

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

**Etude en APD du dédoublement de la RN°08 du
PK 18+723 au PK 30+175 avec une étude de Deux
Giratoires**

Présenté par :

GUETTAF Akram

MOKRANI Walid

Encadré par :

Mr. BENBOUZID Mohamed Lakhdar

Mr. FACI Ali

Promotion 2025 / 2026

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Dieu merci de nous avoir donné la santé et la volonté nécessaires pour réaliser ce mémoire.

*Ce travail n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide et l'encadrement de Monsieur **BENBOUZID Mohamed Lakhdar**. Nous le remercions vivement pour la qualité exceptionnelle de son encadrement, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité tout au long de la préparation de ce mémoire.*

*Nos remerciements s'adressent également aux membres du **BET LECTACT** pour leur aide pratique, leur soutien moral et leurs encouragements. Nous pensons particulièrement à Monsieur **FACI Ali**.*

*Nous remercions vivement nos familles, **MOKRANI** et **GUETTAF**, pour leur aide matérielle et morale durant toute la période de préparation.*

Nous tenons aussi à exprimer notre profonde gratitude envers l'ensemble des enseignants de l'ENSTP, qui ont contribué à notre formation et à l'élaboration de ce travail.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail et pour l'avoir enrichi par leurs remarques et propositions.

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

Dédicace

Je dédie ce travail à Allah Tout-Puissant, qui m'a accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce projet. Sans Sa miséricorde et Son aide, rien de tout cela n'aurait été possible.

A celle qui a été à mes côtés et ma soutenu durant toute ma vie, qui m'a guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin, la lune de ma vie,

Ma chère mère : Fazia.

A celle qui a passé sa vie pour mon confort et mes études, qui a fait de moi un homme fort, à mon ami proche, mon refuge après Allah, ma joie et mon bonheur,

Mon cher Père : Hamid.

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'affection et l'amour que j'éprouve envers vous.

Puisse ce travail être une légère récompense de vos soutiens moraux et tous vos sacrifices pour assurer mon bien être et mon éducation.

Que dieu vous garde et protège pour nous et vous accorde la santé et le bonheur.

Merci du fond du cœur.

À mes frères, riadh et youcef, ainsi qu'à ma meilleure sœur et qui illumine mes journées Lydia, pour leur affection, leur soutien et leurs encouragements tout au long de mon parcours,

ainsi qu'à toute la famille MOKRANI et MANSOUR KHODJA.

A tous mes amis kamal, mounir, ayoub ,hsino et a tous mes camarades de promo, que Dieu vous accorde le succès.

A mon binome akram et tous ceux qui m'ont conseillé, guidé et contribué à la réalisation de cette travaille

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

MOKRANI Walid.

Dédicace

Avant tout, je tiens tout d'abord de remercier ALLAH de m'avoir donné le courage, la volonté et la patience à la réalisation de ce modeste travail que je dédie :

À celle qui a été à mes côtés et m'a soutenu durant toute ma vie, À toi, chère Maman, pour ta présence, ton éducation, ton soutien et ton amour inconditionnel. J'espère toujours être à la hauteur de tes attentes;

Mon cher PAPA Aucune dédicace ne saurait exprimer l'affection et l'amour que j'éprouve pour toi;

Puisse ce travail être une légère récompense pour vos soutiens moraux et tous vos sacrifices pour assurer mon avenir professionnel;

À l'Âme pure de mon grand-père Hadj Moussa qui m'a entouré d'amour, de tendresse et de soins durant mon enfance avec un esprit de bienveillance;

À mes frères et sœurs : ANIS, AMIN, AMAL et AMINA ,ZINAB,ILINE,IYAD ;

À ma grand-mère;

A toute la famille HAID et GUETTAF ;

A mes amis proches : Haythem, Majid, Nacer, Ilyas, yazid dado, walid,imad , saleh, lokman ,akram ,Ayoub laki et rayan, chihab,ahmed lbakai ,djaballh,louai,youcef, ghougha;

À tous mes amis et collègues;

À tous les enseignants qui ont été parmi les formateurs de ce à quoi je suis arrivé actuellement;

Vous avez toujours été présents pour les bons conseils.

Votre soutien m'a été d'un grand intérêt au long de mon parcours universitaire.

Veillez trouver dans ce travail ma reconnaissance pour tous vos efforts :

je vous dis merci !

GUETTAF Akram.

Résumé

Ce travail comprend une étude appliquée du projet de dédoublement de la route reliant les communes de Dirah et Sidi Aïssa, sur une longueur de 11,452 km, du pk18+723 au pk 30+175, avec la réalisation de deux giratoires afin d'améliorer la fluidité du trafic et de renforcer la sécurité routière.

Dans ce résumé, nous allons présenter un aperçu succinct des chapitres qui composent notre projet de fin d'études.

Afin de réaliser ce petit effort, nous avons suivi un plan de travail établi par l'encadreur. Cette approche commence par une introduction générale, une étude de trafic et son extrapolation.

Ensuite, nous avons dimensionné la structure du corps de chaussée. Ensuite, nous avons tracé géométriquement l'axe en plan à l'aide du logiciel Civil 3D en respectant les normes du 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 de notre sol de base, ainsi qu'une étude d'assainissement de notre route. nous avons effectué une étude de l'échangeur et prévu la signalisation. Un calcul de cubature.

Enfin, on a terminé par l'étude d'impact sur l'environnement et le devis estimatif et quantitatif.

ملخص

يتضمن هذا العمل دراسة تطبيقية لمشروع تثنية الطريق الرابط بين بلديتي الديرة وسيدي عيسى، على طول 11.452 كم، من النقطة الكيلومترية 18+723 إلى النقطة الكيلومترية 30+175، مع إنجاز دواوين لتحسين انسيابية حركة المرور ورفع مستوى السلامة المرورية.

في هذا الملخص، سنعرض الفصول التي تطرقنا إليها في هذه الدراسة. لقد اتبعنا مخطط العمل المقدم من طرف المشرف والذي يبدأ بمقدمة عامة تليها دراسة حركة المرور بعد ذلك قمنا بتصميم محور الطريق بالاستعانة برنامج سيفيل 3D مع احترام معايير التصميم. واتبعنا هذا المسار بمقطعه الطولي والعرضي.

بعد هذه المراحل انتقلنا إلى إنجاز تقرير جيوتقني بهدف معرفة خصائص التربة المخصصة للمشروع، إضافة إلى دراسة الصرف الصحي للطريق ثم قمنا بدراسة المحول مع تحديد اشارات المرور وحساب كميات التربة.

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

Summary

This work includes an applied study of the road dualization project connecting the municipalities of Dirah and Sidi Aïssa, over a length of 11.452 km, from kilometer point 18+723 to kilometer point 30+175, including the construction of two roundabouts."

In this summary, we present a brief overview that covers all the chapters of our final year project. To carry out this work, we followed a work plan established by our supervisor. This approach begins with a general introduction, followed by a traffic study and its extrapolation.

Next, we dimensioned the pavement structure and geometrically designed the road alignment using Civil 3D software, in accordance with roadway design standards. We then developed the longitudinal and cross profiles.

Following these steps, we prepared a geotechnical report to determine all the characteristics of the subgrade soil, along with a drainage study of the road. We also carried out a study of the interchange, planned the road signage, and performed earthwork volume calculations.

Finally, we concluded with an environmental impact study and the quantitative and cost estimation of the project.

SOMMAIRE

INTRODCUTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET	2
I.1. INTRODUCTION.....	2
I.2. PRESENTATION DES WILAYAS	2
I.2.1. Wilaya de Bouira	2
I.2.2. Wilaya de Msila.....	3
I.3. RELIEF.....	5
I.3.1. Wilaya de Bouira	5
I.3.2. Wilaya de Msila.....	5
I.4. CLIMATOLOGIE DES WILAYAS	5
I.4.1. Wilaya de Bouira	5
I.4.2. Wilaya de Msila.....	5
I.5. DESCRIPTIONS DU PROJET.....	5
I.6. OBJECTIFS DU PROJET	6
I.7. PRESENTATION DU TRONÇON A ETUDIER	6
CHAPITRE II : DONNEES DE BASE.....	7
II.1. INTRODUCTION.....	7
II.2. OBJET DE CES NORMES ET DOMAINE D'APPLICATION	7
II.3. CONCEPTION GENERALE	8
II.4. CHOIX DE CATEGORIE.....	8
II.5. LA VITESSE DE BASE	8
II.6. PARAMETRES GEOMETRIQUES	8
CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC	10
III.1. INTRODUCTION	10
III.2. ANALYSE DE TRAFIC.....	10
III.3. CALCUL DE LA CAPACITE	10
III.3.1. Définition de la capacité	10
III.4. CALCUL DE TJMA A L'ANNEE HORIZON	11
III.5. CALCUL DU TRAFIC EFFECTIF.....	11
III.6. DEBIT DE POINTE HORAIRE NORMAL.....	12
III.7. DEBIT HORAIRE ADMISSIBLE	12
III.8. CALCUL DU NOMBRE DES VOIES.....	13
III.8.1. CAS d'une chaussée bidirectionnelle.....	13
III.8.2. Cas d'une chaussée unidirectionnelle	13

III.9. APPLICATION AU PROJET	14
III.9.1. Les données de trafic.....	14
III.9.2. Le trafic journalier moyen annuel à l'année de mise en service	14
III.9.3. Le trafic journalier moyen annuel à la fin de vie du projet	14
III.9.4. Le trafic effectif	14
III.9.5. Le débit de pointe horaire normale	15
III.9.6. Le débit admissible.....	15
III.9.7. Le nombre des voies.....	15
III.9.8. Calcul de l'année de saturation	15
III.10. CONCLUSION.....	15
CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE.....	16
IV.1. TRACE EN PLAN	16
IV.1.1. Introduction	16
IV.1.2. Règles à respecter dans le tracé en plan	16
IV.1.3. Les éléments du tracé en plan.....	16
IV.1.3.1. Alignements	17
IV.1.3.2. Arcs de cercle.....	17
IV.1.3.3. Valeurs des rayons	17
IV.1.3.4. Les raccordements progressifs	17
IV.1.4. Contraintes rencontrées lors de l'élaboration de notre tracé	18
IV.1.5. Enchaînement des éléments du tracé en plan	18
IV.2. PROFIL EN LONG	18
IV.2.1. Introduction	18
IV.2.2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long.....	18
IV.2.3. Déclivité	19
IV.2.3.1. Déclivité minimum.....	19
IV.2.3.2. Déclivité maximum	19
IV.2.4. Raccordements en profil en long	19
IV.2.4.1. Raccordement convexes (angle saillant)	19
IV.2.4.2. Raccordement en angle concave (rentrant).....	19
IV.2.5. Valeurs limites	19
IV.2.6. Coordination du tracé en plan et du profil en long	20
IV.3. PROFIL EN TRAVERS	20
IV.3.1. Introduction	20
IV.3.2. Les différents types de profils en Travers	20

IV.3.3. Les éléments du profil en travers	21
IV.3.3.1. Chaussée	21
IV.3.3.2. Terre-Plein Central (T.P.C)	21
IV.3.3.3. Accotement	21
IV.3.4. Pentes transversales.....	22
IV.3.4.1. En alignement et en courbe non déversée	22
IV.3.4.2. En courbe déversée.....	22
IV.3.5. Profil en travers type du notre projet	23
CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE.....	25
V.1. INTRODUCTION	25
V.2. LES MOYENS DE RECONNAISSANCES.....	25
V.2.1. L'étude des archives et documents existants	25
V.2.2. Les essais in situ.....	25
V.2.3. Les essais au laboratoire	26
V.3. RESULTATS DES INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES.....	28
V.3.1. Résultats des reconnaissances in situ	28
V.3.1.1. Puits de reconnaissance	28
V.3.1.2. Sondages carottés	30
V.3.2. Résultats des essais au laboratoire	31
V.3.2.1. Résultats d'essais teneur en eau et granulométrie et limites d'Atterberg ...	31
V.3.2.2. Résultats d'essai Proctor modifié et CBR imbibé à 4 jours:.....	33
V.4. CLASSIFICATION DES SOLS (CLASSIFICATION GTR) :	34
V.4.1. Résultats de classification GTR	35
V.5. RECHERCHE DES GITES :	36
V.5.1. Localisation des gites d'emprunts :	36
CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE.....	39
VI.1. INTRODUCTION	39
VI.2. L'OBJECTIVE DE DIMENSIONNEMENT	39
VI.3. LES METHODES DE DIMENSIONNEMENT	40
VI.4. LA METHODE DU CATALOGUE ALGERIEN DE DIMENSIONNEMENT	40
VI.4.1. Les données climatiques.....	40
VI.4.1.1. Classification de la zone d'étude	40
VI.4.1.2. Température équivalente	41
VI.4.2. Détermination du type du réseau principal.....	41
VI.4.3. Détermination de la classe de trafic (TPLi).....	41

VI.4.4. Le trafic cumule de poids lourds (TCi)	42
VI.4.5. Trafic cumulé équivalent (TCEi)	42
VI.4.6. Le risque de calcul	43
VI.4.7. Détermination de la portance du sol support	43
VI.4.8. Choix de dimensionnement du corps de chaussée	44
VI.4.9. Calcul de la déformation admissible	45
VI.4.9.1. Calcul de la déformation admissible (ϵ_z , adm) du sol support	45
VI.4.9.2. Calcul de la déformation admissible de traction (ϵ_t , adm) :	45
VI.4.10. Vérification de la fatigue des structures et de la déformation du sol support	47
VI.5. LA METHODE DU CATALOGUE FRANCAISE DE DIMENSIONNEMENT	48
Vérification de la fatigue des structures et de la déformation du sol support avec ALIZE:	54
VI.6. CONCLUSION :	54
CHAPITRE VII : CALCUL DES CUBATURES	48
VII.1. INTRODUCTION.....	48
VII.2. METHODE DE CALCUL DES CUBATURES.....	48
VII.3. DESCRIPTION DE LA METHODE	48
VII.4. EXEMPLE D'APPLICATION	49
VII.5. CALCUL DES CUBATURES DE PROJET.....	50
CHAPITRE VIII : ASSAINISSEMENT.....	51
VIII.1. INTRODUCTION.....	51
VIII.2. OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT.....	51
VIII.3. ETUDE HYDROLOGIQUE	52
VIII.3.1. Identification des bassins versants naturels	52
VIII.3.2. Caractéristiques physiques des bassins versants	53
VIII.4. ESTIMATION DES DEBITS CRUES :.....	54
VIII.4.1. Temps de concentration	55
VIII.4.2. Coefficient de ruissellement	55
VIII.4.3. L'intensité de pluie I.....	57
VIII.4.4. Calcul du débit d'apports.....	58
VIII.4.5. Résultats de calcul de débit de notre projet	58
VIII.5. DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE	59
VIII.5.1. Dimensionnement des dalots :	60
VIII.5.2. Dimensionnement des buses	65
VIII.5.3. Dimensionnement des fossés	72

VIII.5.4. Disposition d'un système d'assainissement au niveau d'un changement de dévers :	74
VIII.6. Conclusion	75
CHAPITRE IX : ETUDE D'UN carrefours giratoires	74
IX.1. INTRODUCTION	74
IX.2. Typologie des Carrefours	74
IX.3. Carrefours à niveau (ou plans)	74
IX.4. Carrefours giratoires.....	75
IX.4.1. Principes d'aménagement	76
IX.4.2. Configuration géométrique générale.....	76
CHAPITRE X : OUVRAGE D'ART	87
X.1. INTRODUCTION	87
CHAPITRE XI : SIGNALISATION.....	91
XI.1. INTRODUCTION	91
XI.2. OBJECTIF DE LA SIGNALISATION	91
XI.3. REGLES A RESPECTER POUR LA SIGNALISATION	91
XI.4. LES CATEGORIES DE SIGNALISATION	91
XI.5. LES TYPES DE SIGNALISATION	91
XI.6. SIGNALISATION HORIZONTALE.....	91
XI.6.1. Caractéristiques générales des marques de chaussée	92
XI.6.1.1. Couleur des marques de chaussée	92
XI.6.1.2. Largeur des lignes des marquages.....	92
XI.6.2. Catégories de marques de chaussée	92
XI.6.2.1. Les lignes longitudinales	92
XI.6.2.2. Les lignes transversales	94
XI.6.2.3. Flèche de rabattement.....	95
XI.6.2.4. Flèches directionnelles	95
XI.7. SIGNALISATION VERTICALE	96
CHAPITRE XII : IMPACT SUR L'ENVIRENNEMENT	99
XII.1. INTRODUCTION.....	99
XII.2. CADRE JURIDIQUE.....	99
XII.3. OBJECTIFS D'UNE ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT	99
XII.4. IMPACT DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT	100
XII.4.1. Impacts pendant la phase de travaux	100
XII.4.1.1. Impacts positifs	100

XII.4.1.2. Impacts négatifs	100
XII.4.2. Impacts Pendant la phase d'exploitation.....	101
XII.4.2.1. Impacts positifs	101
XII.4.2.2. Impacts négatifs	101
XII.5. MESURES PRISES POUR MINIMISER LES IMPACTS	102
XII.5.1. Mesures en phase travaux	102
XII.5.2. Mesures en phase exploitation	102
XII.6. CONCLUSION	103
CHAPITRE XIII : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF	104
CONCLUSION GENERALE	107
BIBLIOGRAPHIE	108
ANNEXES	109

LISTE DES FIGURES

Figure I.1: Localisation Du Projet.....	2
Figure I.2: réseau routier de la wilaya de Bouira	3
Figure I.3: réseau routier de la wilaya de Msila.....	4
Figure I.4: Situation géographique de la wilaya de Bouira et la wilaya de Msila	4
Figure I.5: Le tracé du tronçon à étudier.	6
Figure IV.1: les éléments du tracé en plan.....	16
Figure IV.2: Différents types de profil en travers	21
Figure IV.3: Les éléments du profil en travers	22
Figure VI.1: Différentes couches de la structure de la chaussée.....	39
Figure VI.2: Position du projet dans la carte climatique de l'Algérie (fascicule 1).....	40
Figure VI.3: Choix de dimensionnement de corps de chaussée (Fascicule3).....	44
Figure VII.1: Les sections des profils en travers d'un tracé donné.....	49
Figure VII.2: Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné	49
Figure VIII.1: Délimitation des bassins versants sur la carte d'état-major	52
Figure VIII.2: caractéristique de buse.	65
Figure VIII.3: Caractéristiques d'un fossé.....	72
Figure VIII.4: Exemple de caniveau à fente	75
Figure IX.1: Le carrefour en T.....	74
Figure IX.2: Le Carrefour en Y.....	75
Figure IX.3: Le carrefour en croix.	75
Figure IX.6: Disposition des branches	77
Figure IX.7: Alignement radial des branches	77
Figure IX.8: Déflexion des trajectoires	78
Figure IX.9: Construction des ilots séparateurs sur les branches des giratoires de rayon (R_g) > 15m.....	80
Figure XI.1: Les lignes de délimitation d'une autoroute.....	93
Figure XI.2: Les caractéristiques de modulation des lignes discontinues	94
Figure XI.3: Lignes transversales.....	94
Figure XI.4: Flèche de rabattement.....	95
Figure XI.5: Flèches directionnelles.....	95
Figure XI.6: Schéma de marquage avec hachures	96

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II-1: Paramètres géométriques de l'autoroute.....	9
Tableau III-1: coefficient d'équivalence [P].....	11
Tableau III-2: valeurs de K1	12
Tableau III-3: valeurs de K2	12
Tableau III-4: valeurs de capacité théorique Cth	13
Tableau IV-1: Valeurs minimales des rayons du tracé en plan (source la norme B40)	17
Tableau IV-2: Valeurs limites des paramètres du profil en long	20
Tableau IV-3: Profil en travers type du notre projet	23
Tableau V-1: Aperçu sur les normes des investigations in situ	25
Tableau V-2: Aperçu sur les normes des investigations au laboratoire	26
Tableau V-3: résultats des puits de reconnaissance	28
Tableau V-4: Résultats des sondages carottés.	30
Tableau V-5: Résultats d'essais teneur en eau et granulométrie et limites d'Atterberg.....	31
Tableau V-6: Résultats d'essai Proctor modifié et CBR imbibé à 4 jours	33
Tableau VI-1: Choix des températures équivalentes (fascicule 2).....	41
Tableau VI-2: Choix de type de réseau principal (fascicule 1).....	41
Tableau VI-3: Classe TPLi pour Rp1 (fascicule 1).....	42
Tableau VI-4: Coefficient d'agressivité A (fascicule 2).....	42
Tableau VI-5: Risque adopté pour le réseau RP1 (fascicule 2)	43
Tableau VI-6: Classes de portance des sols Si (fascicule 1).....	43
Tableau VI-7: Valeurs de $t=f(r\%)$	46
Tableau VI-8: Performances mécaniques des matériaux bitumineux (Fascicule 2)	46
Tableau VIII-1: Caractéristiques physiques des bassins versants.....	53
Tableau VIII-2: Coefficient C1	56
Tableau VIII-3: Coefficient C2	56
Tableau VIII-4: Coefficient C3	56
Tableau VIII-5: les données de station.....	57
Tableau VIII-6: Quantiles des pluies maximales journalières.	57
Tableau VIII-7: Les résultats de calcul des débits	58
Tableau VIII-8: Résultats récapitulatifs de dimensionnement des dalots et des buses	71
Tableau VIII-9: Les surfaces des sous-bassins versants.....	72
Tableau VIII-10: Coefficient de ruissellement (C)	73
Tableau VIII-11: Débit des eaux drainées dans la plate-forme et les talus	74

Tableau IX-4: Récapitulatif des différents paramètres de construction de giratoire.....	79
Tableau IX-5: Récapitulatif des différents paramètres de construction des îlots séparateurs. .	80
Tableau IX-6: différents paramètres de construction de giratoire	81
Tableau IX-7: différents paramètres de construction des îlots séparateurs	81
Tableau XI-1: Les caractéristiques des lignes longitudinales	93
Tableau XI-2: Les caractéristiques de modulation des lignes discontinues	94

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 Médiane

BV : Bassin Versant

CBR : California Bearing Ratio

Cr : Coefficient de Ruissellement

GB : Grave Bitume

GNT : Grave 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

TCE : 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 : ouvrage d'art

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'infrastructure routière constitue le socle du développement socio-économique d'un pays. En facilitant la mobilité des personnes et le transport des marchandises, elle stimule l'essor commercial, l'industrialisation et l'amélioration du cadre de vie des citoyens. Par ailleurs, un réseau routier performant est indispensable à l'aménagement du territoire, permettant de réduire les disparités régionales et d'assurer une meilleure intégration des différentes zones géographiques.

Dans ce contexte, la Route Nationale n°08 (RN08) s'impose comme un axe stratégique reliant le nord au sud du pays. Cependant, le tronçon situé entre Dirah et Sidi Aïssa présente actuellement des contraintes géométriques majeures, notamment des virages en lacet. Ces caractéristiques entravent la fluidité du trafic et augmentent les risques d'accidents, particulièrement pour le transport de marchandises en poids lourds.

Le présent Projet de Fin d'Études porte sur l'étude en APD du dédoublement de la RN08 du PK 18+723 au PK 30+175, avec l'aménagement de deux giratoires situés aux PK 18+723 et PK 21+300. L'objectif est d'améliorer la fluidité du trafic, de renforcer la sécurité routière et de répondre aux besoins croissants de déplacement sur cet axe.

Cette étude comprend l'analyse du trafic, la conception géométrique du tracé et des giratoires, les études géotechniques, le dimensionnement de la chaussée, la signalisation routière ainsi que l'évaluation de l'impact environnemental du projet.

CHAPITRE I :

PRESENTATION DU PROJET

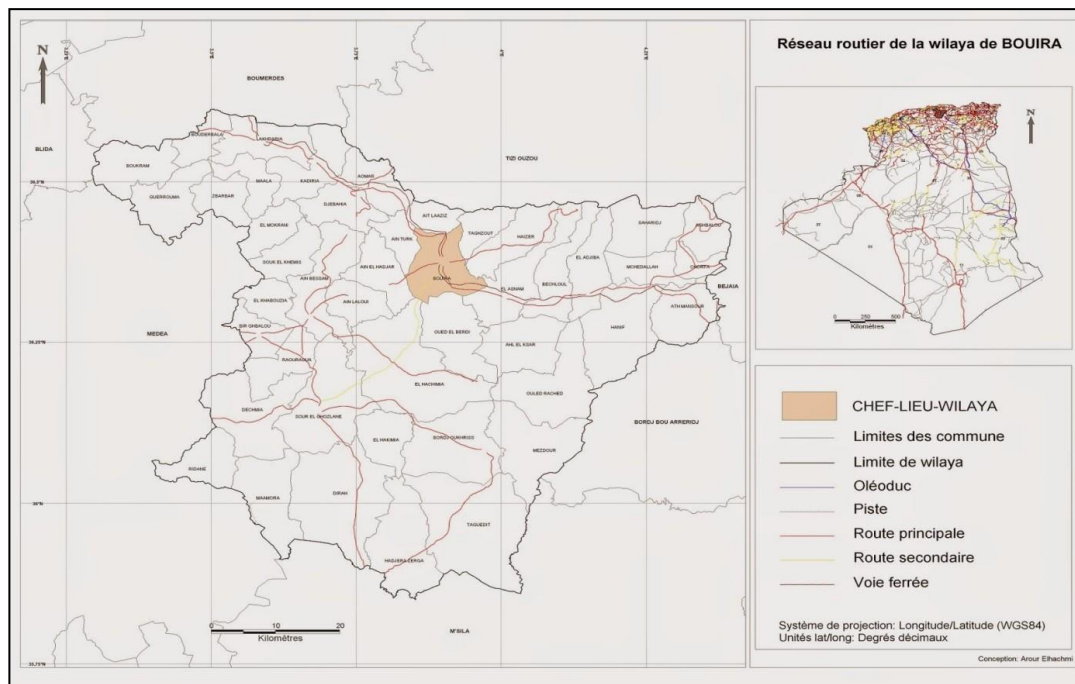


Figure I.2: réseau routier de la wilaya de Bouira

I.2.2. Wilaya de Msila

La wilaya de M'sila, située dans le centre de l'Algérie, couvre une superficie totale de 18 718 km². Elle est composée de 15 daïras et de 47 communes.

Elle est délimitée comme suit :

- Au nord : par la wilaya de Bouira et Bordj Bou Arréridj,
- Au sud : par la wilaya de Biskra,
- À l'est : par la wilaya de Batna,
- À l'ouest : par la wilaya de Médéa et Djelfa.

La wilaya dispose d'importantes infrastructures de base notamment :
Un réseau routier de plus de 600 km de routes nationales, environ 900 km de chemins de wilaya et plus de 2 000 km de chemins communaux.

CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET

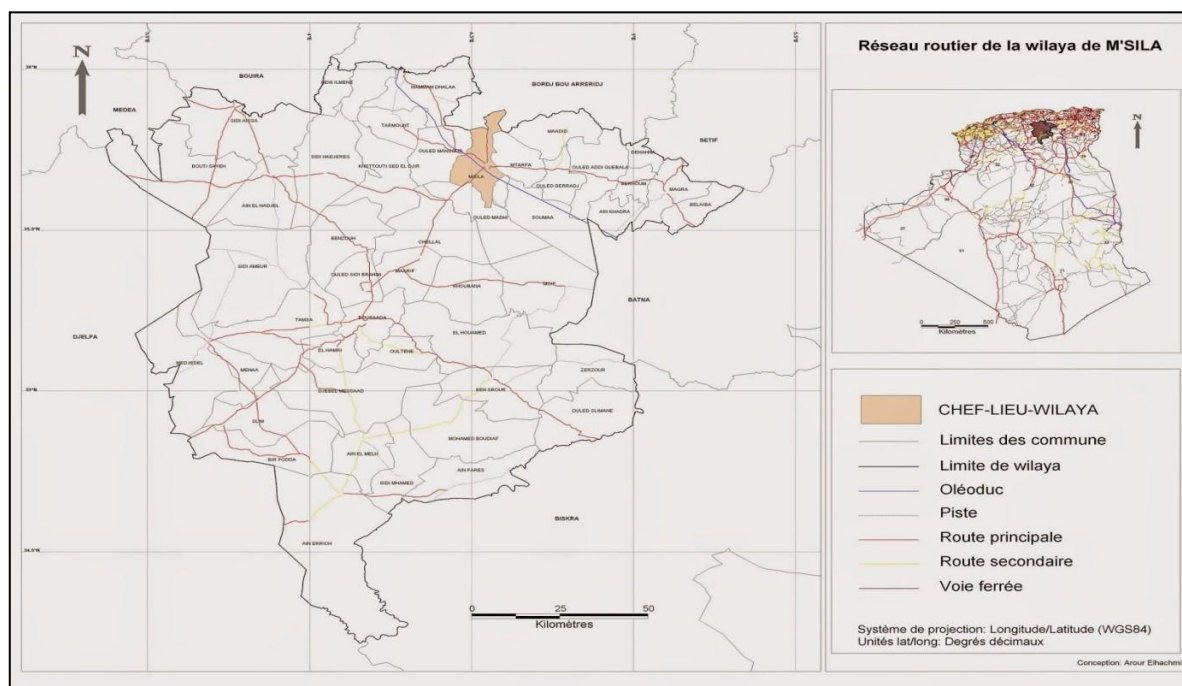


Figure I.3: réseau routier de la wilaya de Msila

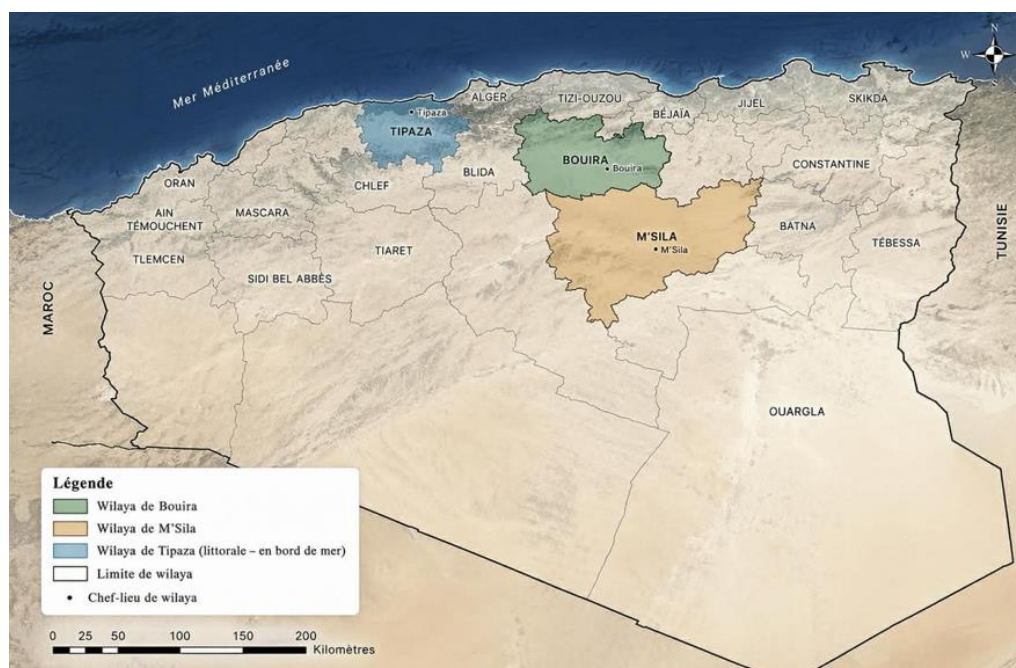


Figure I.4: Situation géographique de la wilaya de Bouira et la wilaya de Msila

CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET

I.3. RELIEF

I.3.1. Wilaya de Bouira

Le relief de la wilaya de Bouira est varié, alternant entre plaines centrales fertiles et zones montagneuses, notamment le massif du Djurdjura au nord et les reliefs des Bibans à l'est. L'altitude varie généralement entre 300 et plus de 2 000 mètres.

I.3.2. Wilaya de Msila

Le relief de la wilaya de M'sila est généralement peu accidenté, dominé par de vastes plaines et des hauts plateaux, avec quelques reliefs montagneux isolés au nord. Le paysage est caractérisé par des zones semi-arides. L'altitude varie généralement entre 400 et 900 mètres.

I.4. CLIMATOLOGIE DES WILAYAS

I.4.1. Wilaya de Bouira

La majeure partie de la wilaya de Bouira se situe dans l'étage bioclimatique subhumide à semi-aride, caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers frais à froids. L'isohyète des précipitations varie entre 500 et 800 mm par an, tandis que la température moyenne annuelle se situe entre 0 °C et 30 °C.

I.4.2. Wilaya de Msila

La majeure partie de la wilaya de M'sila se situe dans l'étage bioclimatique semi-aride à aride continental, caractérisé par des étés très chauds et secs et des hivers froids. L'isohyète des précipitations varie entre 200 et 400 mm par an, tandis que la température moyenne annuelle se situe entre 3 °C et 35 °C.

I.5. DESCRIPTIONS DU PROJET

Le projet objet de la présente étude est situé au Sud-Ouest de la wilaya de Bouira, il prend naissance de l'évitement Sour el ghoulzlan et se termine au niveau du giratoire de l'évitement de la ville de Sidi Aissa (commune de M'sila) sur 32km. Cette route traverse plusieurs localités qui sont : Sour El Ghoulane, El Khoulafat, Dirah, Douar Lahrar et Sidi Aissa, Deux évitements sont prévus dans l'étude de ce projet en phase d'avant-projet sommaire, le premier c'est celui de la ville de Sour El Ghoulane et Khlofiat, et le deuxième c'est l'évitement de la ville de Dirah.

CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET

I.6. OBJECTIFS DU PROJET

La section étudiée enregistre un trafic routier élevé, dépassant 7 500 véhicules par jour, dont près de 30 % sont des poids lourds. Cette intensité s'explique par le rôle stratégique de cet axe, devenu un corridor majeur des échanges économiques, commerciaux et industriels entre le Nord-Sud et l'Est-Ouest du pays, renforcé par les projets futurs, notamment la 4^e rocade qui intersectera la RN08.

Les objectifs principaux du projet sont :

- ♣ Favoriser le développement économique régional grâce à un transport plus efficace des personnes et des marchandises.
- ♣ Réduire l'insécurité routière et le nombre d'accidents sur le tronçon.
- ♣ Améliorer le niveau de service offert aux usagers de la route.
- ♣ Diminuer les temps de déplacement entre les différentes localités.

I.7. PRESENTATION DU TRONÇON A ETUDIER

Le tracé à étudier s'étend sur une longueur d'environ 11,452 km, du PK 18+723 au PK 30+175, sur la route reliant les communes de Dirah et Sidi Aïssa. Le projet comprend également la réalisation d'un évitement de la ville de Dirah afin d'améliorer la fluidité du trafic et de réduire les contraintes de circulation à l'intérieur de l'agglomération. Ce projet de dédoublement vise à renforcer la sécurité routière et à améliorer la connectivité entre les deux communes tout en tenant compte des contraintes techniques et environnementales.

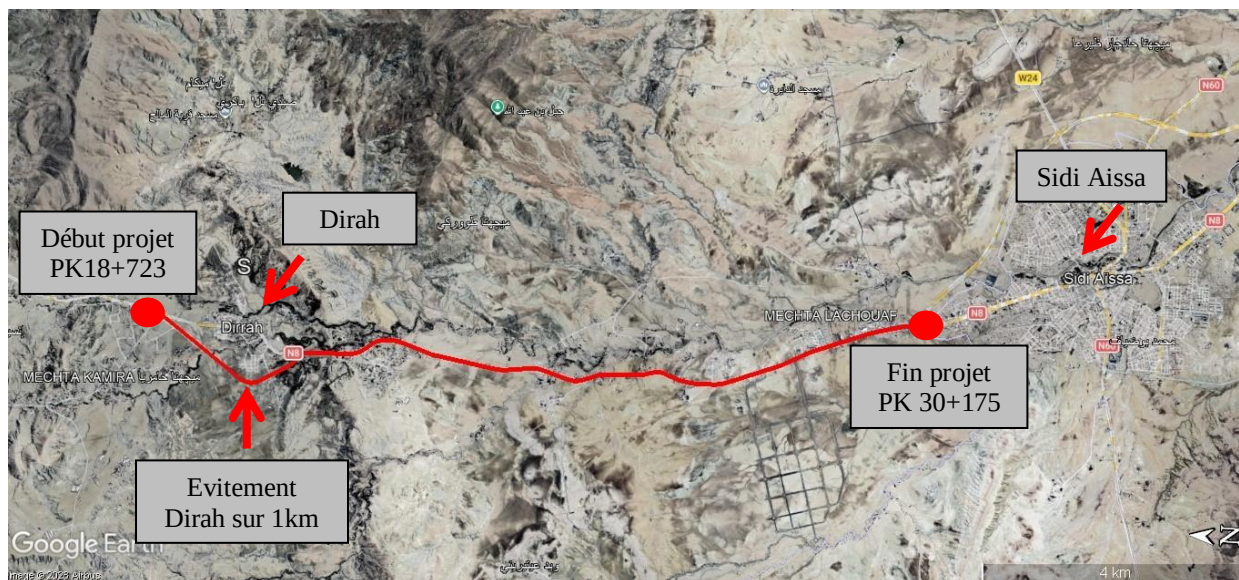


Figure I.5: Le tracé du tronçon à étudier.

CHAPITRE II : DONNEES DE BASE

II.1. INTRODUCTION

Le but de ce chapitre est de présenter les normes géométriques qui ont servi de base à l'approfondissement de l'APD. Ces normes ont fait l'objet de discussions détaillées dans le cadre de notre projet.

Pour la conception géométrique, nous avons utilisé les normes du guide technique ARP (Aménagement des Routes Principales) et B40.

II.2. OBJET DE CES NORMES ET DOMAINE D'APPLICATION

L'A.R.P. (Aménagement des Routes Principales) et B40 traite de la conception des routes de liaison interurbaines, qu'il s'agisse de la réalisation d'infrastructures nouvelles ou de l'aménagement du réseau existant. Dans ce guide, le terme « route principale » désigne une infrastructure assurant la continuité des échanges à grande ou moyenne distance, pouvant comporter une ou deux chaussées, et dont l'insertion doit rester compatible avec les contraintes de son environnement.

L'A.R.P et B40 contient les principes généraux et les règles techniques fondamentales concernant ces routes, qu'elles soient dotées du statut de route express ou d'artère interurbaine. Il définit les normes géométriques nécessaires pour garantir la sécurité des usagers et la fluidité du trafic, tout en tenant compte de la diversité des modes de transport.

L'A.R.P et B40 ne s'applique pas :

Aux autoroutes de liaison : qui relèvent de l'Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison (I.C.T.A.A.L.), caractérisées par un isolement total de leur environnement et des carrefours exclusivement dénivelés.

Aux autoroutes situées en milieu urbain : considérées comme des voies rapides urbaines et relevant de l'Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines (I.C.T.A.V.R.U.).

Aux routes à chaussées séparées comportant chacune une seule voie de circulation et des créneaux de dépassement, qui font l'objet d'instructions spécifiques.

Il est toutefois recommandé, pour les projets de dédoublement de routes nationales (cas de la RN 08), d'appliquer les règles de l'A.R.P et B40 afin de concilier les impératifs de sécurité avec les nécessités de desserte et les contraintes géographiques du tracé.

II.3. CONCEPTION GENERALE

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

- Le type de route qui détermine l'instruction à appliquer.
- La catégorie de route qui conditionne les principales caractéristiques géométriques du tracé.
- Le nombre de voies.
- Le synoptique des échangeurs et des aires.
- La progressivité de l'aménagement.
- Prenant en compte les contraintes environnementales, les aspects socio-économiques et les sujétions financières.

II.4. CHOIX DE CATEGORIE

Le dédoublement consiste à transformer une chaussée unique en une infrastructure à chaussées séparées (2x2 voies) pour sécuriser et fluidifier le trafic. Le choix de sa catégorie technique dépend du relief et de l'occupation du sol, afin d'assurer une parfaite cohérence entre la géométrie du tracé et la perception de l'utilisateur. On distingue :

- **Catégorie 1** : Liaisons stratégiques entre les grands centres économiques et les pôles d'industrie lourde, assurant le rabattement des flux industriels vers le réseau de base.
- **Catégorie 2** : Liaisons reliant les pôles d'industries de transformation entre eux et raccordant les zones d'industries légères au réseau de catégorie 1.
- **Catégorie 3** : Liaisons assurant le désenclavement des chefs-lieux de daïra et de wilaya non desservis par les réseaux précédents.
- **Catégorie 4** : Liaisons reliant les centres de vie locaux aux chefs-lieux de daïra dont ils dépendent.
- **Catégorie 5** : Routes et pistes à caractère local non comprises dans les catégories précédentes.

Donc notre projet est de **catégorie 1**.

II.5. LA VITESSE DE BASE

Selon la norme B40, notre projet se trouve dans la catégorie 1, ce qui signifie que la vitesse Maximale de base est de **80 km/h**.

II.6. PARAMETRES GEOMETRIQUES

Les paramètres géométriques adoptés, selon la norme B40, sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Dans notre cas, la vitesse de référence est de 80 km/h.

Tableau II-1: Paramètres géométriques de la route 2x2

Désignations des paramètres	Symbole Unité	Catégorie
		1
Vitesse maximale	V (km/h)	80
Tracé en plan		
Rayon minimum absolu	Rm (m)	250
Rayon minimum non déversée	Rnd (m)	1000
Longueur minimum de clothoïde	LS (m)	$L = \max [2xlx \Delta d ; 12 R^{0.4}]$
Rayon horizontal normal (m)	RHn	450
Profil en long		
Déclivité maximum	P (%)	6
Déclivité minimum	P (%)	0.5
Rayon minimal de raccordement convexe	RV (m)	2100
Rayon minimal de raccordement concave	RV (m)	3200
Profil en travers		
Nombre de voies de chaque chaussée	N	2x2
Largeur de voie	L(m)	3.5
Dévers minimum	d (%)	2.5
Dévers maximum	d (%)	7

CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC

III.1. INTRODUCTION

L'étude du trafic constitue une étape fondamentale en amont de tout projet d'infrastructure routière. Elle permet de quantifier l'intensité du trafic, d'analyser sa composition notamment la proportion de poids lourds et d'évaluer son agressivité sur la chaussée. Ces éléments sont indispensables pour le dimensionnement du profil en travers, en particulier le nombre de voies et l'épaisseur du corps de chaussée.

L'analyse repose principalement sur le trafic journalier moyen annuel (TJMA) ainsi que sur la répartition des différentes catégories de véhicules. Elle oriente les choix techniques, optimise la conception de l'infrastructure, et permet de prévoir une capacité adaptée aux besoins actuels et futurs. Ainsi, elle contribue à garantir la durabilité et la performance du projet routier.

III.2. ANALYSE DE TRAFIC

L'étude du trafic est une étape importante dans la mise en place d'un projet routier. Elle 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 L'ANNEE 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 lourd, 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 2023, $TJMA_{2023} = 7500 \text{ v/j}$ }.
- Année de mise en service : 2027.
- L'environnement : E1, catégorie C1.
- Le pourcentage des poids lourds : $Z = 30\%$.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic: $\tau = 4\%$.
- La durée de vie : 20 ans.
- $P = 2$ car l'environnement est E1 et route à bonne caractéristique (d'après le tableau de coefficient d'équivalence).
- K_1 : coefficient égal à 0.75 pour E1.
- Coefficient égal à 1 pour E1 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

$$TJMA_{2027} = TJMA_{2023}(1 + \tau)^4$$
$$TJMA_{2027} = 7500 \times (1 + 0.04)^4$$
$$TJMA_{2027} = 8774 \text{ v/j}$$

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

$$TJMA_{2047} = TJMA_{2027}(1 + \tau)^{20}$$
$$TJMA_{2047} = 8774 \times (1 + 0.04)^{20}$$
$$TJMA_{2047} = 19225 \text{ v/j}$$

III.9.4. Le trafic effectif

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

Avec $P=2$ et $Z= 30\%$.

$$T_{eff2027} = 8774 \times [(1 - 0.3) + 2 \times 0.3] = 11406 \text{ (uvp/j)}.$$

$$T_{eff2047} = 19225 \times [(1 - 0.3) + 2 \times 0.3] = 24993 \text{ (uvp/j)}.$$

Donc :

$$T_{eff2027} = 11406 \text{ (uvp/j)}. \quad \text{et} \quad T_{eff2047} = 24993 \text{ (uvp/j)}.$$

III.9.5. Le débit de pointe horaire normale

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

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

$$Q_{2027} = 0.12 \times T_{eff2027} = 0.12 \times 11406 = 1369 \text{ (uvp/h)}.$$

$$Q_{2047} = 0.12 \times T_{eff2047} = 0.12 \times 24993 = 3000 \text{ (uvp/h)}.$$

$$\mathbf{Q_{2027} = 1369(uvp/h) \quad \text{et} \quad Q_{2047} = 3000(uvp/h)}$$

III.9.6. Le débit admissible

$$Q_{adm} = K_1 \times K_2 \times C_{th} = 0.75 \times 1 \times 1800$$

$$\mathbf{Q_{adm} = 1350 \text{ (uvp/h)}}$$

III.9.7. Le nombre des voies

$$N = \frac{S \times Q}{Q_{adm}} = \frac{2}{3} \times \frac{3000}{1350} = 1.48$$

$$\mathbf{N = 2 \text{ voies / sens .}}$$

Donc : Un Dédoublément de **2 × 2 voies**.

III.9.8. Calcul de l'année de saturation

$$Q_{saturation} = 4 \times Q_{adm}.$$

$$Q_{saturation} = 4 \times 1350$$

$$\mathbf{Q_{saturation} = 5400 \text{ uvp/h}}$$

$$Q_{saturation} = (1 + \tau)^n \times Q_{2027} \rightarrow (1 + \tau)^n = \frac{Q_{saturation}}{Q_{2027}} \rightarrow (1 + \tau)^n = \frac{5400}{1369} = 3.94$$

$$n = \frac{\ln(3.94)}{\ln(1 + 0.04)} = 34.96 \text{ ans}$$

$$\mathbf{n = 35 \text{ ans}}$$

Donc l'année de saturation sera égale à 2027+35 = **2062**.

III.10. CONCLUSION

D'après l'étude du trafic de notre autoroute, on conclut que son profil en travers est de 2 × 2 voies, avec une saturation après 35 ans de l'année de mise en service, donc son année de saturation est estimée en 2062.

CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

IV.1. TRACE EN PLAN

IV.1.1. Introduction

Le tracé en plan d'une route est la projection de tous les points de cette route sur un plan horizontal, c'est une succession des alignements droits et des arcs reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif.

Ce tracé est caractérisé par une vitesse de base à partir de laquelle on détermine les caractéristiques géométriques de la route qui devront assurer les conditions de sécurité et de confort.

IV.1.2. Règles à respecter dans le tracé en plan

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

- S'inscrire dans le couloir choisi.
- Se raccorder au réseau routier existant.
- Adapter au maximum le terrain naturel pour éviter les terrassements importants.
- Appliquer les normes du B40
- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- Eviter les propriétés privées.
- Respecter la longueur minimale et maximale des alignements droits si c'est possible.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.

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.

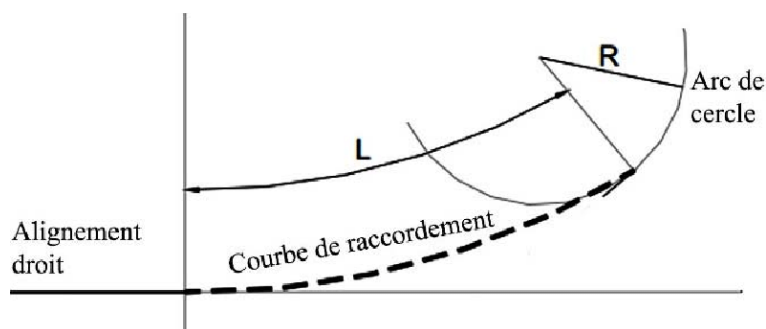


Figure IV.1: les éléments du tracé en plan

IV.1.3.1. Alignements

Bien qu'en principe la droite soit l'élément géométrique le plus simple et le plus utiliser, son emploi dans le tracé des routes est restreint à cause de la mauvaise adaptation de la route au paysage et la monotonie de conduite qui peut engendrer 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 la norme B40 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 la norme B40)

Catégorie 1 (Vitesse de référence = 80(km/h))	
Rayon minimal (R_{min}) 7(%)	250 m
Rayon horizontal normal 5(%)	450 m
Rayon horizontal déversé 2.5(%)	1000 m
Rayon minimal non déversé (R_{nd}) -2.5(%)	1400 m

IV.1.3.4. Les raccordements progressifs

Les courbes de rayon inférieur à 1,5 R_{nd} sont introduites par des raccordements progressifs (Clothoïdes).

Pour assurer les trois conditions suivantes :

- La condition optique.
- La condition de gauchissement.
- La condition de confort dynamique.

D'après la norme B40 La longueur de clothoïde soit au moins égale à la plus grande de ces deux valeurs :

$$L = \max [2x|x|\Delta d| ; 12 R^{0.4}] ; [\text{la norme B40}].$$

- **R (m)** : le rayon de courbure.
- **|\Delta d| (%)** : la différence des pentes transversales des éléments du tracé raccordés.

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

- Chemine communal du PK 18+723.
- Oued Lhmame du PK 25+075.
- Des lignes électrique MT du PK 19+450 au PK 19+ 900 et du PK 20 +470 au PK21+125.
- Des piste du PK 18+723 et PK 19+610 et PK 22+725.
- Ecole Militere du PK 28+950.

IV.1.5. Enchaînement des éléments du tracé en plan

Des courbes circulaires de rayon modéré ($<1,5 R_{nd}$) ne peuvent être utilisées qu'en respectant les règles d'enchaînement du tracé en plan ci-après :

- introduire de telles courbes sur une longueur de 500 à 1 000 m à l'aide de courbes de plus grand rayon. En ce cas, deux courbes successives doivent satisfaire à la condition : $R_1 < 1,5 R_2$, où R_1 est le rayon de la première courbe rencontrée et R_2 ($<1,5 R_{nd}$) celui de la seconde. Cette recommandation est impérative dans une section à risque, comme après une longue descente, à l'approche d'un échangeur, d'une aire ou dans une zone à verglas fréquent.
- séparer deux courbes successives par un alignement droit d'au moins 200 m, sauf pour deux courbes de sens contraire introduites par des raccordements progressifs.

Remarque

Le tracé de l'axe en plan est réalisé à l'aide du logiciel CIVIL 3D, les paramètres du tracé en plan sont donnés dans l'annexe.

IV.2. PROFIL EN LONG

IV.2.1. Introduction

Le profil en long d'une route est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développé et représentée sur un plan à une échelle. Ou bien c'est une élévation verticale dans le sens de l'axe de la route de l'ensemble des points constituant celui-ci. Il est composé d'éléments de lignes droites raccordées par des raccordements circulaires ou paraboliques.

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 :

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par le règlement (les déclivités minimales et maximales, les rayons minimums en angle saillant ou entrant).
- Eviter les angles entrants en déblai (il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement).
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, car ce dernier complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.

- Eviter les hauteurs excessives en remblais.
- 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 C1), la norme B40 donne la déclivité maximale ainsi que la valeur minimale des rayons en angle saillant et en angle rentrant.

CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

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	C1
Déclivité maximale	6 %
Rayon minimal en angle saillant	3200 m
Rayon minimal en angle rentrant	2100 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.

Remarque :

Le profil en long a été fait avec le logiciel CIVIL 3D et Les calculs complets de l'axe du profil en long sont joints dans les annexes.

IV.3. PROFIL EN TRAVERS

IV.3.1. Introduction

Le profil en travers d'une chaussée est la coupe de la route suivant un plan perpendiculaire à son axe. Il établit en particulier la largeur et le dévers des chaussées ainsi que les zones non roulables de la route. La sélection d'un profil en travers est dépendante principalement du trafic prévu sur la route, ce qui détermine le nombre de voies. Le profil en travers est divisé en deux types : le profil en travers courant et le profil en travers type.

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.

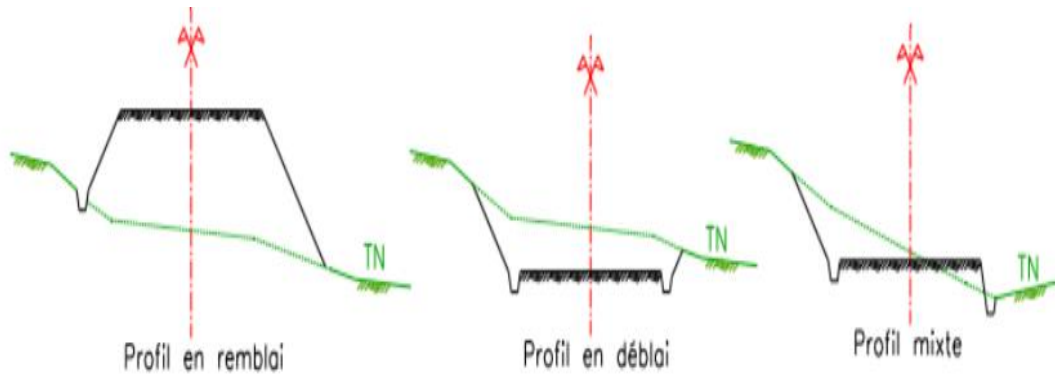


Figure IV.2: Différents types de profil en travers

IV.3.3. Les éléments du profil en travers

IV.3.3.1. Chaussée

selon l'ARP Chaque chaussée comporte de 2 à 4 voies de circulation larges de 3,50m.

Dans notre projet on a une chaussée de 2 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 0.75 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 dérasée de Droit (B.D.D) :**

une partie de l'accotement située en bordure de la chaussée. Elle améliore la sécurité en offrant une zone de récupération pour les véhicules, permet les arrêts d'urgence et facilite

CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

l'entretien de la route. Son revêtement assure une meilleure adhérence et contribue à la sécurité des usagers.

- **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 0.75 m minimum ; mais elle peut être intégrée à un dispositif d'assainissement dont la pente ne dépasse pas 25%

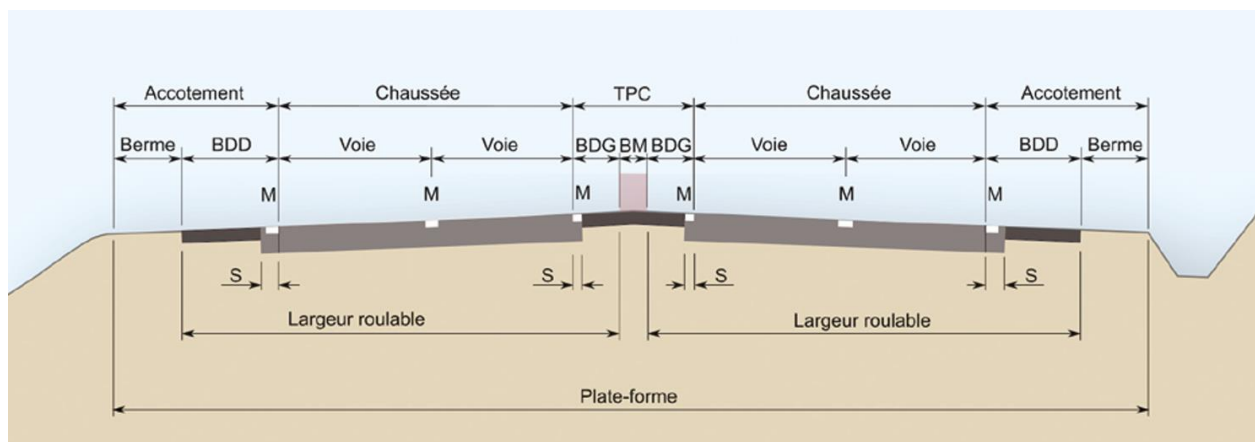


Figure IV.3: Les éléments du profil en travers

IV.3.4. Pentes 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.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.D.D. intérieure à la courbe est la même que celle de la chaussée adjacente.

CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

La pente de 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 (2x2)	3.5	4	14
Terre-plein centrale (T.P.C)	3.5	1	3.5
Bande dérasée gauche (B.D.G)	0.75	2	1.5
Bande médiane (B.M)	2	1	2
Accotement	2.75	2	5.5
-Bande dérasée de Droit (B.D.D).	2	2	4
-La berme.	0.75	2	1.5
Totale	23m		

CHAPITRE V :

ETUDE GEOTECHNIQUE

V.1. INTRODUCTION

L'étude géotechnique est une étape essentielle dans la conception des infrastructures routières. Elle a pour objectif d'identifier et de caractériser les formations géologiques traversées par le tracé, en analysant leurs propriétés mécaniques, physiques et hydrauliques. Ces investigations permettent d'évaluer la portance des sols, les risques de tassements ou d'instabilités, et de définir les structures de chaussée et les méthodes de terrassement les plus appropriées. Dans un projet routier, une bonne connaissance du sol est indispensable pour assurer la durabilité, la sécurité et l'optimisation technique et économique de l'infrastructure.

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 effectuées au voisinage du tracé sont une source importante d'informations préliminaires sur la nature des terrains traversés. Les cartes géologiques et géotechniques de la région peuvent parfois apporter des indications précieuses pour avoir une première idée de la nature géologiques et géotechniques.

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 ainsi 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 Pressiométriques	NF P 94-110	Évaluer les caractéristiques de déformabilité des terrains ainsi que leur Pression limite.
3	Sondages carottés (AU LABO)	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
D'identification Physico-chimiques	Analyse granulométrique (Tamisage à sec) AG	NF P 94-056	Répartition pondérale des éléments granulaires d'un matériau des terrassements
	Analyse granulométrique par méthode de sédimentation	NF P 94-057	Détermination de la distribution des particules fins
	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
	Teneur en CaSO ₄	NF P 18-011	Détermination de la teneur en sulfate - Degré d'agressivité du sol
	Teneur en CaCO ₃	NF P 94-048	Détermination de la teneur en carbonate Méthode du calcimètre
	Valeur de bleu d'un sol	NF P 94-068	Détermination de l'argilosité d'un matériau
	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

CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE

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 fragmentabilité (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° Puits	PK	Profondeur	couche
K27	18+627	0.0 – 0.80 m 0.8 – 3.00 m	Remblai. argile schisteuse brune jaunâtre.
K28	21+167	0.0 – 0.30 m 0.3 – 1.30 m 0.4 – 3.00 m	Remblai en TVC. Argile schisteuse brune jaunâtre. argile sableuse brune.
K29	21+887	0.0 – 0.20 m 0.8 – 3.00 m	Remblai. Argile limoneuse jaunâtre, aspect schisteux.
K30	22+367	0.0 – 0.40 m 0.4 – 3.00 m	Remblai. Argile limoneuse brune, aspect schisteux.
K31	22+947	0.0 – 0.40 m 0.4 – 3.00 m	Remblai en TVC. Argile sablo-limoneuse jaunâtre
K32	23+547	0.0 – 0.50 m 0.5 – 1.50 m 1.5 – 2.90 m 2.9 – 3.00 m	Remblai en TVC. Argile brune. Argile sableuse jaunâtre, fortement carbonatée. Bloc calcaire.
K33	24+067	0.0 – 0.30 m 0.3 – 1.30 m 1.3 – 2.00 m	Remblai. Argile brune. Argile sableuse jaunâtre.
K34	24+647	0.0 – 0.30 m 0.3 – 1.00 m 1.0 – 3.00 m	Remblai. Grave argileuse rougeâtre. bancs de marne à joints argileux.

CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE

K35	25+427	0.0 – 0.40 m 0.4 – 3.00 m	Remblai en argile. Argile marron brune.
K36	26+147	0.0 – 1.00 m 1.0 – 2.70 m	Remblai. Grave argileuse jaune à rougeâtre carbonaté
K37	26+927	0.0 – 1.00 m 1.0 – 3.00 m	Remblai en argile. Schiste altéré, présence des traces d'oxydations..
K38	27+687	0.0 – 0.60 m 0.6 – 3.00 m	Remblai en argile. Schiste argileux altéré
K39	28+307	0.0 – 0.40 m 0.4 – 2.40 m 2.4 – 3.00 m	Terre végétale. Argile brune légèrement sableuse.
K40	28+967	0.0 – 0.50 m 0.5 – 3.00 m	Remblai. Tuf carbonaté, taches blanchâtre.
K41	29+487	0.0 – 0.50 m 0.5 – 2.80 m 2.8 – 3.20 m	Remblai en argile. Argile schisteuse brune. Sable, graviers, cailloux et galet (TVO) de couleur brune.
K42	30+067	0.0 – 1.10 m 1.1 – 1.70 m 1.7 – 3.00 m	Remblai en argile. Argile sableuse marron. Sable, graviers, cailloux et galet (TVO) de couleur jaunâtre.
K43	30+387	0.0 – 0.20 m 0.2 – 0.90 m 0.9 – 3.00 m	Remblai. Argile schisteuse marron. Schiste altéré friable.
K44	31+050	0.0 – 1.10 m 1.1 – 1.70 m 1.7 – 3.00 m	Remblai en argile. Argile sableuse marron. Sable, graviers, cailloux et galets.
K45	31+720	0.0 – 0.50 m 0.5 – 1.50 m	Remblai. Argile brune.

CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE

		1.5 – 2.90 m 2.9 – 3.00 m	Argile sableuse jaunâtre, fortement carbonatée. Bloc calcaire, refus au creusement.
K46	32+000	0.0 – 0.30 m 0.3 – 1.30 m 1.3 – 2.00 m	Remblai. Argile brune. Argile sableuse jaunâtre.

V.3.1.2. Sondages carottés

Tableau V-4: Résultats des sondages carottés.

PK	N°sondage	Profondeur	La description lithologique
25+205	SC01	0 à 2	Remblai en alluvions à matrice argileuse.
		2 à 7.2	Marne
		7.2 à 15	Marno-calcaire
	SC02	0 à 3.2	Sables, cailloux et galets à matrice argilo-limoneuse
		3.2 à 5	Marne gréseus
		5 à 20	Marno-calcaire
19+725	SC01	0.5 à 1	Terre végétale.
		1 à 2.8	argile brune.
		2.8 à 6.2	Alluvions
		6.2 à 15	marne grise
19+550	SC01	0 à 0.4	Terre végétale.
		0.4 à 2.3	argile brune friable.
		2.3 à 16	marne grise
		16 à 20	marne grise

CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE

	SC02	0 à 4	argile marneuse
		4 à 15	marne grise
20+950	SC01	0 à 0.2	Terre végétale.
		0.2 à 6.5	marne grise
		6.5 à 17	marne grise
		17 à 20	marne grise
	SC02	0 à 0.2	Terre végétale.
		0.2 à 6	marne grise
		6 à 15	marne grise

V.3.2. Résultats des essais au laboratoire

V.3.2.1. Résultats d'essais teneur en eau et granulométrie et limites d'Atterberg

Tableau V-5: Résultats d'essais teneur en eau et granulométrie et limites d'Atterberg

Description Géologique		Teneur en eau (%)	Analyse granulométrique			Limites d'Atterberg		
N° Puits	Profondeur (m)	W%	%>50mm	%>20mm	%<0.08mm	WL%	WP%	IP%
K29	0,2/3,0	8,3	0	97	81	38	19	19
K30	0,4/2,2	11,6	0	98	71	39	16	23
K31	0,4/3,0	7,7	0	97	69	33	19	14
K32	0,5/1,5	16,5	0	98	88	52	22	30
K33	0,3/1,3	14,3	0	98	72	57	25	32
K34	0,6/1,0	8,4	0	52	19	39	20	19

CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE

K35	0,4/3,0	18,7	0	100	91	56	28	28
K36	1,0/3,0	18,2	0	92	82	48	32	16
K37	1,0/3,0	15,4	0	85	62	55	29	26
K38	0,6/3,0	20,4	0	81	51	63	39	24
K39	0,4/2,4	12,3	0	98	92	46	29	17
K40	0,5/3,0	24,2	0	94	63	50	34	16
K41	2,8/3,2	8,5	15	34	17	51	28	23
K42	1,1/1,7	21,7	0	96	81	53	33	20
K43	0,2/0,9	13,4	0	100	98	55	41	14
K44	2,8/3,2	8,5	15	34	17	51	28	23
K45	0,5/1,5	16,5	0	98	88	52	22	30
K46	0,3/1,3	14,3	0	98	72	57	25	32

V.3.2.2. Résultats d'essai Proctor modifié et CBR imbibé à 4 jours:**Tableau V-6: Résultats d'essai Proctor modifié et CBR imbibé à 4 jours**

Description Géologique		Proctor modifié		
N° Puits	Profondeur (m)	Wopm%	$\gamma_d(t/m^3)$	CBR (95% OPM)
K29	0,2/3,0	11,3	1,9	4,25
K30	0,4/2,2	9,4	1,87	2,39
K31	0,4/3,0	9,7	1,96	4,39
K32	0,5/1,5	11,8	1,76	2,51
K33	0,3/1,3	11,6	1,83	2,36
K34	0,6/1,0	11,1	1,91	25,47
K35	0,4/3,0	12,2	1,76	38,85
K36	1,0/3,0	11,3	1,79	4,44
K37	1,0/3,0	13,8	1,73	1,42
K38	0,6/3,0	14,1	1,66	1,84
K39	0,4/2,4	12,3	1,91	4,3
K40	0,5/3,0	17,6	1,69	10,47
K42	1,1/1,7	16,5	1,69	10,43
K43	0,2/0,9	14,7	1,69	1,87
K45	0,5/1,5	11,8	1,76	2,51
K46	0,3/1,3	11,6	1,83	2,36

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

Les différents systèmes de classifications géotechniques des sols proposés jusqu'à présent ont été établis dans le but d'aider l'ingénieur dans les différents domaines du Génie Civil où ces matériaux interviennent, tels que les ouvrages en terre, les fondations, la stabilité des pentes et les assises de chaussée. Ainsi, ces classifications jouent un rôle important dans la réalisation des remblais et des couches de forme.

Exemple de classification :

Puit K29:

Classement selon la nature :

➤ 1^{er} Niveau : granularité :

$$D_{\max} = 5\text{mm} \leq 50\text{mm}$$

Et $\rightarrow$ sols fins (**classe A**)

Tamisat a 0.08mm=99.77%

➤ 2^{eme} Niveau : argilosité :

$12 < IP < 25 \rightarrow$ sous classe **A₂**

Classement selon l'état hydrique :

$W_n = 22,54\%$ et $W_{opt} = 19.4\%$

$$\frac{W_n}{W_{opt}} = 0,73 \quad \Rightarrow \quad 0,7 W_{opt} < W_n < 0,9 W_{opt}$$

L'état hydrique du sol est sec « S »

Donc le sol est **A₂S**

CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE

V.4.1. Résultats de classification GTR

Tableau V-7: Résultats de classification GTR

Puit	Classement selon la nature					Classement selon l'état hydrique		
	Pk	Dmax	%<0.08mm	IP%	Sous la classe fonction de la nature	Wn	Wopt (%)	Sous classe
K29		5	81	19	A₂	8,3	11,3	A₂S
K30		10	71	23	A₂	11,6	9,4	A₂h
K31		12.5	69	14	A₂	7,7	9,7	A₂S
K32		25	88	30	A₂	16,5	11,8	A₂th
K33		14	72	32	A₂	14,3	11,6	A₂h
K34		25	19	19	A₂	8,4	11,1	A₂S
K35		6.3	91	28	A₂	18,7	12,2	A₂th
K36		12.5	82	16	A₂	18,2	11,3	A₂th
K37		12.5	62	26	A₂	15,4	13,8	A₂h
K38		5	51	24	A₂	20,4	14,1	A₂th
K39		10	92	17	A₂	12,3	12,3	A₂m
K40		12.5	63	16	A₂	24,2	17,6	A₂th
K42		14	81	23	A₂	21,7	16,5	A₂th
K43		6.3	98	20	A₂	13,4	14,7	A₂m
K45		25	88	14	A₂	16,5	11,8	A₂th
K46		5	72	23	A₂	14,3	11,6	A₂h

Interprétation des résultats : Selon la classification GTR qui indiquent majoritairement un sol support sensible à l'eau de faible portance à l'état humide, représenté par une fraction argileuse plus ou moins élevée de classe A.

V.5. RECHERCHE DES GITES :

Dans le cadre de l'étude du dédoublement de la RN8 une recherche de gîte d'emprunt a été établie. L'analyse de profil en long de projet montre la présence des remblais et des déblais, La nature des matériaux des déblais et l'importance des ouvrages en remblais nous a amené à la recherche des gîtes d'emprunts limitrophes au projet, procédé à l'analyse de matériaux de ces gîtes et étudier leur utilisation en remblais pour les besoins du projet.

V.5.1. Localisation des gîtes d'emprunts :

Les gîtes d'emprunts des matériaux concernés par cette étude sont :

- Gîte Touta : situé à Dirah centre à 3 Km de la RN8.
- Gîte oued guetrini : situé dans la région de Lachouaf.
- Gîte Dar Fatma : situé dans la localité Zeboudja à 5 Km de Dirah.
- Gîte Djbel Boukedroun : situé au côté droit.

Tableau V-8: récapitulatif des résultats des analyses au laboratoire des gîtes

Materiaux		Graves argileuses			
Gîte		Gîte 01 TOUTA	Gîte 02 Oued Guetrini	Gîte 03 Dar FATMA	Gîte 04 Djbel Boukadroun
Teneur en eau nat $w_n(\%)$		7.8	12.7	5.4	11.9
Valeur au bleu de méthylène		1.16	1.08	1.16	1.66
Granulométrie	>50 mm	0.0	0.0	0.0	0.0
	<0.08 mm	61.02	74.70	65.38	63.09
Limites d'atterberg	Wl(%)	48	55	41	52
	Ip(%)	22	17	18	25
Proctor normal	Wopn (%)	12.2	22.4	14.9	1.77
	$\gamma_d(t/m^3)$	1.79	1.59	1.84	1.54
Classification GTR - 2000		A ₁ t _s	A ₁ t _s	A ₁ t _s	A ₁ S

Tableau V-9: récapitulatif des résultats des analyses au laboratoire des gîtes

Sol	Observations générales	Situation météorologique	Conditions d'utilisation en remblai
A ₁ S	Ces sols sont difficiles à compacter, il faut au moins éviter de réduire encore leur teneur en eau et pour des remblais de grande hauteur un changement de leur état hydrique est nécessaire.	Pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes.
		Pluie faible	E : extraction en couches. R : couches minces. C : compactage moyen. H : remblai de hauteur moyenne(<10m).
		Ni pluie Ni évaporation importante	Solution 1 : humidification dans la masse. W : humidification pour changement d'état. R : réglage en couches minces. C : compactage moyen.
			Solution 2 : emploi en état C : compactage intense. H : remblai de hauteur moyenne(<10m).
			Solution 1 : arrosage superficiel. W : arrosage superficiel pour maintien de l'état. C : compactage intense.
			H : remblai de hauteur faible (<5m).

CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE

		Évaporation importante	Solution 2 : extraction avec arrosage superficiel. E : extraction frontale. W : arrosage superficiel. C : compactage intense. H : remblai de hauteur moyenne (<10m).
			Solution 3 : humidification dans la masse. W : humidification pour changement d'état. R : réglage en couches minces. C : compactage intense. H : remblai de hauteur moyenne (<10m).
A1ts	Sols normalement inutilisables en l'état. Leur humidification pour les ramener dans l'état S voire m peut être envisagés sous réserve d'une étude spécifique.		

Interprétation des résultats :

Les matériaux des gites d'emprunts existant à l'alentour du projet sont classés en A1, sont réutilisables seulement pour des remblais de faible à moyenne hauteur.

CHAPITRE VI :
DIMENSIONNEMENT DU CORPS
DE CHAUSSEE

VI.1. INTRODUCTION

Le dimensionnement du corps de chaussée est une étape essentielle dans la conception d'une infrastructure routière durable et performante. Il vise à déterminer la nature et l'épaisseur des différentes couches constituant la chaussée, afin qu'elle puisse résister aux sollicitations mécaniques induites par le trafic, notamment les charges répétées des poids lourds, ainsi qu'aux contraintes environnementales telles que les variations de température et les précipitations.

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 pour chaque couche de la structure routière.

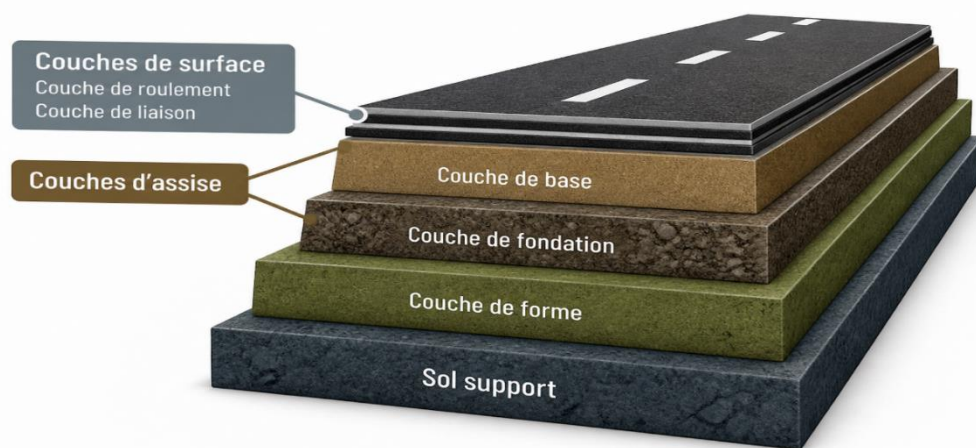


Figure VI.1: Différentes couches de la structure de la chaussée

VI.2. L'OBJECTIVE DE DIMENSIONNEMENT

Selon les paramètres mentionnés 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.
- La méthode du catalogue français des structures de chaussée.

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

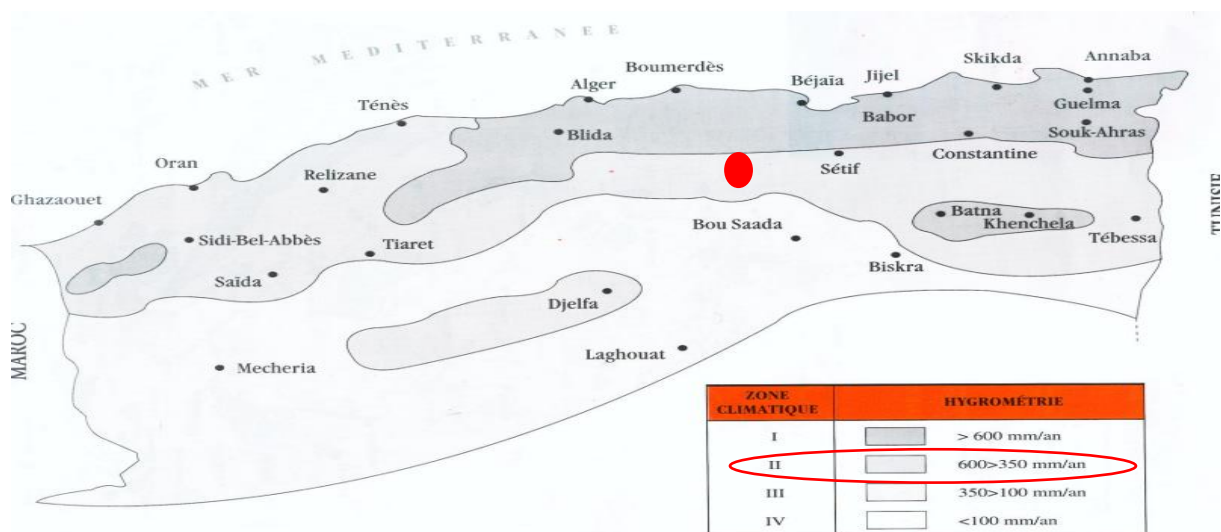


Figure VI.2: Position du projet dans la carte climatique de l'Algérie (fascicule 1)

Notre projet de zone II

VI.4.1.2. Température équivalente

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

TJMA₂₀₂₇ = 8774 (v/j) > 1500 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 30%.
- La durée vie est de 20 ans.
- Taux d'accroissement $\tau = 4\%$.
- TJMA₂₀₂₇ = 8774 v/j.
- $TPL_{2027} = TJMA_{2027} \times Z \times (2/3) = 8774 \times (2/3) \times 0.3 = 1755 \text{ PL/j/sens}$

On a : répartition transversale sur la voie la plus chargée : on a 90% du trafic PL sur la voie lente de droite (chaussées unidirectionnelles à 2 voies).

$$TPL_{2027} = 1755 \times 0.9 = 1580 \text{ PL/j/sens.}$$

La classe de trafic (TPLi) est déterminée à partir de trafic du poids lords 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 nous sommes dans un réseau principal de classe **TPL6** pour un TPL=1580 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 :

$$TCi = 1580 \times 365 \times \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04}$$

$$TCi = 17.2 \times 10^6 \text{ PL/j/sens}$$

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**

$$TCEi = 0.6 \times TCi = 10.3 \times 10^6 \text{ essieux équivalent de 13t}$$

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.

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

- **CBR** de sol = **3**
- La portance de sol-support **S4**.

Remarque : les structures de chaussées sont construites sur le sol support, et d'après l'essai CBR ont constaté que notre sol est de faible portance alors la présence de couche de forme est obligatoire.

Puisque notre projet est (**RP1**), **S4** est un sol de faible portance donc il devient nécessaire de surclasser de **S4** à **S2** avec la mise en place de couche de forme de **60cm** (2 couches de **30cm**).

VI.4.8. Choix de dimensionnement du corps de chaussée

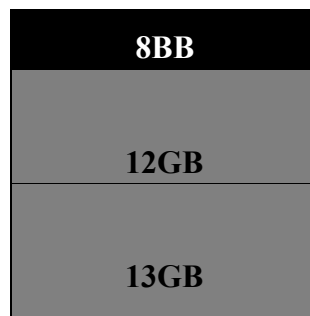
Nous sommes dans le réseau principal (RP1), la zone climatique I, durée de vie de 20 ans, la classe de trafic TPL6 et un taux d'accroissement moyen (4%).

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

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.



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:

$$\epsilon_z \text{ adm} = 22.10^{-3} \times (10.3 \times 10^6)^{-0.235}$$

$$\epsilon_z \text{ adm} = 495 \times 10^{-6}$$

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 :

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

D'où :

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

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

CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

- 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**

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	0.86	2.5	0.45	1.3

Application numérique :

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

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

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

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 inférieures aux valeurs admissibles (ϵ_t, adm et ϵ_z, adm) calculées par la méthode du Catalogue.

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

ALISÉ-LCPC :

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.

Les résultats de calcul qui obtient par Alizé-LCPC :

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdéf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdéf)	SigmaZ (MPa)
0,080	4000,0	0,350	0,000	42,4	0,332	19,9	0,657
	collé		0,080	17,1	0,270	66,9	0,568
0,120	7000,0	0,350	0,080	17,1	0,440	29,0	0,568
	collé		0,200	-19,7	-0,105	35,8	0,193
0,130	7000,0	0,350	0,200	-19,7	-0,105	35,8	0,193
	collé		0,330	-78,2	-0,768	73,1	0,016
infini	50,0	0,250	0,330	-78,2	0,000	308,1	0,016

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

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

Choi final de la structure chaussée :

$$8BB + 10GB + 12GB.$$

VI.5. LA METHODE DU CATALOGUE FRANCAISE DE DIMENSIONNEMENT

Détermination de la classe de trafic (Ti).

Cette classe de trafic (Ti) est nécessaire pour le choix des couches de surface et des caractéristiques de matériaux à utiliser.

La MJA : est la moyenne journalière annuelle par sens, en PL, à la mise en service.

Les classes de (Ti) retenues sont contenues dans le tableau suivant :

Tableau VI-9: Les classes de (Ti) retenues sont contenues.

MJA PL/sens	0-25	25-50	50-85	85-150	150-300	300-750	750-2000	2000-5000	5000
Classe	T5	T4	T3 ⁻	T3 ⁺	T2	T1	T0	TS	Texp

PL2027 = 1755 PL/j/s $\Longrightarrow$ **CLASSE : T0**

Détermination de la classe de trafic cumulé (TCi) :

Il s'agit de déterminer le nombre total de **PL** que devra supporter la chaussée durant sa durée de vie.

Le trafic cumulé (**TC**) est obtenu à partir de la relation suivante :

$$TC = 365 \times N \times \left[d + \frac{t \times d \times (d-1)}{2} \right] \times r$$

$$TC = 365 \times 1755 \times \left[20 + \frac{0.04 \times 20 \times (20-1)}{2} \right] \times 1 = 17.7 \times 10^6$$

N : nombre de PL par jour à la mise en service par sens de circulation.

t : taux de croissance linéaire annuel du trafic.

d : durée de vie, en années.

r : traduit la répartition transversale des PL. (Routes unidirectionnelles r = 1)

Les classes TCi retenues sont continués dans le tableau suivant :

CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

Tableau VI-10: Les classes TCi retenues.

Classe (TCi)	TC0	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8
Valeur limites	0.01	0.1	0.2	0.5	1.5	2.5	6.5	17.5	
TC en PL	a	a	a	a	a	a	a	a	>
(10 ⁶)	0.1	0.2	0.5	1.5	2.5	6.5	17.5	43.5	43.5

$$TC = 17.5 \times 10^6 \quad \Longrightarrow \quad TC6$$

Détermination des portances à court terme et à long terme les plus probables des conditions usuelles :

Tableau VI-11: Détermination des portances à court terme et à long terme.

	Classification géotechnique (G.T.R.) usuelle	A1 – A2
PORTANCE A COURT TERME DU SOL. (Estimations en MPa)	Conditions favorables - période estivale, temps Sec	≥ 40
	Conditions moyennes - printemps et automne peu Pluvieux, été médiocre	15 a 40
	Conditions mauvaises - période hivernale où Longue période pluvieuse	Non Mesurable à 15
PORTANCE A LONG TERME.	Portance à long terme (sans traitement ou couche de forme) une fois la chaussée construite.	20 a < 50

Amélioration de la portance de l'arase :

Pour réaliser le chantier, il est indispensable d'avoir une arase d'au moins 30MPa.

- **Traitement en place :**

La grande majorité des sols traités concerne des sols fins plus ou moins plastiques (sols A1 ou A2) pour lesquels il est possible de donner, à titre indicatif, la définition du traitement (nature et dosage du « liant ») et l'apport de ce traitement en termes de portance obtenue. Tableau ne borne pas les valeurs de portance obtenues après traitement.

- **Amélioration de la portance de l'arase par traitement de sol en place :**

Tableau VI-12: Amélioration de la portance.

CLASSE DE SOL	SOLS FINS ET ARGILES	
Définition indicative du traitement	Limons type A1 ou A2 : - traitement par 2 à 4 % de chaux	
Portance en MPa avant traitement	Non mesurable à 15 conditions mauvaises	15 à 40 conditions moyennes
Portance (*) en MPa Après traitement sur 35 cm (D'épaisseur efficace)	≥ 20	≥ 30
Portance (*) en MPa Après traitement sur 50 cm (D'épaisseur efficace)	≥ 30	≥ 40

Epaisseur de la couche de forme pour obtenir une portance à long terme de la plate-forme en fonction de la portance de l'arase lors des travaux et du type de forme :

Tableau VI-13: Epaisseur de la couche de forme.

PORTANCE DE L'ARASE NATURE SOL	30 à 40 MPa
Sols traités en place : limon (sol A) traité à la chaux (0 à 3 %) et avec un liant hydraulique (5 à 8 %).	35 cm → PF2 50 cm → PF3 (2 couches) Cas non considéré
Grave non traitée : Graves calcaires concassés.	40 cm → PF2

Remarque : Pour augmenter la portance de sol on ajoute une épaisseur de 40cm de C₂A₁h en couche de forme (matériaux extrait des gites d'emprunt).

Dimensionnement des structures :

Pour ce catalogue nous avons retenu les hypothèses du catalogue national pour le réseau non structurant (VRNS). Il s'agit donc d'une durée de vie de l'ordre de 20 ans.

- **Structures retenues :**

Dans ce paragraphe sont indiqués, pour les familles de structures retenues :

- Les matériaux utilisés en assises.
- Les combinaisons des différents matériaux utilisés,
- Les conditions de collage aux interfaces des couches.

On choisit :

- **Structures bitumineuses épaisses**

Les matériaux utilisés sont les suivants :

- Enrobé à module élevé de classe 2 (EME 2).

Les calculs de structures ont été réalisés selon la méthode décrite dans le guide technique de conception et de dimensionnement des structures de chaussées.

CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

- Coefficient agressivité :

Tableau VI-14: Coefficient d'agressivité structurelle moyen du trafic.

Couche concernée ou type de structure	Classe de trafic Tci			
	TC0 - TC1	TC2	TC3	≥ TC4
Bitumineuse épaisse	0.4	0.5	0.5	0.5
Plate-forme	0.4	0.5	0.75	1

- Nombre d'essieux équivalent :

Tableau VI-15: Nombre d'essieux équivalent utilise dans le dimensionnement des structures (En millions).

Classe de trafic Type de structure	TC0	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8
Bitumineuse épaisse	0.025	0.05	0.1	0.3	0.8	2	5	13	30

- Valeurs des risques de calcul :

Tableau VI. 19 : Valeurs des risques de calcul.

Classe de trafic Type de structure	≤TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8
Bitumineuse épaisse	30%	30%	18%	10%	5%	2%	1%	1%

La structure :

6BBME
10EME 2
10EME 2

Calcul de déformation admissible (ϵ_{zadm}) du sol support :

La valeur admissible est donnée par la relation empirique :

Avec :

$$TCEi = TCi \times A$$

$$TCEi = 0.5 \times 17.2 \times 10^6 = 8.6 \times 10^6$$

$$\epsilon_{zadm} = 12 \times 10^{-3} \times (TCEi)^{-0.222}$$

$$\epsilon_{zadm} = 12 \times 10^{-3} \times (8.6 \times 10^6)^{-0.222}$$

$$\epsilon_{zadm} = 347 \times 10^{-6} \text{ def} = 347 \mu\text{def}$$

• Performances mécaniques des matériaux traités aux liants hydrauliques :

Tableau VI-17: Performances mécaniques des matériaux traités aux liants hydrauliques.

MATERIEUX	E en MPa (10°C,10 Hz)	E en MPa (15°C,10 Hz)	E en MPa (20°C,10 Hz)	ϵ_6 (10°C,25 Hz) . 10^{-6}	-1/b	SN	Sh (en m)	Kc
EME2	17000	14000	11000	130	5	0.25	0.03	1

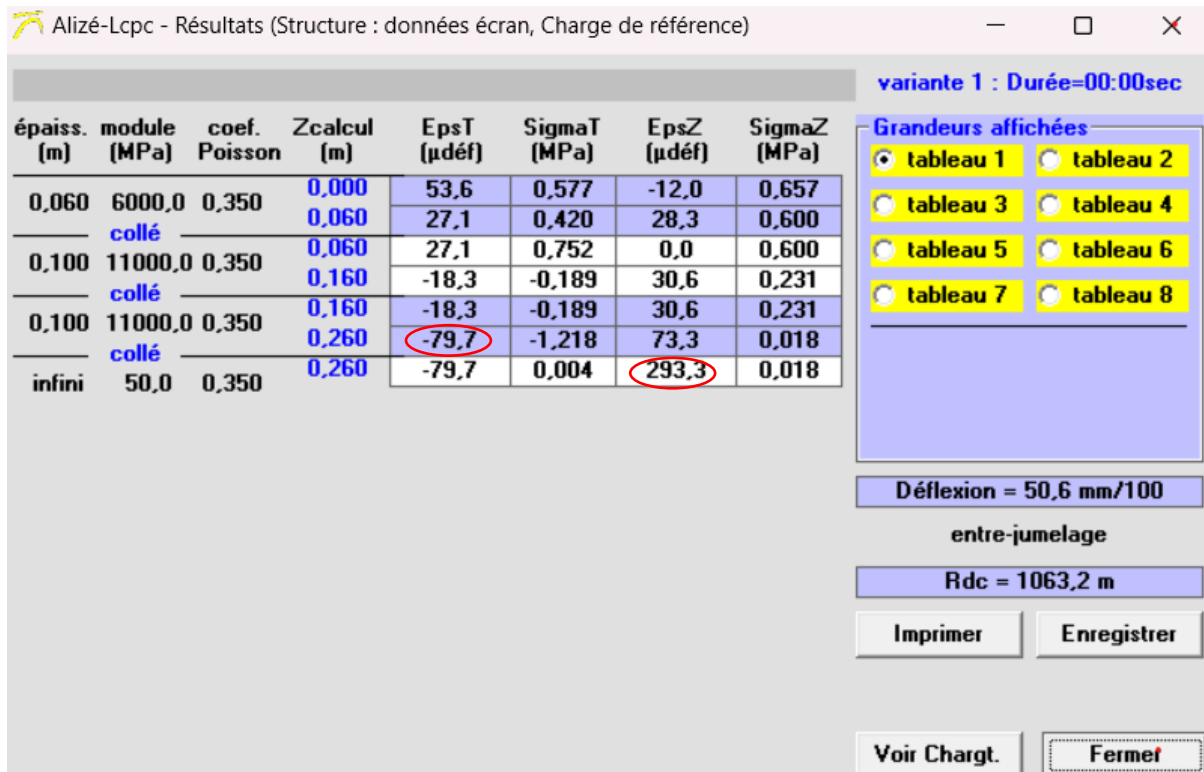
$$R = 2 \% \quad \Longrightarrow \quad t = -2.054$$

$$\epsilon_{tadm} = \epsilon_6 (10^\circ\text{C} , 25\text{Hz}) \times Kne \times K\theta \times Kr \times Kc$$

$$\epsilon_{tadm} = 130 \times 10^{-6} \times 0.65 \times 1.243 \times 0.79 \times 1$$

$$\epsilon_{tadm} = 83 \times 10^{-6} \text{ def} = 83 \mu\text{def}$$

Vérification de la fatigue des structures et de la déformation du sol support avec ALIZE:



$$\epsilon_z = 293,3 \times 10^{-6} < \epsilon_{z,adm} = 347 \times 10^{-6} \text{ vérifier}$$

$$\epsilon_t = 79,7 \times 10^{-6} < \epsilon_{t,adm} = 83 \times 10^{-6} \text{ vérifier}$$

VI.6. CONCLUSION :

Après comparaison des deux méthodes de dimensionnement (méthode française et méthode CTPP), le choix a été porté sur la méthode française. Cette dernière a donné une structure de chaussée conforme aux exigences mécaniques après vérification par le logiciel ALIZÉ. En plus, elle permet de réduire l'épaisseur totale de la chaussée de 5cm par rapport à la méthode CTPP, ce qui entraîne une diminution des quantités de matériaux et des coûts de réalisation. Cette réduction est obtenue grâce à l'utilisation de matériaux ayant de meilleures performances mécaniques. Ainsi, la méthode française a été retenue car elle offre une solution plus économique tout en garantissant la résistance et la durabilité nécessaires de la chaussée.

CHAPITRE VII :

CALCUL DES CUBATURES

VII.1. INTRODUCTION

La cubature des terrassements est une opération visant à calculer 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 les méthodes de calcul des cubatures de terrassement existantes, nous avons choisi la méthode de la moyenne des aires car elle est la plus simple. Cependant elle présente un inconvénient : les résultats sont obtenus avec une marge d'erreur. Ainsi pour remédier à ce problème on doit les majorer par un coefficient de 10% pour des raisons de sécurité.

VII.3. DESCRIPTION DE LA METHODE

Le principe de la méthode de la moyenne des aires est de calculer le volume compris entre deux profils successifs par la formule suivante :

$$V = \frac{H_m}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S)$$

- H_m : hauteur entre deux profils.
- S_1, S_2 : les surfaces verticales des profils en travers P_1 et P_2 .
- S : surface limitée à mi-distances des profils.

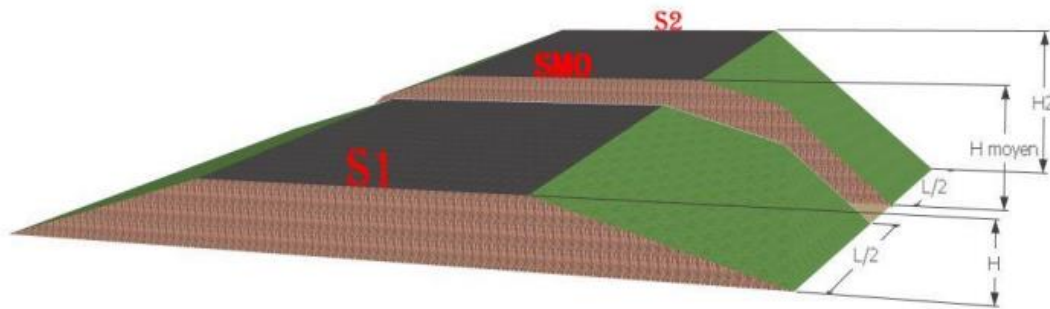


Figure VII.1: Les sections des profils en travers d'un tracé donné

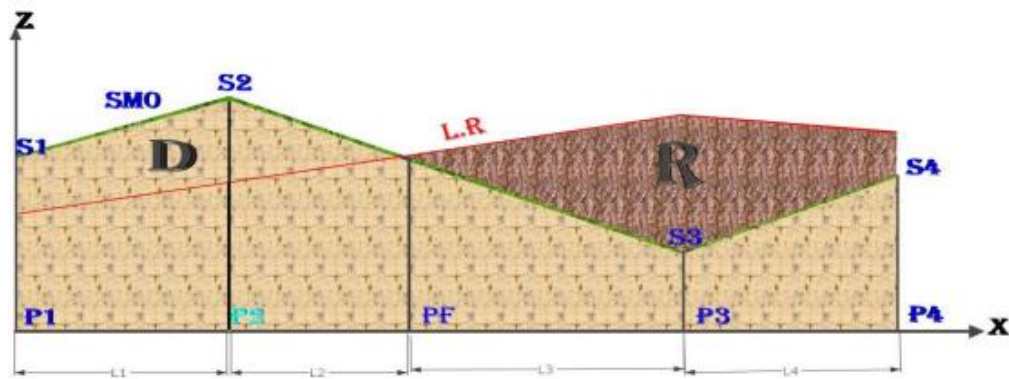


Figure VII.2: Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné

VII.4. EXEMPLE D'APPLICATION

Le volume compris entre les deux profils en travers **P1** et **P2** de section **S1** et **S2** sera égale à :

$$V = \frac{L_1}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_m)$$

Pour un calcul plus simple, on considère que :

$$S_m = \frac{(S_1 + S_2)}{2}$$

Donc :

- Entre P_1 et P_2 : $V_1 = \frac{L_1}{2} (S_1 + S_2)$.
- Entre P_2 et P_F : $V_2 = \frac{L_2}{2} (S_2 + 0)$.
- Entre P_F et P_3 : $V_3 = \frac{L_3}{2} (0 + S_3)$.
- Entre P_3 et P_4 : $V_4 = \frac{L_4}{2} (S_4 + S_3)$.

Le volume total : $V_T = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$.

$$V = \frac{L_1}{2} S_1 + \frac{L_1+L_2}{2} S_2 + \frac{L_2+L_3}{2} \times 0 + \frac{L_3+L_4}{2} S_3 + \frac{L_4}{2} S_4.$$

On voit l'utilité de placer les profils PF puisqu'ils neutralisent en quelque sorte une certaine longueur du profil en long, en y produisant un volume nul.

VII.5. CALCUL DES CUBATURES DE PROJET

Pour notre projet, le calcul des cubatures a été effectué à l'aide de logiciel AutoCAD Civil 3D, et les résultats complets de calcul sont joints en annexe.

Les valeurs obtenues à partir de civil 3D

Donc, **les volumes totaux du projet :**

Volume de déblais : **352165.88 m³.**

Volume de Remblai : **156774.56 m³.**

CHAPITRE VIII : ASSAINISSEMENT

VIII.1. INTRODUCTION

L'assainissement routier constitue une composante essentielle dans la conception, la construction et l'entretien des infrastructures routières. Selon l'adage : « Une autoroute vaut ce que vaut son assainissement », soulignant ainsi l'importance de la maîtrise des écoulements d'eau. En effet, les eaux météoriques et les phénomènes de ruissellement sont à l'origine de nombreuses dégradations telles que l'érosion, l'affaissement de la chaussée, le décollement des enrobés, les nids-de-poule, l'instabilité des talus, voire des glissements de terrain.

Pour faire face à ces risques, l'assainissement routier repose sur deux volets complémentaires :

- Le drainage de la plateforme autoroutière, visant à collecter et à évacuer efficacement les eaux pluviales afin de préserver l'intégrité de la chaussée et d'assurer la sécurité des usagers.
- Le rétablissement des écoulements naturels, garantissant la continuité hydraulique des bassins versants interceptés par l'infrastructure à travers des ouvrages de franchissement dimensionnés de manière adéquate.

La mise en œuvre de ces dispositifs est essentielle pour éloigner l'eau de la route, limiter les dégradations et prolonger la durée de vie de l'ouvrage. L'évaluation préalable des débits d'eaux pluviales, basée sur l'étude hydrologique du site, ainsi que la conception d'un réseau d'assainissement adapté, sont donc des étapes incontournables dans tout projet routier.

VIII.2. OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT

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 (danger d'aquaplaning).
- 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.
- Evacuation 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.

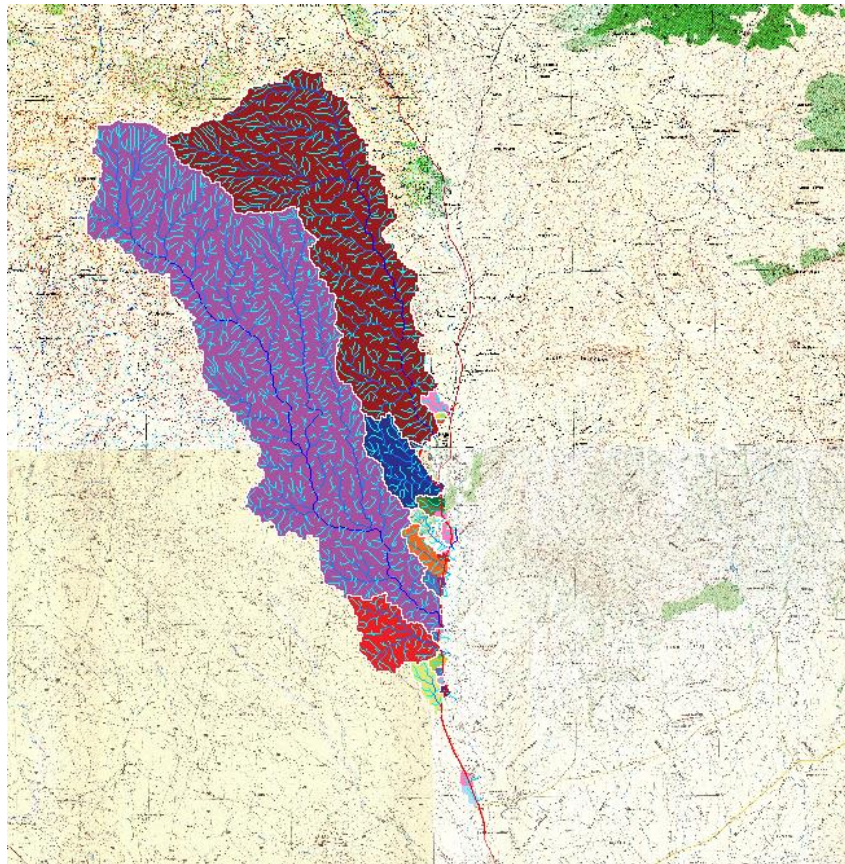


Figure VIII.1: Délimitation des bassins versants sur la carte d'état-major

VIII.3.2. Caractéristiques physiques des bassins versants

Tableau VIII-1: Caractéristiques physiques des bassins versants

PK	N° :BV	Surface (km2)	Lw (km)	Hmax (m)	Hmin (m)	I (mm/h)	Tc (h)	P(m/m)
19+143	BV.01	0,634	0,907	850	796,00	60,57	0,41	6,00%
19+723	BV.02	26,893	14,2	1706	794,00	18,04	2,46	6,42%
21+388	BV.03	2,718	3,15	886	777,00	30,70	1,12	3,46%
21+846	BV.04	0,024	0,237	804,00	774,00	237,27	0,05	13,04%
21+883	BV.05	0,020	0,159	808,00	772,00	307,88	0,04	22,50%
21+968	BV.06	0,012	0,167	809	772	361,77	0,03	23,13%
22+013	BV.07	0,049	0,341	818	772	191,68	0,08	13,53%
22+119	BV.08	0,186	0,687	825	774	99,08	0,20	7,39%
22+353	BV.09	0,101	0,335	796	762	135,51	0,13	10,30%
22+555	BV.10	0,040	0,27	779	762	158,22	0,10	6,30%
22+703	BV.11	0,024	0,228	780	759	213,85	0,07	9,13%
23+025	BV.12	0,083	0,307	780	756	132,65	0,13	8,00%
23+208	BV.13	0,020	0,156	768	755	219,92	0,06	8,67%
23+315	BV.14	0,577	1,583	825	756	56,25	0,46	4,37%
23+895	BV.15	0,571	1,272	792	748	52,18	0,52	3,46%
24+204	BV.16	0,111	0,405	770	744	112,34	0,17	6,50%
24+958	BV.17	0,243	0,844	764	734	70,47	0,32	3,75%
25+240	BV.18	44,934	19,52	1724	728	15,28	3,14	5,10%
25+709	BV.19	0,079	0,324	753	730	130,60	0,13	7,67%
25+997	BV.20	3,021	2,443	807	726	29,19	1,21	3,32%
26+309	BV.21	0,065	0,303	766	733	161,01	0,10	11,00%

CHAPITRE VIII : ASSAINISSEMENT

26+575	BV.22	0,056	0,289	765	734	169,06	0,09	11,07%
26+660	BV.23	0,049	0,288	765	736	173,42	0,28	10,07%
26+749	BV.24	0,012	0,162	751	735	277,98	0,04	10,00%
26+816	BV.25	0,025	0,152	750	735	217,10	0,06	10,00%
27+315	BV.26	0,048	0,341	748	732	134,52	0,13	4,71%
27+597	BV.27	0,506	1,434	778	723	56,31	0,46	3,85%
29+728	BV.28	0,068	0,308	719	710	101,79	0,19	3,00%
30+044	BV.29	0,073	0,318	717	706	105,06	0,18	3,46%

VIII.4. ESTIMATION DES DEBITS CRUES :

L'intérêt de la détermination du débit maximum d'un cours d'eau est évident en raison des effets destructeurs bien connus de ces événements hydrologiques.

Lorsqu'on projette la réalisation d'importants aménagements, on doit déterminer le maximum probable de la crue pour lequel l'ouvrage devra être protégé. La crue maximale est caractérisée par :

- Le débit Max.
- La durée de la crue.
- Le volume écoulé durant la crue.

Pour évaluer les débits maximaux des bassins versants aux sites des franchissements les plus importants, des formules empiriques ont été utilisées et qui sont élaborées en fonction des caractéristiques physiques des bassins versants, il s'agit de :

a. Formule Rationnelle :

$$Q_{\max} = 0.278 \times C \times I \times A$$

- $Q_{\max}$ [m³/s] : Débit de crue de fréquence.
- C_r : Coefficient de ruissellement.
- I [mm/h] : Intensité de pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration.
- A [km²] : Surface du bassin versant.

VIII.4.1. Temps de concentration

Pour le temps de concentration (T_c), la formule de calcul a été choisie en fonction de la superficie du bassin versant :

- **Superficie inférieure à 5 km² :**

Le temps de concentration est calculé par la formule **des petits bassins** < 5km²

$$T_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$$

- T_c [h] : temps de concentration.
- S [Km²] : superficie du bassin versant.
- I [m/m] : pente moyenne du bassin versant.

- **Superficie comprise entre 5 et 25 Km²**

Le temps de concentration est calculé par la formule de **PASSINI** :

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

T_c [h] : temps de concentration.

S [Km²] : superficie du bassin versant. - L_w [Km] : longueur du cours d'eau principal.

I [m/m] : pente moyenne du bassin versant.

- **Superficie supérieure à 25 Km²**

Le temps de concentration est calculé par la formule de **GIANDOTTI**

$$T_c = \frac{4 \times \sqrt{A} + 1.5 \times L}{0.8 \times \sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$$

- T_c [h] : temps de concentration.
- S [Km²] : superficie du bassin versant.
- L_w [Km] : longueur du cours d'eau principal.
- H_{moy} [m] : L'altitude moyenne.
- H_{min} [m] : Altitude minimale.

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 KENESSEY qui est la somme de trois (03) coefficients partiels :

- C_1 : dépendant de la pente du bassin versant.
- C_2 : dépendant de la nature du sol (perméabilité).

- C3 : dépendant de la couverture végétale du bassin versant

Tableau VIII-2: Coefficient C1

La pente (I)	C1
$I < 3.5 \%$	0.01 - 0.05
$3.5 \% < I < 11 \%$	0.06 - 0.1
$11 \% < I < 35\%$	0.12 - 0.2
$I > 35 \%$	0.22 - 0.3

Tableau VIII-3: Coefficient C2

La perméabilité	C2
Les terrains imperméables	0.22 – 0.3
Les terrains pas assez perméables	0.1 – 0.2
Les terrains perméables	0.06 – 0.1
Les terrains très perméables	0.06 – 0.05

Tableau VIII-4: Coefficient C3

La couverture végétale	C3
Les terrains rocheux	0.22 – 0.3
Les Prés	0.17 – 0.25
Les champs labours	0.07 – 0.15
Les forêts et les sols sableux	0.03 – 0.05

VIII.4.3. L'intensité de pluie I

$$I_{(tc,T)} = P_{(tc,T)} / t_c$$

- **I** : intensité de pluie exprimée en mm/h.
- **P_(tc,T)**: Pluie correspondant au temps de concentration (m).
- **tc** : temps de concentration en heures.

$$P_{(tc,T)} = P_{Jmaxf\%} \left(\frac{t_c}{24} \right)^b$$

- **P_(tc,T)**: Pluie correspondant au temps de concentration (m).
- **P_{Jmaxf%}** : Pluie journalière de fréquence donnée, mm
- **T_c** : Temps de concentration, heure
- **b = 0,32** Exposant climatique pour la station de Bouzaréah (K.Body 1981).

NB : Les paramètres *P_{Jmaxf%}* et « b » de la formule 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 BEN DAOUD.

Tableau VIII-5: les donnes de station

Nom de Station	BEN DAOUD
Code	150408
X (Lambert)	633.85
Y (Lambert)	310.85
Altitude (m)	850.00

Tableau VIII-6: Quantiles des pluies maximales journalières.

FREQUENCES	PERIODE DE RETOUR	<i>P_{Jmaxf%}</i> (mm)
10%	10 ans	55.5
2%	50 ans	81.1
1%	100 ans	92

VIII.4.4. Calcul du débit d'apports

POUR LE BASSIN VERSANT (BV1) :

- **Coefficient De Ruissellement :**

$$C=C1+C2+C3=0.59$$

- **Intensité De Pluie I(t) :**

$$I_{(tc,T)} = P_{(tc,T)} / t_c$$

$$I(t, 100) = 24.95/0.41 = 60.86 \text{ mm/h}$$

- **Débits d'apports :**

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

$$Q_a(100) = 0.278 \times 0.59 \times 60.86 \times 0.634 = 6.28 \text{ m}^3/\text{s}$$

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 projet :

Tableau VIII-7: Les résultats de calcul des débits

PK	N° :BV	Surface(km2)	Lw(km)	Cr	I (mm/h)	Tc (h)	Q (m3/s)
19+143	BV.01	0,634	0,907	0,59	60,86	0,41	6,28
19+723	BV.02	26,893	14,2	0,59	18,04	2,46	79,40
21+388	BV.03	2,718	3,15	0,56	30,73	1,12	12,94
21+846	BV.04	0,024	0,237	0,65	240,71	0,05	1,04
21+883	BV.05	0,020	0,159	0,65	308,27	0,04	1,11
21+968	BV.06	0,012	0,167	0,65	370,17	0,03	0,80
22+013	BV.07	0,049	0,341	0,65	191,21	0,08	1,69
22+119	BV.08	0,186	0,687	0,59	98,92	0,20	3,01
22+353	BV.09	0,101	0,335	0,59	136,29	0,13	2,25
22+555	BV.10	0,040	0,27	0,59	157,95	0,10	1,03
22+703	BV.11	0,024	0,228	0,59	213,22	0,07	0,84
23+025	BV.12	0,083	0,307	0,59	133,69	0,13	1,82

CHAPITRE VIII : ASSAINISSEMENT

23+208	BV.13	0,020	0,156	0,59	222,87	0,06	0,73
23+315	BV.14	0,577	1,583	0,59	56,29	0,46	5,32
23+895	BV.15	0,571	1,272	0,56	52,21	0,52	4,63
24+204	BV.16	0,111	0,405	0,59	112,85	0,17	2,05
24+958	BV.17	0,243	0,844	0,59	71,71	0,32	2,85
25+240	BV.18	44,934	19,52	0,59	15,28	3,14	112,36
25+709	BV.19	0,079	0,324	0,59	134,00	0,13	1,73
25+997	BV.20	3,021	2,443	0,56	29,20	1,21	13,70
26+309	BV.21	0,065	0,303	0,59	161,89	0,10	1,72
26+575	BV.22	0,056	0,289	0,59	170,68	0,09	1,56
26+660	BV.23	0,049	0,288	0,59	79,27	0,28	6,31
26+749	BV.24	0,012	0,162	0,59	278,36	0,04	0,55
26+816	BV.25	0,025	0,152	0,59	216,89	0,06	0,89
27+315	BV.26	0,048	0,341	0,59	134,47	0,13	1,06
27+597	BV.27	0,506	1,434	0,59	56,37	0,46	4,67
29+728	BV.28	0,068	0,308	0,56	102,49	0,19	1,08
30+044	BV.29	0,073	0,318	0,56	105,02	0,18	1,19

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 pour 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. Dimensionnement des dalots :

POUR BV2 :

$$Q_a = 79.40 \text{ m}^3/\text{s} \quad J = 0.064 \text{ m/m}$$

Régime de l'écoulement a l'aval de l'ouvrage hydraulique :

- Détermination de la hauteur d'eau normale h_n :

$$N = \frac{Q_a}{K \times P^{\frac{1}{2}} \times l^{\frac{8}{3}}}$$
$$N = \frac{79.40}{25 \times 0.064^{\frac{1}{2}} \times 10^{\frac{8}{3}}} = 0.027$$

Avec :

- $Q_a = 79.40 \text{ m}^3/\text{s}$.
- $K = 25$ (rugosité du lit du ruisseau).
- $P = 0,064 \text{ m/m}$ (pente du ruisseau en aval du franchissement).
- $l = 10 \text{ m}$ (largeur du fond de fossé).
- $m = \cotg 45^\circ = 1$ (pente des parois).

En utilisant l'abaque1 page 70 (SETRA assainissement routier), on lit : $X = 9$

La hauteur normale s'élève à :

$$h_n = \frac{l}{X} = \frac{10}{9} = 1.12 \text{ m}$$

- Détermination de la hauteur critique h_c :

$$N = \frac{Qa^2}{g \times l^5}$$
$$N = \frac{79.40^2}{10 \times 10^5} = 0.0063$$

g : accélération de la pesanteur = 10 m/s^2

En utilisant l'abaque2 page 71 (SETRA assainissement routier), on lit : $X = 5.7$

La hauteur d'eau critique s'élève à :

$$h_c = \frac{l}{X} = \frac{10}{5.7} = 1.75 \text{ m}$$

Le régime d'écoulement dans le ruisseau se détermine par comparaison des hauteurs d'eau normale h_n et critique h_c :

$h_c = 1,75 > h_n = 1.12$ donc le régime d'écoulement est **torrentiel**.

- **Choix de l'ouvrage hydraulique :**

À partir de ces données, il faut vérifier si les conditions d'écoulement sont satisfaisantes (régime fluvial, vitesse, proportions entre la hauteur d'eau normale y_n et la hauteur d'eau critique y_c , hauteur d'eau amont H_m).

Si l'ouvrage choisi ne donne pas satisfaction, il faut reprendre le processus de calcul avec des caractéristiques d'ouvrage différentes.

Remarque : l'ouvrage hydraulique choisi en première approche est un dalot béton.

On pose **B=5 m** et **K=70**.

- **Détermination de la hauteur critique y_c :**

$$N = \frac{Qa^2}{g \times l^5}$$

$$N = \frac{79.4^2}{10 \times 5^5} = 0.2 \quad \longrightarrow \quad X=2$$

La hauteur d'eau critique s'élève à :

$$y_c = \frac{1}{X} = \frac{5}{2} = 2.5 \text{ m}.$$

- **Détermination de la hauteur d'eau normale y_n :**

$$y_n = 1.2 \times y_c$$

$$y_n = 1.2 \times 2.5 = 3 \text{ m}$$

Le régime d'écoulement dans l'ouvrage se détermine par comparaison des hauteurs d'eau normale y_n et critique y_c : **$y_n = 3 \text{ m} > y_c = 2.5 \text{ m}$** .

En conséquence l'ouvrage fonctionne en régime fluvial.

- **Calcul de pente :**

$$y_n = \frac{1}{X} = 3 \text{ m} \quad \longrightarrow \quad X = \frac{1}{y_n} = \frac{5}{3} = 1.67 \text{ m}$$

En utilisant l'abaque2 page 71 (SETRA assainissement routier), on lit : $N = 0.26$

Comme :

$$N = \frac{Q_a}{K \times P^{\frac{1}{2}} \times l^{\frac{8}{3}}}$$

On peut obtenir la valeur de la pente :

$$P = \left(\frac{Q_a}{K \times N \times l^{\frac{8}{3}}} \right)^2$$

$$P = \left(\frac{79.4}{70 \times 0.26 \times 5^{\frac{2}{3}}} \right)^2 = 0.0035 \text{ m/m}$$

- **Calcul de la section mouillée et de la vitesse d'écoulement dans l'ouvrage hydraulique :**

La largeur du dalot : $l = 5 \text{ m}$, on peut donc calculer la section mouillée (S_m) dans l'ouvrage

$$S_m = y_e \times l = 4 \times 5 = 20 \text{ m}^2$$

On obtient la vitesse d'écoulement dans l'ouvrage :

$$V = \frac{Q_a}{S_m} = \frac{79.4}{20} = 3.97 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s} \quad \textbf{Verifié}$$

- **Calcul de la hauteur d'eau amont (Ham) :**

Il faut s'assurer que la hauteur d'eau amont (**Ham**) est acceptable vis-à-vis des contraintes du projet.

$$H_{am} = y_e + (1 + k_e) \times \frac{V^2}{2 \times g} = 3 + (1 + 0.5) \times \frac{3.97^2}{2 \times 9.81} = 4 \text{ m}$$

K_e : Le coefficient de perte de charge à l'entonnement est pris égal à 0,5 (utilisation d'une tête d'ouvrage classique avec murs en aile).

- **Calcul de y_t :**

$$y_t = \frac{y_e + H_{am}}{2} = \frac{3 + 4}{2} = 3.5 \text{ m}$$

$$\text{Le taux de remplissage : } \frac{y_t}{H} < 0.75 \quad H \geq \frac{3.5}{0.75} = 4.23 \text{ m}$$

La hauteur d'ouvrage : **H=4.5m.**

Vérification dans le cas $Q_{exp} = 1.5Q_a$:

- **Détermination de la hauteur d'eau normale h_n :**

$$N = \frac{Q_a}{K \times P^{\frac{1}{2}} \times l^{\frac{2}{3}}}$$

$$N = \frac{119.1^2}{25 \times 0.064^{\frac{1}{2}} \times 10^{\frac{2}{3}}} = 0.25$$

Avec :

- $Q = Q_{exp} = 119.1 \text{ m}^3/\text{s}$.
- $K = 25$ (rugosité du lit du ruisseau).
- $P = 0.064 \text{ m/m}$ (pente du ruisseau en aval du franchissement).
- $l = 10 \text{ m}$ (largeur du fond de fossé).
- $m = \cotg 45^\circ = 1$ (pente des parois).

En utilisant l'abaque, on lit : $X = 2.4$.

La hauteur normale s'élève à :

$$h_n = \frac{l}{X} = \frac{10}{2.4} = 4.16 \text{ m}$$

- **Détermination de la hauteur critique h_c :**

$$N = \frac{Qa^2}{g \times l^5}$$

$$N = \frac{119.1^2}{10 \times 10^5} = 0.014$$

On lit : $X = 4.5$

La hauteur d'eau critique s'élève à :

$$h_c = \frac{l}{X} = \frac{10}{4.5} = 2.22 \text{ m}$$

Le régime d'écoulement dans le ruisseau se détermine par comparaison des hauteurs d'eau normale h_n et critique h_c :

$h_n = 4.16 > h_c = 2.22$ donc le régime d'écoulement est **fluvial.**

L'écoulement dans le ruisseau étant en régime fluvial, il faudra obligatoirement caler l'ouvrage hydraulique en régime fluvial.

- **Détermination de la hauteur critique y_c :**

On pose $B = 6 \text{ m}$.

$$N = \frac{Qa^2}{g \times l^5}$$

$$N = \frac{119.1^2}{10 \times 10^5} = 0.014 \quad \longrightarrow \quad X = 4.5$$

La hauteur d'eau critique s'élève à :

$$y_c = \frac{l}{X} = \frac{10}{4.5} = 2.22 \text{ m}$$

- **Détermination de la hauteur normale y_n :**

$$y_n = 1.2 \times y_c$$

$$y_n = 1.2 \times 2.22 = 2.67 \text{ m}$$

$y_n = 2.67 \text{ m} > y_c = 2.22 \text{ m}$.

L'ouvrage est calé en régime fluviale.

- **La pente de l'ouvrage :**

$$y_n = \frac{1}{X} = 2.67 \text{ m} \longrightarrow X = \frac{1}{y_n} = \frac{10}{2.67} = 3.74 \text{ m}$$

Par utilisation de l'abaque, on lit : $N = 0.09$

Comme :

$$N = \frac{Q_a^2}{K \times P^2 \times l^{\frac{8}{3}}}$$

On peut obtenir la valeur de la pente :

$$P = \left(\frac{Q_a}{K \times N \times l^{\frac{8}{3}}} \right)^2$$
$$P = \left(\frac{119.1}{70 \times 0.09 \times 10^{\frac{8}{3}}} \right)^2 = 0.0016 \text{ m/m}$$

- **Calcul de la section mouillée et de la vitesse d'écoulement dans l'ouvrage hydraulique :**

On peut donc calculer la section mouillée (S_m) dans l'ouvrage :

$$S_m = h_n \times l = 4.16 \times 10 = 41.6 \text{ m}^2$$

On obtient la vitesse d'écoulement dans l'ouvrage :

$$V = \frac{Q_a}{S_m} = \frac{119.1}{41.6} = 2.86 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s} \quad \textbf{Verifié}$$

- **Calcul de la hauteur d'eau amont (H_{am}) :**

Il faut s'assurer que la hauteur d'eau amont (H_{am}) est acceptable vis-à-vis des contraintes du projet.

$$H_{am} = h_n + (1 + k_e) \times \frac{V^2}{2 \times g} = 4.16 + (1 + 0.5) \times \frac{2.86^2}{2 \times 9.81} = 4.78 \text{ m}$$

- **Calcul de y_t :**

$$y_t = \frac{h_n + H_{am}}{2} = \frac{4.16 + 4.7}{2} = 4.47 \text{ m}$$

Le taux de remplissage : $\frac{y_t}{H} < 0.75 \quad H \geq \frac{4.47}{0.75} = 3.96 \text{ m}$

La hauteur d'ouvrage : **H = 4 m.**

VIII.5.2. Dimensionnement des buses

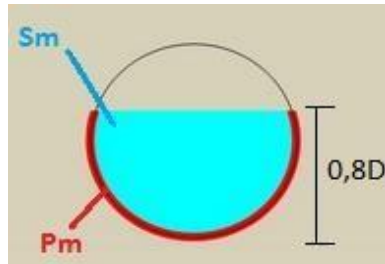


Figure VIII.2: caractéristique de buse.

Dans le cas d'un remplissage à 80% d'une buse :

- S_m : Section mouillée, est calculée par la formule $S_m = \frac{4}{5} \pi R^2$
- P_m : Périmètre mouillé, est calculé par la formule $P_m = \frac{4}{3} \pi R$
- R_h : Rayon hydraulique, est déterminé par la formule $R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{3}{5} R$

POUR BV7 :

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

$$Q_s = 80 \times \left(\frac{3}{5} R\right)^{2/3} \times J^{1/2} \times \frac{4}{5} \pi R^2$$

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

$$Q_a = 1.69 \text{ m}^3/\text{s} \quad J = 0.1353 \text{ m/m}$$

$$R = \left(\frac{1.69}{80 \times \frac{4}{5} \pi \times \left(\frac{3}{5}\right)^{2/3} \times 0.1353^{1/2}} \right)^{3/8} = 0.275 \text{ m}$$

Donc on trouve **D = 550 mm**.

Et une fois le diamètre est calculé, on adoptera un diamètre normalisé commercial tel $\Phi 400$, $\Phi 500$, $\Phi 800$, $\Phi 1000$, $\Phi 1200$, $\Phi 1500$...ect.

Pour que la buse vérifie les conditions on prend une buse de **$\Phi 1200 \text{ mm}$** .

Vérification de régime de l'écoulement à l'aval de l'ouvrage hydraulique :

- Détermination de la hauteur d'eau normale h_n :

$$N = \frac{Q_a}{K \times P^{\frac{1}{2}} \times R^{\frac{8}{3}}}$$
$$N = \frac{1.69}{25 \times 0.135^{\frac{1}{2}} \times 0.6^{\frac{8}{3}}} = 0.72$$

Avec :

- $Q = 1.69 \text{ m}^3/\text{s}$.
- $K = 25$ (rugosité du lit du ruisseau).
- $p = 0,135 \text{ m/m}$ (pente du ruisseau en aval du franchissement).
- $R = 0.6 \text{ m}$ (largeur du fond de fossé).
- $\lambda = 1$ (pente des parois).

En utilisant l'abaque 5 page 59 du guide SETRA (assainissement routier), on lit :

$\tau_n = 0.4$

La hauteur normale s'élève à :

$$h_n = \tau_n \times F = 0.4 \times 1.2 = 0.48 \text{ m}$$

- Détermination de la hauteur critique h_c :

$$N = \frac{Q_a}{\sqrt{g} \times R^{5/2}}$$
$$N = \frac{1.69}{\sqrt{10} \times 0.6^{5/2}} = 1.91$$

g : accélération de la pesanteur = 10 m/s^2

En utilisant l'abaque 3 page 59 du guide SETRA (assainissement routier) on lit :

$\tau_c = 0.5$

La hauteur d'eau critique s'élève à :

$$h_c = \tau_c \times F = 0.5 \times 1.2 = 0.6 \text{ m}$$

Le régime d'écoulement dans le ruisseau se détermine par comparaison des hauteurs d'eau normale h_n et critique h_c :

$h_c = 0.6 > h_n = 0.48$ donc le régime d'écoulement est **torrentiel**.

L'écoulement dans le ruisseau étant en régime torrentiel, il faudra obligatoirement caler l'ouvrage hydraulique en régime fluvial.

- **Détermination de la hauteur critique y_c :**

On a une buse de $\Phi 1200$.

$$N = \frac{Q_a}{\sqrt{g} \times R^{5/2}}$$
$$N = \frac{1.69}{\sqrt{10} \times 0.6^{5/2}} = 1.91$$

Donc :

$$\tau_c = 0.5$$

La hauteur d'eau critique s'élève à :

$$y_c = \tau_c \times F = 0.5 \times 1.2 = 0.6 \text{ m} .$$

- **Détermination de la hauteur normale y_n :**

$$y_n = 1.2 \times y_c$$
$$y_n = 1.2 \times 0.6 = 0.72 \text{ m}$$

$$y_n = 0.72 \text{ m} > y_c = 0.6 \text{ m}$$

En conséquence l'ouvrage fonctionne en régime **fluvial**.

- **Calcule de la pente de l'ouvrage :**

$$y_n = \tau_n \times F = 0.864 \text{ m} \quad \longrightarrow \quad \tau_n = \frac{y_n}{F} = \frac{0.864}{1.2} = 0.72$$

Par utilisation de l'abaque 5, on lit : $N = 1.7$

Comme :

$$N = \frac{Q_a}{K \times P^{\frac{1}{2}} \times R^{\frac{8}{3}}}$$

On peut obtenir la valeur de la pente :

$$P = \left(\frac{Q_a}{K \times N \times R^{\frac{8}{3}}} \right)^2 = \left(\frac{1.69}{80 \times 1.7 \times 0.6^{\frac{8}{3}}} \right)^2 = 0.002 \text{ m/m}$$

- **Calcule de la surface mouillée de l'ouvrage :**

$$\tau_n = \frac{y_n}{F} = \frac{0.864}{1.2} = 0.72$$
$$\frac{S}{R^2} = 2.4 \quad \longrightarrow \quad S = 0.864 \text{ m}^2$$

On obtient la vitesse d'écoulement dans l'ouvrage :

$$V = \frac{Q_a}{S_m} = \frac{1.69}{0.864} = 1.95 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s}$$

- **Calcul de la hauteur d'eau amont (Ham) :**

Il faut s'assurer que la hauteur d'eau amont (**H am**) est acceptable vis-à-vis des contraintes du projet.

$$H_{am} = y_n + (1 + k_e) \times \frac{V^2}{2 \times g} = 0.864 + (1 + 0.5) \times \frac{1.95^2}{2 \times 9.81} = 1.15 \text{ m}$$

Ke : Le coefficient de perte de charge à l'entonnement est pris égal à 0,5 (utilisation d'une tête d'ouvrage classique avec murs en aile).

- **Vérification du tirant d'air (TA) :**

Le tirant est mesuré au-dessus de la hauteur d'eau et la génératrice supérieure de l'ouvrage. La hauteur d'eau est calculée en considérant cette hauteur égale à :

$$y_t = \frac{y_n + H_{am}}{2} = \frac{0.864 + 1.15}{2} = 1.00 \text{ m}$$

Le taux de remplissage : $\frac{y_t}{F} = \frac{1.00}{1.2} = 0.7 < 0.75$ Vérifié

Vérification dans le cas $Q_{exp} = 1.5Q_a$:

- **Détermination de la hauteur d'eau normale h_n :**

$$N = \frac{Q_a}{K \times P^{\frac{1}{2}} \times R^{\frac{8}{3}}}$$
$$N = \frac{2.53}{25 \times 0.135^{\frac{1}{2}} \times 0.6^{\frac{8}{3}}} = 1.07$$

Avec :

- $Q = Q_{exp} = 1.07 \text{ m}^3/\text{s}$.
- $K = 25$ (rugosité du lit du ruisseau).
- $P = 0.135 \text{ m/m}$ (pente du ruisseau en aval du franchissement).
- $R = 0.6 \text{ m}$ (largeur du fond de fossé).
- $\lambda = 1$ (pente des parois).

En utilisant l'abaque, on lit : **$\tau_n = 0.52$**

La hauteur normale s'élève à :

$$h_n = \tau_n \times F = 0.52 \times 1.2 = 0.62 \text{ m}$$

- **Détermination de la hauteur critique h_c :**

$$N = \frac{Q_a}{\sqrt{g} \times R^{5/2}}$$
$$N = \frac{2.53}{\sqrt{10} \times 0.6^{5/2}} = 2.87$$

g accélération de la pesanteur = 10 m/s².

Donc : $\tau_c = 0.74$

La hauteur d'eau critique s'élève à :

$$h_c = \tau_c \times F = 0.74 \times 1.2 = 0.88 \text{ m}$$

Le régime d'écoulement dans le ruisseau se détermine par comparaison des hauteurs d'eau normale h_n et critique h_c :

$h_c = 0.88 > h_n = 0.62$ donc le régime d'écoulement est **torrentiel.**

L'écoulement dans le ruisseau étant en régime torrentiel, il faudra obligatoirement caler l'ouvrage hydraulique en régime fluvial.

- **Détermination de la hauteur critique y_c :**

On a une buse de $\Phi 1500$.

$$N = \frac{Q_a}{\sqrt{g} \times R^{5/2}}$$
$$N = \frac{2.53}{\sqrt{10} \times 0.6^{5/2}} = 2.87 \longrightarrow \tau_c = 0.74$$

La hauteur d'eau critique s'élève à :

$$y_c = \tau_c \times F = 0.74 \times 1.2 = 0.88 \text{ m}$$

- **Détermination de la hauteur normale y_n :**

$$y_n = 1.2 \times y_c$$

$$y_n = 1.2 \times 0.88 = 1.05 \text{ m}$$

Le régime d'écoulement dans l'ouvrage se détermine par comparaison des hauteurs d'eau normale y_n et critique y_c : **$y_n = 1.05\text{m} > y_c = 0.88 \text{ m}$.**

En conséquence l'ouvrage fonctionne en régime **fluvial**.

- **Calcule de pente :**

$$y_n = \tau_n \times F = 0.77 \text{ m} \quad \longrightarrow \quad \tau_n = \frac{y_n}{F} = \frac{0.77}{1.5} = 0.51$$

Par utilisation de l'abaque, on lit : $N = 1$

Comme :

$$N = \frac{Q_a^2}{K \times P^{\frac{1}{2}} \times R^{\frac{8}{3}}}$$

On peut obtenir la valeur de la pente :

$$P = \left(\frac{Q_a}{K \times N \times R^{\frac{8}{3}}} \right)^2 = \left(\frac{1.8}{80 \times 1 \times 0.75^{\frac{8}{3}}} \right)^2 = 0.0023 \text{ m/m}$$

- **La surface mouillée de l'ouvrage :**

$$\tau_n = \frac{y_n}{F} = \frac{0.77}{1.5} = 0.51$$

$$\frac{S}{R^2} = 1.60 \quad S = 0.9 \text{ m}^2$$

On obtient la vitesse d'écoulement dans l'ouvrage :

$$V = \frac{Q_a}{S_m} = \frac{1.8}{0.9} = 2 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s}$$

- **Calcul de la hauteur d'eau amont (Ham) :**

Il faut s'assurer que la hauteur d'eau amont (Ham) est acceptable vis-à-vis des contraintes du projet.

$$Ham = y_n + (1 + k_e) \times \frac{V^2}{2 \times g} = 0.77 + (1 + 0.5) \times \frac{2^2}{2 \times 9.81} = 1.07 \text{ m}$$

- **Vérification du tirant d'air (TA) :**

$$y_t = \frac{y_n + Ham}{2} = \frac{0.77 + 1.07}{2} = 0.92 \text{ m}$$

Le taux de remplissage : $\frac{y_t}{F} = \frac{0.92}{1.5} = 0.61 < 0.75$ Verifié

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

N°OH	N°BV	PK	A projeter
1	BV.01	19+143	A projeter 1x (200x200)
2	BV.02	19+723	A projeter dalot 2x (500x400)
3	BV.03	21+388	A projeter dalot 2x (300x200)
4	BV.04	21+846	À remplacer par buse 1φ 1000
5	BV.05	21+883	À remplacer par buse 1φ 1000
6	BV.06	21+968	À remplacer par buse 1φ 1000
7	BV.07	22+013	À remplacer par buse 1φ 1200
8	BV.08	22+119	À remplacer par buse 1φ 1500
9	BV.09	22+353	À remplacer par buse 1φ 1500
10	BV.10	22+555	À remplacer par buse 1φ 1000
11	BV.11	22+703	À remplacer par buse 1φ 1000
12	BV.12	23+025	À remplacer par buse 1φ1200
13	BV.13	23+208	À remplacer par buse 1φ 1000
14	BV.14	23+315	À projeter 1x (200x200)
15	BV.15	23+895	À projeter buse 2φ1500
16	BV.16	24+204	À remplacer par buse 1φ1200
17	BV.17	24+958	À remplacer par buse 1φ1500
18	BV.18	25+240	Ouvrage D'art À conserver 1x (6x4)
19	BV.19	25+709	À remplacer par buse 1φ1200
20	BV.20	25+997	À remplacer par 1x (3x3)
21	BV.21	26+309	À conserver et à prolonger par buse φ1200
22	BV.22	26+575	À remplacer par buse 1φ1200
23	BV.23	26+660	À remplacer par buse 1φ1200

VIII.5.3. 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 sur une longueur de 1500m. Le dimensionnement concerne uniquement les zones de déblais.

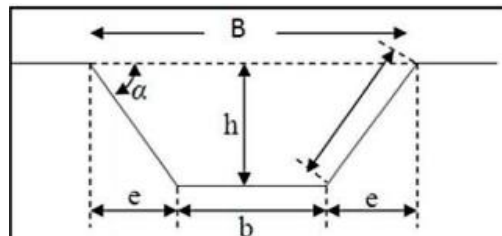


Figure VIII.3: Caractéristiques d'un fossé.

- 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	10.5	2625	2.5
Berme	0.75	188	8
Talus de déblai	Variable	4733	66

- 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) :**

$$I_{(tc,T)} = P_{(tc,T)/t_c}$$

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	0.50	0.50

Calcul le débit d'apport :

- **Pour la chaussée : P=2.5 %**

$$T_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.002625}{0.025}} \rightarrow T_c = 0.041 \text{ h}$$

$$I(t, T) = P(tc, T)/Tc^1 = 7.23/0.041^1 = 176.34 \text{ mm/h}$$

$$Q_c = 0.278 \times C \times I_t \times A = 0.278 \times 1 \times 176.34 \times 0.002625 = 0.128 \text{ m}^3/\text{s}$$

- **Pour la berme : P= 8 %**

$$T_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.000188}{0.08}} \rightarrow T_c = 0.0061 \text{ h}$$

$$I(t, T) = P(tc, T)/Tc^1 = 3.93/0.0061^1 = 644.26 \text{ mm/h}$$

$$Q_b = 0.278 \times C \times I_t \times A = 0.278 \times 0.5 \times 644.26 \times 0.000188 = 0.017 \text{ m}^3/\text{s}$$

- **Pour le talus : P = 66%**

$$T_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.004730}{0.66}} \rightarrow T_c = 0.01 \text{ h}$$

$$I(t, T) = P(tc, T)/Tc^1 = 4.40/0.01^1 = 440 \text{ mm/h}$$

$$Q_t = 0.278 \times C \times I_t \times A = 0.278 \times 0.5 \times 440 \times 0.004730 = 0.30 \text{ m}^3/\text{s}$$

Donc : $Q_a = Q_c + Q_b + Q_t = 0.128 + 0.017 + 0.30$

$$Q_a = 0.45 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

Surface	S (Km ²)	C	P %	Tc (h)	I(mm/h)	Q(m ³ / s)	Qa (m ³ / s)
La chaussée	0.022625	01	2.5	0.041	176.34	0.128	1.48
La berme	0.000188	0.50	08	0.0061	644.26	0.017	
Le Talus	0.004730	0.50	66	0.0087	505.74	0.30	

• **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%.
- **Kst** : Coefficient de rugosité de Manning. (Au béton coule sur place **Kst = 70**)

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

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

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

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

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

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.5.4. Disposition d'un système d'assainissement au niveau d'un changement de dévers :

Dans les zones de changement progressif du dévers sur autoroute, des conditions hydrauliques particulières apparaissent. En effet, l'eau de ruissellement, habituellement évacuée vers les accotements extérieurs, tend à se concentrer temporairement au niveau du terre-plein central, notamment lorsque la pente transversale devient nulle, puis s'inverse.

CHAPITRE VIII : ASSAINISSEMENT

Pour éviter tout risque de stagnation, de formation de flaques ou d'aquaplaning, une solution judicieuse consiste à adopter un dispositif de drainage linéaire, basé sur les éléments suivants :

- Un caniveau longitudinal à fente, implanté dans la bande dérasée de gauche (BDG), est aménagé le long du terre-plein central, depuis la zone où le dévers devient nul puis s'inverse, jusqu'à la section où la pente transversale redevient nulle. Ce caniveau assure une collecte continue et efficace des eaux de ruissellement provenant de la chaussée.
- À l'aval de cette section, l'eau est dirigée vers :
 - Un regard de collecte.
 - Puis vers une traversée sous chaussée, à l'aide d'un tuyau (souvent en PEHD ou béton).
- Cette traversée permet de rejeter l'eau du côté opposé de l'autoroute, généralement vers un fossé longitudinal ou un dalot existant

Les zones de transition de dévers, correspondant aux sections à dévers variable concernées par le projet, sont les suivantes :

- Du PK 20+200 au PK 20+602.
- Du PK 26+400 au PK 27+029.



Figure VIII.4: Exemple de caniveau à fente

VIII.6. 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 D'UN CARREFOURS
GIRATOIRES**

IX.1. INTRODUCTION

Les carrefours sont des éléments clés du réseau routier, où plusieurs voies se croisent. Ils assurent la connexion entre axes, facilitent la circulation, renforcent la sécurité et organisent les itinéraires.

Fonctionnellement, ils permettent les changements de direction, répartissent les flux et desservent villes et zones rurales. Mais en raison des multiples trajectoires et conflits potentiels, ils sont aussi des points sensibles en matière de sécurité. Leur conception est donc cruciale. On distingue deux grandes catégories :

- **Les carrefours plans** : en T, en croix ou giratoires
- **Les carrefours dénivelés** : échangeurs qui séparent les flux pour éviter les croisements

Chaque type a ses avantages, ses limites et dépend du contexte : trafic, topographie, sécurité, coûts et cohérence du tracé global.

IX.2. TYPOLOGIE DES CARREFOURS

La typologie des carrefours repose sur plusieurs critères : type d'aménagement (à niveau ou dénivelé), nombre de branches, forme, régime de priorité et nature des routes concernées. Le choix du carrefour impacte directement la sécurité, la fluidité du trafic et les coûts d'aménagement.

IX.3. CARREFOURS A NIVEAU (OU PLANS)

Ce sont les plus courants, notamment en milieu rural ou urbain à faible densité. On distingue principalement :

- **Le carrefour en T** (ou en forme de té) :

Il connecte une route secondaire à une principale. Facile à concevoir et économique, il est généralement régulé par une priorité ou un STOP.



Figure IX.1: Le carrefour en T

- **Le carrefour en Y :**

Ce type de carrefour naît de l'intersection de deux routes en angle aigu. Courant en zone rurale, il réduit la visibilité et complique les manœuvres, notamment les tourne-

à-gauche. Il est désormais déconseillé et, si possible, remplacé par un carrefour en T ou un giratoire.



Figure IX.2: Le Carrefour en Y

- **Le carrefour en croix :**

Il permet de relier deux routes de même importance. Mal conçu, il peut générer des conflits, notamment à cause des tourne-à-gauche dangereux. Il peut être géré par priorité, feux tricolores ou remplacé par un giratoire si le trafic est important.



Figure IX.3: Le carrefour en croix.

IX.4. CARREFOURES GIRATOIRES

Le carrefour giratoire est le carrefour plan qui offre le meilleur niveau de sécurité. Toutefois, cette performance peut être dégradée si certaines précautions ne sont pas prises tant au niveau de la conception générale (le choix de la dimension et de la position du giratoire, le soin apporté aux conditions de lisibilité et de visibilité, le tracé des différentes branches, le dessin des différents éléments qui constituent l'aménagement, etc.), que de la réalisation de détail (l'aménagement de l'îlot central, le choix et le positionnement de la signalisation, etc.)

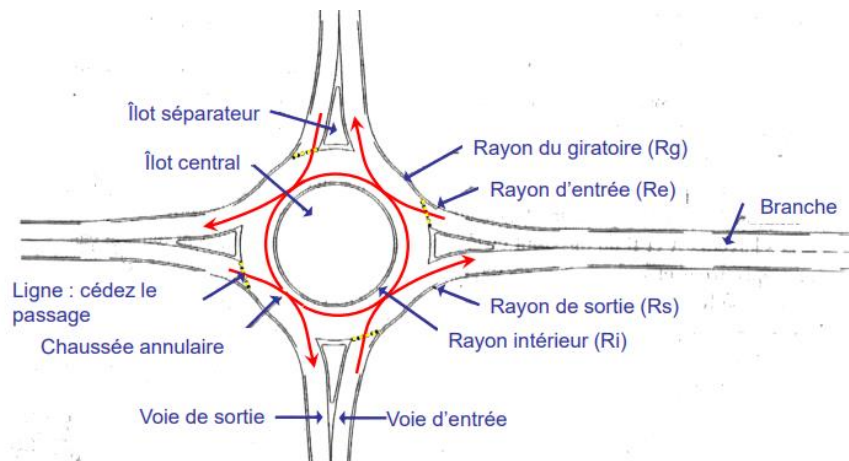


Figure IX.4: Les différents composants d'un carrefour giratoire

IX.4.1. Principes d'aménagement

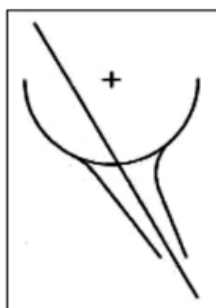
L'aménagement d'un giratoire appelle les recommandations particulières suivantes :

- Préférer un aménagement simple.
- Exclure tout obstacle agressif.
- Donner à l'usager une bonne perception d'approche.
- Introduire une certaine contrainte de trajectoire.
- Vérifier que la capacité de l'aménagement est suffisante.
- Eviter de surdimensionner les composants de l'aménagement

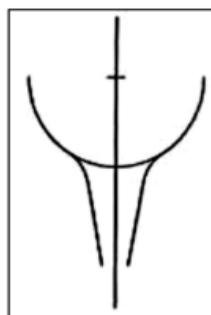
IX.4.2. Configuration géométrique générale

- **Disposition des branches :**

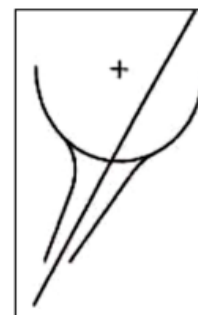
Il est toujours préférable que l'axe des voies secondaires passe par le centre de l'îlot central ; sinon, on peut admettre un décalage seulement si l'axe de la chaussée « passe » à gauche du centre de l'anneau.



À éviter



toujours souhaitable



à exclure

Figure IX.4: Disposition des branches

Pour une infrastructure nouvelle, on doit rechercher un alignement radial sur une longueur de 250 m environ (350 m dans le cas d'une entrée à 2 x 2 voies). Pour l'aménagement d'une intersection existante en giratoire, cette longueur peut être ramenée à 150 m (250 m dans le cas d'une entrée à 2 x 2 voies).

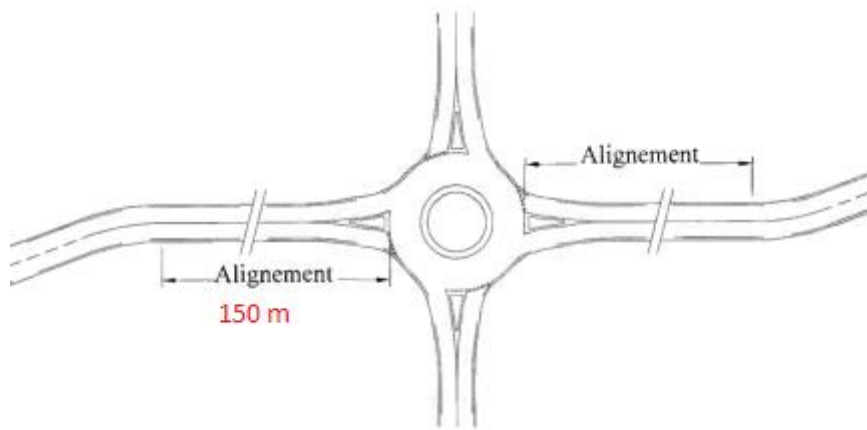


Figure IX.5: Alignement radial des branches

- **Déflexion :**

La déflexion des trajectoires à travers un carrefour giratoire (trajectoire intéressant deux branches opposées ou adjacentes du giratoire) est un facteur important pour la sécurité de l'aménagement. En effet, les caractéristiques géométriques ne doivent pas permettre que les trajectoires les plus tendues puissent être confortablement négociées à des vitesses nettement supérieures à 50 km/h. La déflexion d'une trajectoire est le rayon de l'arc de cercle qui passe à 1,50 m de la bordure de l'îlot central et à 2,00 m des bordures des voies d'entrée et de sortie. Ce rayon doit être inférieur à 100 m.

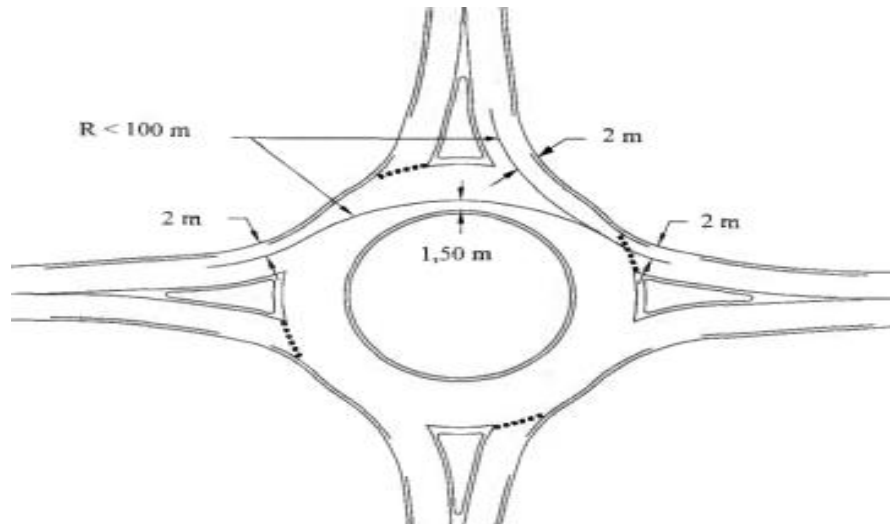


Figure IX.6: Déflexion des trajectoires

- **Pente :**

L'implantation d'un carrefour à sens giratoire sur une route présentant une déclivité inférieure à 3% ne pose aucun problème.

Pour les pentes supérieures à 6 %, on considère généralement que ce type d'aménagement de ce type carrefour doit être exclu.

Entre 3% et 6%, certaines dispositions peuvent s'avérer défavorables à la sécurité (visibilité)

Bien qu'il s'agisse d'une conjoncture qui doit être évitée, le positionnement d'un giratoire en point haut du profil en long de l'une des routes concernées par le carrefour n'est pas compatible avec le choix d'un aménagement de petite dimension.

- **Chaussée annulaire :**

La chaussée annulaire ne doit pas être considérée comme une chaussée unidirectionnelle à 2 ou 3 voies séparées par un marquage qui en assurerait l'affectation, mais comme une voie unique, assez large pour permettre la giration aisée des poids lourds notamment.

La largeur de l'anneau dépend du rayon R_g , de la largeur et du nombre des voies de l'entrée la plus large.

Une largeur de 5m à 6m convient pour une voie. Une largeur de 8m paraît optimale pour les chaussées annulaires comportant voies. Pour celles de trois voies, une largeur de 11 à 12m est suffisante.

La chaussée annulaire doit présenter un dévers uniforme de 1,5 à 2%. Sa pente est dirigée vers l'extérieur du carrefour pour trois raisons principales ; améliorer la perception de la chaussée annulaire, éviter la rupture de pentes sur les voies d'entrée et de sortie (facteur d'inconfort, voire d'instabilité pour certains véhicules), faciliter la gestion de l'écoulement des eaux de surface.

- **Entrées :**

Sur chaque branche, la voie d'entrée doit être séparé matériellement de la voie de sortie par un îlot séparateur construit en saillie par rapport à la chaussée. Un simple marquage ne suffit pas (sauf éventuellement pour délimiter les voies des branches très secondaires).

Les entrées sont normalement à une seule voie, sauf lorsque la capacité calculée pour la mise en service rend nécessaire la création d'entrées à deux voies.

Si l'étude de la capacité calculée rend nécessaire la création plus de deux voies sur une entrée, on peut remettre en cause le choix du giratoire.

- **Sorties :**

La largeur des sorties est de 4,00 à 5 m par voie ; elle est ramenée rapidement à la largeur de la demi-chaussée en section courante (3,5 m le plus souvent).

Le rayon de sortie (R_s) doit être supérieur au rayon intérieur du giratoire (R_i), avec un minimum de 15m et un maximum de 30 m. Des situations particulières peuvent justifier un dépassement de ces limites.

Récapitulatif des différents paramètres de construction des voies d'entrée et de sortie :

Tableau IX-1: Récapitulatif des différents paramètres de construction de giratoire.

	Notations	Paramétrage	Valeurs courantes (m)			
Rayon du giratoire	R_g	$12 \text{ m} \leq R_g \leq 25 \text{ m}$	12	15	20	25
Largeur de l'anneau	L_a	$6 \text{ m} \leq L_a \leq 9 \text{ m}$	7	7	7	8
Surlargeur franchissable	SL_f	$1,5 \text{ m si } R_g \leq 15 \text{ m}$	1,5	1,5	/	/
Rayon intérieur	R_i	$R_g - L_a - SL_f$	3,5	6,5	13	17
Rayon d'entrée	R_e	$10 \text{ m} \leq R_e \leq 15 \text{ m et } \leq R_g$	12	15	15	15
Largeur de la voie entrante	L_e	$L_e = 4 \text{ m}$	4	4	4	4
Rayon de sortie	R_s	$15 \text{ m} \leq R_s \leq 30 \text{ m et } > R_i$	15	20	20	20
Largeur de la voie sortante	L_s	$4 \text{ m} \leq L_s \leq 5 \text{ m}$	4	4	4,5	5
Rayon de raccordement	R_r	$R_r = 4 R_g$	48	60	80	100

- **L'îlot central :**

Il est recommandé de donner à l'îlot central une forme circulaire (la sécurité étant meilleure sur les girations circulaires) En milieu interurbain, une valeur de 15 à 30 m en général suffisante.

- **L'îlot séparateur :**

CHAPITRE IX : ETUDE D'UN CARREFOURS GIRATOIRES

L'îlot séparateur a généralement la forme d'un triangle (son dessin est réalisé à partir d'un triangle dit de «construction»).les îlots séparateurs remplissent divers fonctions principales comme :

- En situation d'approche, ils favorisent la perception du carrefour.
- Ils offrent une surface séparant les mouvements entrants et sortants, ils permettent d'éviter des collisions entre les deux sens de circulation.
- Ils permettent l'implantation de la signalisation de direction.
- Enfin, ils évitent les « prises à contre sens » de l'anneau.

Le tableau ci-après récapitule les différents paramètres de construction des îlots séparateurs pour un rayon R_g :

Le tableau ci-après récapitule les différents paramètres de construction des îlots séparateurs pour un rayon R_g :

Tableau IX-2: Récapitulatif des différents paramètres de construction des îlots séparateurs.

	Notation	Paramétrage	Valeurs courantes (m)			
Rayon giratoire	R_g		< 15	15	20	25
Hauteur du triangle de construction	H	$H = R_g$	12 à 15	15	20	25
Base du triangle de construction	B	$B = \frac{R_g}{4}$	3 à 3,75	3,75	5	6,25
Départ de l'îlot sur l'axe	d	$d = (0,5 + \frac{R_g}{50}) / 2$ Ou 0	0	0,4	0,45	0,5
Rayon de raccordement des bordures	r	$r = \frac{R_g}{50}$	0,25	0,30	0,40	0,5

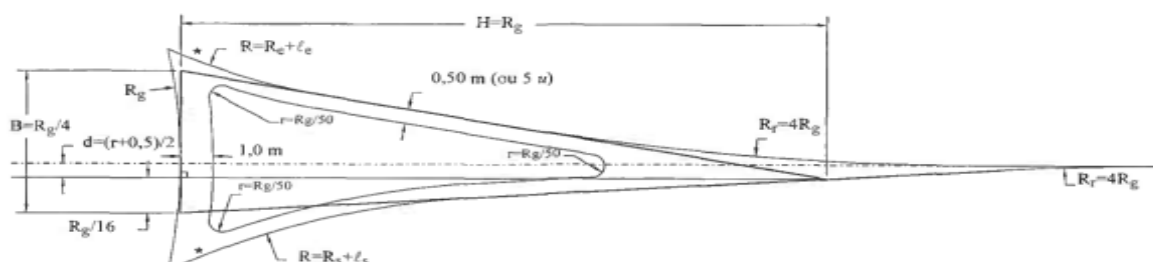


Figure IX.7: Construction des îlots séparateurs sur les branches des giratoires de rayon (R_g) > 15m

CHAPITRE IX : ETUDE D'UN CARREFOURS GIRATOIRES

APPLICATION AU PROJET :

Concernant notre deux giratoires on résume tous ces caractères dans le tableau suivant :

Pour le giratoire :

Tableau IX-3: différents paramètres de construction de giratoire

Rg	Rayon du giratoire	25 m
La	Largeur de l'anneau	8 m
Ri	Rayon intérieur	17 m
Re	Rayon d'entrée	15 m
Le	Largeur de la voie entrante	4 m
Rs	Rayon de sortie	20 m
Ls	Largeur de la voie sortante	5 m
Rr	Rayon de raccordement	100 m

- **Pour Les ilots séparateurs :**

Tableau IX-4: différents paramètres de construction des îlots séparateurs

Rg	Rayon giratoire	25 m
H	Hauteur du triangle de construction	25 m
B	Base du triangle de construction	6.25 m
d	Départ de l'îlot sur l'axe	0,50 m
r	Rayon de raccordement des bordures	0,50 m

Remarque : le profil en long et le tracé en plan a été fait avec le logiciel CIVIL 3D.

CHAPITRE X : OUVRAGE D'ART

X.1. INTRODUCTION

Un ouvrage d'art constitue une infrastructure majeure destinée à franchir un obstacle naturel ou artificiel dans le tracé d'une voie de communication, qu'il s'agisse d'une route, d'une voie ferrée ou d'un canal. Il peut s'agir notamment de ponts, de tunnels, de tranchées couvertes, de murs de soutènement ou de digues. Outre leur rôle de franchissement, ces structures jouent également une fonction de protection vis-à-vis des contraintes naturelles (eau, instabilités de terrain, etc.) et servent souvent de points de transition entre différents modes de transport, comme c'est le cas pour les quais, les plateformes multimodales et autres infrastructures portuaires.

La classification des ouvrages d'art dépend de leur fonction : on distingue principalement les ponts routes (franchissement routier), les ponts rails (franchissement ferroviaire) et les ponts canaux (franchissement hydraulique). D'un point de vue terminologique, le mot « pont » désigne tout ouvrage de franchissement réalisé *in situ*, à l'exclusion des structures entièrement ou partiellement préfabriquées telles que les buses ou les cadres modulaires.

X.2. Conception des ouvrages d'art

La conception d'un ouvrage d'art repose sur la satisfaction de plusieurs exigences techniques et contextuelles, afin d'assurer la sécurité, la durabilité et la fonctionnalité de l'ouvrage tout au long de sa vie. Ces exigences se déclinent en deux catégories principales :

- **Les exigences fonctionnelles**, qui correspondent aux performances attendues de l'ouvrage en matière de franchissement, de résistance aux charges et de service rendu à l'utilisateur ;
- **Les exigences environnementales et naturelles**, qui prennent en compte les contraintes liées au site (géologie, hydrologie, climat, etc.), l'intégration paysagère et l'impact écologique.

Dans ce cadre, cinq critères fondamentaux guident la conception des structures d'ouvrages d'art :

- La sécurité des usagers et des tiers ;
- L'économie du projet (optimisation des coûts en lien avec la durabilité) ;
- La stabilité structurelle et géotechnique ;
- Les délais de réalisation (planning de chantier et phasage) ;
- Le respect des normes environnementales et des contraintes réglementaires.

X.3. Gabarits à respecter

Le gabarit désigne l'espace minimal libre à garantir au-dessus ou autour de la voie franchie, mesuré perpendiculairement à cette dernière, afin d'assurer la libre circulation des usagers et des véhicules. Ce gabarit varie selon la nature de la voie sous-jacente et les réglementations en vigueur.

En Algérie, les valeurs réglementaires des gabarits à réserver sont les suivantes :

- **Pour les autoroutes et routes express** : un gabarit libre de 5,25 mètres ;
- **Pour les routes ordinaires** : un gabarit compris entre 4,50 et 4,80 mètres ;
- **Pour les voies ferrées** : un gabarit de 6,20 mètres, incluant les équipements ferroviaires.

Ces dimensions doivent impérativement être respectées dès la phase de conception pour garantir la conformité réglementaire, la sécurité des circulations et la compatibilité avec les engins d'entretien ou de secours.

X.4. Choix des types d'ouvrages

Le choix du type d'ouvrage d'art constitue une étape essentielle dans le processus de conception, car il conditionne à la fois la faisabilité technique du projet, sa durabilité, ses coûts et son intégration dans l'environnement. L'objectif principal est d'identifier la solution structurelle la plus adaptée, en tenant compte simultanément des contraintes techniques, géométriques, économiques et environnementales propres au site.

Parmi les principaux paramètres influençant ce choix, on retrouve :

- **La nature du sol**, qui détermine la capacité portante et conditionne la profondeur et le type de fondation à prévoir ;
- **Le gabarit à réserver**, qui impose des dimensions minimales en hauteur et en largeur pour assurer le passage libre des usagers ;
- **Le profil en long de la chaussée**, dont la géométrie affecte le positionnement et la hauteur des culées ou piles ;
- **La portée à franchir**, c'est-à-dire la distance libre entre deux appuis successifs ;
- **La possibilité d'implanter des appuis intermédiaires**, en fonction des contraintes géotechniques, hydrauliques ou fonctionnelles (cours d'eau, voies de circulation, etc.).

Pour des configurations types — par exemple, une portée d'environ 50 mètres avec une largeur de tablier de 11 mètres — plusieurs solutions structurelles peuvent être envisagées, telles que :

- Les ponts à poutres, généralement en béton précontraint ou en acier, adaptés aux portées modérées et à la préfabrication ;

CHAPITRE X : OUVRAGE D'ART

- Les ponts voûtés, souvent utilisés dans les zones à fort caractère patrimonial ou paysager ;
- Les ponts en arc, qui conviennent bien aux grandes portées et aux vallées profondes ;
- Les ponts suspendus, privilégiés pour des franchissements très longs sans appui intermédiaire ;
- Les ponts haubanés, modernes et élégants, adaptés aux longues portées et aux projets emblématiques.

Le choix final résulte d'une étude comparative multicritère (coût, performance, entretien, durabilité, intégration paysagère), et doit s'inscrire dans une approche globale de l'aménagement, en concertation avec les exigences techniques et les attentes des usagers.

X.5.Solution technique retenue

Vu les conditions techniques exigées par le site, le choix de nos ouvrages récapitulé dans le Tableau suivant :

Tableau X.1 : Solutions techniques retenues pour les ouvrages principaux

	Coordonnées		Longueur	TN (Max)	Ligne rouge correspondante	Hauteur	Type d'ouvrage
1 .Oued LHAMAME	PK 25+240	PK 25+300	33.4 m	728.21	733.14	5 m	PONT

X.6.Conclusion

Au terme de l'analyse des différentes typologies d'ouvrages envisageables, le choix s'est porté sur l'adoption de ponts à poutres en béton précontraint pour l'ensemble des franchissements prévus. Cette solution a été retenue en raison de ses nombreux atouts, tant sur le plan technique qu'économique.

En effet, les ponts-poutres en béton précontraint présentent une grande facilité de mise en œuvre, notamment grâce à la préfabrication des éléments, ce qui permet de réduire les délais de construction et les impacts sur la circulation. De plus, ce type d'ouvrage offre une adaptabilité dimensionnelle appréciable, un entretien limité et une disponibilité étendue des matériaux sur le marché local, ce qui contribue à l'optimisation des coûts.

Ce choix reflète ainsi une approche rationnelle et pragmatique, alliant efficacité structurelle, maîtrise économique et conformité aux exigences du projet.

CHAPITRE XI : SIGNALISATION

XI.1. INTRODUCTION

La signalisation routière joue un rôle essentiel dans la sécurité et la fluidité du trafic. Elle permet d'informer, de guider, d'avertir et de réglementer les usagers tout au long de leur parcours. Une signalisation efficace contribue à réduire les risques d'accidents, à améliorer la lisibilité de l'itinéraire et à assurer un usage optimal de l'infrastructure routière. La conception et la mise en place d'une signalisation adaptée doivent répondre aux normes en vigueur et tenir compte des spécificités de la voie, du trafic attendu ainsi que des contraintes environnementales.

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 DE 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

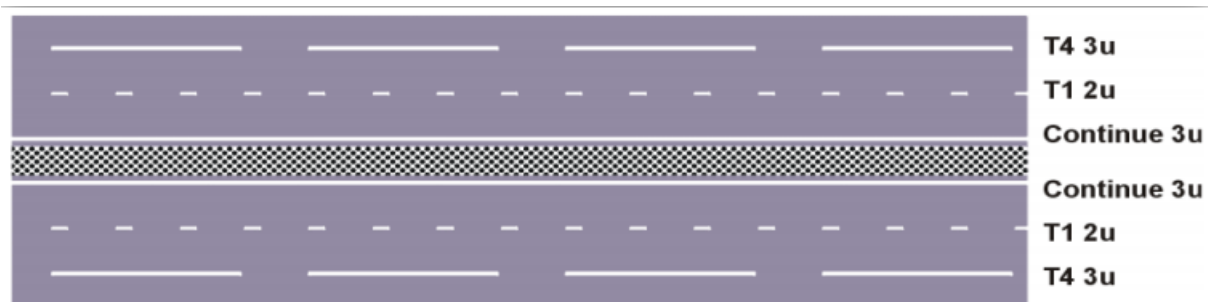


Figure XI.1: Les lignes de délimitation d'une autoroute

CHAPITRE XI : SIGNALISATION

Modulation des lignes discontinues :

Modulations des lignes discontinues sont recapitalisées dans le tableau suivant :

Tableau XI-2: Les caractéristiques de modulation des lignes discontinues

Type de modalisation	Longueur de trait (m)	Distance entre trait successives(m)
T1	3.00	10
T'1	1.5	5
T2	3.00	3.5
T3	3.00	1.33
T'3	20	6
T4	39	13

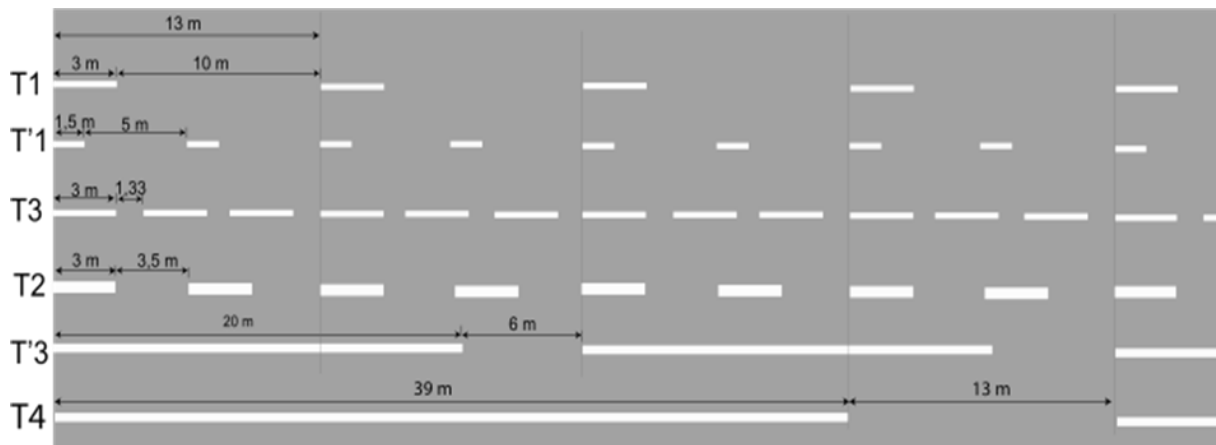


Figure XI.2: Les caractéristiques de modulation des lignes discontinues

XI.6.2.2. Les lignes transversales

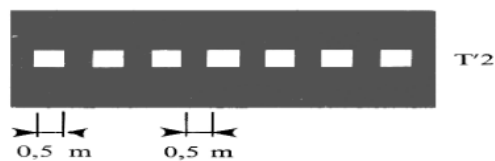


Figure XI.3: Lignes transversales

XI.6.2.3. 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.

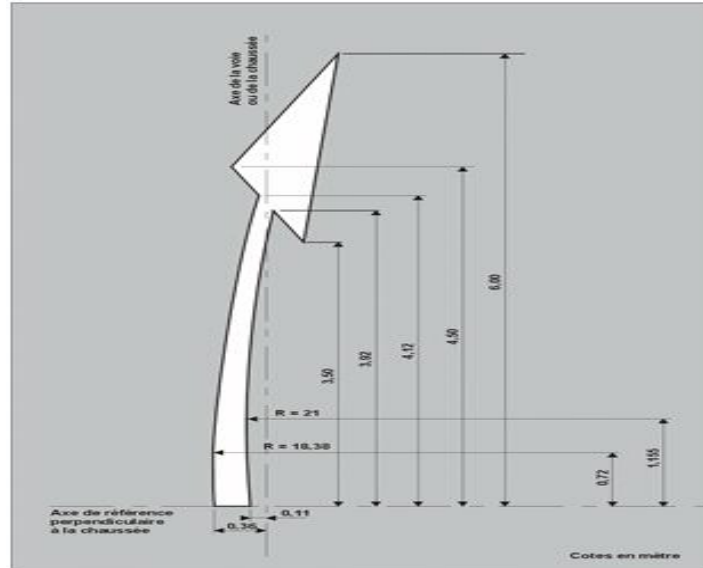


Figure XI.4: Flèche de rabattement

XI.6.2.4. Flèches directionnelles

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

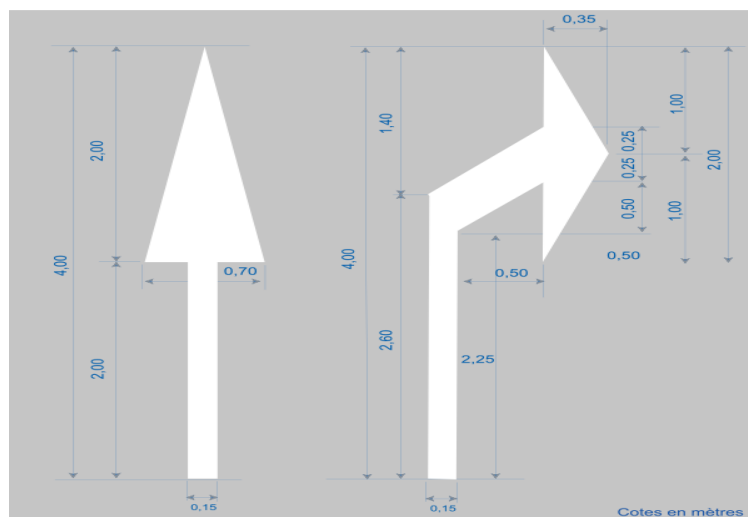


Figure XI.5: Flèches directionnelles

- **Autres marques**

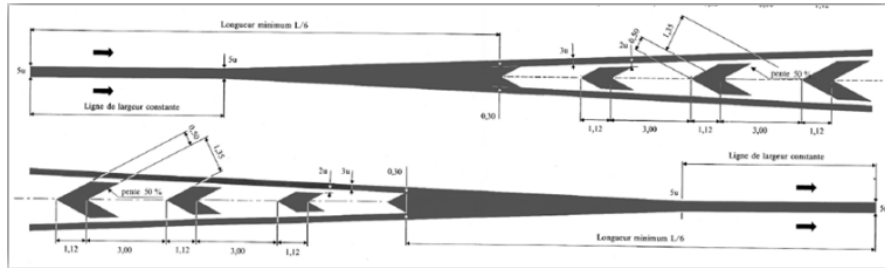


Figure XI.6: Schéma de marquage avec hachures

XI.7. SIGNALISATION VERTICALE

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

Types de panneaux :

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



- **Panneau de signalisation d'avertissement de danger : type A.**



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



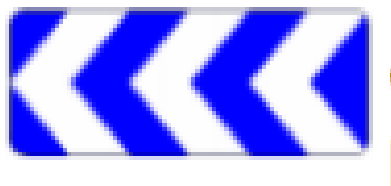
- **Panneau de Signalisation de giratoire : type A et D**



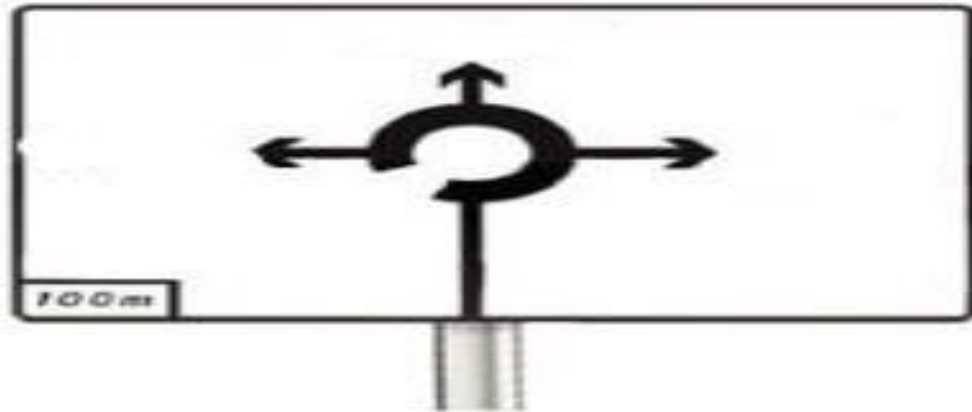
- **Balise de musoir (j14a) :**



- **Balisage de virages : J4**



- **Panneau de signalisation de direction :**



CHAPITRE XII : IMPACT SUR L'ENVIRENNEMENT

XII.1. INTRODUCTION

L'EIE est un instrument d'aide à la décision dans les différentes étapes de réalisation d'un projet. Elle intègre les aspects économiques, sociaux et environnementaux pour tendre vers la solution de moindre impact et fournit à l'autorité administrative les éléments nécessaires pour :

- Contribuer à l'élaboration d'un projet s'intégrant dans son Environnement ;
- Être un support d'informations sur les risques qui peuvent porter atteinte à la santé humaine et à l'environnement ;
- S'assurer que le projet ne porte pas atteinte à l'environnement ;
- Se prononcer sur la nature et le contenu de la décision à prendre.

L'évaluation d'un impact environnemental est quantifiée grâce à la mesure d'indicateurs de flux et d'indicateurs d'impact potentiels.

Pour réaliser l'étude d'impact, toutes les thématiques directement liées à l'environnement (eau, air, faune, flore), mais aussi sur l'environnement de l'être humain doivent être abordées.

XII.2. CADRE JURIDIQUE

Le cadre légal pour les études d'impact sur l'environnement (EIE / NIE) est établi dans la loi 03-10, du 19 juillet 2003

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

L'Étude d'Impact sur l'Environnement (EIE) permet d'intégrer les considérations environnementales dans toutes les étapes d'un projet. Elle vise à identifier, évaluer et réduire les impacts négatifs susceptibles d'affecter l'environnement afin de garantir un développement durable. Son importance varie selon l'ampleur des travaux et leurs incidences prévisibles. Elle constitue ainsi un outil essentiel d'aide à la décision et de planification des projets. L'étude contient les éléments suivants :

- Présentation du promoteur : identité, statut et expérience du porteur du projet.
- Présentation du bureau d'études : informations sur le bureau et copie de son agrément environnemental.
- Analyse des alternatives : comparaison des différentes options du projet et justification du choix retenu.
- Délimitation de la zone d'étude : définition du périmètre concerné par l'évaluation environnementale.
- État initial du site : description de l'environnement, des ressources naturelles et des éléments susceptibles d'être affectés.
- Description des phases du projet : présentation des étapes de construction, d'exploitation et de démantèlement.

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 la 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 dédoublement 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 la route dédoublée 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 la route dédoublée, 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 :**

la route dédoublée peut engendrer plusieurs impacts négatifs sur l'agriculture. L'occupation des terres pour les infrastructures réduit les surfaces cultivables, entraînant une 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 important de définir les mesures qui peuvent être prises pour prévenir ou limiter les effets 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.
- Le choix judicieux de l'emplacement des zones d'installation de chantier et des routes d'accès qui doit porter sur des zones le plus loin possible des secteurs sensibles et d'habitations
- 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.
- La mise en place d'une signalisation claire des chantiers et pistes d'accès. Plusieurs passages très sensibles (hauts risques d'accidents) méritent une signalisation appropriée.
- Mise en place d'un système de suivi environnemental régulier durant la phase de travaux.
- Réalisation de rapports d'impact environnemental pour s'assurer du respect des normes et des engagements.

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

Le projet de dédoublement de la route nationale N°08 entre Dirah et Sidi Aïssa présente des avantages significatifs en termes de fluidité du trafic, de confort et de sécurité pour les usagers. Il vise à améliorer les caractéristiques géométriques et fonctionnelles de la route afin de renforcer son rôle dans les échanges et les déplacements. Cette amélioration permettra de réduire les temps de parcours, les émissions de polluants ainsi que les nuisances sonores liées à la circulation routière, contribuant ainsi à la protection de l'environnement. Les impacts positifs attendus justifient pleinement la réalisation du projet. Toutefois, sa mise en œuvre nécessite le respect des engagements environnementaux par les entreprises chargées des travaux ainsi qu'une coordination efficace entre les différents intervenants.

CHAPITRE XIII :

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

CHAPITRE XIII : 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 rempliment du chantier.	F	770 000 000,00	¹ (7%(2+3+4+5+6+7))	545 380 648,00
1.2	Etude d'exécution et dossier de récolement.	F	330 000 000,00	¹ (3%(2+3+4+5+6+7))	233 734 563,00
TOTAL					779 115 211,00
2	TRAVAUX PREPARATION				
2.1	Scarification de la chaussée existante y compris toutes sujétions de bonne execution.	M ²	300,00	80 170,00	24 051 000,00
2.2	Abattage des arbres.	U	7 000,00	20,00	140 000,00
2.3	Déplacement de poteaux électrique MT .	U	4 000 000,00	12,00	48 000 000,00
TOTAL					72 191 000,00
3	TERRASSEMENT				
3.1	Décapage de terre végétale ép=40 cm .	M ²	120,00	80 164,00	9 619 680,00
3.2	Déblai en terrain meuble .	M ³	800,00	352 165,88	281 732 704,00
3.3	Remblai en provenance d'emprunt	M ³	1 200,00	156 774,56	188 129 472,00
TOTAL					479 481 856,00
4	CONSTRUCTION DU CORPS DE CHAUSSEE				
4.1	une couche de roulement en béton bitumineux a module eleve ep = 0,06m.	T	11 000,00	28 400,00	312 400 000,00
4.2	Couche d'accrochage1.	M ²	200,00	263 396,00	52 679 200,00
4.4	une couche de base en enrobe a module eleve ep = 0,1 m .	T	10 000,00	29 340,00	293 400 000,00
4.5	Couche d'accrochage2.	M ²	200,00	263 396,00	52 679 200,00

CHAPITRE XIII : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

4.6	une couche de fondation en enrobe a module eleve ep = 0,1 m .	T	10 000,00	29 340,00	293 400 000,00
4.7	Couche d'imprégnation.	M ²	250,00	263 396,00	65 849 000,00
4.8	Couche de forme en grave non traitée ep = 0,6 m	M ³	3 000,00	144475,68	433 427 040,00
4.9	Rechargement des bermes et TPC en TUF.	M ³	1 200,00	15 500,00	18 600 000,00
TOTAL					1 522 434 440,00
5	ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE				
5.1	Construction de fossé trapézoïdal (b=50cm, h=50cm, m150cm) , y compris terrassement, talutage, réglage et toutes sujétions.	ML	5 000,00	18 685,00	93 425 000,00
5.2	F/P de caniveau à fente en béton .	ML	12 000,00	1 642,00	19 704 000,00
5.3	F/P de buses Φ1500 série 135 A en BA, y compris fouille, lit de pose, pose, remblai latéral et toutes sujétions de pose.	ML	50 000,00	145,00	7 250 000,00
5.4	F/P de buses Φ1000 série 135 A en BA, y compris fouille, lit de pose, pose, remblai latéral et toutes sujétions de pose.	ML	30 000,00	135,00	4 050 000,00
5.5	F/P de buses Φ1200 série 135 A en BA, y compris fouille, lit de pose, pose, remblai latéral et toutes sujétions de pose.	ML	40 000,00	130,00	5 200 000,00
5.6	F/P têtes simples de buse Φ 1000.	U	150 000,00	12,00	1 800 000,00
5.7	F/P têtes simples de buse Φ 1200.	U	200 000,00	13,00	2 600 000,00
5.8	F/P têtes simples de buse Φ 1500.	U	280 000,00	13,00	3 640 000,00
5.9	F/P de dalots en BA , y compris terrassement, calage, remblaiement et toutes sujétions de mise en œuvre.	M ³	60 000,00	500,75	30 045 000,00
TOTAL					167 714 000,00
6	SIGNALISATION ET EQUIPEMENT ROUTIERS				

CHAPITRE XIII : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

6.1	Marquages longitudinaux continue type 3U (18cm).	ML	200,00	26 700,00	5 340 000,00
6.2	Marquages longitudinaux discontinue type T1_2U (12cm).	ML	160,00	5 500,00	880 000,00
6.3	Marquages longitudinaux discontinue type T3_3U(18cm).	ML	200,00	15 500,00	3 100 000,00
6.4	Panneau triangulaire de normale gamme (côté nominal 1000mm)	U	20 000,00	25,00	500 000,00
6.5	Panneau circulaire de normale gamme (diamètre de 850mm)	U	17 000,00	12,00	204 000,00
6.6	Panneau carré de normale gamme (côté nominal 700mm)	U	10 000,00	4,00	40 000,00
6.7	Balise de type J4	U	8 000,00	4,00	32 000,00
6.8	Balise de type J5	U	20 000,00	3,00	60 000,00
6.9	Bordures préfabriquées type T2.	ML	1 200,00	450,00	540 000,00
6.10	Glissière de sécurité en métallique .	ML	1 220,00	23 000,00	28 060 000,00
6.11	Glissière de sécurité en béton (GBA) .	ML	12 000,00	25 500,00	306 000 000,00
TOTAL					344 756 000,00
7	OUVRAGE D'ART				
7.1	Viaduc (en precontrainte),	M ²	350000,00	700,00	245 000 000,00
TOTAL					245 000 000,00
TOTAL H T	3 610 692 507,00				
TVA (19%)	686 031 576,33				
TOTAL TTC	4 296 724 083,33				

Le montant total est estimé à : Quatre milliards deux cent quatre-vingt-seize millions sept cent vingt-quatre mille quatre-vingt-trois dinars.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Cette étude d'Avant-Projet Détaillé (APD) de dédoublement de la Route Nationale n°08 (RN08), reliant les communes de Dirah et Sidi Aïssa, nous a permis d'acquérir une expérience pratique dans la conception des infrastructures routières et d'appliquer les connaissances acquises durant notre formation.

Au cours de cette étude, nous avons suivi au mieux le tracé existant, tout en apportant les corrections nécessaires, et respecté les recommandations des guides B40 et ARP afin d'assurer la sécurité et le confort des usagers. Nous avons également pris en compte les différentes contraintes du terrain en recherchant les solutions les plus adaptées sur les plans technique et économique.

Ce travail nous a enfin permis de renforcer notre maîtrise des logiciels spécialisés tels que Civil 3D, AutoCAD, ALIZÉ LCPC, ARP et Google Earth, tout en développant une meilleure compréhension des différentes étapes de réalisation d'un projet routier.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- AMÉNAGEMENT DES CARREFOURS INTERURBAINS SUR LES ROUTES PRINCIPALES-CARREFOURS PLANS SETRA-DECEMBRE 1998.
- B 40.
- Amenagement_routes_principales_web_2022
- Guide technique - Assainissement routier- SETRA
- Catalogue Algérien de dimensionnement des chaussées neuves. Ministère des Travaux Publics / « CTTP». 2001.
- Guide des terrassements routiers GTR. SETRA – 1994.
- Guide technique Assainissement routier SETRA-2006
- Cours Enstp 1^{ère} et 2^{ème} année de route de Mr Mahrez.
- Cours Enstp 2^{ème} année de géotechnique routière Mr HAMADI KAMEL.
- Cours Enstp 2^{ème} année d'hydraulique de Mr LEFKIR.
- Thèses de route des années passée.
- Signalisation routière.
- Rapprot géotechnique de projet.
- Rapport hydraulique de projet.
- Site web : wikipedia.com.

Logiciels utilisés :

- CIVIL 3D 2023.
- GEO5.
- AUTOCAD 2023.
- ALIZE LCPC.
- GLOBAL MAPPER.
- Google Earth pro.
- Microsoft Office (word, excel).

ANNEXES

ANNEXE 1: AXE EN PLAN

Axe en plan: Axe - (RN8)

Description: Projet PFE Axe (RN8)

Plage d'abscisse : Début: 18723.00, Fin: 30175.00

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			18723.00	568171.2689	3985393.6211
DR1	ANG=238.3019 (g)	1482.816			
			20205.82	567331.9970	3984171.1784
CLO2	A=163.554				
	R=250.000	107.000			
			20312.82	567277.9837	3984079.0640
ARC3	XC=567509.4343				
	YC=3983984.5619				
	R=250.000	181.720			
			20494.54	567273.6821	3983901.3700
CLO4	A=163.554				
	R=250.000	107.000			
			20601.54	567323.1748	3983806.7500
DR5	ANG=164.7798 (g)	474.312			
			21075.85	567572.3991	3983403.1923
ARC6	XC=567827.6475				
	YC=3983560.8255				
	R=300.000	168.099			
			21243.95	567695.2082	3983291.6418
DR7	ANG=129.1082 (g)	77.039			
			21320.99	567764.3338	3983257.6318
DR8	ANG=192.4362 (g)	81.846			
			21402.83	567774.0352	3983176.3629
DR9	ANG=192.4362 (g)	212.424			
			21615.26	567799.2143	3982965.4361

ANNEXE 1: AXE EN PLAN

DR10	ANG=198.7070 (g)	163.495			
			21778.75	567802.5347	3982801.9745
DR11	ANG=198.7111 (g)	134.399			
			21913.15	567805.2556	3982667.6027
CLO12	A=257.876				
	R=500.000	133.000			
			22046.15	567813.8311	3982534.9842
ARC13	XC=568307.9715				
	YC=3982611.3077				
	R=500.000	204.005			
			22250.16	567884.6780	3982345.1824
CLO14	A=257.876				
	R=500.000	133.000			
			22383.16	567965.0972	3982239.3809
DR15	ANG=155.8022 (g)	9.644			
			22392.80	567971.2674	3982231.9693
CLO16	A=163.554				
	R=250.000	107.000			
			22499.80	568033.5679	3982145.2449
ARC17	XC=567811.8488				
	YC=3982029.7432				
	R=250.000	50.444			
			22550.24	568052.2173	3982098.4675
CLO18	A=163.554				
	R=250.000	107.000			
			22657.24	568066.6725	3981992.6680
DR19	ANG=195.8949 (g)	18.995			
			22676.24	568067.8965	3981973.7126

ANNEXE 1: AXE EN PLAN

CLO20	A=206.640				
	R=350.000	122.000			
			22798.24	568068.6765	3981851.8798
ARC21	XC=567720.7844				
	YC=3981890.2337				
	R=350.000	3.512			
			22801.75	568068.2742	3981848.3908
CLO22	A=206.640				
	R=350.000	122.000			
			22923.75	568039.7821	3981729.9338
DR23	ANG=218.7245 (g)	422.748			
			23346.50	567917.2271	3981325.3402
ARC24	XC=568095.3256				
	YC=3981271.3925				
	R=250	28.351			
			23374.85	567911.1027	3981297.6862
DR25	ANG=209.0253 (g)	888.893			
			24263.74	567785.5062	3980417.7107
CLO26	A=282.489				
	R=600.000	133.000			
			24396.74	567771.5970	3980285.5130
ARC27	XC=568371.3099				
	YC=3980266.9540				
	R=600.000	43.185			
			24439.93	567771.8151	3980242.3376
CLO28	A=282.489				
	R=600.000	133.000			
			24572.93	567787.0590	3980110.2872

ANNEXE 1: AXE EN PLAN

DR29	ANG=190.3315 (g)	262.195			
			24835.12	567826.7263	3979851.1100
CLO30	A=185.742				
	R=300.000	115.000			
			24950.12	567836.8171	3979736.7420
ARC31	XC=567537.0546				
	YC=3979748.6772				
	R=300.000	10.598			
			24960.72	567836.2085	3979726.1620
CLO32	A=185.742				
	R=300.000	115.000			
			25075.72	567813.0705	3979613.7053
DR33	ANG=216.9842 (g)	335.598			
			25411.32	567724.5955	3979289.9802
CLO34	A=185.742				
	R=300.000	115.000			
			25526.32	567701.4574	3979177.5235
ARC35	XC=568000.6113				
	YC=3979155.0084				
	R=300.000	77.491			
			25603.81	567705.6306	3979100.3610
CLO36	A=185.742				
	R=300.000	115.000			
			25718.81	567740.7620	3978991.0556
DR37	ANG=176.1365 (g)	173.286			
			25892.10	567804.2073	3978829.8022
ARC38	XC=567338.9255				
	YC=3978646.7369				

ANNEXE 1: AXE EN PLAN

	R=500.000	158.587			
			26050.68	567838.0942	3978675.5573
DR39	ANG=196.3284 (g)	386.341			
			26437.02	567860.3633	3978289.8582
ARC40	XC=568758.8670				
	YC=3978341.7350				
	R=900.000	252.537			
			26689.56	567909.8695	3978043.0657
DR41	ANG=178.4651 (g)	0.915			
			26690.48	567910.1731	3978042.2029
CLO42	A=163.554				
	R=250.000	107.000			
			26797.48	567938.3427	3977939.2031
ARC43	XC=567690.2705				
	YC=3977908.2157				
	R=250.000	74.795			
			26872.27	567936.4561	3977864.7110
CLO44	A=163.554				
	R=250.000	107.000			
			26979.27	567903.1090	3977763.2692
DR45	ANG=224.7587 (g)	1.200			
			26980.47	567902.6541	3977762.1591
ARC46	XC=569013.0420				
	YC=3977307.1441				
	R=1200.000	546.519			
			27526.99	567815.6962	3977227.3745
DR47	ANG=195.7650 (g)	116.792			
			27643.78	567823.4599	3977110.8413

ANNEXE 1: AXE EN PLAN

CLO48	A=244.643				
	R=450.000	133.000			
			27776.78	567838.8085	3976978.8598
ARC49	XC=568278.5149				
	YC=3977074.5590				
	R=450.000	14.385			
			27791.17	567842.0919	3976964.8549
CLO50	A=244.643				
	R=450.000	133.000			
			27924.17	567887.0030	3976839.8042
DR51	ANG=174.9142 (g)	731.922			
			28656.09	568168.0083	3976163.9742
ARC52	XC=569276.0440				
	YC=3976624.6876				
	R=1200.000	139.555			
			28795.64	568228.9511	3976038.5166
DR53	ANG=167.5106 (g)	345.250			
			29140.89	568397.5973	3975737.2593
ARC54	XC=567350.4580				
	YC=3975151.0624				
	R=1200.053	144.199			
			29285.09	568460.3154	3975607.5098
DR55	ANG=175.1603 (g)	889.907			
			30175.00	568798.7970	3974784.4879

ANNEXE 2 : PROFIL EN LONG

Profil en long : LR_Axe - (RN8)

Description: Projet PFE LR AXE (RN8)

Plage d'abscisse : Début: 18723.00, Fin: 30958.43

LONGUEUR DE L'AXE : 12235.430m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			18723.00	802.065
D1	PENTE= -0.50%	94.231		
			18817.23	801.594
PAR1	S= 18917.23 Z= 801.094 Point bas= 801.344m (18917.23)			
	R= 20000.000	200.000		
			19017.23	801.594
D2	PENTE= 0.50%	764.882		
			19782.11	805.419
PAR2	S= 19866.13 Z= 805.839 Point bas= 805.419m (19782.11)			
	R= 6000.000	168.025		
			19950.14	808.611
D3	PENTE= 3.30%	94.926		
			20045.06	811.744
PAR3	S= 20263.96 Z= 818.969 Point élevé= 815.012m (20243.09)			
	R= 6000.000	437.794		
			20482.86	810.221
D4	PENTE= -4.00%	915.240		
			21398.10	773.647
D5	PENTE= -1.00%	334.724		
			21732.82	770.300
PAR5	S= 21830.14 Z= 769.326 Point bas= 769.675m (21857.82)			
	R= 12500.000	194.646		

ANNEXE 2 : PROFIL EN LONG

			21927.47	769.869
D6	PENTE= 0.56%	98.104		
			22025.57	770.415
PAR6	S= 22184.25 Z= 771.299 Point élevé= 770.540m (22070.15)			
	R= 8000.000	317.364		
			22342.94	765.889
D7	PENTE= -3.41%	70.129		
			22413.07	763.497
D8	PENTE= -3.50%	110.154		
			22523.22	759.642
PAR8	S= 22643.22 Z= 755.442 Point bas= 755.967m (22733.22)			
	R= 6000.000	240.000		
			22763.22	756.042
D9	PENTE= 0.50%	119.486		
			22882.71	756.639
PAR9	S= 23038.63 Z= 757.419 Point élevé= 756.889m (22982.71)			
	R= 20000.000	311.850		
			23194.56	755.767
D10	PENTE= -1.06%	1133.056		
			24327.61	743.765
PAR10	S= 24385.83 Z= 743.149 Point élevé= 743.765m (24327.61)			
	R= 6000.000	116.445		
			24444.06	741.402
D11	PENTE= -3.00%	91.142		
			24535.20	738.668

ANNEXE 2 : PROFIL EN LONG

PAR11	S= 24610.20 Z= 736.418 Point bas= 736.043m (24685.20)			
	R= 6000.000	150.000		
			24685.20	736.043
D12	PENTE= -0.50%	634.376		
			25319.58	732.871
PAR12	S= 25419.58 Z= 732.371 Point bas= 732.621m (25419.58)			
	R= 20000.000	200.000		
			25519.58	732.871
D13	PENTE= 0.50%	94.170		
			25613.74	733.342
PAR13	S= 25661.74 Z= 733.582 Point élevé= 733.498m (25676.24)			
	R= 12500.000	96.000		
			25709.74	733.453
D14	PENTE= -0.27%	256.576		
			25966.32	732.765
PAR14	S= 26025.00 Z= 732.608 Point bas= 732.721m (25999.82)			
	R= 12500.000	117.359		
			26083.68	733.002
D15	PENTE= 0.67%	727.655		
			26811.33	737.884
PAR15	S= 26904.81 Z= 738.511 Point élevé= 738.041m (26858.30)			
	R= 7000.000	186.961		
			26998.30	736.641
D16	PENTE= -2.00%	219.553		
			27217.85	732.250

ANNEXE 2 : PROFIL EN LONG

PAR16	S= 27267.85 Z= 731.250 Point élevé= 732.250m (27217.85)			
	R= 4000.000	100.000		
			27317.85	729.000
D17	PENTE= -4.50%	18.069		
			27335.92	728.187
PAR17	S= 27433.42 Z= 723.799 Point bas= 725.149m (27470.92)			
	R= 3000.000	195.000		
			27530.92	725.749
D18	PENTE= 2.00%	89.042		
			27619.96	727.530
PAR18	S= 27637.46 Z= 727.880 Point élevé= 728.055m (27654.96)			
	R= 3500.000	35.000		
			27654.96	728.055
D19	PENTE= 1.00%	175.743		
			27830.70	729.813
PAR19	S= 27968.20 Z= 731.188 Point élevé= 730.063m (27880.70)			
	R= 5000.000	275.000		
			28105.70	725.000
D20	PENTE= -4.50%	105.813		
			28211.52	720.239
PAR20	S= 28336.52 Z= 714.614 Point bas= 715.176m (28436.52)			
	R= 5000.000	250.000		
			28461.52	715.239
D21	PENTE= 0.50%	178.504		
			28640.02	716.131

ANNEXE 2 : PROFIL EN LONG

PAR21	S= 28700.02 Z= 716.431 Point élevé= 716.206m (28670.02)			
	R= 6000.000	120.000		
			28760.02	715.531
D22	PENTE= -1.50%	50.351		
			28810.37	714.776
PAR22	S= 28915.37 Z= 713.201 Point bas= 714.101m (28900.37)			
	R= 6000.000	210.000		
			29020.37	715.301
D23	PENTE= 2.00%	31.858		
			29052.23	715.938
PAR23	S= 29172.23 Z= 718.338 Point élevé= 717.138m (29172.23)			
	R= 6000.000	240.000		
			29292.23	715.938
D24	PENTE= -2.00%	168.271		
			29460.50	712.573
PAR24	S= 29523.00 Z= 711.323 Point bas= 710.698m (29585.50)			
	R= 12500.000	125.000		
			29585.50	710.698
D25	PENTE= -1.00%	393.366		
			29978.87	706.764
PAR25	S= 30040.78 Z= 706.145 Point élevé= 706.764m (29978.87)			
	R= 36000.000	123.835		
			30102.70	705.313
D26	PENTE= -1.34%	72.300		
			30175.00	704.341

ANNEXE 2 : PROFIL EN LONG

D27	PENTE= -1.54%	472.412		
			30647.41	697.078
PAR27	S= 30734.78 Z= 695.735 Point bas= 694.816m (30822.15)			
	R= 36000.000	174.738		
			30822.15	694.816
D28	PENTE= -1.05%	136.280		
			30958.43	693.382

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

Axe : Axe - (RN8)

Groupe de tabulations: GTB Axe - (RN8)

<u>Abscisse</u>	<u>Surfa</u> <u>ce de</u> <u>déblai</u> <u>(m2)</u>	<u>Volum</u> <u>e de</u> <u>déblai</u> <u>(m3)</u>	<u>Volume</u> <u>réutilisa</u> <u>ble (m3)</u>	<u>Surfa</u> <u>ce de</u> <u>rembl</u> <u>ai</u> <u>(m2)</u>	<u>Volu</u> <u>me de</u> <u>rembl</u> <u>ai</u> <u>(m3)</u>	<u>Vol.</u> <u>déblai</u> <u>Cum.</u> <u>(m3)</u>	<u>Vol.</u> <u>réutilisa</u> <u>ble</u> <u>Cum.</u> <u>(Cu.m.)</u>	<u>Vol.</u> <u>remblai</u> <u>Cum.</u> <u>(m3)</u>	<u>Vol.</u> <u>Net</u> <u>Cum.</u> <u>(m3)</u>
18+723.0 00	16.82	0.00	0.00	1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18+725.0 00	16.63	33.45	33.45	1.29	2.62	33.45	33.45	2.62	30.83
18+750.0 00	9.28	323.80	323.80	0.71	25.06	357.25	357.25	27.67	329.58
18+775.0 00	0.54	122.68	122.68	6.46	89.69	479.94	479.94	117.36	362.58
18+800.0 00	0.13	8.39	8.39	9.95	205.0 9	488.33	488.33	322.45	165.88
18+825.0 00	0.41	6.80	6.80	10.57	256.3 9	495.13	495.13	578.83	-83.70
18+850.0 00	2.74	39.41	39.41	8.54	238.8 8	534.54	534.54	817.72	-283.18
18+875.0 00	0.38	38.98	38.98	12.85	267.3 9	573.52	573.52	1085.11	-511.58
18+900.0 00	0.11	6.07	6.07	12.45	316.2 5	579.60	579.60	1401.36	-821.76
18+925.0 00	0.43	6.78	6.78	10.88	291.6 8	586.37	586.37	1693.04	- 1106.66
18+950.0 00	0.40	10.43	10.43	11.32	277.4 5	596.80	596.80	1970.49	- 1373.68
18+975.0 00	2.36	34.47	34.47	14.09	317.5 3	631.28	631.28	2288.01	- 1656.73
19+000.0 00	44.35	583.86	583.86	0.84	186.5 4	1215.14	1215.14	2474.56	- 1259.42
19+025.0 00	0.30	558.18	558.18	16.19	212.8 6	1773.32	1773.32	2687.41	-914.09

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

19+050.0 00	39.86	501.99	501.99	0.00	202.4 0	2275.31	2275.31	2889.81	-614.50
19+075.0 00	20.31	752.17	752.17	4.14	51.79	3027.48	3027.48	2941.60	85.88
19+100.0 00	0.00	253.94	253.94	50.78	686.5 5	3281.41	3281.41	3628.16	-346.74
19+125.0 00	0.00	0.00	0.00	83.97	1684. 44	3281.41	3281.41	5312.60	- 2031.18
19+150.0 00	0.00	0.00	0.00	62.70	1833. 39	3281.41	3281.41	7145.99	- 3864.57
19+175.0 00	0.00	0.00	0.00	27.02	1121. 50	3281.41	3281.41	8267.49	- 4986.08
19+200.0 00	0.10	1.31	1.31	19.89	586.3 7	3282.72	3282.72	8853.86	- 5571.13
19+225.0 00	0.00	1.31	1.31	10.97	385.6 6	3284.03	3284.03	9239.52	- 5955.49
19+250.0 00	13.17	164.57	164.57	2.91	173.4 2	3448.61	3448.61	9412.95	- 5964.34
19+275.0 00	23.64	460.07	460.07	0.47	42.23	3908.67	3908.67	9455.17	- 5546.50
19+300.0 00	80.58	1302.7 1	1302.71	0.00	5.89	5211.38	5211.38	9461.06	- 4249.68
19+325.0 00	132.9 8	2669.4 1	2669.41	0.00	0.00	7880.79	7880.79	9461.06	- 1580.27
19+350.0 00	148.1 5	3514.0 6	3514.06	0.00	0.00	11394.8 5	11394.85	9461.06	1933.79
19+375.0 00	161.8 0	3874.3 9	3874.39	0.00	0.00	15269.2 4	15269.24	9461.06	5808.18
19+400.0 00	228.1 3	4874.1 3	4874.13	0.00	0.00	20143.3 7	20143.37	9461.06	10682.3 1
19+425.0 00	374.8 1	7536.7 7	7536.77	0.00	0.00	27680.1 5	27680.15	9461.06	18219.0 8
19+450.0 00	428.8 1	10045. 34	10045.34	0.00	0.00	37725.4 8	37725.48	9461.06	28264.4 2

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

19+475.0 00	406.0 5	10435. 81	10435.81	0.00	0.00	48161.2 9	48161.29	9461.06	38700.2 3
19+500.0 00	359.1 4	9564.8 8	9564.88	0.00	0.00	57726.1 8	57726.18	9461.06	48265.1 1
19+525.0 00	272.0 7	7890.0 8	7890.08	0.00	0.00	65616.2 6	65616.26	9461.06	56155.2 0
19+550.0 00	147.1 8	5240.6 2	5240.62	0.00	0.00	70856.8 8	70856.88	9461.06	61395.8 2
19+575.0 00	3.90	1888.5 6	1888.56	6.75	84.39	72745.4 5	72745.45	9545.46	63199.9 9
19+600.0 00	0.00	48.79	48.79	52.35	738.8 1	72794.2 4	72794.24	10284.2 6	62509.9 7
19+625.0 00	0.00	0.00	0.00	129.7 5	2276. 31	72794.2 4	72794.24	12560.5 7	60233.6 6
19+650.0 00	0.00	0.00	0.00	203.6 5	4167. 55	72794.2 4	72794.24	16728.1 2	56066.1 2
19+675.0 00	0.00	0.00	0.00	238.4 6	5526. 43	72794.2 4	72794.24	22254.5 5	50539.6 9
19+700.0 00	0.00	0.00	0.00	261.8 4	6253. 76	72794.2 4	72794.24	28508.3 0	44285.9 3
19+725.0 00	0.00	0.00	0.00	241.9 1	6296. 88	72794.2 4	72794.24	34805.1 9	37989.0 5
19+750.0 00	0.00	0.00	0.00	195.2 8	5464. 87	72794.2 4	72794.24	40270.0 6	32524.1 8
19+775.0 00	0.00	0.00	0.00	164.7 1	4499. 86	72794.2 4	72794.24	44769.9 2	28024.3 2
19+800.0 00	0.00	0.00	0.00	126.5 6	3640. 84	72794.2 4	72794.24	48410.7 6	24383.4 7
19+825.0 00	0.00	0.00	0.00	70.81	2467. 04	72794.2 4	72794.24	50877.8 0	21916.4 4
19+850.0 00	2.36	29.53	29.53	11.62	1030. 34	72823.7 6	72823.76	51908.1 4	20915.6 3
19+875.0 00	4.59	86.87	86.87	19.80	392.7 3	72910.6 3	72910.63	52300.8 7	20609.7 6

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

19+900.0 00	10.92	193.82	193.82	14.75	431.8 4	73104.4 5	73104.45	52732.7 1	20371.7 4
19+925.0 00	0.00	136.48	136.48	36.77	644.0 4	73240.9 3	73240.93	53376.7 5	19864.1 8
19+950.0 00	0.00	0.00	0.00	116.6 6	1917. 94	73240.9 3	73240.93	55294.7 0	17946.2 4
19+975.0 00	0.00	0.00	0.00	178.3 4	3687. 53	73240.9 3	73240.93	58982.2 3	14258.7 1
20+000.0 00	0.00	0.00	0.00	223.2 3	5019. 60	73240.9 3	73240.93	64001.8 3	9239.11
20+025.0 00	0.00	0.00	0.00	193.5 0	5209. 04	73240.9 3	73240.93	69210.8 7	4030.07
20+050.0 00	0.00	0.00	0.00	170.0 9	4544. 82	73240.9 3	73240.93	73755.6 9	-514.76
20+075.0 00	0.00	0.00	0.00	146.1 4	3952. 92	73240.9 3	73240.93	77708.6 1	- 4467.67
20+100.0 00	0.00	0.00	0.00	88.44	2932. 36	73240.9 3	73240.93	80640.9 7	- 7400.04
20+125.0 00	0.00	0.00	0.00	57.42	1823. 33	73240.9 3	73240.93	82464.3 1	- 9223.37
20+150.0 00	0.00	0.00	0.00	24.69	1026. 36	73240.9 3	73240.93	83490.6 7	- 10249.7 3
20+175.0 00	19.96	249.53	249.53	0.00	308.5 8	73490.4 6	73490.46	83799.2 5	- 10308.7 9
20+200.0 00	73.48	1168.0 2	1168.02	0.00	0.00	74658.4 8	74658.48	83799.2 5	- 9140.77
20+225.0 00	131.7 5	2565.3 8	2565.38	0.00	0.00	77223.8 5	77223.85	83799.2 5	- 6575.39
20+250.0 00	128.3 2	3259.5 9	3259.59	0.00	0.00	80483.4 5	80483.45	83799.2 5	- 3315.80
20+275.0 00	107.9 4	2966.5 8	2966.58	0.00	0.00	83450.0 3	83450.03	83799.2 5	-349.22
20+300.0 00	86.67	2445.8 1	2445.81	0.00	0.00	85895.8 4	85895.84	83799.2 5	2096.59

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

20+325.0 00	70.49	1971.0 9	1971.09	0.00	0.00	87866.9 3	87866.93	83799.2 5	4067.68
20+350.0 00	49.75	1508.2 8	1508.28	0.00	0.00	89375.2 1	89375.21	83799.2 5	5575.96
20+375.0 00	60.60	1388.8 4	1388.84	0.00	0.00	90764.0 5	90764.05	83799.2 5	6964.80
20+400.0 00	81.02	1783.4 3	1783.43	0.00	0.00	92547.4 7	92547.47	83799.2 5	8748.22
20+425.0 00	85.41	2095.2 4	2095.24	0.00	0.00	94642.7 1	94642.71	83799.2 5	10843.4 6
20+450.0 00	99.77	2327.9 1	2327.91	0.00	0.00	96970.6 2	96970.62	83799.2 5	13171.3 7
20+475.0 00	97.58	2475.7 3	2475.73	0.00	0.00	99446.3 5	99446.35	83799.2 5	15647.1 0
20+500.0 00	79.06	2211.9 1	2211.91	0.00	0.00	101658. 26	101658.2 6	83799.2 5	17859.0 1
20+525.0 00	54.56	1668.7 9	1668.79	0.00	0.00	103327. 04	103327.0 4	83799.2 5	19527.7 9
20+550.0 00	29.50	1046.4 4	1046.44	0.29	3.75	104373. 48	104373.4 8	83803.0 0	20570.4 8
20+575.0 00	26.75	699.55	699.55	1.04	16.93	105073. 03	105073.0 3	83819.9 3	21253.1 0
20+600.0 00	35.34	776.16	776.16	0.00	12.98	105849. 18	105849.1 8	83832.9 1	22016.2 7
20+625.0 00	18.03	667.12	667.12	0.38	4.74	106516. 30	106516.3 0	83837.6 6	22678.6 5
20+650.0 00	19.49	468.92	468.92	0.70	13.46	106985. 22	106985.2 2	83851.1 1	23134.1 1
20+675.0 00	18.74	477.80	477.80	0.25	11.88	107463. 03	107463.0 3	83863.0 0	23600.0 3
20+700.0 00	0.40	239.16	239.16	16.93	214.7 6	107702. 19	107702.1 9	84077.7 6	23624.4 3
20+725.0 00	0.00	4.96	4.96	28.77	571.1 6	107707. 15	107707.1 5	84648.9 1	23058.2 3

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

20+750.0 00	0.00	0.00	0.00	36.32	813.5 4	107707. 15	107707.1 5	85462.4 6	22244.6 9
20+775.0 00	0.00	0.00	0.00	70.84	1339. 54	107707. 15	107707.1 5	86802.0 0	20905.1 5
20+800.0 00	0.00	0.00	0.00	84.48	1941. 59	107707. 15	107707.1 5	88743.5 8	18963.5 6
20+825.0 00	0.00	0.00	0.00	80.55	2062. 89	107707. 15	107707.1 5	90806.4 7	16900.6 7
20+850.0 00	0.00	0.00	0.00	79.92	2005. 81	107707. 15	107707.1 5	92812.2 8	14894.8 7
20+875.0 00	0.00	0.00	0.00	51.81	1646. 56	107707. 15	107707.1 5	94458.8 4	13248.3 1
20+900.0 00	1.19	14.91	14.91	16.16	849.6 1	107722. 05	107722.0 5	95308.4 5	12413.6 1
20+925.0 00	22.12	291.40	291.40	1.06	215.2 7	108013. 45	108013.4 5	95523.7 2	12489.7 3
20+950.0 00	43.48	820.05	820.05	0.00	13.28	108833. 51	108833.5 1	95537.0 0	13296.5 1
20+975.0 00	45.38	1110.8 3	1110.83	0.00	0.02	109944. 34	109944.3 4	95537.0 1	14407.3 2
21+000.0 00	47.60	1162.2 9	1162.29	0.00	0.02	111106. 62	111106.6 2	95537.0 3	15569.5 9
21+025.0 00	23.01	882.59	882.59	0.74	9.28	111989. 21	111989.2 1	95546.3 1	16442.9 1
21+050.0 00	53.93	961.75	961.75	0.10	10.52	112950. 97	112950.9 7	95556.8 3	17394.1 4
21+075.0 00	71.28	1565.1 2	1565.12	0.36	5.72	114516. 09	114516.0 9	95562.5 5	18953.5 4
21+100.0 00	92.08	2020.6 5	2020.65	0.00	4.67	116536. 74	116536.7 4	95567.2 2	20969.5 2
21+125.0 00	73.86	2061.7 2	2061.72	0.00	0.00	118598. 46	118598.4 6	95567.2 2	23031.2 4
21+150.0 00	58.35	1643.3 9	1643.39	0.00	0.00	120241. 85	120241.8 5	95567.2 2	24674.6 3

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

21+175.0 00	68.83	1569.0 9	1569.09	0.00	0.00	121810. 94	121810.9 4	95567.2 2	26243.7 2
21+200.0 00	166.2 3	2880.8 2	2880.82	0.00	0.00	124691. 76	124691.7 6	95567.2 2	29124.5 4
21+225.0 00	172.9 4	4171.9 0	4171.90	0.00	0.00	128863. 66	128863.6 6	95567.2 2	33296.4 4
21+250.0 00	0.00	2141.8 1	2141.81	0.00	0.00	131005. 47	131005.4 7	95567.2 2	35438.2 5
21+275.0 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	131005. 47	131005.4 7	95567.2 2	35438.2 5
21+300.0 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	131005. 47	131005.4 7	95567.2 2	35438.2 5
21+325.0 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	131005. 47	131005.4 7	95567.2 2	35438.2 5
21+350.0 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	131005. 47	131005.4 7	95567.2 2	35438.2 5
21+375.0 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	131005. 47	131005.4 7	95567.2 2	35438.2 5
21+400.0 00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	131005. 47	131005.4 7	95567.2 2	35438.2 5
21+425.0 00	10.18	127.30	127.30	0.44	5.54	131132. 77	131132.7 7	95572.7 6	35560.0 0
21+450.0 00	6.87	213.15	213.15	2.10	31.78	131345. 92	131345.9 2	95604.5 4	35741.3 7
21+475.0 00	6.71	169.67	169.67	0.69	34.89	131515. 59	131515.5 9	95639.4 3	35876.1 6
21+500.0 00	67.07	922.17	922.17	1.64	29.17	132437. 76	132437.7 6	95668.6 0	36769.1 6
21+525.0 00	97.96	2062.8 8	2062.88	0.76	29.98	134500. 64	134500.6 4	95698.5 8	38802.0 6
21+550.0 00	105.7 1	2545.8 5	2545.85	0.04	9.99	137046. 49	137046.4 9	95708.5 7	41337.9 2
21+575.0 00	60.88	2082.3 0	2082.30	0.07	1.43	139128. 80	139128.8 0	95710.0 0	43418.8 0

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

21+600.0 00	42.86	1296.7 4	1296.74	1.07	14.24	140425. 54	140425.5 4	95724.2 4	44701.3 0
21+625.0 00	30.35	902.07	902.07	0.31	18.15	141327. 61	141327.6 1	95742.3 9	45585.2 2
21+650.0 00	23.33	670.95	670.95	0.45	9.56	141998. 55	141998.5 5	95751.9 5	46246.6 0
21+675.0 00	6.68	375.09	375.09	2.10	31.88	142373. 64	142373.6 4	95783.8 3	46589.8 1
21+700.0 00	2.57	115.59	115.59	9.08	139.7 1	142489. 23	142489.2 3	95923.5 5	46565.6 8
21+725.0 00	1.43	49.99	49.99	7.77	210.6 5	142539. 22	142539.2 2	96134.2 0	46405.0 2
21+750.0 00	20.81	278.00	278.00	0.30	100.9 5	142817. 22	142817.2 2	96235.1 5	46582.0 6
21+775.0 00	24.59	567.46	567.46	0.18	6.06	143384. 68	143384.6 8	96241.2 2	47143.4 6
21+800.0 00	26.29	636.01	636.01	3.01	39.96	144020. 68	144020.6 8	96281.1 8	47739.5 0
21+825.0 00	28.91	690.09	690.09	0.23	40.50	144710. 78	144710.7 8	96321.6 8	48389.0 9
21+850.0 00	16.35	565.81	565.81	4.35	57.19	145276. 59	145276.5 9	96378.8 8	48897.7 1
21+875.0 00	64.12	1005.9 3	1005.93	0.00	54.35	146282. 52	146282.5 2	96433.2 3	49849.2 9
21+900.0 00	143.7 6	2598.5 3	2598.53	0.00	0.00	148881. 05	148881.0 5	96433.2 3	52447.8 2
21+925.0 00	80.33	2801.1 4	2801.14	0.00	0.00	151682. 18	151682.1 8	96433.2 3	55248.9 6
21+950.0 00	19.70	1250.4 7	1250.47	1.27	15.91	152932. 65	152932.6 5	96449.1 3	56483.5 2
21+975.0 00	14.70	430.06	430.06	1.05	28.91	153362. 71	153362.7 1	96478.0 5	56884.6 7
22+000.0 00	37.03	650.26	650.26	0.67	21.29	154012. 97	154012.9 7	96499.3 4	57513.6 3

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

22+025.0 00	26.11	795.44	795.44	0.00	8.24	154808. 41	154808.4 1	96507.5 8	58300.8 3
22+050.0 00	5.41	397.49	397.49	5.13	64.20	155205. 90	155205.9 0	96571.7 8	58634.1 2
22+075.0 00	0.00	68.56	68.56	23.26	354.8 8	155274. 47	155274.4 7	96926.6 6	58347.8 0
22+100.0 00	0.00	0.00	0.00	49.81	913.5 1	155274. 47	155274.4 7	97840.1 7	57434.3 0
22+125.0 00	0.00	0.00	0.00	68.66	1482. 36	155274. 47	155274.4 7	99322.5 3	55951.9 4
22+150.0 00	0.00	0.00	0.00	84.01	1910. 70	155274. 47	155274.4 7	101233. 23	54041.2 3
22+175.0 00	0.00	0.00	0.00	97.71	2275. 77	155274. 47	155274.4 7	103509. 00	51765.4 6
22+200.0 00	0.00	0.00	0.00	87.07	2313. 90	155274. 47	155274.4 7	105822. 90	49451.5 6
22+225.0 00	0.00	0.00	0.00	54.48	1767. 08	155274. 47	155274.4 7	107589. 98	47684.4 9
22+250.0 00	0.00	0.00	0.00	27.03	1012. 76	155274. 47	155274.4 7	108602. 73	46671.7 3
22+275.0 00	0.25	3.19	3.19	10.04	459.7 1	155277. 65	155277.6 5	109062. 45	46215.2 0
22+300.0 00	3.95	53.04	53.04	2.66	157.6 2	155330. 69	155330.6 9	109220. 06	46110.6 3
22+325.0 00	4.82	110.12	110.12	1.92	56.89	155440. 81	155440.8 1	109276. 95	46163.8 6
22+350.0 00	10.41	190.37	190.37	0.53	30.66	155631. 18	155631.1 8	109307. 61	46323.5 8
22+375.0 00	12.83	290.55	290.55	0.40	11.65	155921. 74	155921.7 4	109319. 26	46602.4 8
22+400.0 00	15.66	356.15	356.15	1.99	29.88	156277. 89	156277.8 9	109349. 14	46928.7 5
22+425.0 00	17.79	418.27	418.27	0.48	31.20	156696. 16	156696.1 6	109380. 34	47315.8 2

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

22+450.0 00	14.85	408.28	408.28	0.58	13.50	157104. 44	157104.4 4	109393. 83	47710.6 1
22+475.0 00	21.25	452.75	452.75	0.02	7.65	157557. 19	157557.1 9	109401. 48	48155.7 1
22+500.0 00	9.60	386.88	386.88	2.62	33.98	157944. 07	157944.0 7	109435. 46	48508.6 1
22+525.0 00	9.97	243.09	243.09	4.14	87.20	158187. 16	158187.1 6	109522. 66	48664.5 0
22+550.0 00	10.58	253.98	253.98	4.62	112.1 6	158441. 14	158441.1 4	109634. 82	48806.3 2
22+575.0 00	12.34	281.72	281.72	5.34	127.4 7	158722. 87	158722.8 7	109762. 29	48960.5 8
22+600.0 00	16.91	360.23	360.23	2.92	105.5 5	159083. 09	159083.0 9	109867. 83	49215.2 6
22+625.0 00	23.66	502.21	502.21	0.61	44.81	159585. 31	159585.3 1	109912. 64	49672.6 6
22+650.0 00	30.60	675.48	675.48	0.32	11.75	160260. 79	160260.7 9	109924. 40	50336.3 9
22+675.0 00	38.37	862.07	862.07	0.86	14.78	161122. 87	161122.8 7	109939. 18	51183.6 8
22+700.0 00	37.06	942.84	942.84	0.27	14.15	162065. 71	162065.7 1	109953. 33	52112.3 8
22+725.0 00	49.24	1076.2 7	1076.27	0.00	3.41	163141. 98	163141.9 8	109956. 74	53185.2 5
22+750.0 00	55.13	1303.3 0	1303.30	0.00	0.00	164445. 28	164445.2 8	109956. 74	54488.5 4
22+775.0 00	44.61	1245.3 5	1245.35	0.00	0.01	165690. 63	165690.6 3	109956. 75	55733.8 8
22+800.0 00	39.49	1048.2 5	1048.25	0.55	7.08	166738. 89	166738.8 9	109963. 83	56775.0 6
22+825.0 00	49.27	1104.1 4	1104.14	0.84	18.00	167843. 03	167843.0 3	109981. 83	57861.2 0
22+850.0 00	33.34	1028.9 5	1028.95	0.77	20.78	168871. 98	168871.9 8	110002. 61	58869.3 7

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

22+875.0 00	22.58	699.72	699.72	1.69	31.35	169571. 70	169571.7 0	110033. 96	59537.7 4
22+900.0 00	25.70	604.33	604.33	0.30	25.15	170176. 03	170176.0 3	110059. 11	60116.9 2
22+925.0 00	21.94	595.57	595.57	0.17	5.93	170771. 60	170771.6 0	110065. 05	60706.5 5
22+950.0 00	24.70	582.97	582.97	0.25	5.27	171354. 57	171354.5 7	110070. 32	61284.2 4
22+975.0 00	24.10	609.96	609.96	0.01	3.22	171964. 52	171964.5 2	110073. 54	61890.9 8
23+000.0 00	28.65	659.34	659.34	0.16	2.07	172623. 86	172623.8 6	110075. 61	62548.2 5
23+025.0 00	33.32	774.55	774.55	0.00	1.97	173398. 41	173398.4 1	110077. 58	63320.8 3
23+050.0 00	38.59	898.79	898.79	0.00	0.00	174297. 20	174297.2 0	110077. 58	64219.6 2
23+075.0 00	41.67	1003.1 9	1003.19	0.00	0.00	175300. 38	175300.3 8	110077. 58	65222.8 1
23+100.0 00	44.52	1077.3 8	1077.38	0.00	0.00	176377. 77	176377.7 7	110077. 58	66300.1 9
23+125.0 00	46.01	1131.6 0	1131.60	0.00	0.00	177509. 36	177509.3 6	110077. 58	67431.7 9
23+150.0 00	42.33	1104.2 3	1104.23	0.00	0.00	178613. 59	178613.5 9	110077. 58	68536.0 1
23+175.0 00	29.90	902.84	902.84	0.00	0.00	179516. 44	179516.4 4	110077. 58	69438.8 6
23+200.0 00	28.71	732.53	732.53	0.00	0.03	180248. 97	180248.9 7	110077. 61	70171.3 6
23+225.0 00	25.69	679.95	679.95	0.16	2.06	180928. 91	180928.9 1	110079. 67	70849.2 4
23+250.0 00	21.97	595.76	595.76	0.28	5.47	181524. 67	181524.6 7	110085. 14	71439.5 3
23+275.0 00	22.87	560.52	560.52	0.62	11.17	182085. 19	182085.1 9	110096. 31	71988.8 8

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

23+300.0 00	17.62	506.13	506.13	0.43	13.06	182591. 32	182591.3 2	110109. 37	72481.9 5
23+325.0 00	17.50	438.98	438.98	0.37	10.00	183030. 31	183030.3 1	110119. 37	72910.9 4
23+350.0 00	20.15	471.11	471.11	0.38	9.38	183501. 42	183501.4 2	110128. 75	73372.6 6
23+375.0 00	19.19	495.01	495.01	0.26	7.54	183996. 43	183996.4 3	110136. 29	73860.1 4
23+400.0 00	17.85	462.98	462.98	0.24	6.20	184459. 42	184459.4 2	110142. 49	74316.9 2
23+425.0 00	16.69	431.69	431.69	0.54	9.73	184891. 10	184891.1 0	110152. 22	74738.8 8
23+450.0 00	19.25	449.23	449.23	0.01	6.84	185340. 34	185340.3 4	110159. 06	75181.2 7
23+475.0 00	25.54	559.81	559.81	0.13	1.69	185900. 15	185900.1 5	110160. 75	75739.4 0
23+500.0 00	28.08	670.16	670.16	0.20	4.16	186570. 31	186570.3 1	110164. 90	76405.4 0
23+525.0 00	25.87	674.34	674.34	0.13	4.19	187244. 65	187244.6 5	110169. 09	77075.5 5
23+550.0 00	22.58	605.58	605.58	0.00	1.67	187850. 22	187850.2 2	110170. 76	77679.4 6
23+575.0 00	24.16	584.23	584.23	0.00	0.02	188434. 46	188434.4 6	110170. 78	78263.6 8
23+600.0 00	19.39	544.48	544.48	0.01	0.06	188978. 93	188978.9 3	110170. 84	78808.0 9
23+625.0 00	20.57	499.49	499.49	0.12	1.62	189478. 43	189478.4 3	110172. 46	79305.9 7
23+650.0 00	18.85	492.71	492.71	0.33	5.69	189971. 14	189971.1 4	110178. 15	79792.9 9
23+675.0 00	18.13	462.32	462.32	1.03	17.07	190433. 46	190433.4 6	110195. 21	80238.2 4
23+700.0 00	21.53	495.82	495.82	0.27	16.29	190929. 28	190929.2 8	110211. 50	80717.7 8

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

23+725.0 00	19.85	517.26	517.26	0.68	11.85	191446. 54	191446.5 4	110223. 36	81223.1 8
23+750.0 00	23.35	540.02	540.02	0.30	12.24	191986. 56	191986.5 6	110235. 59	81750.9 7
23+775.0 00	26.58	624.11	624.11	0.12	5.29	192610. 67	192610.6 7	110240. 88	82369.7 9
23+800.0 00	26.41	662.32	662.32	0.02	1.77	193272. 99	193272.9 9	110242. 65	83030.3 4
23+825.0 00	26.46	660.83	660.83	0.09	1.38	193933. 82	193933.8 2	110244. 03	83689.7 9
23+850.0 00	25.88	654.25	654.25	0.19	3.55	194588. 07	194588.0 7	110247. 58	84340.4 9
23+875.0 00	21.50	592.32	592.32	0.03	2.79	195180. 38	195180.3 8	110250. 37	84930.0 1
23+900.0 00	21.32	535.27	535.27	0.38	5.17	195715. 65	195715.6 5	110255. 54	85460.1 1
23+925.0 00	19.17	506.07	506.07	0.85	15.43	196221. 72	196221.7 2	110270. 97	85950.7 6
23+950.0 00	19.53	483.67	483.67	1.33	27.25	196705. 39	196705.3 9	110298. 22	86407.1 8
23+975.0 00	23.95	543.49	543.49	0.88	27.63	197248. 88	197248.8 8	110325. 84	86923.0 4
24+000.0 00	30.75	683.76	683.76	0.73	20.13	197932. 64	197932.6 4	110345. 97	87586.6 7
24+025.0 00	30.86	770.14	770.14	1.01	21.66	198702. 78	198702.7 8	110367. 63	88335.1 5
24+050.0 00	28.56	742.79	742.79	0.35	16.93	199445. 58	199445.5 8	110384. 56	89061.0 1
24+075.0 00	37.78	829.28	829.28	0.12	5.87	200274. 86	200274.8 6	110390. 44	89884.4 2
24+100.0 00	40.70	981.00	981.00	0.05	2.14	201255. 86	201255.8 6	110392. 57	90863.2 9
24+125.0 00	41.47	1027.0 7	1027.07	0.03	1.01	202282. 93	202282.9 3	110393. 59	91889.3 4

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

24+150.0 00	39.08	1006.8 8	1006.88	0.09	1.46	203289. 80	203289.8 0	110395. 05	92894.7 6
24+175.0 00	39.51	982.45	982.45	0.20	3.57	204272. 26	204272.2 6	110398. 62	93873.6 4
24+200.0 00	34.13	920.59	920.59	0.52	8.98	205192. 84	205192.8 4	110407. 61	94785.2 4
24+225.0 00	34.22	854.41	854.41	0.18	8.75	206047. 25	206047.2 5	110416. 36	95630.8 9
24+250.0 00	31.44	820.72	820.72	1.09	15.88	206867. 97	206867.9 7	110432. 24	96435.7 3
24+275.0 00	29.66	763.78	763.78	0.98	25.79	207631. 75	207631.7 5	110458. 03	97173.7 1
24+300.0 00	28.80	730.75	730.75	1.19	27.05	208362. 50	208362.5 0	110485. 08	97877.4 2
24+325.0 00	24.88	670.90	670.90	0.23	17.77	209033. 40	209033.4 0	110502. 85	98530.5 5
24+350.0 00	27.79	658.88	658.88	0.07	3.80	209692. 27	209692.2 7	110506. 65	99185.6 2
24+375.0 00	24.35	652.03	652.03	0.23	3.79	210344. 30	210344.3 0	110510. 44	99833.8 6
24+400.0 00	22.79	589.77	589.77	0.22	5.57	210934. 07	210934.0 7	110516. 01	100418. 06
24+425.0 00	21.80	558.63	558.63	0.23	5.50	211492. 70	211492.7 0	110521. 51	100971. 19
24+450.0 00	21.45	542.34	542.34	0.29	6.36	212035. 04	212035.0 4	110527. 87	101507. 16
24+475.0 00	24.04	570.34	570.34	0.22	6.32	212605. 38	212605.3 8	110534. 19	102071. 19
24+500.0 00	30.24	680.22	680.22	0.49	8.80	213285. 60	213285.6 0	110542. 99	102742. 61
24+525.0 00	35.55	823.81	823.81	0.00	6.09	214109. 41	214109.4 1	110549. 08	103560. 33
24+550.0 00	40.57	951.55	951.55	0.00	0.00	215060. 96	215060.9 6	110549. 08	104511. 88

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

24+575.0 00	48.42	1112.3 9	1112.39	0.00	0.00	216173. 35	216173.3 5	110549. 08	105624. 27
24+600.0 00	52.98	1267.4 8	1267.48	0.00	0.00	217440. 83	217440.8 3	110549. 08	106891. 75
24+625.0 00	52.30	1316.0 5	1316.05	0.00	0.00	218756. 88	218756.8 8	110549. 08	108207. 80
24+650.0 00	46.37	1233.4 0	1233.40	0.00	0.00	219990. 28	219990.2 8	110549. 08	109441. 20
24+675.0 00	39.86	1077.8 5	1077.85	0.00	0.00	221068. 13	221068.1 3	110549. 08	110519. 05
24+700.0 00	39.45	991.32	991.32	0.00	0.00	222059. 45	222059.4 5	110549. 08	111510. 36
24+725.0 00	33.38	910.32	910.32	0.09	1.15	222969. 77	222969.7 7	110550. 23	112419. 53
24+750.0 00	27.28	758.29	758.29	0.41	6.23	223728. 05	223728.0 5	110556. 47	113171. 59
24+775.0 00	28.55	697.94	697.94	0.52	11.55	224425. 99	224425.9 9	110568. 01	113857. 97
24+800.0 00	22.40	636.92	636.92	0.64	14.43	225062. 91	225062.9 1	110582. 45	114480. 46
24+825.0 00	38.29	758.68	758.68	0.71	16.84	225821. 60	225821.6 0	110599. 29	115222. 31
24+850.0 00	59.41	1221.3 0	1221.30	0.00	8.87	227042. 90	227042.9 0	110608. 16	116434. 73
24+875.0 00	90.17	1862.0 1	1862.01	0.00	0.00	228904. 91	228904.9 1	110608. 16	118296. 75
24+900.0 00	92.18	2255.6 2	2255.62	0.00	0.00	231160. 53	231160.5 3	110608. 16	120552. 37
24+925.0 00	58.78	1858.4 9	1858.49	0.00	0.00	233019. 03	233019.0 3	110608. 16	122410. 86
24+950.0 00	32.04	1115.7 7	1115.77	0.63	8.15	234134. 79	234134.7 9	110616. 32	123518. 48
24+975.0 00	21.84	658.36	658.36	2.99	45.89	234793. 15	234793.1 5	110662. 21	124130. 95

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

25+000.0 00	26.14	590.69	590.69	8.65	144.9 3	235383. 84	235383.8 4	110807. 14	124576. 70
25+025.0 00	1.19	339.92	339.92	21.45	372.5 3	235723. 76	235723.7 6	111179. 67	124544. 09
25+050.0 00	0.00	15.00	15.00	54.22	943.6 6	235738. 76	235738.7 6	112123. 33	123615. 43
25+075.0 00	0.00	0.00	0.00	95.55	1872. 18	235738. 76	235738.7 6	113995. 51	121743. 25
25+100.0 00	0.00	0.00	0.00	171.2 4	3334. 83	235738. 76	235738.7 6	117330. 34	118408. 42
25+125.0 00	0.00	0.00	0.00	9.80	2262. 99	235738. 76	235738.7 6	119593. 33	116145. 43
25+150.0 00	2.95	36.91	36.91	6.26	200.7 5	235775. 67	235775.6 7	119794. 08	115981. 59
25+175.0 00	7.79	134.29	134.29	2.98	115.3 9	235909. 96	235909.9 6	119909. 47	116000. 49
25+200.0 00	13.77	269.48	269.48	0.48	43.21	236179. 44	236179.4 4	119952. 68	116226. 76
25+225.0 00	19.48	415.56	415.56	0.28	9.47	236595. 01	236595.0 1	119962. 15	116632. 86
25+250.0 00	18.93	480.04	480.04	0.61	11.12	237075. 05	237075.0 5	119973. 26	117101. 78
25+275.0 00	21.46	504.77	504.77	0.24	10.69	237579. 82	237579.8 2	119983. 95	117595. 87
25+300.0 00	22.07	544.05	544.05	0.32	7.01	238123. 87	238123.8 7	119990. 97	118132. 91
25+325.0 00	24.07	576.74	576.74	1.23	19.33	238700. 61	238700.6 1	120010. 30	118690. 31
25+350.0 00	25.04	613.90	613.90	1.25	30.91	239314. 51	239314.5 1	120041. 21	119273. 31
25+375.0 00	24.09	614.14	614.14	1.17	30.23	239928. 65	239928.6 5	120071. 43	119857. 22
25+400.0 00	22.42	581.41	581.41	0.38	19.39	240510. 06	240510.0 6	120090. 83	120419. 23

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

25+425.0 00	19.81	527.86	527.86	0.53	11.40	241037. 92	241037.9 2	120102. 22	120935. 70
25+450.0 00	18.77	484.03	484.03	0.83	16.90	241521. 95	241521.9 5	120119. 12	121402. 83
25+475.0 00	18.85	474.14	474.14	3.21	49.77	241996. 09	241996.0 9	120168. 89	121827. 19
25+500.0 00	18.13	467.82	467.82	5.46	105.9 7	242463. 91	242463.9 1	120274. 87	122189. 04
25+525.0 00	14.93	419.53	419.53	6.81	148.9 0	242883. 44	242883.4 4	120423. 77	122459. 67
25+550.0 00	20.01	443.94	443.94	16.14	277.1 3	243327. 38	243327.3 8	120700. 90	122626. 48
25+575.0 00	24.94	569.33	569.33	1.08	207.7 6	243896. 71	243896.7 1	120908. 66	122988. 05
25+600.0 00	34.06	745.80	745.80	1.64	32.61	244642. 51	244642.5 1	120941. 26	123701. 24
25+625.0 00	36.83	898.53	898.53	0.23	22.40	245541. 04	245541.0 4	120963. 66	124577. 37
25+650.0 00	50.36	1106.1 6	1106.16	1.00	14.95	246647. 20	246647.2 0	120978. 61	125668. 58
25+675.0 00	31.83	1039.1 5	1039.15	1.24	27.56	247686. 34	247686.3 4	121006. 17	126680. 17
25+700.0 00	26.32	730.92	730.92	0.73	24.42	248417. 26	248417.2 6	121030. 59	127386. 67
25+725.0 00	4.54	385.71	385.71	0.59	16.51	248802. 98	248802.9 8	121047. 10	127755. 88
25+750.0 00	0.00	56.75	56.75	12.69	166.0 1	248859. 73	248859.7 3	121213. 11	127646. 62
25+775.0 00	0.00	0.00	0.00	32.36	563.0 9	248859. 73	248859.7 3	121776. 20	127083. 53
25+800.0 00	0.00	0.00	0.00	58.25	1132. 64	248859. 73	248859.7 3	122908. 84	125950. 89
25+825.0 00	0.00	0.00	0.00	184.9 5	3040. 10	248859. 73	248859.7 3	125948. 94	122910. 79

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

25+850.0 00	0.00	0.00	0.00	140.6 3	4069. 74	248859. 73	248859.7 3	130018. 68	118841. 05
25+875.0 00	0.00	0.00	0.00	55.08	2446. 29	248859. 73	248859.7 3	132464. 97	116394. 76
25+900.0 00	0.24	3.05	3.05	28.26	1041. 71	248862. 78	248862.7 8	133506. 68	115356. 10
25+925.0 00	21.08	261.16	261.16	10.38	486.2 7	249123. 94	249123.9 4	133992. 95	115131. 00
25+950.0 00	44.81	808.37	808.37	2.06	156.8 5	249932. 32	249932.3 2	134149. 80	115782. 52
25+975.0 00	31.39	939.19	939.19	0.00	26.16	250871. 51	250871.5 1	134175. 95	116695. 56
26+000.0 00	23.04	676.44	676.44	0.21	2.73	251547. 95	251547.9 5	134178. 69	117369. 26
26+025.0 00	30.77	672.09	672.09	0.79	12.94	252220. 04	252220.0 4	134191. 63	118028. 41
26+050.0 00	28.99	746.10	746.10	0.82	20.69	252966. 14	252966.1 4	134212. 32	118753. 82
26+075.0 00	26.95	699.27	699.27	0.14	11.93	253665. 41	253665.4 1	134224. 25	119441. 16
26+100.0 00	21.96	611.41	611.41	0.96	13.71	254276. 82	254276.8 2	134237. 96	120038. 86
26+125.0 00	16.69	483.13	483.13	2.91	48.33	254759. 96	254759.9 6	134286. 29	120473. 66
26+150.0 00	10.46	339.35	339.35	3.15	75.77	255099. 30	255099.3 0	134362. 06	120737. 25
26+175.0 00	6.23	208.58	208.58	2.95	76.32	255307. 89	255307.8 9	134438. 38	120869. 51
26+200.0 00	12.35	232.18	232.18	0.03	37.26	255540. 07	255540.0 7	134475. 64	121064. 43
26+225.0 00	12.74	313.55	313.55	0.09	1.47	255853. 62	255853.6 2	134477. 11	121376. 51
26+250.0 00	12.86	319.97	319.97	0.30	4.81	256173. 59	256173.5 9	134481. 92	121691. 67

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

26+275.0 00	8.90	272.00	272.00	1.01	16.36	256445. 59	256445.5 9	134498. 28	121947. 31
26+300.0 00	6.49	192.38	192.38	2.47	43.52	256637. 97	256637.9 7	134541. 80	122096. 17
26+325.0 00	4.08	132.18	132.18	2.63	63.72	256770. 15	256770.1 5	134605. 52	122164. 63
26+350.0 00	3.16	90.51	90.51	2.79	67.71	256860. 66	256860.6 6	134673. 23	122187. 43
26+375.0 00	0.70	48.21	48.21	4.88	95.88	256908. 87	256908.8 7	134769. 11	122139. 76
26+400.0 00	0.21	11.41	11.41	6.48	141.9 6	256920. 28	256920.2 8	134911. 07	122009. 21
26+425.0 00	0.06	3.34	3.34	7.04	168.9 7	256923. 62	256923.6 2	135080. 04	121843. 58
26+450.0 00	1.57	20.33	20.33	6.14	164.7 4	256943. 95	256943.9 5	135244. 78	121699. 16
26+475.0 00	0.70	28.71	28.71	9.36	193.1 6	256972. 65	256972.6 5	135437. 94	121534. 71
26+500.0 00	0.00	8.87	8.87	39.05	601.6 5	256981. 52	256981.5 2	136039. 59	120941. 93
26+525.0 00	0.00	0.00	0.00	17.76	705.5 6	256981. 52	256981.5 2	136745. 15	120236. 37
26+550.0 00	1.45	18.32	18.32	7.00	307.6 1	256999. 84	256999.8 4	137052. 76	119947. 08
26+575.0 00	4.02	69.04	69.04	4.77	146.0 8	257068. 88	257068.8 8	137198. 85	119870. 03
26+600.0 00	7.28	142.48	142.48	4.52	115.0 0	257211. 35	257211.3 5	137313. 84	119897. 51
26+625.0 00	16.32	297.14	297.14	0.59	63.17	257508. 49	257508.4 9	137377. 01	120131. 48
26+650.0 00	0.00	205.38	205.38	27.66	354.1 5	257713. 88	257713.8 8	137731. 16	119982. 71
26+675.0 00	19.29	243.25	243.25	1.53	365.7 8	257957. 12	257957.1 2	138096. 94	119860. 18

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

26+700.0 00	48.89	852.27	852.27	0.00	19.15	258809. 40	258809.4 0	138116. 09	120693. 30
26+725.0 00	58.24	1332.9 6	1332.96	0.00	0.00	260142. 36	260142.3 6	138116. 09	122026. 26
26+750.0 00	56.02	1414.1 0	1414.10	0.00	0.00	261556. 46	261556.4 6	138116. 09	123440. 36
26+775.0 00	65.36	1496.9 1	1496.91	0.10	1.30	263053. 36	263053.3 6	138117. 40	124935. 97
26+800.0 00	51.19	1429.4 0	1429.40	0.37	6.10	264482. 77	264482.7 7	138123. 50	126359. 27
26+825.0 00	64.92	1422.8 2	1422.82	0.00	4.80	265905. 59	265905.5 9	138128. 30	127777. 29
26+850.0 00	58.56	1522.0 0	1522.00	0.00	0.00	267427. 59	267427.5 9	138128. 30	129299. 30
26+875.0 00	33.38	1134.9 6	1134.96	0.22	2.91	268562. 55	268562.5 5	138131. 21	130431. 34
26+900.0 00	31.40	800.00	800.00	0.48	9.10	269362. 55	269362.5 5	138140. 31	131222. 24
26+925.0 00	33.41	805.33	805.33	0.01	6.27	270167. 88	270167.8 8	138146. 58	132021. 30
26+950.0 00	30.35	795.86	795.86	0.12	1.66	270963. 73	270963.7 3	138148. 23	132815. 50
26+975.0 00	25.17	693.93	693.93	0.00	1.49	271657. 67	271657.6 7	138149. 72	133507. 95
27+000.0 00	25.76	636.61	636.61	0.00	0.00	272294. 28	272294.2 8	138149. 72	134144. 56
27+025.0 00	19.52	565.98	565.98	0.02	0.25	272860. 25	272860.2 5	138149. 97	134710. 29
27+050.0 00	17.71	465.40	465.40	1.31	16.46	273325. 65	273325.6 5	138166. 43	135159. 23
27+075.0 00	11.66	367.37	367.37	2.01	41.21	273693. 02	273693.0 2	138207. 64	135485. 39
27+100.0 00	5.64	216.25	216.25	0.54	31.75	273909. 27	273909.2 7	138239. 38	135669. 89

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

27+125.0 00	6.18	147.75	147.75	1.63	27.16	274057. 02	274057.0 2	138266. 54	135790. 48
27+150.0 00	8.23	179.87	179.87	0.83	30.69	274236. 88	274236.8 8	138297. 23	135939. 65
27+175.0 00	9.43	220.19	220.19	1.18	25.00	274457. 07	274457.0 7	138322. 23	136134. 84
27+200.0 00	12.57	274.48	274.48	1.73	36.43	274731. 55	274731.5 5	138358. 66	136372. 89
27+225.0 00	19.09	395.12	395.12	0.77	31.48	275126. 66	275126.6 6	138390. 14	136736. 52
27+250.0 00	21.97	512.20	512.20	1.03	22.76	275638. 86	275638.8 6	138412. 90	137225. 96
27+275.0 00	22.88	559.35	559.35	1.10	26.84	276198. 21	276198.2 1	138439. 74	137758. 48
27+300.0 00	19.02	522.58	522.58	1.34	30.80	276720. 79	276720.7 9	138470. 54	138250. 26
27+325.0 00	17.26	452.48	452.48	0.93	28.71	277173. 27	277173.2 7	138499. 24	138674. 03
27+350.0 00	9.10	328.45	328.45	0.38	16.60	277501. 72	277501.7 2	138515. 84	138985. 88
27+375.0 00	3.54	157.10	157.10	11.39	147.7 0	277658. 82	277658.8 2	138663. 54	138995. 28
27+400.0 00	0.91	55.24	55.24	26.39	474.1 6	277714. 06	277714.0 6	139137. 71	138576. 35
27+425.0 00	0.00	11.33	11.33	62.63	1117. 54	277725. 38	277725.3 8	140255. 24	137470. 14
27+450.0 00	0.00	0.00	0.00	43.49	1331. 53	277725. 38	277725.3 8	141586. 78	136138. 61
27+475.0 00	0.00	0.00	0.00	15.25	736.1 6	277725. 38	277725.3 8	142322. 94	135402. 45
27+500.0 00	5.44	68.05	68.05	1.73	212.5 6	277793. 43	277793.4 3	142535. 50	135257. 93
27+525.0 00	12.31	221.80	221.80	3.21	61.34	278015. 23	278015.2 3	142596. 85	135418. 39

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

27+550.0 00	17.92	377.83	377.83	1.53	59.24	278393. 06	278393.0 6	142656. 08	135736. 98
27+575.0 00	37.54	693.23	693.23	0.11	20.52	279086. 30	279086.3 0	142676. 60	136409. 70
27+600.0 00	37.98	944.05	944.05	0.17	3.53	280030. 35	280030.3 5	142680. 13	137350. 22
27+625.0 00	42.33	1003.9 5	1003.95	0.00	2.16	281034. 29	281034.2 9	142682. 29	138352. 01
27+650.0 00	28.58	886.46	886.46	0.00	0.00	281920. 76	281920.7 6	142682. 29	139238. 47
27+675.0 00	24.84	667.75	667.75	0.12	1.54	282588. 50	282588.5 0	142683. 83	139904. 68
27+700.0 00	20.49	566.78	566.78	0.46	7.18	283155. 29	283155.2 9	142691. 01	140464. 28
27+725.0 00	15.41	448.85	448.85	2.11	31.60	283604. 14	283604.1 4	142722. 61	140881. 53
27+750.0 00	9.98	317.46	317.46	1.37	42.75	283921. 59	283921.5 9	142765. 36	141156. 23
27+775.0 00	5.66	195.53	195.53	5.41	83.19	284117. 12	284117.1 2	142848. 55	141268. 58
27+800.0 00	6.81	156.85	156.85	2.34	94.99	284273. 97	284273.9 7	142943. 53	141330. 44
27+825.0 00	8.79	196.15	196.15	4.27	81.83	284470. 11	284470.1 1	143025. 36	141444. 75
27+850.0 00	10.23	237.95	237.95	2.08	78.98	284708. 06	284708.0 6	143104. 34	141603. 72
27+875.0 00	18.69	361.32	361.32	0.58	33.21	285069. 38	285069.3 8	143137. 55	141931. 84
27+900.0 00	27.97	583.15	583.15	0.40	12.18	285652. 54	285652.5 4	143149. 72	142502. 82
27+925.0 00	32.43	754.92	754.92	0.01	5.13	286407. 46	286407.4 6	143154. 85	143252. 61
27+950.0 00	36.67	863.73	863.73	0.00	0.18	287271. 19	287271.1 9	143155. 02	144116. 17

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

27+975.0 00	45.33	1025.0 2	1025.02	0.00	0.00	288296. 21	288296.2 1	143155. 02	145141. 19
28+000.0 00	55.94	1265.9 2	1265.92	0.00	0.00	289562. 14	289562.1 4	143155. 02	146407. 11
28+025.0 00	62.48	1480.2 6	1480.26	0.00	0.00	291042. 40	291042.4 0	143155. 02	147887. 38
28+050.0 00	51.72	1427.4 7	1427.47	0.00	0.00	292469. 87	292469.8 7	143155. 02	149314. 85
28+075.0 00	28.91	1007.8 7	1007.87	0.06	0.80	293477. 75	293477.7 5	143155. 82	150321. 92
28+100.0 00	20.23	614.25	614.25	0.55	7.68	294092. 00	294092.0 0	143163. 50	150928. 49
28+125.0 00	13.82	425.68	425.68	3.71	53.25	294517. 68	294517.6 8	143216. 76	151300. 92
28+150.0 00	16.01	372.87	372.87	1.75	68.23	294890. 54	294890.5 4	143284. 99	151605. 55
28+175.0 00	20.26	453.26	453.26	0.66	30.13	295343. 80	295343.8 0	143315. 12	152028. 69
28+200.0 00	29.57	622.82	622.82	0.57	15.35	295966. 63	295966.6 3	143330. 46	152636. 16
28+225.0 00	37.77	841.71	841.71	0.00	7.08	296808. 34	296808.3 4	143337. 54	153470. 80
28+250.0 00	42.38	1001.8 0	1001.80	0.00	0.00	297810. 14	297810.1 4	143337. 54	154472. 60
28+275.0 00	39.67	1025.5 7	1025.57	0.00	0.00	298835. 72	298835.7 2	143337. 54	155498. 18
28+300.0 00	35.33	937.43	937.43	0.00	0.00	299773. 15	299773.1 5	143337. 54	156435. 61
28+325.0 00	33.22	856.83	856.83	0.05	0.64	300629. 98	300629.9 8	143338. 18	157291. 80
28+350.0 00	30.69	798.83	798.83	0.21	3.22	301428. 81	301428.8 1	143341. 40	158087. 41
28+375.0 00	29.52	752.59	752.59	0.32	6.64	302181. 40	302181.4 0	143348. 04	158833. 36

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

28+400.0 00	28.14	720.75	720.75	0.29	7.71	302902. 15	302902.1 5	143355. 75	159546. 40
28+425.0 00	29.82	724.44	724.44	0.00	3.65	303626. 58	303626.5 8	143359. 40	160267. 19
28+450.0 00	28.04	723.14	723.14	0.00	0.00	304349. 72	304349.7 2	143359. 40	160990. 33
28+475.0 00	26.56	682.47	682.47	0.11	1.38	305032. 19	305032.1 9	143360. 78	161671. 42
28+500.0 00	25.90	655.72	655.72	0.00	1.43	305687. 91	305687.9 1	143362. 21	162325. 71
28+525.0 00	22.72	607.67	607.67	0.14	1.85	306295. 58	306295.5 8	143364. 06	162931. 52
28+550.0 00	16.72	492.99	492.99	0.45	7.48	306788. 56	306788.5 6	143371. 54	163417. 03
28+575.0 00	18.45	439.61	439.61	0.60	13.18	307228. 18	307228.1 8	143384. 71	163843. 46
28+600.0 00	15.00	418.13	418.13	1.02	20.23	307646. 31	307646.3 1	143404. 95	164241. 36
28+625.0 00	12.60	345.02	345.02	2.23	40.62	307991. 34	307991.3 4	143445. 57	164545. 77
28+650.0 00	10.09	283.61	283.61	1.86	51.15	308274. 95	308274.9 5	143496. 72	164778. 23
28+675.0 00	9.34	242.84	242.84	0.88	34.31	308517. 78	308517.7 8	143531. 03	164986. 76
28+700.0 00	20.20	369.30	369.30	1.27	26.76	308887. 08	308887.0 8	143557. 78	165329. 30
28+725.0 00	12.36	408.10	408.10	0.35	20.07	309295. 18	309295.1 8	143577. 86	165717. 32
28+750.0 00	8.45	261.16	261.16	0.66	12.51	309556. 34	309556.3 4	143590. 37	165965. 97
28+775.0 00	0.00	106.14	106.14	10.34	137.3 3	309662. 48	309662.4 8	143727. 70	165934. 78
28+800.0 00	0.00	0.00	0.00	28.61	486.8 8	309662. 48	309662.4 8	144214. 58	165447. 90

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

28+825.0 00	0.00	0.00	0.00	43.25	898.2 9	309662. 48	309662.4 8	145112. 88	164549. 61
28+850.0 00	0.00	0.00	0.00	53.52	1209. 58	309662. 48	309662.4 8	146322. 46	163340. 03
28+875.0 00	0.00	0.00	0.00	66.79	1503. 79	309662. 48	309662.4 8	147826. 25	161836. 23
28+900.0 00	0.00	0.00	0.00	86.08	1910. 80	309662. 48	309662.4 8	149737. 05	159925. 44
28+925.0 00	0.00	0.00	0.00	92.95	2237. 83	309662. 48	309662.4 8	151974. 88	157687. 60
28+950.0 00	0.00	0.00	0.00	57.79	1884. 28	309662. 48	309662.4 8	153859. 16	155803. 32
28+975.0 00	0.00	0.00	0.00	33.12	1136. 40	309662. 48	309662.4 8	154995. 56	154666. 93
29+000.0 00	0.00	0.00	0.00	29.07	777.2 9	309662. 48	309662.4 8	155772. 85	153889. 63
29+025.0 00	4.00	49.96	49.96	14.30	542.0 8	309712. 44	309712.4 4	156314. 93	153397. 52
29+050.0 00	12.74	209.22	209.22	6.65	261.9 2	309921. 66	309921.6 6	156576. 85	153344. 81
29+075.0 00	23.02	447.03	447.03	0.55	89.99	310368. 69	310368.6 9	156666. 84	153701. 85
29+100.0 00	34.12	714.33	714.33	1.42	24.58	311083. 02	311083.0 2	156691. 42	154391. 61
29+125.0 00	49.50	1045.3 6	1045.36	0.00	17.76	312128. 39	312128.3 9	156709. 18	155419. 21
29+150.0 00	56.30	1322.6 2	1322.62	0.01	0.15	313451. 01	313451.0 1	156709. 33	156741. 68
29+175.0 00	62.01	1481.4 3	1481.43	0.00	0.15	314932. 44	314932.4 4	156709. 47	158222. 97
29+200.0 00	55.43	1470.0 4	1470.04	0.00	0.00	316402. 48	316402.4 8	156709. 47	159693. 01
29+225.0 00	41.94	1218.8 2	1218.82	0.00	0.00	317621. 30	317621.3 0	156709. 47	160911. 83

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

29+250.0 00	37.80	997.52	997.52	0.23	2.91	318618. 82	318618.8 2	156712. 38	161906. 44
29+275.0 00	34.36	902.12	902.12	0.29	6.58	319520. 94	319520.9 4	156718. 96	162801. 98
29+300.0 00	32.59	836.85	836.85	0.33	7.74	320357. 79	320357.7 9	156726. 70	163631. 09
29+325.0 00	34.03	832.72	832.72	0.18	6.39	321190. 51	321190.5 1	156733. 09	164457. 42
29+350.0 00	30.19	802.73	802.73	0.00	2.28	321993. 24	321993.2 4	156735. 37	165257. 87
29+375.0 00	26.22	705.11	705.11	0.00	0.00	322698. 35	322698.3 5	156735. 37	165962. 98
29+400.0 00	29.38	694.98	694.98	0.00	0.00	323393. 33	323393.3 3	156735. 37	166657. 96
29+425.0 00	31.86	765.49	765.49	0.00	0.00	324158. 82	324158.8 2	156735. 37	167423. 45
29+450.0 00	30.80	783.20	783.20	0.00	0.00	324942. 02	324942.0 2	156735. 37	168206. 65
29+475.0 00	32.93	796.54	796.54	0.00	0.00	325738. 55	325738.5 5	156735. 37	169003. 18
29+500.0 00	33.41	829.17	829.17	0.00	0.00	326567. 72	326567.7 2	156735. 37	169832. 35
29+525.0 00	32.64	825.64	825.64	0.00	0.00	327393. 36	327393.3 6	156735. 37	170658. 00
29+550.0 00	31.98	807.85	807.85	0.00	0.00	328201. 21	328201.2 1	156735. 37	171465. 85
29+575.0 00	31.64	795.34	795.34	0.32	3.97	328996. 56	328996.5 6	156739. 34	172257. 21
29+600.0 00	36.28	849.09	849.09	0.00	3.97	329845. 64	329845.6 4	156743. 32	173102. 33
29+625.0 00	40.15	955.45	955.45	0.00	0.00	330801. 10	330801.1 0	156743. 32	174057. 78
29+650.0 00	38.55	983.83	983.83	0.00	0.00	331784. 92	331784.9 2	156743. 32	175041. 61

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

29+675.0 00	40.29	985.58	985.58	0.00	0.00	332770. 50	332770.5 0	156743. 32	176027. 18
29+700.0 00	42.00	1028.6 8	1028.68	0.00	0.00	333799. 18	333799.1 8	156743. 32	177055. 87
29+725.0 00	41.55	1044.3 8	1044.38	0.00	0.00	334843. 57	334843.5 7	156743. 32	178100. 25
29+750.0 00	36.44	974.83	974.83	0.00	0.00	335818. 39	335818.3 9	156743. 32	179075. 08
29+775.0 00	36.62	913.24	913.24	0.00	0.00	336731. 64	336731.6 4	156743. 32	179988. 32
29+800.0 00	34.34	886.98	886.98	0.00	0.00	337618. 61	337618.6 1	156743. 32	180875. 30
29+825.0 00	31.08	817.73	817.73	0.05	0.66	338436. 34	338436.3 4	156743. 97	181692. 37
29+850.0 00	32.14	790.33	790.33	0.00	0.66	339226. 67	339226.6 7	156744. 63	182482. 05
29+875.0 00	31.82	799.56	799.56	0.00	0.00	340026. 23	340026.2 3	156744. 63	183281. 60
29+900.0 00	27.68	743.69	743.69	0.31	3.92	340769. 92	340769.9 2	156748. 55	184021. 37
29+925.0 00	35.67	791.77	791.77	0.06	4.63	341561. 69	341561.6 9	156753. 19	184808. 50
29+950.0 00	40.24	948.85	948.85	0.13	2.28	342510. 54	342510.5 4	156755. 47	185755. 07
29+975.0 00	45.74	1074.7 7	1074.77	0.00	1.57	343585. 31	343585.3 1	156757. 04	186828. 27
30+000.0 00	49.46	1190.0 3	1190.03	0.00	0.00	344775. 34	344775.3 4	156757. 04	188018. 30
30+025.0 00	60.46	1374.0 6	1374.06	0.00	0.00	346149. 40	346149.4 0	156757. 04	189392. 36
30+050.0 00	51.57	1400.3 8	1400.38	0.00	0.00	347549. 78	347549.7 8	156757. 04	190792. 74
30+075.0 00	45.37	1211.6 6	1211.66	0.00	0.00	348761. 44	348761.4 4	156757. 04	192004. 40

ANNEXE 3 : CALCULE DES CUBATURES

30+100.0 00	32.85	977.63	977.63	0.00	0.00	349739. 08	349739.0 8	156757. 04	192982. 04
30+125.0 00	33.71	831.97	831.97	0.26	3.20	350571. 05	350571.0 5	156760. 24	193810. 81
30+150.0 00	31.35	813.16	813.16	0.34	7.61	351384. 21	351384.2 1	156767. 85	194616. 35
30+175.0 00	31.17	781.67	781.67	0.18	6.71	352165. 88	352165.8 8	156774. 56	195391. 32

ANNEXE 4 : GEOMETRI DES GIRATOIRES

Axe en plan: Axe - DIRAH 01

Description:

Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0342.41

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0000.00	568171.2689	3985393.6211
DR1	ANG=140.2716 (g)	99.241			
			0099.24	568251.3073	3985334.9465
ARC2	XC=568227.6580				
	YC=3985302.6864				
	R=40.000	86.191			
			0185.43	568241.5324	3985265.1698
DR3	ANG=277.4495 (g)	53.738			
			0239.17	568191.1306	3985246.5301
ARC4	XC=568225.8166				
	YC=3985152.7385				
	R=100.000	99.645			
			0338.82	568128.2297	3985174.5740
DR5	ANG=214.0138 (g)	3.597			
			0342.41	568127.4443	3985171.0637

Axe en plan: Axe - DIRAH 02

Description:

Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0264.84

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0000.00	567738.6428	3983505.1180
DR1	ANG=192.3758 (g)	48.442			
			0048.44	567744.4304	3983457.0228
ARC2	XC=567843.7141				

ANNEXE 4 : GEOMETRI DES GIRATOIRES

	YC=3983468.9702				
	R=100.000	59.096			
			0107.54	567767.9247	3983403.7325
DR3	ANG=154.7543 (g)	21.522			
			0129.06	567781.9655	3983387.4207
ARC4	XC=567751.6497				
	YC=3983361.3256				
	R=40.000	39.277			
			0168.34	567790.1876	3983350.6096
DR5	ANG=217.2659 (g)	96.505			
			0264.84	567764.3338	3983257.6318

Axe en plan: Axe - PISTE

Description:

Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0155.29

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0000.00	568054.5102	3985484.6098
DR1	ANG=184.6280 (g)	5.080			
			0005.08	568055.7250	3985479.6771
ARC2	XC=568133.4042				
	YC=3985498.8069				
	R=80.000	72.125			
			0077.21	568100.2169	3985426.0154
DR3	ANG=127.2326 (g)	78.088			
			0155.29	568171.2689	3985393.6211

Axe en plan: Axe - SOUR

Description:

Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0095.52

ANNEXE 4 : GEOMETRI DES GIRATOIRES

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0000.00	568192.9313	3985486.6532
DR1	ANG=214.5641 (g)	95.521			
			0095.52	568171.2689	3985393.6211

Axe en plan: Axe GIR 01 - BRANCHE 02

Description:

Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0152.35

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0000.00	568183.4993	3985484.7296
DR1	ANG=214.5641 (g)	38.371			
			0038.37	568174.7974	3985447.3583
ARC2	XC=568077.4029				
	YC=3985470.0365				
	R=100.000	18.283			
			0056.65	568169.0510	3985430.0287
DR3	ANG=226.2034 (g)	7.953			
			0064.61	568165.8690	3985422.7396
ARC4	XC=568152.1218				
	YC=3985428.7408				
	R=15.000	9.901			
			0074.51	568159.3020	3985415.5709
ARC5	XC=568171.2689				
	YC=3985393.6211				
	R=25.000	0.972			
			0075.48	568158.4574	3985415.0889
ARC6	XC=568149.2331				
	YC=3985430.5457				
	R=18.000	16.265			

ANNEXE 4 : GEOMETRI DES GIRATOIRES

			0091.75	568142.7989	3985413.7350
DR7	ANG=323.2712 (g)	44.619			
			0136.36	568101.1276	3985429.6844
ARC8	XC=568115.4259				
	YC=3985467.0416				
	R=40.000	5.979			
			0142.34	568095.7236	3985432.2304
ARC9	XC=568133.4042				
	YC=3985498.8069				
	R=76.500	10.007			
			0152.35	568087.3614	3985437.7142

Axe en plan: Axe GIR 01- BRANCHE 01

Description:

Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0181.64

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0000.00	568260.7086	3985330.9691
ARC1	XC=568227.6580				
	YC=3985302.6864				
	R=43.500	10.022			
			0010.02	568253.3766	3985337.7692
DR2	ANG=340.2716 (g)	34.210			
			0044.23	568225.7861	3985357.9953
ARC3	XC=568284.9093				
	YC=3985438.6455				
	R=100.000	18.283			
			0062.52	568212.1083	3985370.0888
DR4	ANG=351.9109 (g)	17.163			
			0079.68	568200.3417	3985382.5840

ANNEXE 4 : GEOMETRI DES GIRATOIRES

ARC5	XC=568211.2618				
	YC=3985392.8674				
	R=15.000	11.613			
			0091.29	568196.2645	3985393.1501
ARC6	XC=568171.2689				
	YC=3985393.6211				
	R=25.000	15.315			
			0106.61	568191.9900	3985407.6082
ARC7	XC=568208.5669				
	YC=3985418.7978				
	R=20.000	15.206			
			0121.81	568188.8436	3985422.1133
DR8	ANG=10.6027 (g)	27.527			
			0149.34	568193.4069	3985449.2590
ARC9	XC=568292.0232				
	YC=3985432.6813				
	R=100.000	6.223			
			0155.56	568194.6286	3985455.3594
DR10	ANG=14.5641 (g)	26.081			
			0181.64	568200.5433	3985480.7609

Axe en plan: Axe GIR 01- BRANCHE 04

Description:

Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0153.12

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0000.00	568135.7907	3985326.4859
DR1	ANG=38.3019 (g)	22.290			

ANNEXE 4 : GEOMETRI DES GIRATOIRES

			0022.29	568148.4068	3985344.8619
ARC2	XC=568230.8474				
	YC=3985288.2621				
	R=100.000	18.283			
			0040.57	568160.0714	3985358.9074
DR3	ANG=49.9412 (g)	6.297			
			0046.87	568164.5197	3985363.3638
ARC4	XC=568178.6748				
	YC=3985349.2347				
	R=20.000	12.420			
			0059.29	568175.3833	3985368.9620
ARC5	XC=568171.2689				
	YC=3985393.6211				
	R=25.000	3.654			
			0062.94	568178.9305	3985369.8241
ARC6	XC=568185.0597				
	YC=3985350.7864				
	R=20.000	17.637			
			0080.58	568195.8584	3985367.6205
DR7	ANG=136.3102 (g)	44.028			
			0124.61	568232.9171	3985343.8483
ARC8	XC=568178.9236				
	YC=3985259.6776				
	R=100.000	6.223			
			0130.83	568238.0467	3985340.3278
DR9	ANG=140.2716 (g)	13.876			
			0144.71	568249.2380	3985332.1237
ARC10	XC=568227.6580				

ANNEXE 4 : GEOMETRI DES GIRATOIRES

	YC=3985302.6864				
	R=36.500	8.409			
			0153.12	568255.3901	3985326.4179

Axe en plan: Axe GIR 01-BRANCHE 03

Description:

Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0138.66

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0000.00	568083.1483	3985432.1241
ARC1	XC=568133.4042				
	YC=3985498.8069				
	R=83.500	18.209			
			0018.21	568098.7649	3985422.8307
DR2	ANG=127.2326 (g)	18.557			
			0036.77	568115.6499	3985415.1325
ARC3	XC=568074.1658				
	YC=3985324.1431				
	R=100.000	18.283			
			0055.05	568131.5015	3985406.0736
DR4	ANG=138.8719 (g)	10.768			
			0065.82	568140.3235	3985399.9000
ARC5	XC=568131.7231				
	YC=3985387.6104				
	R=15.000	12.140			
			0077.96	568146.5528	3985389.8644
ARC6	XC=568171.2689				
	YC=3985393.6211				
	R=25.000	1.751			
			0079.71	568146.8763	3985388.1438

ANNEXE 4 : GEOMETRI DES GIRATOIRES

ARC7	XC=568127.3623				
	YC=3985383.7618				
	R=20.000	15.206			
			0094.91	568144.5224	3985373.4891
DR8	ANG=234.3405 (g)	27.527			
			0122.44	568130.3837	3985349.8711
ARC9	XC=568044.5830				
	YC=3985401.2348				
	R=100.000	6.223			
			0128.66	568127.0236	3985344.6350
DR10	ANG=238.3019 (g)	10.000			
			0138.66	568121.3636	3985336.3909

Axe en plan: Axe GIR 02- ANNEAU

Description:

Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0157.08

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			-0000.00	567771.0313	3983281.7180
ARC1	XC=567764.3338				
	YC=3983257.6318				
	R=25.000	78.540			
			0078.54	567757.6363	3983233.5456
ARC2	XC=567764.3338				
	YC=3983257.6318				
	R=25.000	78.540			
			0157.08	567771.0313	3983281.7180

Axe en plan: Axe GIR 02- BRANCHE 02

Description:

Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0154.48

ANNEXE 4 : GEOMETRI DES GIRATOIRES

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0000.00	567786.5101	3983350.4487
DR1	ANG=217.2659 (g)	35.834			
			0035.83	567776.9102	3983315.9246
ARC2	XC=567680.5655				
	YC=3983342.7146				
	R=100.000	18.283			
			0054.12	567770.4336	3983298.8544
DR3	ANG=228.9053 (g)	10.768			
			0064.88	567765.7109	3983289.1778
ARC4	XC=567752.2307				
	YC=3983295.7568				
	R=15.000	12.140			
			0077.02	567756.7694	3983281.4599
ARC5	XC=567764.3338				
	YC=3983257.6318				
	R=25.000	0.627			
			0077.65	567756.1740	3983281.2627
ARC6	XC=567749.6462				
	YC=3983300.1674				
	R=20.000	14.550			
			0092.20	567741.9500	3983281.7075
DR7	ANG=325.1468 (g)	44.041			
			0136.24	567701.3007	3983298.6548
ARC8	XC=567739.7820				
	YC=3983390.9543				
	R=100.000	8.235			
			0144.48	567693.8392	3983302.1328

ANNEXE 4 : GEOMETRI DES GIRATOIRES

ARC9	XC=567827.6475				
	YC=3983560.8255				
	R=291.250	10.000			
			0154.48	567685.0373	3983306.8789

Axe en plan: Axe GIR 02- BRANCHE 03

Description:

Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0168.57

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0000.00	567676.4684	3983291.6203
ARC1	XC=567827.6475				
	YC=3983560.8255				
	R=308.750	16.814			
			0016.81	567691.3454	3983283.7907
DR2	ANG=129.1082 (g)	23.902			
			0040.72	567712.7920	3983273.2388
ARC3	XC=567668.6456				
	YC=3983183.5110				
	R=100.000	18.283			
			0059.00	567728.3699	3983263.7170
DR4	ANG=140.7475 (g)	7.953			
			0066.95	567734.7490	3983258.9669
ARC5	XC=567725.7903				
	YC=3983246.9360				
	R=15.000	9.901			
			0076.85	567740.2441	3983250.9469
ARC6	XC=567764.3338				
	YC=3983257.6318				

ANNEXE 4 : GEOMETRI DES GIRATOIRES

	R=25.000	15.946			
			0092.80	567748.9611	3983237.9169
ARC7	XC=567736.6629				
	YC=3983222.1449				
	R=20.000	14.550			
			0107.35	567756.3360	3983225.7459
DR8	ANG=188.4748 (g)	44.663			
			0152.01	567764.3776	3983181.8127
ARC9	XC=567666.0118				
	YC=3983163.8078				
	R=100.000	6.223			
			0158.23	567765.3068	3983175.6610
DR10	ANG=192.4362 (g)	10.338			
			0168.57	567766.5322	3983165.3962

Axe en plan: Axe GIR01 - ANNEAU

Description:

Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0157.08

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			-0000.00	568176.9384	3985417.9698
ARC1	XC=568171.2689				
	YC=3985393.6211				
	R=25.000	69.218			
			0069.22	568157.1189	3985373.0110
ARC2	XC=568171.2689				
	YC=3985393.6211				
	R=25.000	87.862			
			0157.08	568176.9384	3985417.9698

ANNEXE 4 : GEOMETRI DES GIRATOIRES

Axe en plan: Axe GIR02 - BRANCHE 01

Description:

Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0187.66

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0000.00	567783.9088	3983167.4706
DR1	ANG=392.4362 (g)	10.000			
			0010.00	567782.7235	3983177.4001
DR2	ANG=392.4362 (g)	28.709			
			0038.71	567779.3206	3983205.9063
ARC3	XC=567878.6156				
	YC=3983217.7595				
	R=100.000	18.283			
			0056.99	567778.8205	3983224.1569
DR4	ANG=4.0755 (g)	7.953			
			0064.94	567779.3293	3983232.0940
ARC5	XC=567794.2986				
	YC=3983231.1344				
	R=15.000	9.901			
			0074.85	567783.0618	3983241.0709
ARC6	XC=567764.3338				
	YC=3983257.6318				
	R=25.000	34.923			
			0109.77	567783.8851	3983273.2122
ARC7	XC=567799.5261				
	YC=3983285.6765				
	R=20.000	17.637			
			0127.41	567779.9613	3983289.8259
DR8	ANG=13.3046 (g)	44.028			

ANNEXE 4 : GEOMETRI DES GIRATOIRES

			0171.43	567789.0957	3983332.8959
ARC9	XC=567886.9199				
	YC=3983312.1489				
	R=100.000	6.223			
			0177.66	567790.5752	3983338.9389
DR10	ANG=17.2659 (g)	10.000			
			0187.66	567793.2542	3983348.5734

Profil en long : LR_Axe - DIRAH 01

Description: LR_Axe - DIRAH 01

Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0342.41

LONGUEUR DE L'AXE : 342.410m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0000.00	801.771
D1	PENTE= 4.18%	31.966		
			0031.97	803.107
PAR1	S= 0095.97 Z= 805.783 Point élevé= 804.418m (0094.68)			
	R= 1500.000	128.010		
			0159.98	802.997
D2	PENTE= -4.35%	80.780		
			0240.76	799.480
PAR2	S= 0269.66 Z= 798.222 Point bas= 798.077m (0298.56)			
	R= 1500.000	57.800		
			0298.56	798.077
D3	PENTE= -0.50%	43.857		
			0342.41	797.858

ANNEXE 4 : GEOMETRI DES GIRATOIRES

Profil en long : LR DIRAH 02

Description: LR_Axe - DIRAH 02

Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0264.84

LONGUEUR DE L'AXE : 264.840m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0000.00	782.522
D1	PENTE= -2.61%	264.843		
			0264.84	775.615

Profil en long : LR_Axe - PISTE

Description: LR_Axe - PISTE

Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0155.29

LONGUEUR DE L'AXE : 155.290m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0000.00	805.887
D1	PENTE= -3.74%	94.671		
			0094.67	802.348
PAR1	S= 0118.37 Z= 801.463 Point bas= 801.650m (0132.05)			
	R= 1000.000	47.390		
			0142.06	801.700
D2	PENTE= 1.00%	13.233		
			0155.29	801.832

Profil en long : LR_Axe - SOUR

Description: LR_Axe - SOUR

Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0095.52

LONGUEUR DE L'AXE : 95.520m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0000.00	803.723
D1	PENTE= -2.04%	95.521		
			0095.52	801.771

ANNEXE 4 : GEOMETRI DES GIRATOIRES

Profil en long : LR_Axe GIR 01 - BRANCHE 02

Description: LR_Axe GIR 01 - BRANCHE 02

Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0152.35

LONGUEUR DE L'AXE : 152.350m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0000.00	803.422
D1	PENTE= -2.04%	65.936		
			0065.94	802.075
PAR1	S= 0098.14 Z= 801.417 Point bas= 801.851m (0087.84)			
	R= 1072.100	64.401		
			0130.34	802.693
D2	PENTE= 3.96%	22.014		
			0152.35	803.565

Profil en long : LR_Axe GIR 01- BRANCHE 01

Description: LR_Axe GIR 01- BRANCHE 01

Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0181.64

LONGUEUR DE L'AXE : 181.640m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0000.00	804.265
D1	PENTE= 0.80%	3.334		
			0003.33	804.292
PAR1	S= 0032.53 Z= 804.526 Point élevé= 804.337m (0014.67)			
	R= 1410.572	58.390		
			0061.72	803.552
D2	PENTE= -3.34%	0.158		
			0061.88	803.547
PAR2	S= 0109.70 Z= 801.952 Point bas= 802.558m (0121.18)			

ANNEXE 4 : GEOMETRI DES GIRATOIRES

	R= 1777.624	95.629		
			0157.51	802.929
D3	PENTE= 2.04%	24.133		
			0181.64	803.422

Profil en long : LR GIR 01 BRANCHE 04
 Description: LR GIR 01 BRANCHE 04
 Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0153.12
 LONGUEUR DE L'AXE : 153.120m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0000.00	801.469
D1	PENTE= 0.39%	3.930		
			0003.93	801.485
PAR1	S= 0024.53 Z= 801.566 Point bas= 801.485m (0003.93)			
	R= 2034.152	41.205		
			0045.13	802.064
D2	PENTE= 2.42%	23.592		
			0068.73	802.635
PAR2	S= 0073.53 Z= 802.751 Point bas= 802.635m (0068.73)			
	R= 532.017	9.608		
			0078.33	802.954
D3	PENTE= 4.23%	2.386		
			0080.72	803.055
PAR3	S= 0115.44 Z= 804.522 Point élevé= 804.321m (0140.66)			
	R= 1418.629	69.429		
			0150.15	804.289
D4	PENTE= -0.67%	2.966		
			0153.12	804.270

ANNEXE 4 : GEOMETRI DES GIRATOIRES

Profil en long : LR_Axe GIR 01-BRANCHE 03

Description: LR_Axe GIR 01-BRANCHE 03

Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0138.66

LONGUEUR DE L'AXE : 138.660m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0000.00	803.565
D1	PENTE= -3.52%	48.742		
			0048.74	801.847
PAR1	S= 0061.07 Z= 801.412 Point bas= 801.506m (0068.12)			
	R= 549.838	24.663		
			0073.41	801.531
D2	PENTE= 0.96%	1.290		
			0074.70	801.543
PAR2	S= 0091.53 Z= 801.705 Point élevé= 801.650m (0096.84)			
	R= 2303.562	33.660		
			0108.36	801.621
D3	PENTE= -0.50%	30.308		
			0138.66	801.469

Profil en long : LR GIR 02 ANNEAU

Description: LR GIR 02 ANNEAU

Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0157.08

LONGUEUR DE L'AXE : 157.080m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0011.85	776.844
D1	PENTE=	0.000		
			0011.85	776.844
PAR1	S= 0037.18 Z= 778.063 Point élevé= 777.376m (0033.96)			

ANNEXE 4 : GEOMETRI DES GIRATOIRES

	R= 459.393	50.661		
			0062.51	776.489
D2	PENTE= -6.22%	0.000		
			0062.51	776.489
D3	PENTE= -4.68%	13.535		
			0076.04	775.855
D4	PENTE=	0.000		
			0076.04	775.855
PAR4	S= 0115.10 Z= 774.286 Point bas= 775.141m (0111.59)			
	R= 884.967	78.116		
			0154.16	776.165
D5	PENTE= 4.81%	0.000		
			0154.16	776.165
D6	PENTE= 4.60%	2.921		
			0157.08	776.299

Profil en long : LR GIR 02 BRANCHE 02
 Description: LR GIR 02 BRANCHE 02
 Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0154.48
 LONGUEUR DE L'AXE : 154.480m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0000.00	778.020
D1	PENTE= -2.65%	20.982		
			0020.98	777.464
PAR1	S= 0061.90 Z= 776.380 Point bas= 777.043m (0052.77)			
	R= 1200.000	81.842		
			0102.82	778.087
D2	PENTE= 4.17%	51.654		

ANNEXE 4 : GEOMETRI DES GIRATOIRES

			0154.48	780.241
--	--	--	---------	---------

Profil en long : LR GIR 02 BRANCHE 03

Description: LR GIR 02 BRANCHE 03

Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0168.57

LONGUEUR DE L'AXE : 168.570m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0000.00	780.244
D1	PENTE= -3.91%	33.286		
			0033.29	778.942
PAR1	S= 0068.68 Z= 777.557 Point élevé= 778.942m (0033.29)			
	R= 5000.000	70.794		
			0104.08	775.671
D2	PENTE= -5.33%	13.653		
			0117.73	774.944
PAR2	S= 0126.69 Z= 774.466 Point bas= 774.123m (0135.65)			
	R= 1200.000	17.920		
			0135.65	774.123
D3	PENTE= -3.83%	3.928		
			0139.58	773.972
PAR3	S= 0153.84 Z= 773.426 Point bas= 773.286m (0168.09)			
	R= 1000.000	28.511		
			0168.09	773.286
D4	PENTE= -0.98%	0.480		
			0168.57	773.281

Profil en long : LR_Axe GIR01 - ANNEAU

Description: LR_Axe GIR01 - ANNEAU

Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0157.08

ANNEXE 4 : GEOMETRI DES GIRATOIRES

LONGUEUR DE L'AXE : 157.080m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0000.00	802.282
D1	PENTE= -2.71%	13.695		
			0013.70	801.911
PAR1	S= 0039.47 Z= 801.213 Point bas= 801.544m (0040.78)			
	R= 1000.000	51.545		
			0065.24	801.843
D2	PENTE= 2.45%	31.002		
			0096.24	802.601
PAR2	S= 0122.01 Z= 803.232 Point élevé= 802.900m (0120.70)			
	R= 1000.000	51.545		
			0147.79	802.533
D3	PENTE= -2.71%	9.293		
			0157.08	802.282

Profil en long : LR GIR 02 BRANCHE 01

Description: LR GIR 02 BRANCHE 01

Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0187.66

LONGUEUR DE L'AXE : 187.660m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0000.00	773.281
D1	PENTE= 1.82%	7.305		
			0007.30	773.414
PAR1	S= 0020.33 Z= 773.652 Point bas= 773.414m (0007.30)			
	R= 1200.000	26.054		
			0033.36	774.172

ANNEXE 4 : GEOMETRI DES GIRATOIRES

D2	PENTE= 4.00%	6.513		
			0039.87	774.433
PAR2	S= 0052.51 Z= 774.938 Point élevé= 775.176m (0065.14)			
	R= 1200.000	25.268		
			0065.14	775.176
D3	PENTE= 1.89%	51.392		
			0116.53	776.148
PAR3	S= 0130.32 Z= 776.409 Point bas= 776.148m (0116.53)			
	R= 3000.000	27.581		
			0144.11	776.796
D4	PENTE= 2.81%	43.543		
			0187.66	778.020