnes, favorisant les échanges commerciaux et la connectivité régionale. L'avancement de ce projet est essentiel pour la région, offrant des opportunités de croissance économique et de développement durable. Il est également primordial d'évaluer les impacts environnementaux et sur le trafic que cette nouvelle infrastructure pourrait avoir.



Figure I.1:la pénétrante de bejaia

I.2 Description sur la wilaya de Bejaia :

La wilaya de Béjaïa, localisée en Algérie, se distingue par sa ville portuaire emblématique, Béjaïa, anciennement connue sous le nom de Bougie. Cette région méditerranéenne occupe une place centrale en tant que hub économique et logistique majeur, en grande partie grâce à son port stratégique situé sur le golfe de Béjaïa.

Béjaïa, le centre administratif de la wilaya, joue un rôle crucial en tant que plaque tournante commerciale régionale. Son port est reconnu comme le principal port pétrolier de la Méditerranée occidentale. De surcroît, la ville abrite une industrie textile prospère et est le siège social de Cevital, une entreprise d'importance majeure en Algérie.

I.2.1 Le relief de wilaya Bejaia :

La wilaya de Bejaia est caractérisée par la prédominance des zones montagneuses. A l'Est et au Sud-Est, elle se heurte aux montagnes des Babors auxquelles viennent se souder les montagnes des Bibans qui se prolongent jusqu'à la mer et les crêtes du Djurdjura à l'Ouest et complètent, ainsi, les limites géographiques de la wilaya.

La wilaya se divise en trois parties bien distinctes :

I.2.1.1 La zone côtière :

Longue de plus de 120 km, alternant critique rocheuses et plages de sable fin d'Est vers l'Ouest, elle s'étend de l'embouchure de l'oued Soummam à celui de l'oued Agrioun. Cette bande côtière, retardée au niveau des villages de Tichy et d'Aokas, étroite (200 à 2 000 mètres) est principalement composée de terre sablonneuse du fait de la pression maritime proche. La côte ouest escarpée s'étend de Cap Carbon jusqu'à Cap Sigli. Les bassins des oueds assez larges du fait des crues sont formés de dépôts alluvionnaires d'origine montagneuse.

I.2.1.2 La vallée de Soummam :

Enserrée entre l'ensemble Akfadou Gouraya au nord et la chaîne des Bibans au sud, elle apparaît comme une étroite bande sinueuse de 80 km de long (à l'intérieur de la wilaya) sur une largeur maximale de 04 km.

I.2.1.3 La zone montagneuse :

Constituée de la chaîne Bibans–Babors et de l'ensemble Akfadou-Gouraya, elle occupe les trois quarts de la superficie de la wilaya et présente des pentes supérieures à 25%. Les sols en majorité siliceux sont érodés.

Les montagnes les plus importantes sont :

- BABOR : 2004 m.
- TAKOUCHT: 1896 m.
- TAFATH: 1742 m.

I.2.2 Le climat et précipitation de cette zone :

La zone d'étude de Béjaïa présente un climat méditerranéen typique. Cette région est caractérisée par des étés chauds et secs, ainsi que des hivers doux et pluvieux. Les précipitations sont généralement plus abondantes pendant les mois d'hiver, a région de Béjaïa reçoit des précipitations annuelles moyennes d'environ 900 à 1000 millimètres. Selon les données climatiques, la région de Béjaïa bénéficie d'un climat pluvieux, notamment dans la zone littorale et la vallée de la Soummam.

I.2.3 Hydrologie :

La wilaya de Bejaïa faisant partie d'une région assez arrosée dont le réseau hydrographique du bassin de la Soummam compte 09 principaux oueds totalisant une longueur de 726 Km qui varie de 23 km à 226 Km.

- Les Oueds en nombre de 09 (Soummam, Azero, Ataissa, O'Kriss, Eddous, Bousselem, Elmain, Bouktou et ziane).
- Retenues collinaires : 31 dont 14 fonctionnelles.
- Forages : 94 exploités dont 26 situés sur les aires d'irrigation ;(plaine côtières et vallée de la Soummam) parmi lesquels on compte 12 Opérationnels seulement.
- Les Puits : 2873.

I.2.4 Le Réseau routier de Bejaïa :

La wilaya de Bejaia dispose d'un réseau routier d'une longueur de 4448 km.

- 444,20 Kms de routes nationales.

- 803.80 Kms de chemins de wilaya.
- 3200 Kms de chemins communaux.
- Un port et un aéroport.

I.3 Description du notre projet :

Le projet de construction d'une route pénétrante de 100 km reliant le port de Béjaïa à l'autoroute Est-Ouest revêt une importance capitale pour la région. Ce projet traverse plusieurs villes clés telles que Sidi-Aïch et Akbou, avant de se terminer à Ahnif. En outre, il traverse trois routes nationales majeures, à savoir la RN9, la RN75 et la RN74, soulignant ainsi son impact sur la connectivité régionale et nationale.
Notre projet se trouve dans le lot Est de la pénétrante autoroutière reliant le port de Bejaia a l'autoroute est ouest, du PK 34km au PK 44 km. Situé exactement entre la daïra d'EL kseur et la commune de timzerit de la willaya de Bejaia exactement dans la ville de Sidi-Aïch.

I.4 Objectif de ce projet :

L'objectif principal de réalisation de la pénétrante autoroutière reliant le port de Bejaïa à l'autoroute Est-Ouest est :

- Faciliter les déplacements et renforcer les échanges entre Béjaïa et les régions avoisinantes en améliorant l'accessibilité routière.
- Stimuler le développement économique de la région en facilitant le transport des biens et des personnes, favorisant ainsi les activités commerciales et industrielles.
- Améliorer la sécurité des usagers de la route en concevant un tracé adapté aux normes de sécurité, réduisant ainsi les risques d'accidents.
- Contribuer à désengorger le trafic urbain en offrant une alternative efficace pour relier Béjaïa à l'autoroute Est-Ouest, limitant ainsi les embouteillages et les temps de trajet.

I.5 Les objectifs de mon étude du tronçon (PK34 au PK44) :

- Étudier les caractéristiques géologiques de la zone d'étude, y compris les ensembles géologiques, la structure géologique et les risques naturels tels que les glissements de terrain.
- Évaluer les conditions de circulation actuelles sur le tronçon étudié, y compris les vitesses moyennes, les temps de parcours et les conditions de sécurité.
- Étudier le réseau hydrographique local, y compris les cours d'eau, les barrages et les zones inondables, et évaluer les risques liés aux crues et aux inondations
- Évaluer les risques naturels liés à la région, y compris les séismes, les glissements de terrain et les tempêtes, et proposer des mesures de prévention et de protection.

I.6 Conclusion:

Le projet de construction de la route pénétrante de Béjaïa, vise à améliorer de manière significative la connectivité régionale et à renforcer l'efficacité du réseau de transport dans la région, L'objectif de notre étude est de développer les plans et les spécifications nécessaires pour la réalisation de notre tronçon autoroutier (pk34 au pk44).

Chapitre II : étude de trafic

CHAPITRE II *ETUDE DE TRAFIC*

II.1 Introduction:

L'étude de trafic est un processus qui consiste à analyser et à comprendre les flux de véhicules et les conditions de circulation sur un réseau routier, dans le but de prendre des décisions éclairées pour la conception, la maintenance et l'amélioration des infrastructures de transport. Cette étude est essentielle pour les projets routiers, car elle permet de prévoir et de gérer efficacement le trafic, de réduire les congestions et d'assurer la sécurité des usagers.
L'analyse du trafic joue un rôle crucial dans la phase préliminaire de toute planification liée à l'infrastructure de transport. Elle sert à identifier le modèle d'aménagement approprié et, de manière plus détaillée, à définir les spécificités à lui attribuer, allant de la configuration des voies à l'épaisseur des diverses couches de matériaux constituant la chaussée.
L'étude de trafic comporte les étapes suivantes :

- Définition du réseau concerné
- L'analyse des trafics existants
- Les conditions de circulation
- La projection de trafics
- L'affectation de trafics

II.2 Analyse de trafic :

II.2.1 Comptage :

On distingue deux types de comptage :

II.2.1.1 Comptages automatiques :

- Permanents :

Des comptages permanents sont effectués à des points spécifiques sur les routes les plus significatives, tels que le réseau autoroutier, le réseau routier national et les routes les plus fréquentées.

- Temporaires :

Pour les autres parties du réseau, il est possible de procéder à des comptages temporaires (un mois par an) à l'aide de postes de comptages tournants. Ces recalages peuvent permettre d'approcher le trafic moyen annuel.



Figure II.1 : compteur routier

- Les composantes de la chaine de mesure :

- Le capteur
- Le compteur
- La transmission des donnés
- Le processus de traitement

II.2.1.2 Comptages manuels :

Les comptages manuels, effectués par des agents, ajoutent des données à celles recueillies par les systèmes de comptage automatique. Ils fournissent des informations supplémentaires telles que le pourcentage de poids lourds et le nombre de transports en commun dans le trafic.



Figure II.2 : Comptage manuels

II.2.2 Connaissance des flux (enquêtes) :

Il est souvent plus avantageux d'enrichir les données collectées par le biais de comptages avec des informations relatives à la typologie du trafic et à sa direction. Diverses approches peuvent être utilisées en fonction des besoins. Lorsque l'étude porte sur l'ensemble des accès à une zone donnée, telle qu'une agglomération, une ville ou même un quartier spécifique, on la qualifie d'enquête cordon. Cette méthode permet notamment de différencier les flux de transit des flux d'échange.

II.3 La capacité :

II.3.1 Définition de la capacité :

La capacité d'une route est le flux horaire maximum des véhicules qui peuvent raisonnablement passer en un point ou s'écouler sur une section de route uniforme (ou deux directions) avec les caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propres durant une période bien déterminée.

La capacité dépend de :

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

II.3.2 Projection future du trafic :

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

$$T_{JMAh} = T_{JMA0}(1 + \tau)^n$$

- T_{JMAh} : le trafic à l'année horizon.
- T_{JMA0}: le trafic à l'année de référence.
- n : nombre d'année.
- τ : taux d'accroissement du trafic (%).

II.3.3 Trafic effectif :

C'est le trafic traduit en unité de véhicule particulier (uvp), en fonction de type de route et de l'environnement (vallonnée, en plaine, montagneux). Pour cela on utilise des coefficients à d'équivalence pour convertir les PL en (uvp). Le trafic effectif est donné la relation suivante :

$T_{eff} = [(1-Z) + P.Z]\ T_{JMAh}$

Avec :

- T_{eff}: trafic effectif à l'année horizon en (uvp/jour).
- Z : pourcentage de poids lourd **Z= 11 %.**
- P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds qui dépend de l'environnement.

Tableau II.1:Coefficient d'équivalence

Environnement	E1 : Facile (plaine)	E2 : Moyen (vallonnée)	E3 : Difficile (montagneux)
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-12
Route étroite, ou visibilité réduite	3-6	6-12	16-24

II.3.4 Débit de pointe horaire normale :

Le débit de pointe horaire normal représente une portion du trafic total prévu à un moment donné à l'avenir. Il est mesuré en unités de véhicules particuliers (uvp) et est calculé selon la formule suivante :

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

Avec :

- Q : débit de pointe horaire
- $(\frac{1}{n})$: coefficient de pointe horaire pris est égal à 0 ,12.

II.3.5 Début horaire admissible :

Le débit horaire maximal admissible par voie est déterminé par l'application de la formule

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

Avec :

- K_1: coefficient lié à l'environnement.
- K_2: coefficient de réduction de capacité.
- C_{th}: capacité théorique.

Tableau II.2 : Valeurs de K1

Environnement	E_1	E_2	E_3

K_1	0.75	0.85	0.9 à 0, 95

Tableau II.3 : Valeurs de k2

	Catégorie				
Environnement	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
E_1	1	1	1	1	1
E_2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E_3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau II.4 : Valeurs de capacité théorique

Route à 2 voies de 3,5 m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3.5 m	2400 à 3200
Route a 2 chaussées séparées	1500 à 1800

II.4 Application au projet :

II.4.1 Les données de trafic :

Selon les résultats du comptage et les prévisions qu'ils ont nous a donner sur le projet on a:

- Le trafic journalier moyen annuel à l'année 2017 : TJMA =12225 v/j.
- Année de mise en service : 2023
- Le pourcentage des poids lourds : Z = 11 %.
- Taux de croissance annuelle de trafic : $\tau = 4$ %
- La durée de vie : 20 ans.
- La vitesse de base sur le tracé V_b=90km/h

II.4.2 Projection future de trafic :

$T_{JMA2023} = T_{JMA2017}\ (1 + \tau)^n = 12225\ (1 + 0.04)^6$

$T_{JMA2023}$ = 15469 v/j

$T_{JMA2043} = T_{JMA2023}\ (1 + \tau)^n = 15469\ (1 + 0.04)^{20} = 33895$ v/j

$T_{JMA2043}$ = 33895 v/j

II.4.3 Calcul de trafic effectif :

$T_{eff} = [(1\text{-}Z) + P.Z]\ T_{JMAh}$

$T_{eff\,2043} = [(1 - 0{,}11) + 8\times 0{,}11] \times 33895$

$T_{eff\,2043}$= 59995 UVP/J.

II.4.4 Débit de pointe horaire normale :

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

Q =0.12×59995

Q=7199 UVP/h

II.4.5 Calcule de débit admissible :

K_1= 0.95 (Environnement E_3 (Terrain montagneux))
K_2=0.91 ((Environnement E_3, Catégorie C_1)
C_{th}= 1800 uvp/h (Route a 2 chaussées séparées)
Alors :
$Q_{adm} = K_1 . K_2 . C_{th}$
Q_{adm} = 0.95*0.91*1800 = 1557 uvp/h
Q_{adm}= 1557 uvp/h.

II.4.6 Détermination du nombre de voies :

Cas d'une chaussée bidirectionnelle : On compare Q à Q_{adm} et on opte le profil auquel correspond la valeur de Q_{adm} la plus proche à Q. C'est à dire : $Q_{adm} \geq Q$
Cas d'une chaussée unidirectionnelle : le nombre de voie à retenir par chaussée est le nombre le plus proche du rapport :

$N = [S. \frac{Q}{Q_{adm}}]$

Avec :

- Q_{adm} : débit admissible par voie.
- S : coefficient de dissymétrie dans les 2 sens, en générale on prend S=2/3.

$N = [S. Q/Q_{adm}] = (\frac{(\frac{2}{3}).7199}{1557}) = 3$

Donc :
Le nombre des voies de la route est : (2x3 voies).

II.4.7 Calcul de l'année de saturation :

On a :
$T_{eff\,2023} = [(1-Z) + P. Z]. T_{JMA2023}$
$T_{eff\,2023}$= [(1 – 0, 11) +6×0, 11] × 15469=23977 UVP/J.
$T_{eff\,2023}$=23977 UVP/J.
Q_{2023}=0.12×23977=2878 UVP/h.
$Q_{sat} = 6 * Q_{adm}$
Q_{sat} =6*1515
Q_{sat}= 9090 uvp/h
Donc :

$n = \frac{\ln \frac{Qsaturation}{Q2023}}{\ln 1+\tau} = \frac{\ln \frac{9090}{2878}}{\ln 1+0.04} = 29.323 \approx 30$

Donc l'année de saturation sera égale à : 2023+30=2053

II.5 Conclusion:

D'après le calcul de la capacité de l'autoroute, on constate que son profil en travers est de 2×3 voies et l'année de saturation sera en 2053.

Chapitre III : tracé en plan

CHAPITRE III TRACE EN PLAN

III.1 Introduction:

Le tracé en plan, essentiel pour garantir la sécurité routière, consiste en une représentation verticale de l'axe de la route sur un plan horizontal. Ce dernier est souvent une carte topographique ou un plan de situation, où le relief est indiqué par des courbes de niveau. Pour assurer la stabilité des véhicules et la sécurité des usagers, ce tracé fait appel à des éléments géométriques soigneusement dessinés selon des normes spécifiques.

Le but de ce chapitre est d'élaborer le tracer en se basant sur les règles de conception qui sont tiré de l'ICTAAL (Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison).

III.2 Choix de la catégorie :

Les autoroutes ou sections d'autoroute sont classées en trois catégories se distinguant par le niveau de leurs caractéristiques de tracé en plan et de profil en long. Le choix de la catégorie résulte de l'environnement (relief, occupation du sol...) dans lequel s'inscrit l'autoroute et doit être cohérent avec la perception qu'en aura l'usager.

On distingue :

- La catégorie **L1** appropriée en région de plaine ou vallonnée où les contraintes de relief sont modérées.
- La catégorie **L2** mieux adaptée aux sites de relief plus difficile, compte tenu des impacts économiques et environnementaux qu'il implique.
- La catégorie **L2R** pour les terrains très difficiles.

Ces catégories **L1** et **L2** et **L2R** sont respectivement appropriées à des vitesses maximales autorisées de 130 et 110 km/h et 90 km/h.

Notre projet ce situ dans un site très difficile on prend la catégorie **L2R**.

III.3 Règles à respecter dans le tracé en plan:

- Eviter de passer sur les terrains agricoles et par les zones forestières.
- Eviter au maximum les propriétés privées
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Prévoir des ouvrages là où il y a l'Oued et les autres écoulements.
- Adaptation au maximum du terrain naturel.
- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- Respecter la longueur minimale et maximale des alignements droits.
- Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- Respecter les règles et les paramètres énoncé dans l'ICTAAL.

III.3.1 Les éléments de tracé en plan :

- Alignements.
- Courbe de raccordement

- Arc de cercle.

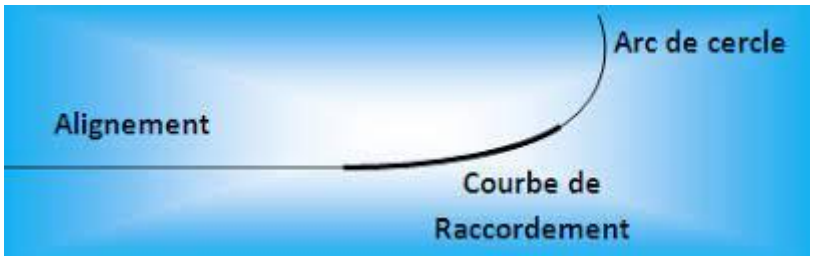


Figure III.1 : Les éléments de tracé en plan

III.3.2 Les alignements :

Malgré sa simplicité et sa fréquente utilisation, la droite est peu utilisée dans la conception des routes en raison de son inadaptation au paysage et du risque d'accidents causé par la monotonie de la conduite qu'elle engendre.

Il existe une longueur minimale d'alignement L_{min} qui doit séparer deux courbes circulaires de même sens. Cette longueur est égale à la distance parcourue pendant 5 Sec à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercles. L_{min}= 5 V

La longueur maximale L_{max} en alignement droit ne peut pas dépasser une certaine longueur par risque de monotonie qui fait croître le taux de des accidents. Lmax est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes. L_{max} = 60 V

$L_{max} = \frac{60 \times 90}{3.6}$

Tableau III.1 : les longueurs max et min de l'alignement

Vitesse de base VB (km/h)	Longueur minimale $\mathbf{L_{min}}$ (m)	Longueur maximale $\mathbf{L_{max}}$(m)
90	125	1500

III.3.3 Arc de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

- La stabilité des véhicules à grande vitesse est mise à l'épreuve par la force centrifuge.
- Améliorer la visibilité dans les virages encaissés.
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

III.3.4 Les rayons :

Pour le choix des valeurs des rayons il faut respecter les critères d'arc

D'après l'ICTAAL, la catégorie de notre projet est « L2R » associée aux sites de relief difficile, le tracé doit respecter les valeurs des rayons et devers associés mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau III.2 : les valeurs minimales des rayons du tracé en plan

Catégorie	L2R	
Rayon minimal	R_m(m)	240
Rayon minimal non déversé	R_{nd} (m)	650
Rayon minimum sans courbe de transition	$> R_{nd}$ (m)	650

III.4 Les raccordements progressifs :

Les courbes de rayon inférieur à R_{nd} sont introduites par des raccordements progressifs (clothoïdes).
Il faut d'après l'ICTAAL 2000 que la longueur est au moins égale la valeur : 8.4 |Δδ|.
Δδ la différence des pentes transversales (%) des éléments du tracé raccordés.
Tel que : |Δδ|=|δ1 – δ0|

- δ1 : représente la pente transversale initiale.
- δ0 : le divers de la courbe

III.5 Enchainement des éléments du tracé en plan :

Deux courbes successives doivent satisfaire à la condition « $R_1 \leq 1.5R_2$ », ou R_1 est le rayon de la première courbe rencontrée et « $R_2 < 1.5R_{nd}$ » celui de la seconde.
Séparer deux courbes successives par un alignement droit d'au moins 200 m, sauf pour deux courbes de sens contraire introduites par des raccordements progressifs.

III.5.1 Eléments de la Clothoïde :

- g : Angle entre alignement
- T : Grande tangente
- ΔR : Ripage
- Xm : Abscisse du centre de cercle
- R : Rayon de virage
- τ : Angle de tangente
- SL : La corde à la clothoïde KE – KA
- s : L'angle polaire
- L : longueur de clothoïde
- KA : début de clothoïde
- KE : Fin de clothoïde

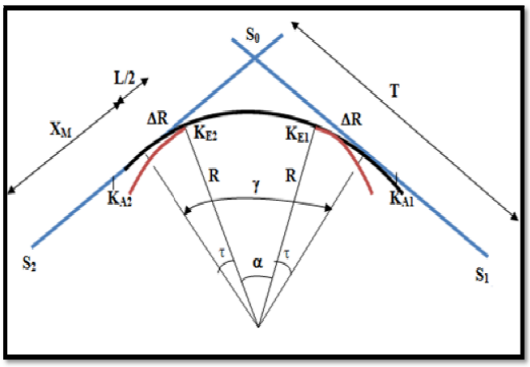


Figure III.2 : les éléments de la clothoïde

Dans notre projet, nous n'avons pas utilisé de raccordements progressifs car, pour les utiliser, il faudrait un rayon inférieur à 650 mètres (dans la catégorie L2R). Or, ce rayon est trop faible pour la réalisation d'une autoroute. De plus, nous n'avons pas de contraintes qui nous obligent à recourir à des rayons avec des clothoïdes. Nous avons donc respecté la règle de tracé en plan qui préconise l'utilisation de grands rayons.

III.6 Les contraintes dans le projet :

Notre projet se situe dans un relief très difficile, ce qui nous a imposé de nombreuses contraintes à prendre en compte pour la construction. Parmi ces contraintes, nous avons dû adapter notre projet pour intégrer :

- Les lignes électriques
- Des habitations
- Des grands villages
- Les conduits de gaz et d'oléoduc
- Les valles (oued Soummam)
- Les terrains agricoles

III.7 Les éléments géométriques dans notre trace :

Tableau III.3 : la géométie du tracé en plan

Localisation	Elément géométrique	Caractéristique des élément
34+000 au 34+304	Droite	L = 304.039
34+304 au 34+708	Arc	R = 700
34+708 au 35+843	Droite	L = 1134.466
35+843 au 36+007	Arc	R =660
36+007 au 37+214	Droite	L = 1207.070
37+214 au 37+511	Arc	R = 700
37+511 au 37+823	Droite	L = 312.003
37+823 au 38+637	Arc	R = 700
38+637 au 39+045	Droite	L = 407.807
39+045 au 39+321	Arc	R =655
39+321 au 39+838	Droite	L = 517.143
39+838 au 40+211	Arc	R =680
40+211 au 40+654	Droite	L = 443.040
40+654 au 41+018	Arc	R = 660
41+018 au 41+939	Droite	L = 921.601
41+939 au 42+371	Arc	R = 700
42+371 au 43+018	Droite	L = 646.241
43+018 au 43+273	Arc	R = 750
43+273 au 43+925	Droite	L = 651.572

III.8 Conclusion:

La modélisation du tracé en plan avec Civil 3D est un outil puissant qui améliore la qualité et la précision de la conception routière.

Chapitre IV : profil en long

CHAPITRE IV PROFIL EN LONG

IV.1 Introduction:

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

Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers. Le profil en long est toujours composé d'éléments de lignes droites raccordés par des paraboles.

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

IV.2 Règles à respecter pour le profil en long :

Le tracé de la ligne rouge qui constitue la ligne projet retenue n'est pas arbitraire, mais elle doit répondre à certaines conditions concernant le confort, la visibilité, la sécurité et l'évacuation des eaux. Parmi ces conditions :

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en Vigueur.
- Adapter au terrain naturel pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être coûteux
- Eviter les hauteurs excessives des remblais.
- Prévoir le raccordement avec les réseaux existants.
- Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones de dévers nul dans une pente du profil en long.
- Rechercher un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Eviter une hauteur excessive en déblai.
- Éviter de maintenir une forte déclivité sur une grande distance.
- Dans le Profil en long Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

IV.3 Les paramètres du profil en long:

Les paramètres de profil en long doivent respecter les valeurs limitées données dans le tableau :

Tableau IV.1 : Les paramètres de profil en long

Catégorie	L2R
Déclivité maximale (%)	6
Déclivité minimale (%)	0.5
Rayon minimal en angle saillant RV ∩(m)	2700
Rayon minimal en angle rentrant RV U(m)	1900

IV.4 Les éléments géométriques du profil en long :

Les critères de profile en long :

- Les lignes droites
- Les arcs de cercles tangents aux droites, constituants les raccordements verticaux (convexes et concaves)

IV.5 Déclivités :

La construction du profil en long doit tenir compte de plusieurs contraintes. La pente doit être limitée pour des raisons de sécurité (freinage en descente) et de confort (Puissance des véhicules en rampe). Autrement dit la déclivité est la tangente de l'angle que fait la ligne rouge du profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

IV.5.1 Déclivité minimale :

Les tronçons de route absolument horizontaux, dits « en palier » sont si possible à éviter, pour la raison de l'écoulement des eaux pluviales.la pente transversale seule de la chaussée ne suffit pas, il faut encore que l'eau accumulée latéralement s'évacue longitudinalement avec facilité par des fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante.

IV.5.2 Déclivité maximale :

Du point de vue technique, la déclivité maximale dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée (ce phénomène concerne tous les véhicules), ainsi de la réduction des vitesses qu'elle provoque ou les camions (poids lourds) sont déterminants car la plupart des véhicules légers ont une grande de puissance.
Toute fois dans les sinuosités (dans une courbe en plan), il est nécessaire de réduire de déclivité maximum.

IV.6 Raccordement en profil en long :

Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long. Ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort. On distingue deux types de raccordements:

IV.6.1 Raccordements convexes (angle saillant ∩) :

Les rayons minimaux admissibles des raccordements paraboliques en angle saillant
Sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain et des obstacles
D'une part, des distances d'arrêt et de visibilité d'autre part.
La conception doit satisfaire aux conditions suivantes :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

IV.6.2 Raccordement concave (angle rentrant U) :

Dans un raccordement concave, les conditions de confort et de visibilité de jour ne sont pas déterminées, par contre on a un problème de visibilité de nuit pour les routes non éclairées.

IV.7 Coordination entre le tracé en plan et le profil en long :

Elle doit essentiellement viser à respecter les règles de visibilité et favoriser la perception générale du tracé, en recherchant la cohérence du tracé en plan, du profil en long et de la topographie générale du site.

IV.8 Les pentes dans le projet :

Notre projet est situé dans un relief difficile, ce qui nous a obligés à utiliser des pentes fortes, atteignant jusqu'à 6%, dans certaines zones. Cette pente est validée par le règlement ICTAAL, car elle permet de minimiser les travaux de terrassement, tels que les remblais et les déblais

IV.9 Les éléments géométriques dans notre profil en long :

Tableau IV.2 : la géometrie du profil en long

Localisation	Pente/rampe	Altitude
34000.00m		77.396m
35030.01m	5.66%	135.645m
35578.00m	-4.22%	112.515m
35931.47m	4.00%	126.639m
36547.01m	-3.13%	107.397m
37290.33m	-0.41%	104.345m
37609.07m	5.99%	123.441m
37939.99m	-0.68%	121.198m
38332.40m	6.00%	144.742m
38746.47m	-0.16%	144.073m
38978.46m	-5.68%	130.896m
39234.10m	2.88%	138.249m
39849.65m	1.70%	148.735m
42426.21m	-0.85%	126.943m
43600.00m	-1.18%	113.073m
43967.60m	5.21%	132.214m

IV.10 Conclusion:

Le profil en long de notre projet routier, bien que contraint par un relief difficile, a été étudié avec soin pour offrir le meilleur compromis entre adaptation au terrain et respect des normes de sécurité.

Chapitre V : profile en travers

CHAPITRE V PROFIL EN TRAVERS

V.1 Introduction :

Les profils en travers jouent un rôle essentiel dans l'étude d'avant-projet d'une route, offrant une représentation détaillée de la configuration transversale de l'infrastructure routière. Ces profils fournissent des informations cruciales sur les pentes, les déblais, les remblais, les accotements, les fossés.

Afin d'éviter de répéter les mêmes dimensions et détails constructifs sur chacun des nombreux profils en travers nécessaires pour un projet routier, on établit préalablement un profil unique, appelé "Profil en travers type", qui regroupe l'ensemble des caractéristiques dimensionnelles et techniques.

V.2 Diffèrent type de profil :

Il existe trois types de profils en travers

- Profil en déblai
- Profil en remblai

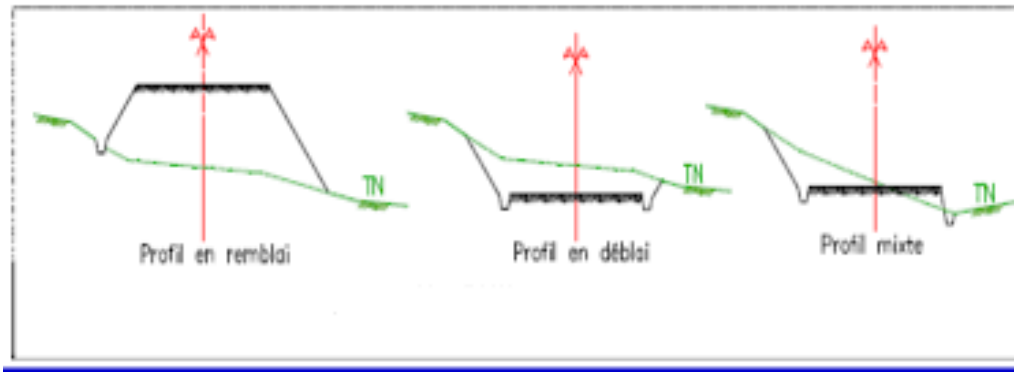


Figure V.1 : different type de profil

- Profil mixte

V.3 Les éléments du profil en travers :

- La chaussée : La chaussée routière constitue la surface de circulation des véhicules, généralement composée de plusieurs couches de matériaux spécifiques, et conçue pour supporter de manière sûre et efficace le trafic routier.
- La largeur roulable : La largeur roulable englobe la largeur de la chaussée incluant les bandes d'arrêt d'urgence.
- Plateforme : l'emprise d'une route désigne la surface totale située entre les fossés ou les crêtes des talus de remblais, englobant la ou les chaussées, les accotements, les terre-pleins centraux et les bandes d'arrêt d'urgences.
- L'assiette : C'est la surface de la route délimitée par les terrassements.
- Les accotements : les accotements sont les zones latérales de la plateforme qui bordent extérieurement la chaussée, ils comportent généralement les éléments suivants :

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

- Le terre-plein central : Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées, et assure la séparation des deux sens de circulation.il Contient :
  - Bande dérasée de gauche (B.D.G.)
  - Bande médiane
- Les fossés : c'est un ouvrage hydraulique destiné à recourir les eaux de ruissèlement provenant de la route et les talus et les eaux de pluie.
- Zone de sécurité : La largeur de la zone de sécurité est, à compter du bord de la chaussée, de 10 m pour la catégorie L1, et de 8,50 m pour la catégorie L2, et 7 m pour la catégorie L2R.
- La berme : elle participante au dégagent visuel et supporte des équipements : barrières de sécurité, signalisation verticale…

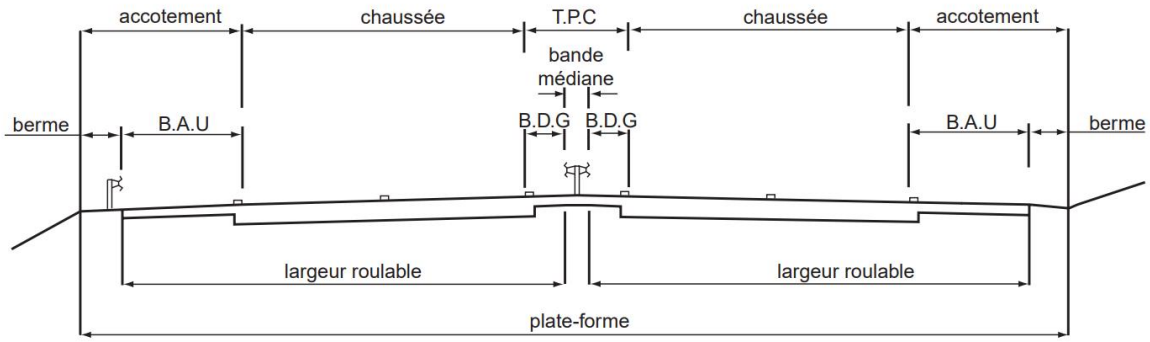


Figure V.2 : élément de profil en travers

V.4 Classification du profil en travers :

Ils existent deux types de profil :

- Profil en travers type.
- Profil en travers courant.

V.4.1 Profil en travers type :

C'est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes, regroupant l'ensemble des dimensions et des détails techniques essentiels tel que la largeur des voies, des chaussées, les pentes des surfaces et des talus, les dimensions des couches de la superstructure, le système de drainage des eaux, etc.

V.4.2 Profil en travers courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à une distance de 20 à 25 m.

V.4.3 Pentes transversales :

Les courbes de rayon inférieur à R_{nd} sont déversées vers l'intérieur de la courbe.

V.4.4 En alignement et en courbe non déversée :

La pente transversale d'une chaussée est de 2,5% vers l'extérieur.
La pente d'une B.A.U. (ou d'une B.D.D.), est identique à celle de la chaussée adjacente, mais au-delà de la surlargeur de chaussée portant le marquage de rive, elle peut être portée à 4 % pour des raisons techniques.
La berme extérieure présente une pente transversale de 8 % qui peut être portée jusqu'à 25 % dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement.

V.4.5 En courbe déversée :

La pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de 1/R, entre 2,5 % pour R_{nd} et 7 % pour R_m.
La pente de la B.A.U. (ou la B.D.D.) intérieure à la courbe est la même que celle de la chaussée adjacente. La pente de la B.A.U. extérieure (ou la B.D.D.) reste la même qu'en alignement droit tant que le dévers ne dépasse pas 4 %.

V.5 Application de projet :

V.5.1 Profil en travers type de projet :

Tableau V.1 : Dimensions des éléments du Profil en travers type

Elément		Largeur (m)	Nombre	Largeur total (m)
2×3 voies de circulation		3.5	6	21
TPC	B.D. G	1	2	2
	Bande Médiane	1	1	1
Accotement	B.A. U	3	2	6
	Berme	1	2	2
Total	32m			

Tableau V.2 : divere de corps de chauusée

Elément	Déverse
Chaussée	2.5%
B.D. G	2.5%
B.A. U	2.5%

V.6 Conclusion:

Le profil en travers type constitue un outil essentiel dans l'étude et la conception d'un projet routier, permettant de définir de manière standardisée et détaillée les caractéristiques géométriques, dimensionnelles et techniques de la chaussée et de ses éléments, Son utilisation permet d'optimiser la conception, de faciliter la planification des travaux de terrassement, Cela contribue à la réalisation d'une infrastructure routière sûre, efficace et respectueuse de l'environnement.

Chapitre VI : dimensionnement de corps de chaussée

CHAPITRE VI DIMENNSIONEMENT DE CORPS CHAUSSEE

VI.1 Introduction :

Le dimensionnement d'une chaussée routière est un processus essentiel qui consiste à déterminer les caractéristiques et l'épaisseur des différentes couches constitutives afin de garantir la solidité et la longévité de la chaussée. Son objectif est d'assurer que la chaussée puisse supporter efficacement les charges générées par le trafic routier, en répartissant ces charges de manière adéquate pour maintenir des conditions de circulation sûres et durables. Cette approche technique et mécanique vise à garantir la résilience et la fonctionnalité de la chaussée face aux contraintes du trafic, en prenant en considération divers paramètres pour concevoir des chaussées robustes et durables.

VI.2 Objectif :

L'objectif de ce rapport est de déterminer les caractéristiques des chaussées de la Pénétrante Autoroutière qui relie le port de Bejaia à l'Autoroute Est-Ouest, en se basant sur les données de l'étude de trafic et géotechnique pour dimensionner ces structures de chaussée.

VI.3 Méthode de dimensionnement :

Le dimensionnement d'une chaussée est un processus complexe qui vise à déterminer les épaisseurs et les matériaux nécessaires pour chaque couche de la structure afin qu'elle puisse supporter le trafic prévu et durer sa vie utile. Il existe plusieurs méthodes pour dimensionner les corps de chaussées, chacune avec ses avantages et ses inconvénients.
Dans notre projet nous avons dimensionné le corps de chaussée par deux méthode (méthode de CBR et Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves).

VI.4 Les paramètres de dimensionnement d'une chaussée :

- Le trafic.
- Les conditions climatiques et environnementaux.
- Les matériaux utilisés.
- Classification du sol.

VI.4.1 Classification du sol :

Les essais en laboratoire ont permis de déterminer que l'indice CBR minimal (cas défavorable) dans notre sol est : CBR = 1,4

VI.4.2 Le trafic :

Les donnes de trafic :

- $TJMA_{2017}$ = 12225v/j
- Le pourcentage des poids lourds : Z = 11 %
- Année de service : 2023
- Taux d'accroissement : 4%
- $TJMA_{2023}$= 15469 v/j
- $TJMA_{PL\,2023}$= 15469 x 11 % =1702 PL/j

VI.5 Méthode de catalogue de dimensionnement de chaussée (CTTP) :

VI.5.1 Choix du niveau de réseau principale :

La liaison autoroutière reliant le port de Bejaia à l'Autoroute Est-Ouest présentent un intérêt économique et stratégique et qui supportant un trafic supérieur à 1500 véhicules /jour. Donc le réseau principal est : $\mathbf{RP_1}$

VI.5.2 La classe de trafic :

- La voie la plus chargée étant celle de droite elle reprend 80% du trafic poids lourd
- Calcule de trafic poids lourd sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service

TPL = trafic de poids lourds dans la direction la plus sollicitée (TJMA) x pourcentage de poids lourds sur la voie droite.

VI.5.2.1 Pourcentage de poids lourds (sur la voie droite) :

- Chaussée à 2 voies : 90%
- Chaussée à 3 voies : 80%

VI.5.2.2 Trafic de poids lourds (TPL) :

- TPL = $TJMA_{PL\,2023}$ x 80%.
- TPL = 1702 x 80%.
- TPL_{2023}= 1362PL/j/sens.

VI.5.2.3 Choix de la classe de trafic (TPL_i) :

Tableau VI.1 : la classe de trafic TPL

Classe	TPL
TPL_3	150 – 300
TPL_4	300 – 600
TPL_5	600 – 1500
TPL_6	1500 – 3000
TPL_7	3000 - 6000

Le trafic du poids lourds par jour par sens sur la voie la plus chargé à l'année de mise en service est, TPL_{2023}= 1362 PL/j/sens, Donc la classe de trafic est TPL_5.

VI.5.3 La classes de portance des sols :

Tableau VI.2 : classes de portance des sols

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

Dans le cas de sols de faible portance ($\leq S_4$ et S_3 en RP1) sont rencontrées le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussées.

VI.5.4 Choix de épaisseur couche de forme :

Tableau VI.3 : les matériaux et epaisseur de C.D.F

Classe de portance de sol terrassé S_i	Matériau de couche de forme	Epaisseur de matériau de couche de forme	Classe de portance de sol-support visée S_j
$<S_4$	Matériau non traités	50 cm (en 2 couches)	S_3
S_4	Matériau non traités	35cm	S_3
S_4	Matériau non traités	60 cm (en 2 couches)	S_2
S_3	Matériau non traités	40 cm (en 2 couches)	S_2
S_3	Matériau non traités	70 cm (en 2 couches)	S_1

Dans notre projet, nous avons deux types de sols porteurs, S_4 et S_2, et nous utilisons la couche de forme dans la zone où nous rencontrons le sol de type S_4

Notre sol doit être surclassé (S_4 ⟹ S_2), selon le catalogue CTTP.

Donc nous avons choisi une couche de forme de matériau non traités de 60 cm en 2 couches.

VI.5.5 Choix de type de structure :

Tableau VI.4 : type de structure

Niveau de réseau principale (RP_i)	Matériaux types	Structures
RP_1	MTB (matériaux traités au bitume)	GB/GB, GB/GNT, GB/TUF, GB/SG, GB/AG
	MTLH (matériaux traités aux liants hydrauliques)	GL/GL, BCg/GC

Nous avons choisi des matériaux de type MTB pour la réalisation de notre projet.

VI.5.5.1 Condition interface :

Tableau VI.5 : les conditions de collage

Structure type : MTB	Hypothèse sur le type d'interface
BB/GB/GB/sol support	Toutes les interface sont collées
BB/GB/GNT ou TUF ou SG/sol	Toutes les interface sont collées

SB/SG/sol support	Toutes les interface sont collées

VI.5.6 Trafic cumulée équivalent :

Le TCE_iest le trafic à prendre en compte dans le calcul du dimensionnement, il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée.

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

Avec :

- n : durée de vie.
- i : taux d'accroissement.
- A : coefficient d'agressivité.

$TC_i = 1362 \times \frac{(1+4\%)^{20} - 1}{4\%} \times 365$

$TC_i = 14.8 \times 10^6$ PL/J/sens

Tableau VI.6 : coefficient d'agressivité

Réseau national	Structures de chaussées	Coefficient d'agressivité (A)
RP_1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GB, GB/Tuf, GB/SG	0.6
	Chaussées à matériaux traités aux liants : GL/GL, BCg/GV	1

Pour notre projet on a RP_1 et Chaussée à matériaux traités au bitume donc A=0.6

Alors :

$TCE_i = TC_i \times 0.6$

$TCE_i = 14.8 \times 10^6 \times 0.6$

$TCE_i = 8.88 \times 10^6$ Essieu équivalent de 13t

VI.5.7 Dimensionnement de corps de chaussée :

VI.5.7.1 Donnée de dimensionnement :

- Trafic :TPL_5
- Zone climatique : zone I
- Portance de sol-support : S_4 et S_2
- Température équivalent : 20°C
- Taux d'accroissement : 4%
- Type de structure : MTB

VI.5.7.2 Choix de dimensionnement :

Nous opérons dans le réseau principal (RP_1) de la zone climatique I, avec une durée de vie de 20 ans, un taux d'accroissement de 4%, un sol porteur de type S_4 et S_2, et une classe de trafic TPL_5.

D'après le catalogue de Dimensionnement de Chaussées neuves [CTTP 2001] on a proposé la structure suivante :

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

Dans ce projet on a la classe portance : S_4

Donc :

6 BB
20 GB
30 GNT
60 matériaux sélectionné

VI.5.8 La déformation admissible :

VI.5.8.1 La déformation admissible sur le sol support ($\varepsilon_{z,ad}$) :

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

$\varepsilon_{z,ad} = 22 \times 10^{-3} \times (8.88x10^{6})^{-0.235}$

$\varepsilon_{z,ad} = 5.123 \times 10^{-4}$

$\varepsilon_{z,ad} = 512.3$ µdef

VI.5.8.2 La déformation admissible de traction :

$\varepsilon_{t,ad} = \varepsilon_6(10°C,25Hz) \times K_{ne} \times K_\theta \times K_r \times K_c$

Avec :

- $\varepsilon_6(10°C,25Hz)$: déformation limitée à 10^6 cycles
- K_{ne}: facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalent supporté 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 résultat du modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussées

Tableau VI.7 : Performances mécaniques des Matériaux bitumineux

Matériau (MTB)	E(20°C,10Hz) (MPA)	E(10°C,10 Hz) (MPA)	ε_6(10°C,10 Hz) (10^{-6})	$\frac{-1}{b}$	SN	Sh	µ	K_c

BB	4000	-	-	-	-	-	0.35	-
GB	7000	12500	100	6.84	0.45	3	0.35	1.3

$K_{ne} = (\frac{10^6}{TCE_i})^b$

$K_\theta = \sqrt{\frac{E(10°C)}{E(\theta\ eq)}}$

$K_r = 10^{-tb\delta}$

- $E(10°C)$: module complexe du matériau bitumineux à $10°C$
- $E(\theta\ eq)$: module complexe du matériau bitumineux à la température équivalent
- b: pente de la droite de fatigue (b<0) et b= -0.146

$\delta = \sqrt{SN^2 + (\frac{c}{b} Sh)^2}$

- SN : dispersion sur la loi de fatigue
- Sh : dispersion sur les épaisseurs (cm)
- C : coefficient égale à 0.02
- t: fractile de la loi normale

Risque de calcul :

Tableau VI.8 : risque adopté pour le réseau RP1

	Clase de trafic (TPL_i)	TPL_3	TPL_4	TPL_5	TPL_6	TPL_7
Risque %	GB/GB, GB/GNT	20	15	10	5	2
	GL/GL	15	10	5	2	2
	BCg/GC	12	10	5	2	2

En se réfèrent à ce tableau, on s'identifie la valeur de risque
r = 10%
Fractile de la loi normale (t) :

Tableau VI.9 : valeur de t

r(%)	2	3	5	7	10	12	15
t	-2.054	-1.881	-1.645	-1.520	-1.282	-1.175	-1.036

Alors la valeur de t est : -0.1282

$K_{ne} = (\frac{10^6}{8.88x10^6})^{-0.146}$

$K_{ne} = 1.38$

$K_\theta = \sqrt{\frac{12500}{7000}}$

$K_\theta = 1.34$

$\delta = \sqrt{0.45^2 + (\frac{0.02}{-0.146}3)^2}$

$\delta = 0.61$

$K_r = 10^{-(-1.282\ x - 0.146\ x\ 0.61)}$

$K_r = 0.77$

$K_c = 1.3$

Les résultats des calculs sont résumés dans ce tableau :

Tableau VI.10 : les résultats de calcul

K_{ne}	K_θ	K_r	B	t	δ	ε_6
1.38	1.34	0.77	-0.146	-1.282	0.61	100 x 10^{-6}

$\varepsilon_{t,ad} = 100 \times 10^{-6} \times 1.38 \times 1.34 \times 0.77 \times 1.3$

$\varepsilon_{t,ad} = 1.851 \times 10^{-4}$

$\varepsilon_{t,ad} = 185.1$ µdef

VI.5.9 Les sollicitations avec ALIZE-LCPC :

Tableau VI.11 : performance mécanique des matériaux non traités

Niveau de la couche	Module de MNT (MPA)	Valeur de K
Base 15cm <h <20 cm	GNT = 500	2.5
Fondation (en sous couche de 25cm)	E_{MNT}(Sous couche 1) = $kE_{sol\ support}$ E_{MNT}(Sous couche i) = kE_{MNT} (Sous couche i)	

Classe de dol support S_2

Alors :

$E_{sol\ support} = 50$ MPA

E_{MNT}(Sous couche 1) = 2.5 x 50

E_{MNT}(Sous couche 1) = 125 MPA

E_{MNT}(Sous couche i) = 2.5 x 500

E_{MNT}(Sous couche i) = 1250 MPA

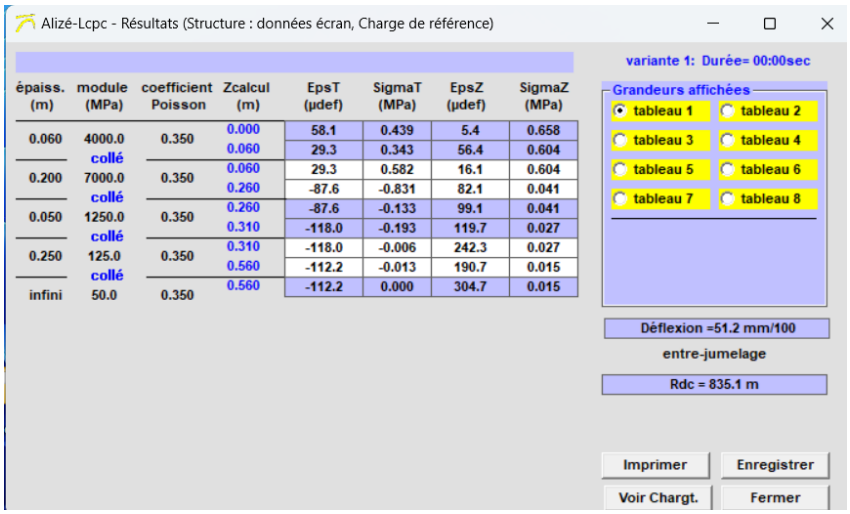


Figure VI.1 : Résultats obtenus par ALIZEE-LCPC

VI.5.10 Comparaison les résultats :

Tableau VI.12 : comparaison les résultats de déformations

Déformation	Déformation calculé	Déformation admissible	Vérification
ε_t	118	185.1	Vérifié
ε_z	304.7	512.3	Vérifié

Notre choix de structure est :

- Roulement : 6BB
- Base :20 GB
- Fondation 2 : 5GNT
- Fondation 1 : 25GNT

6 BB
20 GB
30 GNT
60 matériaux sélectionné

VI.6 Méthode CBR :

$$e = \frac{100+\sqrt{P}\,(70+50\log\frac{N}{10})}{I_{CBR}+5}$$

e: épaisseur

I: indice CBR (sol support)

N: désigne le nombre journalier de camions de plus 1500 kg à vide

P: charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t)

VI.6.1 Application sur notre projet :

TPL_{2023}=1362 PL/J/sens (année de mise en service)

TPL_{2043}=1362 x $(1 + 4\%)^{20}$

N_{PL}= TPL_{2043} = 2985 PL/J/ sens

On prend cas défavorable I_{CBR}=1.4

Donc :

$$e = \frac{100+\sqrt{6.5}\,(70+50\log\frac{2985}{10})}{1.4+5}$$

e = 85 cm

VI.6.1.1 Épaisseur équivalent :

$E_q = \sum a_i e_i$

Tableau VI.13 : Coefficient de ai

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2
Grave bitume	1.5
Grave concasse ou gravie	1
TUF	0.6

On va trouver l'épaisseur de couche de fondation par la relation suivante :

6x2 + 20x1.5 + X x 1 = 85 cm

Alors

X = 43 cm

Alors notre structure :

- Roulement : 6BB
- Base :20 GB
- Fondation : 43GNT

6 BB
20 GB
43 GNT
60 matériaux sélectionné

VI.7 Matériaux sélectionnés :

Nous avons choisi le T.V.O (Terra Verte Oued Soummam) pour réaliser la couche de forme pour trois raisons clés :

- Présence de zones riches en T.V.O : Dans notre tracé, nous avons identifié des zones riches en T.V.O, notamment dans les vallées comme l'Oued Soummam.
- Caractéristiques matérielles acceptables : Les caractéristiques du T.V.O sont acceptables, car il est un matériau drainé et offre une résistance élevée par rapport aux autres matériaux non traités.
- Coût moindre : Le T.V.O est également plus économique que les autres matériaux dans ce projet, car il est disponible dans des zones proches de la construction

VI.8 Conclusion:

Pour conclure le rapport de dimensionnement de chaussée, après avoir comparé les méthodes de dimensionnement du catalogue CTTP et la méthode CBR, nous avons choisi d'opter pour de catalogue CTTP, Cette décision repose sur sa plus grande économie par rapport à la deuxième méthode, tout en respectant pleinement les conditions de sécurité requises. La méthode de dimensionnement du catalogue CTTP s'est avérée être la solution la plus efficace pour notre projet, offrant un équilibre optimal entre coût et sécurité.

Chapitre VII : étude géotechnique

CHAPITRE VII ETUDE GEOTECHNIQUE

VII.1 Introduction:

L'étude géotechnique routière est une composante essentielle de la planification, de la conception et de la construction d'infrastructures routières durables et sûres. En analysant les caractéristiques du sol et en évaluant sa capacité à supporter les charges induites par le trafic, cette étude permet d'identifier les risques géotechniques potentiels et de proposer des solutions adaptées pour garantir la stabilité et la durabilité des routes.

VII.2 Objectif de l'étude géotechnique:

L'étude géotechnique vise à reconnaître la nature et la répartition des terrains, leurs caractéristiques et comportements.

Les principaux objectifs d'une étude géotechnique routière sont :

- Déterminer les formations géologiques rencontrés
- Assurer la stabilité et la sécurité
- Choisir les matériaux et les techniques de construction
- Établie le projet de terrassement.

VII.3 Les essais géotechniques :

VII.3.1 Essai sin situ :

Tableau VII.1 : les essais in situ dans notre projet

Essai	Norme	Critère	Objectif
Puits de reconnaissance	XP P 94-011	Exécution dans les zones de remblais et déblais, tous les 1 à 1,5km	• Identification d'un sol • Détermination de la portance du terrain • Prélèvements des échantillons
Sondage carotté	XP P 94-202	• 01 sondage pour le déblai de grande hauteur ≥10 m • 01 sondage pour le remblai de grande hauteur ≥10 m	• Identification d'un sol • Reconnaître les différentes couches de sol • Prélèvements des échantillons

VII.3.1.1 Nombre de essais in situ :

Sondage carotté :

Dans notre section, les six (06) sur neuf (09) sondages ont été réalisés pour reconnaître les différentes couches de sol, et la variation lithologique éventuelle (03 sondages réalisés sur 06 sondages prévus dans les déblais et 03 sondages réalisés sur 03 dans les remblais).

Puits de reconnaissance :

Les puits de reconnaissance ont été réalisés dans les zones d'excavation de déblais afin d'évaluer la réutilisation des matériaux, et dans celles de remblais pour évaluer la terre végétale à décaper.

Dans notre section, la réalisation de puits de reconnaissance est neuf (09) sur neuf (09)

Le tableau suivante résumé le nombre d'essais in situ :

Tableau VII.2 : le nombre de réalisation des essais in situ

Sondage carotté			Puit de reconnaissance		
Prévus	Réalisé	Non réalisé	Prévus	Réalisé	Non réalisé
9	6	3	9	9	0

VII.3.1.2 Résultats des essais in situ :

Sondage carotté **:**

Tableau VII.3 : résultat de l'essai sondage carotté

N°	Profondeur (m)	Description
SC-34-1	0,5～11,0 11,0～15,0	Alluvions fines Argile marneuse
SC-37-1	0,5～5 5～15	Argile limoneous Marno-calcaires
SC-38-1	0,5～2,5 2,5～3,5 3,5～15	Argile limoneous Cailloux de marno-calcaire Marno-calcaires
RC-35-1	0,5～5 5～10	Tuf Graviers
RC-38-1	0,5～2,5 2,5～5,65 5,65～6 6～8 8～10	Argile limoneuse Conglomérat Argileux Conglomérat Marne grise
RC-43-1	0,0～6,0 6,0～9,8	Argile limono- sableuse Alluvions grossieres

Puits de reconnaissance :

Tableau VII.4 : résultat de l'essai puit de reconnaissance

N°	Profondeur (m)	Description
PM-34-1	0,4～2,0 2,0～3,3	Limon peu argileux, Sableux et graveleux beige
PM-34-2	0,0～0,8 0,8～2,2	Remblai Argile sableuse et graveleuse

PM-35-1	0,8～2,2	Argile marneuse beige
PM-36-1	0,3～2,1 2,1～3,1	Argile plastique brune à rougeâtre Argile limoneuse beige
PM-37-1	0,0～1,4 1,4～3,3	Argile sableuse rougeâtre Argile marneuse
PM-38-1	0,3～2,1	Limon sableuse beige
PM-38-2	0,0～1,6 1,6～3,0	Remblai Argile marneuse rougeâtre
PM-43-1	0,3～3,2	Marne fraibe brune
PM-44-1	0,4～3,2	Marne argileuse rougeâtre

VII.3.2 Essais en laboratoire :

Tableau VII.5 : les essais en laboratoire dans notre projet

Catégorie	Essai	Norme	Objectif
Essai géotechnique	Analyse granulométrique	NF P 94-056	Répartition pondérale des éléments granulaires d'un matériau des terrassements
	Teneur en eau naturelle	NF P 94-050	Détermination de la teneur en eau d'un
	La valeur de bleu	NF P 94-068	Détermination de l'argilosité d'un matériau
	Limites d'Atterberg	NF P 94-051	Détermination de l'argilosité d'un sol
Essai de compactage	Proctor normal	NF P 94-093	Déterminer la masse volumique sèche d'un matériau et sa teneur en eau correspondante.
	Indice CBR après immersion	NF P 94-078	Déterminer l'indice portant d'un échantillon de sol compacté dans un moule CBR avec une énergie Proctor Normal.
Essai mécanique	Œdométriques	XP P 94-090-1	Étudier la consolidation d'un échantillon de sol
	Cisaillement	NF P 94-071-1	Connaître les paramètres de résistance au cisaillement rectiligne (cohésion et angle de frottement interne)
	Compression simple	NF EN 13286- 41	Mesurer la résistance à la compression simple de carottes prélevées des sondages

VII.3.2.1 Résultat des essais en laboratoire:

Echantillons prélevés des sondages :
Essais géotechniques :

Tableau VII.6 : Résultats des essais géotechniques sur les échantillons prélevés des sondages

N°	Profondeur	Analyse granulométrique			Teneur en eau	Limites d'Atterberg			
		D_{max} (mm)	> 0,2mm (%)	> 0,08mm (%)	W_n	W_l	W_p	I_p	I_C
SC-34-1	0,5~11 11~15	50 31,5	21 61	15 60	- 17	- 49	- 23	- 26	- 1.23
SC-37-1	0.5~5 5~15	20 -	91 -	91 -	14 -	75 -	35 -	40 -	1.53 -
SC-38-1	0,5~2,5 2,5~15	20 -	74 -	73 -	- -	66 -	33 -	33 -	- -
RC-35-1	0,5~5,0 5~10	20 20	43 93	41 93	14 15	39 45	18 22	21 23	1.19 1.3
RC-38-1	0,5~2,5 5,65~5,85	5 20	90 43	78 41	- 13	50 38	23 18	27 20	- 1.25
RC-43-1	2,4~2,7 6,3~6,55	10 10	70 80	68 78	12 15	37 40	19 20	18 20	1.39 1.25

Essais mécaniques :

Tableau VII.7 : Résultats des essais mécaniques sur les échantillons prélevés des sondages

N°	Profondeur	Cisaillement direct		Compression simple (KPA)		Œdométriques		
		Ø (°)	C (KPA)	RC	C ($\frac{RC}{2}$)	P_C	C_C	C_g
SC-34-1	0,5~11 11~15	- 16	- 41.7	- -	- -	- -	- -	- -
SC-37-1	0,5~5 5~15	2 -	58.5 -	- -	- -	- -	- -	- -
SC-38-1	0,5~2,5 2,5~15	- -	- -	- 44.100	- 22.050	- -	- -	- -
RC-35-1	0,5~5 5~10	9 8	47.9 65.4			165 163	0.14 0.199	0.004 0.03
RC-38-1	0,5~2,5 5,65~5,85	- 10	- 37.7	- -	- -	- -	- -	- -
RC-43-1	2,4~2,7	-	-	200	100	-	-	-

	6,3~6,5	10	37.7	-	-	194	0.21	0.04

Echantillons prélevés des puits de reconnaissance :
Essais géotechniques :

Tableau VII.8 : Résultats des essais géotechniques sur les échantillons prélevés des puits de reconnaissance

N°	Profondeur	Analyse granulométrique			Teneur en eau	Limites d'Atterberg				La valeur de bleu
		D_{max} (mm)	> 2mm (%)	> 0,08mm (%)	W_n	W_l	W_p	I_p	I_C	VBS
PM-34-1	0,4~2,0	30	37	24	5	35	18	17	1.76	-
PM-34-2	0,8~2,2	30	26	13	12	-	-	-	-	1.5
PM-35-1	0,0~2,5	20	49	35	6	-	-	-	-	2
PM-36-1	0,3~2,1	25	99	95	14	45	23	22	1.40	-
PM-37-1	0,0~1,4	20	89	84	19	41	21	20	1.10	-
PM-38-1	0,4~2,1	5	80	68	3	-	-	-	-	2.2
PM-38-2	1,6~3,0	20	62	53	9	-	-	-	-	3.6

Essai de compactage :

Tableau VII.9 : Résultats des essais de compactage sur les échantillons prélevés des puits de reconnaissance

N°	Profondeur	Proctor normal		Indice CBR après immersion
		ρ_d	W_{opt}	CBR A 95%
PM-34-1	0,4~2,0	21.14	9.9	1.4
PM-34-2	0,8~2,2	21.81	6.1	13.3
PM-35-1	0,0~2,5	19.99	10.3	-
PM-36-1	0,3~2,1	18.11	12.2	2.47
PM-37-1	0,0~1,4	18.01	14.4	2.17
PM-38-1	0,4~2,1	18.83	10.5	11.82
PM-38-2	1,6~3,0	18.65	12.1	-

Essai mécanique :

N°	Profondeur	Essai de cisaillement direct			
		∅ (°)	C (KPA)	DG	FR
PM-43-1	0,3~3,2	22	80.1	5.5	7.3
PM-44-1	0,4~3,2	29	71.9	-	9.2

VII.4 Calcul des paramètres du terrain :

Pour le calcul des valeurs des caractéristiques mécaniques du terrain, l'étude comparative est menée concernant les données des essais in situ (essais SPT) et en laboratoire (essais de cisaillement direct, essais de compression simple).

VII.4.1 Méthode de calcul :

Cohésion non drainée (C_u) avec les valeurs N

D'après Essais de pénétration standard (SPT) nous avons obtenu la valeur de N, Alor nous avons calculé la valeur de C_u et $\emptyset$.

Pour calculer C_u :

$C_u = \frac{N}{0.082 \text{ X } 2}$ (utilisée dans les argiles)

Et pour angle de frottement $\emptyset$ on va appliquer la formule de Dunham, 1954

Tableau VII.10 : formule de Dunham 1954

Méthode	Formule	Note
Dunham	$\emptyset = \sqrt{12N}+15$	Appliqué à la couche en sable
	$\emptyset = \sqrt{12N}+20$	Appliqué à la couche en gravier

VII.4.2 Résultat de calcul :

Tableau VII.11 : résultat de calcul les caractéristiques de l'argile

Type du sol	$\gamma\ (\frac{kN}{m^2})$	$\emptyset\ (°)$	$C'(\frac{kN}{m^2})$	$C_u(\frac{kN}{m^2})$
Argile	20	10	50	200

Tableau VII.12 : résultat de calcul les caractéristiques de Cailloux et graviers

Type du sol	$\gamma\ (\frac{kN}{m^2})$	$\emptyset\ (°)$	$C'(\frac{kN}{m^2})$
Cailloux et graviers	23	36	5

VII.4.3 Matériaux réutilisables en remblai :

L'évaluation est menée moyennant les échantillons prélevés de déblais et de gîte d'emprunt pour déterminer la possibilité d'utilisation en remblai.

Tableau VII.13 : les caractéristiques de remblai

Type	$\gamma\ (\frac{kN}{m^2})$	$\emptyset\ (°)$	$C'(\frac{kN}{m^2})$
Remblai	19	20	25

VII.5 Classification les sols selon GTR :

VII.5.1 Sondage carotté :

Tableau VII.14 : les caractéritique de la SC-34-1

N°	Profondeur	D_{max} (mm)	> 0,2mm (%)	> 0,08mm (%)	W_n	W_l	W_p	I_p	I_C
SC-34-1	0,5~11 11~15	50 31,5	21 61	15 60	- 17	- 49	- 23	- 26	- 1.23

0,5~11 :
Classement selon la nature

- Paramétré de nature premier niveau de classification :

D_{max} = 50 mm ≤ 50mm
Tamis a 0.08mm = 12% ≤ 35%
} la classe B

11~15 :
Classement selon la nature :

- Paramétré de nature premier niveau de classification :

D_{max} = 31.5 mm ≤ 50mm
Tamis a 0.08mm = 60% ≥ 35%
} la classe A

- Paramétré de nature deuxième niveau de classification :

I_p = 26 et 25 ≤ I_p ≤ 40 ⟹ la sous classe A_3
Classement selon l'état hydrique :
I_C = 1.23 et 1.15 ≤ I_c ≤ 1.3 ⟹ sous-classe A_2s

Nous avons récapitulé l'ensemble des résultats de classification dans le tableau ci-dessous.

Tableau VII.15 : résultat de classification les sols selon GTR sur les échantillons prélevés des sondages

Carotte	Profondeur	D_{max}	>0,08mm (%)	I_p	I_c	Classe selon GTR
SC-34-1	0,5~11 11~15	50 31.5	15 60	- 26	- 1.23	B A_3s
SC-37-1	0.5~5 5~15	20 -	91 -	40 -	1.53 -	A_3ts -
SC-38-1	0,5~2,5 2.5~15	20 -	73 -	33 -	- -	A_3 -
RC-35-1	0,5~5,0	20	41	21	1.19	A_2m

	5~10	20	93	23	1.3	A_2s
RC-38-1	0,5~2,5 5,65~5,85	5 20	78 41	27 20	- 1.25	A_3 A_2s
RC-43-1	2,4~2,7 6,3~6,55	10 10	68 78	18 20	1.39 1.25	A_2s A_2s

VII.5.2 Puit de reconnaissance :

Tableau VII.16 : résultat de classification les sols selon GTR sur les échantillons prélevés des puits de reconnaissance

Puit	Profondeur	D_{max}	>0,08mm (%)	> 2mm (%)	VBS	I_p	I_c	W_{opt}	W_n	Classe selon GTR
PM-34-1	0,4~2,0	30	24	37	-	17	1.76	9.9	5	B_6ts
PM-34-2	0,8~2,2	30	13	26	1.5	-	-	6.1	12	B_5th
PM-35-1	0,0~2,5	20	35	49	2	-	-	10.3	6	B_6ts
PM-36-1	0,3~2,1	25	95	99	-	22	1.4	12.2	14	A_2s
PM-37-1	0,0~1,4	20	84	89	-	20	1.10	14.4	19	A_2m
PM-38-1	0,4~2,1	5	68	80	2.2	-		10.5	3	A_1ts
PM-38-2	1,6~3,0	20	53	62	3.6	-		12.1	9	A_2s
PM-43-1	0,3~3,2	-	-	-	-	-		-	-	R_{34}
PM-44-1	0,4~3,2	-	-	-	-	-		-	-	R_{34}

VII.6 Condition de réutilisation les matériaux :

Sur la base de la classification GTR par les résultats des sondages carottés et des puits de reconnaissance, l'analyse a été effectuée sur la quantité réutilisable et la limite de réutilisation pour le remblai (corps), la PST et la couche de forme.

Compte tenu des conditions climatiques (climat subhumide à demi-sec) de la région du projet, on a considéré la région dans la situation météorologique en « ni pluie, ni évaporation ».

VII.6.1 Vérification de la possibilité de réutilisation des matériaux :

L'analyse des taux de réutilisation a été faite pour chaque section en déblai en tenant compte des caractéristiques particulières de chaque déblai et la possibilité de réutilisation est présentée selon la nature des sols.

Les conditions de réutilisation pour l'arase de terrassement et pour la plate-forme support de chaussée sont évaluées compte tenu du tracé autoroutier du présent projet comme suit :

- Classe de l'arase, PST n°2 du AR1
- Classe de la plate-forme, PF2

Le tableau suivant présente toutes les possibilités de réutilisation des sols à déblayer selon le guide GTR

Tableau VII.17 : la possibilité de réutilisation le déblai en remblais, PST et couches de forme

Début	Fin	Puit/sondage	Profondeur	Hauteur max	Classe selon GTR	Sol support	Arase de terrase-ment	Couche de forme
34+525	34+900	PM-34-1	0,4~2,0	11.2	B_6ts	Non	Non	Non
35+100	35+275	SC-34-1 PM-34-2	0,5~11 0,8~2,2	10.55	B B_5th	(*) Non	(*) Non	(*) Non
36+225	36+725	PM-36-1	0,3~2,1	5.4	A_2s	Oui	Oui	Oui
37+400	37+750	PM-37-1 SC-37-1	0,0~1,4 0.5~5	13.11	A_2m A_3ts	Oui Non	Oui Non	Oui Non
38+125	38+325	PM-38-1	0,4~2,1	17.65	A_1ts	Non	Non	Non
38+325	39+200	PM-38-2 SC-38-1	1,6~3,0 0,5~2,5	20.53	A_2s A_3	Oui (*)	Oui (*)	Oui (*)
43+300	44+000	PM-43-1 PM-44-1	0,3~3,2 0,4~3,2	14.6	R_{34} R_{34}	(*) (*)	(*) (*)	(*) (*)

(*) : Les conditions de réutilisation dépendent de l'état hydrique des sols ; les sols analysés sont tous utilisables dans le corps des remblais sauf ceux qui sont dans l'état « th » ou « ts », qui ne peuvent pas être utilisés dans cet état hydrique.

VII.6.2 Condition d'utilisation les matériaux en remblai et couche de forme :

Pour utiliser les matériaux en remblai ou couche de forme on va respecter les conditions d'utilisation

Les conditions d'utilisation des matériaux en remblai sont définies en 7 rubriques :

- E : extraction
- G : action sur la granularité
- W : action sur la teneur en eau
- T : traitement
- R : régalage
- C : compactage
- H : hauteur de remblai

Les conditions d'utilisation des matériaux en couche de forme sont définies en 4 rubriques :

- G : action sur la granularité
- W : action sur la teneur en eau
- T : traitement
- S : protection superficielle

Utilisation notre matériaux :

VII.6.2.1 En remblai:

Tableau VII.18 : les techniques pour utiliser notre sol en remblai

Classe	Code	Technique de préparation des matériaux
A_2m	C = 2	C : compactage moyen

A_2s	W = 4 R = 1 C = 2	Solution 1 : humidification dans la masse W : humidification pour changer l'état R : couches mince C : compactage moyen
	C = 1 H = 2	Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne <10m

VII.6.3 En couche de forme :

Tableau VII.19 : les techniques pour utiliser notre sol en couche de forme

Classe	Code	Technique de préparation des matériaux	Epaisseur de CDF (m)
A_2m	W=1 T=2 S = 2	W : arrosage pour maintien l'état hydrique T : traitement avec liant hydraulique éventuellement associé a la chaux S : application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	e = 0.35
A_2s	W = 1 T = 2 S = 2	W : humidification pour changer l'état hydrique T : traitement avec un liant hydraulique éventuellement associé à la chaux S : application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté	e = 0.35

VII.7 Conclusion:

D'après l'étude géotechnique et les résultats que nous avons obtenu, il y'a deux types de sols ont été identifiés comme pouvant être utilisés pour la construction des remblais et des couches de forme sur ce tronçon. Cette classification des matériaux, basée sur leurs caractéristiques physiques et mécaniques, permettra d'optimiser la gestion des déblais et remblais, ainsi que la conception des différentes couches de la structure de chaussée.

Chapitre VIII :

stabilité du talus

CHAPITRE VIII STABILITE DU TALUS

VIII.1 Introduction:

La stabilité des talus revêt une importance capitale lors de la construction et de la maintenance des routes. En effet, un talus instable peut engendrer des glissements de terrain, des effondrements et causer des dommages conséquents aux infrastructures routières, aux bâtiments et aux autres ouvrages situés à proximité.

Plusieurs paramètres clés influencent la stabilité d'un talus, parmi lesquels on peut citer l'inclinaison du talus, la composition du sol, la présence d'eau et de végétation, ainsi que les surcharges appliquées en crête du talus (trafic routier, constructions, etc.)

VIII.2 Les méthodes du calcul les stabilités des talus :

Pour les calculs de la stabilité des pentes de talus, la théorie de l'équilibre limite est adoptée, qui consiste à analyser la stabilité d'un massif de sol à la rupture suivant la surface de rupture.

Coefficient de sécurité :

Le calcul de la stabilité des talus est généralement estimé à l'aide d'un coefficient appelé : coefficient de sécurité F_s. Ce coefficient est défini comme étant le rapport du moment par rapport à un point fixe de la résultante des forces résistantes au glissement aux forces provoquant le glissement.

$$F_s = \frac{\sum \text{moment des forces resistant au mouvement}}{\sum \text{moment des forces provoquant le mouvement}}$$

Les principales méthodes de calcul de la stabilité des talus sont :

- Les méthodes basées sur l'équilibre limite
- Les méthodes des éléments finis
- Les méthodes des abaques

Dans ce chapitre nous avons travaillé par Les méthodes basées sur l'équilibre limite (Méthode des tranches) :

Dans cette méthode on considère que

La ligne de glissement est toujours de forme circulaire

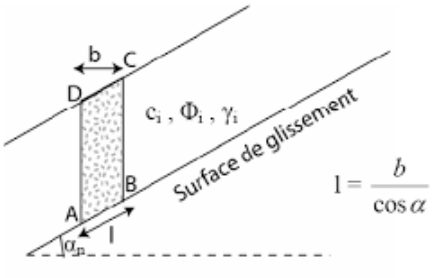


Figure VIII.2 : les critères de chaque tranche

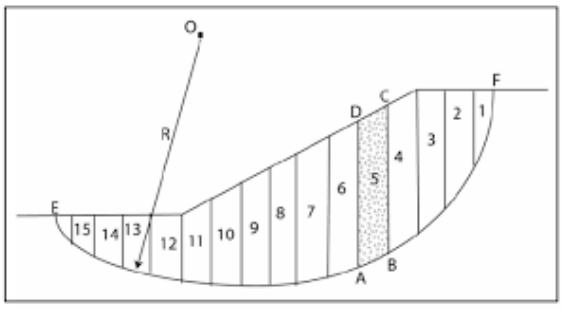


Figure VIII.1 : coupe des tranche de la ligne de repture

Le facteur de sécurité est donné par la formule suivante :

$$F_s = \frac{\sum(c_i\, b_n + W_n \tan \emptyset_i}{m_\alpha \sum W_n \sin \alpha_n}$$

Avec

$$m_\alpha = \cos \alpha_i \left(1 + \frac{\tan \alpha_i \tan \emptyset_i}{F_s}\right)$$

Pour déterminer F_s il faut procéder par itérations successives.

Pour assurer la stabilité il faut respecter les deux conditions suivantes :

Cas sans séisme : $F_s > 1.5$.

Cas de séisme : $F_s > 1.1$.

VIII.3 Logiciels utilisés :

Il existe actuellement de nombreux logiciels qui permettent des vérifications de stabilité des talus. Dans cette étude, nous avons effectué des vérifications à l'aide de TARLEN4, un logiciel français développé par TERRASOL.

VIII.4 Coefficient sismique :

La stabilité des talus est étudiée en considérant d'une façon statique la combinaison d'une charge sismique horizontale (K_h) et une charge sismique verticale (K_v). Dans ce cas, le coefficient A est un coefficient d'accélération retenue en fonction des zones sismiques et de la classification des ouvrages.

Tableau VIII.1 : Classification des ouvrages selon leur importance

Groupe	Zone I	Zone II a	Zone II b	Zone III
1	0.15	0.25	0.3	0.4
2	0.12	0.20	0.25	0.3
3	0.1	0.15	0.2	0.25

La zone d'étude est rangée à la Zone IIa et les talus correspondent au Groupe 2 classé selon leur importance

Donc Le coefficient d'accélération A = 0.2

Tableau VIII.2 : coefficient sismique

Coefficient sismique	Expression de calcul	Procès de calcul
K_h	0.5A	0.5x0.2 = 0.1
K_v	0.3 K_h	0.3x0.1 = 0.03

VIII.5 Pentes des talus et bermes :

Tableau VIII.3 : pente des talus

Zone	Pente
Déblai	2H/1V 3H/2V 1H/1V
Remblai	2H/1V

Risberme :

Tableau VIII.4 :hauteur de talus et longueur de risberme

Zone	Critère
Déblai	Une risberme de 3m à tous les 6m
Remblai	Une risberme de 3m à tous les 8m

VIII.6 Mur de soutènement :

Les murs de soutènement jouent un rôle clé dans la stabilisation des talus en retenant les terres et en réduisant l'emprise des pentes. Ils s'opposent à la poussée des terres et existent sous différents types (murs-poids, Terre Armée, ancrés, à contreforts) choisis en fonction de critères tels que la hauteur, la nature du sol, les contraintes d'espace et les coûts.
Dans cette étude nous avons utilisé des murs de soutènement en béton armé d'une hauteur de 6m

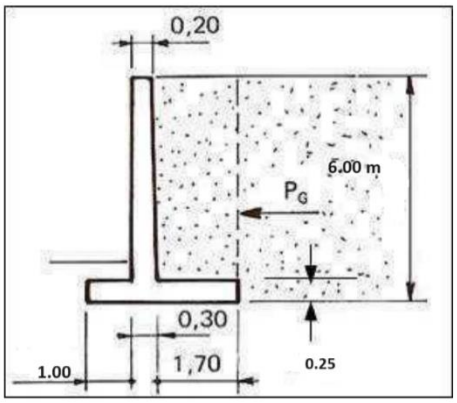


Figure VIII.3 .les dimensionnement de notre mur de soutenement

VIII.7 Calcul la stabilité :

VIII.7.1 Cas déblai :

Pk 34+500 au PK 34+900

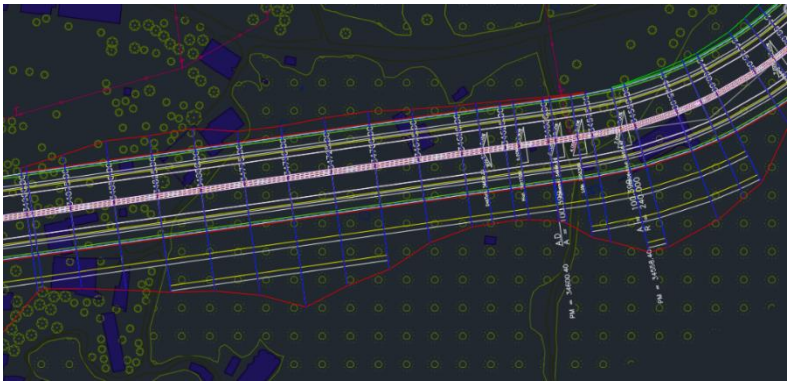


Figure VIII.4 : déblai du pk 34+500 au pk 34+900 dans la logiciel CIVIL 3D

On a un renforcement avec mur de soutènement

VIII.7.1.1 Caractéristique de terrain appliqué :

Tableau VIII.5 : caractéristique de terrain

Type de sol	Profondeur	$\gamma(KN/m^3)$	Ø	Cu (KN/m^2)
Alluvions	0,5~11m	21	33	10
Argile marneuse	11~15m	21.5	16	41.7

VIII.7.1.2 Résultat de TALREN4 :

Les résultats :

Cas sans séisme :

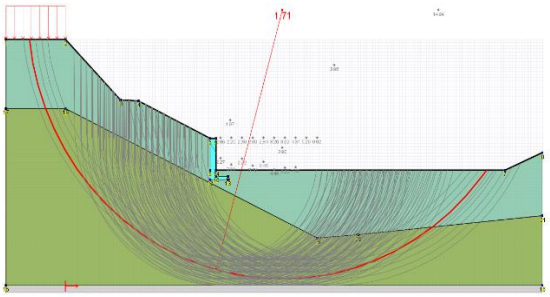


Figure VIII.6 : resultat de logiciel TALREN (en déblai) dans le cas sans seisme

Cas sismique :

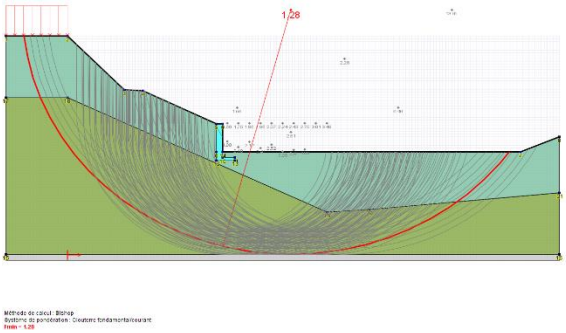


Figure VIII.5 : resultat de logiciel TALREN (en déblai) dans le cas sismique

Tableau VIII.6 :vérification les résultats de calcul (cas déblai)

Cas	Résultat	Vérification
Sans séisme	1.71 > 1.5	Vérifié
Sismique	1.28 > 1.1	Vérifié

VIII.7.2 Cas remblai :

PK 37+775 au PK 38+050

On a un renforcement avec mur de soutènement et des bandes géotextile

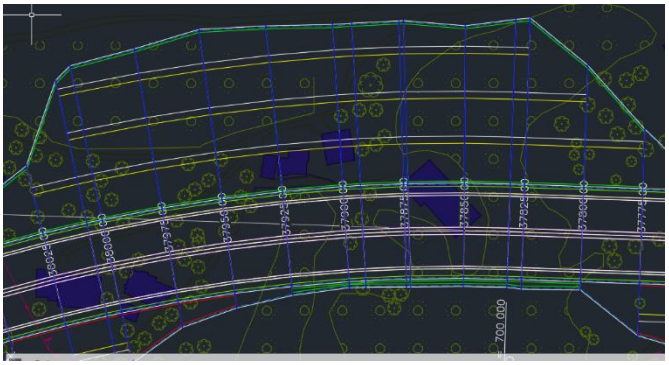


Figure VIII.7 : remblai du pk 37+775 au pk 38+050 dans la logiciel CIVIL 3D

VIII.7.2.1 Caractéristique de terrain appliqué:

Tableau VIII.7 : caractéristique de terrain

Type de sol	Profondeur	γ(KN/m^3)	∅	Cu (KN/m^2)
Argile	0~2.5m	16.3	2	200
Conglomérat	2.5～5.65	22.5	10	37.7

VIII.7.2.2 Résultat de TALREN4 :

Cas sans séisme :

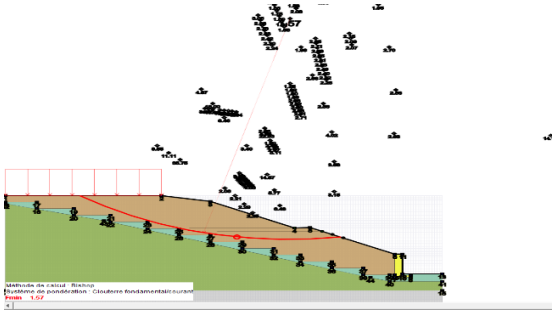


Figure VIII.9 : resultat de logiciel TALREN (en remblai) dans le cas sans séisme

cas sismique :

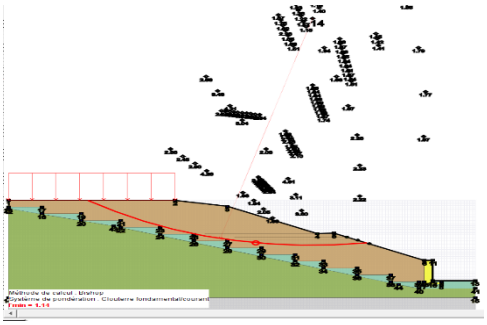


Figure VIII.8 : resultat de logiciel TALREN (en remblai) dans le cas sismique

Tableau VIII.8 : vérification les résultats de calcul (cas remblai)

Cas	Résultat	Vérification
Sans séisme	1.57 > 1.5	Vérifié
Sismique	1.14 > 1.1	Vérifié

Les tableaux ci-dessous résument les résultats obtenus à l'aide du logiciel TALREN 4.
Tableau de déblai

VIII.8 Protection des talus:

Il est essentiel de protéger les talus de déblai contre l'érosion induite par l'écoulement des eaux superficielle sur leur surface. Il faudra donc tenir compte de l'influence à long terme du contact entre l'eau et un massif argileux /marneux.
Sur les talus de déblai, Au niveau des risbermes de 3m de large, il faut faire des fossés seront mis en place pour but de l'évacuation rapide des eaux superficielles.

VIII.9 Conclusion :

L'analyse de stabilité des talus de déblai et de remblai effectuée avec le logiciel TALREN 4 a permis d'obtenir des résultats satisfaisants pour le tronçon routier de la pénétrante de Béjaïa entre les PK 34 au 44. Les calculs de stabilité ont démontré que les talus projetés présentent des coefficients de sécurité conformes aux normes en vigueur, garantissant ainsi la stabilité à long terme de l'infrastructure routière.

Remarque :

Tous les résultats que nous avons obtenus à l'aide du logiciel TALREN sont joints dans l'annexe.

Chapitre IX : étude hydraulique

CHAPITRE IX ETUDE HYDRAULIQUE

IX.1 Introduction:

L'évacuation des eaux pluviales est une composante essentielle de la conception, de la construction et de l'entretien des routes. En effet, la présence d'eau sur la chaussée peut engendrer de multiples problèmes, dont :

Érosion, instabilité des talus, dégradation de chaussée, inondation, et glissement de terrain….

Pour faire face à ces enjeux, il est essentiel de mettre en œuvre des solutions efficaces d'évacuation des eaux pluviales.

En général l'assainissement est l'ensemble des dispositions prise pour évacuer l'eau loin de la route.

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

Pour les chaussées :

- Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées)
- Dés enrobage
- Décollement des bords
- Nid de poule (dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée avec un trafic important)

Pour les talus :

- Glissement
- Erosion
- Affouillements du pied de talus

IX.2 Objectifs de l'assainissement routier :

Les objectifs principaux de l'assainissement routier doivent être les suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux pluviales qui s'écoulent sur la chaussée.
- Réduction du coût d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosions.
- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- La lutte contre la pollution routière.
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée. (Danger de ramollissement du terrain sou- jacent et effet de gel).
- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amant de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et effet de gel).
- Garantir la stabilité des ouvrages pour toutes leurs duré de vie sous les différents régimes hydrauliques pouvant les déstabiliser.

IX.3 Critères de base dans la conception des ouvrages d'assainissement :

- Si faisable, ne pas modifier la géométrie naturelle des cours d'eau.
- Respecter les normes et les règlementations
- Protéger les fossés contre l'érosion.

- Bien gérer les eaux de ruissellement afin de limiter l'érosion dans les talus.
- Respecter les exigences environnementales.
- Établir des dimensions minimales pour les ouvrages pour faciliter leur nettoyage ultérieur.

IX.4 Etude hydrologique :

L'étude hydrologique implique la détermination des débits de crue pour chaque écoulement traversant le tracé de la route. Par conséquent, il est nécessaire de restaurer tous les oueds à l'aide d'ouvrages hydrauliques appropriés. (Ponts, dalots et buses, …).

IX.4.1 Les données de calcul :

- Données topographiques.
- Données hydrologiques.
- Carte d'état-major éditée au 1/25000

IX.4.2 Les étapes de l'étude :

- Collecte des données cartographiques.
- Collecte des données pluviométriques.
- Traitement cartographique.
- Estimation du temps de concentration.
- Estimation des pluies de courte durée.
- Estimation des débits d'apport Q_a.
- Estimation de débit de saturation Q_s

IX.5 Caractérisation physique des bassins versants :

Les caractéristiques physiques d'un bassin versant influent sur l'écoulement de ses cours d'eau, L'écoulement peut être facilité ou retardé en fonction de la région est étalée ou non.

Les caractéristiques physiques sont indiquées dans le tableau suivant :

- S (km^2): Surface (km^2)
- P (km): Périmètre (km)
- L (km) : Longueur du cours d'eau principal
- H_{max} (m) : Altitude max
- H_{min} (m) : Altitude min
- H_{moy} (m) : Altitude moyenne = $\frac{H_{max}+H_{min}}{2}$
- I : Indice de pente (m/m)

Tableau IX.1 : Caractéristiques physiques des bassins versants

N° BV	PK	S [km²]	P[Km]	H_{max} [m]	H_{min} [m]	H_{moy} [m]	ΔH(m)	L [Km]	I[m/m]
1	34+100	2.25	8	949	72	510.5	877	3.35	0.26
2	35+050	0.04	0.73	165	108.9	136.95	56.1	1.04	0.05
3	35+330	0.24	2.64	385	128	256.5	257	1.15	0.22
4	35+620	0.11	1.53	292	118.6	205.3	173.4	0.59	0.29
5	36+025	0.13	1.78	259	110.9	550.6	148.1	0.62	0.24
6	36+250	1.58	6.93	990	111.2	550.6	878.8	3.11	0.28
7	36+400	0.06	1.51	235	116.4	175.7	118.6	0.65	0.18
8	36+850	0.08	1.3	235	110.7	172.85	124.3	0.53	0.23
9	37+175	2.75	8.99	970	103	536.5	867	3.34	0.26
10	37+825	0.61	4.23	610	112	361	498	1.8	0.28
11	38+225	0.12	1.78	245	124.6	184.8	120.4	0.75	0.16
12	39+000	0.82	4.48	679	83.41	381.21	595.59	1.74	0.34
13	39+475	0.21	2.05	260	143	201.5	117	0.8	0.15
14	41+450	23.26	22.88	1154	108.71	631.36	1045.29	8.27	0.13
15	42+025	0.067	1.17	235	114.3	174.65	120.7	0.47	0.26
16	43+000	0.2	2.04	315	132.3	223.65	182.7	0.58	0.32

IX.6 Estimation des débits de crue :

L'estimation des débits de crue pour les bassins versants naturels du projet dépend de divers facteurs, tels que la topographie, la climatologie, la morphologie des bassins versants, la géologie, …. Ils influent de manière plus ou moins significative sur la formation des crues.

Les méthodes de calcul sont multiples dont les résultats demeurent toujours incertains mais on se propose d'appliquer les formules édictées dans le guide de l'assainissement routier de Sétra, connues par leur large utilisation dans les projets de drainage routiers en Algérie qui sont fonction de la surface des bassins versant comme suit :

- La formule rationnelle pour les bassins versant inférieurs à 10 km²
- La formule CRUPEDIX pour les bassins versants compris entre 50 et 100 km²
- La formule de transition pour les bassins compris entre 10 et 50 km²
- La formule de SCS pour les bassins compris entre 15 à 400 km²
- Analyse fréquentielle des données hydrométrique pour tous les bassins versants dont le cours d'eau.

IX.6.1 Formule Rationnelle :

$$\mathbf{Q} = \mathbf{0.278} \times \mathbf{Cr} \times \mathbf{I} \times \mathbf{S}$$

Avec :

- Q : Débit de crue de période de retour voulue (m^3/s).
- I : Intensité de pluie pour le temps de concentration du BV (mm/h)
- Cr : coefficient de ruissellement
- S : surface du bassin versant (km^2)

IX.6.2 Temps de concentration :

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

Le temps de concentration peut être évalué à l'aide de différentes formules, notamment celles de Ventura, Passini, Giandotti, chacune ayant son propre domaine de validité d'application.

IX.6.2.1 Méthode de Ventura :

$Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$ (Pour les bassins inférieurs à 5 km^2) $A < 5\ km^2$

IX.6.2.2 Méthode de Passini :

$Tc = 0.108 \times \frac{\sqrt[3]{A*L}}{\sqrt{P}}$ (Pour les bassins entre 5 km^2 et 25 km^2) $5\ km^2 < A < 25\ km^2$

IX.6.2.3 Méthode de Giandotti :

$Tc = \frac{4 \times \sqrt{A} + 1.5 \times L}{0.8 \times \sqrt{\overline{H}}}$ (Pour les bassins entre 25 km^2 et 400 km^2) $25\ km^2 < A < 400\ km^2$

Avec :

- Tc : Temps de concentration (h)
- A : Surface du bassin (km^2)
- P : Pente moyenne du bassin (m/m)
- L : Longueur du bassin (Km)
- H : Différence entre l'altitude maximale et minimale du bassin (m)
- $\overline{H}$: Différence entre l'altitude moyenne et minimale du bassin (m)

Ces différentes approches donnent des résultats variés et ne peuvent offrir qu'une estimation approximative du temps de concentration. Le temps de concentration offre la possibilité de comparer différents bassins versants entre eux, ce qui en fait un paramètre représentatif de leurs caractéristiques morphologiques.

IX.6.3 L'intensité de pluie I :

La formule de Montana permet d'estimer l'intensité de la pluie d'une durée donnée et d'une période de retour donnée pour un lieu précis. Elle est couramment utilisée en hydrologie pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques et l'étude des crues.

La formule de montana :

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

Avec :

- I (t, T) : intensité de pluie en mm /h.
- T : période de retour en ans.
- t : temps de concentration en heures

- a, b : paramètres de Montana

Le tableau suivant répertorie le paramètre "a" pour différentes fréquences :

Tableau IX.2 : Coefficient de Montana « a(t) »

T (ans)	10	20	50	100
a(t)	20,70	23,25	26,75	29,30

Et la valeur de b = 0.64

IX.6.4 Coefficient de ruissellement :

Le ruissellement superficiel correspond à l'eau provenant de la pluie, qui circule par la superficie et qui se concentre dans les lits, Cela représente par conséquent, le reste de pluie qui reste dans la superficie après avoir décompté les phénomènes d'évaporation et d'évapotranspiration, de stockage et d'infiltration dans les couches inférieures.

Tableau IX.3 : Coefficient de ruissellement Cr

T (ans)	10	50	100
Coefficient de ruissellement Cr **(%)**	0,4	0,49	0.52

IX.6.5 Le débit de saturation Q_s :

Le débit de saturation représente le débit d'écoulement maximal que peut atteindre un canal ou une conduite d'écoulement lorsque la section mouillée est pleine. En d'autres termes, il s'agit du débit critique au-delà duquel l'eau ne peut s'écouler plus rapidement, même si la pente du canal ou la vitesse d'arrivée de l'eau augmentent.

Il est donné par la formule de MANING STRIKLER :

$$\mathbf{Q_s = S_m \times K_{st} \times Rh^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}}$$

Avec :

- S_m : section mouillée
- K_{st}: coefficient de STRICKLER qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage
- Rh : rayon hydraulique en (m)
- I : pente longitudinale du canal en (m/m)

IX.6.6 Résultats de calcul des débits :

Tableau IX.4 : Les valeurs des débits d'apport

N° BV	PK	Tc (h)	i(t)10 ans (mm/h)	i(t)50 ans (mm/h)	i(t)100 ans (mm/h)	Q10 ans (m3 /s)	Q50 ans (m3 /s)	Q100 ans (m3 /s)
1	34+100	0.37	39.11	50.54	55.36	9.79	15.49	18.01
2	35+050	0.11	85.01	109.86	120.33	0.38	0.6	0.7
3	35+330	0.13	76.39	98.72	108.13	2.04	3.23	3.75
4	35+620	0.08	104.23	134.69	147.53	1.27	2.02	2.35

5	36+025	0.09	96.66	124.91	136.82	1.4	2.21	2.57
6	36+250	0.3	44.73	57.81	63.32	7.86	12.44	14.46
7	36+400	0.07	113.53	146.71	160.7	0.76	1.2	1.39
8	36+850	0.07	113.53	146.71	160.7	1.01	1.6	1.86
9	37+175	0.41	36.63	47.33	51.84	11.2	17.73	20.61
10	37+825	0.18	62.03	80.16	87.8	4.21	6.66	7.74
11	38+225	0.11	85.01	109.86	120.33	1.13	1.8	2.09
12	39+000	0.2	57.98	74.93	82.07	5.29	8.37	9.73
13	39+475	0.15	69.71	90.08	98.67	1.63	2.58	3
14	41+450	1.75	14.47	18.7	20.48	37.43	59.25	68.86
15	42+025	0.07	113.53	146.71	160.7	0.85	1.34	1.56
16	43+000	0.12	80.41	103.91	113.81	1.79	2.83	3.29

IX.7 Dimensionnement hydraulique :

Pour concevoir les structures hydrauliques pour traverser la voie, il est nécessaire de déterminer la crue projetée la crue de projet revêt une importance capitale dans la conception des structures hydrauliques, symbolisant le pic de crue que l'ouvrage devra endurer. Sélectionner la fréquence de retour de cette crue nécessite un équilibre entre les coûts d'investissement et le risque de dépassement.

IX.7.1 Les Systèmes de drainage transversal :

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



Figure IX.1 : Les systèmes de drainages (buse)

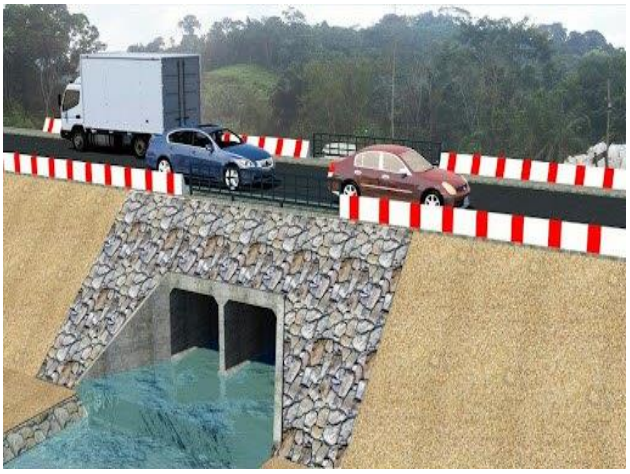


Figure IX.2 : Les systèmes de drainages (dalot)

IX.7.2 Prédimensionnement des ouvrages :

Les eaux des bassins versants s'écoulent à travers l'autoroute en utilisant des dalots et des buses. Le choix de l'ouvrage est basé sur l'hypothèse relative au débit d'apport identifié.

IX.7.3 Dimensionnement d'ouvrage transversal au PK 35+050 :

Pour (BV 2) (A=0.04 km², L=1.04km).

Détermination de l'intensité I(t) et du temps de concentration :

A< 5km² : donc on applique la formule de Ventura :

$Tc= 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = Tc= 0.127 \times \sqrt{\frac{0.04}{0.05}} = 0.11$ h

$I(t,T) = a(T)t^{-b}$ à T= 50 ans ; a= 26.75, b=0.64.

I= 109.86 mm/h

IX.7.3.1 Détermination du débit d'apport :

On applique la formule :

Q_a= K.C.I.A

$Q_a = 0.278 \times 0.49 \times 109.86 \times 0.04$

$Q_a = 0.6\ m^3/s$

IX.7.3.2 Détermination de dimension du Buse:

$Q_s = Q_a = S \times K_{st} \times Rh^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$

$Q_s = K_{st} \times I^{0.5} \times \pi \times (\frac{R^{\frac{2}{3}}}{2})$

$R= (\frac{Q_a}{Kst*0.5^{\frac{2}{3}}*\pi*I^{0.5}})^{\frac{3}{8}}$

R= 0.293m

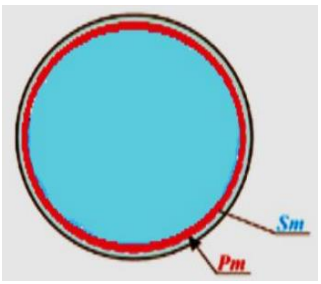


Figure IX.3 : buse

Avec :

Φ = 2 x R

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

Donc en prend : Φ=1000 mm

IX.7.3.3 Vérification des conditions d'auto curage :

Pour cela on calcul :

Q_{ps} : débit a pleine section.

V_{ps}: vitesse a pleine section.

Conditions d'auto curage :

V > 0.6 m/s pour Q = 0.1 Q_{ps}

V > 0.3 m/s pour Q = 0.01Q_{ps}

Calcul de débit à pleine section Q_{ps}

$Q_{ps} = K_{st} \times S \times Rh^{\frac{2}{3}} \times I^{0.5} = 1.2\ m^3/s$

Calcul de vitesse à pleine section V_{ps}

$V_{ps} = \frac{Q_{ps}}{S_m} = \frac{1.2}{3.14 \times 0.5^2} = 1.53$ m/s

Pour : $\frac{Q}{Q_{ps}} = 0.1$ alors $\frac{V}{V_{ps}} = 0.64$

Donc : $V = 0.64\ V_{ps}$

$V = 0.64 \times 1.53$

$V = 0.98 > 0.6$

Pour $\frac{Q}{Q_{ps}} = 0.01$ alors $\frac{V}{V_{ps}} = 0.315$

Donc : $V = 0.315\ V_{ps}$

$V = 0.315 \times 1.53$

$V = 0.48 > 0.3$

Le tableau suivant résumé tous les résultats de calcul :

Tableau IX.5 : vérification les résultats de calcul les condition d'auto curage

Condition	Q_{ps}	V_{ps}	V	Vérification
V>0.6	1.2	1.53	0.98	Vérifié
V>0.3	1.2	1.53	0.48	Vérifié

IX.7.3.4 Condition de calage :

D=F= 1m, R=0.5m et b=1.8m

$N = \frac{Q}{z * \sqrt{I} * b^{\frac{8}{3}}} = 0.08$

m =1

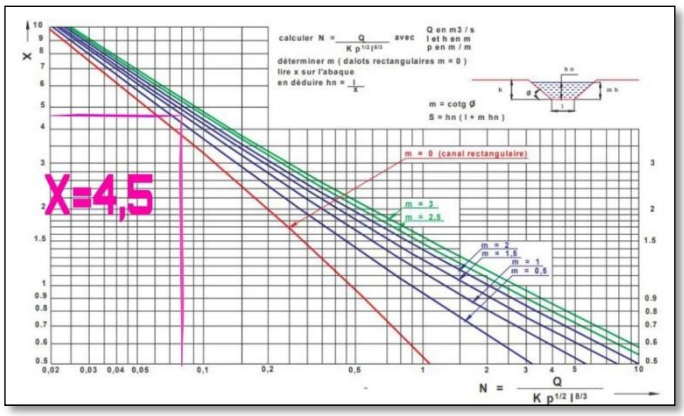


Figure IX.4 : l'abaque pour calculer hn

$X = 4.5$ et $h_n = \frac{b}{X} = 0.4$

$N = \frac{Q}{g * b^5} = 0.002$

m =1

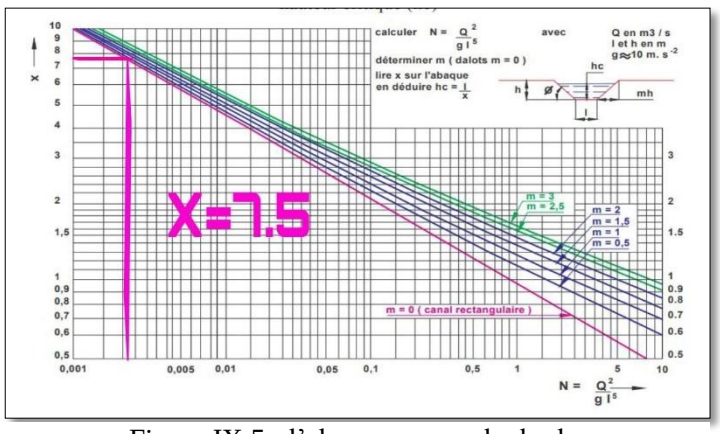


Figure IX.5 : l'abaque pour calculer hc

$X = 7.5$ et $h_c = \frac{b}{X} = 0.24$

On a $h_n > h_c$

Donc le régime d'écoulement est :

Régime fluvial

Calage de l'ouvrage :

$N = \frac{Q}{\sqrt{g} * R^{\frac{5}{2}}} = 1.25$

$\lambda = 1$

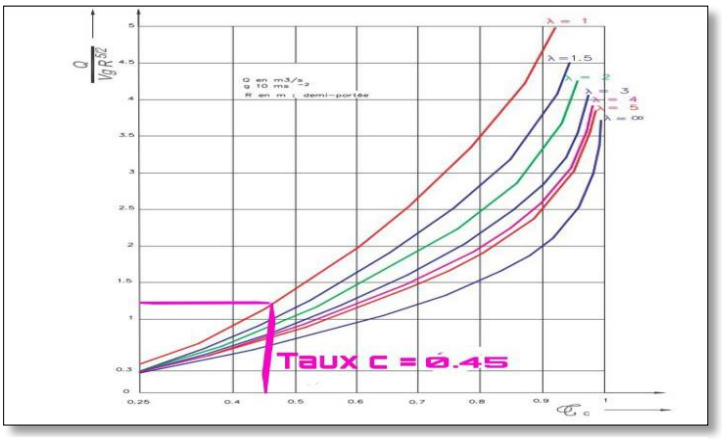


Figure IX.6 : l'abaque pour calculer yc

$\tau_c = 0.45$

$y_c = \tau_c \times F = 0.45$

$y_n = 1.2 * y_c = 0.54$

$y_e = \max(y_n; h_n) = 0.54$

$\tau_n = \frac{y_n}{F} = 0.54$

$\lambda = 1$

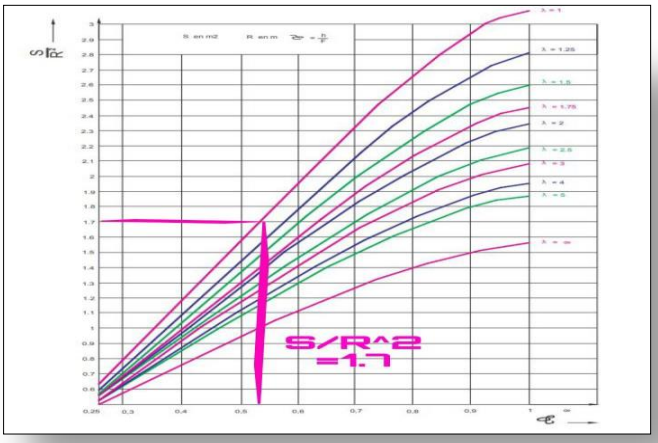


Figure IX.7 : l'abaque pour trouver S/R^2

$\frac{S}{R} = 1.7$

$v = 1.77 \text{ m/s} < 4$

$H_{am} = y_e + (1+ke) \times \frac{v^2}{2g} = 0.76$

$y_t = \frac{Ham + y_e}{2} = 0.65$

Taux de remplissage : $\tau = \frac{yt}{F} = 65\% < 75\%$

Le tableau suivante résumé tous les résultats :

Tableau IX.6 : résultat de calcul calage d'ouvrage

y_c	y_n	y_e	v	H_{am}	y_t
0.45	0.54	0.54	1.77	0.76	0.65

La vérification :

V = 1.77 m/s < 4 conditions est vérifiée

Taux de remplissage : τ = 65% < 75% condition est vérifiée

IX.8 Dimensionnement d'ouvrage transversal au PK 37+825 :

Pour (BV 10) (A=1.58km², P= 0.28m/m, L=3.11km).

IX.8.1.1 Détermination de l'intensité I(t) et du temps de concentration :

A< 5km² : donc on applique la formule de Ventura :

$Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.61}{0.28}} = 0.18$ h

$I(t,T) = a(T)t^{-b}$ à T= 50 ans ; a= 26.75, b=0.64

I= 80.16 mm/h

IX.8.1.2 Détermination du débit d'apport :

On applique la formule :

Q_a= K.C.I.A

$Q_a = 0.278 \times 0.49 \times 80.16 \times 0.61$

$Q_a = 6.66\ m^3/s$

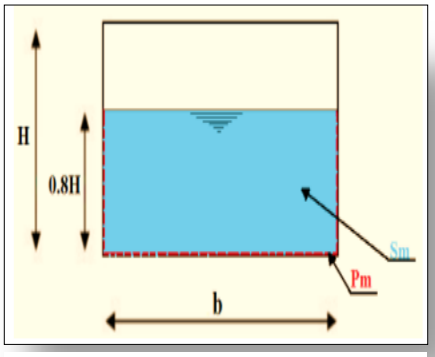


Figure IX.8 : Dalot avec remplissage de 80%.

IX.8.1.3 Détermination des dimensions du dalot :

La surface mouillée : $S_m = 0.8H*B$

Le périmètre mouillé : $P_m = 1.6*H+B$

Le rayon hydraulique $Rh = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8*H*B}{1.6*H*B}$

$Q_s = Q_a = S \times K_{st} \times Rh^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$

$H = \frac{1}{0.8 \times B} \times \left(\frac{Qa}{K_{st} \times \sqrt{I}}\right)^{\frac{3}{5}} \times (1.6 \times H + B)^{\frac{2}{5}}$

Q_s: débit de saturation en m3/s.

K_{st}: coefficient de Strickler =70

I : Pente de dalot, On donne I=1% (pente naturelle de lit de l'écoulement)

Pour les grandes pentes ; on limite la pente de projet pour éviter les grandes vitesses

On fixe B=2 m et on fait varier le H pour trouver la valeur proche.

On trouve H=1.015 m. Le dalot sera dimensionné en 2×2m.

Vérification de la vitesse :

$V = \frac{Q}{S} = \frac{6.66}{1.015 \times 2} = 3.28$ m/s < 4 m/s condition vérifié

Vérification la hauteur critique

$\frac{B \times Q^2}{g \times Sc^3} = 1$ D'où $h_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g*B^2}} = \sqrt[3]{\frac{6.66^2}{10*2^2}} = 1.05 < 1.5$

Vérification du régime d'écoulement :

Nombre de Froude= $\frac{V}{\sqrt{g*h}} = \frac{3.26}{\sqrt{10*2}} = 0.72 < 1$ (régime fluvial)

IX.8.1.4 Condition de calage :

B=2.8, l= 2 et H=2

$N = \frac{Q}{K*\sqrt{I}*b^{\frac{8}{3}}} = 0.36$

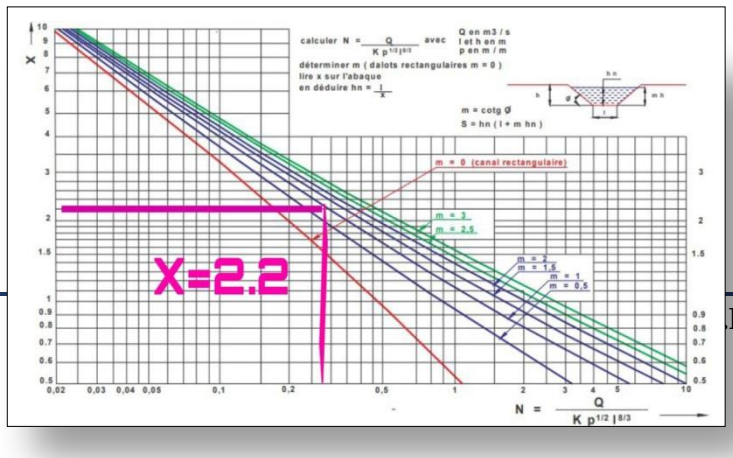


Figure IX.9 : l'abaque pour calculer hn

m=1

X=2.2 $h_n=\frac{b}{X}$ =1.27

$N=\frac{Q}{g*b^5}$ = 0.035

m= 1

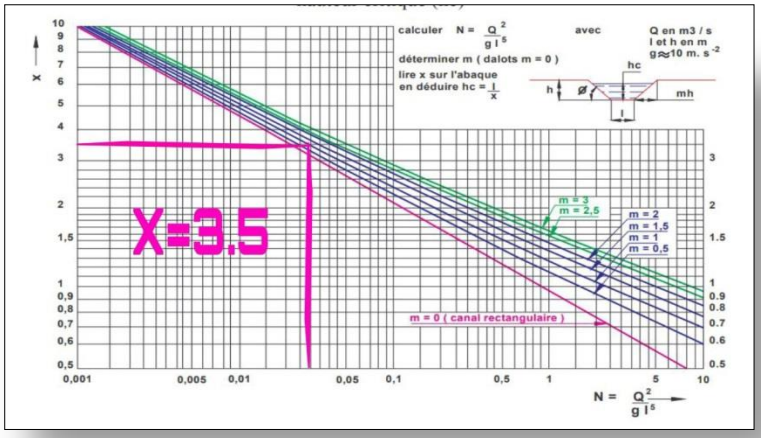


Figure IX.10 : l'abaque pour calculer hc

X=3.5 $h_c=\frac{b}{X}$ =0.8

On a $h_n > h_c$

Donc le régime d'écoulement est : Régime fluvial

$N=\frac{Q^2}{g*l^5}$ = 0.19

m= 0

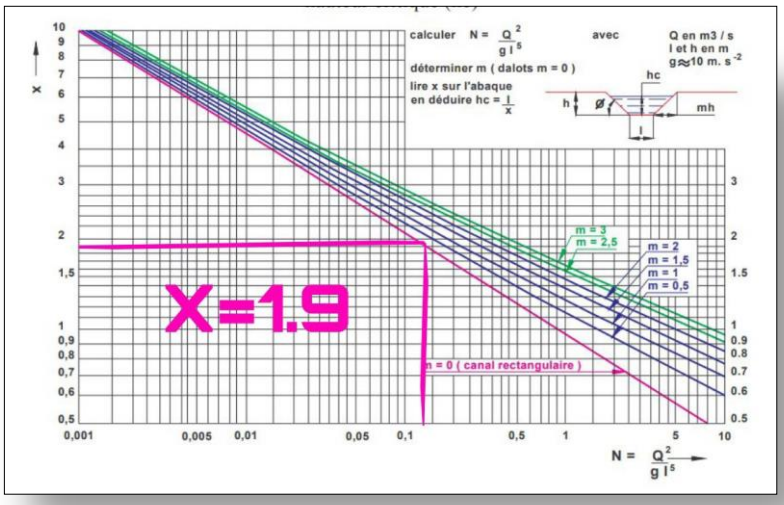


Figure IX.11 : l'abaque pour calculer yc

X=1.9 $y_c=\frac{b}{X}$ =1.0

$y_n = 1.2 \times y_c = 1.26$

y_e= max (y_n; h_n) =1.27

$v=\frac{Q}{y_e \times l}$ = 2.18 m/s < 4

$H_{am} = y_e + (1+ke) \times \frac{v^2}{2g}$ = 1.62

$y_t = \frac{H_{am}+y_e}{2}$ = 1.45

Taux de remplissage : $\tau = \frac{y_t}{F}$ = 72.25% < 75%

Le tableau suivante résumé tous les résultats :

Tableau IX.7 : résultat de calcul calage d'ouvrage

y_c	y_n	y_e	v	H_{am}	y_t
1	1.26	1.27	2.18	1.62	1.45

La vérification :

V = 2.18 m/s < 4 conditions est vérifiée

Taux de remplissage : τ = 72.25 % < 75% condition est vérifiée

IX.8.2 Tableau récapitulatif des dalots et des buses :

Les résultats obtenus pour notre projet sont résumés dans le tableau ci-dessous

Tableau IX.8 : Liste des ouvrages hydrauliques

N° BV	PK	S [km^2]	Q_{50} ans (m^3/s)	Type d'ouvrage	Dimension d'ouvrage
1	34+100	2.25	15.49	Dalot	2(2mX2m)
2	35+050	0.04	0.6	Buse	Φ=1000mm
3	35+330	0.24	3.23	Dalot	1.5mX1.5m
4	35+620	0.11	2.02	Buse	Φ=1500mm
5	36+025	0.13	2.21	Buse	Φ=1500mm
6	36+250	1.58	12.44	Dalot	3mX2m
7	36+400	0.06	1.2	Buse	Φ=1200mm
8	36+850	0.08	1.6	Buse	Φ=1500mm
9	37+175	2.75	17.73	Dalot	2(2mX2m)
10	37+825	0.61	6.66	Dalot	2mX2m
11	38+225	0.12	1.8	Buse	Φ=1500mm
12	39+000	0.82	8.37	Dalot	3mX2m
13	39+475	0.21	2.58	Dalot	1.5mX1.5m
14	42+025	0.067	1.34	Buse	Φ=1200mm
15	43+000	0.2	2.83	Dalot	1.5mX1.5m

IX.9 Dimensionnement des fossés :

Les fossés sont des structures linéaires initialement creusées pour drainer, collecter ou faire circuler des eaux.

Le dimensionnement de la fosse est réalisé dans des conditions défavorables pour garantir son efficacité, où il y'a un grand déblai, entre le PK37+380 et PK 37+780 de longueur 400m. on prévoit des fossés en béton armé d'une forme trapézoïdale.

La période de retour pour le dimensionnement du réseau d'assainissement est fixée à 10 ans

L'intensité des averses est constante à la fois dans le temps et dans l'espace

IX.9.1 La surface mouillée :

S_m= (b + m x h) x h

IX.9.2 Le périmètre mouillé :

B=b+2 x m x h

P_m= b+2 x h x $(1 + m^2)^{0.5}$

IX.9.3 Le Rayon hydraulique :

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

Pour calculer les différentes dimensions de fossé il faut d'abord calcule le Débit d'apport (Q_a) On applique égalité Q_a=Q_s

Tell que:

Q_a=K x C x It x A

Q_s= S_m x K_{st} x $Rh^{\frac{2}{3}}$*$j^{0.5}$

IX.9.4 Coefficient de ruissellement (C) :

Le coefficient de ruissellement varie en fonction de la proportion relative des surfaces imperméables par rapport à la surface drainée, prenant en compte la couverture végétale, la forme, la pente et la nature du terrain

Tableau IX.9 : Coefficient de ruissellement

Type de chaussée	Valeur de C	Valeur prises
Chaussée revêtue en enrobée	0.80 à 0.95	0.95
Berme	0.10 à 0.40	0.4
Talus	0.10 à 0.30	0.3

IX.9.5 Estimation des débits d'apport (Q_A) :

Q_a=Q_A +Q_C+ Q_T

- Débit rapporté par la chaussée Q_C=k x Cc x It x Ac
- Débit rapporté par l'accotement Q_A=k x Ca x It x Aa
- Débit rapporté par le talus Qt=k x Ct x It x At

Avec : k = 0.278

IX.9.6 Récapitulatif des surfaces :

Tableau IX.10 : caractéristique géométrique de la chaussée, berme, talus

Sous Bassins	Largeur (m)	LONGUEUR(m)	PENTE	Surface en m²
Chaussée	14.5	400	2.5%	5800
Berme	1	400	8%	400
Talus	/	400	45%	3960

IX.9.7 L'intensité de l'averse I(T) :

$$I(10) = a(10)tc^{-b}$$

Avec : a (10) =20.7 et b=0.64

Pour (BV10) (A=0.0058 Km2 , P=2.5%) < 5Km2 on applique la formule de VENTURA

Tc= 0.127 * $\sqrt{\frac{A}{P}}$ = 0.127 x $\sqrt{\frac{0.0058}{0.025}}$ = 0.061 h

$I(t,T) = a(T)t^{-b} = 20.7(0.061)t^{-0.64} = 124$ mm/h

Q_a=K x C x It x A =0.278*0.95 x 124 x 0.0058 =0.19 m^3 /s

Tableau IX.11 : Calcul de débit d'apport

B. V	K	C	A (m^2)	Tc(h)	It(mm/h)	Q_a (m^3 /s)
Chaussée revêtement en enrobes	0.2778	0.95	5800	0.061	124	0.19
Berme	0.2778	0.4	400	0.009	422	0.019
Talus	0.2778	0.3	3960	0.011	371	0.122
					Q_a (total)	0.331

IX.9.8 Débit de saturation :

$Q_s = K_{st}$ x S_m x $Rh^{\frac{2}{3}}$ x $I^{0.5}$ (K_{st} : Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler au béton collé sur place).

Q_s=70 x $0.02^{0.5}$ x $(\frac{h(b+mh)}{b+h(1+m^2)^{0.5}})^{\frac{2}{3}}$ x h x (b + m x h)

$H=(\frac{Qa}{Kst \times b \times \sqrt{I}})^{\frac{3}{5}} \times (\frac{1+2.83 \times \frac{h}{b}}{1+\frac{h}{b}})^{\frac{2}{5}}$

On pose b=0.5m et pour un angle de 45° ➔ m=1

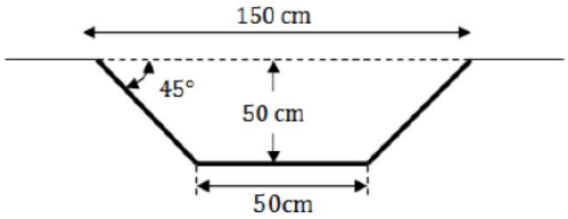


Figure IX.12 : Dimensions du fossé

Après un calcul itératif, On trouve : H = 0.2 m

Pour raison de sécurité, on prend : b=0.5 m, h=0.5m.

IX.10 Conclusion :

L'étude hydraulique a permis de déterminer les caractéristiques hydrologiques du site et de proposer des solutions techniques adaptées pour la gestion des eaux. Les infrastructures recommandées, telles que les buses, les dalots, les fosses et les ouvrages d'art, assureront une gestion efficace des flux hydriques et la prévention des inondations. Les résultats détaillés en annexe des dimensionnements des ouvrages transversaux et longitudinaux fournissent une

base solide pour la planification et l'exécution des travaux, garantissant la conformité aux normes et la protection des ressources en eau.

Chapitre X : cubature

CHAPITRE X CUBATURE

X.1 Introduction :

La réalisation d'une infrastructure de travaux publics nécessite toujours une modification du terrain naturel où le projet sera implanté. Cette modification peut s'effectuer de deux manières : soit par apport de terre sur le sol du terrain naturel, pour servir de support (remblai), soit par excavation des terres existantes au-dessus du niveau de la ligne rouge (déblai). Ces opérations sont réalisées à l'aide de matériels de terrassement tels que des engins et des pelles.

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

X.2 Les méthodes de calcul :

Il existe plusieurs méthodes pour calculer les volumes de remblai et de déblai, parmi lesquelles on peut citer :

- Méthode de la moyenne des aires.
- Méthode de l'aire moyenne.
- Méthode de la longueur applicable.
- Méthode approchée.

Pour calculer la cubature des terrassements, nous opterons pour la méthode de la moyenne des aires. Cette méthode, simple à mettre en œuvre, présente cependant un léger inconvénient : elle tend à surestimer légèrement les volumes réels. Pour pallier à cette précision imparfaite, nous prévoyons une majoration des résultats obtenus.

X.3 Description de la méthode :

La méthode de la moyenne des aires permet de déterminer le volume de terre présent entre deux profils successifs. Pour ce faire, elle utilise la formule suivante :

$$\mathbf{V=\frac{H}{2}*(S1+S2+4Smoy)}$$

Avec :

- h : hauteur entre deux profils en (m).
- Smoy : surface limitée à mi- distances des profils en (m2).
- S1 : surface de profil en travers P1 (m2).
- S2 : surface de profil en travers P2 (m2).
- V : le volume de cubature (m3).

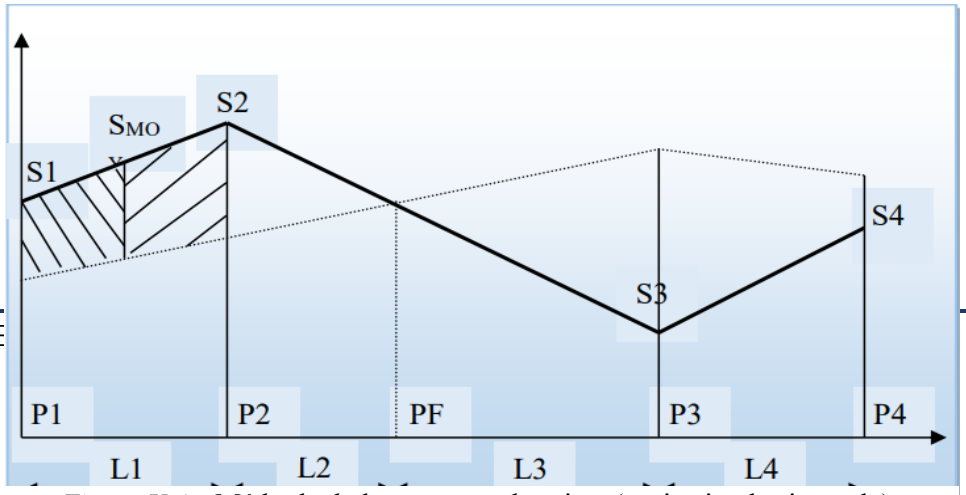


Figure X.1 : Méthode de la moyenne des aires (projection horizontale).

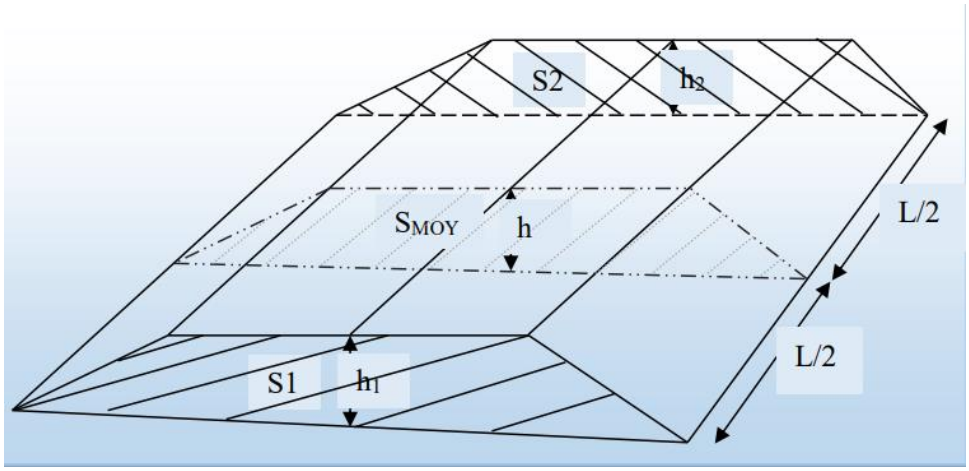


Figure X.2 : Méthode de la moyenne des aires (projection verticale).

Avec :

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

Le volume compris entre les deux profils en travers Pi et Pi+1 de section Si et Si+1 égale à:

Vi= $\frac{Li}{2}$*(Si + S(i+1)+ 4*Smoy)

Donc :

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

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

$V3 = \frac{L3}{2} \times (0 + S3)$ Entre PF et P3

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

Le volume total V: V =V1+ V2+ V3+V4

X.4 Calcul des cubatures de projet :

Pour notre projet, le calcul des cubatures a été réalisé à l'aide du logiciel **CIVIL 3D**. Les résultats complets sont joints en annexe.

Chapitre X : conception d'échangeur

CHAPITRE XI CONCEPTION D'ECHANGEUR

XI.1 Introduction :

Les échangeurs sont des infrastructures routières essentielles qui facilitent la transition entre différents réseaux routières, permettant aux usagers de suivre des itinéraires spécifiques en utilisant un système de bretelles interconnectées. Ces aménagements jouent un rôle crucial dans la fluidification du trafic en autorisant des changements de direction sans perturber la circulation principale.

On désigne les échangeurs par :

- Les nœuds : qui assurent les liaisons entre voies de type « autoroute ».
- Les diffuseurs : qui relient l'autoroute à la voirie ordinaire.
- Mixte : quand il assure en plans des échanges avec voirie locale.

Notre échangeur s'agit d'un diffuseur reliant la pénétrante autoroutière à la RN 26.

XI.2 Rôle de l'échangeur :

L'échangeur a pour rôle de :

- D'assurer la continuité du réseau autoroutier.
- De desservir plusieurs directions.
- Distribuer les flux dans les différentes directions, selon l'ordre d'importance.
- Faciliter aux usagers un déplacement dans de bonnes conditions.
- D'éviter les contraintes d'arrêt et de reprise.
- De diminuer le problème d'accidents en évitant le point de conflit.

XI.3 Les éléments de l'échangeur :

Les échangeurs sont constitués des éléments suivants :

- Ouvrages d'art. (passage supérieur ou inférieur).
- Carrefour (s) plan(s).
- Bretelles (rampes d'entrée, et rampes de sortie).

XI.4 Règles de conception :

Une bonne conception d'échangeur nécessite :

La détermination de tracé

La projection de plusieurs variantes d'échangeur

L'analyse et le choix en évitant :

- Le passage sur les terrains agricole.
- Passage au voisinage des habitations et des maisons publiques.
- Passages sur les oueds ou leur voisinage pour ne pas avoir d'ouvrage d'art à construire et de murs de soutènement.
- Les longs alignements droits.
- Les terrassements importants.
- Les sections à forte déclivité.

- Les sites en courbures à faibles rayons.

Dans notre cas, l'autoroute est parallèle à la RN26. En conséquence, nous avons opté pour un échangeur de type Trompette pour relier ces deux infrastructures.

XI.5 Choix du type d'échangeur :

La compréhension des différents types d'échangeurs, de leurs avantages et inconvénients, ainsi que des limites de leur utilisation, permet de sélectionner la configuration la plus appropriée en fonction des spécificités du site et des objectifs.
Et pour ce but on suit l'itinéraire suivant :

XI.5.1 1ère Etape : Détermination du tracé :

- Type de route et nombre de branches à raccorder
- Présentation du site d'implantation
- Distribution du trafic avec les différentes sens de parcours
- Vitesse d'approche pratique qui détermine les caractéristiques sur la bretelle

XI.5.2 2éme Etape : Configuration du tracé à adopter :

L'échangeur à préconiser doit aussi assurer un haut niveau de sécurité et de service, et ceci est garant en respectant les normes de l'art de la conception qui se résume en :

- Un tracé respectant les valeurs limitées de conception (valeur de rayon, d'alignements)
- Des longueurs des voies réglementaires (Insertion & décélération).

XI.5.3 3éme Etape : Analyse :

C'est cette dernière étape qui valide le choix sous la base que le futur échangeur doit assurer les meilleures conditions de visibilité, de confort et de sécurité.

XI.6 Application sur notre projet :

XI.6.1 Détermination du tracé :

XI.6.1.1 Type de route et nombre de branches :

Nous avons relié notre autoroute à la route nationale RN26, qui est une route à 1 voie par sens.

XI.6.1.2 Présentation du site d'implantation :

Le terrain de notre projet est terrain très difficile de catégorie L2R

XI.6.1.3 Distribution du trafic :

Selon nos estimations, environ 20% du trafic de la pénétrante emprunte la route nationale via l'échangeur.
Le Trafic totale de l'année de service est : $T_{JMA2023}$ = 15469 v/j
En prend 20% du trafic totale
$T_{JMA2023}(20\%)$ = 3093.8 V/J
$T_{JMA2043}$ = 3094 $(1 + 0.04)^{20}$ = 6780 V/J
$T_{eff\,2043}$= [(1 – 0,11) + 8× 0,11] × 6780 = 12000 UVP/J.
Q =0.12×12000 = 1440 UPV/h

Q_{adm} = 0.95*0.91*1800 = 1557 UPV/h

N= [S. Q/Q_{adm}] = $(\frac{(\frac{2}{3}).1440}{1557})$= 0.62≈ 1

Donc le nombre de la voie est : n= 1 voie

XI.6.1.4 Vitesse et les caractéristiques sur la bretelle :

La vitesse maximale sur l'autoroute est de 90 km/h.

La vitesse sur la RN26 est de 80 km/h.

La vitesse sur les bretelles VB< 70 Km/h.

On prend la vitesse sur la bretelle VB =60 km/h

Les caractéristiques de la bretelle :

Les valeurs limites des rayons à utiliser pour le tracé des bretelles d'après le guide Les échangeurs sur routes de type « Autoroute » avec ICTAAL2000.

Tableau XI.1 : les caractéristiques de la bretelle et la boucle

Rayon	Bretelle	Boucle
Rayon minimal	100	40
Rayon minimal non déversé	185	
Rayon maximal dans la boucle		60

XI.6.2 Configuration du tracé à adopter :

XI.6.2.1 Les valeurs limitées de conception :

Enchainement des éléments du tracé en plan :

- Il n'y a pas de règles d'enchaînement entre les rayons de la section courante à l'amont de la sortie et le premier rayon rencontré sur la bretelle, mais le premier rayon rencontré sur la bretelle doit respecter le minimum de 100 m hors cas d'une boucle.
- Une boucle comporte un arc circulaire unique encadré par des arcs de clothoïde
- Deux courbes successives de sens contraire ou de même sens doivent satisfaire à la condition : R1 < 2R2 où R1 et R2 notent les rayons de la première et de la seconde courbe rencontrées dans le sens de circulation sauf si R2 ≥ 1,5Rnd

Raccordement Progressif :

Les bretelles ou branches à une voie, à la plus grande des deux valeurs : $6R^{0.4}$et 7 |Δd| où R note le rayon de courbure (en m), et |Δd| la différence des pentes transversales (en %) des éléments du tracé raccordés.

XI.6.2.2 Longueurs des voies :

Les sorties :

Les sorties à 1 voie

Le dispositif de sortie comporte successivement :

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

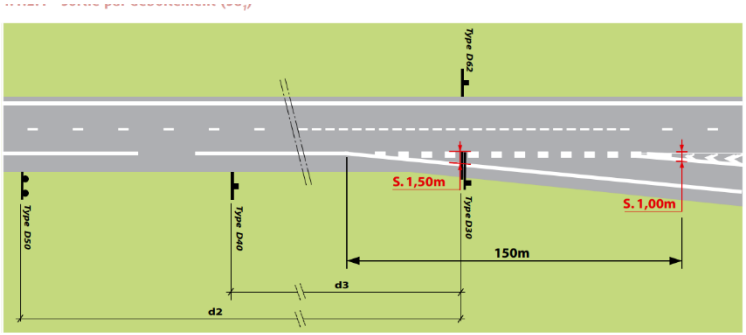


Figure XI.1 : la sorite de l'échangeur

Les entrées :
Les entrées à 1 voie.
Le dispositif d'entré comporte successivement :
Section de manœuvre : 200 m
Section de biseau 75 m

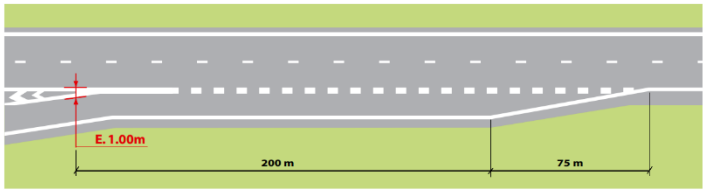


Figure XI.2 : l'entré de l'échangeur

XI.6.2.3 Terre-plein latéral (TPL) et obliquité Lm :

TPL :
Point d'origine ou d'extrémité du terre-plein latéral. En sortie, il marque le point de séparation physique des plateformes et permet d'implanter le musoir physique de divergence et sa balise.
Largeur du TPL est fonction des différents éléments le constituant : BDD ou BAU, Dispositif central et BDG.
Dans notre projet nous avons prend 5.2 m

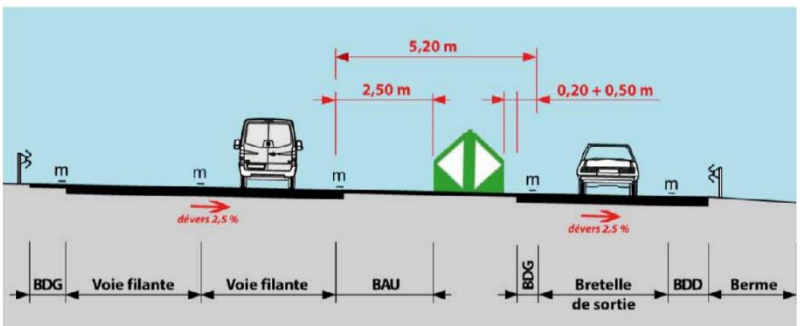


Figure XI.3 : terre-plein latérale

Obliquité Lm :
Longueur oblique prolongeant l'obliquité entre S.1,00 m et tpl en sortie et tpl et E.1,00 m en entrée
La longueur Lm est fonction de celle du TPL et de l'obliquité p :
Lm = (TPL - 1,00) / p avec Lm et TPL donnés en mètres
Avec :

Tableau XI.2 : les valeurs de P

	Normale	Relief difficile	Depuis collectrice
Oblique en sortie	1/33	1/25	1/20

L'obliquité en entrée est comprise entre 3% et 5% (1/33 et 1/20)
Dans notre projet en prend P=1/25 (relief difficile) en sortie et en entré
Donc
Lm = 105m.

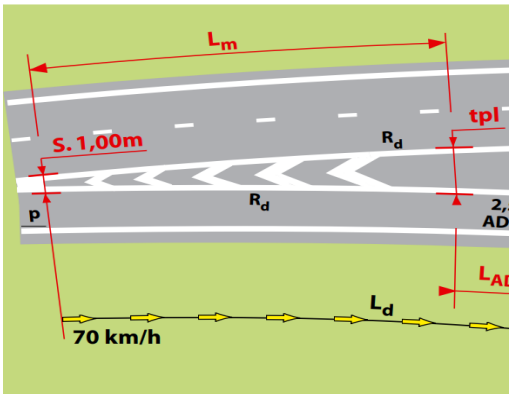


Figure XI.4 : Longueur oblique en sortie

XI.6.2.4 Profil en long :

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

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

XI.6.2.5 Profil en travers :

La chaussée est bordée de part et d'autre par une bande dérasée de même structure qu'elle, et par une berme qui peut être intégrée au dispositif d'assainissement.
Les largeurs des composants du profil en travers sont les suivantes :

Tableau XI.4 : les caractéristiques de profil en travers

B.D.G	Chaussée	B.D.D
0.5	3.5 + S	1

Avec :
S : surlargeur et S = $\frac{50}{R}$

XI.6.3 Analyse :

XI.6.3.1 Visibilité :

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

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

Avec :

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

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

Visibilité sur une sortie d'autoroute :
Distance de manœuvre de sortie d_{ms} : qui permet de définir également les changements de files en section courante : d_{ms} = 6V (V en m/s).

Distance de visibilité sur marquage :
Une distance de visibilité d_{vm} est nécessaire sur les marquages limitant sa voie au début de l'arc circulaire
d_{vm} = 3V (V en m/s)

Distance de lecture :
Définissant la distance minimale permettant à l'usager de lire les informations sur les panneaux de signalisation
L_c =5V avec V en m/s.
Nous avons résumé tous les résultats dans ce tableau

Tableau XI.5 : les valeurs de Principales distances de visibilité

Vitesse(km/h)	90
Vitesse(m/s)	25
Décélération moyenne γ(v)	0.4(m/s2)
Distance d'arrêt en palier (p=0)	130
Distance d'arrêt en courbe pour R	150
Distance de manœuvre en sortie d_{ms} (et changement de file	150
Distance de visibilité sur marquage d_{vm}	75
Distance de lecture L_c	125

XI.7 Conclusion:

l'échangeur a été conçu pour offrir une solution efficace et sécurisée pour les échanges entre les différentes voies de circulation, tout en prenant en compte les contraintes spécifiques de notre projet routier

XI.8 photo d'échangeur

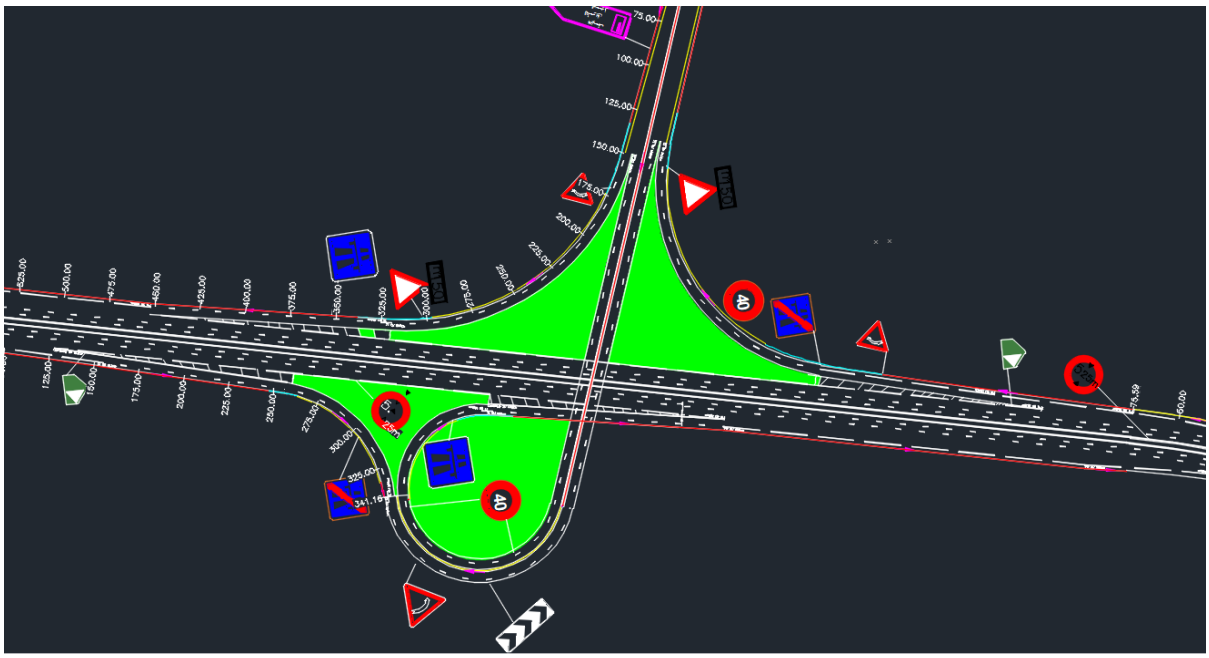


Figure XI.5 : échnageur

Chapitre XI : ouvrage d'art et tunnel

CHAPITRE XII OUVRAGE D'ART ET TUNNEL

XII.1 Introduction :

Un ouvrage d'art est une construction de grande importance et de grande taille appartenant à l'une au moins de ces catégories :

- Ouvrage permettant de franchir un obstacle sur une voie de communication routière, ferroviaire ou fluviale (ponts, tunnels)
- Dispositif de protection contre l'action de la terre ou de l'eau (murs, tranchée couverte, digue).
- Dispositif de transition entre plusieurs modes de transports (quais et autres ouvrages portuaires)

Ce chapitre abordera les ouvrages d'art existantes ainsi que le type de construction envisagé pour surmonter les obstacles.

XII.2 Présentation et justification sur l'implantation de l'ouvrage existant :

Les ouvrages d'art de notre projet sont :

- Un pont
- Un viaduc

XII.2.1 Présentation et justification sur le pont :

Pour franchir la ligne ferroviaire, nous avons choisi un pont situé entre le PK 34+125 et le PK 34+275. Ce pont, de hauteur variable et de gabarit minimal de 10 mètres, permet de traverser la ligne de voie ferrée en dessous du pont, garantissant ainsi la sécurité et la fluidité du trafic ferroviaire.

XII.2.2 Présentation et justification sur le viaduc :

La ligne ferroviaire étant parallèle à notre trace, nous avons choisi un viaduc situé entre le km 39+275 et le km 40+100. Le terrain très accidenté et le grand remblai qui atteignait la ligne ferroviaire nécessitaient une solution innovante pour éliminer ce remblai. Nous avons donc opté pour un viaduc, qui permet la voie ferrée de passer parallèlement à notre trace sans lui causer de dommage et sans perturber le trafic ferroviaire, tout en maintenant intact le relief du terrain.

XII.3 Choix de type d'ouvrage d'art (pont, viaduc) :

Nous visons à identifier, d'un point de vue technique et économique, le type d'ouvrages d'art le plus adapté afin de répondre de manière optimale à toutes les exigences (tant économiques que techniques). Les principaux éléments qui influencent le choix de l'ouvrages d'art sont :

- La nature du sol
- Le gabarit à respecter
- Le profil en long de la chaussée
- La portée de l'ouvrage
- Position possible des appuis

Diffèrent types sont pris en considération, et nous adopterons une approche d'élimination des ouvrages qui ne répondent pas aux exigences fixées. Pour notre situation, nous proposons :

XII.3.1 Variante 1 (Pont à poutre en béton précontrainte) :

Un pont à poutres en béton précontraint est un type de pont où la structure porteuse, généralement le tablier, est constituée de poutres en béton précontraint.

Le tablier se compose de deux travées indépendantes, chacune étant formée par un ensemble de poutres préfabriquées en T, comprenant un talon, une âme et une semelle supérieure.

Le principe consiste à supporter le poids propre de la poutre à l'aide d'une armature active, utilisant soit la précontrainte par prétention (PRAD), soit la post-tension (VIPP).

Ce type de pont trouve son application optimale pour les franchissements de portée intermédiaire, offrant une solution économique pour des portées comprises entre 30 et 38 mètres, avec une capacité d'adaptation jusqu'à 25 mètres.



Figure XII.1 : pont a poutre en béton précontrainte

XII.3.1.1 Les avantages :

- Le béton précontraint est résistant à la fissuration, ce qui prolonge la durée de vie de la structure
- Ce type de pont permet un contrôle facile de la réalisation et assure une rapidité d'exécution des travaux
- Le coffrage des poutres est standard et peut être réutilisé plusieurs fois
- La précontrainte permet aux poutres de béton de supporter des charges plus importantes et de couvrir des portées plus longues sans fléchissement excessif

XII.3.1.2 Les inconvénients :

- La main d'ouvre doit être qualifier
- Coût initial élevé
- La précision et la qualité du processus de précontrainte doivent être strictement contrôlées pour éviter des défauts structuraux
- Il est nécessaire de fabriquer un béton plus résistant, principalement avant 28 jours

XII.3.2 Variante 2 (pont a poutre en béton armé) :

Un pont à poutre en béton armé est un type de pont où la structure porteuse, généralement le tablier, est constituée de poutres en béton armé. Ce type de construction, largement utilisé aux débuts des programmes autoroutiers, présente un tablier composé de poutres longitudinales espacées de 3 à 4 mètres,



Figure XII.2 : pont a poutre en béton armé

reliées par des entretoises sur appuis en travées et surmontées d'un hourdis formant la couche de roulement.

XII.3.2.1 Les avantages :

- Les ponts en béton armé sont très durables et peuvent durer plusieurs décennies avec un entretien minimal
- Le coffrage des poutres est standard
- Ils sont capables de supporter de lourdes charges
- Béton armé nécessitent moins d'entretien, ce qui peut réduire les coûts à long terme
- Économique en termes de consommation de matériaux.

XII.3.2.2 Les inconvénients :

- Moins flexible que des matériaux comme l'acier, ce qui peut limiter l'utilisation dans des zones sujettes à des mouvements sismiques importants.
- La limitation de la portée (10 à 20)
- Les structures continues sont très rigides et sensibles aux tassements différentiels

XII.3.3 Variante 3 (Pont mixte) :

Un pont mixte est un type de pont qui combine deux matériaux de construction : le béton et l'acier. Cette combinaison permet de tirer parti des avantages de chaque matériau pour créer un pont solide, durable et économique. Il combine des raidisseurs en acier en dessous et une dalle en béton armé ou précontraint au-dessus. Les versions bipoutres et quadri poutres sont courantes pour leur facilité de construction, leur faible utilisation d'acier et leur coût réduit.



Figure XII.3 : pont mixte

XII.3.3.1 Les avantages :

- Permet de maximiser les avantages de chaque matériau, réduisant ainsi le coût et le poids total de la structure
- Les ponts mixtes peuvent offrir une résistance et une durabilité accrues par rapport aux ponts construits avec un seul matériau
- Facilité de coulage de la dalle avec un bac en acier collaboratif
- Rapidité d'exécution

XII.3.3.2 Les inconvénients :

- La combinaison de différents matériaux peut nécessiter des techniques de construction plus complexes

- Nécessitant des approches d'entretien spécifiques pour chaque matériau
- Moins économique à cause du prix élevé de l'acier
- Comportement au feu (sensibilité des profilés en acier aux fortes élévations de température)

XII.4 Analyse multicritère :

XII.4.1 Pont :

On résume l'analyse de comparaison des variantes dans le tableau suivant :

Tableau XII.1 : analyse multicritère du pont

Critères	Variante 01	Variante 02	Variante 03
Economique	8	5	6
Entretien	8	8	5
Esthétique	6	8	7
Exécution	9	7	5
Délai	7	5	8
Cout	9	8	5
Total (note sur 60)	47	41	36

Apres l'analyse des différents variantes et le Prédimensionnement de celles-ci nous orientent vers la solution la plus avantageuse, la plus économique et la plus facile d'entretenir qu'offre :

La variante 1 « Pont à Poutres en Précontrainte par Post Tension VIPP ».

XII.4.2 Viaduc :

Le tableau récapitule les résultats de l'analyse comparative des différentes variantes :

Tableau XII.2 : analyse multicritère du viaduc

Critères	Variante 01	Variante 02	Variante 03
Economique	8	5	7
Entretien	7	6	8
Esthétique	7	5	7
Exécution	9	7	7
Délai	8	5	8
Cout	9	5	7
Total (note sur 60)	48	33	44

Parmi les solutions envisagées, **la variante 1** « Pont à poutres en béton précontraint par post-tension VIPP » ressort comme la plus favorable suite à l'analyse et au prédimensionnement, se distinguant par ses atouts économiques et sa simplicité d'entretien.

XII.5 Description sur les ouvrages d'art :

XII.5.1 Pont « OA 1 » :

L'ouvrage est un pont à poutres en béton précontraint par post-tension, composé de quatre travées. Les deux travées de rive ont une longueur de 36 mètres chacune, tandis que les deux

travées principales ont une longueur de 38 mètres chacune. La longueur totale de l'ouvrage, incluant les entraxes, les appuis et les culées, est de 150 mètres, et sa largeur est de 13 mètres par sens. C'est un pont isostatique conçu pour franchir la ligne ferroviaire.

XII.5.2 Viaduc « OA 1 » :

L'ouvrage est un pont à poutres en béton précontraint par post-tension, composé de 22 travées. Les deux travées de rive ont une longueur de 30 mètres chacune, tandis que les autres travées principales ont une longueur de 38 mètres chacune. La longueur totale de l'ouvrage, incluant les entraxes, les appuis et les culées, est de 825 mètres, et sa largeur est de 13 mètres par sens. C'est un pont isostatique conçu pour franchir notre route dans cette zone.

XII.6 Présentation et justification sur l'implantation de tunnel :

Il y a une zone urbaine entre le PK40+150 et le PK41+775, ce qui empêche le passage par cette zone. De l'autre côté, le terrain est très accidenté, avec des altitudes variables et très élevées (zone montagneuse), ce qui rend également le passage impossible. Pour ces raisons, qui dépassent notre portée, nous proposons la réalisation d'un tunnel pour relier les deux points dans cette zone accidentée.

XII.7 Conclusion :

Notre projet a nécessité la mise en place de solutions innovantes pour garantir la sécurité et la fluidité des travaux. Nous avons choisi des ponts à poutres en béton précontraint par post-tension pour franchir les lignes ferroviaires et des tunnels pour protéger les zones sensibles. Ces solutions ont permis de minimiser les impacts environnementaux et de garantir la sécurité des travailleurs.

Chapitre XII : impacts environnementaux

CHAPITRE XIII IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

XIII.1 Introduction :

L'étude d'impact sur l'environnement (EIE) est une analyse approfondie des effets potentiels d'un projet sur l'environnement. Elle vise à identifier, évaluer et atténuer ces impacts, en tenant compte des préoccupations des parties prenantes. L'EIE est un outil essentiel pour la prise de décision éclairée en matière d'aménagement du territoire et de développement durable.

Les étapes d'une étude d'impact sur l'environnement d'un projet routier peuvent se résumées en :

- Analyse de l'état initial
- Analyse des impacts
- Mesures d'atténuation des impacts

La réalisation de la pénétrante reliant le port de Bejaia à l'autoroute Est-Ouest s'accompagnera certainement d'impacts positifs et négatifs sur le milieu existant, Que ce soit durant la phase de construction ou lors de l'exploitation ultérieure de la nouvelle infrastructure.

XIII.2 Objectif de l'étude d'impact sur environnement :

L'objectif principal d'une étude d'impact environnemental est de détecter, évaluer et quantifier les impacts immédiats et différés d'un projet, tout en suggérant des stratégies appropriées pour atténuer les répercussions négatives.

Cette étude vise à :

- Assurer l'intégration des contraintes et des opportunités inhérentes au milieu dans la démarche de conception de la nouvelle infrastructure.
- Identifier et évaluer l'importance des impacts appréhendés du projet sur le milieu physique, biologique et humain, ainsi que sur le climat sonore et le paysage
- Proposer des mesures visant à atténuer les impacts identifiés afin d'optimiser l'intégration du projet dans le milieu récepteur
- Les mesures envisagées pour réduire, compenser les conséquences dommageables du projet

XIII.2.1 Evaluation des impacts :

L'approche méthodologique utilisée pour évaluer les impacts environnementaux du projet repose essentiellement sur l'appréciation de l'intensité, de l'étendue et de la durée de l'impact appréhendé que celui-ci soit positif ou négatif. Ces trois qualificatifs sont agrégés en un indicateur synthèse, l'importance de l'impact, qui permet de porter un jugement global sur les effets anticipés pour une composante, suite à une intervention sur le milieu.

XIII.2.1.1 Intensité de l'impact :

La valeur écosystémique d'une composante donnée est considérée :

- Grande : Lorsque la composante est d'une importance cruciale en termes de rôle écosystémique, biodiversité et qualité exceptionnelle.
- Moyenne : Lorsque la composante suscite un intérêt important et des qualités reconnues, mais que sa conservation ou sa protection reste sujette à débat sans consensus clair.
- Faible : lorsque cette dernière présente un intérêt et des qualités dont la conservation et la protection sont l'objet de peu de préoccupations.

XIII.2.1.2 Étendue de l'impact :

L'étendue de l'impact mesure la portée spatiale des effets d'une intervention sur le milieu, incluant la distance, la surface ou la proportion de population affectée par les modifications. Les trois niveaux considérés pour qualifier l'étendue d'un impact sont :

- L'étendue régionale : Lorsque l'impact touche une large zone ou une proportion importante de la population de la région réceptrice.
- L'étendue locale : Lorsque l'impact est localisé ou affecte une minorité de la population dans la zone d'étude.
- L'étendue ponctuelle : Lorsque l'impact est localisé et touche peu de composantes ou d'individus près du site du projet.

XIII.2.1.3 Durée de l'impact :

La durée de l'impact précise sa dimension temporelle, distinguant les impacts en fonction de leur période de manifestation. La méthode utilisée distingue les impacts de :

- Longue durée : Les impacts continus persistent pendant la durée de vie de l'équipement ou des activités, voire au-delà.
- Moyenne durée : Les impacts continus persistent sur une période relativement prolongée mais habituellement plus courte que la durée de vie de l'équipement ou des activités.
- Courte durée : Les impacts temporaires se font sentir pendant une période limitée, généralement pendant la construction des équipements ou le démarrage des activités, comme une saison.

XIII.2.1.4 Importance de l'impact :

L'analyse de l'intensité, de l'étendue et de la durée définit le niveau d'importance de l'impact, avec une grille présentant cinq niveaux, de très fort à très faible.

XIII.3 Identification des impacts de projet sur l'environnement :

XIII.3.1 Evaluation des impacts pendant la période de chantier :

Le présent chapitre identifie les impacts potentiels liés à la phase de construction de la pénétrante reliant le port de Bejaia à l'autoroute Est Ouest

XIII.3.1.1 Impact dû à la pollution de l'air :

La pollution de l'air pendant la période de chantier sera caractérisée par une abondance de la poussière due essentiellement aux travaux de terrassements et des mouvements des engins de chantier. Ces poussières altéreront la qualité de l'air ambiant, entraînant :

- Une diminution de la visibilité
- Une élévation du taux de brouillard
- Une retombée des poussières sur les zones proches des sites

Example de l'évaluation de l'impact dans les anexes.

Apres ces analyses l'impact est d'une forte importance

XIII.3.1.2 Impact des travaux sur le paysage :

Les sites actuels offrent un paysage cohérent, mais les travaux de chantier entraîneront des modifications paysagères majeures, notamment par l'installation des bases de vie, la disparition de la végétation, et l'activité des engins et véhicules.

Le dépôt temporaire des déblais et remblais peut être considéré comme un obstacle pour le champ visuel et diminue donc de l'attraction dont disposait les sites.

Apres les analyses de l'évaluation on trouve que L'impact de paysager est considéré d'importance moyenne.

XIII.3.1.3 Impact sur les sols :

Les travaux de construction de l'autoroute occasionneront l'excavation de quantités de terre et modifieront les propriétés physiques et chimique du sol, et ce notamment si, lors des travaux, le sol est humide ou saturé en eau.

Le passage répété d'engins et de camions entraînera un compactage du sol.

Toutefois, les activités de construction, pourront avoir d'autres impacts, à savoir :

- Erosion du sol
- Pollution du sol
- Consommation des terrains
- Glissement de terrains

Pendant la phase de construction, les principales activités susceptibles d'impact sur les sols sont :

- Mise en place des installations de chantier
- Déboisement et essouchement
- Terrassement, nivellement et creusage des fossés
- Traversée, détournement et réaménagement des cours d'eau

Donc l'importance de l'impact sur le sol est jugée moyenne

XIII.3.1.4 Impact sur les ressources hydriques :

La nouvelle infrastructure routière intercepte sur son parcours une multitude d'oueds plus ou moins importants, présentant des écoulements permanents ou non

Les différentes phases des travaux nécessaires à la construction de la pénétrante de Bejaia sont toutes des sources d'impacts susceptibles d'entraîner une dégradation temporaire de la qualité des eaux

Mentionnons également les risques associés à un déversement accidentel d'hydrocarbures en raison de la présence de la machinerie sur le site. Ces différentes sources d'impact sont fortement influencées par les conditions locales telles que le type de dépôt meuble, la pente,

les conditions hydrologiques et météorologiques, de même que le type de matériel granulaire utilisé, le calendrier des travaux ainsi que le type de machinerie présente sur le site
Durant les travaux d'aménagement, les besoins en eau seront très importants (chantier, eau d'arrosage/compactage, etc.). L'essentiel des ressources en eau devrait provenir des cours d'eaux dans la zone. Ces prélèvements pourraient perturber la qualité de ces cours d'eaux, mais n'auront pas d'effets majeurs dans la consommation des populations locales
L'impact sur les ressources hydriques est jugé fort

XIII.3.1.5 Impact sur l'agriculture :

Les impacts sur l'agriculture sont principalement liés au chantier de construction. En effet, la construction de l'autoroute entraîne des dommages aux cultures et une gêne pour les exploitants. Il est à noter que l'importance de l'impact sur ces exploitations dépend de la valeur agricole des sols, de la superficie d'exploitation, des cultures pratiquées et de rendement.
L'impact majeur consiste dans le morcellement des parcelles et pertes de valeurs agricoles des sols. Leur exploitation peut être interrompue à cause de l'ouverture de pistes d'accès aux engins
Ces dommages sont liés à la perte permanente de superficies agricoles, les pertes de récoltes, la compaction du sol, le mélange de sol arable et de sol inerte, la coupure des chemins et des pistes agricoles, l'érosion et l'interruption du drainage de surface
Les pertes seront réparées ou compensés financièrement selon un barème défini par la direction de l'agriculture et le maître d'ouvrage, ce qui minimisera l'importance de l'impact et le rend moyen.

XIII.3.1.6 Impacts sur le milieu humain :

Pendant la phase des travaux plusieurs arbres seront à abattre, des bâtiments seront touchés et un certain nombre de personnes seront à déplacer.
Les surfaces d'emprise de terrains seront à exproprier et auront pour effet direct de réduire la production agricole dans sa diversité
La circulation des camions et engins de chantier pourra également causer des accidents.
Manque à gagner pour les agriculteurs dont les terrains sont concernés par les travaux.
Impact visuel des chantiers et des bases vie
Les nuisances reliées aux bruits et vibrations produits par les camions et les équipements lourds circulants en direction ou en provenance du chantier, à la poussière causée par les déplacements de ces véhicules sur le site, à la production de déchets et rebuts divers, à l'augmentation des matières en suspension dans les eaux de surface, ainsi qu'au danger relié à la circulation de machinerie lourde. Néanmoins, ces impacts seront peu importants à l'égard du milieu humain en général car le tracé passe par des zones agricoles, mais le tunnel passe par des zones urbaines, A cet effet, l'impact présente un degré de perturbation assez fort, d'intensité moyenne, d'une durée moyenne, soit un indice durée/intensité moyen, avec une étendue locale, soit un impact d'importance moyenne
L'impact lié à la destruction des habitations situées dans l'emprise autoroutière est jugé fort

XIII.3.1.7 Impacts socio-économiques :

Durant la période de réalisation d'un tel ouvrage, plusieurs centaines de personnes se succèdent et travaillent dans la région, apportant ainsi une contribution temporaire à l'économie locale. Cette contribution s'opère par le biais de :

Les achats locaux de matériaux et fournitures pour le chantier (matériaux de construction, carburants, etc…)

La sollicitation du commerce local et des structures d'hébergement par les intervenants sur le chantier

L'embauche temporaire de main d'œuvre locale

L'impact socio-économique est une bonification forte, d'intensité forte, d'une durée moyenne, soit un indice durée/intensité fort, d'étendue locale, soit un impact d'importance forte

XIII.3.2 Impacts potentiels durant la période d'exploitation :

XIII.3.2.1 Impact positif :

La pénétrante est un investissement rentable qui stimulera le développement agricole, industriel et touristique, améliorant l'accessibilité aux zones d'activités et touristiques. Cependant, la pénétrante permet :

- Etablir un équilibre interrégional : La pénétrante améliore le réseau routier, favorisant les échanges interrégionaux et renforçant l'intégration régionale, contribuant ainsi à la cohésion sociale
- L'amélioration de la sécurité routière : La pénétrante réduira les risques d'accidents en transférant le trafic des routes nationales vers une autoroute plus sûre, améliorant ainsi la sécurité routière
- Réduire le cout d'exploitation des véhicules : La qualité de la pénétrante autoroutière de la Kabylie, conforme aux normes internationales, prolonge la durée de vie des véhicules et réduit les coûts d'exploitation en préservant leur état, contribuant ainsi à leur amortissement
- Augmenter le gain du temps pour les usagers : La pénétrante, permettra de réduire considérablement les temps de parcours pour les usagers
- Développement du tourisme : La mise en service de la pénétrante stimulera le tourisme en connectant les sites touristiques et en soutenant l'artisanat local, nécessitant des actions telles que l'installation de panneaux touristiques le long de l'itinéraire pour informer les usagers sur les sites patrimoniaux

XIII.3.2.2 Impacts négatifs :

- Impacts sur la qualité de l'air : Une fois la pénétrante en exploitation, les résidents à proximité pourraient subir les désagréments de la circulation automobile, notamment les émissions atmosphériques polluantes issues de la combustion du carburant et des gaz d'échappement
- Impact sur le paysage : L'implantation de l'autoroute dans un nouveau couloir de transport agricole en milieu urbain aura des impacts paysagers significatifs, mais à long terme, elle pourrait améliorer la qualité esthétique du paysage existant, donc son impact est jugé faible

- Pollution des eaux : Durant l'exploitation de la pénétrante, le ruissellement des eaux pluviales chargées de polluants provenant de la chaussée bitumée peut entraîner une contamination des eaux de surface et souterraines, notamment par des substances nocives comme les huiles et les métaux lourds. Cela représente un risque de pollution des ressources en eau potable, particulièrement en cas d'accidents impliquant des substances dangereuses
- Impact sur la faune : La mise en service de l'autoroute crée une barrière infranchissable pour la plupart de la faune des forêts traversées, entraînant une fragmentation des habitats et des risques de collisions qui peuvent affecter à la fois la faune et les usagers

XIII.4 Mesures prises pour minimiser les impacts :

Cette partie traite des mesures prévues pour réduire les impacts du projet, se divisant en mesures liées à la construction et à l'exploitation de la pénétrante reliant Bejaia à l'autoroute Est-Ouest

XIII.4.1 Mesures prévues durant la période de construction :

XIII.4.1.1 Mesures relatives à l'organisation du chantier :

Lors des travaux, il sera mis en place une organisation de chantier optimale, définissant les moyens humains et matériels adéquats. Cette organisation fera l'objet de l'établissement des plannings des travaux, de l'utilisation des moyens humains et des moyens matériels.

XIII.4.1.2 Mesures d'ordre et de sécurité durant le chantier :

Avant de commencer les travaux, des mesures organisationnelles et sécuritaires doivent être prises pour atténuer les effets des activités prévues

XIII.4.1.3 Mesures relatives à la pollution de l'air :

Pour réduire la pollution de l'air pendant le chantier, l'entrepreneur devra prendre les mesures suivantes :

- Choix d'emplacements adaptés pour les postes de concassage, criblage, tamisage et les centrales d'enrobage afin de réduire les nuisances pour les riverains et de prendre en compte la direction du vent
- Organisation du chantier avec des cheminements appropriés pour les engins, une humidification conséquente des sites, et l'équipement des camions de bâches étanches
- Réglage adéquat des moteurs des véhicules pour limiter les émissions d'échappement et nettoyage régulier des voies de circulation et aires de stationnement des véhicules

XIII.4.1.4 Mesures relatives à l'impact paysager :

Pour une meilleure intégration paysagère de la pénétrante autoroutière dans son environnement, il est recommandé de procéder aux aménagements paysagers suivants :

- Aménagement des terres pleins centraux
- Aménagement des sites défigurés (sites de remblais et de déblais)
- Aménagement des échangeurs

XIII.4.1.5 Mesures relatives à l'impact sur les sols :

Pour réduire l'impact sur les sols, les zones de circulation seront minimisées, et des véhicules adaptés seront utilisés pour éviter le compactage. La pollution des sols par les produits chimiques sera limitée en respectant les instructions d'utilisation, et les points de décharge temporaires seront choisis pour minimiser les risques d'érosion.

XIII.4.1.6 Mesures relatives à l'eau :

Une étude hydrologique du bassin versant a été réalisée pour la pénétrante reliant Bejaia à l'autoroute Est Ouest, guidant la construction d'ouvrages de traversée respectant les écoulements, conformément à la réglementation, avec une restauration des sites touchés

XIII.4.1.7 Mesures relatives à la végétation (milieux boises) :

Pour préserver le milieu boisé, il est impératif de : interdire l'abattage des arbres en dehors des limites du projet, organiser la concertation pour l'écoulement du bois récolté, prévoir un reboisement dans les zones dégradées, et stocker puis réétaler la couche de terre végétale pour favoriser la recolonisation herbacée.

XIII.4.1.8 Mesures relatives au milieu humain :

Mettre en place des signalisations claires des chantiers et pistes d'accès pour assurer la sécurité des personnes et des biens

Privilégier un tracé respectueux des populations : Eviter les zones densément peuplées, les lieux sensibles (écoles, hôpitaux) et les sites culturels ou patrimoniaux

Minimiser les nuisances pendant les travaux : Mettre en œuvre des mesures pour limiter le bruit, la poussière et les vibrations pendant les travaux, et respecter des horaires de chantier adaptés.

Mettre en place des mesures de sécurité routière

Installation de clôture de limitation de chantier

XIII.4.2 Mesures prévues durant la période d'exploitation :

XIII.4.2.1 Mesures relatives à la pollution de l'air :

L'Algérie a mis en place des lois contre la pollution de l'air, mais des mesures supplémentaires sont nécessaires pour contrer la pollution autoroutière, telles que l'encouragement des véhicules moins polluants, l'utilisation du GPL et de l'essence sans plomb, ainsi que la végétalisation.

XIII.4.2.2 Mesures relatives au paysage :

La végétalisation locale peut améliorer l'esthétique des zones altérées et réduire l'érosion. Cela nécessite le choix d'espèces adaptées, un phasage des travaux avec la saison des pluies, et la coordination avec les autorités forestières.

XIII.4.2.3 Mesures relatives à l'eau :

Afin de garder l'eau propre, les étapes suivantes doivent être suivies :

- Conserver la végétation à proximité des cours d'eau.
- Stabilisation des berges des Oueds par un gabionnage.
- Mise en place des ouvrages de franchissement (buse, dalot, pont).
- Prévoir des mesures en cas de contamination accidentelle.
- Interdire le ravitaillement de machinerie à proximité des cours d'eau.

XIII.4.2.4 Mesures de renforcement de la sécurité humaine et de cadre de vie :

Des dispositifs de protection routières doivent être mis en place pour assurer un maximum de sécurité pour les usagers de la route et les riverains, tels que :

- Renforcement de la signalisation et limitation de vitesse aux endroits critiques.
- Mise en place d'un mur de clôtures de protection pour interdire le passage des bétails dans les zones pastorales, et la faune dans les zones forestières.

XIII.5 Conclusion :

Les projets routiers peuvent jouer un rôle important dans le développement économique et social d'un pays. Malgré cela Il existe des impacts négatifs significatifs, décrits plus haut, Ils affectent l'aspect environnemental directement, indirectement et de différentes manières
Sur la base d'une comparaison des impacts positifs et des impacts négatifs du projet, et en considérant les mesures environnementales et sociales d'accompagnement du projet (qui contribueront à réduire et à compenser globalement les impacts négatifs.) Que maitre d'ouvrage peut mettre en œuvre avec facilité, Au terme de l'analyse environnementale du projet (Autoroutière reliant le Port de Bejaia à l'Autoroute Est-Ouest au niveau de la wilaya de Bejaia Section II (PK34+00 et PK44+00)), il est conclu que le tracé retenu est acceptable sur le plan environnemental. Les impacts engendrés par le projet seront convenablement atténués si les mesures d'atténuation et de compensation qui y sont proposées, de même que les recommandations incluses au présent rapport, sont appliquées.

Chapitre XIII : aménagement les fortes pentes

CHAPITRE XIV AMENAGEMENT LES FORTES PENTES

XIV.1 Introduction :

Les poids lourds sont des véhicules particulièrement sensibles aux conditions routières, notamment en présence de pentes fortes. Lorsqu'ils sont soumis à des systèmes de freinage inadéquats, ils peuvent être exposés à des risques de dérapage ou de perte de contrôle, ce qui peut entraîner des dégâts significatifs sur la route et les infrastructures. Les pentes fortes, en particulier, peuvent induire une sollicitation réitérée du système de freinage, augmentant ainsi le risque de défaillance. Cela peut entraîner des accidents graves, des dommages aux véhicules et aux biens, ainsi que des perturbations de la circulation routière.

XIV.2 Les fortes pentes :

XIV.2.1 Les paramètres de forte pente :

La forte pente dépend de critères spécifiques qui sont fonction de la dénivellation du profil en long. Plus la différence d'altitude entre deux points éloignés est importante, plus la pente sera forte. Ce paramètre est essentiel dans la conception des routes, car il conditionne la vitesse des véhicules, leur sécurité et le confort des passagers. Les normes routières définissent des valeurs limites de pente en fonction du type de route et du terrain, afin de garantir des conditions de circulation optimales.

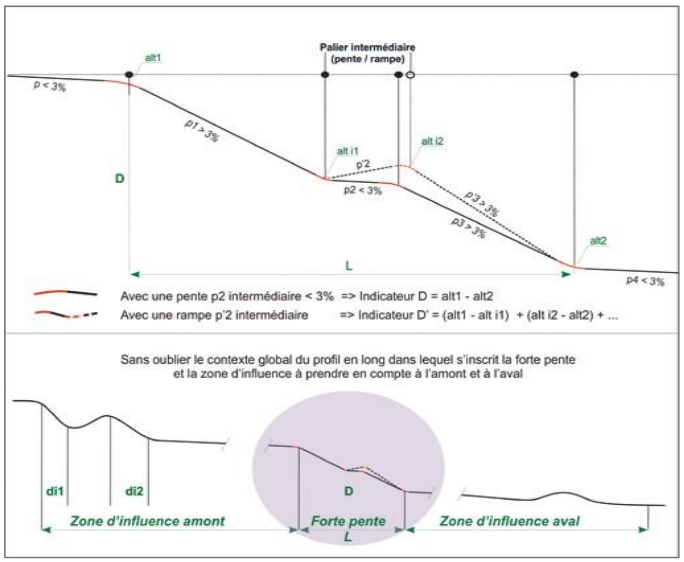


Figure XIV.1 : calcule indicateur D (dénivelé)

Tableau XIV.1 : indicateur des fortes pentes

	En l'absence de zone d'influence amont	En présence d'une zone d'influence amont
Indicateur de forte pente	D > 130 m	$D + \Sigma di_x > 130$ m

XIV.3 Composante de la voie détresse :

La voie détresse est composée de deux éléments clés : une voie d'accès au lit d'arrêt et un lit d'arrêt. La voie d'accès permet aux poids lourds de se diriger vers le lit d'arrêt, où ils peuvent s'arrêter en sécurité. Les lits d'arrêt sont des zones réservées aux poids lourds qui nécessitent une pause ou une halte en raison de problèmes de système de freinage, offrant ainsi une zone de sécurité pour les conducteurs et les passagers.



Figure XIV.2 : voie détresse

XIV.3.1 Lit d'arrêt :

Le lit d'arrêt est un dispositif permettant d'immobiliser, en limitant les dommages pour le conducteur et son véhicule, un poids lourd en perdition. Il est constitué d'une fosse remplie de gravillons dans laquelle le véhicule vient s'enliser progressivement.

XIV.3.1.1 Type de lit d'arrêt :

- Divergent : si la voie d'accès et la fosse s'écartent de la voie principale. La pénétration des véhicules est alors frontale par le biais de la voie d'accès.
- Parallèle si la voie d'accès et la fosse suivent la voie de circulation principale. La pénétration peut être frontale par la voie d'accès ou latérale en tout point du dispositif

XIV.3.1.2 Dimensionnement de lit d'arrêt :

Largeur du lit d'arrêt :
Afin de permettre une bonne accessibilité par un véhicule en détresse, la largeur normale de la fosse du lit d'arrêt est fixée à 5,00 m.

Longueur du lit d'arrêt :
Il y a trois paramètres principaux qui influent sur la longueur de la fosse du lit d'arrêt :

- La vitesse d'entrée du véhicule dans le lit d'arrêt
- La pente longitudinale du lit d'arrêt
- Les caractéristiques des granulats

La longueur de la fosse est calculée par la formule suivante :

$$L = \frac{v^2}{2x(\partial + g \times p)}$$

Avec :

- v : vitesse d'entrée du véhicule dans la fosse
- ∂ : décélération moyenne du véhicule
- g: constante universelle de gravitation (g = 9,81 m/s²)

- p: pente moyenne algébrique absolue de la fosse

L'abaque ci-dessous donne les longueurs de fosse nécessaires :

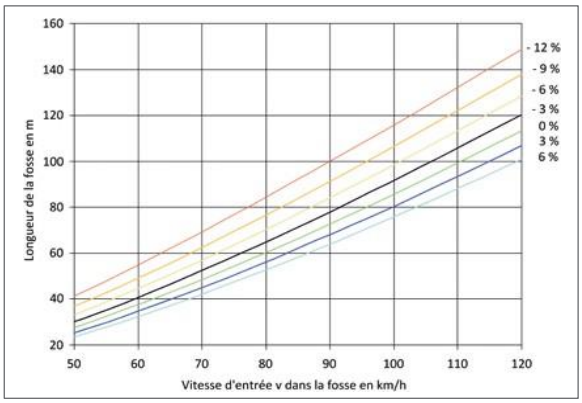


Figure XIV.3 : Longueur de la fosse en mètres selon la pente moyenne de la fosse en % et la vitesse d'entrée dans la fosse en km/h

Matériaux de lit d'arrêt :
Les granulats absorbent l'énergie du véhicule en favorisant l'enfoncement des roues du véhicule. Pour limiter les risques liés aux éjections de granulats.
La bonne qualité des gravillons utilisés constitue un facteur essentiel pour garantir un fonctionnement optimal.



Figure XIV.4 : les granulat de lit d'arrêt

XIV.3.2 Dimensionnement de voie d'accès au lit d'arrêt :

Une zone en pleine largeur d'au moins 21 m si possible : cette longueur permet d'avoir un damier avec une séquence à deux carreaux rouges à ses extrémités, et paraît suffisante pour guider ou maintenir la trajectoire d'un PL dans l'axe du lit d'arrêt.
Un biseau permettant d'introduire progressivement le déport latéral (égal à 4,50 m, correspondant à la pleine largeur de la voie d'accès) ; sa longueur est de :
150 m sur les autoroutes
110 m sur les autoroutes en relief difficile

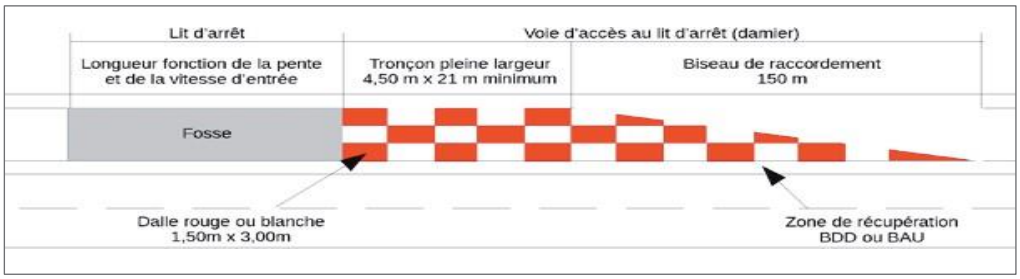


Figure XIV.5 : les longeurs de voie d'accées au lit d'arrét

XIV.4 Application sur notre projet :

XIV.4.1 Implantation :

D'après le profil en long, nous avons identifié trois zones spécifiques pour la mise en place de la voie de détresse (deux zones de même direction et une zone de sens inverse) :

XIV.4.1.1 Zone 1 (PK 38+850)

Justification :

- Cette zone on a une pente forte de 5.7% >3%
- Dénivèle de 144.19 m > 130 m
- Cette zone est proche du viaduc

XIV.4.1.2 Zone 2 (PK 35+500) :

Justification :

- Cette zone on a une pente forte de 4.2% >3%
- Dénivèle de 130.55m > 130 m
- Dans cette zone, il existe des habitations

XIV.4.1.3 Zone 3 (PK 37+825 "sens inverse") :

Justification :

- Cette zone on a une pente forte de 6% >3%
- Dénivèle de 143.43 m > 130 m
- Dans cette zone, il existe des habitations

XIV.5 Conclusion:

Pour conclure, la mise en place de voies de détresse se révèle être une solution essentielle pour atténuer les risques d'accidents impliquant des poids lourds sur des pentes abruptes. Ces voies spécialisées offrent un moyen crucial d'arrêter en toute sécurité les poids lourds en cas de défaillance du système de freinage, réduisant ainsi les dangers potentiels pour les conducteurs et les autres usagers de la route.

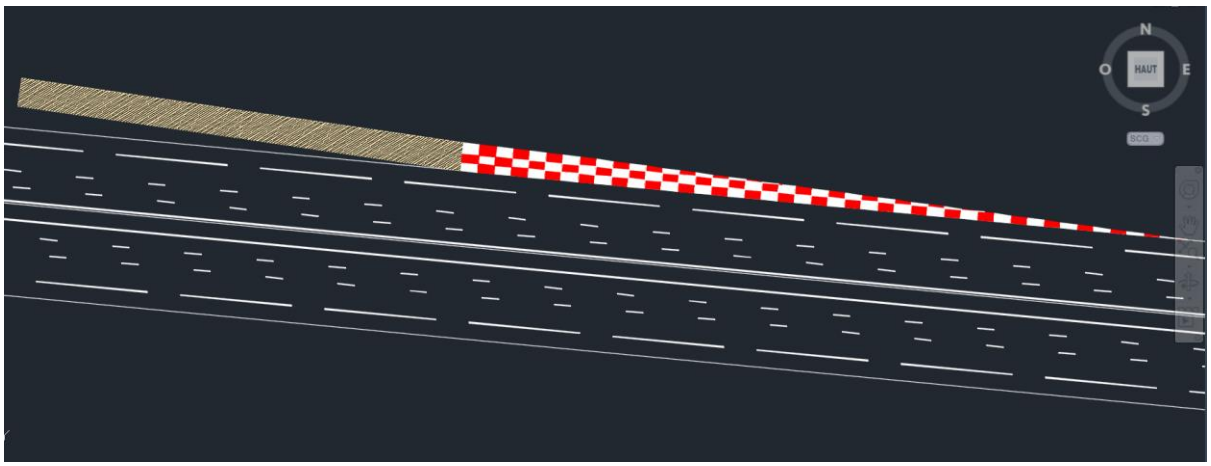


Figure XIV.6 : la voie détresse dans notre projet

XIV.6 Photo de la voie détresse :

Chapitre XIV : signalisation

CHAPITRE XV SIGNALISATION

XV.1 Introduction :

La signalisation routière est essentielle car c'est un moyen efficace de communiquer avec les usagers de la route. Elle est un ensemble de signaux conventionnels implantés sur le domaine routier et destinés à assurer la sécurité des usagers de la route. Elle permet de :

- Informer des dangers et des prescriptions relatifs à la circulation
- Guider les usagers de la route dans leurs déplacements
- Rendre la circulation plus fluide et plus sûre
- Elle réduit les causes d'accident et facilite la circulation

XV.2 Types de signalisation :

XV.2.1 Signalisation verticale :

Ce sont les panneaux implantés sur des poteaux ou des supports fixés au sol. Ils peuvent être de différentes formes, couleurs et dimensions, et portent des symboles ou des inscriptions.
La signalisation verticale est divisée en deux grandes catégories :

- Signalisation de direction
- Signalisation de Police (danger, de prescription et d'indication)

XV.2.1.1 Signalisation de direction :

Permettre aux usagers de suivre de nuit comme de jour, l'itinéraire qui se sont fixé, sans erreur ni hésitation
Catégories :

- Signaux de direction de localités
- Signaux de direction de lieux d'importance minime
- Signaux de direction Complémentaire
- Signaux de direction de jalonnement
- Autres signaux de direction

Forme :
Rectangulaire terminée par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75°.
Couleur :

- Le fond est « **crème** » bordé d'un listel « **bleu foncé »**
- Les inscriptions sont « **bleu foncé »**
- Pas de listel pour les signaux de direction de lieux d'importance minime

Dimension :
Variables suivant le nombre de :

- Noms de localités à y inscrire
- Lettres que comportent ces noms

Implantation :

Les signaux de direction sont implantés aux intersections, conformément aux prescriptions générales énoncées dans l'article **106**, de l'instruction interministérielle de juillet 1974.



Figure XV.1 : panneau de direction

XV.2.1.2 Signalisation de Police (danger, de prescription et d'indication)

Ces types de signalisation sont essentiels pour une circulation fluide et sécurisée sur les routes. Respecter les panneaux de signalisation contribue à réduire les risques d'accidents et à assurer la sécurité de tous les usagers de la route.

Signaux de danger :

Objet :

Attirer l'attention des usagers de la route aux endroits où leur vigilance doit redoubler

Forme :

Triangle équilatéral (le sommet opposé à la base du signal est dirigé vers le haut).

Dimension :

- Les signaux triangulaires ont « 01 m » de côté. Dans les cas exceptionnels le signal A15 « TRAVAUX », un grand modèle de «1,50 m » de côté
- Les angles sont arrondis suivant des cercles de « 0,05 m » de rayon
- Les dimensions des côtés du triangle peuvent être réduites à « 0,70 ou 0,85 m » en traverse ou accotements de largeurs réduites ou difficultés spéciales
- En bordures de chaussées à plus de 03 voies, les dimensions des côtés du triangle pourront être portées à « 1,25 m » pour tous les signaux

Couleur :

- Le fond est « crème » et les symboles et inscriptions sont « bleu foncé »
- Les signaux sont bordés d'un « listel rouge » de « 0,30 m » de largeur

Implantation :

Ils seront implantés conformément aux prescriptions générales des Articles 8 et 23 de l'arrêter et instruction interministérielle du 15 juillet 1974 relatives à la signalisation routière



Figure XV.2 : signaux de danger

Signaux d'indication :
Ces panneaux fournissent des informations utiles aux conducteurs, comme des directions, des distances ou des services disponibles. Ils sont généralement de forme rectangulaire ou carrée avec un fond bleu et un pictogramme ou un texte blanc. Exemples : directions vers les villes, distance à parcourir, aires de repos, stations-service, sorties d'autoroute, etc..
Signalisation d'identification des routes :
Routes à identifier :

- Routes nationales
- Chemins de wilayas
- Chemins vicinaux
- Routes forestières

Signaux de présignalisassions :
Objet :
Porter à la connaissance de l'usager les différentes directions qu'il peut emprunter à une intersection. Ils annoncent essentiellement directions, mais exceptionnellement, elle peut annoncer un sens interdit ; passage à niveau, etc.....
Forme :
La forme de panneau est rectangulaire
Dimension :
Variables (fonction de la complexité du schéma représentant l'intersection, le nombre de noms de localité à y inscrire...).
Couleur :
Le fond est « crème » bordé d'un listel « bleu foncé
Les symboles et inscriptions sont « bleu foncé »
Implantation :

- Les signaux doivent être implantés aux intersections
- Leur position doit être déterminée avec soin pour une bonne visibilité pour un conducteur tenant sa droite
- L'angle formé avec l'axe devra permettre une lecture facile, compte tenu de la

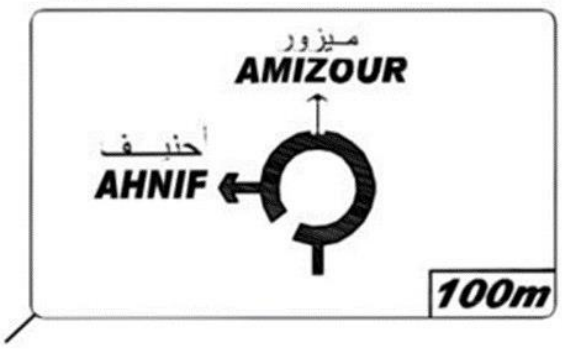


Figure XV.3 : Panneau de signalisation de présignalisassions

vitesse du conducteur

Signalisation de prescription :
Les panneaux de signalisation de prescription sont généralement ceux de couleur blanche, noire ou rouge qui indiquent les obligations à suivre et les interdictions à respecter sur la route.



Figure XV.4 : signaux de prescription

Des exemples sur notre projet :
Quelque signalisation verticale dans notre projet :
Au PK 39, un panneau indique l'existence d'un tunnel sur cette route.



Figure XV.5 : Panneau de signalisation de Tunnel

Au PK 42 avant l'échangeur il y'a une plaque de signalisation de direction

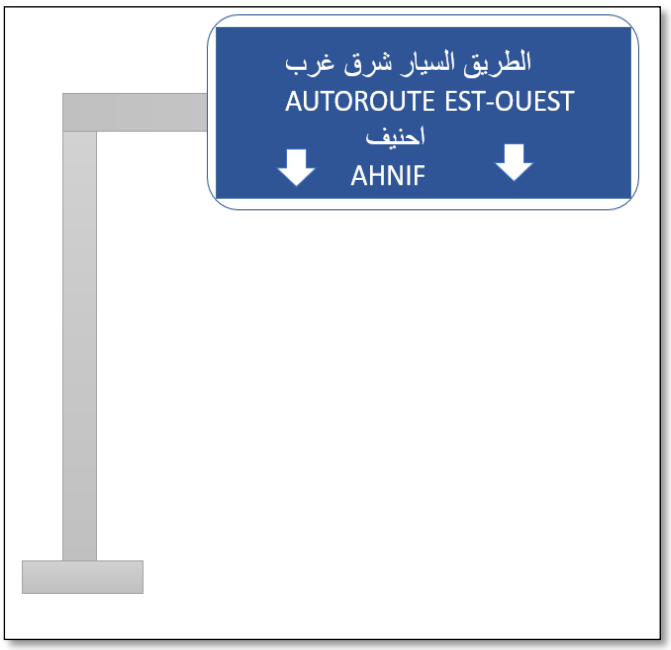


Figure XV.6 portique de signalisation de direction

XV.2.2 Signalisation horizontale :

La signalisation routière horizontale désigne l'ensemble des marquages au sol. Ceux-ci apportent aux usagers des indications sur la partition de la chaussée et sur les comportements à adopter. La connaissance parfaite de ce dispositif de communication dessiné et peint s'avère nécessaire pour obtenir le permis de conduire. Donc, on vous dit tout sur les lignes, les flèches et les couleurs…

Le marquage des chaussées est un élément crucial pour la sécurité routière, particulièrement sur les autoroutes où il est obligatoire. Son rôle principal consiste à délimiter les voies de circulation, ce qui contribue à renforcer la sécurité sur la route

XV.2.2.1 Couleurs des marques :

Le blanc est la couleur principalement utilisée pour les marquages sur les chaussées et pour certains marquages spéciaux, on utilise d'autres couleurs dans les conditions suivantes :

Jaune :

- Les marques interdisant l'arrêt ou le stationnement
- Les lignes zigzag indiquant les arrêts d'autobus
- Le marquage temporaire

Bleu :

Éventuellement pour les limites de stationnement en zone bleue

Rouge :
Pour les damiers rouge et blanc matérialisant le début des voies de détresse

XV.2.2.2 Types de signalisation horizontale :

La signalisation horizontale se divise en trois types :
Marquages longitudinaux :
Les lignes continues :

- Infranchissables
- Dépassement est interdit
- Ils sont utilisés aussi pour indiquer les sections de route
- Délimitation de voies réservées à certaines catégories de véhicules ou de délimitation de bandes d'arrêt d'urgence (types T2, T3 et T4)

Les lignes discontinues :

- Délimitation de la chaussée
- Pour la bonne compréhension des marquages
- Les lignes d'avertissement de lignes continues, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence

Marquages transversaux **:**
Lignes transversales continue :
Ligne "STOP", largeur de 50 cm

Lignes transversales discontinue :
Ligne "Cédez le Passage", largeur de T'2
Passage pour piétons

Autres marquages :

- Flèches de rabattement
- Flèches de sélection unidirectionnelle ou bidirectionnelle
- Marquage d'îlots séparateurs avec hachures
- Marquage spécial pour stationnement ou aires d'arrêt d'appel d'urgence

XV.2.2.3 Caractéristiques générales des marques :

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité " u " différente selon le type de route. On adopte les valeurs suivantes pour « u »

- u = 7,5 cm sur les autoroutes, les routes à chaussées séparées, les routes à 4 voies de rase campagne
- u = 6 cm sur les routes importantes, notamment sur les routes à grande circulation
- u = 5 cm sur toutes les autres routes
- u = 3 cm pour les lignes tracées sur les pistes cyclables

Pour notre projet la route est de type (autoroute), donc la valeur de U est de 7.5 cm

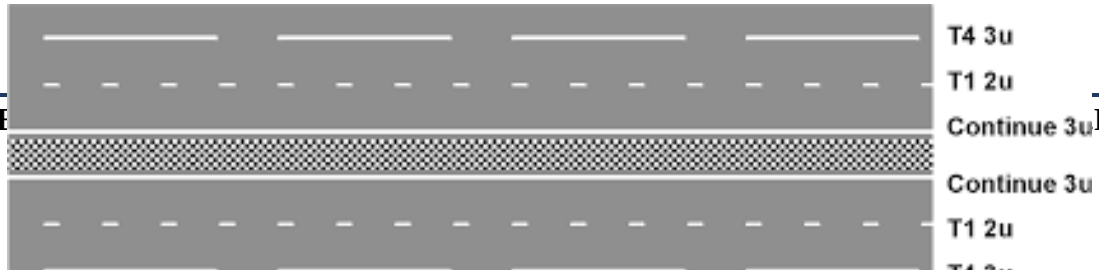


Figure XV.7 : Marquage longitudinal

Tableau XV.1 : Les marques et leurs largueurs

Modulation	Désignation des marques	Largeur
Continue	-Ligne de délimitation du TPC -Ligne séparant les sens de circulation opposés sur les routes à trois voies, avec deux voies affectées à un sens de circulation et ligne oblique marquant un rétrécissement de route de trois à deux voies	3U
T1	Ligne axiale ou de délimitation de voie	2U
T2	-Ligne de rive de chaussée -Ligne de délimitation des voies de décélération et d'insertion	3U 5U
T3	Ligne d'annonce d'une ligne continue	2U
T'3	Ligne de rive aux approches de certains carrefours et dans les bretelles de raccordement	
T4	Ligne délimitant la B.A.U	3U
T'2	Ligne " CÉDEZ-LE-PASSAGE "	50 cm

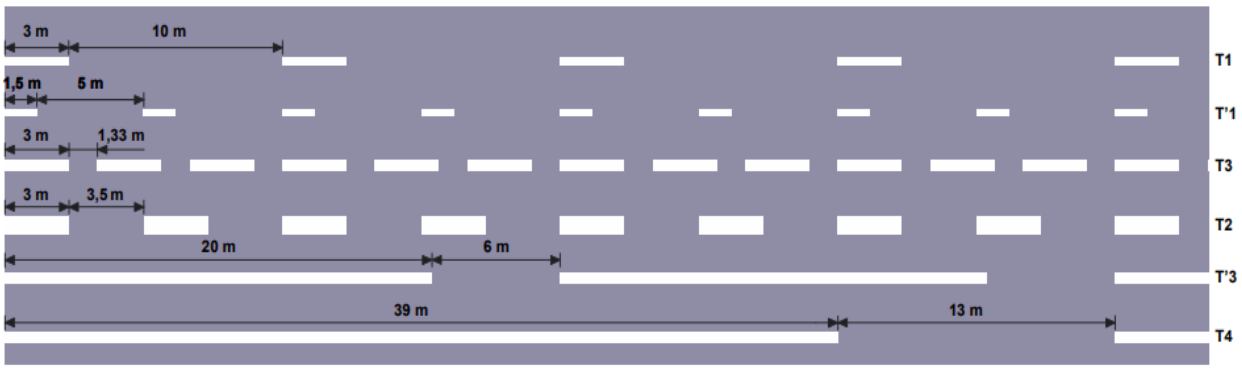


Figure XV.9 : Caractéristiques de tous les types de lignes discontinues selon les normes européennes

XV.3 Eclairage :

Dans un contexte de trafic croissant, l'éclairage public et la signalisation nocturne des routes

Figure XV.8 : Caractéristiques de tous les types de lignes discontinues selon les normes européennes

revêtent une importance cruciale en termes de sécurité. Leur objectif principal est de garantir aux usagers de la route la possibilité de circuler la nuit avec un niveau de sécurité et de confort aussi élevé que possible.

XV.3.1 Catégories d'éclairages :

Pour les routes, on distingue quatre catégories :

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

XV.3.2 Paramètres de l'implantation des luminaires :

- L'espacement (e) entre luminaires : qui varie en fonction du type de voie
- La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et parfois 12m pour les grandes largeurs de chaussées
- La largeur (l) de la chaussée
- Le porte-à-faux (p) du foyer par rapport au support
- L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée

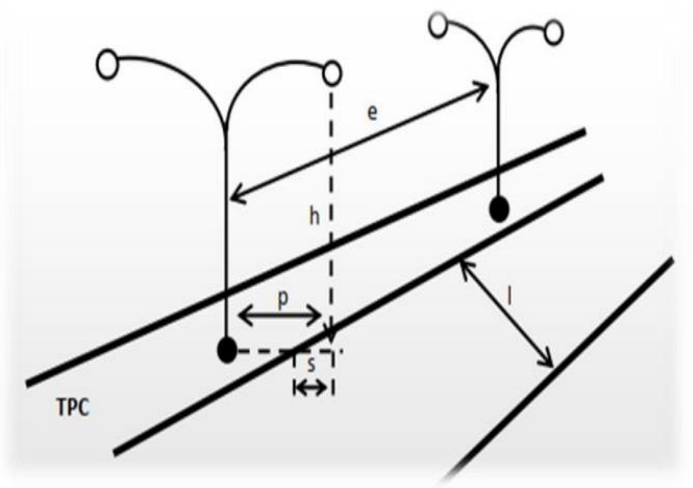


Figure XV.10 : Paramètres de l'imploration des luminaires

XV.3.3 Application au projet :

- La bordure du TPC doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs lumineux on place
- Les foyers doivent être suffisamment rapprochés pour que les plages d'éclairement se raccordent sans discontinuité
- L'espacement des supports varie de 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de notre route

XV.4 Conclusion :

Notre étude de signalisation pour l'autoroute a permis de cerner les besoins en sécurité et fluidité du trafic. Les solutions recommandées, telles que les panneaux, marquages au sol et dispositifs de régulation, sont basées sur les normes et meilleures pratiques. Ces recommandations offrent une base solide pour améliorer la sécurité et la gestion du trafic sur l'autoroute, conformément aux réglementations en vigueur.

Chapitre : Devi quantitatif et estimatif

CHAPITRE XVI DEVI QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N°	Désignation	Unité	QTE	Prix Unitaires	Prix totaux
SÉRIE 1 INSTALLATIONS ET LOGISTIQUES DU CHANTIER					
1	Installation et repliement du chantier	FT	5%		1,688,475,419.96
2	Contrôle des travaux				
2.1	Laboratoire de chantier	FT	0.40%		135,078,033.60
3	Etudes				
3.1	Études d'exécution	FT	1.60%		540,312,134.39
3.2	Dossier de récolement	FT	0.25%		84,423,771.00
				Prix série 1	2,448,289,359.94
SÉRIE 2 TERRASSEMENT					
1	Terre végétale				
1.1	Décapage de terre végétale	M^3	160,000.00	300.00	48,000,000.00
2	Déblais mis en remblai				
2.1	Déblai meuble mis en remblai	M^3	310,337.81	600.00	186,202,686.00
3	Déblai mis en dépôt				
3.1	Déblai meuble mis en dépôt	M^3	564,960.96	307.00	173,443,014.72
3.2	Déblai rocheux mis en dépôt	M^3	121,884.74	900.00	109,696,266.00
4	Remblai d'emprunt				
4.1	Quantité du remblai	M^3	1,130,085.85	850.00	960,572,972.50
				Prix série 2	1,477,914,939.22
SÉRIE 3. CHAUSSÉE					
1	Couches de corps de chaussée				
1.1	Couche de roulement en BB	T	47,544.22	11,000.00	522,986,420.00
1.2	Couche de base en GB	T	108,928.00	10,000.00	1,089,280,000.00
1.3	Couche de fondation en GNT	M^3	71,040.00	3,000.00	213,120,000.00
1.4	Couche de forme en TVO	M^3	165,901.03	3,000.00	497,703,090.00
2	Liants hydrocarbones				
2.1	Couche d'imprégnation	M^2	240500	250.00	60,125,000.00
2.2	Couche d'accrochage	M^2	475,820.00	250.00	118,955,000.00
				Prix série 3	2,502,169,510.00

SÉRIE 4. ASSAINISSEMENT					
1	Fossés trapézoïdaux				
1.1	Fossés trapézoïdaux en béton	ML	14,800.00	6,750.00	99,900,000.00
2	ouvrage hydraulique buse				
2.1	Buse 1000 Ø	ML	50.00	22,000.00	1,100,000.00
2.2	Buse 1200 Ø	ML	187.00	36,000.00	6,732,000.00
2.3	Buse 1500 Ø	ML	268.00	48,000.00	12,864,000.00
3	Ouvrage d'entre de buse				
3.1	Têtes simples 1000	U	2	13200	26400
3.2	Têtes simples 1200	U	4	15600	62400
3.3	Têtes simples 1500	U	8	19200	153600
4	ouvrage hydraulique dalot				
4.1	Dalot 1.5x1.5	M^3	222.3	35000	7780500
4.2	Dalot 2x2	M^3	861.12	35000	30139200
4.3	Dalot 3x2	M^3	351.36	35000	12297600
5	Caniveaux demi-buse				
5.1	Demi-buse 300	ML	7275	3,000.00	21825000
				prix serie 4	192,880,700.00
SÉRIE 5. SIGNALISATION					
1	horizontale				
1.1	Marquage par hachures (zébras)	M^2	1,716.00	800.00	1,372,800.00
1.2	Bande de largeur de 150mm	ML	7,116.00	200.00	1,423,200.00
1.3	Bande de largeur de 225mm	ML	27,022.00	250.00	6,755,500.00
1.4	Bande de largeur de 375mm	ML	384.00	300.00	115,200.00
2	verticale				
2.1	Panneau triangulaire de très grande gamme (côté nominal 1500mm)	U	26	65,000.00	1,690,000.00
2.2	Panneau circulaire de très grande gamme (diamètre de 1250mm)	U	32	78,000.00	2,496,000.00
2.3	Panneau carré de très grande gamme (côté nominal 1050mm)	U	11	180,000.00	1,980,000.00
2.4	Panneaux de types D	U	2	120,000.00	240,000.00
2.5	Panneaux de types M	M^2	6	56,000.00	336,000.00
2.6	Panneau de type E	M^2	16.8	55,000.00	924,000.00
2.7	Balise de type J5	U	2	21,400.00	256,800.00
2.8	Balise de type J14a	U	2	22,000.00	44,000.00
				Prix série 5	17,419,500.00

SÉRIE 6. RENFORCEMENT					
1	Mur de soutènement				
1.1	MS 01 (déblai)				
1.1.1	béton armé	M^3	357.00	35,000.00	12,495,000.00
1.1.2	béton propreté	M^3	56.00	15,000.00	840,000.00
1.1.3	gravillon	M^3	498.75	3,000.00	1,496,250.00
				prix de MS 01	14,831,250.00
1.2	MS 02 (remblai)				
1.2.1	béton armé	M^3	382.50	35,000.00	13,387,500.00
1.2.2	béton propreté	M^3	72.00	15,000.00	1,080,000.00
1.2.3	gravillon	M^3	450.00	3,000.00	1,350,000.00
				prix de MS 02	15,817,500.00
1.3	MS 03 (remblai)				
1.3.1	béton armé	M^3	595.00	35,000.00	20,825,000.00
1.3.2	béton propreté	M^3	112.00	15,000.00	1,680,000.00
1.3.3	gravillon	M^3	700.00	3,000.00	2,100,000.00
				prix de MS 03	24,605,000.00
1.4	MS 04 (remblai)				
1.4.1	béton armé	M^3	400.00	35,000.00	14,000,000.00
1.4.2	béton propreté	M^3	64.00	15,000.00	960,000.00
1.4.3	gravillon	M^3	550.00	3,000.00	1,650,000.00
				prix de MS 04	16,610,000.00
2	Bande géotextile	M^2	80.00	1,000.00	80,000.00
				prix serie 6	71,943,750.00
SÉRIE 7. LES CONTRAINTES					
1	les maisons				
1.1	Démolition + indemnisation du battus	M^2	8,462.60	30,000.00	253,878,045.00
2	les lignes électriques				
2.1	Déplacement de ligne électrique (MT)	U	23.00	1,200,000.00	27,600,000.00
				prix serie 7	281,478,045,00

SÉRIE 8. DISPOSITIFS DE RETENUE					
1	Glissières de sécurité				
1.1	Glissières de sécurité métallique	ML	11,400.00	4,700.00	53,580,000.00
1.2	Barrière en béton type GBA	ML	3,350.00	16,000.00	53,600,000.00
1.3	Double Béton Armé DBA	ML	7,375.00	22,400.00	165,200,000.00
2	Aménagement des fortes pentes				
2.1	Les voies détresse	U	3.00	50,000,000.00	150,000,000.00
				prix serie 8	257,180,000.00
SÉRIE 9. ECHANGEUR					
1	Échangeur	FT			500,000,000.00
					LOT 2 LES OUVRAGES
1	Viaduc	M^2	31,200.00	350,000.00	10,920,000,000.00
2	Tunnel	ML	1,625.00	12,000,000.00	19,500,000,000.00
				Prix lot 2	29,250,000,000.00
Totale brute					33,769,508,399.22
TVA 19%					6,416,206,595.85
Totale générale (TVA 19%)					40,185,714,995.07

Conclusion Générale :

En conclusion, le projet de fin d'études a représenté une précieuse opportunité pour mettre en pratique nos connaissances théoriques et techniques acquises tout au long de notre formation. Il est également essentiel de souligner le rôle crucial du stage, qui constitue le premier pas vers le monde professionnel, permettant à l'élève ingénieur de mieux appréhender les enjeux du milieu industriel.

Dans l'ensemble de ce projet, nous avons cherché à résoudre divers problèmes techniques de terrain et de conception. Nous avons notamment pris des décisions stratégiques telles que le choix du tracé pour éviter les terrains agricoles, l'équilibrage des volumes de cubatures à l'aide d'une ligne rouge rationnelle, ainsi que la mise en place d'une structure de chaussée économique et efficace pour surmonter les contraintes de faible portance du sol. De plus, nous avons assuré la stabilité des talus lors des opérations de déblai et de remblai, tout en mettant en place un réseau d'assainissement efficace pour garantir la durabilité de la route.

L'évaluation des coûts du projet, réalisée après l'étude APD de l'échangeur, a abouti à un montant total de (40,185,714,995.07ZD).

Ce travail modeste nous a permis d'acquérir une meilleure maîtrise des logiciels essentiels, tels que CIVIL 3D, AutoCAD, TALREN et Alizé, qui ont été indispensables pour mener à bien ce projet dans les délais impartis, tout en garantissant un rendu de qualité appréciable.

BIBLIOGRAPIE

Les normes de projet

- ICTAAL 2000 : instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison.
- ICTAAL ECHANGEUR
- Catalogue Algérien de dimensionnement des chaussées neuves fascicule 1,2 et 3 (CTTP 2001)
- Guide des terrassements routiers GTR
- Setra Les échangeurs sur routes de types autoroutes
- Setra assainissement routier 2006 pdf
- Instruction interministérielle sur la signalisation routière (du partie 1 a partie 9)
- Cerama aménagement des fortes pentes

Les documents de projet :

- Rapprot géotechnique de projet
- Rapport hydraulique de projet
- Rapport sur impact d'environnement

Les livres :

- Routes tome 1 et 2 (Michel Faure)
- Méthodes de calcul de stabilité des fondations, des talus et des ouvrages de soutènement (melbouci bachir)
- La route et ces chaussée (jean barillot, hervué cabanes, philippe carillo)

Les coures :

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

Site internet:

- Wikipedia ;
- SCRIBD ;
- google scholar ;

Logiciels utilisés :

- CIVIL 3D 2023 ;
- AUTOCAD 2023 ;
- ALIZE – LCPC
- TALREN V4

Annexe

Annexe 1 : tracé en plan

Alignment: TRACE EN PLAN FINALE
Description:

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	340+00.000	4055195.797	657102.209
End:	343+04.039	4054996.014	656873.022

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	304.039	Course:	S 48° 55' 16.6279" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	343+04.039	4054996.014	656873.022
RP:		4055523.679	656413.056
PT:	347+08.586	4054830.434	656510.067

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	33° 06' 45.2938"	Type:	RIGHT
Radius:	700.000		
Length:	404.547	Tangent:	208.098
Mid-Ord:	29.022	External:	30.277
Chord:	398.940	Course:	S 65° 28' 39.2748" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	347+08.586	4054830.434	656510.067
End:	358+42.167	4054673.334	655387.425

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	1133.581	Course:	S 82° 02' 01.9217" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	358+42.167	4054673.334	655387.425
RP:		4054019.703	655478.893
PT:	360+08.094	4054630.032	655227.699

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	14° 24' 16.1465"	Type:	LEFT
Radius:	660.000		
Length:	165.928	Tangent:	83.404
Mid-Ord:	5.208	External:	5.249
Chord:	165.491	Course:	S 74° 49' 53.8484" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	360+08.094	4054630.032	655227.699
End:	372+14.280	4054170.962	654112.289

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	1206.186	Course:	S 67° 37' 45.7752" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	372+14.280	4054170.962	654112.289
RP:		4054818.281	653845.872
PT:	375+11.263	4054118.682	653822.202

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	24° 18' 30.2465"	Type:	RIGHT
Radius:	700.000		
Length:	296.983	Tangent:	150.760
Mid-Ord:	15.691	External:	16.051
Chord:	294.761	Course:	S 79° 47' 00.8984" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	375+11.263	4054118.682	653822.202
End:	378+23.266	4054129.232	653510.378

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	312.003	Course:	N 88° 03' 43.9783" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting

PC:	378+23.266	4054129.232	653510.378
RP:		4053429.632	653486.708
PT:	386+37.264	4053728.906	652853.908

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	66° 37' 35.8250"	Type:	LEFT
Radius:	700.000		
Length:	813.998	Tangent:	460.047
Mid-Ord:	115.024	External:	137.641
Chord:	768.904	Course:	S 58° 37' 28.1092" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	386+37.264	4053728.906	652853.908
End:	390+45.071	4053360.249	652679.557

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	407.807	Course:	S 25° 18' 40.1967" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	390+45.071	4053360.249	652679.557
RP:		4053640.284	652087.438
PT:	393+21.415	4053142.335	652512.963

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	24° 10' 23.0804"	Type:	RIGHT
Radius:	655.000		
Length:	276.344	Tangent:	140.259
Mid-Ord:	14.520	External:	14.849
Chord:	274.299	Course:	S 37° 23' 51.7369" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	393+21.415	4053142.335	652512.963
End:	398+38.557	4052806.369	652119.817

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	517.143	Course:	S 49° 29' 03.2771" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	398+38.557	4052806.369	652119.817
RP:		4052289.415	652561.584
PT:	402+11.545	4052500.188	651915.074

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	31° 25' 38.5748"	Type:	LEFT
Radius:	680.000		
Length:	372.988	Tangent:	191.315
Mid-Ord:	25.414	External:	26.400
Chord:	368.329	Course:	S 33° 46' 13.9897" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	402+11.545	4052500.188	651915.074
End:	406+55.149	4052078.432	651777.575

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	443.603	Course:	S 18° 03' 24.7023" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	406+55.149	4052078.432	651777.575
RP:		4052283.006	651150.080
PT:	410+17.503	4051781.038	651578.598

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	31° 27' 23.8144"	Type:	RIGHT
Radius:	660.000		
Length:	362.354	Tangent:	185.870
Mid-Ord:	24.712	External:	25.673
Chord:	357.820	Course:	S 33° 47' 06.6095" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	410+17.503	4051781.038	651578.598
End:	419+39.667	4051182.305	650877.238

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	922.164	Course:	S 49° 30' 48.5167" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	419+39.667	4051182.305	650877.238
RP:		4050649.914	651331.726
PT:	423+71.903	4050820.852	650652.918

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	35° 22' 44.4967"	Type:	LEFT
Radius:	700.000		
Length:	432.236	Tangent:	223.257
Mid-Ord:	33.098	External:	34.741
Chord:	425.402	Course:	S 31° 49' 26.2684" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	423+71.903	4050820.852	650652.918
End:	430+18.144	4050194.176	650495.108

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	646.241	Course:	S 14° 08' 04.0200" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	430+18.144	4050194.176	650495.108
RP:		4050377.325	649767.814
PT:	432+73.842	4049961.537	650392.009

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	19° 32' 01.8960"	Type:	RIGHT
Radius:	750.000		
Length:	255.698	Tangent:	129.102
Mid-Ord:	10.871	External:	11.030
Chord:	254.461	Course:	S 23° 54' 04.9680" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	432+73.842	4049961.537	650392.009
End:	439+25.414	4049419.259	650030.788

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	651.572	Course:	S 33° 40' 05.9160" W

Annexe 2 : profil en long

Profil en long : LA LIGNE ROUGE
Description:
Plage d'abscisse : Début: 34000.00, Fin: 43967.60
LONGUEUR DE L'AXE : 9967.600m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			34000.00	77.396
D1	PENTE= 5.66%	896.894		
			34896.90	128.117
ARC1	S= 35030.01 Z=135.645			
	R= -2700.000	266.308		
			35163.21	130.023
D2	PENTE= -4.22%	336.804		
			35500.01	115.807
ARC2	S= 35578.00 Z=112.515			
	R= -1900.000	155.983		
			35655.99	115.632
D3	PENTE= 4.00%	97.581		
			35753.57	119.531
ARC3	S= 35931.47 Z=126.639			
	R= -5000.000	355.855		
			36109.43	121.076
D4	PENTE= -3.13%	392.820		
			36502.25	108.796
ARC4	S= 36547.01 Z=107.397			
	R= -3299.690	89.550		
			36591.80	107.213
D5	PENTE= -0.41%	538.612		

			37130.41	105.001
ARC5	S= 37290.33 Z=104.345			
	R= -5000.000	319.552		
			37449.96	113.909
D6	PENTE= 5.99%	69.300		
			37519.26	118.060
ARC6	S= 37609.07 Z=123.441			
	R= -2700.000	179.773		
			37699.04	122.831
D7	PENTE= -0.68%	74.130		
			37773.17	122.328
ARC7	S= 37939.99 Z=121.198			
	R= -5000.000	333.355		
			38106.52	131.189
D8	PENTE= 6.00%	72.248		
			38178.77	135.524
ARC8	S= 38332.40 Z=144.742			
	R= -5000.000	307.539		
			38486.31	144.493
D9	PENTE= -0.16%	185.726		
			38672.03	144.193
ARC9	S= 38746.47 Z=144.073			
	R= -2700.000	148.747		
			38820.78	139.852
D10	PENTE= -5.68%	76.544		
			38897.32	135.505
ARC10	S= 38978.46 Z=130.896			
	R= -1900.000	162.372		
			39059.70	133.233
D11	PENTE= 2.88%	124.082		
			39183.78	136.802
ARC11	S= 39234.10 Z=138.249			
	R= -8589.008	100.662		
			39284.44	139.107
D12	PENTE= 1.70%	378.520		
			39662.96	145.555
ARC12	S= 39849.65 Z=148.735			
	R= -14649.108	373.399		

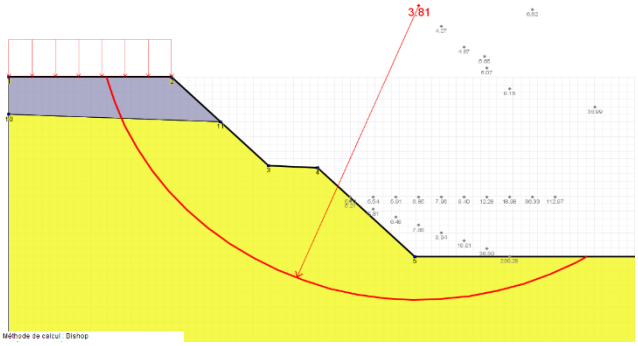
			40036.36	147.156
D13	PENTE= -0.85%	2230.178		
			42266.54	128.293
ARC13	S= 42426.21 Z=126.943			
	R= -95096.537	319.347		
			42585.88	125.056
D14	PENTE= -1.18%	921.834		
			43507.72	114.163
ARC14	S= 43600.00 Z=113.073			
	R= -2890.316	184.448		
			43692.16	117.872
D15	PENTE= 5.21%	275.432		
			43967.60	132.214

Annexe 3 : stabilité du talus

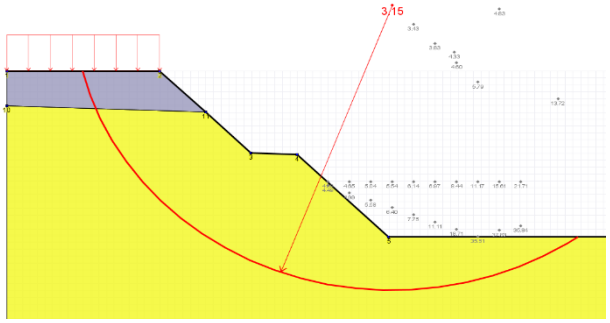
1-Cas de déblai

PK 35+125 AU 35+275

Cas sans séisme

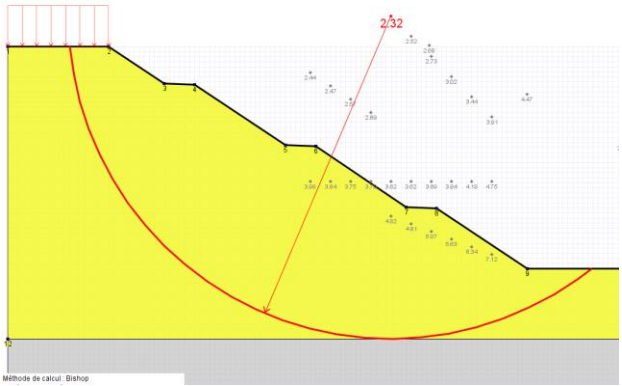


Cas sismique :

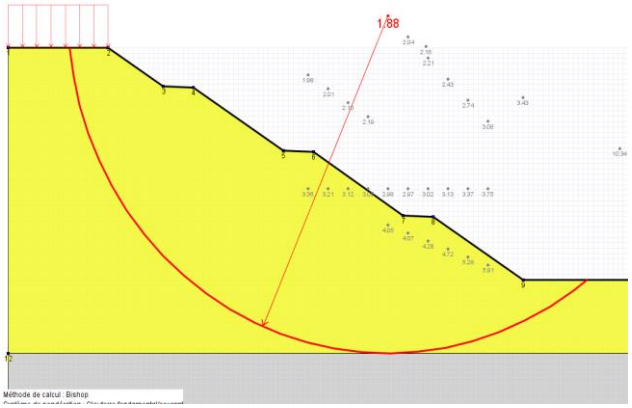


PK 36+225 au PK 36+725 :

Cas sans séisme

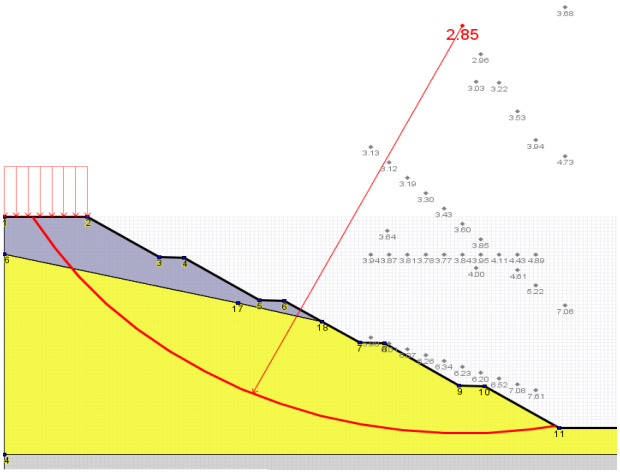


Cas sismique

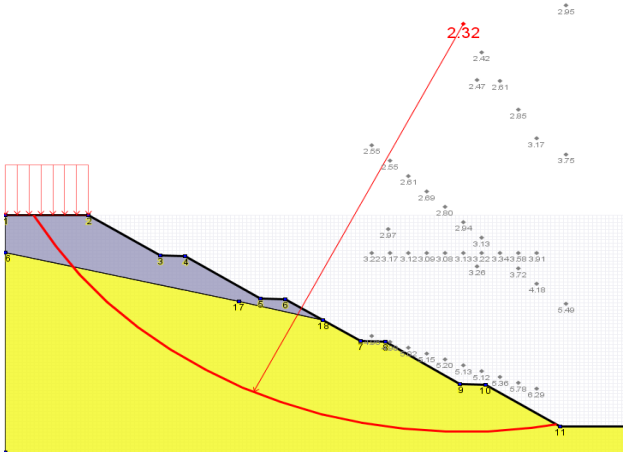


PK 37+400 au PK 37+750

Cas sans séisme :

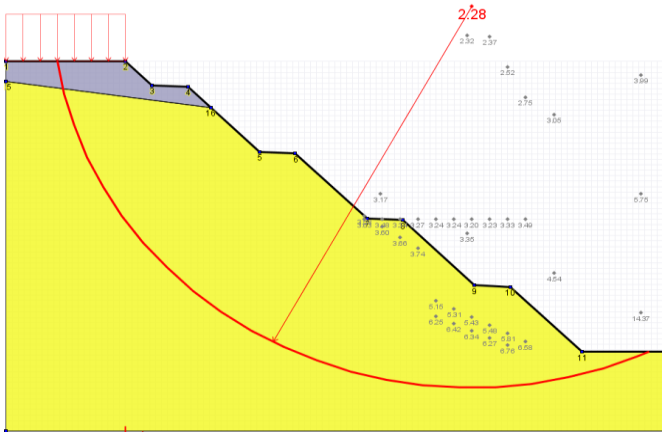


Cas sismique :

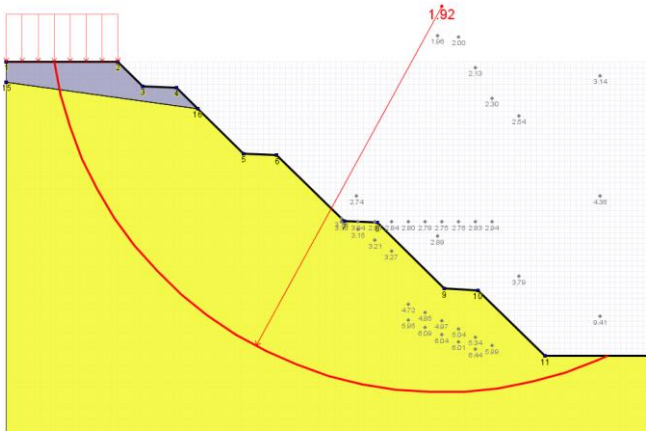


PK 38+100 au PK 39+200

Cas sans séisme

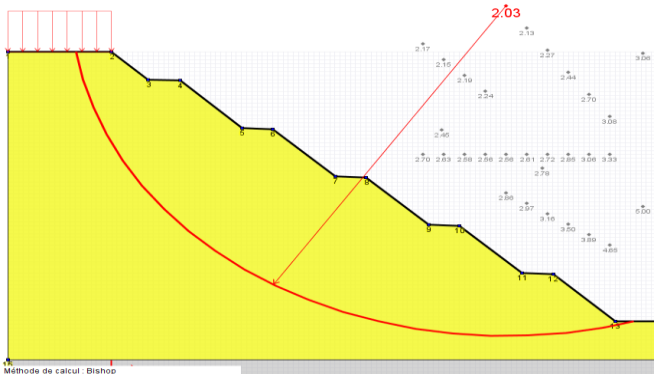


Cas sismique :

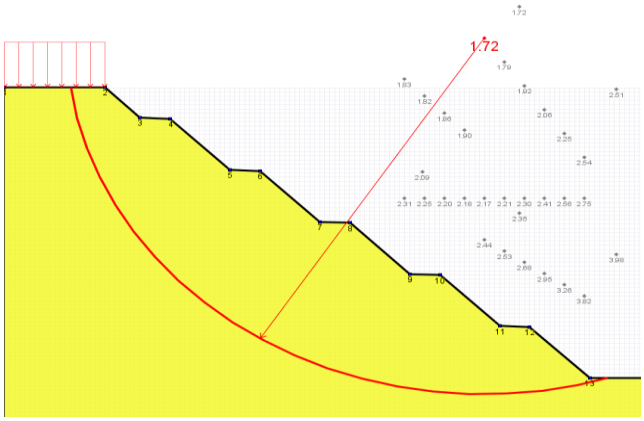


PK 43+300 au PK 43+625

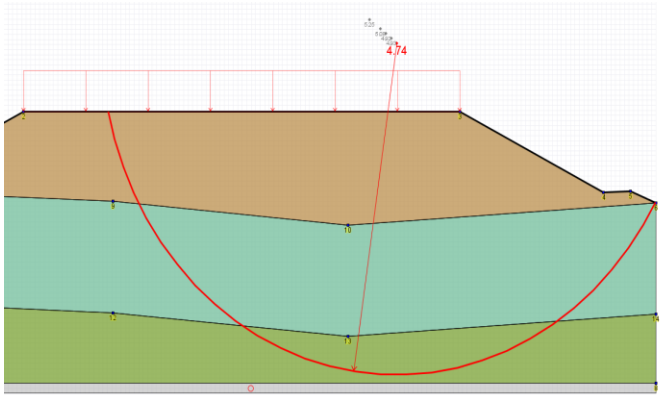
Cas sans séisme :

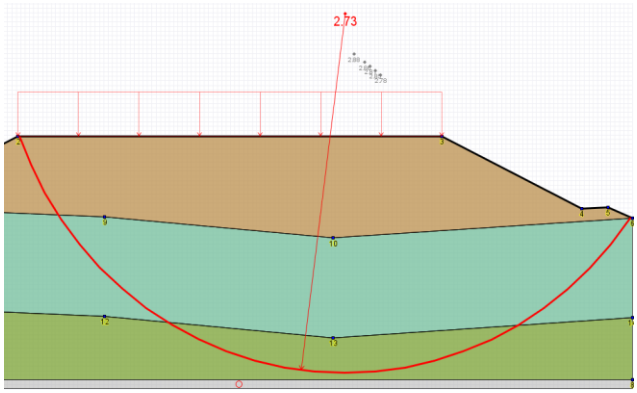


Cas sismique :

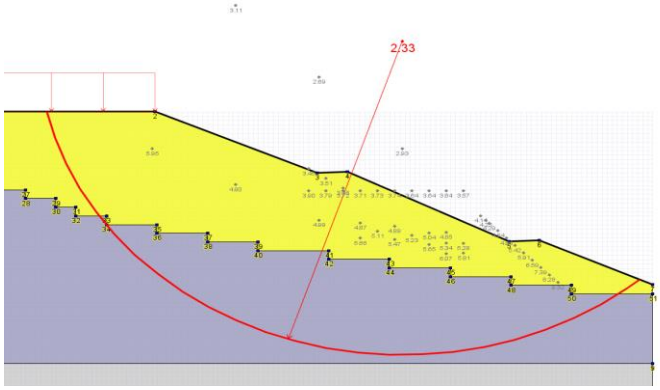


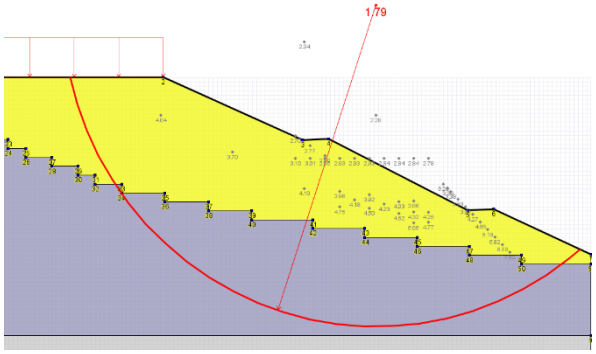
2-cas de remblai :
PK 34+425 au PK 34+450
Cas Sans séisme *Cas Sismique :*



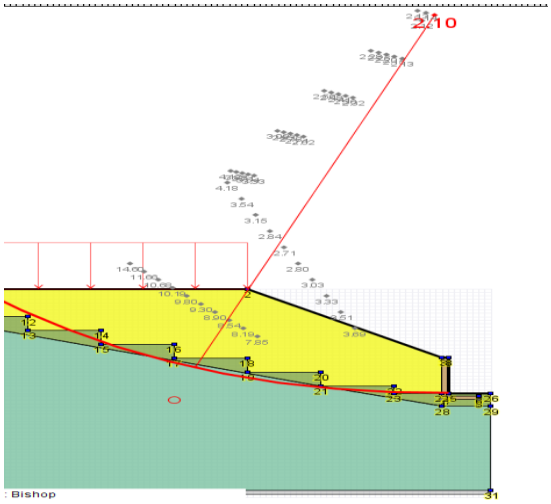


PK 36+225 au PK 36+575
Cas sans séisme *Cas sismique :*

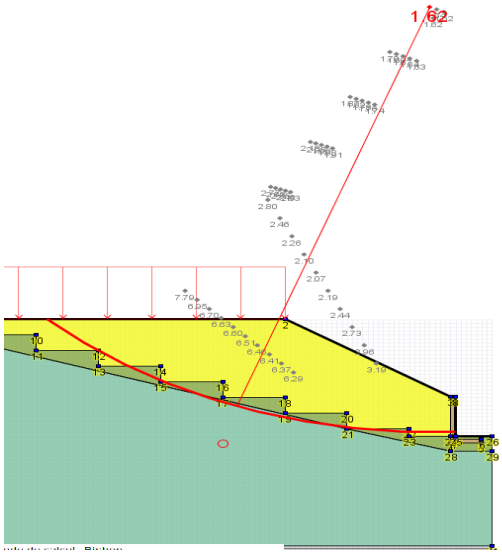




Pk 38+050 au PK 38+325
Cas sans séisme *Cas sismique*

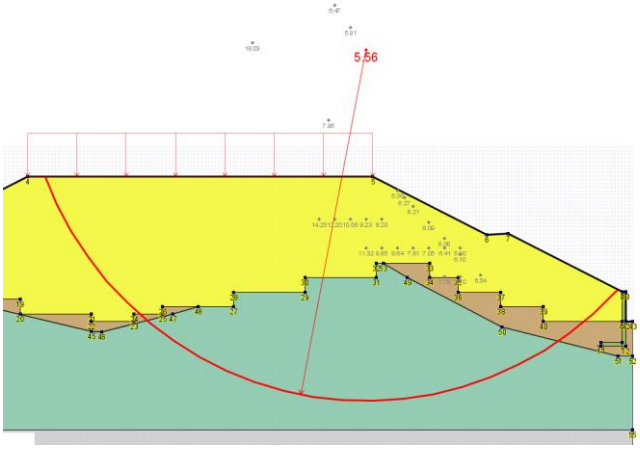


PK

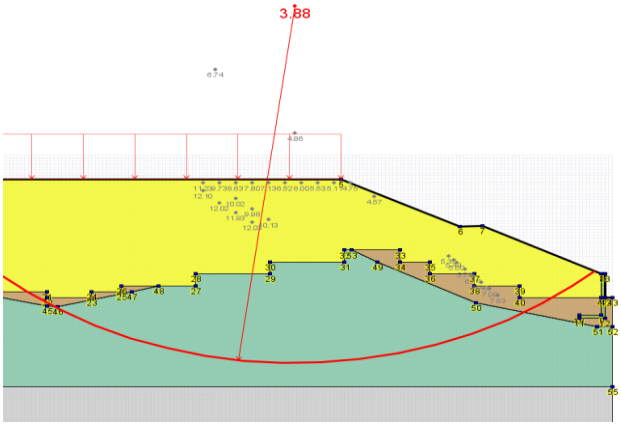


38+475 au PK 38+900

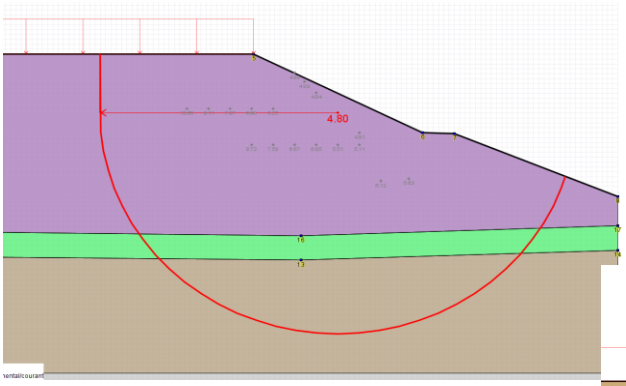
Cas sans séisme



Cas sismique

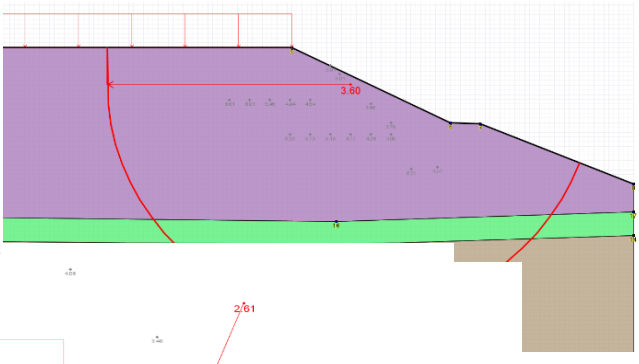


PK 41+825 au PK 43+300
Cas sans séisme

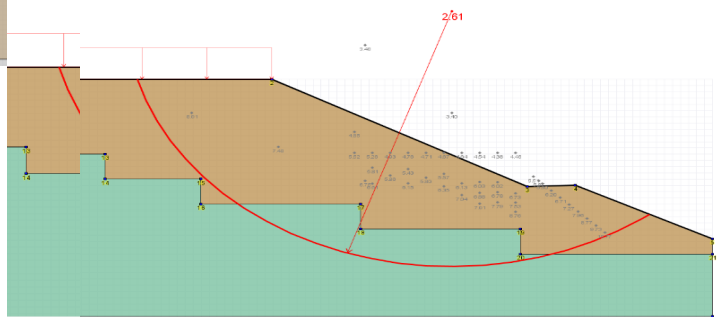


Cas sismique

PK 43+300 au PK 43+625
Cas

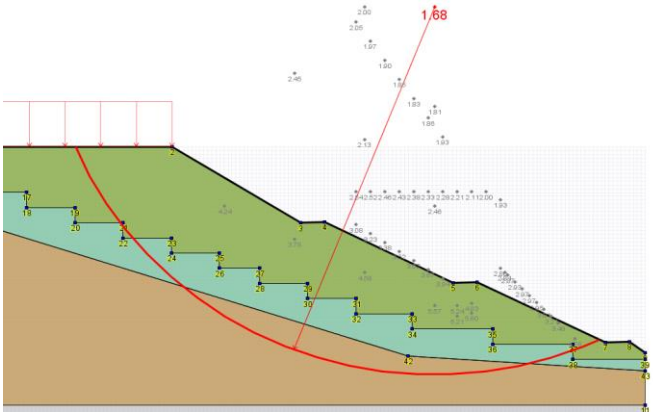


sans séisme :

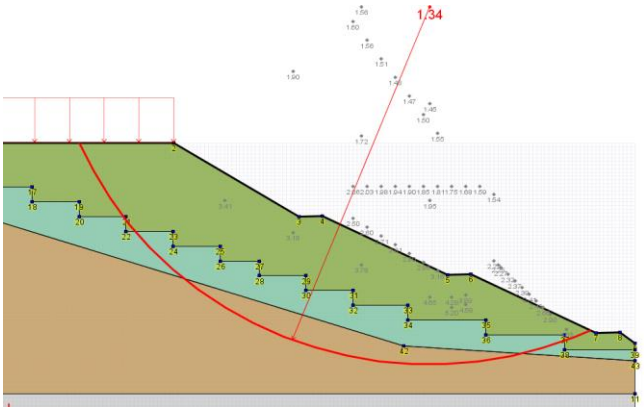


Cas sismique :

PK 43+625 au PK 44
Cas sans séisme



Cas sismique



Les résultats de calcul (tous les cas de déblai)

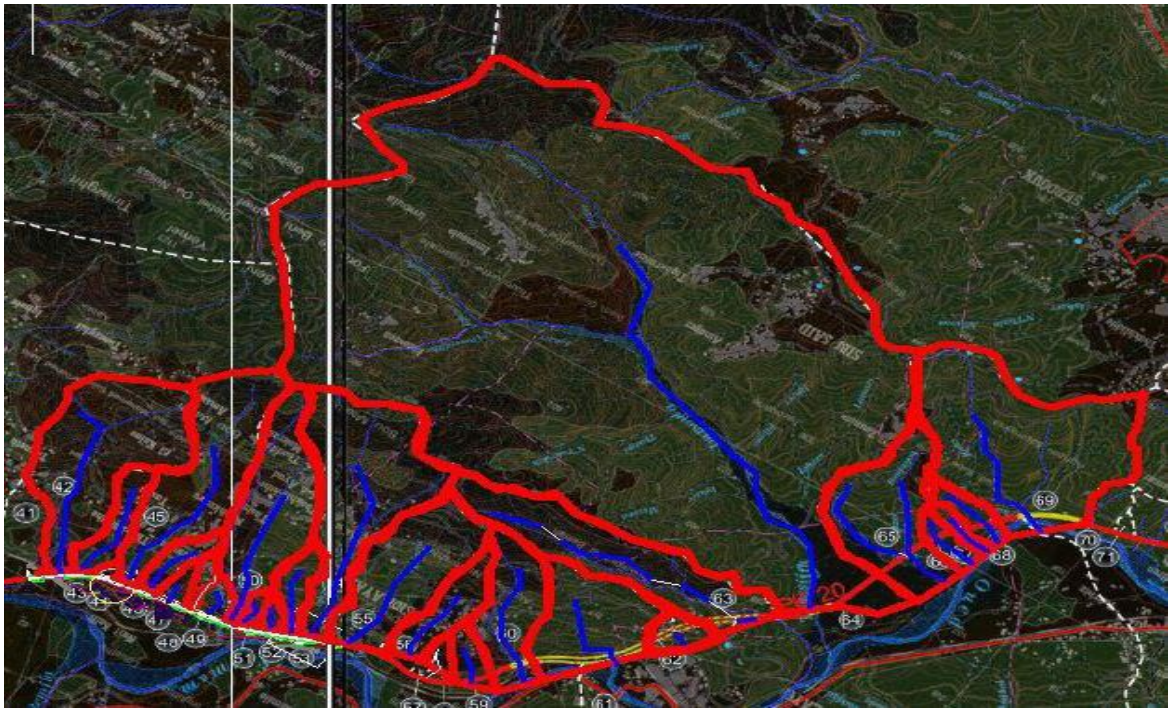
Pk déblai	*F_s*	*F_s Sismique*	*La pente*	*Renforcement*	*Vérification*
34+500 au 34+900	*1.71*	*1.28*	*2H/1V*	*Mur de soutènement*	*Vérifié*
35+125 au 35+275	*3.81*	*3.15*	*1H/1V*	*-*	*Vérifié*
36+225 au 36+725	*4.08*	*3.24*	*3H/2V*	*-*	*Vérifié*
37+400 au 37+750	*2.85*	*2.32*	*3H/2V*	*-*	*Vérifié*
38+050 au 39+200	*2.28*	*1.92*	*1H/1V*		*Vérifié*
43+300 au 43+625	*2.03*	*1.72*	*1H/1V*	*-*	*Vérifié*
43+625 au 44+000	*3.69*	*3.03*	*1H/1V*	*-*	*Vérifié*

Les résultats de calcul (tous les cas de remblai)

Pk remblai	*F_s Normale*	*F_s Sismique*	*La pente*	*Renforcement*	*Vérification*
34+425 au 34+450	*4.74*	*2.73*	*2H/1V*	*-*	*Vérifié*
36+225 au 36+725	*2.33*	*1.79*	*2H/1V*	*-*	*Vérifié*
37+750 au 38+050	*1.57*	*1.14*	*2H/1V*	*Mur de soutènement Bandes géotextile*	*Vérifié*
38+050 au 38+325	*2.10*	*1.62*	*2H/1V*	*Mur de soutènement*	*Vérifié*
38+400 au 38+900	*5.56*	*3.88*	*2H/1V*	*Mur de soutènement*	*Vérifié*
41+825 au 43+300	*4.8*	*3.6*	*2H/1V*	*-*	*Vérifié*
43+300 au 43+625	*3.3*	*2.61*	*2H/1V*	*-*	*Vérifié*
43+625 au 44+000	*1.68*	*1.34*	*2H/1V*	*-*	*Vérifié*

Annexe 4 : étude hydraulique

Les bassins versants :



Les vérifications de calage des dalots et des buses :

1-les dalots :

Les dalots									*Les Conditions*
(mxm)	*2(2X2)*	*2(2X2)*	*2X2*	*3X2*	*3X2*	*1.5X1.5*	*1.5X1.5*	*1.5X1.5*	
Q(m^3/S)	*18.01*	*20.61*	*7.74*	*9.73*	*14.46*	*3.75*	*3*	*3.29*	
N	*0.12*	*0.13*	*0.36*	*0.2*	*0.3*	*0.27*	*0.28*	*0.2*	
M	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	
X	*3.9*	*3.8*	*2.2*	*2.8*	*2.4*	*2.5*	*2.45*	*2.8*	
Hn	*1.4*	*1.4*	*1.27*	*1.35*	*1.58*	*0.92*	*0.93*	*0.82*	
N	*0.005*	*0.007*	*0.035*	*0.003*	*0.026*	*0.021*	*0.013*	*0.017*	
M	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	
X	*6*	*5.7*	*3.5*	*6.5*	*3.9*	*4*	*4.8*	*4.2*	
Hc	*0.93*	*0.98*	*0.8*	*0.74*	*0.97*	*0.58*	*0.48*	*0.36*	
(hn >hc) régime fluvial donc calage de l'OH en fluvial									
N	*0.03*	*0.04*	*0.19*	*0.04*	*0.08*	*0.099*	*0.11*	*0.14*	
M	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	
X	*3.4*	*3*	*1.9*	*3*	*2.2*	*2.1*	*2*	*2.1*	
Yc	*1.17*	*1.3*	*1.05*	*1*	*1.36*	*0.71*	*0.75*	*0.71*	
N	*0.06*	*0.07*	*0.17*	*0.03*	*0.11*	*0.18*	*0.15*	*0.16*	
M	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	
X	*4.6*	*4.2*	*3.1*	*6*	*3.3*	*3*	*3.2*	*3.2*	
Yn	*1.4*	*0.96*	*1.26*	*1.2*	*1.5*	*0.85*	*0.9*	*0.85*	
Ye	*1.4*	*1.4*	*1.27*	*1.35*	*1.58*	*0.92*	*0.9*	*0.85*	

V(m/s)	*2.3*	*2.6*	*2.18*	*1.9*	*2.4*	*1.77*	*1.45*	*1.69*	*< 4*
Ham	*1.8*	*1.9*	*1.62*	*1.62*	*2*	*1.15*	*1.06*	*1.06*	
Yt	*1.6*	*1.65*	*1.45*	*1.485*	*1.79*	*1.03*	*0.98*	*0.997*	
Taux	*64%*	*66%*	*72.25%*	*60%*	*71.6%*	*68%*	*65.3%*	*66.5%*	*< 75%*

2- les buse :

Les buses								*Les Conditions*
(mm)	*1000*	*1500*	*1500*	*1200*	*1500*	*1500*	*1200*	
Q(m^3/s)	*0.7*	*2.35*	*2.57*	*1.39*	*1.86*	*2.09*	*1.56*	
N	*0.08*	*0.15*	*0.18*	*0.2*	*0.12*	*0.18*	*0.16*	
M	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	
X	*4.5*	*3.8*	*3.5*	*2.8*	*4*	*3*	*4*	
Hn	*0.4*	*0.6*	*0.65*	*0.7*	*0.57*	*0.76*	*0.5*	
N	*0.002*	*0.009*	*0.01*	*0.006*	*0.005*	*0.006*	*0.007*	
M	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	
X	*7.5*	*4.9*	*4.8*	*5.2*	*5.8*	*5.2*	*5.5*	
Hc	*0.24*	*0.47*	*0.48*	*0.38*	*0.4*	*0.44*	*0.36*	
(hn >hc) regime fluvial donc calage de l'OH en fluvial								
N	*1.25*	*1.52*	*1.66*	*1.57*	*1.2*	*1.35*	*1.76*	
ƛ	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	
tau c	*0.42*	*0.52*	*0.53*	*0.52*	*0.46*	*0.47*	*0.55*	
Yc	*0.42*	*0.78*	*0.79*	*0.62*	*0.69*	*0.7*	*0.66*	
N	*0.6*	*0.72*	*0.8*	*0.77*	*0.57*	*0.64*	*0.87*	
ƛ	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	
tau n	*0.4*	*0.43*	*0.45*	*0.45*	*0.38*	*0.4*	*0.48*	
Yn	*0.54*	*0.93*	*0.95*	*0.7*	*0.82*	*0.84*	*0.8*	
Ye	*0.54*	*0.93*	*0.95*	*0.7*	*0.82*	*0.84*	*0.8*	
tau n	*0.54*	*0.62*	*0.63*	*0.58*	*0.55*	*0.56*	*0.6*	
ƛ	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	
S/R^2	*1.7*	*1.95*	*1.96*	*1.9*	*1.7*	*1.72*	*1.92*	
V(m/s)	*1.65*	*2.1*	*2.1*	*2*	*1.9*	*2.1*	*2.2*	*< 4*
Ham	*0.74*	*1.26*	*1.28*	*1*	*1.1*	*1.17*	*0.92*	
yt	*0.64*	*1.09*	*1.1*	*0.85*	*0.96*	*1*	*0.86*	
taux	*64*	*73%*	*74.3%*	*70%*	*64%*	*60%*	*72%*	*< 75%*

Annexe 5 : signalisation

Signaux de direction E , D ,J	*14*
Signaux de danger type A	*40*
Signaux de prescription B	*45*
Signaux d'indication C	*10*
Ligne continue 3U	*20 000 m*
Ligne discontinue T1 2U	*9240 m*

Ligne discontinue T'3 3U	*1540 m*

Annexe 6 : les contraintes

Le nombre de bâtiments démolies	*La surface des bâtiments démolies*	*Le nombre des lignes électriques*	*Le nombre des poteaux*
49 bâtiments	*8462.6015 m^2*	*14 lignes électriques*	*23 poteaux*

Annexe 7 : échangeur

Axe en plan: Axe - (2)
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 1176.83

Elem	**Caractéristiques**	**Longueur**	**Abscisse**	**X**	**Y**
			0000.00	649648.2245	4051126.0292
DR1	ANG=144.6217 (g)	473.214			
			0473.21	650009.8790	4050820.8452
ARC2	XC=650654.7968				
	YC=4051585.0971				
	R=1000.000	315.539			
			0788.75	650278.8885	4050658.4402
DR3	ANG=124.5338 (g)	388.080			
			1176.83	650638.5056	4050512.5577

Axe en plan: entré avec brettele 2
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0724.67

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0000.00	650314.7013	4050636.8979
DR1	ANG=127.0870 (g)	133.571			
			0133.57	650436.3628	4050581.7653
CLO2	A=69.903				
	R=120.000	40.720			
			0174.29	650472.3969	4050562.9127
ARC3	XC=650405.1211				
	YC=4050463.5449				
	R=120.000	123.274			
			0297.56	650524.9611	4050457.3513
CLO4	A=69.903				
	R=120.000	40.720			
			0338.28	650518.2909	4050417.2342
DR5	ANG=214.0886 (g)	114.220			
			0452.50	650493.2196	4050305.7998
DR6	ANG=216.6467 (g)	199.759			
			0652.26	650441.5788	4050112.8313
DR7	ANG=219.5495 (g)	72.410			
			0724.67	650419.6908	4050043.8090

Axe en plan: entre boucle
Description:
Plage d'abscisse : Début: -0087.22, Fin: 0339.08

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			-0087.22	650621.9021	4050429.4778
DR1	ANG=300.8478 (g)	0.320			
			-0086.90	650621.5818	4050429.4820
ARC2	XC=650622.1144				
	YC=4050469.4785				
	R=40.000	55.403			
			-0031.50	650582.7075	4050462.6162
CLO3	A=35.496				
	R=40.000	31.500			
			0000.00	650585.5273	4050493.7723

DR4	ANG=14.0909 (g)	116.110			
			0116.11	650611.0177	4050607.0499
DR5	ANG=16.6334 (g)	199.758			
			0315.87	650662.6182	4050800.0284
DR6	ANG=13.8884 (g)	23.212			
			0339.08	650667.6420	4050822.6900

Axe en plan: sortie 1 avec bretelle
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0688.61

Elem	**Caractéristiques**	**Longueur**	**Abscisse**	**X**	**Y**
			-0000.00	650660.0134	4050902.6599
ARC1	XC=651129.5985				
	YC=4050696.2534				
	R=512.946	46.055			
			0046.05	650643.3976	4050859.7235
ARC2	XC=650643.5255				
	YC=4050859.6804				
	R=0.135	0.004			
			0046.06	650643.3964	4050859.7198
DR3	ANG=218.8155 (g)	169.190			
			0215.25	650594.1167	4050697.8661
CLO4	A=81.548				
	R=100.000	66.500			
			0281.75	650567.9650	4050637.0790
ARC5	XC=650487.0477				
	YC=4050695.8361				
	R=100.000	117.406			
			0399.15	650464.1214	4050598.4996
CLO6	A=55.678				
	R=100.000	31.000			
			0430.15	650434.8725	4050608.6708
DR7	ANG=324.5939 (g)	182.559			
			0612.71	650265.7674	4050677.4560
DR8	ANG=323.1760 (g)	75.894			

			0688.61	650194.8471	4050704.4789

Axe en plan: sortie 2 boucle
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0341.16

Elem	**Caractéristiques**	**Longueur**	**Abscisse**	**X**	**Y**
			0000.00	650479.2730	4050125.8930
DR1	ANG=18.3024 (g)	128.066			
			0128.07	650515.5862	4050248.7031
DR2	ANG=19.0371 (g)	119.387			
			0247.45	650550.7574	4050362.7918
CLO3	A=31.870				
	R=65.000	15.626			
			0263.08	650555.9518	4050377.5186
ARC4	XC=650615.3229				
	YC=4050351.0596				
	R=65.000	69.563			
			0332.64	650610.0405	4050415.8446
DR5	ANG=94.8206 (g)	8.513			
			0341.16	650618.5248	4050416.5364

Annexe 8 : les cubatures

Abscisse	***Surface de déblai (m2)***	***Volume de déblai (m3)***	***Volume réutilisable (m3)***	***Surface de remblai (m2)***	***Volume de remblai (m3)***	***Vol. déblai Cum. (m3)***	***Vol. réutilisable Cum. (Cu.m.)***	***Vol. remblai Cum. (m3)***	***Vol. Net Cum. (m3)***
34+000.000	*4548.97*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
34+025.000	*0*	*56862.06*	*56862.06*	*330.75*	*4134.4*	*56862.06*	*56862.06*	*4134.4*	*52727.67*
34+050.000	*0*	*0*	*0*	*362.52*	*8665.9*	*56862.06*	*56862.06*	*12800.33*	*44061.73*
34+075.000	*0*	*0*	*0*	*405.48*	*9600*	*56862.06*	*56862.06*	*22400.35*	*34461.71*
34+100.000	*0*	*0*	*0*	*464.85*	*10879*	*56862.06*	*56862.06*	*33279.47*	*23582.59*

34+125.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*5810.6*	*56862.06*	*56862.06*	*39090.11*	*17771.96*
34+150.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*56862.06*	*56862.06*	*39090.11*	*17771.96*
34+175.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*56862.06*	*56862.06*	*39090.11*	*17771.96*
34+200.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*56862.06*	*56862.06*	*39090.11*	*17771.96*
34+225.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*56862.06*	*56862.06*	*39090.11*	*17771.96*
34+250.000	*0*	*0*	*0*	*540.51*	*6756.4*	*56862.06*	*56862.06*	*45846.5*	*11015.56*
34+275.000	*0*	*0*	*0*	*497.16*	*12971*	*56862.06*	*56862.06*	*58817.4*	*-1955.34*
34+300.000	*0*	*0*	*0*	*472.34*	*12119*	*56862.06*	*56862.06*	*70936.18*	*-14074.11*
34+325.000	*0*	*0*	*0*	*412.79*	*11070*	*56862.06*	*56862.06*	*82006.5*	*-25144.44*
34+350.000	*0*	*0*	*0*	*284.88*	*8695.4*	*56862.06*	*56862.06*	*90701.85*	*-33839.79*
34+375.000	*0*	*0*	*0*	*294.31*	*7211.9*	*56862.06*	*56862.06*	*97913.72*	*-41051.66*
34+400.000	*0*	*0*	*0*	*237.02*	*6637.1*	*56862.06*	*56862.06*	*104550.84*	*-47688.78*
34+425.000	*0*	*0*	*0*	*162.21*	*4983.1*	*56862.06*	*56862.06*	*109533.91*	*-52671.85*
34+450.000	*0*	*0*	*0*	*104.01*	*3310.9*	*56862.06*	*56862.06*	*112844.78*	*-55982.72*
34+475.000	*1.85*	*23.78*	*23.78*	*48.3*	*1885.9*	*56885.85*	*56885.85*	*114730.72*	*-57844.87*
34+500.000	*22.06*	*306.79*	*306.79*	*26.58*	*922.08*	*57192.64*	*57192.64*	*115652.8*	*-58460.15*
34+525.000	*70.68*	*1193.48*	*1193.48*	*14.01*	*498.26*	*58386.12*	*58386.12*	*116151.06*	*-57764.94*
34+550.000	*128*	*2564.65*	*2564.65*	*0.84*	*182.19*	*60950.78*	*60950.78*	*116333.25*	*-55382.47*
34+575.000	*81.88*	*2697.4*	*2697.4*	*0*	*10.26*	*63648.18*	*63648.18*	*116343.51*	*-52695.33*
34+600.000	*92.36*	*2206.25*	*2206.25*	*0*	*0*	*65854.43*	*65854.43*	*116343.51*	*-50489.08*
34+650.000	*128.89*	*3070.85*	*3070.85*	*0*	*0*	*71539.76*	*71539.76*	*116343.51*	*-44803.75*
34+675.000	*247.48*	*4752.31*	*4752.31*	*0*	*0*	*76292.07*	*76292.07*	*116343.51*	*-40051.44*
34+700.000	*206.61*	*5712.11*	*5712.11*	*0*	*0*	*82004.18*	*82004.18*	*116343.51*	*-34339.33*

34+725.000	*212.78*	*5242.4*	*5242.4*	*0*	*0*	*87246.58*	*87246.58*	*116343.51*	*-29096.93*
34+750.000	*226.57*	*5491.86*	*5491.86*	*0*	*0*	*92738.44*	*92738.44*	*116343.51*	*-23605.07*
34+775.000	*209.97*	*5456.71*	*5456.71*	*0*	*0*	*98195.15*	*98195.15*	*116343.51*	*-18148.36*
34+800.000	*198.56*	*5106.58*	*5106.58*	*0*	*0*	*103301.7*	*103301.73*	*116343.51*	*-13041.78*
34+825.000	*272.53*	*5888.64*	*5888.64*	*0*	*0*	*109190.4*	*109190.37*	*116343.51*	*-7153.14*
34+850.000	*428.61*	*8764.23*	*8764.23*	*0*	*0*	*117954.6*	*117954.6*	*116343.51*	*1611.09*
34+875.000	*283.42*	*8900.31*	*8900.31*	*0*	*0*	*126854.9*	*126854.91*	*116343.51*	*10511.4*
34+900.000	*195.09*	*5981.39*	*5981.39*	*0*	*0*	*132836.3*	*132836.3*	*116343.51*	*16492.79*
34+925.000	*145.83*	*4261.57*	*4261.57*	*1.75*	*21.84*	*137097.9*	*137097.87*	*116365.35*	*20732.52*
34+950.000	*102*	*3097.91*	*3097.91*	*25.51*	*340.66*	*140195.8*	*140195.78*	*116706.01*	*23489.76*
34+975.000	*0.74*	*1284.22*	*1284.22*	*87.84*	*1416.8*	*141480*	*141480*	*118122.8*	*23357.19*
35+000.000	*0*	*9.24*	*9.24*	*133.76*	*2770*	*141489.2*	*141489.23*	*120892.76*	*20596.48*
35+025.000	*0*	*0*	*0*	*140.43*	*3427.4*	*141489.2*	*141489.23*	*124320.14*	*17169.1*
35+050.000	*0*	*0*	*0*	*148.84*	*3615.9*	*141489.2*	*141489.23*	*127936.01*	*13553.23*
35+075.000	*10.29*	*128.61*	*128.61*	*49.76*	*2482.4*	*141617.9*	*141617.85*	*130418.45*	*11199.4*
35+100.000	*133.13*	*1792.72*	*1792.72*	*0*	*621.98*	*143410.6*	*143410.57*	*131040.42*	*12370.14*
35+125.000	*193.12*	*4078.16*	*4078.16*	*0*	*0.01*	*147488.7*	*147488.73*	*131040.43*	*16448.3*
35+150.000	*239.6*	*5409.04*	*5409.04*	*0*	*0*	*152897.8*	*152897.77*	*131040.43*	*21857.34*
35+175.000	*285.19*	*6559.86*	*6559.86*	*0*	*0*	*159457.6*	*159457.63*	*131040.43*	*28417.2*
35+200.000	*350.88*	*7950.89*	*7950.89*	*0*	*0*	*167408.5*	*167408.53*	*131040.43*	*36368.1*
35+225.000	*310.63*	*8268.87*	*8268.87*	*0*	*0*	*175677.4*	*175677.4*	*131040.43*	*44636.97*
35+250.000	*224.99*	*6695.18*	*6695.18*	*0*	*0*	*182372.6*	*182372.58*	*131040.43*	*51332.15*
35+275.000	*77.27*	*3778.27*	*3778.27*	*1.38*	*17.25*	*186150.9*	*186150.85*	*131057.68*	*55093.17*

35+300.000	*5.09*	*1029.5*	*1029.5*	*46.67*	*600.63*	*187180.4*	*187180.35*	*131658.31*	*55522.05*
35+325.000	*0*	*63.57*	*63.57*	*161.38*	*2600.6*	*187243.9*	*187243.93*	*134258.92*	*52985.01*
35+350.000	*0*	*0*	*0*	*305.14*	*5831.5*	*187243.9*	*187243.93*	*140090.41*	*47153.51*
35+375.000	*0*	*0*	*0*	*176.43*	*6019.6*	*187243.9*	*187243.93*	*146110.02*	*41133.91*
35+400.000	*27.79*	*347.39*	*347.39*	*85.37*	*3272.5*	*187591.3*	*187591.32*	*149382.49*	*38208.82*
35+425.000	*162.17*	*2374.51*	*2374.51*	*2.61*	*1099.8*	*189965.8*	*189965.83*	*150482.29*	*39483.54*
35+450.000	*348.66*	*6385.35*	*6385.35*	*0*	*32.65*	*196351.2*	*196351.17*	*150514.93*	*45836.24*
35+475.000	*298.68*	*8091.74*	*8091.74*	*2.63*	*32.91*	*204442.9*	*204442.91*	*150547.84*	*53895.07*
35+500.000	*216.79*	*6443.42*	*6443.42*	*0.56*	*39.88*	*210886.3*	*210886.33*	*150587.72*	*60298.61*
35+525.000	*51.23*	*3350.35*	*3350.35*	*49.41*	*624.64*	*214236.7*	*214236.68*	*151212.36*	*63024.32*
35+550.000	*0*	*640.43*	*640.43*	*217.96*	*3342.1*	*214877.1*	*214877.11*	*154554.47*	*60322.64*
35+575.000	*0*	*0*	*0*	*267.73*	*6071.1*	*214877.1*	*214877.11*	*160625.55*	*54251.56*
35+600.000	*0*	*0*	*0*	*353.58*	*7766.5*	*214877.1*	*214877.11*	*168392*	*46485.12*
35+625.000	*0*	*0*	*0*	*250.76*	*7554.3*	*214877.1*	*214877.11*	*175946.28*	*38930.84*
35+650.000	*5.42*	*67.75*	*67.75*	*154.44*	*5065*	*214944.9*	*214944.86*	*181011.28*	*33933.58*
35+675.000	*42.9*	*603.94*	*603.94*	*65.94*	*2754.8*	*215548.8*	*215548.8*	*183766.1*	*31782.7*
35+700.000	*123.17*	*2075.85*	*2075.85*	*11.46*	*967.56*	*217624.7*	*217624.65*	*184733.67*	*32890.98*
35+725.000	*126.5*	*3120.9*	*3120.9*	*37.84*	*616.27*	*220745.6*	*220745.55*	*185349.93*	*35395.62*
35+750.000	*88.49*	*2687.37*	*2687.37*	*76.56*	*1430*	*223432.9*	*223432.92*	*186779.97*	*36652.95*
35+775.000	*49.07*	*1719.53*	*1719.53*	*56.8*	*1667*	*225152.5*	*225152.45*	*188447.01*	*36705.44*
35+800.000	*23.01*	*901.04*	*901.04*	*94.91*	*1896.4*	*226053.5*	*226053.48*	*190343.36*	*35710.13*
35+825.000	*61.41*	*1055.27*	*1055.27*	*36.46*	*1642.1*	*227108.8*	*227108.75*	*191985.43*	*35123.32*
35+850.000	*176.93*	*2979.23*	*2979.23*	*0*	*455.73*	*230088*	*230087.99*	*192441.16*	*37646.83*

35+875.000	*386.84*	*6932.65*	*6932.65*	*0*	*0*	*237020.6*	*237020.63*	*192441.16*	*44579.47*
35+900.000	*558.18*	*11664.79*	*11664.79*	*0*	*0*	*248685.4*	*248685.43*	*192441.16*	*56244.27*
35+925.000	*440.66*	*12345.42*	*12345.42*	*0*	*0*	*261030.9*	*261030.85*	*192441.16*	*68589.69*
35+950.000	*253.04*	*8596.76*	*8596.76*	*0*	*0*	*269627.6*	*269627.61*	*192441.16*	*77186.45*
35+975.000	*2.49*	*3179.46*	*3179.46*	*53.27*	*676.28*	*272807.1*	*272807.07*	*193117.45*	*79689.63*
36+000.000	*0*	*30.27*	*30.27*	*546.68*	*7543.9*	*272837.4*	*272837.35*	*200661.32*	*72176.03*
36+025.000	*0*	*0*	*0*	*520.74*	*13343*	*272837.4*	*272837.35*	*214004.06*	*58833.29*
36+050.000	*0*	*0*	*0*	*206.83*	*9094.6*	*272837.4*	*272837.35*	*223098.68*	*49738.66*
36+075.000	*2.6*	*32.54*	*32.54*	*46.9*	*3171.6*	*272869.9*	*272869.88*	*226270.23*	*46599.65*
36+100.000	*0*	*32.54*	*32.54*	*82*	*1611.2*	*272902.4*	*272902.42*	*227881.45*	*45020.98*
36+125.000	*0*	*0*	*0*	*109.97*	*2399.6*	*272902.4*	*272902.42*	*230281.05*	*42621.37*
36+150.000	*0*	*0*	*0*	*99.55*	*2619*	*272902.4*	*272902.42*	*232900.02*	*40002.4*
36+175.000	*0.01*	*0.11*	*0.11*	*79.6*	*2239.4*	*272902.5*	*272902.53*	*235139.39*	*37763.14*
36+200.000	*0*	*0.11*	*0.11*	*94.82*	*2180.2*	*272902.7*	*272902.65*	*237319.61*	*35583.04*
36+225.000	*0*	*0*	*0*	*107.63*	*2530.6*	*272902.7*	*272902.65*	*239850.23*	*33052.42*
36+250.000	*0.69*	*8.68*	*8.68*	*124.48*	*2901.5*	*272911.3*	*272911.33*	*242751.68*	*30159.65*
36+275.000	*24.23*	*311.55*	*311.55*	*155.23*	*3496.4*	*273222.9*	*273222.88*	*246248.06*	*26974.82*
36+300.000	*56.4*	*1007.9*	*1007.9*	*97.94*	*3164.6*	*274230.8*	*274230.78*	*249412.68*	*24818.1*
36+325.000	*65.14*	*1519.27*	*1519.27*	*69.53*	*2093.4*	*275750.1*	*275750.05*	*251506.05*	*24244*
36+350.000	*59.07*	*1552.61*	*1552.61*	*120.3*	*2372.8*	*277302.7*	*277302.65*	*253878.88*	*23423.77*
36+375.000	*24.07*	*1039.28*	*1039.28*	*208.7*	*4112.5*	*278341.9*	*278341.94*	*257991.4*	*20350.54*
36+400.000	*8.14*	*402.68*	*402.68*	*381.37*	*7375.9*	*278744.6*	*278744.62*	*265367.29*	*13377.33*
36+425.000	*20.5*	*358.02*	*358.02*	*558.28*	*11746*	*279102.6*	*279102.64*	*277112.98*	*1989.65*

36+450.000	*18.92*	*492.68*	*492.68*	*552.11*	*13880*	*279595.3*	*279595.32*	*290992.97*	*-11397.65*
36+475.000	*55.31*	*927.83*	*927.83*	*328.89*	*11013*	*280523.2*	*280523.15*	*302005.58*	*-21482.43*
36+500.000	*47.09*	*1280.05*	*1280.05*	*254.9*	*7297.4*	*281803.2*	*281803.2*	*309302.96*	*-27499.76*
36+525.000	*6.11*	*664.99*	*664.99*	*327.21*	*7276.4*	*282468.2*	*282468.2*	*316579.34*	*-34111.15*
36+550.000	*0*	*76.33*	*76.33*	*382.09*	*8866.4*	*282544.5*	*282544.53*	*325445.71*	*-42901.18*
36+575.000	*0*	*0*	*0*	*169.95*	*6900.6*	*282544.5*	*282544.53*	*332346.32*	*-49801.79*
36+600.000	*251.47*	*3143.41*	*3143.41*	*0*	*2124.4*	*285687.9*	*285687.94*	*334470.75*	*-48782.82*
36+625.000	*642.81*	*11178.54*	*11178.54*	*0*	*0*	*296866.5*	*296866.47*	*334470.75*	*-37604.28*
36+650.000	*703.39*	*16827.48*	*16827.48*	*0*	*0*	*313694*	*313693.95*	*334470.75*	*-20776.8*
36+675.000	*670.85*	*17178.01*	*17178.01*	*0*	*0*	*330872*	*330871.96*	*334470.75*	*-3598.79*
36+700.000	*507.77*	*14732.8*	*14732.8*	*0*	*0*	*345604.8*	*345604.76*	*334470.75*	*11134.01*
36+725.000	*335.74*	*10543.92*	*10543.92*	*0.58*	*7.21*	*356148.7*	*356148.69*	*334477.96*	*21670.72*
36+750.000	*164.47*	*6252.64*	*6252.64*	*64.01*	*807.38*	*362401.3*	*362401.33*	*335285.35*	*27115.98*
36+775.000	*47.71*	*2652.26*	*2652.26*	*108.59*	*2157.6*	*365053.6*	*365053.59*	*337442.93*	*27610.66*
36+800.000	*13.2*	*761.39*	*761.39*	*86.63*	*2440.3*	*365815*	*365814.98*	*339883.18*	*25931.8*
36+825.000	*0.34*	*169.25*	*169.25*	*80.14*	*2084.6*	*365984.2*	*365984.23*	*341967.76*	*24016.46*
36+850.000	*0*	*4.27*	*4.27*	*98.7*	*2235.5*	*365988.5*	*365988.5*	*344203.3*	*21785.19*
36+875.000	*0*	*0*	*0*	*119.45*	*2727*	*365988.5*	*365988.5*	*346930.25*	*19058.24*
36+900.000	*0*	*0*	*0*	*152.58*	*3400.4*	*365988.5*	*365988.5*	*350330.66*	*15657.84*
36+925.000	*0*	*0*	*0*	*192.13*	*4308.9*	*365988.5*	*365988.5*	*354639.54*	*11348.96*
36+950.000	*0*	*0*	*0*	*193.94*	*4825.9*	*365988.5*	*365988.5*	*359465.45*	*6523.04*
36+975.000	*0*	*0*	*0*	*213.41*	*5091.9*	*365988.5*	*365988.5*	*364557.39*	*1431.11*
37+000.000	*0*	*0*	*0*	*271.96*	*6067.2*	*365988.5*	*365988.5*	*370624.57*	*-4636.07*

37+025.000	*0*	*0*	*0*	*365.98*	*7974.3*	*365988.5*	*365988.5*	*378598.84*	*-12610.34*
37+050.000	*0*	*0*	*0*	*454.3*	*10254*	*365988.5*	*365988.5*	*388852.35*	*-22863.85*
37+075.000	*0*	*0*	*0*	*427.47*	*11022*	*365988.5*	*365988.5*	*399874.55*	*-33886.05*
37+100.000	*0*	*0*	*0*	*376.01*	*10044*	*365988.5*	*365988.5*	*409918.13*	*-43929.64*
37+125.000	*0*	*0*	*0*	*346.14*	*9026.9*	*365988.5*	*365988.5*	*418945.07*	*-52956.57*
37+150.000	*0*	*0*	*0*	*328.59*	*8434.1*	*365988.5*	*365988.5*	*427379.18*	*-61390.69*
37+175.000	*0*	*0*	*0*	*321.89*	*8130.9*	*365988.5*	*365988.5*	*435510.09*	*-69521.59*
37+200.000	*0*	*0*	*0*	*387.41*	*8866.2*	*365988.5*	*365988.5*	*444376.32*	*-78387.83*
37+225.000	*0*	*0*	*0*	*616.6*	*12550*	*365988.5*	*365988.5*	*456926.46*	*-90937.97*
37+250.000	*0*	*0*	*0*	*722.06*	*16573*	*365988.5*	*365988.5*	*473499.87*	*-107511.37*
37+275.000	*0*	*0*	*0*	*766.41*	*18343*	*365988.5*	*365988.5*	*491842.73*	*-125854.23*
37+300.000	*0*	*0*	*0*	*834.06*	*19696*	*365988.5*	*365988.5*	*511538.55*	*-145550.06*
37+325.000	*0*	*0*	*0*	*516.94*	*16642*	*365988.5*	*365988.5*	*528180.91*	*-162192.42*
37+350.000	*6.71*	*86.29*	*86.29*	*162.4*	*8363.4*	*366074.8*	*366074.79*	*536544.32*	*-170469.53*
37+375.000	*193.89*	*2587.76*	*2587.76*	*25.16*	*2295.7*	*368662.5*	*368662.54*	*538839.98*	*-170177.43*
37+400.000	*408.69*	*7770.19*	*7770.19*	*1.5*	*324.86*	*376432.7*	*376432.74*	*539164.84*	*-162732.1*
37+425.000	*611.01*	*13156.21*	*13156.21*	*0*	*18.16*	*389589*	*389588.95*	*539183*	*-149594.05*
37+450.000	*803.48*	*18257.71*	*18257.71*	*0*	*0*	*407846.7*	*407846.66*	*539183*	*-131336.34*
37+475.000	*811.93*	*20818.46*	*20818.46*	*0*	*0*	*428665.1*	*428665.12*	*539183*	*-110517.88*
37+500.000	*630.57*	*18508.05*	*18508.05*	*0*	*0*	*447173.2*	*447173.17*	*539183*	*-92009.83*
37+525.000	*470.09*	*13758.14*	*13758.14*	*0*	*0*	*460931.3*	*460931.31*	*539183*	*-78251.69*
37+550.000	*369.02*	*10488.76*	*10488.76*	*0*	*0*	*471420.1*	*471420.07*	*539183*	*-67762.93*
37+575.000	*324.04*	*8663.2*	*8663.2*	*0*	*0*	*480083.3*	*480083.27*	*539183*	*-59099.73*

37+600.000	*291.55*	*7694.86*	*7694.86*	*0*	*0*	*487778.1*	*487778.13*	*539183*	*-51404.87*
37+625.000	*287.8*	*7241.88*	*7241.88*	*0*	*0*	*495020*	*495020.01*	*539183*	*-44162.99*
37+650.000	*330.02*	*7722.77*	*7722.77*	*0*	*0*	*502742.8*	*502742.78*	*539183*	*-36440.22*
37+675.000	*287.34*	*7717.03*	*7717.03*	*0*	*0*	*510459.8*	*510459.81*	*539183*	*-28723.19*
37+700.000	*236.61*	*6549.36*	*6549.36*	*0*	*0*	*517009.2*	*517009.17*	*539183*	*-22173.83*
37+725.000	*251.13*	*6096.71*	*6096.71*	*0*	*0*	*523105.9*	*523105.89*	*539183*	*-16077.11*
37+750.000	*275.37*	*6581.24*	*6581.24*	*1.34*	*16.74*	*529687.1*	*529687.12*	*539199.74*	*-9512.62*
37+775.000	*56.93*	*4153.69*	*4153.69*	*132.57*	*1673.8*	*533840.8*	*533840.81*	*540873.57*	*-7032.76*
37+800.000	*0*	*711.59*	*711.59*	*471.43*	*7550*	*534552.4*	*534552.41*	*548423.56*	*-13871.16*
37+825.000	*1.99*	*24.92*	*24.92*	*392.42*	*10798*	*534577.3*	*534577.33*	*559221.68*	*-24644.34*
37+850.000	*0*	*26.88*	*26.88*	*415.13*	*10248*	*534604.2*	*534604.22*	*569469.91*	*-34865.69*
37+875.000	*0*	*0*	*0*	*425.3*	*10740*	*534604.2*	*534604.22*	*580209.54*	*-45605.32*
37+900.000	*0*	*0*	*0*	*465.44*	*11413*	*534604.2*	*534604.22*	*591622.37*	*-57018.15*
37+925.000	*0*	*0*	*0*	*418.21*	*11330*	*534604.2*	*534604.22*	*602952.25*	*-68348.03*
37+950.000	*0*	*0*	*0*	*327.66*	*9590.5*	*534604.2*	*534604.22*	*612542.78*	*-77938.56*
37+975.000	*0*	*0*	*0*	*224.76*	*7136.8*	*534604.2*	*534604.22*	*619679.57*	*-85075.36*
38+000.000	*9.19*	*111.42*	*111.42*	*171.31*	*5116.6*	*534715.6*	*534715.64*	*624796.2*	*-90080.57*
38+025.000	*17.54*	*323.98*	*323.98*	*182.88*	*4537*	*535039.6*	*535039.62*	*629333.16*	*-94293.55*
38+050.000	*0*	*212.56*	*212.56*	*240*	*5371*	*535252.2*	*535252.17*	*634704.11*	*-99451.94*
38+075.000	*0*	*0*	*0*	*325.44*	*7173.6*	*535252.2*	*535252.17*	*641877.69*	*-106625.52*
38+100.000	*1.34*	*16.29*	*16.29*	*312.69*	*8139.7*	*535268.5*	*535268.47*	*650017.38*	*-114748.91*
38+125.000	*30.58*	*388.25*	*388.25*	*78.01*	*5008.3*	*535656.7*	*535656.71*	*655025.65*	*-119368.94*
38+150.000	*126.15*	*1939.36*	*1939.36*	*8.34*	*1111.7*	*537596.1*	*537596.07*	*656137.31*	*-118541.25*

38+175.000	*157.58*	*3528.65*	*3528.65*	*8.83*	*230.37*	*541124.7*	*541124.72*	*656367.69*	*-115242.97*
38+200.000	*174.41*	*4120.79*	*4120.79*	*55.28*	*853.88*	*545245.5*	*545245.51*	*657221.57*	*-111976.06*
38+225.000	*234.72*	*5038.94*	*5038.94*	*47.06*	*1364.6*	*550284.5*	*550284.45*	*658586.19*	*-108301.74*
38+250.000	*310.4*	*6642.84*	*6642.84*	*24.6*	*957.33*	*556927.3*	*556927.28*	*659543.52*	*-102616.24*
38+275.000	*456.45*	*9286.4*	*9286.4*	*49.82*	*973.76*	*566213.7*	*566213.69*	*660517.28*	*-94303.59*
38+300.000	*612.58*	*12951.62*	*12951.62*	*4.53*	*703.88*	*579165.3*	*579165.31*	*661221.16*	*-82055.85*
38+325.000	*652.77*	*15381.05*	*15381.05*	*0*	*58.31*	*594546.4*	*594546.36*	*661279.47*	*-66733.11*
38+350.000	*597.48*	*15255.68*	*15255.68*	*0*	*0*	*609802*	*609802.04*	*661279.47*	*-51477.43*
38+375.000	*449.14*	*12795.24*	*12795.24*	*0*	*0*	*622597.3*	*622597.28*	*661279.47*	*-38682.19*
38+400.000	*257.7*	*8653.88*	*8653.88*	*0.7*	*8.96*	*631251.2*	*631251.16*	*661288.43*	*-30037.27*
38+425.000	*106.76*	*4469.19*	*4469.19*	*7.05*	*99.29*	*635720.4*	*635720.35*	*661387.73*	*-25667.37*
38+450.000	*42.15*	*1822.91*	*1822.91*	*30.18*	*475.9*	*637543.3*	*637543.27*	*661863.63*	*-24320.36*
38+475.000	*43.75*	*1050.02*	*1050.02*	*54.47*	*1081.3*	*638593.3*	*638593.29*	*662944.9*	*-24351.61*
38+500.000	*60.32*	*1271.87*	*1271.87*	*57.65*	*1433.6*	*639865.2*	*639865.16*	*664378.54*	*-24513.37*
38+525.000	*78.86*	*1700.18*	*1700.18*	*65.66*	*1579*	*641565.4*	*641565.35*	*665957.58*	*-24392.23*
38+550.000	*101.56*	*2202.34*	*2202.34*	*58.11*	*1586.5*	*643767.7*	*643767.69*	*667544.07*	*-23776.38*
38+575.000	*134.01*	*2877.55*	*2877.55*	*25.27*	*1069.1*	*646645.2*	*646645.23*	*668613.2*	*-21967.97*
38+600.000	*151.3*	*3490.09*	*3490.09*	*3.77*	*372.05*	*650135.3*	*650135.32*	*668985.25*	*-18849.92*
38+625.000	*168*	*3907.51*	*3907.51*	*8.46*	*156.66*	*654042.8*	*654042.83*	*669141.91*	*-15099.08*
38+650.000	*220.47*	*4803.71*	*4803.71*	*7.09*	*196.76*	*658846.5*	*658846.54*	*669338.67*	*-10492.13*
38+675.000	*248.05*	*5856.48*	*5856.48*	*17.22*	*303.82*	*664703*	*664703.02*	*669642.49*	*-4939.47*
38+700.000	*184.09*	*5401.69*	*5401.69*	*49.34*	*831.94*	*670104.7*	*670104.71*	*670474.43*	*-369.72*
38+725.000	*161.12*	*4315.04*	*4315.04*	*106.33*	*1945.8*	*674419.8*	*674419.75*	*672420.22*	*1999.52*

38+750.000	*141.6*	*3783.97*	*3783.97*	*130.8*	*2964.1*	*678203.7*	*678203.72*	*675384.31*	*2819.4*
38+775.000	*180.58*	*4027.25*	*4027.25*	*154.16*	*3562.1*	*682231*	*682230.97*	*678946.36*	*3284.61*
38+800.000	*86.92*	*3343.79*	*3343.79*	*319.32*	*5918.5*	*685574.8*	*685574.77*	*684864.87*	*709.89*
38+825.000	*26.9*	*1422.85*	*1422.85*	*288.3*	*7595.2*	*686997.6*	*686997.62*	*692460.11*	*-5462.49*
38+850.000	*107.59*	*1681.17*	*1681.17*	*152.51*	*5510.2*	*688678.8*	*688678.79*	*697970.31*	*-9291.52*
38+875.000	*107.77*	*2692*	*2692*	*58.46*	*2637.1*	*691370.8*	*691370.79*	*700607.45*	*-9236.66*
38+900.000	*36.25*	*1800.3*	*1800.3*	*298.56*	*4462.7*	*693171.1*	*693171.09*	*705070.16*	*-11899.07*
38+925.000	*0*	*453.17*	*453.17*	*856.3*	*14436*	*693624.3*	*693624.26*	*719505.85*	*-25881.6*
38+950.000	*0*	*0*	*0*	*1147.3*	*25045*	*693624.3*	*693624.26*	*744550.98*	*-50926.72*
38+975.000	*0*	*0*	*0*	*1029.8*	*27214*	*693624.3*	*693624.26*	*771765.37*	*-78141.12*
39+000.000	*0*	*0*	*0*	*261.59*	*16143*	*693624.3*	*693624.26*	*787908.3*	*-94284.04*
39+025.000	*94.34*	*1179.21*	*1179.21*	*0*	*3269.9*	*694803.5*	*694803.47*	*791178.24*	*-96374.77*
39+050.000	*587.69*	*8525.38*	*8525.38*	*0*	*0*	*703328.8*	*703328.84*	*791178.24*	*-87849.39*
39+075.000	*803.88*	*17782.87*	*17782.87*	*0*	*0*	*721111.7*	*721111.71*	*791178.24*	*-70066.53*
39+100.000	*931.79*	*22264.65*	*22264.65*	*0*	*0*	*743376.4*	*743376.36*	*791178.24*	*-47801.88*
39+125.000	*919.89*	*23818.58*	*23818.58*	*0*	*0*	*767194.9*	*767194.94*	*791178.24*	*-23983.29*
39+150.000	*672.25*	*20476.43*	*20476.43*	*0*	*0*	*787671.4*	*787671.38*	*791178.24*	*-3506.86*
39+175.000	*328.78*	*12850.14*	*12850.14*	*12.64*	*153.19*	*800521.5*	*800521.52*	*791331.42*	*9190.1*
39+200.000	*118.58*	*5735.59*	*5735.59*	*80.45*	*1126.2*	*806257.1*	*806257.11*	*792457.66*	*13799.45*
39+225.000	*5.62*	*1588.34*	*1588.34*	*140.89*	*2696.6*	*807845.5*	*807845.45*	*795154.24*	*12691.21*
39+250.000	*0*	*72.23*	*72.23*	*217.64*	*4398.9*	*807917.7*	*807917.68*	*799553.1*	*8364.58*
39+275.000	*0*	*0*	*0*	*201.16*	*5153.8*	*807917.7*	*807917.68*	*804706.94*	*3210.74*
39+300.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*2478.5*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*

39+325.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
39+350.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
39+375.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
39+400.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
39+425.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
39+450.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
39+475.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
39+500.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
39+525.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
39+550.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
39+575.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
39+600.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
39+625.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
39+650.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
39+675.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
39+700.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
39+725.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
39+750.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
39+775.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
39+800.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
39+825.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
39+850.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
39+875.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*

39+900.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
39+925.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
39+950.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
39+975.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
40+000.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
40+025.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
40+050.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
40+075.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*807917.7*	*807917.68*	*807185.46*	*732.22*
40+100.000	*0*	*0*	*0*	*230.27*	*2900.7*	*807917.7*	*807917.68*	*810086.15*	*-2168.47*
40+125.000	*975.82*	*11593.96*	*11593.96*	*0*	*2900.7*	*819511.6*	*819511.64*	*812986.84*	*6524.8*
40+150.000	*0*	*11593.96*	*11593.96*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+175.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+200.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+225.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+250.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+275.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+300.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+325.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+350.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+375.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+400.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+425.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+450.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+475.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*

40+500.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+525.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+550.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+575.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+600.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+625.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+650.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+675.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+700.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+725.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+750.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+775.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+800.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+825.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+850.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+875.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+900.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+925.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+950.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
40+975.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+000.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+025.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+050.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+075.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+100.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*

41+125.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+150.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+175.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+200.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+225.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+250.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+275.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+300.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+325.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+350.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+375.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+400.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+425.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+450.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+475.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+500.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+525.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+550.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+575.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+600.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+625.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+650.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+675.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+700.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*
41+725.000	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*831105.6*	*831105.6*	*812986.84*	*18118.76*

41+750.000	*903.37*	*11292.14*	*11292.14*	*0*	*0*	*842397.7*	*842397.73*	*812986.84*	*29410.89*
41+775.000	*460.58*	*17049.37*	*17049.37*	*0*	*0*	*859447.1*	*859447.1*	*812986.84*	*46460.26*
41+800.000	*100.32*	*7011.29*	*7011.29*	*24.28*	*303.46*	*866458.4*	*866458.39*	*813290.3*	*53168.09*
41+825.000	*13.17*	*1418.64*	*1418.64*	*174.31*	*2482.3*	*867877*	*867877.03*	*815772.57*	*52104.46*
41+850.000	*0*	*164.59*	*164.59*	*375.6*	*6873.8*	*868041.6*	*868041.62*	*822646.34*	*45395.28*
41+875.000	*0*	*0*	*0*	*474.2*	*10622*	*868041.6*	*868041.62*	*833268.82*	*34772.8*
41+900.000	*0*	*0*	*0*	*709.88*	*14801*	*868041.6*	*868041.62*	*848069.88*	*19971.74*
41+925.000	*0*	*0*	*0*	*946.97*	*20711*	*868041.6*	*868041.62*	*868780.49*	*-738.87*
41+950.000	*0*	*0*	*0*	*1111.5*	*25730*	*868041.6*	*868041.62*	*894510.98*	*-26469.36*
41+975.000	*0*	*0*	*0*	*1095*	*27649*	*868041.6*	*868041.62*	*922159.92*	*-54118.3*
42+000.000	*0*	*0*	*0*	*986.12*	*26067*	*868041.6*	*868041.62*	*948227.41*	*-80185.79*
42+025.000	*0*	*0*	*0*	*881.79*	*23420*	*868041.6*	*868041.62*	*971647.22*	*-103605.6*
42+050.000	*0*	*0*	*0*	*817.53*	*21335*	*868041.6*	*868041.62*	*992982.15*	*-124940.53*
42+075.000	*0*	*0*	*0*	*777.1*	*20037*	*868041.6*	*868041.62*	*1013018.77*	*-144977.15*
42+100.000	*0*	*0*	*0*	*730.97*	*18950*	*868041.6*	*868041.62*	*1031968.91*	*-163927.29*
42+125.000	*0*	*0*	*0*	*680.48*	*17733*	*868041.6*	*868041.62*	*1049701.53*	*-181659.91*
42+150.000	*0*	*0*	*0*	*629.58*	*16455*	*868041.6*	*868041.62*	*1066156.32*	*-198114.7*
42+175.000	*0*	*0*	*0*	*580.88*	*15202*	*868041.6*	*868041.62*	*1081358.42*	*-213316.8*
42+200.000	*0*	*0*	*0*	*533.86*	*13996*	*868041.6*	*868041.62*	*1095354.72*	*-227313.1*
42+225.000	*0*	*0*	*0*	*502.97*	*13009*	*868041.6*	*868041.62*	*1108363.5*	*-240321.88*
42+250.000	*0*	*0*	*0*	*487.02*	*12415*	*868041.6*	*868041.62*	*1120778.48*	*-252736.86*
42+275.000	*0*	*0*	*0*	*460.62*	*11887*	*868041.6*	*868041.62*	*1132665.26*	*-264623.64*
42+300.000	*0*	*0*	*0*	*421.03*	*11063*	*868041.6*	*868041.62*	*1143728.03*	*-275686.41*

42+325.000	*0*	*0*	*0*	*384.1*	*10102*	*868041.62*	*868041.62*	*1153829.9*	*-285788.28*
42+350.000	*0*	*0*	*0*	*356.62*	*9294.1*	*868041.62*	*868041.62*	*1163123.97*	*-295082.35*
42+375.000	*0*	*0*	*0*	*325.85*	*8562*	*868041.62*	*868041.62*	*1171685.97*	*-303644.35*
42+400.000	*0*	*0*	*0*	*295.22*	*7763.4*	*868041.62*	*868041.62*	*1179449.41*	*-311407.79*
42+425.000	*0*	*0*	*0*	*268.99*	*7052.6*	*868041.62*	*868041.62*	*1186502.06*	*-318460.44*
42+450.000	*0*	*0*	*0*	*259.22*	*6602.5*	*868041.62*	*868041.62*	*1193104.59*	*-325062.97*
42+475.000	*0*	*0*	*0*	*248.36*	*6344.7*	*868041.62*	*868041.62*	*1199449.26*	*-331407.64*
42+500.000	*0*	*0*	*0*	*233.83*	*6027.3*	*868041.62*	*868041.62*	*1205476.57*	*-337434.95*
42+525.000	*0*	*0*	*0*	*217.7*	*5644.1*	*868041.62*	*868041.62*	*1211120.66*	*-343079.04*
42+550.000	*0*	*0*	*0*	*191.33*	*5113*	*868041.62*	*868041.62*	*1216233.62*	*-348192*
42+575.000	*0*	*0*	*0*	*167.75*	*4488.5*	*868041.62*	*868041.62*	*1220722.14*	*-352680.52*
42+600.000	*0*	*0*	*0*	*148.74*	*3956*	*868041.62*	*868041.62*	*1224678.18*	*-356636.56*
42+625.000	*0*	*0*	*0*	*133.44*	*3527.2*	*868041.62*	*868041.62*	*1228205.35*	*-360163.73*
42+650.000	*0*	*0*	*0*	*135.48*	*3361.5*	*868041.62*	*868041.62*	*1231566.88*	*-363525.26*
42+675.000	*0*	*0*	*0*	*150.09*	*3569.7*	*868041.62*	*868041.62*	*1235136.59*	*-367094.97*
42+700.000	*0*	*0*	*0*	*146.14*	*3702.9*	*868041.62*	*868041.62*	*1238839.49*	*-370797.87*
42+725.000	*0*	*0*	*0*	*141.88*	*3600.2*	*868041.62*	*868041.62*	*1242439.67*	*-374398.05*
42+750.000	*0*	*0*	*0*	*172.99*	*3935.9*	*868041.62*	*868041.62*	*1246375.53*	*-378333.91*
42+775.000	*0*	*0*	*0*	*203.74*	*4709.1*	*868041.62*	*868041.62*	*1251084.66*	*-383043.04*
42+800.000	*0*	*0*	*0*	*201.9*	*5070.5*	*868041.62*	*868041.62*	*1256155.15*	*-388113.53*
42+825.000	*0*	*0*	*0*	*189.44*	*4891.7*	*868041.62*	*868041.62*	*1261046.88*	*-393005.26*
42+850.000	*0*	*0*	*0*	*177.22*	*4583.2*	*868041.62*	*868041.62*	*1265630.09*	*-397588.47*
42+875.000	*0*	*0*	*0*	*166.14*	*4292*	*868041.62*	*868041.62*	*1269922.09*	*-401880.47*

42+900.000	*0*	*0*	*0*	*196.86*	*4537.4*	*868041.62*	*868041.62*	*1274459.52*	*-406417.9*
42+925.000	*0*	*0*	*0*	*255.47*	*5654.1*	*868041.62*	*868041.62*	*1280113.57*	*-412071.95*
42+950.000	*0*	*0*	*0*	*257.26*	*6409.2*	*868041.62*	*868041.62*	*1286522.72*	*-418481.1*
42+975.000	*0*	*0*	*0*	*210.77*	*5850.4*	*868041.62*	*868041.62*	*1292373.13*	*-424331.52*
43+000.000	*0*	*0*	*0*	*189.11*	*4998.5*	*868041.62*	*868041.62*	*1297371.61*	*-429329.99*
43+025.000	*0*	*0*	*0*	*193.71*	*4785.3*	*868041.62*	*868041.62*	*1302156.85*	*-434115.23*
43+050.000	*0*	*0*	*0*	*182.14*	*4683.5*	*868041.62*	*868041.62*	*1306840.37*	*-438798.75*
43+075.000	*0*	*0*	*0*	*148.39*	*4113.9*	*868041.62*	*868041.62*	*1310954.21*	*-442912.59*
43+100.000	*0*	*0*	*0*	*111.45*	*3226.3*	*868041.62*	*868041.62*	*1314180.5*	*-446138.89*
43+125.000	*0*	*0*	*0*	*92.81*	*2531.3*	*868041.62*	*868041.62*	*1316711.76*	*-448670.14*
43+150.000	*0*	*0*	*0*	*78.77*	*2126.4*	*868041.62*	*868041.62*	*1318838.18*	*-450796.56*
43+175.000	*0*	*0*	*0*	*81.34*	*1983.9*	*868041.62*	*868041.62*	*1320822.09*	*-452780.47*
43+200.000	*10.45*	*133.83*	*133.83*	*79.91*	*1994.2*	*868175.5*	*868175.45*	*1322816.32*	*-454640.88*
43+225.000	*96.66*	*1369.81*	*1369.81*	*71.78*	*1866.6*	*869545.3*	*869545.26*	*1324682.88*	*-455137.62*
43+250.000	*143.6*	*3074.11*	*3074.11*	*81.26*	*1873.1*	*872619.4*	*872619.37*	*1326555.93*	*-453936.56*
43+275.000	*65.83*	*2679.4*	*2679.4*	*116.68*	*2423.1*	*875298.8*	*875298.78*	*1328979.03*	*-453680.25*
43+300.000	*12.33*	*977.02*	*977.02*	*209.02*	*4071.3*	*876275.8*	*876275.79*	*1333050.28*	*-456774.49*
43+325.000	*0.53*	*160.75*	*160.75*	*249.31*	*5729*	*876436.5*	*876436.54*	*1338779.31*	*-462342.77*
43+350.000	*51.76*	*653.54*	*653.54*	*130.61*	*4749*	*877090.1*	*877090.09*	*1343528.28*	*-466438.19*
43+375.000	*183.6*	*2941.97*	*2941.97*	*80.86*	*2643.4*	*880032.1*	*880032.06*	*1346171.69*	*-466139.64*
43+400.000	*592.78*	*9704.74*	*9704.74*	*26.31*	*1339.6*	*889736.8*	*889736.79*	*1347511.31*	*-457774.52*
43+425.000	*985*	*19722.19*	*19722.19*	*0*	*328.82*	*909459*	*909458.98*	*1347840.14*	*-438381.15*
43+450.000	*762.33*	*21841.63*	*21841.63*	*35.47*	*443.32*	*931300.6*	*931300.62*	*1348283.45*	*-416982.84*

43+475.000	*496.19*	*15731.58*	*15731.58*	*88.16*	*1545.3*	*947032.2*	*947032.19*	*1349828.75*	*-402796.56*
43+500.000	*270.78*	*9587.21*	*9587.21*	*143.9*	*2900.7*	*956619.4*	*956619.4*	*1352729.47*	*-396110.07*
43+525.000	*144.34*	*5189.1*	*5189.1*	*167.8*	*3896.2*	*961808.5*	*961808.5*	*1356625.67*	*-394817.16*
43+550.000	*83.91*	*2853.24*	*2853.24*	*142.87*	*3883.4*	*964661.7*	*964661.74*	*1360509.04*	*-395847.3*
43+575.000	*0.21*	*1051.56*	*1051.56*	*138.14*	*3512.7*	*965713.3*	*965713.3*	*1364021.71*	*-398308.41*
43+600.000	*0*	*2.63*	*2.63*	*181.81*	*3999.4*	*965715.9*	*965715.93*	*1368021.14*	*-402305.21*
43+625.000	*2.59*	*32.32*	*32.32*	*162.01*	*4297.8*	*965748.3*	*965748.25*	*1372318.91*	*-406570.66*
43+650.000	*17.62*	*252.55*	*252.55*	*172.4*	*4180.1*	*966000.8*	*966000.8*	*1376499.02*	*-410498.22*
43+675.000	*21.44*	*488.2*	*488.2*	*197.54*	*4624.2*	*966489*	*966489*	*1381123.22*	*-414634.22*
43+700.000	*0.15*	*269.84*	*269.84*	*214.56*	*5151.2*	*966758.8*	*966758.84*	*1386274.41*	*-419515.57*
43+725.000	*0*	*1.87*	*1.87*	*276.1*	*6133.2*	*966760.7*	*966760.71*	*1392407.65*	*-425646.94*
43+750.000	*30.09*	*376.09*	*376.09*	*315.71*	*7397.7*	*967136.8*	*967136.8*	*1399805.34*	*-432668.54*
43+775.000	*139.41*	*2118.75*	*2118.75*	*242.72*	*6980.4*	*969255.6*	*969255.55*	*1406785.76*	*-437530.21*
43+800.000	*170.31*	*3871.55*	*3871.55*	*378.89*	*7770.2*	*973127.1*	*973127.1*	*1414555.92*	*-441428.81*
43+825.000	*165.68*	*4199.88*	*4199.88*	*425.5*	*10055*	*977327*	*977326.98*	*1424610.84*	*-447283.86*
43+850.000	*170.23*	*4198.81*	*4198.81*	*268.4*	*8673.8*	*981525.8*	*981525.79*	*1433284.65*	*-451758.86*
43+875.000	*227.25*	*4968.43*	*4968.43*	*88.42*	*4460.3*	*986494.2*	*986494.22*	*1437744.95*	*-451250.73*
43+900.000	*290.51*	*6471.93*	*6471.93*	*62.94*	*1892*	*992966.2*	*992966.15*	*1439636.93*	*-446670.77*
43+925.000	*46.29*	*4210*	*4210*	*0*	*786.73*	*997176.2*	*997176.15*	*1440423.66*	*-443247.51*
43+925.318	*0*	*7.36*	*7.36*	*0*	*0*	*997183.5*	*997183.51*	*1440423.66*	*-443240.15*

Déblai totale	*997183.51*
Remblai totale	*1440423.66*

Annexe 9 : impacts environnementaux

Les impacts et leurs mesures d'atténuation Phase construction

Composantes environnementales	Sources d'impact	Description de l'impact	Nature	Importance de 'impact	Mesures d'atténuation
Qualité de l'air	Installation du chantier, travaux de terrassement, circulation d'engins et utilisation des différents outils de travail (tronçonneuse, presseuse, soudures…)	Perturbation de la circulation routière au niveau du réseau routier de la zone d'étude et risque d'accident	(-)	Forte	L'humidification conséquente des sites Couvert des camions de transport de matériaux par un bâche étanche
Paysage	Installation de base de vie et des équipements de chantier. Travaux de terrassement qui entrainent la défiguration du paysage par l'apparition des déblais et des remblais	Modification de l'aspect paysager de la zone d'étude	(-)	Moyenne	Elimination des résidus tels que fûts, bidons, détritus. Les matériaux de construction défectueux seront transportés à un entrepôt ou parc de stockage. Traitement paysager par végétalisation
Sols	Travaux de construction	Perturbation de la structure du sol, risque de pollution, érosion, changement de topographie	(-)	Moyenne	Contrôle du déchet, du drainage du site, Décapage préalable
Ressources hydriques	Travaux de construction	Mise en suspension et transport par les eaux de surface de particules fines --risque de pollution des ressources hydriques superficielles et souterraines par le déversement accidentel de produits pétroliers ou autres provenant de la machinerie	(-)	Forte	Interdire le ravitaillement et l'entretien de la machinerie près des cours d'eau Rétablissement des écoulements de surface (buse, dalot, pont)
Agriculture	Expropriation des terrains pour implantation de la route	Diminution de la superficie agricole des communes traversées par la pénétrante autoroutière reliant l'autoroute de Béjaia à l'autoroute est, pertes	(-)	Forte	Indemnisation des agriculteurs

		de récoltes, compaction du sol			
Faune	Enlèvement du couvert végétal	Perte et perturbations d'habitats fauniques	(-)	Moyenne	Mise en place de passage à faune
Milieu humain (Habitat)	Travaux de construction	Destruction des habitations (expropriation pour cause d'utilité publique)	(-)	Forte	Relogement des familles
Socio-économique	Travaux de construction	Création de l'emploi, et amélioration de l'économie locale	(+)	Forte	

Les impacts et leurs mesures d'atténuation Phase exploitation

Composantes environnementales	Sources d'impact	Description de l'impact	Nature	Importance de 'impact	Mesures d'atténuation
Paysage et aspect esthétique	Mise en service de l'autoroute	Changement de paysage et des aspects esthétiques de la zone d'étude en générale	(-)	Faible	Traitement paysager des sites de déblais, remblais et échangeurs par végétalisation Aménagement des terres Pleins centraux
Ressources hydriques	Trafic routier	Pollution des eaux par les écoulements en provenance de l'autoroute Pollution par déversements accidentels	(-)	Forte	Mise en place d'un réseau de collecte des eaux de ruissellement le long de l'autoroute Implantation des bassins de dépollution dans la zone de la vallée de la Soummam et au niveau d'oued Ammassine
Faune	Circulation des véhicule	Risques de mortalité liés aux collisions avec les véhicules	(-)	Moyenne	Mise en place d'une barrière (clôture) au niveau de la zone forestière de sidi-Aich
Milieu Socio-économique	mise en service de la pénétrante reliant le port de Bejaia à l'autoroute Est Ouest	Amélioration de la sécurité routière Désenclavement des zones traversé Développement du tourisme Ouverture d'un nouvel axe de développement	(+)	Forte	

Avec :
(-) : impact négatif (+) : Impact positif