

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
فرنسيس جانسون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics
Francis Jeanson



Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Routes et Ouvrages

Thème

Étude APD d'un tronçon de la liaison autoroutière entre Sidi bel
Abbes et L'A.E.O, saïda sur 6 Km du PK 60+000 au PK 66+000
avec un échangeur a PK 65+370

Présenté par :
BESTANI LYNDA

Encadré par :
BERRICHE YASSINE

Promotion 2025 / 2026

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciement

Dieu merci de m'avoir donné la santé et la volonté nécessaires pour réaliser ce mémoire. J'exprime ma profonde gratitude à toutes les personnes ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce projet de fin d'études. Leur soutien, leur présence et leurs encouragements ont constitué une source importante de motivation tout au long de mon parcours. J'adresse également mes sincères remerciements à l'École Nationale Supérieure des Travaux Publics École Nationale Supérieure des Travaux Publics pour la qualité de la formation et l'accompagnement précieux dont j'ai bénéficié. Mes remerciements s'adressent également à l'équipe du Groupement ONE pour le bon accueil et l'accompagnement durant la période de stage, ainsi qu'à Monsieur Slimane BOUDAA pour son soutien et sa disponibilité tout au long de cette période. J'exprime mes sincères remerciements et ma profonde appréciation à Monsieur Saïd MADANI, ingénieur au sein du Groupement ONE, pour son aide précieuse, ses orientations et ses conseils techniques continus, notamment dans l'utilisation du logiciel Covadis, qui ont grandement contribué à la réalisation et à l'amélioration de la qualité de ce travail. Je lui renouvelle également mes plus vifs remerciements pour son soutien et son accompagnement tout au long de la période de stage. Je tiens à exprimer mon profond respect et ma sincère reconnaissance à Monsieur YACINE BERRICHE pour son encadrement, son soutien et son suivi durant la préparation de ce mémoire. J'adresse également ma gratitude à l'ensemble des enseignants de l'École Nationale Supérieure des Travaux Publics École Nationale Supérieure des Travaux Publics pour leur contribution à ma formation et à la réalisation de ce travail. J'adresse mes sincères remerciements à SAETI ainsi qu'à l'ensemble de ses ingénieurs pour leur précieuse aide et leur accompagnement tout au long de ce projet. Je remercie particulièrement les ingénieurs en charge du tracé, Mme MDM Adem Amel, Mme Boukari Ferial et Mme Hamdikene Nawel, pour leurs conseils et leur assistance technique dans la réalisation du tracé. J'exprime également ma profonde gratitude à Monsieur Mahdi Berrahal, ingénieur en hydraulique, pour son assistance technique et ses orientations spécialisées, ayant permis la réalisation de la partie hydraulique de ce projet. Enfin, je tiens à exprimer mes sincères remerciements à Messieurs Ziane Sofiane et Saïd Aoujit, qui m'ont proposé le sujet de ce projet et m'ont orienté tout au long de sa réalisation. Enfin, j'adresse mes vifs remerciements aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail et pour l'avoir enrichi par leurs remarques et propositions.

LYNDA BESTANI.

Dédicace

*Avant tout, je tiens tout d'abord à remercier ALLAH de m'avoir donné le courage, la volonté et la patience pour la réalisation de ce modeste travail que je dédie : à mes chers parents, qui ont toujours été une source de motivation, de soutien et d'inspiration tout au long de mon parcours académique. À ma mère **KARIMA** pour son amour, sa présence, son éducation et ses prières qui m'ont accompagnée à chaque étape de ma vie, et à mon père **SAÏD** pour les valeurs qu'il m'a transmises, ses sacrifices et son encouragement permanent à poursuivre mes études et à réaliser mes objectifs. Aucun mot ne pourra exprimer ma profonde reconnaissance, mon respect et mon amour envers eux. À mes frères et sœurs : **Warda, Hafida, Djawed, Mohamed** et **Nawel** pour leur soutien et leur présence à mes côtés.*

À mon grand-père, qu'Allah lui accorde une longue vie et le protège. À ma tante Dhahbia, pour son affection. À mon oncle et ma tante, qu'Allah les protège. À toute la famille Bestani, pour leur aide, leur soutien et leurs encouragements.

À tous mes amis et collègues; À tous les enseignants qui ont contribué à faire de moi la personne que je suis aujourd'hui; Vous avez toujours été présents pour les bons conseils. Votre soutien m'a été d'un grand intérêt tout au long de mon parcours universitaire. Veuillez trouver dans ce travail ma reconnaissance pour tous vos efforts : je vous dis merci !

Résumé

Dans le cadre de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État en Travaux Publics et du Mastère, ce travail porte sur l'étude en Avant-Projet Détaillé (APD) d'un tronçon de la liaison autoroutière entre Sidi Bel Abbès et l'autoroute Est-Ouest, au niveau de la wilaya de Saïda, sur 6 km entre le PK 60+000 et le PK 66+000, avec un échangeur. Dans ce résumé, nous allons présenter les chapitres qui composent notre projet de fin d'études. Afin de réaliser ce travail, nous avons suivi un plan qui débute par une introduction générale, suivie d'une étude de trafic et de son évolution. Ensuite, nous avons dimensionné la structure du corps de chaussée. Après, nous avons tracé géométriquement l'axe en plan à l'aide du logiciel Covadis Autopiste, en respectant les normes de tracé. Enfin, nous avons élaboré le profil en long et le profil en travers. Suite à ces étapes précédentes, nous avons réalisé un rapport géotechnique afin de déterminer toutes les caractéristiques du sol de base, ainsi qu'une étude d'assainissement de la route. Nous avons également effectué une étude de l'échangeur, prévu la signalisation et réalisé un calcul de cubature. Enfin, nous avons terminé par une étude d'impact sur l'environnement ainsi que par le devis estimatif et quantitatif.

ملخص

في إطار الحصول على شهادة مهندس الدولة في الأشغال العمومية والماجستير، يتناول هذا العمل دراسة المشروع لقطعة من وصلة الطريق السريع الرابط بين سيدي بلعباس والطريق السريع شرق-غرب، على (APD) التفصيلي المبدئي مستوى ولاية سعيدة، على طول 6 كم من النقطة الكيلومترية 60+000 إلى النقطة الكيلومترية 66+000 مع محوّل

في هذا الملخص، سوف نقدم مختلف الفصول التي يتكون منها مشروع تخرجنا. ومن أجل إنجاز هذا العمل، اتبعنا مخطط عمل يبدأ بمقدمة عامة، تليها دراسة حركة المرور وتطورها. بعد ذلك، قمنا بتحديد أبعاد هيكل جسم الطريق، ثم رسم مع احترام المعايير التقنية المعتمدة في Covadis Autopiste المحور الهندسي للطريق على المخطط باستعمال برنامج التصميم الهندسي. وفي الأخير، قمنا بإنجاز الملف الطولي والملفات العرضية

بعد هذه المراحل، قمنا بإعداد دراسة جيولوجية وجيوتقنية لتحديد الخصائص الأساسية للتربة، بالإضافة إلى دراسة صيانة الطريق. كما أجرينا دراسة المحوّل، وقمنا بإعداد مخطط التشوير الطرقي، إضافة إلى حساب كميات الأشغال الخاصة بالمشروع

وأخيراً، اختتمنا هذه الدراسة بإنجاز دراسة التأثير على البيئة، بالإضافة إلى إعداد الكشف الكمي والتقدير المالي للمشروع

Abstract :

As part of obtaining the State Engineer diploma in Public Works and the Master's degree, this work focuses on the Detailed Preliminary Design (DPD) study of a section of the highway connecting Sidi Bel Abbès to the East-West highway, in the Saïda province, over 6 km between PK 60+000 and PK 66+000, including an interchange. In this summary, we will present the chapters that make up our final year project. To carry out this work, we followed a plan that begins with a general introduction, followed by a traffic study and its evolution. Next, we designed the pavement structure. After that, we geometrically plotted the alignment in plan using the Covadis Autopiste software, complying with design standards. Finally, we developed the longitudinal profile and the cross-section profile. Following these previous steps, we conducted a geotechnical report to determine all the characteristics of the base soil, as well as a road drainage study. We also carried out a study of the interchange, planned the signage, and performed a volume calculation. Finally, we concluded with an environmental impact study as well as the estimated and quantitative cost estimate.

Mot clés :

Étude APD, Autoroute Est-Ouest, Géométrie routière, Échangeur autoroutier, Assainissement routier, Ouvrage hydraulique, Trafic routier, Talus, Pk 60 à 66, Cubature .

SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	I
CHAPITRE I : PRENTATION DE PROJET	1
I.1. INTRODUCTION.....	2
I.2. PRESENTATION DES WILAYAS	2
I.2.1. Wilaya de Sidi Bel Abbés.....	2
I.2.2. Wilaya de Saida.....	3
I.3. RELIEF.....	5
I.3.1. Wilaya de Sidi Bel Abbés.....	5
I.3.2. Wilaya de Saida.....	5
I.4. CLIMATOLOGIE DES WILAYAS.....	5
I.4.1. Wilaya de Sidi Bel Abbés.....	5
I.4.2. Wilaya de Saida.....	5
I.5. DESCRIPTIONS DU PROJET	6
I.6. PRESENTATION DU TRONÇON A ETUDIER.....	6
CHAPITRE II : DONNEES DE BASE.....	7
II.1. INTRODUCTION	8
II.2. OBJET DE L'ICTAAL ET DOMAINE D'APPLICATION	8
II.3. CONCEPTION GENERALE.....	8
II.4. CHOIX DE CATEGORIE	9
II.5. LA VITESSE DE BASE	9
II.6. PARAMETRES GEOMETRIQUES	9
CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC.....	10
III.1. INTRODUCTION	12
III.2. ANALYSE DE TRAFIC.....	12
III.3. CALCUL DE LA CAPACITE.....	12
III.3.1. Définition de la capacité.....	12
III.4. CALCUL DE TJMA A ANNELEE HORIZON	13
III.5. CALCUL DU TRAFIC EFFECTIF	13
III.6. DEBIT DE POINTE HORAIRE NORMAL	14
III.7. DEBIT HORAIRE ADMISSIBLE.....	14
III.8. CALCUL DU NOMBRE DES VOIES	15
III.8.1. CAS d'une chaussée bidirectionnelle	15
III.8.2. Cas d'une chaussée unidirectionnelle	15
III.9. APPLICATION AU PROJET.....	16

III.9.1. Les données de trafic.....	16
III.9.2. Le trafic journalier moyen annuel à l'année de mise en service	16
III.9.3. Le trafic journalier moyen annuel à la fin de vie du projet.....	16
III.9.4. Le trafic effectif	16
III.9.5. Le débit de pointe horaire normale	17
III.9.6. Le débit admissible	17
III.9.7. Le nombre des voies	17
III.9.8. Calcul de l'année de saturation.....	17
III.10. CONCLUSION	17
CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE.....	18
IV.1. TRACE EN PLAN	19
IV.1.1. Introduction	19
IV.1.2. Recommandations pour le tracé en plan	19
IV.1.3. Les éléments du tracé en plan.....	19
IV.1.3.1. Alignements.....	20
IV.1.3.2. Arcs de cercle	20
IV.1.3.3. Valeurs des rayons.....	20
IV.1.4. Contraintes rencontrées lors de l'élaboration de notre tracé.....	20
IV.2. PROFIL EN LONG	20
IV.2.1. Introduction	20
IV.2.2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long	21
IV.2.3. Déclivité.....	21
IV.2.3.1. Déclivité minimum	21
IV.2.3.2. Déclivité maximum.....	21
IV.2.4. Raccordements en profil en long.....	21
IV.2.4.1. Raccordement convexes (angle saillant).....	22
IV.2.4.2. Raccordement en angle concave (rentrant)	22
IV.2.5. Valeurs limites.....	22
IV.2.6. Coordination du tracé en plan et du profil en long	22
IV.3. PROFIL EN TRAVERS	23
IV.3.1. Introduction	23
IV.3.2. Les différents types de profils en Travers.....	23
IV.3.3. Les éléments du profil en travers.....	23
IV.3.3.1. Chaussée.....	23
IV.3.3.2. Terre-Plein Central (T.P.C).....	24
IV.3.3.3. Accotement.....	24
IV.3.4. Pentes transversales	25
IV.3.4.1. En alignement et en courbe non déversée	25
IV.3.4.2. En courbe déversée	25

IV.3.5. Profil en travers type du notre projet	26
CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE.....	25
V.1. INTRODUCTION	28
V.2. LES MOYENS DE RECONNAISSANCES	28
V.2.1. L'étude des archives et documents existants.....	28
V.2.2. Les essais in situ	28
V.2.3. Les essais au laboratoire.....	29
V.3. RESULTATS DES INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES	31
V.3.1. Résultats des reconnaissances in situ	31
V.3.1.1. Puits de reconnaissance	31
V.3.1.2. Sondages carottés.....	31
V.3.2. Résultats des essais au laboratoire	31
V.3.2.1. Résultats de puits De reconnaissance.....	31
V.3.2.2. Résultats des sondages:	32
V.4. CLASSIFICATION DES SOLS(CLASSIFICATION GTR) :	33
V.4.1. Résultats de classification GTR.....	34
V.5. CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI	34
V.6. STABILITE DES TALUS	35
V.6.1. Introduction	35
V.6.2. Méthode de calcul.....	35
V.6.3. Coefficient de sécurité.....	36
V.7. CALCUL LA STABILITE	36
V.7.1. Cas de deblais	36
V.7.2. Cas remblai	39
CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE.....	41
VI.1. INTRDUCTION.....	42
VI.2. L'OBJECTIVE DE DIMENSIONNEMENT	42
VI.3. LES METHODES DE DIMENSIONNEMENT.....	43
VI.4. LA METHODE DU CATALOGUE ALGERIEN DE DIMENSIONNEMENT	43
VI.4.1. Les données climatiques	43
VI.4.1.1. Classification de la zone d'étude	43
VI.4.1.2. Température équivalente.....	43
VI.4.2. Détermination du type du réseau principal	44
VI.4.3. Détermination de la classe de trafic (TPLi)	44
VI.4.4. Le trafic cumule de poids lourds (TCi).....	44
VI.4.5. Trafic cumulé équivalent (TCEi).....	45
VI.4.6. Le risque de calcul.....	45

VI.4.7. Détermination de la portance du sol support.....	45
VI.4.8. Choix de dimensionnement du corps de chaussée.....	46
VI.4.9. Calcul de la déformation admissible.....	47
VI.4.9.1. Calcul de la déformation admissible (ϵ_z , adm) du sol support.....	47
VI.4.9.2. Calcul de la déformation admissible de traction (ϵ_t , adm) :.....	47
VI.4.10. Vérification de la fatigue des structures et de la déformation du sol support	49
CHAPITRES VII : CALCUL DES CUBATURES.....	51
VII.1. INTRODUCTION.....	52
VII.2. METHODE DE CALCUL DES CUBATURES	52
VII.3. CALCUL DES CUBATURES DE PROJET.....	52
VII.4. CONCLUSION	52
CHAPITRES VIII: ASSAINISSEMENT.....	53
VIII.1. INTRODUCTION	54
VIII.2. OBJECTIF DE L'ASSINISSEMENT	54
VIII.3. ETUDE HYDROLOGIQUE	55
VIII.3.1. Identification des bassins versants naturels	55
VIII.3.2. Caractéristiques physiques des bassins versants.....	55
VIII.4. ESTIMATION DES DEBITS CRUES :	56
VIII.4.1. Temps de concentration.....	56
VIII.4.2. Coefficient de ruissellement	57
VIII.4.3. L'intensité de pluie I	58
VIII.4.4. Calcul du débit d'apports.....	59
VIII.4.5. Résultats de calcul de débit de notre projet	60
VIII.5. DIMENSIONNEMENT hydraulique.....	60
VIII.5.1. Types d'ouvrage transversaux	61
VIII.6. Dimensionnement des ouvrages transversaux	61
VIII.7. Calcul du débit de saturation	62
VIII.8. Dimensionnement des ouvrages de drainage.....	62
VIII.8.1. Dimensionnement des buses.....	62
VIII.8.2. Dimensionnement des Dalots	64
VIII.9. Dimensionnement des FOSSÉS	66
VIII.10. Conclusion	69
CHAPITRE IX : ETUDE DE ECHANGEUR.....	70
IX.1. INTRODCTION.....	71
IX.2. ROLE DE ÉCHANGEUR	71
IX.3. LES ELEMENTS D'UN ECHANGEUR.....	71

IX.4. LES DIFFERENTS TYPES échangeurs	72
IX.4.1. Echangeur majeur	72
IX.4.2. Echangeur mineur	72
IX.5. ETAPE A SUIVRE POUR LE CHOIX D'UN ECHANGEUR	72
IX.6. CHOIX DU TYPE DE L' ÉCHANGEUR	73
IX.7. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES BRETELLES	74
IX.7.1. Tracé en plan d'une bretelle	74
IX.7.2. Profil en travers d'une bretelle	74
IX.7.3. Pente transversale d'une bretelle	74
IX.8. RACCORDEMENT AVEC L'AUTOROUTE:.....	75
IX.8.1. La zone de décélération	75
IX.8.2. La zone d'accélération	76
IX.8.2. Elément de tracé.....	76
CHAPITRE X : OUVRAGE D'ART.....	77
X.1. INTRODUCTION	78
X.2. PRESENTATION DES OUVRAGES.....	78
X.2.1. Les ouvrages d'art de notre projet.....	78
X.2.2. Description des ouvrages.....	78
X.3. GABARIT A RESERVER.....	79
X.4. CHOIX DU TYPE DE L'OUVRAGE.....	79
X.5. VARIANTES PROPOSEES	79
X.5.1. Variant 1: « Pont a poutre en Béton précontrainte ».....	79
X.5.1.1. Les avantages.....	79
X.5.1.2. Les inconvénients.....	79
X.5.2. Variant 2: « Pont mixte Bipoutre »	80
X.5.2.1. Les avantages.....	80
X.5.2.2. Les inconvénients.....	80
X.5.3. Variant 3: « pont dalle en béton armé »	80
X.5.3.1. Les avantages.....	80
X.5.3.2. Les inconvénients.....	80
X.6. LES VARIANTES RETENUES	81
X.7. CONCLUSION	81
CHAPITRE XI : SIGNALISATION.....	82
XI.1. INTRODUCTION.....	83
XI.2. OBJECTIF DE LA SIGNALISATION.....	83
XI.3. REGLES A RESPECTER POUR LA SIGNALISATION.....	83
XI.4. LES CATEGORIES D SIGNALISATION	83

XI.5. LES TYPES DE SIGNALISATION	83
XI.6. SIGNALISATION HORIZONTALE	83
XI.6.1. Caractéristiques générales des marques de chaussée.....	84
XI.6.1.1. Couleur des marques de chaussée.....	84
XI.6.1.2. Largeur des lignes des marquages	84
XI.6.2. Catégories de marques de chaussée.....	84
XI.6.2.1. Les lignes longitudinales.....	84
XI.6.2.2. Flèche de rabattement	86
XI.6.2.3. Flèches directionnelles.....	86
XI.7. SIGNALISATION VERTICALE	87
CHAPITRE XII :IMPACT SUR L’ENVIRONNEMENT	90
XII.1. INTRODUCTION.....	91
XII.2. CADRE JURIDIQUE.....	91
XII.3. OBJECTIFS D’UNE ETUDE D’IMPACT SUR L’ENVIRONNEMENT	91
XII.4. IMPACT DU PROJET SUR L’ENVIRONNEMENT.....	91
XII.4.1. Impacts pendant la phase de travaux	91
XII.4.1.1. Impacts positifs	92
XII.4.1.2. Impacts négatifs.....	92
XII.4.2. Impacts Pendant la phase d’exploitation	93
XII.4.2.1 Impacts positifs.....	93
XII.4.2.2. Impacts négatifs.....	93
XII.5. MESURES PRISES POUR MINIMISER LES IMPACTS	93
XII.5.1. Mesures en phase travaux	93
XII.5.2. Mesures en phase exploitation	94
XII.6. CONCLUSION	94
CHAPITRE XIII : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF	95
CONCLUSION GENERALE.....	99
BIBLIOGRAPHIE	101
ANNEXES.....	102

LISTE DES FIGURES

Figure I.1: Localisation Du Projet.....	2
Figure I.2: réseau routier de la wilaya de sidi bel abbés.....	3
Figure I.3: réseau routier de la wilaya de Saida.....	4
Figure I.4: Situation géographique d la wilaya de sidi bel Abbés et la wilaya de saida	4
Figure IV.1: les éléments du tracé en plan.....	19
Figure IV.2: Différents types de profil en travers	23
Figure IV.3: Les éléments du profil en travers	25
Figure V.1: Abaque de la classification GTR.....	33
Figure V.2: Résultats de stabilité du remblai à long terme (coté droit).....	37
Figure V.3: Résultats de stabilité du remblai à long terme (coté gauche).....	37
Figure V.4: Résultats de stabilité du remblai sous la sollicitation sismique (coté droit)	38
Figure V.5: Résultats de stabilité du remblai sous la sollicitation sismique (coté gauche).....	38
Figure V.6: Résultats de stabilité du remblai à long terme (coté droit)	39
Figure V.7: Résultats de stabilité du remblai à long terme (coté gauche).....	39
Figure V.8: Résultats de stabilité du remblai sous la sollicitation sismique (coté droit).....	40
Figure V.9 Résultats de stabilité du remblai sous la sollicitation sismique (coté gauche).....	40
Figure VI.1: Différentes couche de la structure de la chaussée	42
Figure VI.2: Position du projet dans la Arte climatique de l'Algérie (fascicule 1)	43
Figure VI.3: Choix de dimensionnement de corps de chaussée (Fascicule3).....	46
Figure VIII.1: Délimitation des bassins versants sur la carte d'état-major	55
Figure VIII.2: caractéristique de buse.	62
Figure VIII.3: caractéristique de buse.	64
Figure VIII.4: Caractéristiques d'un fossé.....	67
Figure IX.1: Les types de bretelle.....	71
Figure IX.2: Les différents types d'échangeur.....	72
Figure IX.3: dispositif de sortie de l'autoroute.	75
Figure IX.4: Dispositif d'entrée sur l'autoroute.....	76
Figure XI.1: Les lignes de délimitation d'une autoroute.....	85
Figure XI.2: Flèche de rabattement.....	86
Figure XI.3: Flèches directionnelles.....	86
Figure XI.4: Schéma de marquage avec hachures.....	87

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II-1: Paramètres géométriques de l'autoroute.....	10
Tableau III-1: coefficient d'équivalence [P].....	13
Tableau III-2: valeurs de K1	14
Tableau III-3: valeurs de K2	14
Tableau III-4: valeurs de capacité théorique Cth	15
Tableau IV-1: Valeurs minimales des rayons du tracé en plan (source ICTAAL2015)	20
Tableau IV-2: Valeurs limites des paramètres du profil en long	22
Tableau IV-3: Profil en travers type du notre projet	26
Tableau V-1: Aperçu sur les normes des investigations in situ	28
Tableau V-2: Aperçu sur les normes des investigations au laboratoire	29
Tableau V-3: résultats des puits de reconnaissance	31
Tableau V-4: Résultats des sondages carottés.	31
Tableau V-5: Résultats des essais d sondage 01	32
Tableau V-6: Résultats des essais du sondage 02	32
Tableau V-7: Résultats des essais du sondage 03	32
Tableau V-8: Résultats des essais du sondage 04	32
Tableau V-9: classification GTR.....	33
Tableau V-10: Résultats de classification GTR	34
Tableau V-11 : Conditions d'utilisation des matériaux en remblai.....	35
Tableau V-12: Pentés des talus et bermes	36
Tableau V-13: La charge sur chaussée :	36
Tableau V-14: les paramètres de calcul de la stabilité du remblai.....	37
Tableau V-15: Résultat d'analyse pour la section de remblai	38
Tableau V-16: les paramètres de calcul de la stabilité du remblai.....	39
Tableau VI-1 Choix des températures équivalentes (fascicule 2).....	43
Tableau VI-2: Choix de type de réseau principal (fascicule 1).....	44
Tableau VI-3: Classe TPLi pour Rp1 (fascicule 1	44
Tableau VI-4: Coefficient d'agressivité A (fascicule 2).....	45
Tableau VI-5: Risque adopté pour le réseau RP1 (fascicule 2)	45
Tableau VI-6: Classes de portance des sols Si (fascicule 1).....	46
Tableau VI-7: Valeurs de $t=f(r\%)$	48

Tableau VI-8: Performances mécaniques des matériaux bitumineux (Fascicule 2)	49
Tableau VIII-1: Caractéristiques physiques des bassins versants	55
Tableau VIII-2: Coefficient C1	57
Tableau VIII-3: Coefficient C2	57
Tableau VIII-4: Coefficient C3	58
Tableau VIII-5: les données de station	58
Tableau VIII-6: Paramètre de Montana	58
Tableau VIII-7: Les résultats de calcul des débits	60
Tableau VIII-8: Résultats récapitulatifs de dimensionnement des dalots et des buses	66
Tableau VIII-9: Les surfaces des sous-bassins versants	67
Tableau VIII-10: Coefficient de ruissellement (C)	68
Tableau VIII-11: Débit des eaux drainées dans la plate-forme et les talus	68
Tableau IX-1: Valeurs limites des rayons du tracé en plan	74
Tableau IX-2: Pente transversale d'une bretelle	75
Tableau X-1: Les ouvrages au niveau du tracé	78
Tableau X-2: Les variantes retenues	81
Tableau XI-1: Les caractéristiques des lignes longitudinales	85

LISTE DES ABREVIATION

APD	: Avant-Projet Détaillé
BAU	: Bande d'Arrêt d'Urgence
BB	: Béton Bitumineux
BDD	: Bande Dérasée droite
BDG	: Bande Dérasée Gauche
BM	: Bande Méiane
BV	: Bassin Versant
CBR	: California Bearing Ratio
Cr	: Coefficient de Ruissellement
GB	: Grave Bitume
GNT	: rive Non Traité
GTR	: Guide du terrassement routier.
IL	: Indice de liquidité
IP	: Indice de Plasticité
PK	: Point kilométrique
PL	: Poids Lourd
Pm	: Périmètre mouillée
Rm	: Rayon Minimal
RN	: Route nationale.
Rnd	: Rayon Minimal Non Déversé
RP	: Réseau Principal
SC	: Sondage carotté.
Sm	: Surface mouillée
CE	: Trafic Cumulé en Norme en Essieux équivalent de 13 tonnes
TJMA	: Trafic Journalier moyen annuel
TPC	: Terre-Plein Central
TPL	: Trafic de poids lourds.
Uvp	: Unités des Véhicules Particuliers
VB	: Vitesse de Base
OA	: ouvrag

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'infrastructure routière assure un rôle essentiel dans le développement économique et social d'un pays. Elle facilite la mobilité des personnes et le transport des marchandises, et contribue à l'amélioration des échanges et du développement régional. En Algérie, le réseau routier représente une place stratégique dans la structuration du territoire et le renforcement des liaisons entre les différentes régions.

Dans ce cadre, le projet concerne l'étude de la liaison autoroutière entre Sidi BelAbès et Saïda sur un linéaire de 120 km, plus précisément sur le tronçon du PK 60+000 au PK 66+000. Ce projet vise à assurer la continuité du réseau, la fluidité du trafic et l'amélioration des conditions de circulation entre les zones traversées.

La conception de cette infrastructure est réalisée conformément aux normes ICTAAL, qui définissent les règles de conception géométrique des routes et autoroutes, garantissant ainsi la sécurité, le confort et le bon fonctionnement de l'ouvrage.

CHAPITRE I :

PRESENTATION DE PROJET

CHAPITRE I : PRESENTATION DE PROJET

I.1. INTRODUCTION

Dans le cadre du schéma directeur routier et autoroutier, l'Algérie poursuit une politique ambitieuse de développement de ses infrastructures de transport, avec pour objectif principal un maillage homogène et fonctionnel du territoire national. Parmi les projets majeurs inscrits dans cette stratégie figure la liaison autoroutière entre Sidi Bel Abbés et Saïda, qui vise à relier ces deux wilayas stratégiques à l'autoroute Est-Ouest ainsi qu'à la Rocade des Hauts Plateaux, sur un linéaire total d'environ 120 km.

I.2. PRESENTATION DES WILAYAS

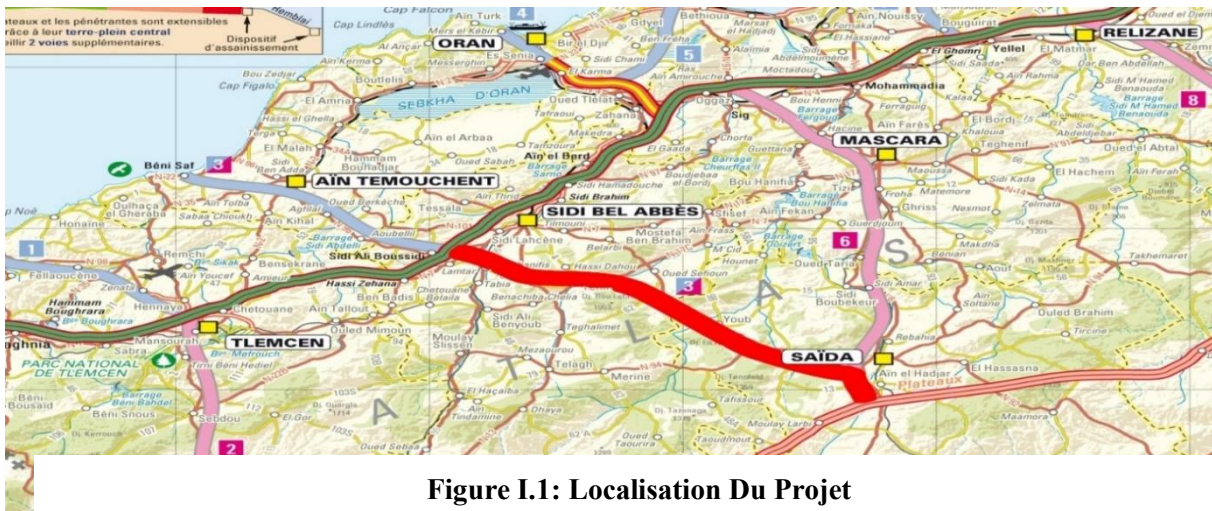


Figure I.1: Localisation Du Projet

I.2.1. Wilaya de Sidi Bel Abbés

La wilaya de Sidi bel Abbes, située dans le Nord-Ouest de l'Algérie, couvre une superficie totale de 9150.63 Km². Elle est composée de 15 daïra et de 52 communes.

Elle est délimitée comme suit :

- Au nord : par la wilaya d'Oran,
- Au nord-ouest : la wilaya d'Aïn Témouchent,
- Au nord-est : la wilaya de Mascara,
- À l'ouest : la wilaya de Tlemcen,
- À l'est : les wilayas de Mascara et Saïda,
- Au sud : les wilayas de Naâma et El Bayadh,
- Au sud-est : la wilaya de Saïda.

Elle dispose d'importantes infrastructures de base notamment :

Un réseau routier de 589 Km de routes nationales, 687 km de chemins de wilaya et 443 Km de chemins communaux.

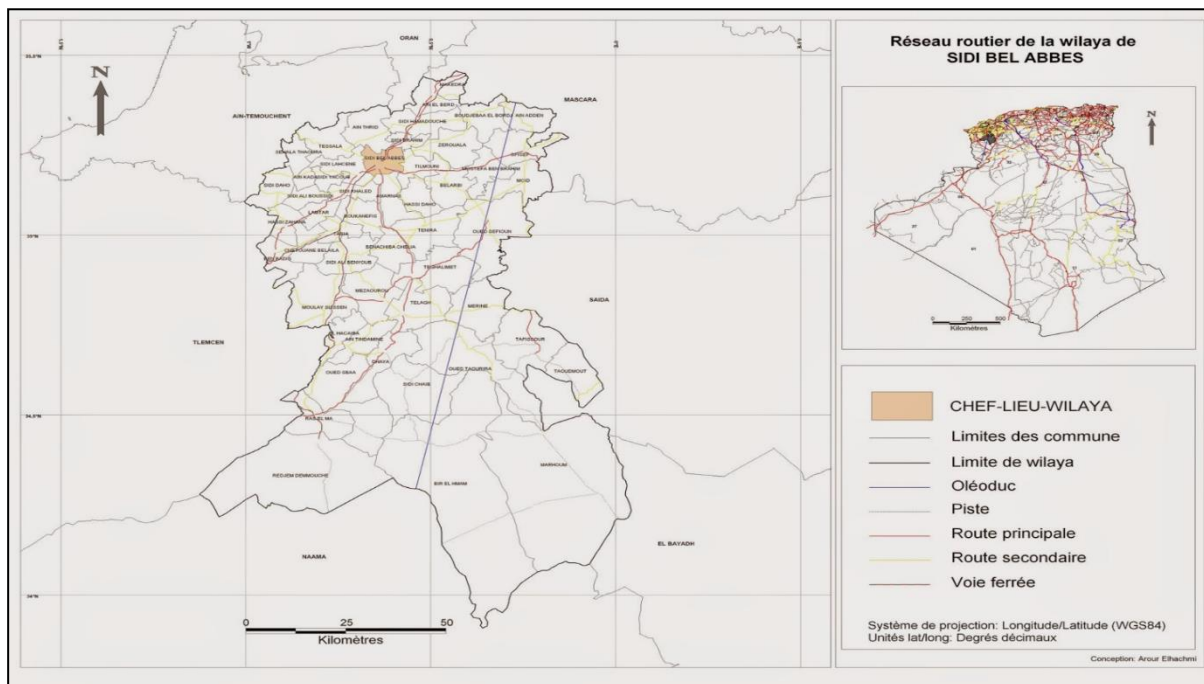


Figure I.2: réseau routier de la wilaya de sidi bel abbés

I.2.2. Wilaya de Saïda

La wilaya de Saïda, située dans le Nord-Ouest de l'Algérie, couvre une superficie totale de 6 765 km². Elle est composée de 6 daïras et de 16 communes.

Elle est délimitée comme suit :

- Au nord : par la wilaya de Mascara,
- Au sud : par la wilaya d'El Bayadh,
- À l'est : par la wilaya de Tiaret,
- À l'ouest : par la wilaya de Sidi Bel Abbès.

La wilaya dispose d'importantes infrastructures de base notamment :

Un réseau routier de 372 Km de routes nationales, 646 km de chemins de wilaya et 201 Km de chemins communaux.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE PROJET

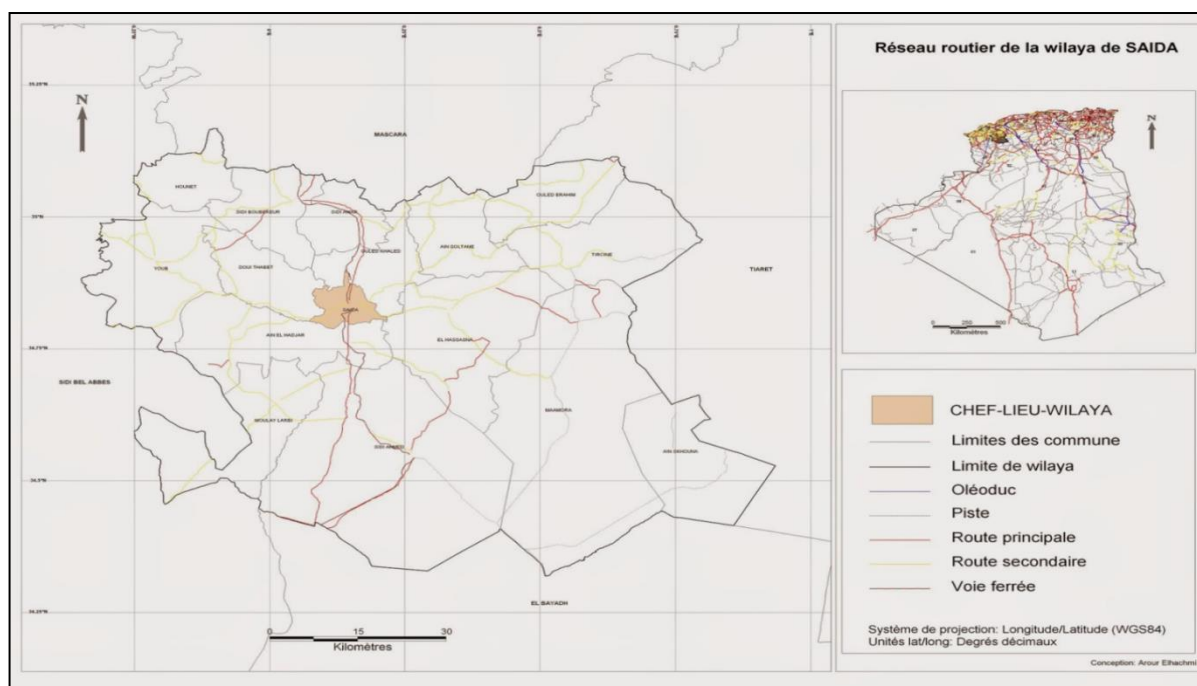


Figure I.3: réseau routier de la wilaya de Saida

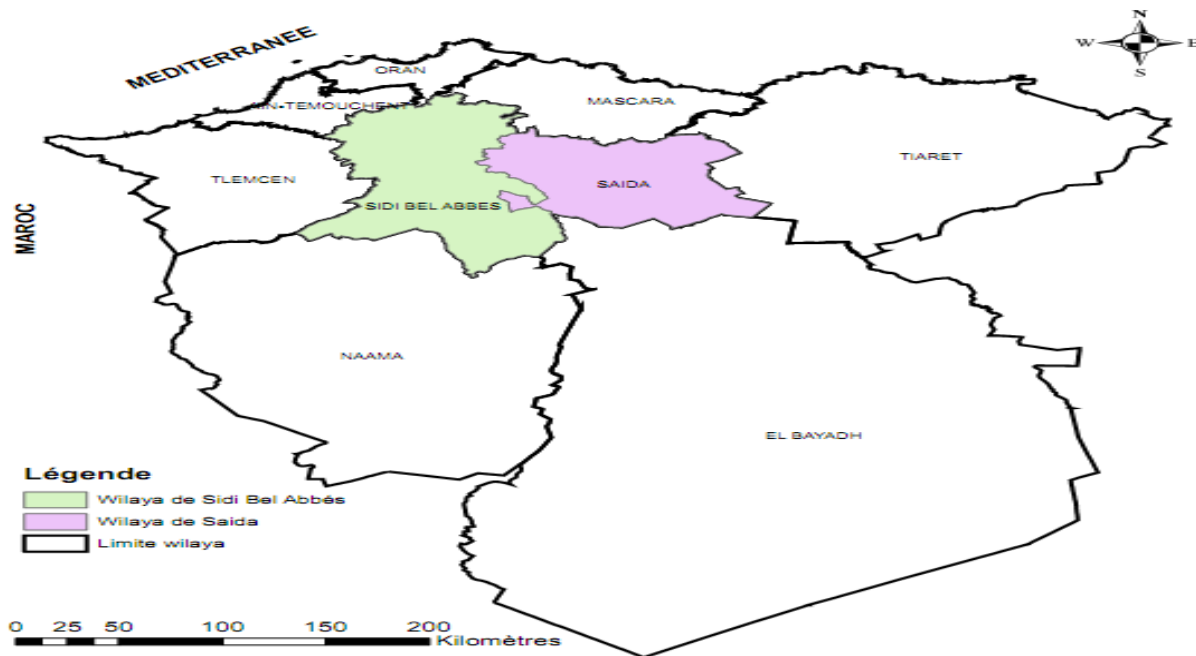


Figure I.4: Situation géographique de la wilaya de sidi bel Abbès et la wilaya de saida

I.3. RELIEF

I.3.1. Wilaya de Sidi Bel Abbés

Le relief de la wilaya de Sidi Bel Abbés est diversifié, alternant entre plaines fertiles au centre, les monts du Tessala au nord et les hauteurs semi-arides des monts de Daya au sud. Ces zones offrent un contraste marqué entre agriculture, forêts et paysages arides. L'altitude varie généralement entre 400 et 1 000 mètres.

I.3.2. Wilaya de Saïda

Le relief de la wilaya de Saïda est dominé par les Hauts Plateaux, avec un paysage alternant plaines ondulées, collines et massifs montagneux. Elle est traversée par les monts de Saïda, qui lui confèrent un relief accidenté, notamment au sud et à l'ouest. L'altitude moyenne varie entre 800 et 1 200 mètre.

I.4. CLIMATOLOGIE DES WILAYAS

I.4.1. Wilaya de Sidi Bel Abbés

La majeure partie de la wilaya se situe dans l'étage bioclimatique semi-aride continental, caractérisé par des étés très chauds et des hivers assez froids. L'isohyète des précipitations varie entre 400 et 500 mm par an, tandis que la température moyenne annuelle se situe entre 3 °C et 31 °C.

I.4.2. Wilaya de Saïda

Le climat dominant dans la wilaya est de type continental, avec des étés secs et chauds et des hivers froids. Les précipitations annuelles varient entre 200 et 600 mm, tandis que la température moyenne annuelle oscille entre 0 °C et 35 °C.

I.5. DESCRIPTIONS DU PROJET

Le projet porte sur la réalisation d'une liaison autoroutière de 120 km entre Sidi Bel Abbès et Saïda, visant à relier ces deux wilayas stratégiques à l'autoroute Est-Ouest et à la Rocade des Hauts Plateaux.

La réalisation de cette pénétrante autoroutière permettra de désengorger les RN 94, RN 92 et RN 104, qui assurent la liaison entre la wilaya de Sidi Bel Abbès et celle de Saïda, en offrant un nouvel axe de développement pour les deux wilayas.

Le projet commence au niveau de l'échangeur Sidi Ali Boussidi de l'autoroute Est-Ouest et traverse cinq oueds importants, à savoir : oued Mouzzene, oued Mekerra, oued Louza, oued Sefioun et oued Falitte, nécessitant la réalisation d'ouvrages d'art.

Les grandes localités desservies par ce projet sont : Sidi Ali Boussidi, Sidi Yacoub, Lamtar, Boukhanefis, Tabia, Tenzara, Chelia, Ténira, Bouyettas, Youb, Berbour, Aïn El Hadjar, Bourached, Moulay El Arbi et Sidi Lakhdar.

I.6. PRESENTATION DU TRONÇON A ETUDIER

Le tronçon objet de cette étude s'étend sur un linéaire d'environ 6 km, du PK 60+000 au PK 66+000, à proximité de la ville de Youb. Il traverse une zone à relief globalement variable, marquée par la présence de terrains localement rocheux nécessitant des adaptations géotechniques.

Ce tronçon comprend plusieurs ouvrages d'art importants.

Au PK 61+478 un pont à poutres en béton précontraint assure le franchissement d'un chemin communal. Au PK62+450, un viaduc d'un linéaire de 350 m est projeté pour le franchissement de l'Oued Sefiône.

Au PK 63+522 le tracé traverse la voie ferrée reliant Saïda à Sidi Bel Abbès par un passage inférieur à la liaison autoroutière.

Enfin, au PK 65+370, un échangeur de type demi-trèfle est projeté au croisement avec le CW02 afin d'assurer la desserte de la ville de Youb .

CHAPITRE II :

DONNES DE BASES

II.1. INTRODUCTION

Le présent chapitre a pour objectif de présenter les normes géométriques adoptées comme base pour l'élaboration de l'étude détaillée du projet (APD). Ces normes ont été examinées et retenues en fonction des exigences techniques du projet.

La conception géométrique s'appuie sur les dispositions de l'ICTAAL 2015 (Instructions sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison), qui constitue un document de référence pour la conception des autoroutes. Il définit les règles essentielles de géométrie routière en intégrant les critères de sécurité, de confort et de performance du trafic.

II.2. OBJET DE L'ICTAAL ET DOMAINE D'APPLICATION

L'ICTAAL traite de la conception des autoroutes interurbaines, qu'il s'agisse de la réalisation d'infrastructures nouvelles ou d'aménagement du réseau existant. Elle caractérise autoroute comme une route à chaussées séparées, avec au moins deux voies par sens, isolée de son environnement et dotée de carrefours dénivelés.

ICTAAL ne s'applique pas aux routes principales telles que es routes express à une chaussée et les routes interurbaines qui dépendent du guide A.R.P.

Elle ne s'applique pas non plus aux routes à chaussées séparées avec une seule voie par sens et des créneaux de dépassement, qui feront l'objet d'une instruction ultérieure.

Elle ne s'applique pas également aux autoroutes situées en milieu urbain qui dépendent de ICTAVRU (Instructions sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines), même si elles assurent la continuité d'une autoroute interurbaine.

Cependant, son application est recommandée en zone périurbaine lorsque le caractère urbain de la voie est faible ou futur.

II.3. CONCEPTION GENERALE

La première étape de la conception est le choix des caractéristiques générales :

- Le type de route, qui détermine les règles et les instructions à appliquer.
- La catégorie de route, qui fixe les principales caractéristiques géométriques du tracé.
- Le nombre de voies.
- Le synoptique des échangeurs et des aires.
- La progressivité de l'aménagement.
- En tenant compte des contraintes environnementales, des aspects socio-économiques et des capacités financières disponibles.

II.4. CHOIX DE CATEGORIE

Les autoroutes ou leurs sections sont réparties en deux catégories, selon le niveau de leurs caractéristiques géométriques en plan et en profil en long. Ce classement dépend principalement des conditions d'environnement traversé (relief, occupation du sol, contraintes naturelles ou humaines) dans lequel s'inscrit l'autoroute, et doit être cohérent avec la perception qu'en aura l'utilisateur. 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.

Donc notre projet est de **catégorie L1**.

II.5. LA VITESSE DE BASE

Selon l'ICTAAL, notre projet se trouve dans la catégorie L1, ce qui signifie que la vitesse Maximale de base est de **130 km/h**.

II.6. PARAMETRES GEOMETRIQUES

Les paramètres géométriques adoptés, selon l'ICTAAL 2015, sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau II-1: Paramètres géométriques de l'autoroute

Désignations des paramètres	Symbole Unité	Catégorie	
		L1	L2
Vitesse maximale	V (km/h)	130	110
Tracé en plan			
Rayon minimum absolu	Rm (m)	600	400
Rayon minimum non déversée	Rnd (m)	1000	650
Longueur minimum de clothoïde	LS (m)	Max ($14 \Delta\delta $; R/9)	Max ($14 \Delta\delta $; R/9)
Rayon minimum sans courbe de transition	R (m)	1500	975
Profil en long			
Déclivité maximum	P (%)	5	6
Déclivité minimum	P (%)	0.5	0.5
Rayon minimal de raccordement convexe	RV (m)	12500	6000
Rayon minimal de raccordement concave	RV (m)	4200	3000
Profil en travers			
Nombre de voies de chaque chaussée	N	2 à 4	2 à 4
Largeur de voie	L(m)	3.5	3.5
Dévers minimum	d (%)	2.5	2.5
Dévers maximum	d (%)	7	7

CHAPITRE III :

ETUDE DE TRAFIC

III.1. INTRODUCTION

L'étude de trafic constitue une étape fondamentale en amont de tout projet d'infrastructure routière. Elle permet d'évaluer l'intensité et la composition du trafic, notamment la proportion de poids lourds, ainsi que son impact sur la chaussée. Ces paramètres sont essentiels pour le dimensionnement du profil en travers, le nombre de voies et l'épaisseur du corps de chaussée.

L'analyse repose principalement sur le trafic journalier moyen annuel (TJMA) et sur la répartition des différentes catégories de véhicules. Elle contribue à orienter les choix techniques, à optimiser la conception de l'infrastructure et à adapter sa capacité aux besoins actuels et futurs, conformément aux normes ICTAAL.

Ainsi, cette étude permet de garantir la durabilité et la performance du projet routier à long terme, tout en améliorant l'analyse de l'évolution du trafic.

III.2. ANALYSE DE TRAFIC

L'étude du trafic consiste à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route (volume, composition, conditions de circulation, saturation, origine et destination). Cette étude inclut :

- **Comptages automatiques** : réalisés à l'aide de compteurs, pour ajuster les échantillons de trafic durant la période de recensement.
- **Comptages manuels** : effectués par des agents pour déterminer la composition du trafic par type de véhicule.
- **Enquêtes origine-destination** permettant d'identifier les itinéraires empruntés par les usagers et les zones les plus sollicitées sur le réseau.

III.3. CALCUL DE LA CAPACITE

III.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.

Le choix du nombre de voies résulte de la comparaison entre l'offre et la demande, c'est à dire, le débit admissible et le trafic prévisible à l'année d'exploitation. Pour cela il est donc nécessaire d'évaluer le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon « n ».

III.4. CALCUL DE TJMA A ANNELEE HORIZON

Du fait de la croissance annuelle du trafic, le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est donné par la formule suivant:

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

- **TJMA_n**: Le trafic à l'année horizon.
- **TJMA₀** : Le trafic à l'année de référence.
- **n** : nombre d'années.
- **τ** : taux d'accroissement (%).

III.5. CALCUL DU TRAFIC EFFECTIF

C'est le trafic traduit en unité de véhicule particulier (U.V.P), 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 (U.V.P).

Le trafic effectif est donné la relation suivante :

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

- **T_{eff}** : trafic effectif à l'année horizon en (uvp/jour).
- **P** : coefficient d'équivalence pour le poids lourds, dépend de la nature de la route.
- **Z** : pourcentage de PL (poids lourds) en (%).

Tableau III-1: coefficient d'équivalence [P]

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

III.6. DEBIT DE POINTE HORAIRE NORMAL

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

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

- **n** : nombre d'heure (généralement 8 heures).
- **Q** : débit de pointe horaire exprimé en (UVP/h).

III.7. DEBIT HORAIRE ADMISSIBLE

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

$$Q_{adm} = K_1 \times K_2 \times C_{th}$$

- **K₁** : coefficient lié à l'environnement.
- **K₂** : coefficient de réduction de capacité.
- **C_{th}** : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Tableau III-2: valeurs de K1

Environnement	E1	E2	E3
K ₁	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau III-3: valeurs de K2

Environnement	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1	1	1	1	1
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau III-4: valeurs de capacité théorique C_{th}

Type	Capacité théorique C_{th} (uvp /h)
Route à 2 voies de 3 ,5m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3 ,5m	2400 à 3200
Route à 2 chaussées séparées	1500 à 1800

III.8. CALCUL DU NOMBRE DES VOIES

III.8.1. CAS d'une chaussée bidirectionnelle

On compare Q à Q_{adm} et on adopte le profil qui correspond à la valeur de Q_{adm} la plus proche de Q .

III.8.2. Cas d'une chaussée unidirectionnelle

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

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

D'où :

- N : nombre de voies de la chaussée, on prend le nombre entier le plus proche du rapport.
- S : coefficient de dissymétrie en général égale à $\frac{2}{3}$.
- Q_{adm} : débit admissible par voie.

III.9. APPLICATION AU PROJET

III.9.1. Les données de trafic

- Le trafic journalier moyen annuel {l'année 2022, $TJMA_{2022} = 12750$ v/j}.
- Année de mise en service : 2030.
- L'environnement : E2, catégorie C1.
- Le pourcentage des poids lourds : $Z = 27.4\%$.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic: $\tau = 3.5\%$.
- La durée de vie : 20ans.
- $P = 4$ car l'environnement est E2 et route à bonne caractéristique (d'après le tableau de coefficient d'équivalence).
- K_1 : coefficient égal à 0.85 pour E2.
- Coefficient égal à 0.99 pour E2 et C1.
- C_{th} : capacité théorique (Route à 2 chaussées séparées) égal à 1800 uvp/ h.

III.9.2. Le trafic journalier moyen annuel à l'année de mise en service

$$TJMA_{2030} = TJMA_{2022}(1 + \tau)^8$$
$$TJMA_{2030} = 12750 \times (1 + 0.035)^8$$
$$TJMA_{2030} = 16790 \text{ v/j}$$

III.9.3. Le trafic journalier moyen annuel à la fin de vie du projet

$$TJMA_{2050} = TJMA_{2030}(1 + \tau)^{20}$$
$$TJMA_{2050} = 16790 \times (1 + 0.035)^{20}$$
$$TJMA_{2050} = 33409 \text{ v/j}$$

III.9.4. Le trafic effectif

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

Avec $P=4$ et $Z=27.4\%$.

$$T_{eff2030} = 16790 \times [(1 - 0.274) + 4 \times 0.274] = 30592 \text{ (uvp/j)}.$$

$$T_{eff2050} = 33409 \times [(1 - 0.274) + 4 \times 0.274] = 60872 \text{ (uvp/j)}.$$

Donc :

$$T_{eff2030} = 30592 \text{ (uvp/j)}. \quad \text{et } T_{eff2050} = 60872 \text{ (uvp/j)}.$$

III.9.5. Le débit de pointe horaire normale

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

$$Q = 0.12 \times T_{eff}$$

$$Q_{2030} = 0.12 \times T_{eff2030} = 0.12 \times 30592 = 3671 \text{ (uvp/h)}.$$

$$Q_{2050} = 0.12 \times T_{eff2050} = 0.12 \times 60872 = 7305 \text{ (uvp/h)}.$$

$$\mathbf{Q_{2030} = 3671(uvp/h) et Q_{2050} = 7305(uvp/h)}$$

III.9.6. Le débit admissible

$$Q_{adm} = K_1 \times K_2 \times C_{th} = 0.85 \times 0.99 \times 1800$$

$$\mathbf{Q_{adm} = 1515 \text{ (uvp/h)}}$$

III.9.7. Le nombre des voies

$$N = \frac{S \times Q}{Q_{adm}} = \frac{2}{3} \times \frac{7305}{1515} = 3.21$$

$$\mathbf{N = 3 \text{ voies / sens .}}$$

Donc : Une autoroute de **2 × 3 voies**.

III.9.8. Calcul de l'année de saturation

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

$$Q_{saturation} = 6 \times 1515$$

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

$$Q_{saturation} = (1 + \tau)^n \times Q_{2030} \rightarrow (1 + \tau)^n = \frac{Q_{saturation}}{Q_{2030}} \rightarrow (1 + \tau)^n = \frac{9090}{3671} = 2.48$$

$$n = \frac{\ln(2.48)}{\ln(1 + 0.035)} = 26.4 \text{ ans}$$

$$\mathbf{n = 27 \text{ ans}}$$

Donc l'année de saturation sera égale à 2030+27 = **2057**.

III.10. CONCLUSION

D'après l'étude du trafic réalisée sur l'axe autoroutier, il est conclu que le profil en travers adopté est de type (2 × 3 voies). L'analyse montre également que la saturation de l'infrastructure est prévue après environ 27 ans à partir de la mise en service, soit une année de saturation estimée à 2057

CHAPITRE IV :

ETUDE GEOMETRIQUE

IV.1. TRACE EN PLAN

IV.1.1. Introduction

Lors de l'élaboration de tout projet routier, l'ingénieur doit commencer par la recherche du couloir de la route dans le site concerné.

Le tracé en plan représente la projection de l'axe routier sur un plan horizontal, qu'il s'agisse d'une carte topographique ou d'un relief schématisé par des courbes. Le tracé en plan d'une route est constitué d'une succession de courbes, d'alignements droits et de courbes de raccordement progressif. Il se compose de lignes droites reliées entre elles et doit garantir confort et sécurité, conformément aux normes routières établies en fonction de la vitesse et du frottement de la chaussée.

Il vise à assurer de bonnes conditions de sécurité et de confort, tout en s'intégrant au mieux dans la topographie du site.

IV.1.2. Recommandations pour le tracé en plan

Pour une bonne conception du tracé en plan, il est recommandé de :

- Adapter au maximum le tracé au terrain naturel.
- Utiliser des grands rayons lorsque l'état du terrain le permet.
- Éviter de passer sur les terrains agricoles, surtout les zones arboricoles.
- Éviter le franchissement des oueds afin de réduire les ouvrages d'art, sinon les traverser perpendiculairement pour minimiser les coûts.
- Respecter les points de départ et d'arrivée.
- Éviter la démolition du bâti (maisons, constructions et habitations).
- Réduire au maximum les terrassements intiles, en suivant de préférence les courbes de niveau.
- Assurer le raccordement avec les réseaux existants.

IV.1.3. Les éléments du tracé en plan

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

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

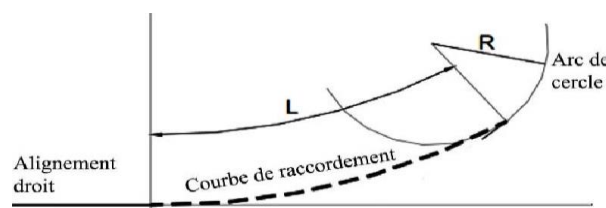


Figure IV.1: les éléments du tracé en plan

IV.1.3.1. Alignements

Bien que la ligne droite soit l'élément géométrique le plus simple et le plus utilisé, son emploi dans le tracé routier reste limité, car elle s'adapte mal au relief et rend la conduite monotone, ce qui provoque des accidents.

IV.1.3.2. Arcs de cercle

La limitation des valeurs des rayons dépend de la stabilité des véhicules, l'inscription de véhicules longs dans les courbes et de la visibilité en courbe.

IV.1.3.3. Valeurs des rayons

D'après L'ICTAAL Les rayons en plan doivent respecter les valeurs minimales résumées dans le tableau suivant :

Tableau IV-1: Valeurs minimales des rayons du tracé en plan (source ICTAAL2015)

Catégorie L1 (Vitesse de référence = 130(km/h))	
Rayon minimal (R_{min})	600 m
Rayon minimal non déversé (R_{nd})	1000 m
Rayon minimum sans courbe de transition	1500 m

IV.1.4. Contraintes rencontrées lors de l'élaboration de notre tracé

- Chemine communal du PK 61+525.
- Oued sefioune du PK 62+600.
- Chemine ferre du PK 63+475.
- Des lignes électrique HT du PK 64+625 au PK 64+ 975 .
- Des piste du PK 62+220 .
- Chemine wilaya (CW02) du PK 65+370.

IV.2. PROFIL EN LONG

IV.2.1. Introduction

Le profil en long est constitué d'un graphique sur lequel on reporte les points du terrain naturel et ceux de l'axe du projet de voirie. Le profil en long est composé d'éléments rectilignes (pentes ou rampes) caractérisés par leur déclivité et de raccordements circulaires caractérisés par leur rayon.

IV.2.2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long

Parmi les règles qu'il faut les tenir en compte on peut citer :

- De s'adapter au terrain naturel pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être coûteux.
- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- D'éviter les angles rentrants en déblai, pour éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Un profil en long e léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Recherche un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Utilisation des grands rayons verticaux.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers nul dans une pente du profil en long.
- Respecter la valeur maximale et minimale de déclivité.
- Gabarits exigés à l'intersection avec des routes et des oueds
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

IV.2.3. Déclivité

La déclivité d'une route 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 de rampe pour les montées.

IV.2.3.1. Déclivité minimum

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. Il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 1% et surtout celle inférieure à 0.5 %, pour éviter la stagnation des eaux.

IV.2.3.2. Déclivité maximum

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 puissance.

IV.2.4. Raccordements 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.2.4.1. Raccordement convexes (angle saillant)

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants, sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain, des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité. Leur conception doit satisfaire à la condition :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité

IV.2.4.2. Raccordement en angle concave (rentrant)

Dans le cas de raccordement dans les points bas, la visibilité diurne n'est pas déterminante, plutôt c'est pendant la nuit qu'on doit s'assurer que les phares du véhicule devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle.

IV.2.5. Valeurs limites

En fonction de la catégorie retenue (catégorie L1), le guide ICTAAL donne la déclivité maximale ainsi que la valeur minimale des rayons en angle saillant et en angle rentrant.

Les paramètres de notre profil en long doivent respecter les valeurs limites données dans le tableau suivant :

Tableau IV-2: Valeurs limites des paramètres du profil en long

Catégorie	L1
Déclivité maximale	5 %
Rayon minimal en angle saillant	12 500 m
Rayon minimal en angle rentrant	4 200 m

IV.2.6. Coordination du tracé en plan et du profil en long

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

- associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important ;
- faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :
 $R_{\text{vertical}} > 6 R_{\text{horizontal}}$, pour éviter un défaut d'inflexion ;
- supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de surcoût sensible ; lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500 m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.

IV.3. PROFIL EN TRAVERS

IV.3.1. Introduction

Le profil en travers d'une route représente une coupe transversale perpendiculaire à l'axe de la chaussée

Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « profil en travers type » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, ...etc.).

Les profils en travers permettent de calculer les paramètres suivants :

- La position des points théoriques d'entrée en terre des terrassements.
- L'assiette du projet et son emprise sur le terrain naturel.
- Les cubatures (volumes de déblais et de remblais).

IV.3.2. Les différents types de profils en Travers

Il existe trois types de profils en travers : Les profils en remblai, en déblai ou bien les profils mixtes.

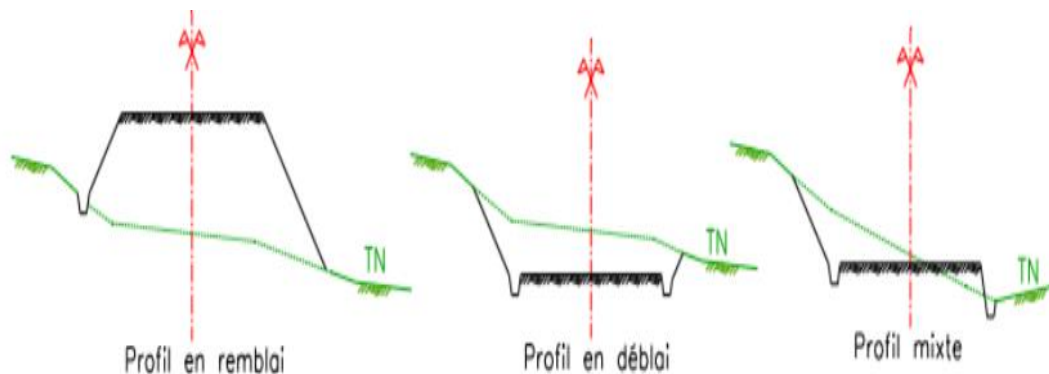


Figure IV.2: Différents types de profil en travers

IV.3.3. Les éléments du profil en travers

IV.3.3.1. Chaussée

D'après L'ICTAAL Chaque chaussée comporte de 2 à 4 voies de circulation larges de 3,50m.

Dans notre projet on a une chaussée de 3 voies avec 3,5m pour chaque voie.

IV.3.3.2. Terre-Plein Central (T.P.C)

Le T.P.C. assure la séparation matérielle des deux sens de circulation. Sa largeur résulte de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.

- **Bande dérasée de gauche (B.D.G) :**

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

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

- **Bande médiane :**

Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, à implanter certains équipements (barrières de sécurité, supports de signalisation, ouvrages de collecte et d'évacuation des eaux) et, le cas échéant, des piles d'ouvrages et des aménagements paysagers. Sa largeur dépend, pour le minimum, des éléments qui y sont implantés.

IV.3.3.3. Accotement

L'accotement comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) bordée à l'extérieur d'une berme.

- **La bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) :**

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

Elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée d'une sur largeur de chaussée qui porte le marquage en rive, puis d'une partie dégagée de tout obstacle, revêtue et apte à accueillir un véhicule lourd en stationnement. Aucune dénivellation ne doit exister entre la chaussée et la B.A.U Sa largeur est de 2,50 m, ou 3m.

- **La berme :**

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

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

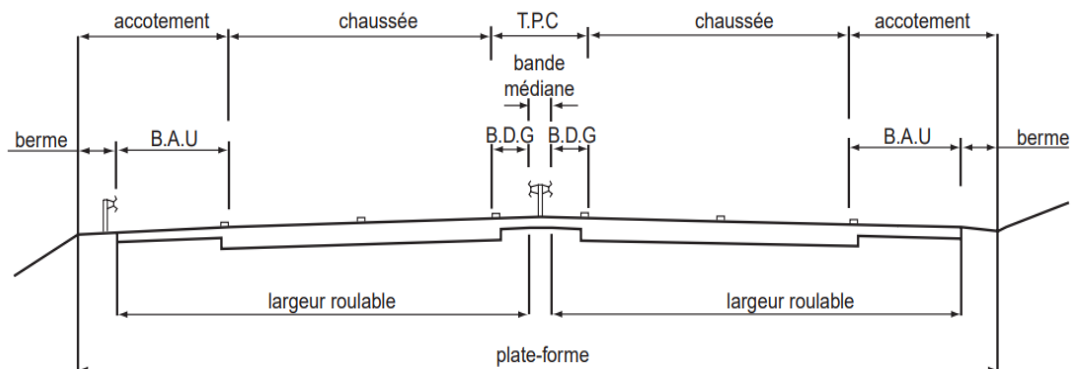


Figure IV.3: Les éléments du profil en travers

IV.3.4. Pentas transversales

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

IV.3.4.1. En alignement et en courbe non déversée

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

La pente d'une B.A.U. (ou d'une B.D.D.), est identique à celle de la chaussée adjacente, mais au-delà de la sur largeur de chaussée portant le marquage de rive, elle peut être portée à 4% pour des raisons techniques. Les pentes des B.D.G. et du versant en toit d'un T.P.C. revêtu sont identiques à celle de la chaussée adjacente. La berme extérieure présente une pente transversale de 8 % qui peut être portée jusqu'à 25% dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement.

IV.3.4.2. En courbe déversée

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

La pente de la B.A.U. (ou la B.D.D.) intérieure à la courbe est la même que celle de la chaussée adjacente.

La pente de la B.A.U. extérieure (ou la B.D.D.) reste la même qu'en alignement droit tant que le dévers ne dépasse pas 4 % ; au-delà, elle est de sens opposé au dévers et égale à 1,5 %, hormis la sur largeur de chaussée qui conserve la même pente que la chaussée. Les dispositions relatives aux autres composantes de la plate-forme restent les mêmes.

IV.3.5. Profil en travers type du notre projet

Tableau IV-3: Profil en travers type du notre projet

Description	Largeur (m)	Nombre	Largeur totale (m)
Voie de circulation (2x3)	3.5	6	21
Terre-plein centrale (T.P.C)	5	1	5
Bande dérasée gauche (B.D.G)	1	2	2
Bande médiane (B.M)	3	1	3
Accotement	4.5	2	9
-Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U).	3	2	6
-La berme.	1.5	2	3
Totale	35 m		

CHAPITRE V :

ETUDE GEOTECHNIQUE

V.1. INTRODUCTION

L'étude géotechnique est une étape fondamentale dans la réalisation des infrastructures routières. Elle consiste à analyser les terrains traversés par le tracé afin de déterminer leurs caractéristiques physiques, mécaniques et hydrauliques. Elle permet d'évaluer la capacité portante des sols et d'identifier les risques de tassement ou d'instabilité. Les résultats obtenus servent à définir les solutions techniques adaptées pour la conception de la chaussée et l'exécution des travaux de terrassement.

V.2. LES MOYENS DE RECONNAISSANCES

Les moyens de reconnaissances d'un tracé routier sont :

- L'étude des archives et documents existants.
- Les visites de site et les essais in situ (puits de reconnaissances, sondages carottés)
- Les essais de laboratoires.

V.2.1. L'étude des archives et documents existants

Les études antérieures réalisées dans la zone du projet permettent de disposer d'informations générales sur la nature des terrains traversés. Les cartes géologiques et géotechniques de la région fournissent également une première indication sur les caractéristiques du sol du site étudié.

V.2.2. Les essais in situ

Les essais in situ sont réalisés directement sur le terrain afin d'évaluer les propriétés mécaniques et physiques des sols. Ils sont effectués conformément à des normes précises, garantissant la fiabilité des résultats.

Tableau V-1: Aperçu sur les normes des investigations in situ

N°	Désignations	Normes	Objectifs
1	Puits de Reconnaissance	XP P 94-011	Identification du sol en phase d'APD. Prélèvements des échantillons. Détermination de la portance du terrain. (Essais CBR).
2	Sondages Pressométriques	NF P 94-110	Évaluer les caractéristiques de déformabilité des terrains ainsi que leur Pression limite.
3	Sondages carottés	XP P 94-202	Identification d'un sol. Distinction des types de formation. Prélèvements des échantillons.

V.2.3. Les essais au laboratoire

Dans le but de caractériser les sols et les roches des formations rencontrées le long du tracé, des essais de laboratoire physiques, chimiques et mécaniques ont été réalisés sur des échantillons prélevés à la fois dans les puits de reconnaissance et les sondages carottés.

Tableau V-2: Aperçu sur les normes des investigations au laboratoire

Essais	Description	Norme	Objectif
Essais d'identifications Physiques	Analyse granulométrique (Tamisage à sec) AG	NF P 94-056	Répartition pondérale des éléments granulaires d'un matériau de terrassement
	Analyse granulométrique par méthode de sédimentation	NF P 94-057	Détermination de la distribution pondérale.
	Teneur en eau naturelle	NF P 94-050	Détermination de la teneur en eau d'un matériau.
	Limites d'Atterberg	NF P 94-051	Détermination de l'argilosité d'un sol
	Détermination de la Masse volumique des particules solides d'un sol	NF P 94-054	Détermination de la masse volumique moyenne des particules solides de sol
	Masse volumique sèche d'une roche	NF P 94-064	Détermination de la masse volumique sèche d'un élément de roche
	Valeur de bleu méthylène d'un sol	NF P 94-068	Détermination de l'argilosité d'un matériau
ESSAIS Chimique	Teneur en CaSO ₄	NF P 18-011	Détermination de la teneur en sulfate - Degré d'agressivité du sol

Essais	Description	Norme	Objectif
Essais Routiers	Essai 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
Essais Mécaniques des sols	Essai œdométriques	XP P 94-090-1	Étudier la compressibilité d'un échantillon de sol
	Essai de cisaillement	NF P 94-071-1	Mesure des paramètres de résistance au cisaillement rectiligne (cohésion et angle de frottement interne) d'un matériau
Essais mécaniques des roches	Essai Los Angeles (LA)	NF EN 1097-2	Mesure de la résistance d'une fraction granulaire à la fragmentation par chocs
	Essai Micro Deval humide (MDE)	NF EN 1097-1	Mesure de la résistance d'usure d'une fraction granulaire
	Essai de fragmentable (FG)	NF P 94-066	Mesure de la résistance de la roche sous la charge due au trafic routier
	Essai de dégradabilité (DG)	NF P 94-067	Qualifier la sensibilité du matériau rocheux aux sollicitations hydriques
	Essai de compression simple	NF P 98-301	Mesure de la résistance à la compression
	Essai de résistance à la traction	NF P 18-408	Mesure de la résistance à la traction

V.3. RESULTATS DES INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

V.3.1. Résultats des reconnaissances in situ

V.3.1.1. Puits de reconnaissance

Tableau V-3: résultats des puits de reconnaissance

N° des Puits	PK	Profondeur	La description lithologique
PU01	61+000	0.00-0.20 m	Terre végétale
		0.20-0.60 m	Encroûtement calcaire
PU02	64+800	0.00-0.20 m	Terre végétale
		0.20-0.50 m	Encroûtement calcaire

V.3.1.2. Sondages carottés

Tableau V-4: Résultats des sondages carottés.

N°sondage	PK	Profondeur	La description lithologique
SC-01	62+183	0.00-0.20 m	Terre végétale
		0.20-15.00 m	Calcaires massifs
SC-02	65+025	0.00-0.20 m	Terre végétale
		0.20-15.00 m	Calcaires massifs durs

V.3.2. Résultats des essais au laboratoire

V.3.2.1. Résultats de puits De reconnaissance

Vu la nature de la formation rencontrée au droit des trois puits (**encroûtement calcaire**), il n'a pas été possible de réaliser des essais au laboratoire (refus superficiel).

V.3.2.2. Résultats des sondages:

Tableau V-5: Résultats des essais d sondage 01

Essais	Sondage	<i>SCD,01</i>	
	Prof,	1,00/2,00	4,00/6,00
P H Y S I Q U E	WL (%)	43,74	N,M
	WP (%)	31,52	N,M
	IP (%)	12,22	N,M
	5 mm	50%	36%
	1 mm	28%	27%
	Passant 0,2mm	17%	7%
	A 0,1 mm	16%	5%
	20 μ	11%	
	2 μ	2%	

Tableau V-6: Résultats des essais du sondage 02

Essais	Sondage	<i>SCD,02</i>					
MECANIQUE	Prof, Ech Paraff,	2,00/2,50	3,50/3,90	5,50/5,90	6,60/7,10	10,20/10,90	12,20/12,60
	Rc , (bars)	210,68	87,49	107,49	59,2	104,38	102,37
	γ d (T/m ³)	3,13	3,02	2,55	2,51	2,61	2,57

Tableau V-7: Résultats des essais du sondage 03

Essais	Sondage	<i>SD,04</i>		
MECANIQUE	Prof, Ech Paraff,	3,00/3,15	4,10/4,30	15,00/15,50
	Rc , (bars)	295,5	157,8	345,9
	γ d (T/m ³)	2,26	2,27	2,42

Tableau V-8: Résultats des essais du sondage 04

Essais	Sondage	<i>SCR,04</i>		
MECANIQUE	Prof, Ech Paraff,	3,00/3,20	7,20/7,60	8,00/8,50
	Rc , (bars)	262,7	350,7	277,3
	γ d (T/m ³)	2,24	2,28	2,26

Remarque :

- Les valeurs obtenues de "Rc" caractérisent des matériaux de bonne consistance en général et des matériaux de nature dure et compacte.
- Les zones rocheuses sont du PK 61+000 au PK 66+000.

V.4. CLASSIFICATION DES SOLS(CLASSIFICATION GTR) :

Les différents systèmes de classifications géotechniques des sols et de matériaux rocheux

Matériaux rocheux	Roches sédimentaires	Roches carbonatées	Craies	R ₁
			Calcaires	R ₂
		Roches argileuses	Marnes, argilites, pélites ...	R ₃
		Roches siliceuses	Grès, poudingues, brèches ...	R ₄
		Roches salines	Sel gemme, gypse	R ₅
	Roches magmatiques et métamorphiques	Granites, basaltes, andésites, gneiss, schistes métamorphiques et ardoisiers ...		R ₆

Figure V.1: Abaque de la classification GTR

proposés jusqu'à présent ont été établis avec le souci de servir l'ingénieur dans l'ensemble des différents domaines du Génie Civil où ces matériaux sont concernés (ouvrages en terre, fondations, stabilité des pentes, assises de chaussée ou élaboration des granulats. . .), Ainsi, pour la réalisation des remblais et des couches de forme.

Exemple de classification :

Sondage SC-03 :

On a Grès massifs durs à moyennement durs.

Tableau V-9: classification GTR

Classement selon la nature			Classement selon l'état hydrique et le comportement		
Nature pétrographique de la roche		Caractères principaux	Paramètres et valeurs seuils retenus	Sous-classe	
Roches siliceuses	R ₄	.Les matériaux de cette classe peuvent être assimilés à des conglomérats de grains de sable (cas des grès) ou de galets (cas des brèches et poudingues), liés entre eux par un ciment naturel de silice ou de	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	Roche siliceuses dures	R ₄₁
			LA > 45 Ou MDE > 45 et tFR ≥ 7	Roches siliceuses dur et moyenne	R ₄₂

CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE

	Grès Poudingues Brèches	calcite. La résistance plus ou moins grande de cette cimentation confère à ces matériaux des comportements variables (risques de réarrangements après mise en œuvre lorsqu'ils ne sont pas suffisamment compactés, en particulier).	FR>7	Roche ssiliceuses fragmentables	R ₄₃
--	-------------------------------	---	------	---------------------------------	-----------------

L'identification de ces matériaux sont de classe **R₄**(selon la nature), d'après le GTR [guide technique, réalisation des remblais et des couches de forme, fascicule II, annexes techniques (Juillet 2000, 2^{ème} Édition)].

V.4.1. Résultats de classification GTR

Tableau V-10: Résultats de classification GTR

Sondage	SC-0	S-02	SC-03	SC
Classification (GTR)	R ₂	R ₂	R ₄	R ₄

V.5. CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI

Les résultats de la classification GTR et des études géotechniques montrent que les matériaux du peuvent être réutilisés en remblais, en fonction des conditions du chantier et de l'état d'humidité des sols.

Selon le GTR, les matériaux rencontrés, classés R2 et R4 sont des calcaires et grès exploitables à la base des remblais, à condition d procéder à la fragmentation des éléments grossiers ≥ 800 mm. Leur mise en œuvre nécessite un compactage moyen

Tableau V-11 : conditions d'utilisation des matériaux en remblai

sol	Observation générale	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai
R21 R41 R61	Matériaux rocheux sains Ces matériaux habituellement insensibles à l'eau, sont utilisables en remblais quelles que soient les conditions météorologiques	++ + = ou -	toutes conditions météorologiques	G : élimination des éléments ≥ 800 mm C compactage moyen
R22 R42 R62	Matériaux rocheux de dureté moyenne, évoluant granulométriquement en cours de chantier vers un sol blocailleux. Cette évolution granulométrique peut être notamment accélérée en période pluvieuse sous trafic.	Les conditions dépendent de la nature et de l'état du sol obtenu en chantier. Ces matériaux se classent généralement en C2 et quelques fois en C1 ou en D3 . Dans chaque cas, le géotechnicien doit préciser le sol le plus probable auquel on aboutit en fin de mise en œuvre Cf. conditions d'utilisation de ces sols		

V.6. STABILITE DES TALUS

V.6.1. Introduction

Dans un projet routier, la création de talus en déblais ou en remblais est souvent nécessaire pour adapter le tracé à la topographie. La stabilité de ces talus est un enjeu majeur, car toute instabilité peut entraîner des glissements de terrain, des dommages à la chaussée ou des interruptions de circulation. Elle dépend de plusieurs facteurs, tels que la nature du sol, la pente du talus, la hauteur, et surtout la présence d'eau. Une étude géotechnique appropriée permet de prévenir ces risques en définissant des pentes sûres et, si nécessaire, en prévoyant des dispositifs de stabilisation.

Les paramètres géotechniques concernés et qui influent sur les analyses de stabilité des déblais et des remblais sont :

- Poids volumique γ .
- Cohésion c .
- Angle de frottement interne ϕ .

V.6.2. Méthode de calcul

Le calcul de stabilité ont été réalisés à l'aide du logiciel GEO5. La méthode de calcul choisie est la méthode de Bishop pour les surfaces de rupture circulaires, en basant sur les données géométriques des profils en travers courants et les résultats de l'investigation géotechnique.

La méthode de Bishop est une méthode d'analyse de la stabilité des talus qui est basée sur la méthode des tranches. Elle consiste à diviser le talus en plusieurs tranches verticales et à analyser l'équilibre de chaque tranche indépendamment, en prenant en compte les forces inter-tranches. La méthode de Bishop est souvent utilisée pour déterminer le coefficient de sécurité d'un talus et pour identifier la surface de rupture la plus critique.

V.6.3. Coefficient de sécurité

Le calcul de la stabilité des talus est généralement estimé à l'aide d'un coefficient appelé : coefficient de sécurité. 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.

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

- $F_s \geq 1.5$ pour la stabilité à long terme.
- $F_s \geq 1.1$ pour la stabilité sous la sollicitation sismique.

Pentes des talus et bermes :

Tableau V-12: Pentes des talus et bermes

Zone	Pente	Critère
Déblai	1H/2V	Une risberme de 3m à tous les 6m
Remblai	3H/2V	Une risberme de 3m à tous les 6m

La charge sur chaussée :

Tableau V-13: La charge sur chaussée :

La charge Q (kpa)	Largeur chargeable (m)
15	35

V.7. CALCUL LA STABILITE

V.7.1. Cas déblai

Nous allons vérifier la stabilité du profil qui représente la hauteur du déblai la plus importante, à savoir au PK 65+050 , cette hauteur est de 11 m.

CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE

Tableau V-14: les paramètres de calcul de la stabilité du déblai

PK	Profondeur (m)	Poids volumique γ_h (KN/m ³)	Angle de frottement φ (°)	Cohésion C (KN/m ²)
65+050	11	20	28	25

Résultats d'analyse par logiciel :

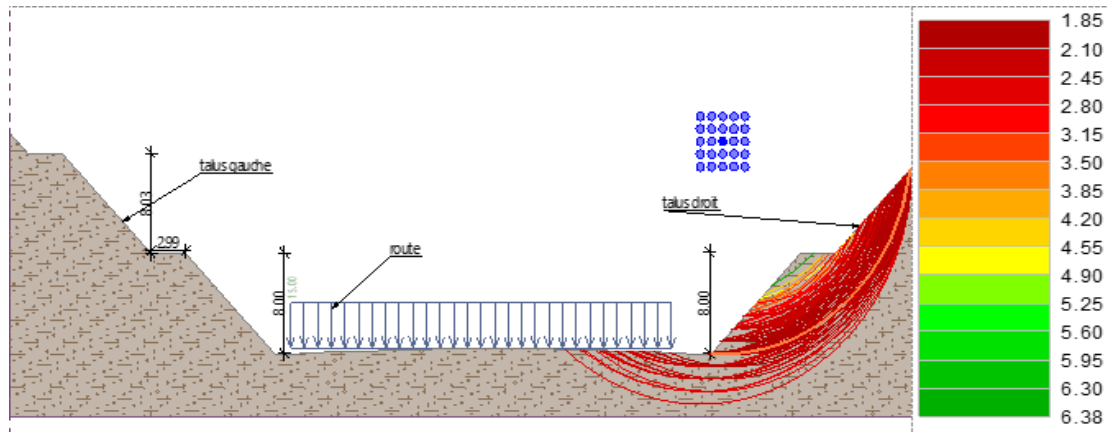


Figure V.2: Résultats de stabilité du déblai à long terme (côté droit)

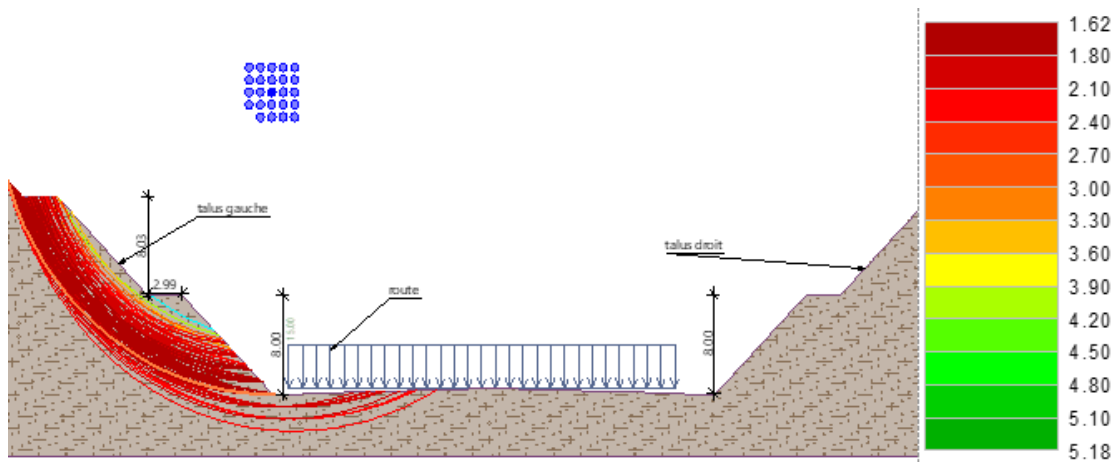


Figure V.3: Résultats de stabilité du déblai à long terme (coté gauche)

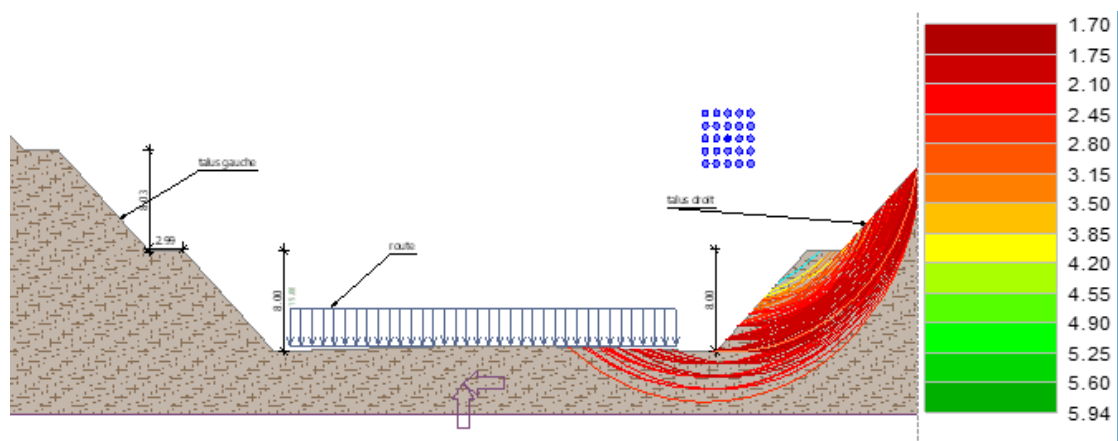


Figure V.4: Résultats de stabilité du déblai sous la sollicitation sismique (coté droit)

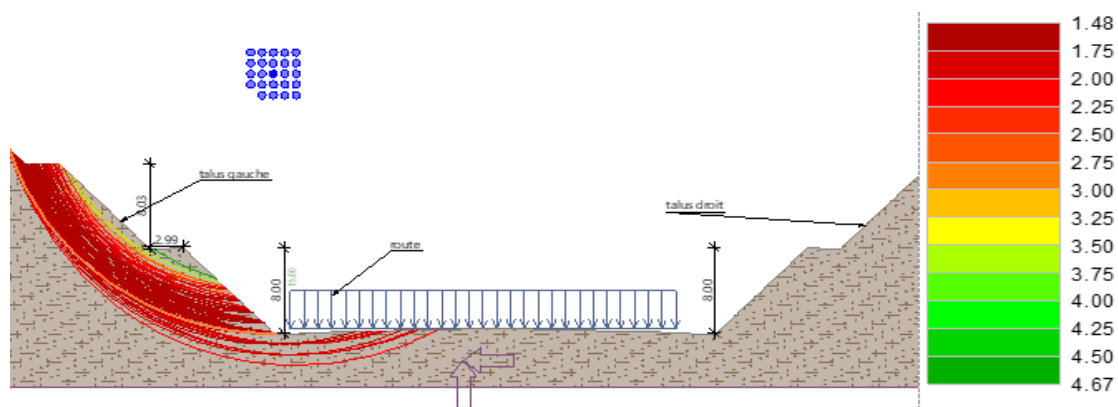


Figure V.5: Résultats de stabilité du déblai sous la sollicitation sismique (coté gauche)

Résultat d'analyse pour la section de déblai :

Tableau V-15: résultat d'analyse pour la section de déblai

Déblai	Coté	Résultat	Vérification
À long terme	Droit	$FS=1.85 \geq 1.5$	Stable
	Gauche	$FS=1.62 \geq 1.5$	Stable
Sous la sollicitation sismique	Droit	$FS=1.70 \geq 1.1$	Stable
	Gauche	$FS=1.48 \geq 1.1$	Stable

V.7.2. Cas remblai

Nous allons vérifier la stabilité du profil qui représente la hauteur du remblai la plus importante, à savoir au PK 62+475, cette hauteur est de 10 m.

Tableau V-16: les paramètres de calcul de la stabilité du remblai

PK	Profondeur (m)	Poids volumique γ_h (KN/m ³)	Angle de frottement φ (°)	Cohésion C (KN/m ²)
62+475	10	18	30	10

Les résultats de logiciel :

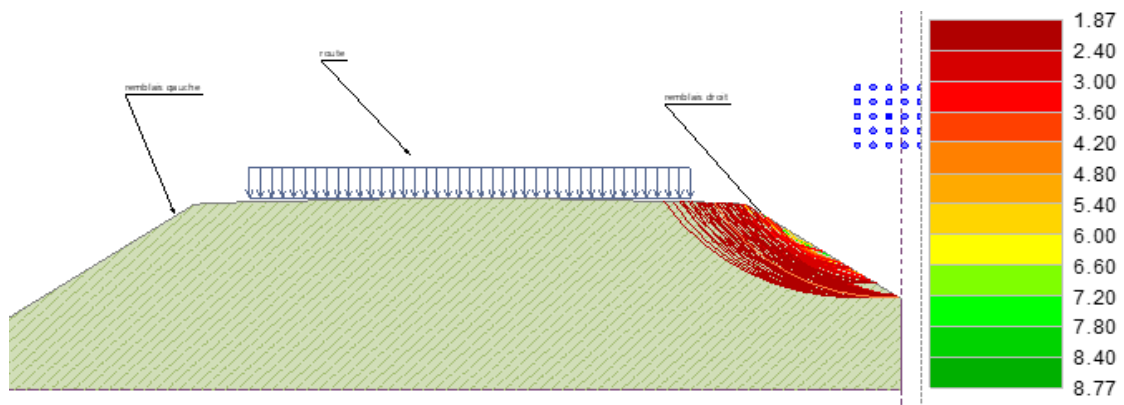


Figure V.6: Résultats de stabilité du remblai à long terme (coté droit)

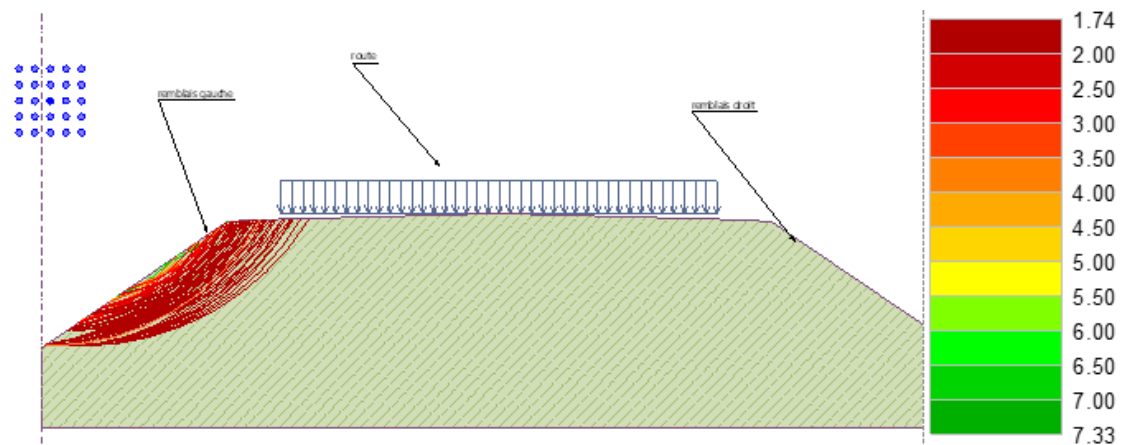


Figure V.7: Résultats de stabilité du remblai à long terme (coté gauche)

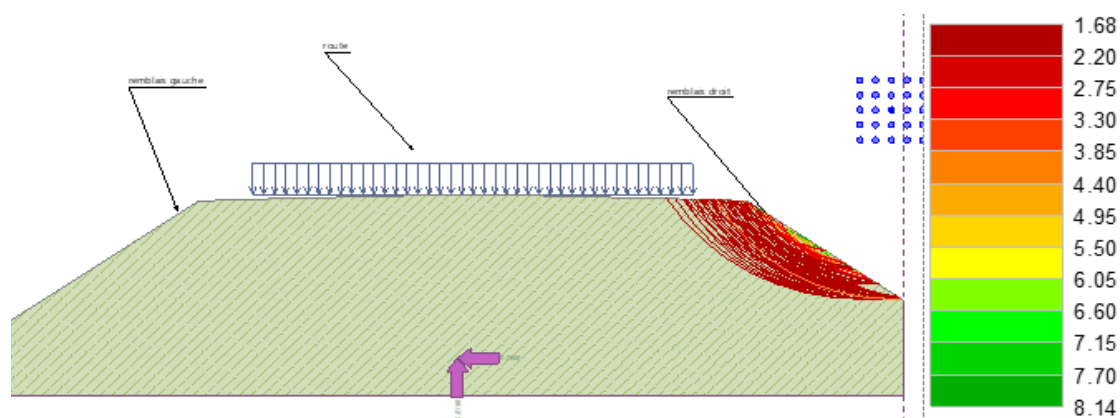


Figure V.8: Résultats de stabilité du remblai sous la sollicitation sismique (coté droit)

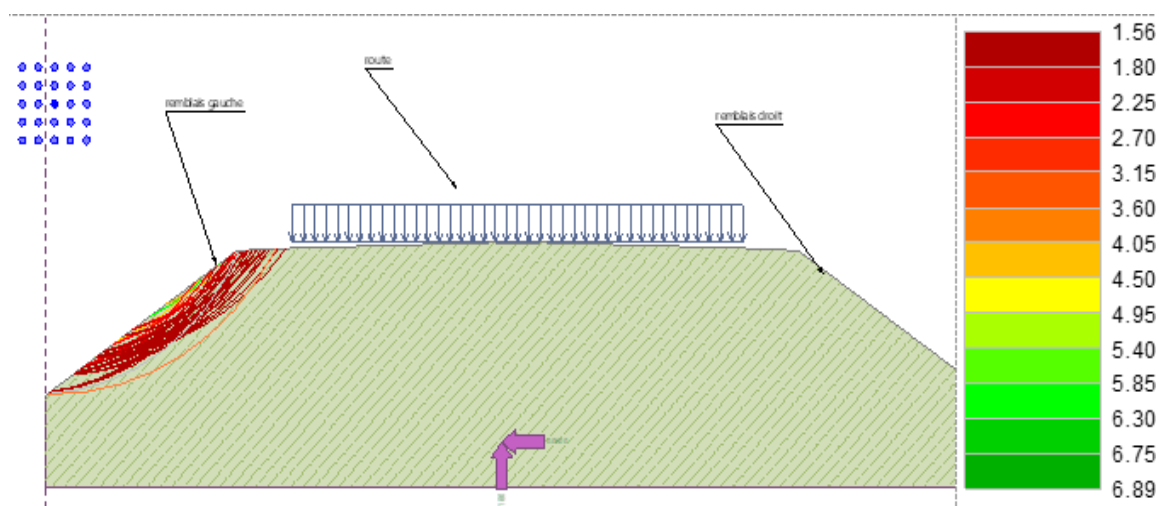


Figure V.9: Résultats de stabilité du remblai sous la sollicitation sismique (coté gauche)

Résultat d'analyse pour la section de remblai :

Remblai	Coté	Résultat	Vérification
À long terme	Droit	$FS=1.87 \geq 1.5$	Stable
	Gauche	$FS=1.74 \geq 1.5$	Stable
Sous la sollicitation sismique	Droit	$FS=1.68 \geq 1.1$	Stable
	Gauche	$FS=1.56 \geq 1.1$	Stable

CHAPITRES VI :
DIMENSIONNEMENT DU
CORPS DE CHAUSSEE

VI.1. INTRODUCTION

Le dimensionnement du corps de chaussée est une étape essentielle de la conception routière, visant à assurer la durabilité de l'ouvrage sous l'effet des sollicitations du trafic et des actions climatiques. Il consiste à définir les matériaux et les épaisseurs des différentes couches de la chaussée, en fonction des critères de portance, de fatigue et de déformations admissibles.

Une conception adéquate permet de prévenir les dégradations prématurées, telles que la fatigue des matériaux ou l'orniérage excessif, assurant ainsi la pérennité de l'ouvrage et la sécurité des usagers. Ce processus nécessite une analyse approfondie des caractéristiques du sol en place, des conditions climatiques locales et des prévisions de trafic, afin de sélectionner les matériaux appropriés et de définir les épaisseurs optimales de chaque couche de la structure routière.

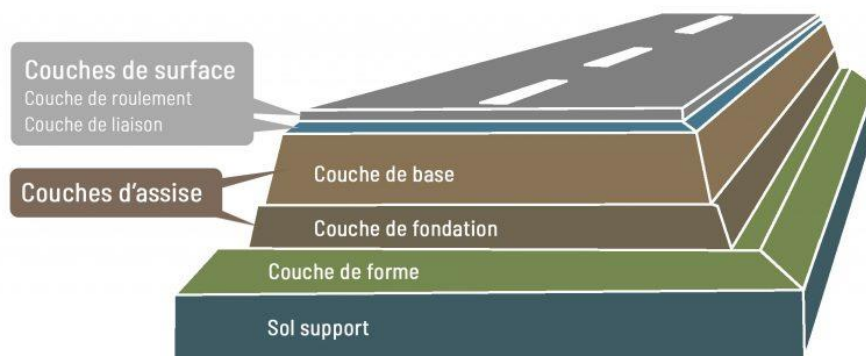


Figure VI.1: Différentes couches de la structure de la chaussée

VI.2. L'OBJECTIVE DE DIMENSIONNEMENT

Selon les paramètres énoncés précédemment, il sera nécessaire de calculer les épaisseurs des différentes couches qui composent la structure, qui sont :

- La couche surface.
- La couche de base.
- La couche fondation.

C'est là le but principal des méthodes de dimensionnement des structures de chaussées

VI.3. LES METHODES DE DIMENSIONNEMENT

Les méthodes du dimensionnement de corps de chaussée les plus utilisées sont :

- La Méthode du catalogue algérien de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP).
- La méthode CBR.

VI.4. LA METHODE DU CATALOGUE ALGERIEN DE DIMENSIONNEMENT

Les données de base pour le dimensionnement de la chaussée sont :

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

VI.4.1. Les données climatiques

VI.4.1.1. Classification de la zone d'étude

Notre projet de zone II

VI.4.1.2. Température équivalente

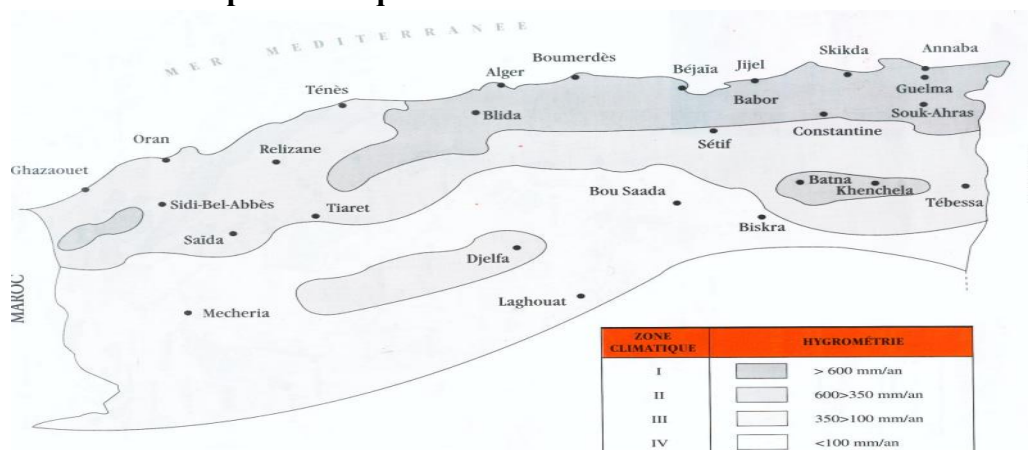


Figure VI.2: Position du projet dans la carte climatique de l'Algérie (fascicule 1)

Tableau VI-1: Choix des températures équivalentes (fascicule 2)

Zone climatique	I et II	III	IV
Température équivalente θ_{eq}	20°C	25°C	30°C

Donc on prend une température équivalente égale à **20°C**.

VI.4.2. Détermination du type du réseau principal

D'après le catalogue on a la classification suivante :

Tableau VI-2: Choix de type de réseau principal (fascicule 1)

Trafic (V/J)	Réseau principale
>1500 v/j	Rp1
<1500 v/j	Rp2

$$TJMA_{2030} = 16790 \text{ (v/j)} > 1500 \text{ v/j}$$

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

VI.4.3. Détermination de la classe de trafic (TPLi)

Les caractéristiques de trafic sont les suivant :

- Pourcentage de poids lourds 27.4%.
- La durée vie est de 20 ans.
- Taux d'accroissement $\tau = 3.5\%$.
- $TJMA_{2030} = 16790 \text{ v/j}$.
- $TPL_{2030} = TJMA_{2030} \times Z = 16790 \times (2/3) \times 0.274 = 3067 \text{ PL/j/sens}$

On a : répartition transversale sur la voie la plus chargée : on a 80% du trafic PL sur la voie lente de droite (chaussées unidirectionnelles à 3 voies).

$$TPL_{2030} = 3067 \times 0.8 = 2454 \text{ PL/j/sens.}$$

La classe de trafic (TPLi) est déterminée à partir de trafic du poids lourds par jour par sens sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

Tableau VI-3: Classe TPLi pour Rp1 (fascicule 1)

TPLi	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
PL/j/sens	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

D'après la classification du catalogue de dimensionnement on est dans un réseau principal de classe **TPL6** pour un $TPL = 2454 \text{ PL/j/sens}$ entre (1500 et 3000).

VI.4.4. Le trafic cumule de poids lourds (TCi)

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

$$TCi = TPLi \times 365 \times \frac{(1+\tau)^n - 1}{\tau}$$

Application numérique :

$$TCi = 2454 \times 365 \times \frac{(1+0.035)^{20} - 1}{0.035}$$

$$TCi = 25.3 \times 10^6 \text{ PL/j/sens}$$

VI.4.5. Trafic cumulé équivalent (TCEi)

Le TCEi est le trafic à prendre en compte dans le calcul du dimensionnement, il correspond au Nombre cumulé d'essieu équivalent de 13 tonnes sur la durée de vie considérée

$$TCEi = TCi \times A$$

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

En fonction du réseau principal Rpi.

Tableau VI-4: Coefficient d'agressivité A (fascicule 2)

Niveau de réseau principal (Rpi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GC, GB/Tuf, GB/SG	0.6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL, BCg / GC	1

Pour notre projet on a RP1 et Chaussée à matériaux traités au bitume donc **A=0.6**

$$TCEi = 0.6 \times TCi = 15.2 \times 10^6 \text{ essieux équivalent de 13t}$$

VI.4.6. Le risque de calcul

D'après le catalogue de dimensionnement algérien :

Tableau VI-5: Risque adopté pour le réseau RP1 (fascicule 2)

RISQUE (R%)	Classe de trafic	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
	GB/GB, GB/GNT	20	15	10	5	2

Nous avons un risque de **r= 5%**

VI.4.7. Détermination de la portance du sol support

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S4 à S0. Cette classification sera également utilisée pour les sols-supports de chaussée.

CHAPITRES VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

Tableau VI-6: Classes de portance des sols Si (fascicule 1)

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

Dans le cadre de notre projet, et selon les données géotechniques relevées tout au long du tracé, le terrain est rocheux (Calcaires massifs et Grès massifs). Conformément au Guide des Terrassements Routier (GTR) – Fascicule I, nous avons identifié PST n°6, avec une arase de terrassement AR3 et une plate-forme PF3 avec $E = 120 \text{ MPa}$, correspondant à un $\text{CBR} = 24$. Alors la classe S2. On prend une couche de réglage de 25cm de GNT.

Remarque :

Vérifier la plate-forme avant la mise en place de la couche de fondation, en s'assurant que la portance de la plate-forme supérieure atteint 120 MPa, conformément aux résultats de l'essai à la plaque.

VI.4.8. Choix de dimensionnement du corps de chaussée

On est dans le réseau principal (RP1), la zone climatique I, durée de vie de 20 ans, la classe de trafic TPL7 et un taux d'accroissement moyen (3.5%).

TPLi Si PL/j/sens	S2	S1	S0
	50 MPa	125 MPa	200 MPa
6000	8 BB 14 GB 15 GB	8 BB 12 GB 13 GB	8 BB 11 GB 11 GB
TPL7 3000	8 BB 12 GB 13 GB	8 BB 11 GB 11 GB	8 BB 10 GB 10 GB
TPL6 1500	6 BB 11 GB 12 GB	6 BB 10 GB 10 GB	
TPL5 600			

Figure VI.3: Choix de dimensionnement de corps de chaussée (Fascicule3)

Avec toutes ces données, le catalogue Algérien (fascicule N°3) propose la structure suivante:

- Couche de roulement : BB = 8 cm.
- Couche de base : GB = 12 cm.
- Couche de fondation : GB = 13 cm.

Proposition de la structure :

- Couche de roulement : BB = 8 cm.
- Couche de base : GB = 10 cm.
- Couche de fondation : GB = 12 cm.

VI.4.9. Calcul de la déformation admissible

VI.4.9.1. Calcul de la déformation admissible (ϵ_z , adm) du sol support

La valeur admissible est donnée par la relation empirique déduite à partir d'une étude statique de comportement des chaussées algériennes.

$$\epsilon_z \text{ adm} = 22.10^{-3} \times TCEi^{-0.235}$$

Application numérique:

$$\epsilon_z \text{ adm} = 22.10^{-3} \times (15.2 \times 10^6)^{-0.235}$$

$$\epsilon_z \text{ adm} = 451 \times 10^{-6}$$

VI.4.9.2. Calcul de la déformation admissible de traction (ϵ_t , adm) :

Les déformations admissibles de traction à la base des couches bitumineuses est donnée par la Relation suivante :

$$\epsilon_t \text{ adm} = \epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times K_{ne} \times K_\theta \times K_r \times K_c$$

- $\epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25\text{Hz})$: déformation limite détenue au bout de 10⁶ cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25Hz (essai de fatigue).
- K_{ne} : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.
- K_r : facteur lié au risque et aux dispersions.
- K_θ : facteur lié à la température.
- K_c : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée

Avec :

$$K_r = 10^{-t \cdot b \cdot \delta} \quad K_{ne} = \left(\frac{TCEI}{10^6} \right)^b \quad K_\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{eq})}}$$

D'où :

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times \left(\frac{TCEI}{10^6} \right)^b \times \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{eq})}} \times 10^{-tb\delta} \times K_c$$

Avec :

- b : pente de la droite de fatigue ($b < 0$).
- $E(10^\circ\text{C})$: module complexe du matériau bitumineux à 10°C .
- $E(\theta_{eq})$: module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée

- δ : La dispersion $\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} sh \right)^2}$

Avec :

- SN : dispersion sur la loi de fatigue.
- Sh : dispersion sur les épaisseurs.
- c : coefficient égal à 0.02
- t : fractile de la loi normale qui est en fonction du risque adopté ($r\%$).

Tableau VI-7: Valeurs de $t=f(r\%)$

$r\%$	2	3	5	7	10	12	15
t	- 2.054	-1.881	-1.654	-1.520	-1.282	-1.175	1.036
$r\%$	20	23	25	30	35	40	50
t	-0.824	-0.739	-0.674	-0.524	-0.385	-0.253	0

Donc $t = -1.654$

CHAPITRES VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

Performances mécaniques des matériaux bitumineux :

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

Tableau VI-8: Performances mécaniques des matériaux bitumineux (Fascicule 2)

MTB	E Mpa (30 °,10Hz)	E Mpa (25 °,10Hz)	E Mpa (20 °,10Hz)	E Mpa (10 °,10Hz)	ϵ_6 (10 °,25Hz) 10^{-6}	-1/b	SN	Sh (cm)	v	Kc calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0.35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6.84	0.45	3	0.35	1.3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	.86	2.5	0.45	1.3

Application numérique :

$$\delta = \sqrt{0.45^2 + \left(\left(\frac{0.02}{-0.146}\right) 3\right)^2} = 0.609 \text{ avec } b = -0.146$$

$$\epsilon_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} (15.2 \times 10^6 / 10^6)^{-0.146} \times \sqrt{\frac{12500}{7000}} \times 10^{-(-1.654 \times 0.609 \times -0.146)} \times 1.3$$

$$\epsilon_{t,adm} = 83.2 \times 10^{-6}$$

VI.4.10. Vérification de la fatigue des structures et de la déformation du sol support

Pour la vérification il faut vérifier que les déformations ϵ_t et ϵ_z de la structure calculée à l'aide d'Alizé, sont inférieurs aux valeurs admissibles ($\epsilon_{t, adm}$ et $\epsilon_{z, adm}$) calculées par la méthode du Catalogue.

$$\epsilon_z < \epsilon_{z,adm} \quad \text{et} \quad \epsilon_t < \epsilon_{t,adm}$$

ALISÉ-LPC :

Logiciel ALISÉ-LCPC est le programme de référence utilisé pour les calculs de dimensionnement des charges en France, il permet de réaliser les calculs des déformations de structures chaussées.

CHAPITRES VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

Les résultats de calcul qui obtient par Alizé-CPC :

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μdef)	SigmaZ (MPa)
0,080	4000,0	0,350	0,000	35,9	0,298	25,9	0,658
	collé		0,080	11,6	0,239	71,6	0,564
0,100	7000,0	0,350	0,080	11,6	0,388	33,9	0,564
	collé		0,180	-19,2	-0,084	38,4	0,229
0,120	7000,0	0,350	0,180	-19,2	-0,084	38,4	0,229
	collé		0,300	-76,1	-0,722	69,4	0,031
infini	120,0	0,350	0,300	-76,1	0,004	227,2	0,031

$$\epsilon_z = 227.1 \times 10^{-6} < \epsilon_{z,adm} = 451 \times \text{vérifier}$$

$$\epsilon_t = 76.1 \times 10^{-6} < \epsilon_{t,adm} = 83.2 \times 10^{-6} \text{vérifier}$$

Choi final de la structure chaussée :

8BB + 10GB 12GB

CHAPITRES VII : CALCUL DES CUBATURES

CHAPITRES VII : CALCUL DES CUBATURES

VII.1. INTRODUCTION

La cubature des terrassements est une opération de calcul qui consiste à déterminer les volumes de terre déplacés (déblais et remblais) dans le cadre d'un projet. En d'autres termes, il s'agit de déterminer la quantité de terre à enlever pour les déblais ou à ajouter pour les remblais dans un projet routier.

Les éléments clés permettant de réaliser ces calculs sont :

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

VII.2. METHODE DE CALCUL DES CUBATURES

Il existe plusieurs méthodes de calcul des volumes remblai-déblai, parmi lesquelles nous citerons:

- La méthode de la longueur applicable.
- La méthode de l'aire moyenne : (méthode par défaut).
- La méthode approchée.
- La méthode de la moyenne des aires (méthode par excès).

Parmi ces méthodes de calcul des cubatures de terrassement, nous avons choisi la méthode de la moyenne des aires, car elle est la plus simple à appliquer. Cependant, elle présente un inconvénient : elle ne donne pas des résultats précis. Ainsi, pour réduire cette incertitude, il est recommandé de majorer les résultats par un coefficient de 10 % pour des raisons de sécurité.

VII.3. CALCUL DES CUBATURES DE PROJET

Pour notre projet, le calcul des cubatures a été effectué à l'aide du logiciel Covadis (Autopiste), et les résultats complets de calcul sont joints en annexe.

Calcul des volumes du corps de chaussée

Calcul des volumes de terrassements

Volume de Remblai : 603120.9 m³

Volume de Déblai : 396505.6 m³

Matériau	Volume cumulé
BB	15561,0
GB2	43364,0
GNT_0_315	61126,2

VII.4. CONCLUSION

Ce calcul a permis d'évaluer avec précision les quantités de matériaux nécessaires à la réalisation du tronçon autoroutier compris entre le Pk60+000 et le Pk 66+0

CHAPITRES VIII : ASSAINISSEMENT

VIII.1. INTRODUCTION

L'Algérie fait face à des crues périodiques provoquant d'importants dégâts humains et matériels, un risque aggravé par l'urbanisation, le développement économique et le changement climatique. De plus, le tracé, souvent traversé par des oueds et des écoulements temporaires, représente une contrainte majeure nécessitant une étude hydrologique approfondie. Ainsi, l'objectif de cette étude est de mesurer les débits de crues afin de prévenir les inondations et de définir un aménagement hydraulique adapté.

Le présent rapport est structuré autour de deux principales analyses :

- Une analyse hydrologique des bassins versants traversés par le tracé autoroutier, intégrant les aspects climatologiques et hydrographiques ;
- Une analyse hydraulique localisée des cours d'eau et oueds franchis, afin de déterminer les conditions de crue de dimensionnement, notamment l'évaluation des débits.

Les données exploitées dans le cadre de cette étude ont été collectées auprès de différents services techniques des wilayas de Sidi Bel Abbès et Saïda, notamment :

- Le service de l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques) ;
- La Direction de l'Hydraulique.

VIII.2. OBJECTIF DE L'ASSINISSEMENT

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée
- Réduire les coûts d'entretien et prévenir l'érosion des talus et du corps de chaussée.
- Évacuer les eaux d'infiltration pour garantir la stabilité du terrain et des structures, notamment face aux effets du gel.
- Garantir la stabilité des ouvrages pour toutes leurs durées de vie sous les différents régimes hydrauliques pouvant les déstabiliser.
- Évacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme.

VIII.3. 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, ...)

VIII.3.1. Identification des bassins versants naturels

L'identification des bassins versants naturels interceptés par l'infrastructure linéaire a été effectuée par une délimitation approximative des limites des bassins versants sur la carte d'état-major.

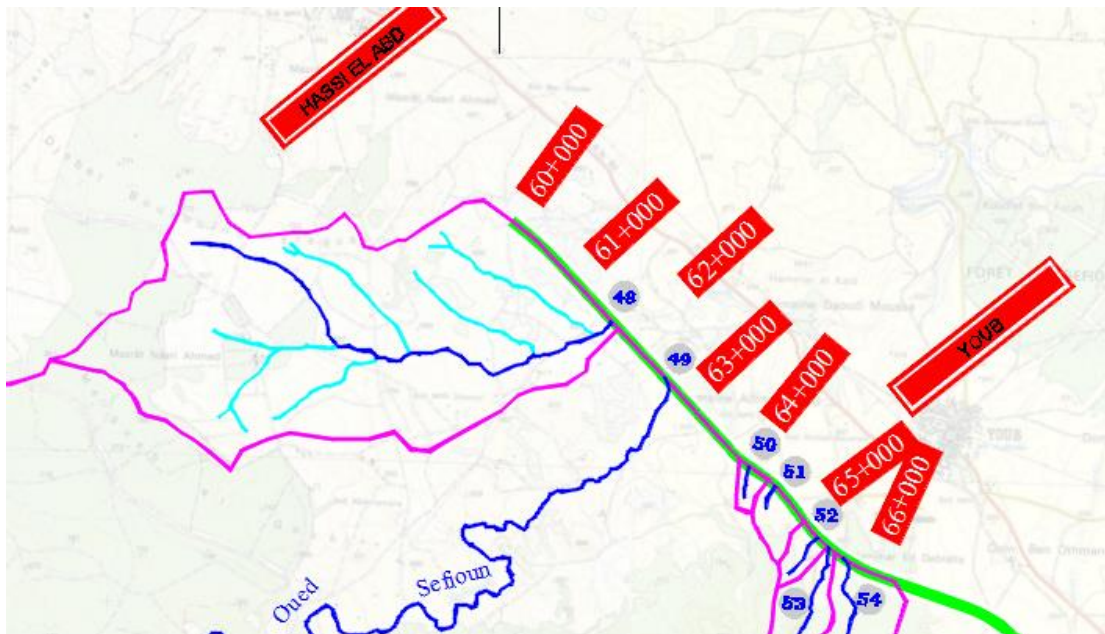


Figure VIII.1: Délimitation des bassins versants sur la carte d'état-major

VIII.3.2. Caractéristiques physiques des bassins versants

Tableau VIII-1: Caractéristiques physiques des bassins versants

N° du Bassin versant	PK	Surface du B.V (Km ²)	longueur de thalweg (Km)	H max (m)	H min (m)	H moy (m)	Pente moyenne (m/m)
01	61+688	13,48	6,720	780	656	718	0,018
02	62+687	1525.40	94.835	1465	624	1044.5	0.009
03	63+716	0.14	0.390	685	670.6	677.8	0.037
04	64+191	0.34	0.296	752	722.7	737.35	0.099
05	64+501	0.24	0.587	770	706	738	0.109
06	65+513	2.33	2.918	1163	445	804	0.246
07	65+698	1.12	1.572	835	682.5	758.75	0.097

VIII.4. ESTIMATION DES DEBITS CRUES :

Pour le rétablissement des écoulements naturels, le débit de projet est calculé pour une période de retour de 100 ans, conformément à la recommandation pour l'assainissement routier.

Formule rationnelle :

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

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

- **Q_a** : débit d'apport en m³/s.
- **I** : intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration (mm/h).
- **C** : coefficient de ruissellement.
- **A** : aire du bassin versant (Km²).

Formule de Sokolovski

Le débit de crue pour les bassins versants de superficie supérieurs à 100 km² a été calculé en appliquant la méthode Sokolovski dont l'expression est de la forme suivante :

$$Q_{max} = \frac{0.28 \times a \times S \times Pct}{Tc} \times f$$

a : Coefficient de ruissellement

f : coefficient de forme de l'hydropneumatisme de crue f=1.2 (données).

- T_c (temps de concentration)
- Pct (précipitation critique)

VIII.4.1. Temps de concentration

Le temps de concentration est un paramètre du bassin versant. Il traduit le temps mis par une goutte d'eau pour parcourir la distance entre un point éloigné et l'exutoire de ce dernier. Ce paramètre peut être interprété comme le temps de réponse d'un bassin pour atteindre le débit de pointe sous l'action d'une pluie constante. Il est évalué à l'aide de formules usuelles :

$$Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} \Rightarrow \text{Si } A < 5 \text{ km}^2, \text{ selon (Ventura).}$$

$$Tc = 0.108 \times \frac{\sqrt[3]{A \times L}}{\sqrt{P}} \Rightarrow \text{Si } 5 \text{ km}^2 < A < 25 \text{ km}^2 \text{ selon (Passini).}$$

$$Tc = \frac{4 \times \sqrt{A} + 1.5 \times L}{0.8 \times \sqrt{H_{moy} - H_{min}}} \Rightarrow \text{Si } 25 \text{ km}^2 < A < 200 \text{ km}^2 \text{ selon (Giandotti).}$$

Avec :

- **T_c** : temps de concentration (heures).
- **A** : surface du bassin versant (Km²).
- **L** : longueur de bassin versant (Km)

- **P** : pente moyenne de bassin versant (m/m).
- **H_{moy}** : altitudemoyenne (m) = $\frac{H_{\max} + H_{\min}}{2}$

VIII.4.2. Coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement est défini comme le rapport de la hauteur d'eau ruisselée à la hauteur d'eau précipitée.

Le coefficient de ruissellement est estimé par la méthode préconisée de ENESSEY qui est la somme de trois (03) coefficients partiels :

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

Tableau VIII-2: Coefficient C1

Pente	C		
≤ 3.5 %	0.01	0.03	0.05
Entre 3.5 et 11 %	0.06	0.08	0.10
Entre 11 et 35 %	0.12	0.16	0.20
> à 35 %	0.22	0.26	0.30

Tableau VIII-3: Coefficient C2

Nature du sol	C2		
Imperméable	0.22	0.26	0.30
Peu perméable	0.10	0.15	0.20
Perméable	0.06	0.08	0.10
Très perméable	0.03	0.04	0.05

Tableau VIII-4: Coefficient C3

Couverture végétale	C3		
Rocheux	0.22	0.26	0.30
Prairie	0.17	0.21	0.25
Labours champs	0.07	0.11	0.15
Forêt et territoire sableux	0.03	0.04	0.05

VIII.4.3. L'intensité de pluie I

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

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

NB : Les paramètres « a » et « b » de la formule de MONTANA proviennent des données qui nous ont été remises par l'ANRH (Agence National des Ressources Hydrauliques).

Les données et les résultats sont donnés par la station Daoud Youb (à SAIDA).

Tableau VIII-5: les données de station

Nom de Station	Daoud Youb
Code	110802
X (Lambert)	234.50
Y (Lambert)	185.00
Altitude (m)	660.00

Tableau VIII-6: Paramètres de Montana.

b = 0.70						
T (ans)	2	5	10	20	50	100
a (T)	13.40	19.90	24.10	28.20	33.50	37.40

VIII.4.4. Calcul du débit d'apports

POUR LE BASSIN VERSANT (BV1) :

On a une surface de $A = 13.48 \text{ Km}^2$

- **Temps De Concentration :**

$$T_c = 0.108 \times \frac{\sqrt[3]{A \times L}}{\sqrt{P}}$$

$$5 \text{ Km}^2 < A < 25 \text{ Km}^2 \quad T_c = 0.108 \times \frac{\sqrt[3]{13.48 \times 6.72}}{\sqrt{0.018}}$$

$$T_c = 3.615 \text{ h}$$

- **Coefficient De Ruissellement :**

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 0.05 + 0.2 + 0.15 = 0.40$$

- **Intensité De Pluie I(t) :**

$$a = 37.40$$

$$b = 0.7$$

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

$$I(t, 100) = 37.4 \times 3.615^{-0.7} = 15.21 \text{ mm/h}$$

- **Débits d'apports :**

$$Q_a(T) = 0.278 \times C \times I \times A$$

$$Q_a(100) = 0.278 \times 0.4 \times 15.21 \times 13.48 = 22.8 \text{ m}^3/\text{s}$$

Remarque

Pour le BV 02 > 100 Km²

On calcule le temps de concentration (Tc).

BV	Surface	Tc (min)					
	km ²	C	Californienne	Espagnole	Turazza	Ventura	Adopté
2	1525,40	812,68	1778,28	1483,70	3571,50	3142,02	2157,64

On estime le débit (Q)

BV	S	Mallet gauthier	Fuller II	Hazan Lazarevic	Adopté
	km2	m3/S	m3/S	m3/S	m3/S
2	1525,40	657,14	973,40	1079,55	903,36

VIII.4.5. Résultats de calcul de débit de notre projet

Le tableau suivant résume les résultats de calcul de débit des bassins versant qui franchissent notre autoroute

Tableau VIII-7: Les résultats de calcul des débits

N° du Bassin versant	PK	Surface du B.V (Km ²)	Cr	Temps de concentration (Heures)	I(100) (mm/h)	Débit de crue (m ³ /s)
01	61+688	13,48	0,40	3,615	15,21	22,80
02	62+687	1525.40	0,40	35.96	3.04	903.36
03	63+716	0.14	0,40	0,209	111,88	1,74
04	64+119	0.34	0,40	0,235	103,06	3.90
05	64+501	0.24	0,45	0,188	120,49	3,62
06	65+513	2.33	0,45	0,391	72,17	21,03
07	65+698	1.12	0,40	0,431	67,41	8,39

VIII.5. DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE

L'écoulement est graduellement varié donc pour le dimensionnement de l'ouvrage selon SETRA Assainissement routier Il faut tenir compte de :

- L'ouvrage doit pouvoir évacuer la crue correspondant au débit de projet avec une hauteur d'eau amont de l'ouvrage (Ham).
- La vérification par un débit exceptionnel doit être examinée.
- Il est nécessaire de déterminer le régime d'écoulement.
- Le calage de l'ouvrage ne doit pas engendrer un ressaut hydraulique.
- Le calcul est mené de l'aval vers l'amont.
- La vitesse d'écoulement ne doit pas excéder 4m/s.

VIII.5.1. Types d'ouvrage transversaux

- **Les Buses**

Les buses sont des ouvrages d'hydraulique circulaires transversales fabriquées en béton ou en une fondation solide (en béton).

- **Les dalots**

Les dalots représentent des ouvrages d'hydraulique transversales similaires aux buses, mais avec une section rectangulaire, ou carrée, et sont réalisés uniquement en béton armé. Il s'agit d'ouvrages sous chaussée qui ne requièrent aucun remblai ; il est possible d'envisager une circulation à même la dalle en utilisant des moyens de circulation. La taille des dalots a été sélectionnée en fonction du débit d'eau entrant, selon le dimensionnement hydraulique effectué avec la formule de Manning-Strickler.

- **Les ponts et viaducs**

Ils doivent supporter des débits de crue centennale, ce qui signifie que les dimensions choisies pour ces ouvrages doivent respecter les critères suivants.

- Q100 : Débit de crue centennal (débit d'apport) en m³/s.

- Qs : Débit de saturation de l'ouvrage en m³/s.

□ **REMARQUE**

Le dimensionnement de tous les ouvrages hydrauliques des cours d'eau (dalots et ponts) est calculé pour la crue centennale (100ans).

VIII.6. DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES TRANSVERSAUX

La mise en place des ouvrages hydrauliques appropriés et réalisés selon des normes permettra de rétablir les écoulements superficiels interrompus par l'infrastructure routière. Ces constructions seront adaptées à un événement pluvieux qui se produit tous les cent ans.

N° du Bassin versant	PK	Surface du B.V (Km ²)	Débit de crue (m ³ /s)	Type d'ouvrage
01	61+688	13.48	22.80	Dalot
02	62+67	1525.40	903.36 Surface sup à 200 km ²	Oued Sefioune Viaduc
03	63+716	0.14	1.74	Buse
04	64+119	0.34	3.90	Dalot
05	64+501	0.24	3.62	Dalot
06	65+513	2.33	21.03	Dalot
07	65+698	1.12	8.39	Dalot

VIII.7. CALCUL DU DEBIT DE SATURATION

Il repose sur la formule de Manning-Strickler :

Cette formule permet de calculer le débit maximal que peut supporter l'ouvrage, et de s'assurer que ce débit est supérieur ou égal à celui généré par une pluie centennale. Cela garantit que la voie ou le réseau de drainage reste fonctionnel et en bon-état même lors d'événements pluvieux extrêmes.

$$QS = V \times S_m \quad \text{Avec} \quad V = K_{St} J^{1/2} R_h^{2/3}$$
$$QS = K_{St} J^{1/2} R_h^{2/3} S_m$$

I : Pente longitudinale de l'ouvrage (m/m).

Rh : Rayon hydraulique

SM : Section mouillée de l'ouvrage b x Hu (m²)

b : Largeur de l'ouvrage (m).

Hu : Hauteur utile (m). - HT : Hauteur totale (m).

Ks : Coefficient de rugosité ; Pour le béton Ks=70

Il est nécessaire de prévoir un tirant d'air (espace libre entre la surface de l'eau et l'intrados de l'ouvrage) afin de permettre le passage des objets flottants tels que les déchets, les branchages, etc.

En effet, ces éléments peuvent s'accrocher en traversant un ouvrage hydraulique (comme une buse ou un dalot) et provoquer progressivement l'obstruction de la section d'écoulement.

Vérification des conditions auto-curage

Les conditions d'auto curage consistent à vérifier les vitesses d'écoulement afin d'assurer la durabilité des ouvrages :

1^{ère} condition : pour $R_q = Q / Q_{ps} = 0.1$ il faut $V > 0.6$ m/s.

2^{ème} condition : pour $R_q = Q / Q_{ps} = 0.01$ il faut $V > 0.3$ m/s.

VIII.8. DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE DRAINAGE

VIII.8.1. Dimensionnement des buses

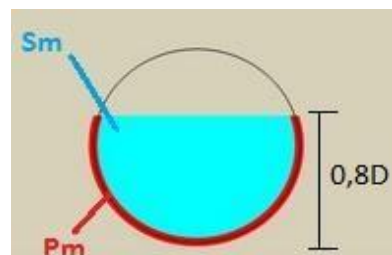


Figure VIII.2: caractéristique de buse.

- S_m : Section mouillée, est calculée par la formule $S_m = \frac{\pi \times \Phi^2}{4}$
- P_m : Périmètre mouillé, est calculé par la formule $P_m = \pi \times \Phi$
- R_h : Rayon hydraulique, est déterminé par la formule $R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{\Phi}{4}$

POUR BV3 :

$$D = \left(\frac{Q_a \times (4)^{\frac{5}{3}}}{80 \times \pi \times I^{\frac{1}{2}}} \right)^{3/8}$$

$$Q_a = 1.74 \text{ m}^3/\text{s} \quad I = 0.8\%$$

$$R = \left(\frac{1.74 \times (4)^{\frac{5}{3}}}{80 \times \pi \times 0.008^{\frac{1}{2}}} \right)^{3/8} = 0.911 \text{ m}$$

Donc on trouve **D = 911 mm**. Et une fois le diamètre est calculé, on adoptera un diamètre normalisé commercial tel $\Phi 400$, $\Phi 500$, $\Phi 800$, $\Phi 1000$, $\Phi 1200$, $\Phi 500$...ect.

Pour que la buse vérifiée les conditions on prend une buse de **$\Phi 1000 \text{ mm}$** .

Soit une buse de $\emptyset = 1000 \text{ mm}$.

Une pente de $I = 0.8\%$

□ Buse en béton : $K_{st} = 80$.

Calcul débit Q_{ps} avec la formule de MANNING STRICKLER :

$$Q_{ps} = K_{st} \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} \times S_m$$

$$Q_{ps} = 80 \times \left(\frac{\Phi}{4} \right)^{2/3} \times I^{1/2} \times \frac{\pi \times \Phi^2}{4}$$

$$Q_{ps} = K_{st} \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} \times m$$

$$Q_{ps} = 2.229 \text{ m}^3/\text{s} > Q_{100} = 1.74 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$V_{ps} = \frac{Q_{ps}}{S_m} = 2.84 \text{ m/s}$$

$$R_q = \frac{Q_a}{Q_{ps}} = 0.7806$$

selon l'abaque r_v et r_h :

$$r_v = 1.106$$

$$r_h = 0.665$$

donc la vitesse est:

$$V = r_v \times v_{ps} = 1.106 \times 2.84 = 3.14 \text{ m/s} \quad 4 \text{ m/s} \quad \text{vérifiée .}$$

Vérification des conditions auto curage

$V \geq 0.6$ m/s pour $Q = 0.1$ Qps :

Pour $R_q = 0.1 \rightarrow R_v = 0.64 \rightarrow V = V_{ps} \times R_v = 2.84 \times 0.64 = 1.82 > 0.6$ m/s

vérifiée

$V \geq 0.3$ m/s pour $Q = 0.01$ Qps :

Pour $R_q = 0.01 \rightarrow R_v = 0.32 \rightarrow V = V_{ps} \times R_v = 2.84 \times 0.32 = 0.91 > 0.3$ m/s vérifiée

$h = r_h \times \Phi \rightarrow h = 0.665 \times 1 = 665$ m

$\frac{h}{\Phi} > 0.75$ vérifiée .

Les conditions auto curage sont vérifiées.

VIII.8.2. Dimensionnement des Dalots

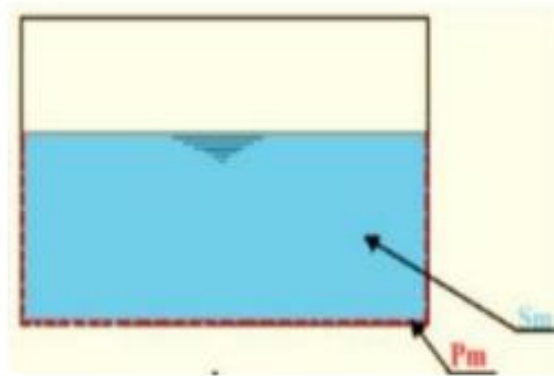


Figure VIII.3: caractéristique de buse

Les calculs hydrauliques des dalots doivent être vérifiés pour un taux de remplissage de 80%.
 $h = 0.80H$.

Les dimensions des dalots sont obtenues en écrivant l'égalité du débit des crues et le débit de saturation :

Dans notre projet, les dalots sont en béton, le k_s est donc de 70 Notre dalot représente les caractéristiques suivantes :

B : largeur nette du cadre (m.)

H : hauteur nette (m)

$0.80 H$: hauteur de remplissage (m)

R_h : Rayon hydraulique.

En utilisant la formule de Manning –Strickler :D'où

$$Q_s = K_s S_m R_h^{2/3} I^{1/2}$$

Le dimensionnement des dalots repose sur évaluation de plusieurs paramètres hydrauliques fondamentaux, définis comme suit

- **Surface mouillée S_m (m²) :**

$$S_m = 0.8H \times B$$

- **Périmètre mouillé P (m) :**

$$P_m = 2 \times 0.8 + B$$

- **Rayon hydraulique R_h (m) :**

$$R_h = \frac{S_m}{P_m}$$

Dans le cadre de l'étude hydraulique du tronçon concerné, nous avons identifié 5 dalots destinés à assurer l'écoulement des eaux au niveau du PK60+000 et PK66+000 étudié. Pour le premier dalot, nous supposons une largeur de base $B = 1.5$ mètres. Afin de dimensionner ce dalot de manière optimale, nous avons recours à la méthode des itérations pour déterminer la hauteur de remplissage h qui permet de satisfaire l'égalité entre le débit requis et le débit calculé selon les formules d'hydraulique à section rectangulaire.

Cette même approche est appliquée au 1 dalot par la formule de MANNING STRICKLER et le débit de transit : On prend : $K_s = 70$; $I = 0.01$; $B = 1.5$ m Après le calcul itératif de l'équation précédente on obtient : $H = 1.445$ m on prend $H = 1.5$ m Donc les valeurs retenues pour cette section de dalot sont : $B = 1.5$ m ; $H = 1.5$ m Alors $S_m = 1.8$ m² $P_m = 3.9$ m $R_h = 0.46$ m

Calcul débit Q_{ps} avec la formule de MANNING STRICKLER

$$Q_{ps} = K_s \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} = 70 \times 1.8 \times 0.46^{2/3} \times 0.01^{1/2}$$

$$Q_p = 7.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{ps} = \frac{Q_{ps}}{S_m} = 4.17 \text{ m/s}$$

$$Q_{ps} = 7.5 \text{ m}^3/\text{s} > Q_{100} = 3.62 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Vérifié}$$

Vérification de la vitesse :

$$V_s = \frac{Q_{100}}{S_m} = 2.01 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s} \quad \text{Vérifié}$$

Vérification de la condition pour assurer un écoulement fluvial

La hauteur critique est calculée par la relation suivante

$$h_{cr} = \sqrt[3]{\frac{Q_{ps}}{g \times B^2}} = \sqrt[3]{\frac{7.5}{9.8 \times 1.5^2}} = 0.69 \text{ m} < H = 1.2 \text{ m} \quad \text{Vérifié.}$$

Vérification des conditions auto curage

La vitesse à pleine section est donnée par

$$V_{ps} = \frac{7.5}{1.8} = 4.17 \text{ m/s}$$

CHAPITRES VIII : ASSAINISSEMENT

1ère condition

pour $Q/Q_{ps} = 0.1$ on a : $V/V_{ps} = 0.638 \longrightarrow V = 0.638 \times 4.17 = 2.66 \text{ m/s} > 0.6 \text{ m/s}$.

2ème condition

pour $Q/Q_{ps} = 0.01$ on a : $V/V_{ps} = 0.32 \longrightarrow V = 0.32 \times 4.17 = 1.33 \text{ m/s} > 0.3 \text{ m/s}$.

Les conditions auto curage sont vérifiées.

Tableau VIII-8: Résultats récapitulatifs de dimensionnement des dalots et des buses

N° BV	Débit de crue (m³/s)	TYP EOV	Pente	B	H	Sm	Rh	$V = \frac{Q_{crue}}{Sm}$	Qps	Vps	V > 0.6 m/s	V > 0.3 m/s	D(m)	Dimension	Verification
01	22.80	DALOT	0.003	6	3	14.4	1.33	1.58	66.77	4.64	2.96	1.48	--	2 x (3 x 3)	OUI
02	904.36	PONT	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	---	---
03	1.74	BUSE	0.008	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1000	Ø 1000	OUI
04	3.90	DALOT	0.002	1.5	1.5	1.8	0.46	2.17	3.35	1.87	1.19	0.60	--	1x (1.50 x.50)	OUI
05	3.62	DALOT	0.01	1.5	1.5	1.8	0.46	2.01	7.5	4.17	2.66	1.33	-	1x (1.50 x150)	OUI
06	21.03	DALOT	0.003		2.5	12	1.20	1.75	51.96	4.33	2.76	1.39	--	2x (3x2.5)	OUI
07	8.39	DALOT	0.008	2	1.5	2.4	0.55	3.50	10.09	4.20	2.68	1.34	--	1x (2 x 1.50)	OUI

VIII.9. DIMENSIONNEMENT DES FOSSÉS

Un fossé hydraulique est un élément de drainage en forme trapézoïdale, utilisé pour gérer les eaux de ruissellement provenant de la chaussée, des accotements et des talus. Pour sa conception :

- Le dimensionnement est basé sur une période de retour de 10 ans.
- Il est généralement adapté aux bassins versants de petites superficies, c'est-à-dire inférieurs à 5 km².
- La forme trapézoïdale est la plus couramment utilisée en Algérie.

Dans notre projet, nous avons pris pour les besoins de dimensionnement du fossé la zone de faible pente situé entre le PK64+842 et PK65+217 sur une longueur de 375 m. Le dimensionnement concerne uniquement les zones de déblais.

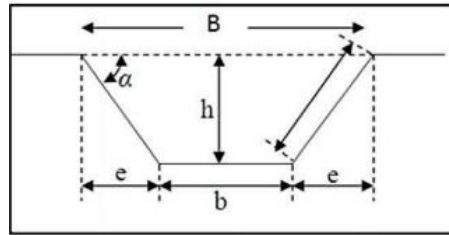


Figure VIII.4: Caractéristiques d'un fossé.

- Les surfaces des sous-bassins versants

Tableau VIII-9: Les surfaces des sous-bassins versants

SBV	Largeur(m)	Surface (m ²)	Pente (%)
Chaussée + BAU + BDG	14.5	5437.5	2.5
Berme	1.5	562.5	8
Talus de déblai	10.81	4053.75	100

- Le débit d'apport

$$Q_a = 0.278 \times C \times I_t \times A$$

Avec :

$$Q_a = Q_c + Q_B + Q_T$$

Q_c : débit d'apport de (chaussée + BAU+BDG).

Q_B : débit d'apport de Berme.

Q_T : débit d'apport de Talus.

- Temps de concentration T_c

La surface inférieure à inférieure a 5 km²

$$T_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} (\text{ventura}).$$

- Intensité (T=10 ans)

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

Avec : $a = 24.10$; $b = 0.7$.

- Coefficient de ruissellement (C)

Tableau VIII-10: Coefficient de ruissellement (C)

Type de chaussée	Chaussée	Accotement	Talus
Valeur de C	01	0.70	0.50

Calcul le débit d'apport

- Pour la chaussée : P=2.5 %

$$T_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.0054375}{0.025}} \Rightarrow T_c = 0.059 \text{ h}$$

$$I(t, T) = a(t) \times T_c^{-b} = 24.10 \times 0.059^{-0.7} = 174.75 \text{ mm/h}$$

$$Q_c = 0.278 \times C \times I_t \times A = 0.278 \times 1 \times 174.75 \times 0.0054375 = 0.26 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Pour la berme : P= 8 %

$$T_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.0005625}{0.08}} \Rightarrow T_c = 0.0106 \text{ h}$$

$$I(t, T) = a(t) \times T_c^{-b} = 24.10 \times 0.0106^{-0.7} = 581.17 \text{ mm/h}$$

$$Q_b = 0.278 \times C \times I_t \times A = 0.278 \times 0.7 \times 581.17 \times 0.0005625 = 0.064 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Pour le talus : P = 100%

$$T_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.00405375}{0.01}} \Rightarrow T_c = 0.00809 \text{ h}$$

$$I(t, T) = a(t) \times T_c^{-b} = 24.10 \times 0.0009^{-0.7} = 702.19 \text{ mm/h}$$

$$Q_t = 0.278 \times C \times I_t \times A = 0.278 \times 0.5 \times 702.19 \times 0.00405375 = 0.40 \text{ m}^3/\text{s}$$

Donc : $Q_a = Q_c + Q_b + Q_t = 0.26 + 0.064 + 0.40$

$$Q_a = 0.724 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tableau VIII-11: Débit des eaux drainées dans la plate-orme et les talus

Surface	S (Km ²)	C	P %	Tc (h)	I(mm/h)	Q(m ³ /s)	Qa (m ³ /s)
La chaussée	0.0054375	01	2.5	0.059	174.75	0.26	0.724
La berme	0.0005625	0.70	08	0.0106	581.17	0.064	
Le Talus	0.00405375	0.50	100	0.00809	702.19	0.40	

- **Calcul de débit de saturation**

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

Avec :

- **Qs** : débit capable en (m³/s).
- **Rh** : Rayon hydraulique en (m). Avec : $R_h = \frac{S_m}{P_m}$
- **Sm** : Section mouillée en (m²). **Sm = h × (b+h)**
- **Pm** : Périmètre mouillé en (m). **Pm = b + 2h × (2)^{0.5}**
- **J** : Pente longitudinal du fosse = 01%.
- **st** : Coefficient de rugosité de Manning. (Au béton coule sur place **Kst = 7**)

On prend: b= 0.5m, h= 0.5m

$$Q_s = K_{st} \times J^{1/2} \times S_m$$

$$Q_s = 70 \times \left(\frac{h \times (b + h)}{b + 2h \times 2^{0.5}} \right)^{2/3} \times J^{1/2} \times (h \times (b + h))$$

$$Q_s = 70 \times \left(\frac{0.5 \times (0.5 + 0.5)}{0.5 + 2 \times 0.5 \times 2^{0.5}} \right)^{2/3} \times 0.01^{1/2} \times (0.5 \times (0.5 + 0.5))$$

$$Q_s = 2.02 \text{ m}^3/\text{s}$$

Avec h = 0.5m, on trouve **Qs > Qa**, Donc le débit d'apport est nettement inférieur à celui de saturation, ce qui signifie que les dimensions du fossé proposées sont largement suffisantes pour faire passer les apports du bassin versant

VIII.10. CONCLUSION

Pour conclure, les ouvrages hydrauliques peuvent être utilisés pour créer des passages souterrains pour les cours d'eau sous les routes et assurer le drainage adéquat des eaux de pluie afin maintenir la sécurité routière en réduisant les risques de dégradation de la chaussée.

CHAPITRE IX : ETUDE DE ÉCHANGEUR

IX.1. INTRODUCTION

Un échangeur routier est un ouvrage qui permet d'assurer la connexion entre une autoroute et d'autres voies de circulation, sans intersections à niveau, afin de garantir la continuité et la sécurité du trafic.

Dans le cadre du projet de la liaison autoroutière entre Sidi Bel Abbès et Saïda, un échangeur de type demi-trèfle est projeté au niveau du croisement avec la route CW02 afin d'assurer la desserte de la ville de Youb. Cet ouvrage assure la liaison entre l'autoroute et le réseau routier local, tout en améliorant la fluidité de la circulation et la sécurité des échanges.

La conception de cet échangeur est réalisée conformément aux prescriptions techniques de l'ICTAAL, afin de garantir une intégration optimale au réseau routier existant. Plusieurs paramètres sont pris en compte, notamment le flux de circulation, les caractéristiques du site et la topographie du terrain. Il est également recommandé d'éviter son implantation dans des zones à fortes pentes ou présentant des dévers importants.

IX.2. RÔLE DE L'ÉCHANGEUR

Le rôle de l'échangeur est de garantir la continuité des réseaux autoroutiers et de desservir simultanément plusieurs directions en distribuant les flux dans les différentes directions en fonction de leur importance et en termes de confort et de sécurité, tout en évitant les points de conflit qui peuvent entraîner des accidents graves et les points d'arrêt qui entraînent des pertes de temps.

IX.3. LES ÉLÉMENTS D'UN ÉCHANGEUR

Chaque échangeur constitué a trois éléments principaux quelle que soit sa portance :

- **Les carrefours plans** : On trouve les carrefours plans seulement sur les raccordements Autoroute-route.
- **Ouvrage d'art (pont)** : De type passage supérieur ou inférieur.
- **Les bretelles (rampes d'entrées et rampes sorties)** : Sont des voies qui assurent et raccorder les deux routes à la jonction. Il y a trois types de bretelles, comme indiqué sur la figure ci-dessous :

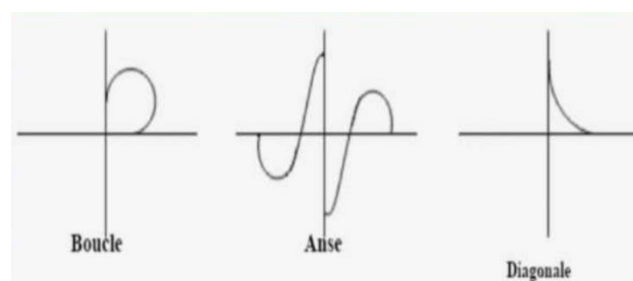


Figure IX.1: Les types de bretelle

IX.4. LES DIFFERENTS TYPES ECHANGEURS

IX.4.1. Echangeur majeur

Raccordement Autoroute – Autoroute

- Échangeur en trèfle complet.
- Echangeur bifurcation <Y>.

IX.4.2. Echangeur mineur

Raccordement Autoroute – Route

- Echangeur en demi-trèfle.
- Echangeur en trompette.
- Echangeur en losange.

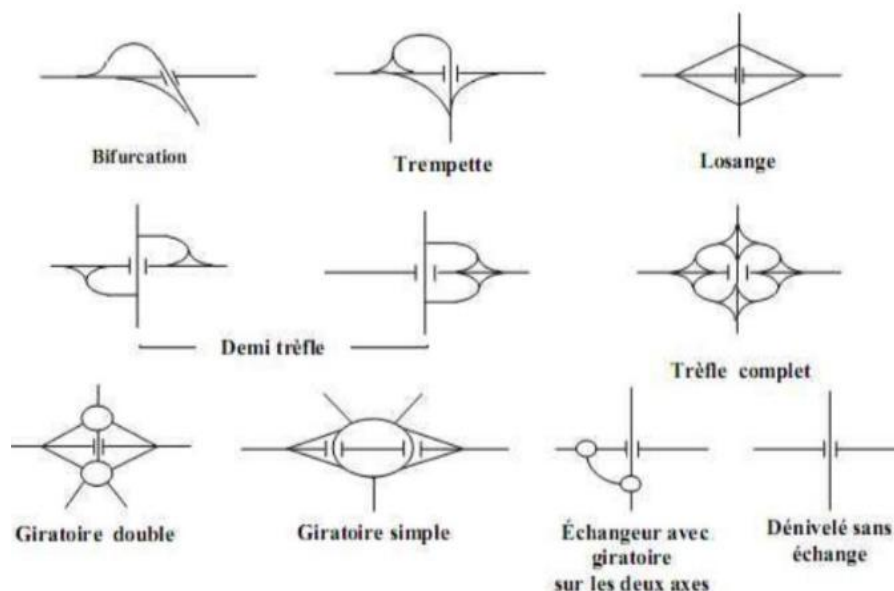


Figure IX.2: Les différents types d'échangeur

IX.5. ETAPE A SUIVRE POUR LE CHOIX D'UN ECHANGEUR

La sélection d'un échangeur se déroule en trois étapes :

- **Etape1** : détermination du tracé en se basant sur :
 - Présentation du site d'installation.
 - Type de route et nombre de branches à relier
 - Répartition du trafic selon les différentes directions de circulation.
 - La vitesse d'approche pratique est utilisée pour évaluer les caractéristiques de la bretelle.

- **Étape 2** : Le choix de l'échangeur doit également garantir un niveau élevé de sécurité et de service, ce qui est réalisé en respectant les normes de conception établies, qui se résument ainsi :
 - Tracé qui respecte les limites de conception telles que les valeurs des rayons et des alignements.
 - Longueurs des voies « insertions, décélérations » réglementaire.
- **Étape 3** : analyse.
C'est cette étape finale qui confirme la décision de choix du fait que le futur échangeur doit garantir les conditions de visibilité, de confort et de sécurité les plus optimales.

IX.6. CHOIX DU TYPE DE L'ÉCHANGEUR

Pour choisir l'échangeur qui convient le mieux, il faut tenir compte en premier lieu de la classification des routes qui se croisent.

Pour notre projet l'échangeur va raccorder l'autoroute (2×3 voies). Avec la CW 02 (2×1 voies). Donc l'échangeur sera du type diffuseur.

Afin d'assurer la connexion entre les axes concernés, nous avons opté pour un échangeur de type demi-trèfle pour les raisons suivantes :

- La non-disponibilité de l'espace (Présence de carrière au bord de la route).
- Offrir une bonne sécurité et une bonne visibilité aux usagers.
- Le gain de temps (car cet échangeur favorise toutes les directions). Et enfin son côté esthétique.

Vitesse sur les bretelles :

- La vitesse maximale sur l'autoroute est de 130 km/h.
- La vitesse sur la RN 8 et RN46 est de 80 km/h.
- La vitesse sur l'échangeur est :

Sur la boucle 40km/h

Sur la bretelle 60km/h

IX.7. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES BRETelles

IX.7.1. Tracé en plan d'une bretelle

Selon l'ICTAAL 2015 les Valeurs limites des rayons :

Tableau IX-1: Valeurs limites des rayons du tracé en plan

	Rayon minimal Au divers normal R _{dn}	Rayon minimal divers (7%)
Branche à deux voies circuable 110 km/h	650 m	400 m
Branche/bretelle à deux voies ou une voie circuable à 90 km/h	370 m	240 m
Branche/bretelle à une voie circuable à 70 km/h	300 m	125 m
Bretelle à une voie circuable à 70 km/h ou moins	300 m	40 m (avec 100 m minimum pour 1 rencontré hors sortie en boucle)

IX.7.2. Profil en travers d'une bretelle

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

- Une voie de 3,5m (Dans une courbe de rayon inférieur à 100 m, une sur largeur de 50/R par voie est à introduire).
- Une bande dérasée de gauche BDG de 0,5m.
- Une bande dérasée de droite BDD de 1m.
- Berme de 1.5 m.

IX.7.3. Pente transversale d'une bretelle

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

Tableau IX-2: Pente transversale d'une bretelle

Élément	Rayon (m)	Valeur du dévers
Alignement ou rayon $\geq R_{nd}$	$300 < R < \infty$	2.5 %
Rayon déversé $R < R_{nd}$	$100 < R < 300$	Variation en $1/R$ entre 2.5 % (R300) et 7 % (R100)
	$R < 100$ m	7 %

IX.8. RACCORDEMENT AVEC L'AUTOROUTE :

Le raccordement d'une bretelle à une autoroute, on utilise généralement une voie d'accélération en entrée et une voie de décélération en sortie. Cela offre aux conducteurs la possibilité de réguler leur vitesse afin de rejoindre en toute sécurité le flux de circulation de l'autoroute à l'entrée et de se préparer à quitter l'autoroute en diminuant progressivement leur vitesse à la sortie.

IX.8.1. La zone de deceleration

Doit permettre à l'usager de passer de la vitesse conventionnelle de 70 km/h au niveau du point S.1,00 m, à la vitesse associée au rayon de la première courbe rencontrée, selon une décélération en palier de $1,5 \text{ m/s}^2$. Elle est constituée des éléments géométriques compris entre le point S.1,00 m et le début de la partie circulaire de la courbe. Sa longueur minimale est donnée par la formule :

$$L_d = \frac{(V_s^2 - V_R^2)}{2 (1,5 + 10 p)}$$

Avec :

- p la déclivité en valeur algébrique (exemple pour une pente de 5 %, $p = -0,05$) ;
- V_s (en m/s) la vitesse conventionnelle au point S.1,00 m ;
- V_R (en m/s) la vitesse cible dépendant du rayon de la première courbe aval

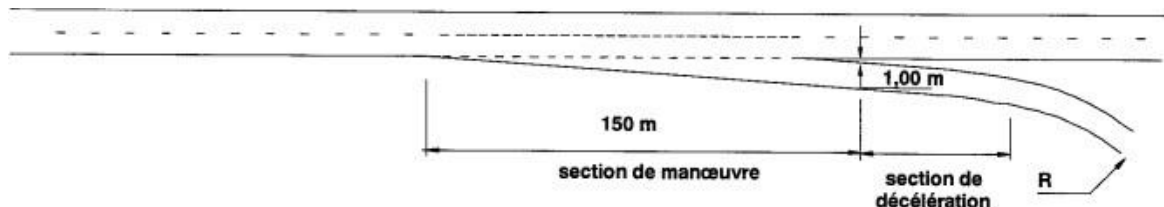


Figure IX.3: dispositif de sortie de l'autoroute.

IX.8.2. La zone deacceleration

Doit permettre à l'usager de passer de la vitesse associée au rayon de la dernière courbe parcourue, à une vitesse conventionnelle de 55 km/h au niveau du point E.1,00 m, selon une accélération de 1m/s². Elle est constituée des éléments compris entre la fin de la partie circulaire de la dernière courbe et le point E.1,00 m. Sa longueur minimale est donnée par la formule :

$$L_a = \frac{(V_E^2 - V_R^2)}{2 (1 - 10 \rho)}$$

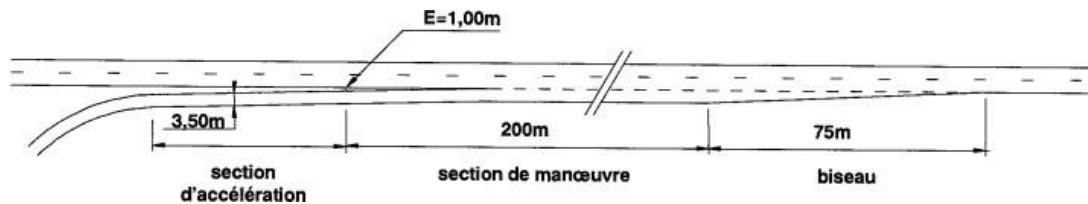


Figure IX.4: Dispositif d'entrée sur l'autoroute.

IX.8.3. Elément de tracé

Gestion table : ICTAAL Bretelle 1 voie <= 70_R=40m X

V85	Visibilité	Surlargeur
Généralités	Dévers	Clothoïde
Dévers en alignement droit :		2.50 %
Dévers maximal en courbe :		7.00 %
Dévers maximal (ecrêté) :		7.00 %
Longueur maximale de variation :		7.0 * dDev (m)
Rayon non déversé (Rnd) :		300.000 m
Rayon au dévers minimum (Rdm) :		300.000 m
Rayon minimal (Rm) :		40.000 m
☒ Appliquer le principe de calcul selon clothoïde		
Visualiser les données dans une grille		

AutoPISTE Valider Annuler

Variation des dévers et des longueurs des clothoïdes X

Dévers	2.50 %	2.50 %	3.00 %	3.50 %	4.00 %	4.50 %	5.00 %	5.50 %	6.00 %	6.50 %	7.00 %
Rayon	300.000	300.000	174.194	122.727	94.737	77.143	65.060	56.250	49.541	44.262	40.000
Clothoïde	58.749	58.749	47.268	41.089	37.047	34.125	31.877	30.075	28.585	28.000	31.500
Variation	0.000	0.000	3.500	7.000	10.500	14.000	17.500	21.000	24.500	28.000	31.500

☐ Utiliser les valeurs de ce dialogue

✓ Valider

Annuler

CHAPITRE X :

OUVRAGE D'ART

X.1. INTRODUCTION

Dans le cadre de la construction d'une autoroute, la présence d'obstacles naturels ou artificiels tels que les oueds, les rivières, les montagnes, les voies ferrées ou les infrastructures existantes nécessite la mise en place de structures adaptées, appelées ouvrages d'art.

Ces ouvrages d'art sont un élément essentiel du système de transport moderne, car ils permettent d'assurer la continuité de la circulation routière tout en garantissant les conditions de sécurité et de bon écoulement du trafic.

Leur conception et leur réalisation nécessitent la maîtrise des bases du génie civil ainsi que des compétences techniques et pratiques, ce qui en fait un élément fondamental dans le développement des projets d'infrastructures.

Ce chapitre présente les ouvrages, leurs PK, ainsi que le type d'ouvrage à concevoir pour franchir les obstacles existants

X.2. PRESENTATION DES OUVRAGES

X.2.1. Les ouvrages d'art de notre projet

- Un passage supérieur de chemin communal.
- Un ouvrage d'art franchissant l'oued Sefioune.
- Un passage inférieur de chemin de fer.
- Un ouvrage d'art pour l'échangeur.

X.2.2. Description des ouvrages

Tableau X-1: Les ouvrages au niveau du tracé

Ouvrage n°	PK	Longueur de L'OA(m)	Largeur de L'OA (m)
OA ₁ (Passage supérieur)	61+478	45.5	10
OA ₂ (qui franchit Oued)	62+450	350	35
OA ₃ (passage inférieur)	63+522	50	35
OA ₄ (Echangeur)	65+370	40	10

X.3. GABARIT A RESERVER

Le gabarit est la hauteur libre nécessaire pour permettre le passage des véhicules et des usagers sous le pont.

En Algérie, les gabarits de passage sous les ouvrages sont réglementés comme suit :

- Les autoroutes et les routes expresses doivent respecter un gabarit de 5.25m.
- Les routes ordinaires doivent respecter un gabarit de 4.50 à 4.80 m.
- Pour le chemin de fer on doit respecter un gabarit de 8 m.

X.4. CHOIX DU TYPE DE L'OUVRAGE

Notre objectif est-ce choisir le type d'ouvrage le plus adapté sur le plan technique et économique pour répondre aux exigences du projet.

Les principaux facteurs qui influencent le type d'ouvrage sont:

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

X.5. VARIANTES PROPOSEES

X.5.1. Variant 1: « Pont a poutre en Béton précontrainte »

X.5.1.1. Les avantages

- Permet des portées importantes et réduit le nombre d'appuis.
- Adapté à plusieurs types de sols.
- Possibilité de préfabrication.
- Exécution rapide et simple.
- Simplicité et rapidité d'exécution, ce qui réduit les délais et le coût.
- Réduction des joints entre les travées, ce qui améliore le confort des usagers.

X.5.1.2. Les inconvénients

- Exigence d'un béton plus résistant, principalement avant 28 jours.
- Main-d'œuvre qualifiée nécessaire.
- L'obligation d'attendre la fin de mise en tension pour pouvoir couler ou décoffrer.
- Poids très important.

X.5.2. Variant 2: « Pont mixte Bipoutre »

X.5.2.1. Les avantages

- Structures légères facilitant la mise en place du tablier et permettant des économies sur les appuis et les fondations.
- Structures simples entièrement soudées.
- La possibilité de franchir les grandes portées.
- La rapidité d'exécution globale.
- La précision dimensionnelle des structures.

X.5.2.2. Les inconvénients

Les poutres en I sont sensibles au déversement.

- Risque de flambement latéral des membrures comprimées.
- Nécessité d'une surveillance et de visites périodiques.
- Main-d'œuvre qualifiée requise, notamment les soudeurs.

Risques de flambement, de renversement ou de voilement lors du montage et en service

X.5.3. Variant 3: « pont dalle en béton armé »

X.5.3.1. Les avantages

- Simplicité de conception et d'exécution.
- Faible hauteur de construction.
- Entretien réduit.
- Adapté aux petites portées.

X.5.3.2. Les inconvénients

- Portée limitée.
- Poids propre élevé.
- Quantité de béton importante.
- Temps de décoffrage relativement long

CHAPITRE X : OUVRAGE D'ART

X.6. LES VARIANTES RETENUES

En considérant les avantages et les inconvénients de chaque type d'ouvrage, ainsi que les contraintes techniques spécifiques du site, nous avons résumé notre choix d'ouvrages dans le tableau suivant :

Tableau X-2: Les variantes retenues

Ouvrage N°	PK	Solution recommandée	Gabarit (m)
OA_1 (Passage supérieur)	61+478	Pont à poutre en Béton précontraint	5.25
OA_2 (qui franchit Oued)	62+450	Pont à poutre en Béton précontraint	/
OA_3 (passage inférieur)	63+522	Pont mixte bipoutre	8
OA_4 (échangeur)	65+370	Pont à poutre en Béton précontraint	5.25

X.7. CONCLUSION

Les ouvrages d'art sont essentiels dans les projets routiers car ils permettent d'assurer le passage des obstacles et de garantir la continuité et la sécurité de la circulation. Le choix du type d'ouvrage dépend de plusieurs facteurs tels que les caractéristiques du site, les dimensions de l'ouvrage et le coût. Ainsi, la solution choisie répond aux exigences du projet et permet une exécution correcte.

CHAPITRE XI : SIGNALISATION

XI.1. INTRODUCTION

La signalisation routière est un élément essentiel pour assurer la sécurité et la fluidité du trafic. Elle sert à informer, orienter, avertir et réglementer les usagers de la route afin de faciliter et organiser la circulation.

Une signalisation bien étudiée permet de réduire les risques d'accidents, de rendre la route plus lisible et d'améliorer la circulation. Elle doit respecter les normes en vigueur et s'adapter aux caractéristiques de la route, au trafic et aux conditions du site afin d'assurer une circulation sûre

XI.2. OBJECTIF DE LA SIGNALISATION

- Assurer la sécurité de tous les usagers de la route.
- Réguler le flux de trafic.
- Informer les usagers de la route.
- Promouvoir le respect des lois routières.
- Améliorer l'accessibilité et la navigation

XI.3. REGLES A RESPECTER POUR LA SIGNALISATION

- Conformité aux normes.
- Visibilité et lisibilité.
- Emplacement stratégique.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.

XI.4. LES CATEGORIES D SIGNALISATION

- La Signalisation par panneaux.
- La Signalisation par marquage des chaussées.
- La Signalisation par balisage.
- La Signalisation par feux.
- La Signalisation par bornage.

XI.5. LES TYPES DE SIGNALISATION

- Signalisation verticale.
- Signalisation horizontale.

XI.6. SIGNALISATION HORIZONTALE

La signalisation horizontale se réfère aux marques, lignes et symboles peints ou apposés directement sur la surface de la chaussée pour fournir des informations, des avertissements, ou des directives aux usagers de la route.

XI.6.1. Caractéristiques générales des marques de chaussée

XI.6.1.1. Couleur des marques de chaussée

Pour les couleurs des marquages sur chaussée on utilise la couleur blanc pour BAU et séparation de chaussée, et pour les autres marquages.

XI.6.1.2. Largeur des lignes des marquages

Les largeurs de ligne sont définies par rapport à une unité U, Les valeurs de U sont :

- U = 7,5 cm Sur l'Autoroute et les bretelles des diffuseurs, des nœuds autoroutiers et D'entrée/sortie Sur aires.
- U = 6 cm Sur les bretelles de sortie de l'Autoroute après les péages, sur les bretelles d'entrée de l'Autoroute avant les péages et sur les RN.
- U = 5 cm Sur toutes les autres routes qui ne sont pas nationales.

Pour notre projet U=7.5 cm

XI.6.2. Catégories de marques de chaussée

XI.6.2.1. Les lignes longitudinales

Elles sont utilisées pour marquer les voies de circulation et incluent :

- **Les lignes continues :**

Ces lignes servent à signaler les zones de route où le dépassement est interdit, en particulier en raison de la mauvaise visibilité

- **Les lignes discontinues :**

Il est possible de franchir ces lignes pour effectuer un dépassement ou un changement de direction.

Tableau XI-1: Les caractéristiques des lignes longitudinales

Modulation	Désignation des marques	Largeur
Continue	Délimitation de TPC	3u
T1	Ligne axiale ou de délimitation de voie	2u
T2	Ligne de délimitation des voies de décélération, d'insertion ou d'entrecroisement	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	3u
T4	Ligne délimitant une bande d'arrêt d'urgence, en section courante sur autoroutes et routes à chaussées séparées et à carrefours dénivelés	3u

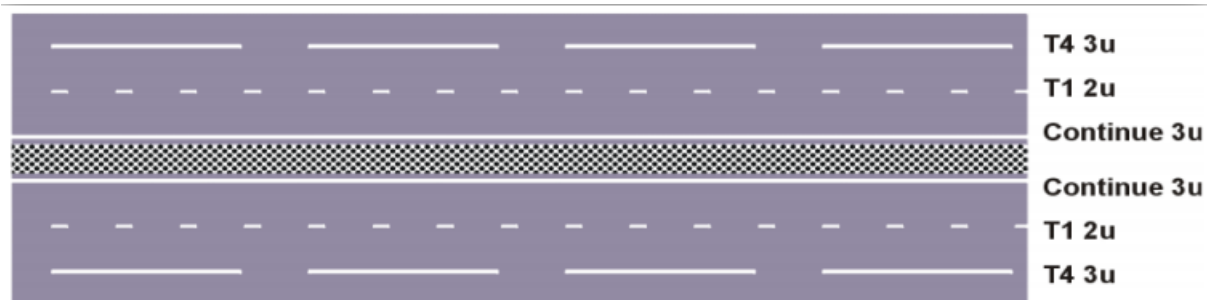


Figure XI.1: Les lignes de délimitation d'une autoroute

X.6.2.2. Flèche de rabattement

Elle signale aux conducteurs de changer de voie avant un rétrécissement ou une sortie, assurant ainsi la fluidité et la sécurité du trafic.

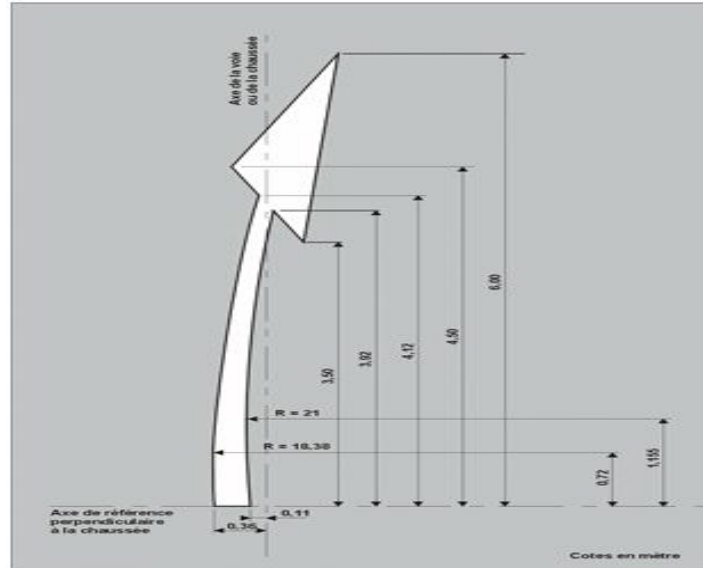


Figure XI.2: Flèche de rabattement

XI.6.2.3. Flèches directionnelles

Elles sont utilisées aux jonctions pour indiquer la direction à suivre pour rejoindre une sortie ou changer de voie.

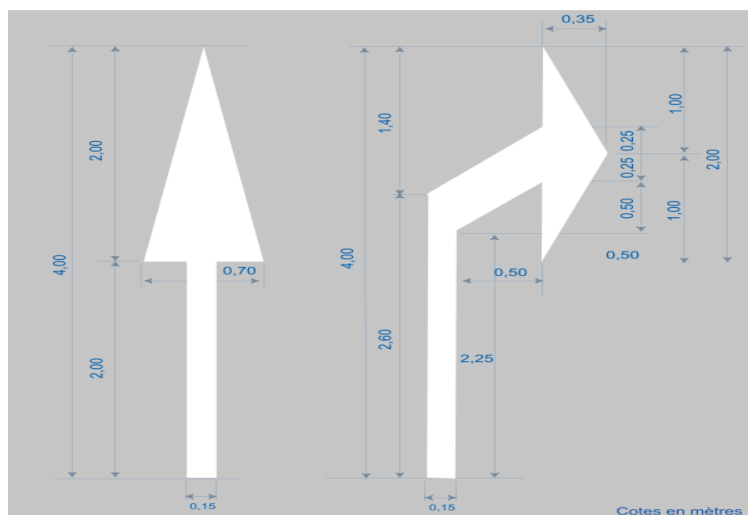
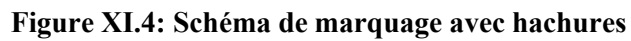


Figure XI.3: Flèches directionnelles

87

E.N.S.T.P



Le rôle de signalisation verticale est d'informer les conducteurs par des informations et des indications sur la route à partir d'installation des panneaux de signalisation

- **Panneau de signalisation d'interdiction ou de restriction : type C.**



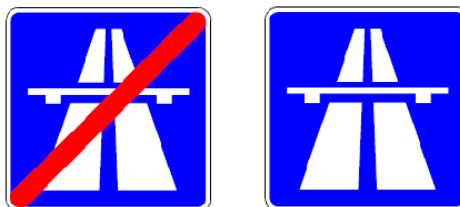
- **Panneau de signalisation d'intersection : type A**



- **Panneau de Signalisation de giratoire : type A et D**



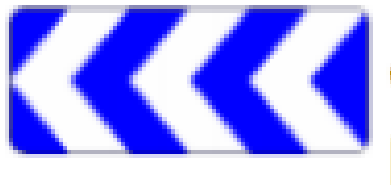
- **Signaux d'indication entrée/sortie de l'autoroute (E14/E15):**



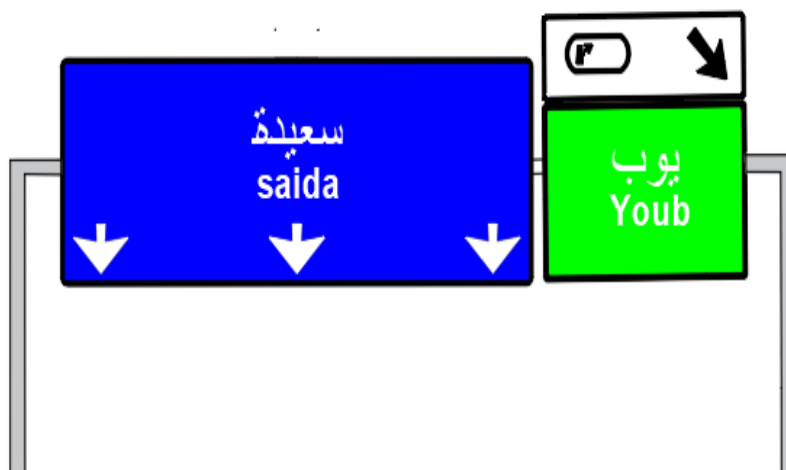
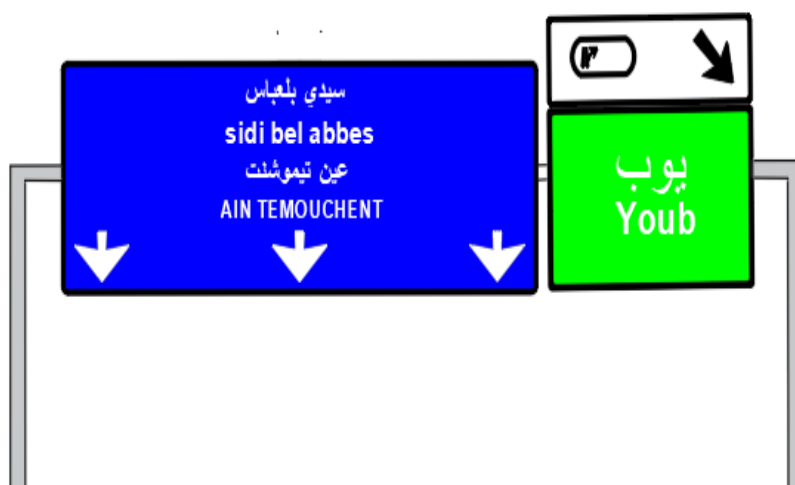
- **Balise de musoir (j14a) :**



- Balisage de virages : J4



- Panneau de signalisation de direction :



CHAPITRE XII :

Impact sur l'environnement

XII.1. INTRODUCTION

Le projet de l'autoroute reliant Sidi Bel Abbès à Saïda, sur environ 120 km, est une infrastructure importante visant à améliorer la connectivité régionale et soutenir le développement économique et social. Comme tout projet routier, il peut avoir des impacts sur l'environnement qu'il faut identifier, évaluer et réduire afin de protéger les écosystèmes et assurer un développement durable. Dans le cadre de la phase APD, l'étude d'impact environnemental consiste à analyser l'état initial du milieu, comparer les différentes variantes de tracé afin de choisir la solution optimale, puis évaluer les impacts du projet et proposer des mesures d'atténuation, de réduction ou de compensation pour une meilleure intégration du projet dans son environnement.

XII.2. CADRE JURIDIQUE

En Algérie, l'obligation de réaliser une étude d'impact sur l'environnement est instaurée par la loi cadre n°83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement.

Les modalités d'application de cette étude ont ensuite été définies par le décret exécutif n°90-78 du 27 février 1990. Cette loi a par la suite été abrogée et remplacée par la loi n°03-10 du 19 juillet 2003, qui intègre la protection de l'environnement dans une approche de développement durable.

L'étude d'impact doit inclure principalement :

- ne présentation complète du projet ;
- Un diagnostic détaillé du site et de son environnement nature et humain ;
- La description des mesures visant à éviter, réduire ou compenser les impacts négatifs sur l'environnement, avec une estimation des coûts associés ;
- Un programme de suivi et de surveillance environnementale.

XII.3. OBJECTIFS D'UNE ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

L'étude d'impact sur l'environnement permet d'identifier, d'évaluer et de mesurer les effets directs et indirects à court, moyen et long terme d'un projet et d'essayer de proposer des compensations et remèdes pour limiter au maximum les effets négatifs de ce projet, cette étude elle vise à :

- Identifier et évaluer les impacts du projet sur les milieux physique, biologique et humain, ainsi que sur le paysage et le climat sonore.
- Proposer des actions permettant de réduire les effets négatifs-du projet.

XII.4. IMPACT DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT

XII.4.1. Impacts pendant la phase de travaux

La phase de réalisation des travaux constitue la période au cours de laquelle se concrétise bon nombre de risques d'impact sur l'environnement. Ce chapitre analyse les impacts spécifiquement liés aux travaux et présentes les mesures envisagées pour les supprimer, les réduire voire les compenser.

XII.4.1.1. Impacts positifs

Le principal impact positif attendu dans la phase des travaux est création d'emplois temporaires.

XII.4.1.2. Impacts négatifs

Les principaux impacts négatifs peuvent être énumérés comme suit :

- **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 vont affecter la qualité de l'air ambiant et il s'ensuivra :

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

- **Impacts sur la faune et la flore**

La réalisation de projets routiers peut provoquer des effets significatifs sur la faune et la flore locales. La destruction des habitats naturels, la fragmentation des écosystèmes et l'isolement des populations animales figurent parmi les principaux impacts observés. De nombreuses espèces peuvent voir leur territoire réduit ou devenir inaccessible, ce qui perturbe leurs cycles de vie et réduit leur diversité. De plus, la pollution, le bruit et l'éclairage artificiel liés à la route affectent également le comportement et la survie de certaines espèces sensibles.

- **Impact sur l'agriculture**

La construction de projets routiers peut entraîner la perte de terres agricoles, soit par leur expropriation directe pour l'implantation de l'infrastructure, soit par la dégradation des sols environnants. L'interruption des réseaux d'irrigation, l'érosion des sols, ainsi que l'augmentation de la pollution (air, eau, sol) peuvent également affecter négativement la productivité agricole. Par ailleurs, l'accès difficile aux exploitations en raison des travaux ou des modifications du réseau rural peut perturber les activités agricoles et compromettre les revenus des agriculteurs.

- **Impact dû à l'accroissement du bruit et vibrations**

Les travaux de construction de la future autoroute sont générateurs d'émissions sonores et de vibrations dues aux machines et équipements lourds et légers nécessaires à la construction.

Aussi, l'augmentation du trafic routier entraînera un niveau accru de bruit.

XII.4.2. Impacts Pendant la phase d'exploitation

XII.4.2.1. Impacts positifs

Cet investissement présente une excellente rentabilité économique et constitue un véritable levier pour la relance du développement agricole, industriel et touristique. De nombreux indicateurs confirment l'importance économique de cet axe, qui desservira une large part de la population. Il contribuera au maintien et à la création d'emplois dans les régions traversées, tout en stimulant leur développement économique grâce à une meilleure accessibilité aux zones d'activités et aux sites touristiques.

XII.4.2.2. Impacts négatifs

- **Émissions sonores**

La mise en service de l'autoroute entraînera une augmentation permanente des niveaux de bruit ambiant dans la zone d'étude, affectant la qualité de vie des riverains et perturbant l'équilibre de la faune locale.

- **Impact sur la qualité de l'air**

Lors de l'exploitation de l'autoroute, l'augmentation du trafic routier entraînera des émissions atmosphériques polluantes, affectant la qualité de l'air pour les résidents situés à proximité.

- **Impacts sur l'agriculture**

L'autoroute peut engendrer plusieurs impacts négatifs sur l'agriculture. L'occupation des terres pour les infrastructures réduit les surfaces cultivables, entraînant la perte de production agricole. De plus, la pollution des cultures représente un risque important: les émissions de gaz, les poussières et les produits polluants issus du trafic peuvent altérer la qualité des sols et affecter les récoltes avoisinantes.

XII.5. MESURES PRISES POUR MINIMISER LES IMPACTS

Il est essentiel de mettre en place des mesures adaptées afin de prévenir ou de réduire les impacts négatifs du projet sur l'environnement.

XII.5.1. Mesures en phase travaux

- Arrosage régulier des chantiers pour limiter la dispersion de la poussière.
- Entretien régulier des engins de chantier pour réduire les émissions polluantes.
- Choix des zones d'installation de chantier et des accès loin des habitations et des zones sensibles.
 - Utilisation d'équipements à faibles émissions sonores et limitation des travaux durant les heures nocturnes.
 - Il est nécessaire de réserver et d'aménager des espaces spécifiques pour l'entretien, le ravitaillement et le nettoyage des véhicules utilisés, afin de réduire les risques de contamination et de détérioration de la condition des eaux.

- Limitation du nombre d'engins fonctionnant simultanément.
- Planification des périodes de construction pour éviter les saisons de reproduction des animaux.
- L'indemnisation des propriétaires fonciers, de bâtiments détruits au titre des expropriations pour cause d'utilité publique.
- L'optimisation autant que possible des dérangements des autres services.
- Mettre une signalisation claire au niveau du chantier et des accès, surtout dans les zones dangereuses.
- Assurer un suivi régulier de l'environnement pendant les travaux.
- Rédiger des rapports pour vérifier le respect des règles environnementales.

XII.5.2. Mesures en phase exploitation

- Mettre en place des limitations de vitesse pour réduire le bruit généré par le trafic.
- créer des passages agricoles.
- Créer des pistes parallèles.
- Contrôler et entretenir les dispositifs d'évacuation des eaux pluviales pour éviter la pollution des sols et des nappes phréatiques.
- Assurer l'entretien des revêtements pour limiter la production de poussières et d'émissions polluantes.
- Créer des passages inférieurs pour les animaux, et aussi pour drainage d'eau (les dalots ont joué les deux rôles).
- Favoriser l'utilisation de véhicules propres (électriques,...).
- Prévoir des actions de nettoyage régulières le long de la route.
- Entretien des plantations (terre-plein central, talus, etc.)
- Construction des passages inférieurs ou supérieurs pour les habitants comme les ponts pour les véhicules et les passerelles pour les piétons.
- une signalisation claire et visible pour éviter les accidents et limiter les dégradations.

XII.6. CONCLUSION

La réalisation de l'autoroute est un projet important qui aide au développement économique, social et touristique des régions traversées. Cependant, elle peut provoquer des impacts sur l'environnement qu'il faut identifier et contrôler.

Les mesures prévues pendant les travaux et l'exploitation permettent de réduire ces impacts et d'assurer une bonne intégration du projet dans son milieu naturel et humain. Enfin, un suivi régulier de l'environnement est nécessaire pour adapter les actions et garantir un développement durable .

CHAPITRE XIII :
DEVIS QUANTITATIF ET
ESTIMATIF

CHAPITRE XIII : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N°	DESIGNATIONS DES TRAVAUX	U	Prix Unitaire (H.T)	Quantité	Montant
1	INSTALLATIONS ET LOGISTIQUES DU CHANTIER				
1.1	Installation et repliement du chantier	F	100.000.000,00	1	100.000.000,00
1.2	Étude d'exécution .	F	20.000.000,00	1	20.000.000,00
TOTAL					120.000.000,00
2	TRAVAUX PREPARATION				
2.2	Abattage des arbres.	U	7.000,00	15	105.000,00
2.3	Déplacement de poteaux électrique MT .	U	500.000,00	5	2.500.000,00
	TOTAL 2				2.605.000,00
3	TERRASSEMENT				
3.1	Décapage de terre végétale.	M²	120,00	320.000	38.400.000,00
3.2	Quantité de remblais	M³	1.800,00	500.000	900.000.000,00
3.3	Quantité de Déblais	M³	800,00	650.000	520.000.000,00
	TOTAL 3				1.458.400.000,00
4	CONSTRUCTION DU CORPS DE CHAUSSEE				
4.1	Couche de forme en grave non traitée (GNT 031,5)	M³	3.500,00	62.000	217.000.000,00
4.2	Fourniture et mise en œuvre couche de grave bitume (GB).	T	8.500,00	102.000	867.000.000,00
4.4	Fourniture et mise en œuvre d'une couche de roulement en béton bitumineux (BB .	T	9.500,00	37.000	351.500.000,00
4.5	Couche d'imprégnation.	M²	150,00	180.000	27.000.000,00
4.6	Couche d'accrochage.	M²	150,00	360.000	54.000.000,00

CHAPITRE XIII : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

	TOTAL 4				1.516.500.000,00
5	ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE				
5.1	Dalots en béton armé	M³	60.000,00	864	51.840.000,00
5.6	F/P de buses Φ1500 série 135 A en béton armé	ML	50.000,00	40	2.000.000,00
5.7	F/P têtes simples de buse Φ 1500.	U	280.000,00	2	560.000,00
5.8	Construction de fossé trapézoïdal.	ML	5.000,00	5.000	25.000.000,00
	TOTAL 5				79.400.000,00
6	OUVRAGE D'ART				
6.1	Passage supérieur poutre précontrainte	M²	350.000,00	455	159.250.000,00
6.2	Passage inférieur(pont mixte).	M²	350.000,00	1.750	612.500.000,00
6.3	Viaduc	M²	450.000,00	12.250	5.512.500.000,00
	TOTAL 6				6.284.250.000,00
7	SIGNALISATION ET EQUIPEMENT ROUTIERS				
7.1	Signalisation et équipement routier	F(2%)	63.538.100,00	1	63.538.100,00
	TOTAL 7				63.538.100,00
TOTAL	TOTAL GENERAL HT				9.524.693.100,00
TVA (19%)	TVA 19 %				1.809.691.689,00
TOTAL TTC	TOTAL GENERAL TTC				11.334.384.789,00

Arrêté le présent devis quantitatif et estimatif à la somme de

Onze milliards trois cent trente quatre millions trois cent quatre vingt quatre mille sept cent quatre vingt neuf Dinars toutes taxes comprises

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Cette étude d'Avant-Projet Détaillé (APD) nous a permis de cerner tous les problèmes techniques susceptibles de se présenter dans un projet routier. Elle a été l'occasion de tirer profit de l'expérience de personnes du domaine et d'apprendre une méthodologie rationnelle pour élaborer un projet de travaux publics en général, et un projet routier en particulier.

Il était pour nous d'une part, l'occasion d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet de travaux publics. De plus, ce fut une opportunité pour approfondir nos connaissances et mieux maîtriser l'outil informatique, en l'occurrence les logiciels COVA DIS, AUTOCAD, et GLOBAL MAPPER, ALIZÉ LCPC et GEO5.

Enfin, l'élaboration de ce travail nous a permis non seulement d'exprimer et d'appliquer les connaissances acquises durant nos 3 années de formation, mais aussi de mieux appréhender notre avenir professionnel. Nous serons ainsi prêts à contribuer au développement de notre pays en édifiant des infrastructures de qualité.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- ICTAAL : INSTRUCTION SUR LES CONDITIONS TECHNIQUES D'AMÉNAGEMENT DES AUTOROUTES DE LIAISON 2015.
- ICTAAL Guide Échangeur, SETRA 2015.
- AMÉNAGEMENT DES CARREFOURS INTERURBAINS SUR LES ROUTES PRINCIPALES-CARREFOURS PLANS SETRA-DECEMBRE 1998.
- B 40.
- Catalogue Algérien de dimensionnement des chaussées neuves. Ministère des Travaux Publics / « CTP ». 2001.
- Guide des terrassements routiers GTR. SETRA – 1994.
- Guide technique Assainissement routier SETRA-2006
- Signalisation routière.
- Rapport géotechnique de projet.
- Rapport hydraulique de projet.

Logiciels utilisés :

- COVA DIS
- GEO5.
- AUTOCAD 2023.
- ALIZE LCPC.
- GLOBAL MAPPER.
- Google Earth pro.

ANNEXES

ANNEXE 1: AXE EN PLAN

Nom du dessin Etude ligne de projet FINALE 20.5.2026 taliini.dwg
Nom de l'axe SBELAB - Axe
Table associée ICTAAL L1
Date du listing 31/05/2026 à 13:28:57

Els Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente 1.26 %	38,435	60+000.000	688,151
Parabole 1	Rayon 12500.000 m	403,471	60+038.435	688,636
	Sommet Absc. 60+196.163 m			
	Sommet Alt. 689.631 m			
Parabole 2	Rayon 402407.850 m	369,022	60+441.906	687,215
	Sommet Absc. 68+404.014 m			
	Sommet Alt. 608.446 m			
Parabole 3	Rayon 18500.000 m	224,774	60+810.928	680,083
	Sommet Absc. 60+461.849 m			
	Sommet Alt. 683.376 m			
Pente 2	Pente -3.10 %	190,643	61+035.701	674,476

ANNEXE 1: AXE EN PLAN

Parabole 4	Rayon	20000.000 m	446,849	61+226.344	668,563
	Sommet Absc.	61+846.725 m			
	Sommet Alt.	658.941 m			
Parabole 5	Rayon	-25494.824 m	643,525	61+673.193	659,694
	Sommet Absc.	61+451.984 m			
	Sommet Alt.	660.653 m			
Parabole 6	Rayon	10010.510 m	735,501	62+316.718	645,988
	Sommet Absc.	62+656.254 m			
	Sommet Alt.	640.230 m			
Pente 3	Pente	3.96 %	202,775	63+052.218	648,061
Parabole 7	Rayon	-12500.000 m	427,743	63+254.994	656,082
	Sommet Absc.	63+749.429 m			
	Sommet Alt.	665.861 m			
Pente 4	Pente	0.53 %	83,334	63+682.737	665,683
Parabole 8	Rayon	50000.000 m	983,221	63+766.071	666,127
	Sommet Absc.	63+499.302 m			
	Sommet Alt.	665.416 m			

ANNEXE 1: AXE EN PLAN

Pente 5	Pente	2.50 %	490,127	64+749.291	681,040
Parabole 9	Rayon	-50242.101 m	250,611	65+239.418	693,293
	Sommet Absc.	66+495.460 m			
	Sommet Alt.	708.994 m			
Pente 6	Pente	2.00 %	338,457	65+490.029	698,934
Parabole 10	Rayon	-12500.000 m	671,515	65+828.485	705,707
	Sommet Absc.	66+078.632 m			
	Sommet Alt.	708.210 m			
				66+500.000	701,108
Longueur totale de l'axe 6500.000 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 6501.482 mètre(s)					

ANNEXE 2 : PROFIL EN LONG

Nom du dessin Etude ligne de projet FINALE 20.5.2026 taliiii.dwg

Nom de l'axe SBELAB - Axe

Table associée ICTAAL L1

Date du listing 31/05/2026 à 13:28:57

Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente 1.26 %	38,435	60+000.000	688,151
Parabole 1	Rayon -12500.000 m	403,471	60+038.435	688,636
	Sommet Absc. 60+196.163 m			
	Sommet Alt. 689.631 m			
Parabole 2	Rayon 402407.850 m	369,022	60+441.906	687,215
	Sommet Absc. 68+404.014 m			
	Sommet Alt. 608.446 m			
Parabole 3	Rayon -18500.000 m	224,774	60+810.928	680,083

ANNEXE 2 : PROFIL EN LONG

	Sommet Absc.	60+461.849 m			
	Sommet Alt.	683.376 m			
Pente 2	Pente	-3.10 %	190,643	61+035.701	674,476
Parabole 4	Rayon	20000.000 m	446,849	61+226.344	668,563
	Sommet Absc.	61+846.725 m			
	Sommet Alt.	658.941 m			
Parabole 5	Rayon	-25494.824 m	643,525	61+673.193	659,694
	Sommet Absc.	61+451.984 m			
	Sommet Alt.	660.653 m			
Parabole 6	Rayon	10010.510 m	735,501	62+316.718	645,988
	Sommet Absc.	62+656.254 m			
	Sommet Alt.	640.230 m			
Pente 3	Pente	3.96 %	202,775	63+052.218	648,061

ANNEXE 2 : PROFIL EN LONG

Parabole 7	Rayon	-12500.000 m	427,743	63+254.994	656,082
	Sommet Absc.	63+749.429 m			
	Sommet Alt.	665.861 m			
Pente 4	Pente	0.53 %	83,334	63+682.737	665,683
Parabole 8	Rayon	50000.000 m	983,221	63+766.071	666,127
	Sommet Absc.	63+499.302 m			
	Sommet Alt.	665.416 m			
Pente 5	Pente	2.50 %	490,127	64+749.291	681,040
Parabole 9	Rayon	-50242.101 m	250,611	65+239.418	693,293
	Sommet Absc.	66+495.460 m			
	Sommet Alt.	708.994 m			
Pente 6	Pente	2.00 %	338,457	65+490.029	698,934
Parabole 10	Rayon	-12500.000 m	671,515	65+828.485	705,707

ANNEXE 2 : PROFIL EN LONG

		Sommet Absc. 66+078.632 m			
		Sommet Alt. 708.210 m			
				66+500.000	701,108
				Longueur totale de l'axe 6500.000 mètre(s)	
				Longueur développée totale de l'axe 6501.482 mètre(s)	

ANNEXE 3 : CALCULE CAUBATURE

Cubatures Déblai Remblai (Gulden)

Nom du dessin Etude ligne de projet FINALE 20.5.2026 taliiii.dwg

Nom de l'axe SBELAB - Axe

Table associée ICTAAL L1

Date du listing 31/05/2026 à 13:28:57

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P01	60+000.000	12,500	26,04	0,00	325,5	0,0	325,5	0,0
P02	60+025.000	25,000	22,47	1,34	561,7	33,4	887,3	33,4
P03	60+050.000	25,000	17,59	4,71	439,7	117,9	1327,0	151,3
P04	60+075.000	25,000	9,07	11,33	226,7	283,3	1553,7	434,5
P05	60+100.000	25,000	6,92	11,63	172,9	290,8	1726,7	725,3
P06	60+125.000	25,000	8,68	6,36	216,9	159,1	1943,6	884,5
P07	60+150.000	25,000	22,19	0,00	554,7	0,0	2498,3	884,5
P08	60+175.000	25,000	49,24	0,00	1231,0	0,0	3729,3	884,5
P09	60+200.000	25,000	61,05	0,00	1526,2	0,0	5255,5	884,5

ANNEXE 3 : CALCULE CAUBATURE

P10	60+225.000	25,000	56,99	0,00	1424,9	0,0	6680,4	884,5
P11	60+250.000	25,000	50,45	0,00	1261,3	0,0	7941,7	884,5
P12	60+275.000	25,000	56,66	0,00	1416,4	0,0	9358,1	884,5
P13	60+300.000	25,000	80,06	0,00	2001,5	0,0	11359,5	884,5
P14	60+325.000	25,000	107,29	0,00	2682,3	0,0	14041,8	884,5
P15	60+350.000	25,000	119,41	0,00	2985,3	0,0	17027,1	884,5
P16	60+375.000	25,000	133,30	0,00	3332,4	0,0	20359,5	884,5
P17	60+400.000	25,000	114,90	0,00	2872,4	0,0	23232,0	884,5
P18	60+425.000	25,000	88,09	0,00	2202,8	0,0	25434,7	884,5
P19	60+450.000	25,000	74,27	0,00	0,0	0,0	25434,7	884,5
P20	60+475.000	25,000	59,01	0,00	0,0	0,0	25434,7	884,5
P21	60+500.000	25,000	51,06	0,00	0,0	0,0	25434,7	884,5
P22	60+525.000	25,000	44,38	0,00	0,0	0,0	25434,7	884,5
P23	60+550.000	25,000	29,46	0,00	0,0	0,0	25434,7	884,5
P24	60+575.000	25,000	23,00	0,00	0,0	0,0	25434,7	884,5
P25	60+600.000	25,000	14,49	2,99	0,0	0,0	25434,7	884,5
P26	60+625.000	25,000	10,95	3,78	0,0	0,0	25434,7	884,5

ANNEXE 3 : CALCULE CAUBATURE

P27	60+650.000	25,000	11,05	10,91	0,0	0,0	25434,7	884,5
P28	60+675.000	25,000	13,71	12,09	0,0	0,0	25434,7	884,5
P29	60+700.000	25,000	19,16	6,98	0,0	0,0	25434,7	884,5
P30	60+725.000	25,000	30,80	1,94	0,0	0,0	25434,7	884,5
P31	60+750.000	25,000	49,53	0,00	0,0	0,0	25434,7	884,5
P32	60+775.000	25,000	71,68	0,00	0,0	0,0	25434,7	884,5
P33	60+800.000	25,000	80,86	0,00	0,0	0,0	25434,7	884,5
P34	60+825.000	25,000	82,26	0,00	2056,4	0,0	27491,2	884,5
P35	60+850.000	25,000	87,20	0,00	2180,1	0,0	29671,3	884,5
P36	60+875.000	25,000	95,85	0,00	2396,3	0,0	32067,6	884,5
P37	60+900.000	25,000	86,15	0,00	2153,7	0,0	34221,2	884,5
P38	60+925.000	25,000	66,08	0,00	1652,0	0,0	35873,3	884,5
P39	60+950.000	25,000	50,41	0,00	1260,2	0,0	37133,5	884,5
P40	60+975.000	25,000	36,95	0,00	923,7	0,0	38057,2	884,5
P41	60+1000.000	25,000	23,73	0,00	593,2	0,0	38650,4	884,5
P42	61+025.000	25,000	13,87	0,00	346,6	0,0	38997,1	884,5
P43	61+050.000	25,000	6,39	0,50	159,7	12,4	39156,8	896,9

ANNEXE 3 : CALCULE CAUBATURE

P44	61+075.000	25,000	2,40	3,51	60,0	87,9	39216,8	984,7
P45	61+100.000	25,000	1,30	9,81	32,4	245,4	39249,2	1230,1
P46	61+125.000	25,000	0,75	18,18	18,7	454,5	39267,9	1684,6
P47	61+150.000	25,000	3,27	16,57	81,8	414,3	39349,8	2098,9
P48	61+175.000	25,000	10,76	12,47	269,1	311,8	39618,8	2410,8
P49	61+200.000	25,000	17,17	6,92	429,3	173,0	40048,1	2583,8
P50	61+225.000	25,000	21,61	3,80	540,3	94,9	40588,4	2678,7
P51	61+250.000	25,000	36,27	1,87	906,8	46,9	41495,2	2725,5
P52	61+275.000	25,000	75,51	0,00	1887,7	0,0	43383,0	2725,5
P53	61+300.000	25,000	122,09	0,00	3052,1	0,0	46435,1	2725,5
P54	61+325.000	25,000	165,18	0,00	4129,4	0,0	50564,5	2725,5
P55	61+350.000	25,000	207,18	0,00	5179,6	0,0	55744,1	2725,5
P56	61+375.000	25,000	220,01	0,57	5500,2	14,4	61244,3	2739,9
P57	61+400.000	25,000	238,19	0,00	5954,7	0,0	67199,0	2739,9
P58	61+425.000	25,000	238,25	0,00	5956,3	0,0	73155,4	2739,9
P59	61+450.000	25,000	226,12	0,00	5653,1	0,0	78808,5	2739,9
P60	61+475.000	25,000	214,78	0,49	5369,5	12,3	84178,0	2752,2

ANNEXE 3 : CALCULE CAUBATURE

P61	61+500.000	25,000	196,85	0,49	4921,1	12,3	89099,2	2764,4
P62	61+525.000	25,000	139,46	0,00	3486,5	0,0	92585,7	2764,4
P63	61+550.000	25,000	90,41	0,00	2260,3	0,0	94846,0	2764,4
P64	61+575.000	25,000	42,87	0,00	1071,7	0,0	95917,7	2764,4
P65	61+600.000	25,000	1,62	8,19	40,6	204,7	95958,3	2969,1
P66	61+625.000	25,000	0,69	57,93	17,2	1448,2	95975,4	4417,3
P67	61+650.000	25,000	0,72	119,99	18,0	2999,8	95993,5	7417,1
P68	61+675.000	25,000	0,83	207,53	20,7	5188,2	96014,2	12605,3
P69	61+700.000	25,000	0,55	222,93	13,9	5573,3	96028,1	18178,6
P70	61+725.000	25,000	0,66	143,42	16,4	3585,4	96044,5	21764,0
P71	61+750.000	25,000	0,73	124,51	18,4	3112,6	96062,9	24876,6
P72	61+775.000	25,000	0,73	108,21	18,2	2705,2	96081,1	27581,8
P73	61+800.000	25,000	0,73	96,26	18,3	2406,4	96099,4	29988,2
P74	61+825.000	25,000	0,80	71,62	20,0	1790,5	96119,4	31778,7
P75	61+850.000	25,000	0,80	38,39	20,1	959,7	96139,5	32738,4
P76	61+875.000	25,000	10,97	8,53	274,2	213,1	96413,7	32951,5
P77	61+900.000	25,000	41,28	0,00	1032,0	0,0	97445,7	32951,5

ANNEXE 3 : CALCULE CAUBATURE

P78	61+925.000	25,000	55,33	0,00	1383,3	0,0	98829,0	32951,5
P79	61+950.000	25,000	66,45	0,00	1661,3	0,0	100490,3	32951,5
P80	61+975.000	25,000	61,72	0,00	1543,1	0,0	102033,4	32951,5
P81	62+000.000	25,000	65,26	0,00	1631,5	0,0	103664,9	32951,5
P82	62+025.000	25,000	153,98	0,00	3849,5	0,0	107514,4	32951,5
P83	62+050.000	25,000	240,86	0,42	6021,6	10,5	113536,0	32962,0
P84	62+075.000	25,000	325,03	0,00	8125,7	0,0	121661,7	32962,0
P85	62+100.000	25,000	386,00	0,00	9650,1	0,0	131311,8	32962,0
P86	62+125.000	25,000	441,78	0,00	11044,6	0,0	142356,4	32962,0
P87	62+150.000	25,000	483,85	0,00	12096,2	0,0	154452,6	32962,0
P88	62+175.000	25,000	509,52	0,00	12737,9	0,0	167190,5	32962,0
P89	62+200.000	25,000	545,42	0,00	13635,5	0,0	180826,1	32962,0
P90	62+225.000	25,000	550,09	0,00	13752,3	0,0	194578,3	32962,0
P91	62+250.000	25,000	452,16	0,00	11303,9	0,0	205882,3	32962,0
P92	62+275.000	25,000	315,01	0,00	7875,1	0,0	213757,4	32962,0
P93	62+300.000	25,000	165,69	0,00	4142,2	0,0	217899,6	32962,0
P94	62+325.000	25,000	31,07	23,14	776,8	578,6	218676,4	33540,6

ANNEXE 3 : CALCULE CAUBATURE

P95	62+350.000	25,000	0,77	146,05	19,3	3651,3	218695,7	37191,9
P96	62+375.000	25,000	0,76	286,88	18,9	7172,1	218714,6	44364,0
P97	62+400.000	25,000	0,86	387,59	21,5	9689,8	218736,0	54053,8
P98	62+425.000	25,000	0,77	429,46	19,3	10736,6	218755,3	64790,4
P99	62+450.000	25,000	0,77	460,24	19,3	11505,9	218774,7	76296,3
P100	62+475.000	25,000	0,00	336,68	0,0	0,0	218774,7	76296,3
P101	62+500.000	25,000	0,00	333,36	0,0	0,0	218774,7	76296,3
P102	62+525.000	25,000	0,00	327,08	0,0	0,0	218774,7	76296,3
P103	62+550.000	25,000	0,00	326,24	0,0	0,0	218774,7	76296,3
P104	62+575.000	25,000	0,00	332,16	0,0	0,0	218774,7	76296,3
P105	62+600.000	25,000	0,00	366,33	0,0	0,0	218774,7	76296,3
P106	62+625.000	25,000	0,00	448,57	0,0	0,0	218774,7	76296,3
P107	62+650.000	25,000	0,00	502,83	0,0	0,0	218774,7	76296,3
P108	62+675.000	25,000	0,00	527,01	0,0	0,0	218774,7	76296,3
P109	62+700.000	25,000	0,00	491,00	0,0	0,0	218774,7	76296,3
P110	62+725.000	25,000	0,00	390,39	0,0	0,0	218774,7	76296,3
P111	62+750.000	25,000	0,00	332,75	0,0	0,0	218774,7	76296,3

ANNEXE 3 : CALCULE CAUBATURE

P112	62+775.000	25,000	0,00	310,52	0,0	0,0	218774,7	76296,3
P113	62+800.000	25,000	0,72	369,41	18,0	9235,3	218792,7	85531,6
P114	62+825.000	25,000	0,71	307,06	17,8	7676,5	218810,5	93208,1
P115	62+850.000	25,000	0,71	245,69	17,7	6142,3	218828,2	99350,4
P116	62+875.000	25,000	0,69	169,02	17,2	4225,4	218845,4	103575,8
P117	62+900.000	25,000	0,72	97,86	17,9	2446,6	218863,3	106022,4
P118	62+925.000	25,000	0,69	43,64	17,3	1091,1	218880,7	107113,5
P119	62+950.000	25,000	0,70	31,54	17,6	788,4	218898,3	107901,9
P120	62+975.000	25,000	0,69	35,00	17,2	875,1	218915,5	108777,0
P121	63+000.000	25,000	0,69	47,64	17,2	1191,1	218932,6	109968,1
P122	63+025.000	25,000	0,73	48,94	18,2	1223,4	218950,8	111191,5
P123	63+050.000	25,000	0,72	50,91	18,0	1272,7	218968,8	112464,1
P124	63+075.000	25,000	0,72	53,93	17,9	1348,3	218986,8	113812,4
P125	63+100.000	25,000	0,73	65,14	18,2	1628,5	219005,0	115441,0
P126	63+125.000	25,000	0,67	77,84	16,7	1946,1	219021,6	117387,1
P127	63+150.000	25,000	0,77	87,69	19,2	2192,1	219040,9	119579,2
P128	63+175.000	25,000	0,77	84,26	19,1	2106,5	219060,0	121685,7

ANNEXE 3 : CALCULE CAUBATURE

P129	63+200.000	25,000	0,73	88,80	18,3	2219,9	219078,3	123905,6
P130	63+225.000	25,000	0,76	100,46	19,1	2511,4	219097,4	126417,0
P131	63+250.000	25,000	0,79	107,97	19,6	2699,1	219117,1	129116,2
P132	63+275.000	25,000	0,77	116,08	19,1	2902,0	219136,2	132018,1
P133	63+300.000	25,000	0,75	119,23	18,8	2980,8	219155,0	134998,9
P134	63+325.000	25,000	0,76	118,20	19,0	2955,0	219174,0	137953,9
P135	63+350.000	25,000	0,74	111,59	18,5	2789,7	219192,5	140743,6
P136	63+375.000	25,000	0,56	99,93	14,1	2498,2	219206,6	143241,8
P137	63+400.000	25,000	0,58	107,14	14,6	2678,6	219221,2	145920,4
P138	63+425.000	25,000	0,80	170,99	20,1	4274,7	219241,2	150195,1
P139	63+450.000	25,000	0,78	206,26	19,4	5156,5	219260,7	155351,6
P140	63+475.000	25,000	0,76	231,40	19,0	5785,1	219279,7	161136,7
P141	63+500.000	25,000	1,12	282,77	28,0	7069,3	219307,7	168205,9
P142	63+525.000	25,000	0,77	359,72	19,3	8993,0	219326,9	177199,0
P143	63+550.000	25,000	0,70	391,70	17,5	9792,4	219344,4	186991,4
P144	63+575.000	25,000	0,77	373,87	19,2	9346,7	219363,6	196338,1
P145	63+600.000	25,000	0,53	389,57	13,2	9739,4	219376,8	206077,5

ANNEXE 3 : CALCULE CAUBATURE

P146	63+625.000	25,000	0,95	404,36	23,8	10109,0	219400,6	216186,5
P147	63+650.000	25,000	0,99	384,69	24,7	9617,3	219425,3	225803,8
P148	63+675.000	25,000	0,87	296,66	21,7	7416,4	219447,0	233220,2
P149	63+700.000	25,000	0,93	241,43	23,4	6035,8	219470,4	239256,0
P150	63+725.000	25,000	0,95	192,56	23,7	4814,0	219494,1	244070,0
P151	63+750.000	25,000	0,91	152,84	22,7	3820,9	219516,7	247890,9
P152	63+775.000	25,000	0,99	122,91	24,6	3074,5	219541,3	250965,4
P153	63+800.000	25,000	1,01	100,77	25,3	2521,2	219566,6	253486,6
P154	63+825.000	25,000	1,01	71,68	25,2	1791,5	219591,8	255278,1
P155	63+850.000	25,000	1,02	32,88	25,7	820,4	219617,4	256098,5
P156	63+875.000	25,000	12,69	5,92	319,7	147,4	219937,1	256245,8
P157	63+900.000	25,000	48,38	0,00	1214,0	0,0	221151,1	256245,8
P158	63+925.000	25,000	96,08	0,00	2404,9	0,0	223556,0	256245,8
P159	63+950.000	25,000	94,48	0,00	2365,4	0,0	225921,4	256245,8
P160	63+975.000	25,000	77,00	0,00	1928,6	0,0	227850,1	256245,8
P161	64+000.000	25,000	52,52	0,00	1316,6	0,0	229166,7	256245,8
P162	64+025.000	25,000	25,90	0,15	651,2	3,6	229817,9	256249,5

ANNEXE 3 : CALCULE CAUBATURE

P163	64+050.000	25,000	6,51	13,31	163,9	331,2	229981,8	256580,6
P164	64+075.000	25,000	0,75	58,74	18,8	1465,3	230000,6	258045,9
P165	64+100.000	25,000	0,75	123,98	18,8	3098,4	230019,3	261144,3
P166	64+125.000	25,000	0,76	145,62	19,0	3640,4	230038,4	264784,7
P167	64+150.000	25,000	0,68	92,52	16,9	2313,1	230055,3	267097,8
P168	64+175.000	25,000	0,77	66,57	19,2	1664,4	230074,5	268762,2
P169	64+200.000	25,000	0,75	67,45	18,8	1686,3	230093,2	270448,4
P170	64+225.000	25,000	0,76	65,86	19,1	1646,4	230112,3	272094,8
P171	64+250.000	25,000	0,78	49,01	19,6	1225,3	230131,9	273320,1
P172	64+275.000	25,000	1,08	21,14	27,0	528,5	230158,9	273848,6
P173	64+300.000	25,000	8,47	1,31	211,6	32,8	230370,5	273881,5
P174	64+325.000	25,000	31,28	0,00	781,9	0,0	231152,4	273881,5
P175	64+350.000	25,000	35,50	0,00	887,6	0,0	232040,0	273881,5
P176	64+375.000	25,000	32,45	0,00	811,3	0,0	232851,3	273881,5
P177	64+400.000	25,000	12,37	1,21	308,7	30,4	233160,0	273911,8
P178	64+425.000	25,000	1,93	21,50	47,9	540,0	233207,9	274451,9
P179	64+450.000	25,000	0,71	50,91	17,7	1276,5	233225,6	275728,3

ANNEXE 3 : CALCULE CAUBATURE

P180	64+475.000	25,000	0,75	89,70	18,7	2247,3	233244,2	277975,6
P181	64+500.000	25,000	0,79	154,52	19,8	3871,0	233264,0	281846,6
P182	64+525.000	25,000	0,81	170,10	20,4	4261,7	233284,4	286108,3
P183	64+550.000	25,000	0,76	143,50	18,9	3596,2	233303,3	289704,5
P184	64+575.000	25,000	0,88	153,19	22,2	3840,5	233325,5	293545,0
P185	64+600.000	25,000	0,97	158,43	24,3	3970,9	233349,8	297515,9
P186	64+625.000	25,000	1,02	151,26	25,6	3789,0	233375,4	301304,9
P187	64+650.000	25,000	0,81	136,55	20,3	3418,9	233395,7	304723,7
P188	64+675.000	25,000	0,76	104,26	19,0	2610,3	233414,7	307334,0
P189	64+700.000	25,000	0,79	93,29	19,7	2335,4	233434,4	309669,4
P190	64+725.000	25,000	0,78	81,71	19,5	2046,0	233453,9	311715,5
P191	64+750.000	25,000	0,74	68,16	18,3	1707,2	233472,3	313422,7
P192	64+775.000	25,000	0,74	51,84	18,4	1299,1	233490,6	314721,8
P193	64+800.000	25,000	0,97	23,40	24,1	587,0	233514,7	315308,8
P194	64+825.000	25,000	8,74	4,86	216,5	122,5	233731,2	315431,3
P195	64+850.000	25,000	27,92	0,00	694,2	0,0	234425,3	315431,3
P196	64+875.000	25,000	58,97	0,00	1470,1	0,0	235895,5	315431,3

ANNEXE 3 : CALCULE CAUBATURE

P197	64+900.000	25,000	93,93	0,00	2344,2	0,0	238239,7	315431,3
P198	64+925.000	25,000	140,28	0,00	3507,0	0,0	241746,7	315431,3
P199	64+950.000	25,000	202,12	0,00	5059,6	0,0	246806,3	315431,3
P200	64+975.000	25,000	300,93	0,26	7537,2	6,3	254343,5	315437,6
P201	64+1000.000	25,000	457,42	0,00	11462,8	0,0	265806,2	315437,6
P202	65+025.000	25,000	587,32	0,00	14717,1	0,0	280523,3	315437,6
P203	65+050.000	25,000	634,04	0,00	15911,5	0,0	296434,8	315437,6
P204	65+075.000	25,000	408,31	0,00	10254,0	0,0	306688,8	315437,6
P205	65+100.000	25,000	274,31	0,00	6875,0	0,0	313563,9	315437,6
P206	65+125.000	25,000	201,80	0,00	5053,4	0,0	318617,2	315437,6
P207	65+150.000	25,000	133,41	0,00	3340,1	0,0	321957,4	315437,6
P208	65+175.000	25,000	82,05	0,00	2054,8	0,0	324012,2	315437,6
P209	65+200.000	25,000	34,30	0,00	860,2	0,0	324872,3	315437,6
P210	65+225.000	25,000	24,30	0,00	608,9	0,0	325481,2	315437,6
P211	65+250.000	25,000	33,81	0,00	846,8	0,0	326328,0	315437,6
P212	65+275.000	25,000	37,88	0,00	949,2	0,0	327277,2	315437,6
P213	65+300.000	25,000	38,69	0,00	968,8	0,0	328246,0	315437,6

ANNEXE 3 : CALCULE CAUBATURE

P214	65+325.000	25,000	42,96	0,00	1075,1	0,0	329321,1	315437,6
P215	65+350.000	25,000	46,75	0,00	1169,9	0,0	330490,9	315437,6
P216	65+375.000	25,000	45,31	0,00	1134,6	0,0	331625,5	315437,6
P217	65+400.000	25,000	34,39	0,00	862,0	0,0	332487,5	315437,6
P218	65+425.000	25,000	27,13	0,00	681,2	0,0	333168,7	315437,6
P219	65+450.000	25,000	10,44	9,23	262,7	229,3	333431,4	315666,9
P220	65+475.000	25,000	0,58	105,90	14,7	2635,7	333446,2	318302,6
P221	65+500.000	25,000	0,85	260,25	21,5	6495,8	333467,7	324798,4
P222	65+525.000	25,000	0,87	241,80	21,8	6050,2	333489,5	330848,6
P223	65+550.000	25,000	0,60	196,47	15,0	4905,5	333504,6	335754,1
P224	65+575.000	25,000	0,67	212,56	17,0	5304,1	333521,5	341058,1
P225	65+600.000	25,000	0,73	217,36	18,3	5423,6	333539,8	346481,8
P226	65+625.000	25,000	0,75	228,87	18,8	5710,8	333558,6	352192,6
P227	65+650.000	25,000	0,75	267,27	18,9	6670,8	333577,5	358863,5
P228	65+675.000	25,000	0,67	293,15	16,8	7319,0	333594,3	366182,5
P229	65+700.000	25,000	1,16	312,64	28,9	7807,7	333623,2	373990,2
P230	65+725.000	25,000	1,24	301,68	30,8	7540,9	333654,0	381531,0

ANNEXE 3 : CALCULE CAUBATURE

P231	65+750.000	25,000	1,27	267,45	31,8	6698,3	333685,8	388229,4
P232	65+775.000	25,000	1,45	197,07	36,3	4946,7	333722,1	393176,1
P233	65+800.000	25,000	11,13	93,10	275,9	2338,9	333998,0	395515,0
P234	65+825.000	25,000	38,46	35,90	954,1	902,8	334952,1	396417,8
P235	65+850.000	25,000	78,14	3,48	1941,2	87,8	336893,3	396505,6
P236	65+875.000	25,000	137,44	0,00	3422,1	0,0	340315,4	396505,6
P237	65+900.000	25,000	151,40	0,00	3771,1	0,0	344086,5	396505,6
P238	65+925.000	25,000	161,59	0,00	4027,4	0,0	348113,9	396505,6
P239	65+950.000	25,000	171,42	0,00	4276,6	0,0	352390,6	396505,6
P240	65+975.000	25,000	232,41	0,00	5796,7	0,0	358187,2	396505,6
P241	66+000.000	262,500	326,59	0,00	85550,4	0,0	443737,6	396505,6
P242	66+500.000	250,000	637,53	0,00	159383,3	0,0	603120,9	396505,6

ANNEXE 4 : PROFIL EN TRAVERS

Num.	Abscisse	Axe Plan	X	Y	Dévers		Pente long.
					Gauche	Droite	
P01	60+000.000	Droite 1	201530,174	3871600,281	2,50	-2,50	1,26
P02	60+025.000	Droite 1	201549,350	3871584,241	2,50	-2,50	1,26
P03	60+050.000	Droite 1	201568,526	3871568,200	2,50	-2,50	1,17
P04	60+075.000	Droite 1	201587,701	3871552,160	2,50	-2,50	0,97
P05	60+100.000	Droite 1	201606,877	3871536,120	2,50	-2,50	0,77
P06	60+125.000	Droite 1	201626,053	3871520,079	2,50	-2,50	0,57
P07	60+150.000	Droite 1	201645,229	3871504,039	2,50	-2,50	0,37
P08	60+175.000	Droite 1	201664,404	3871487,999	2,50	-2,50	0,17
P09	60+200.000	Droite 1	201683,580	3871471,958	2,50	-2,50	-0,03
P10	60+225.000	Droite 1	201702,756	3871455,918	2,50	-2,50	-0,23
P11	60+250.000	Droite 1	201721,931	3871439,878	2,50	-2,50	-0,43
P12	60+275.000	Droite 1	201741,107	3871423,837	2,50	-2,50	-0,63
P13	60+300.000	Droite 1	201760,283	3871407,797	2,50	-2,50	-0,83
P14	60+325.000	Droite 1	201779,459	3871391,757	2,50	-2,50	-1,03
P15	60+350.000	Droite 1	201798,634	3871375,717	2,50	-2,50	-1,23
P16	60+375.000	Droite 1	201817,810	3871359,676	2,50	-2,50	-1,43
P17	60+400.000	Droite 1	201836,986	3871343,636	2,50	-2,50	-1,63
P18	60+425.000	Arc 1	201856,128	3871327,556	2,50	-2,50	-1,83
P19	60+450.000	Arc 1	201875,085	3871311,258	2,50	-2,50	-1,98
P20	60+475.000	Arc 1	201893,838	3871294,725	2,50	-2,50	-1,97
P21	60+500.000	Arc 1	201912,382	3871277,959	2,50	-2,50	-1,96
P22	60+525.000	Droite 2	201930,816	3871261,071	2,50	-2,50	-1,96
P23	60+550.000	Droite 2	201949,249	3871244,183	2,50	-2,50	-1,95
P24	60+575.000	Droite 2	201967,683	3871227,295	2,50	-2,50	-1,95

ANNEXE 4 : PROFIL EN TRAVERS

P25	60+600.000	Droite 2	201986,117	3871210,408	2,50	-2,50	-1,94
P26	60+625.000	Arc 2	202004,540	3871193,508	2,50	-2,50	-1,93
P27	60+650.000	Arc 2	202022,801	3871176,435	2,50	-2,50	-1,93
P28	60+675.000	Arc 2	202040,848	3871159,134	2,50	-2,50	-1,92
P29	60+700.000	Arc 2	202058,677	3871141,609	2,50	-2,50	-1,91
P30	60+725.000	Arc 2	202076,285	3871123,862	2,50	-2,50	-1,91
P31	60+750.000	Arc 2	202093,670	3871105,897	2,50	-2,50	-1,90
P32	60+775.000	Arc 2	202110,829	3871087,716	2,50	-2,50	-1,90
P33	60+800.000	Droite 3	202127,795	3871069,354	2,50	-2,50	-1,89
P34	60+825.000	Droite 3	202144,737	3871050,970	2,50	-2,50	-1,96
P35	60+850.000	Droite 3	202161,679	3871032,586	2,50	-2,50	-2,10
P36	60+875.000	Droite 3	202178,621	3871014,202	2,50	-2,50	-2,23
P37	60+900.000	Droite 3	202195,563	3870995,818	2,50	-2,50	-2,37
P38	60+925.000	Droite 3	202212,505	3870977,434	2,50	-2,50	-2,50
P39	60+950.000	Droite 3	202229,447	3870959,050	2,50	-2,50	-2,64
P40	60+975.000	Droite 3	202246,389	3870940,666	2,50	-2,50	-2,77
P41	60+1000.000	Droite 3	202263,331	3870922,282	2,50	-2,50	-2,91
P42	61+025.000	Droite 3	202280,273	3870903,899	2,50	-2,50	-3,04
P43	61+050.000	Droite 3	202297,215	3870885,515	2,50	-2,50	-3,10
P44	61+075.000	Droite 3	202314,157	3870867,131	2,50	-2,50	-3,10
P45	61+100.000	Droite 3	202331,099	3870848,747	2,50	-2,50	-3,10
P46	61+125.000	Droite 3	202348,041	3870830,363	2,50	-2,50	-3,10
P47	61+150.000	Droite 3	202364,983	3870811,979	2,50	-2,50	-3,10
P48	61+175.000	Droite 3	202381,925	3870793,595	2,50	-2,50	-3,10
P49	61+200.000	Droite 3	202398,867	3870775,211	2,50	-2,50	-3,10
P50	61+225.000	Droite 3	202415,809	3870756,828	2,50	-2,50	-3,10

ANNEXE 4 : PROFIL EN TRAVERS

P51	61+250.000	Droite 3	202432,751	3870738,444	2,50	-2,50	-2,98
P52	61+275.000	Droite 3	202449,693	3870720,060	2,50	-2,50	-2,86
P53	61+300.000	Droite 3	202466,635	3870701,676	2,50	-2,50	-2,73
P54	61+325.000	Droite 3	202483,577	3870683,292	2,50	-2,50	-2,61
P55	61+350.000	Droite 3	202500,519	3870664,908	2,50	-2,50	-2,48
P56	61+375.000	Droite 3	202517,461	3870646,524	2,50	-2,50	-2,36
P57	61+400.000	Droite 3	202534,403	3870628,140	2,50	-2,50	-2,23
P58	61+425.000	Droite 3	202551,346	3870609,756	2,50	-2,50	-2,11
P59	61+450.000	Droite 3	202568,288	3870591,373	2,50	-2,50	-1,98
P60	61+475.000	Droite 3	202585,230	3870572,989	2,50	-2,50	-1,86
P61	61+500.000	Droite 3	202602,172	3870554,605	2,50	-2,50	-1,73
P62	61+525.000	Droite 3	202619,114	3870536,221	2,50	-2,50	-1,61
P63	61+550.000	Droite 3	202636,056	3870517,837	2,50	-2,50	-1,48
P64	61+575.000	Droite 3	202652,998	3870499,453	2,50	-2,50	-1,36
P65	61+600.000	Droite 3	202669,940	3870481,069	2,50	-2,50	-1,23
P66	61+625.000	Droite 3	202686,882	3870462,685	2,50	-2,50	-1,11
P67	61+650.000	Droite 3	202703,824	3870444,301	2,50	-2,50	-0,98
P68	61+675.000	Droite 3	202720,766	3870425,918	2,50	-2,50	-0,87
P69	61+700.000	Droite 3	202737,708	3870407,534	2,50	-2,50	-0,97
P70	61+725.000	Droite 3	202754,650	3870389,150	2,50	-2,50	-1,07
P71	61+750.000	Droite 3	202771,592	3870370,766	2,50	-2,50	-1,17
P72	61+775.000	Droite 3	202788,534	3870352,382	2,50	-2,50	-1,27
P73	61+800.000	Droite 3	202805,476	3870333,998	2,50	-2,50	-1,37
P74	61+825.000	Droite 3	202822,418	3870315,614	2,50	-2,50	-1,46
P75	61+850.000	Droite 3	202839,360	3870297,230	2,50	-2,50	-1,56
P76	61+875.000	Droite 3	202856,302	3870278,846	2,50	-2,50	-1,66

ANNEXE 4 : PROFIL EN TRAVERS

P77	61+900.000	Droite 3	202873,244	3870260,463	2,50	-2,50	-1,76
P78	61+925.000	Droite 3	202890,186	3870242,079	2,50	-2,50	-1,86
P79	61+950.000	Droite 3	202907,128	3870223,695	2,50	-2,50	-1,95
P80	61+975.000	Droite 3	202924,070	3870205,311	2,50	-2,50	-2,05
P81	62+000.000	Droite 3	202941,012	3870186,927	2,50	-2,50	-2,15
P82	62+025.000	Droite 3	202957,954	3870168,543	2,50	-2,50	-2,25
P83	62+050.000	Droite 3	202974,897	3870150,159	2,50	-2,50	-2,35
P84	62+075.000	Droite 3	202991,839	3870131,775	2,50	-2,50	-2,44
P85	62+100.000	Droite 3	203008,781	3870113,391	2,50	-2,50	-2,54
P86	62+125.000	Droite 3	203025,723	3870095,008	2,50	-2,50	-2,64
P87	62+150.000	Droite 3	203042,665	3870076,624	2,50	-2,50	-2,74
P88	62+175.000	Droite 3	203059,607	3870058,240	2,50	-2,50	-2,84
P89	62+200.000	Droite 3	203076,549	3870039,856	2,50	-2,50	-2,93
P90	62+225.000	Droite 3	203093,491	3870021,472	2,50	-2,50	-3,03
P91	62+250.000	Droite 3	203110,433	3870003,088	2,50	-2,50	-3,13
P92	62+275.000	Droite 3	203127,375	3869984,704	2,50	-2,50	-3,23
P93	62+300.000	Droite 3	203144,317	3869966,320	2,50	-2,50	-3,33
P94	62+325.000	Droite 3	203161,259	3869947,936	2,50	-2,50	-3,31
P95	62+350.000	Droite 3	203178,201	3869929,553	2,50	-2,50	-3,06
P96	62+375.000	Droite 3	203195,143	3869911,169	2,50	-2,50	-2,81
P97	62+400.000	Droite 3	203212,085	3869892,785	2,50	-2,50	-2,56
P98	62+425.000	Droite 3	203229,027	3869874,401	2,50	-2,50	-2,31
P99	62+450.000	Droite 3	203245,969	3869856,017	2,50	-2,50	-2,06
P100	62+475.000	Droite 3	203262,911	3869837,633	2,50	-2,50	-1,81
P101	62+500.000	Droite 3	203279,853	3869819,249	2,50	-2,50	-1,56
P102	62+525.000	Droite 3	203296,795	3869800,865	2,50	-2,50	-1,31

ANNEXE 4 : PROFIL EN TRAVERS

P103	62+550.000	Droite 3	203313,737	3869782,482	2,50	-2,50	-1,06
P104	62+575.000	Droite 3	203330,679	3869764,098	2,50	-2,50	-0,81
P105	62+600.000	Droite 3	203347,621	3869745,714	2,50	-2,50	-0,56
P106	62+625.000	Droite 3	203364,563	3869727,330	2,50	-2,50	-0,31
P107	62+650.000	Droite 3	203381,505	3869708,946	2,50	-2,50	-0,06
P108	62+675.000	Droite 3	203398,448	3869690,562	2,50	-2,50	0,19
P109	62+700.000	Droite 3	203415,390	3869672,178	2,50	-2,50	0,44
P110	62+725.000	Droite 3	203432,332	3869653,794	2,50	-2,50	0,69
P111	62+750.000	Droite 3	203449,274	3869635,410	2,50	-2,50	0,94
P112	62+775.000	Droite 3	203466,216	3869617,027	2,50	-2,50	1,19
P113	62+800.000	Droite 3	203483,158	3869598,643	2,50	-2,50	1,44
P114	62+825.000	Droite 3	203500,100	3869580,259	2,50	-2,50	1,69
P115	62+850.000	Droite 3	203517,042	3869561,875	2,50	-2,50	1,94
P116	62+875.000	Droite 3	203533,984	3869543,491	2,50	-2,50	2,19
P117	62+900.000	Droite 3	203550,926	3869525,107	2,50	-2,50	2,43
P118	62+925.000	Droite 3	203567,868	3869506,723	2,50	-2,50	2,68
P119	62+950.000	Droite 3	203584,810	3869488,339	2,50	-2,50	2,93
P120	62+975.000	Droite 3	203601,752	3869469,955	2,50	-2,50	3,18
P121	63+000.000	Droite 3	203618,694	3869451,572	2,50	-2,50	3,43
P122	63+025.000	Droite 3	203635,636	3869433,188	2,50	-2,50	3,68
P123	63+050.000	Droite 3	203652,578	3869414,804	2,50	-2,50	3,93
P124	63+075.000	Droite 3	203669,520	3869396,420	2,50	-2,50	3,96
P125	63+100.000	Droite 3	203686,462	3869378,036	2,50	-2,50	3,96
P126	63+125.000	Droite 3	203703,404	3869359,652	2,50	-2,50	3,96
P127	63+150.000	Droite 3	203720,346	3869341,268	2,50	-2,50	3,96
P128	63+175.000	Droite 3	203737,288	3869322,884	2,50	-2,50	3,96

ANNEXE 4 : PROFIL EN TRAVERS

P129	63+200.000	Droite 3	203754,230	3869304,500	2,50	-2,50	3,96
P130	63+225.000	Droite 3	203771,172	3869286,117	2,50	-2,50	3,96
P131	63+250.000	Droite 3	203788,114	3869267,733	2,50	-2,50	3,96
P132	63+275.000	Droite 3	203805,056	3869249,349	2,50	-2,50	3,80
P133	63+300.000	Droite 3	203821,999	3869230,965	2,50	-2,50	3,60
P134	63+325.000	Droite 3	203838,941	3869212,581	2,50	-2,50	3,40
P135	63+350.000	Droite 3	203855,883	3869194,197	2,50	-2,50	3,20
P136	63+375.000	Droite 3	203872,825	3869175,813	2,50	-2,50	3,00
P137	63+400.000	Droite 3	203889,767	3869157,429	2,50	-2,50	2,80
P138	63+425.000	Droite 3	203906,709	3869139,045	2,50	-2,50	2,60
P139	63+450.000	Droite 3	203923,651	3869120,662	2,50	-2,50	2,40
P140	63+475.000	Droite 3	203940,593	3869102,278	2,50	-2,50	2,20
P141	63+500.000	Droite 3	203957,535	3869083,894	2,50	-2,50	2,00
P142	63+525.000	Droite 3	203974,477	3869065,510	2,50	-2,50	1,80
P143	63+550.000	Droite 3	203991,419	3869047,126	2,50	-2,50	1,60
P144	63+575.000	Droite 3	204008,361	3869028,742	2,50	-2,50	1,40
P145	63+600.000	Droite 3	204025,303	3869010,358	2,50	-2,50	1,20
P146	63+625.000	Droite 3	204042,245	3868991,974	2,50	-2,50	1,00
P147	63+650.000	Droite 3	204059,187	3868973,590	2,50	-2,50	0,80
P148	63+675.000	Droite 3	204076,129	3868955,207	2,50	-2,50	0,60
P149	63+700.000	Droite 3	204093,071	3868936,823	2,50	-2,50	0,53
P150	63+725.000	Droite 3	204110,013	3868918,439	2,50	-2,50	0,53
P151	63+750.000	Droite 3	204126,955	3868900,055	2,50	-2,50	0,53
P152	63+775.000	Droite 3	204143,897	3868881,671	2,50	-2,50	0,55
P153	63+800.000	Arc 3	204160,937	3868863,378	2,50	-2,50	0,60
P154	63+825.000	Arc 3	204178,222	3868845,316	2,50	-2,50	0,65

ANNEXE 4 : PROFIL EN TRAVERS

P155	63+850.000	Arc 3	204195,749	3868827,489	2,50	-2,50	0,70
P156	63+875.000	Arc 3	204213,515	3868809,901	2,50	-2,50	0,75
P157	63+900.000	Arc 3	204231,517	3868792,554	2,50	-2,50	0,80
P158	63+925.000	Arc 3	204249,752	3868775,452	2,50	-2,50	0,85
P159	63+950.000	Arc 3	204268,217	3868758,598	2,50	-2,50	0,90
P160	63+975.000	Arc 3	204286,907	3868741,996	2,50	-2,50	0,95
P161	64+000.000	Arc 3	204305,820	3868725,647	2,50	-2,50	1,00
P162	64+025.000	Arc 3	204324,953	3868709,555	2,50	-2,50	1,05
P163	64+050.000	Arc 3	204344,301	3868693,723	2,50	-2,50	1,10
P164	64+075.000	Arc 3	204363,861	3868678,155	2,50	-2,50	1,15
P165	64+100.000	Droite 4	204383,622	3868662,841	2,50	-2,50	1,20
P166	64+125.000	Droite 4	204403,436	3868647,597	2,50	-2,50	1,25
P167	64+150.000	Droite 4	204423,251	3868632,352	2,50	-2,50	1,30
P168	64+175.000	Droite 4	204443,065	3868617,108	2,50	-2,50	1,35
P169	64+200.000	Droite 4	204462,880	3868601,864	2,50	-2,50	1,40
P170	64+225.000	Droite 4	204482,694	3868586,620	2,50	-2,50	1,45
P171	64+250.000	Droite 4	204502,509	3868571,375	2,50	-2,50	1,50
P172	64+275.000	Droite 4	204522,323	3868556,131	2,50	-2,50	1,55
P173	64+300.000	Droite 4	204542,137	3868540,887	2,50	-2,50	1,60
P174	64+325.000	Droite 4	204561,952	3868525,643	2,50	-2,50	1,65
P175	64+350.000	Droite 4	204581,766	3868510,398	2,50	-2,50	1,70
P176	64+375.000	Droite 4	204601,581	3868495,154	2,50	-2,50	1,75
P177	64+400.000	Droite 4	204621,395	3868479,910	2,50	-2,50	1,80
P178	64+425.000	Arc 4	204641,141	3868464,576	2,50	-2,50	1,85
P179	64+450.000	Arc 4	204660,637	3868448,928	2,50	-2,50	1,90
P180	64+475.000	Arc 4	204679,871	3868432,958	2,50	-2,50	1,95

ANNEXE 4 : PROFIL EN TRAVERS

P181	64+500.000	Arc 4	204698,837	3868416,671	2,50	-2,50	2,00
P182	64+525.000	Arc 4	204717,530	3868400,071	2,50	-2,50	2,05
P183	64+550.000	Arc 4	204735,945	3868383,163	2,50	-2,50	2,10
P184	64+575.000	Arc 4	204754,076	3868365,951	2,50	-2,50	2,15
P185	64+600.000	Arc 4	204771,919	3868348,441	2,50	-2,50	2,20
P186	64+625.000	Arc 4	204789,468	3868330,636	2,50	-2,50	2,25
P187	64+650.000	Arc 4	204806,720	3868312,543	2,50	-2,50	2,30
P188	64+675.000	Arc 4	204823,668	3868294,165	2,50	-2,50	2,35
P189	64+700.000	Arc 4	204840,309	3868275,508	2,50	-2,50	2,40
P190	64+725.000	Arc 4	204856,638	3868256,578	2,50	-2,50	2,45
P191	64+750.000	Arc 4	204872,650	3868237,379	2,50	-2,50	2,50
P192	64+775.000	Arc 4	204888,341	3868217,917	2,50	-2,50	2,50
P193	64+800.000	Arc 4	204903,706	3868198,196	2,50	-2,50	2,50
P194	64+825.000	Arc 4	204918,742	3868178,223	2,50	-2,50	2,50
P195	64+850.000	Arc 4	204933,443	3868158,004	2,50	-2,50	2,50
P196	64+875.000	Arc 4	204947,807	3868137,542	2,50	-2,50	2,50
P197	64+900.000	Arc 4	204961,830	3868116,845	2,50	-2,50	2,50
P198	64+925.000	Droite 5	204975,569	3868095,959	2,50	-2,50	2,50
P199	64+950.000	Arc 5	204989,311	3868075,075	2,50	-2,50	2,50
P200	64+975.000	Arc 5	205003,287	3868054,347	2,50	-2,50	2,50
P201	64+1000.000	Arc 5	205017,530	3868033,801	2,50	-2,50	2,50
P202	65+025.000	Arc 5	205032,039	3868013,442	2,50	-2,50	2,50
P203	65+050.000	Arc 5	205046,811	3867993,273	2,50	-2,50	2,50
P204	65+075.000	Arc 5	205061,842	3867973,297	2,50	-2,50	2,50
P205	65+100.000	Arc 5	205077,132	3867953,518	2,50	-2,50	2,50
P206	65+125.000	Arc 5	205092,677	3867933,939	2,50	-2,50	2,50

ANNEXE 4 : PROFIL EN TRAVERS

P207	65+150.000	Arc 5	205108,475	3867914,563	2,50	-2,50	2,50
P208	65+175.000	Arc 5	205124,523	3867895,394	2,50	-2,50	2,50
P209	65+200.000	Arc 5	205140,817	3867876,434	2,50	-2,50	2,50
P210	65+225.000	Arc 5	205157,357	3867857,688	2,50	-2,50	2,50
P211	65+250.000	Arc 5	205174,138	3867839,157	2,50	-2,50	2,48
P212	65+275.000	Arc 5	205191,158	3867820,846	2,50	-2,50	2,43
P213	65+300.000	Arc 5	205208,415	3867802,757	2,50	-2,50	2,38
P214	65+325.000	Arc 5	205225,904	3867784,893	2,50	-2,50	2,33
P215	65+350.000	Arc 5	205243,624	3867767,258	2,50	-2,50	2,28
P216	65+375.000	Arc 5	205261,571	3867749,854	2,50	-2,50	2,23
P217	65+400.000	Arc 5	205279,742	3867732,684	2,50	-2,50	2,18
P218	65+425.000	Arc 5	205298,134	3867715,751	2,50	-2,50	2,13
P219	65+450.000	Arc 5	205316,744	3867699,059	2,50	-2,50	2,08
P220	65+475.000	Arc 5	205335,570	3867682,609	2,50	-2,50	2,03
P221	65+500.000	Arc 5	205354,607	3867666,404	2,50	-2,50	2,00
P222	65+525.000	Arc 5	205373,853	3867650,448	2,50	-2,50	2,00
P223	65+550.000	Arc 5	205393,304	3867634,743	2,50	-2,50	2,00
P224	65+575.000	Arc 5	205412,957	3867619,292	2,50	-2,50	2,00
P225	65+600.000	Arc 5	205432,809	3867604,097	2,50	-2,50	2,00
P226	65+625.000	Arc 5	205452,856	3867589,160	2,50	-2,50	2,00
P227	65+650.000	Arc 5	205473,095	3867574,485	2,50	-2,50	2,00
P228	65+675.000	Arc 5	205493,523	3867560,074	2,50	-2,50	2,00
P229	65+700.000	Arc 5	205514,136	3867545,928	2,50	-2,50	2,00
P230	65+725.000	Arc 5	205534,931	3867532,052	2,50	-2,50	2,00
P231	65+750.000	Arc 5	205555,905	3867518,446	2,50	-2,50	2,00
P232	65+775.000	Arc 5	205577,052	3867505,113	2,50	-2,50	2,00

ANNEXE 4 : PROFIL EN TRAVERS

P233	65+800.000	Arc 5	205598,371	3867492,056	2,50	-2,50	2,00
P234	65+825.000	Arc 5	205619,858	3867479,277	2,50	-2,50	2,00
P235	65+850.000	Arc 5	205641,509	3867466,777	2,50	-2,50	1,83
P236	65+875.000	Arc 5	205663,319	3867454,559	2,50	-2,50	1,63
P237	65+900.000	Arc 5	205685,287	3867442,625	2,50	-2,50	1,43
P238	65+925.000	Arc 5	205707,407	3867430,977	2,50	-2,50	1,23
P239	65+950.000	Arc 5	205729,677	3867419,617	2,50	-2,50	1,03
P240	65+975.000	Arc 5	205752,092	3867408,546	2,50	-2,50	0,83
P241	66+000.000	Arc 5	205774,649	3867397,767	2,50	-2,50	0,63
P242	66+500.000	Droite 6	206242,694	3867222,547	2,50	-2,50	-3,37

ANNEXE 4 : Cubatures des Matériaux

Récapitulatif des Cubatures des Matériaux (Gulden)

Nom du dessin	Étude ligne de projet FINALE 20.5.2026 taliiii.dwg
Nom de l'axe	SBELAB - Axe
Table associée	ICTAAL L1
Date du listing	31/05/2026 à 13:28:57

Matériau	Volume cumulé
BB	15561,0
GB2	43364,0
GNT_0_315	61126,2