République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة

فرنسيس جانسون

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Étude en APD du dédoublement de la RN 18 sur 11 km entre BERROUAGHIA et SIDI NAAMANE, avec la conception de carrefours giratoires

Présenté par :

OULD TERKI Imed Eddine

SEGUENI Mosaab

Encadré par :

Mr. GHAZALI Elhouas

Mr. BENALMELADJ Mohamed

Promotion 2024/2025

© ENSTP-FJ - Garidi - Vieux Kouba

Remerciements

Tout d’abord, nous remercions Dieu, le Clément et le Miséricordieux, de nous avoir accordé la force, la patience et le courage nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre encadreur **Monsieur GHAZALI Elhouas** et à **Monsieur BENALMELADJ Mohamed**, pour leur disponibilité, leurs orientations précieuses, et la qualité de leur accompagnement tout au long de ce projet.

Nos remerciements les plus sincères vont également à **notre enseignante et notre mère de cœur à l’école, Madame Mehiaoui Mahdia Yasmine**, pour son encadrement bienveillant, ses conseils avisés, et sa présence constante durant notre parcours à l’ENSTP.

Nous exprimons aussi toute notre reconnaissance à l’ensemble du **personnel du département d’Infrastructure de base**, en particulier **Madame Makoudi Imane**, **Madame Bourbia Mahdia**, **Madame Boumehrez**, et **Madame Nassima**, pour leur soutien continu et leur accompagnement pédagogique.

Nous remercions vivement toute l’équipe de la **Direction des Travaux Publics de la wilaya de Médéa** pour leur accueil chaleureux et leur coopération tout au long de notre stage, avec une mention spéciale pour **l’ingénieur Nadji**, dont le soutien et les orientations techniques nous ont été d’une grande aide.

Enfin, nous adressons nos remerciements à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation et à l’aboutissement de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail à **ma famille**, source inépuisable d'amour, de soutien et de motivation. Merci pour votre présence constante, votre confiance et vos encouragements tout au long de ce parcours.

À **ma chère mère, Yasmina Korteby**, pour son amour infini, sa patience et sa force silencieuse. Tu as toujours été là, dans l'ombre ou la lumière, et c'est en grande partie grâce à toi que j'ai pu aller jusqu'au bout. Ce travail est aussi le tien.

À la **famille Ould Terki** et à la **famille Korteby**, pour tout ce que vous représentez dans ma vie, pour vos valeurs, votre soutien et votre affection indéfectible.

Je tiens également à dédier ce travail à la **communauté AIESEC**, pour l'impact profond que vous avez eu sur mon développement personnel et professionnel. Vous m'avez appris l'engagement, la résilience et l'ouverture d'esprit.

Enfin, à tous ceux qui ont cru en moi, m'ont inspiré, soutenu ou accompagné sur ce chemin : **ce travail vous est aussi dédié**.

Je souhaite également remercier **les personnes qui ont contribué, à différents niveaux, à l'aboutissement de ce projet**, notamment :

Tarek Bouarouri, **Labrazi Djilali** et **Hadjab Othman**, pour leurs échanges techniques utiles et leur disponibilité.
Ainsi que **Guettaf Omar** et **Arab Abderrahmane**, pour leur aide ponctuelle et leur bienveillance.

OULD TERKI Imed Eddine

Dédicace

À mes **chers parents**,
Pour votre amour inconditionnel, vos sacrifices silencieux et votre soutien indéfectible à chaque étape de ma vie. C'est à vous que je dois la force et la volonté d'aller toujours plus loin.

À mes **deux frères**,
Merci pour votre présence rassurante et vos encouragements constants.

À ma **petite sœur**,
Pour ta douceur, ta joie de vivre et la lumière que tu apportes à mes journées les plus intenses.

Aux **enseignants** et au **personnel** du **Département des Infrastructures de Base**,
Pour la qualité de votre enseignement, votre disponibilité et votre engagement à former des ingénieurs compétents et passionnés.

À chacun de vous, je dédie humblement ce travail.

SEGUENI Mosaab

Résumé

Ce projet présente une étude détaillée du **dédoublement de la RN 18**, sur **11 km**, entre **Berrouaghia et Sidi Naamane**. L'objectif principal est de moderniser cette route afin d'améliorer la fluidité du trafic et la sécurité des usagers, tout en respectant les normes environnementales et techniques.

La majorité du **tracé a été refait**, à l'exception de la première section, entre **Berrouaghia**, qui avait déjà été dédoublée. Pour cette première section, une opération de **fraisage** a été effectuée afin de l'adapter aux nouvelles normes et à l'augmentation de la vitesse de base.

Les **rectifications importantes** ont permis de répondre aux exigences de sécurité et aux prévisions de trafic. L'étude a été réalisée conformément aux normes de **l'ARP**, en utilisant les **fascicules 1, 2 et 3, Le guide des terrassements routiers GTR** ainsi que le **B40**, pour garantir la conformité aux standards locaux.

Les logiciels spécialisés, tels que **Autocad**, **Covadis**, et **Alizée**, ont été utilisés pour la conception géométrique du tracé et le calcul des couches de la chaussée.

Des **carrefours giratoires** ont été intégrés dans le projet pour améliorer la circulation et optimiser la sécurité aux intersections. De plus, **deux ouvrages d'art** ont été intégrés pour assurer une gestion efficace des flux d'eau et garantir la sécurité des infrastructures.

L'analyse des paramètres géométriques a permis de définir le **nombre de voies** nécessaire et de dimensionner les différentes couches de la chaussée, en prenant en compte les caractéristiques techniques du projet.

Mots clés :
RN 18, dédoublement de route, fluidité du trafic, sécurité routière, normes ARP, guide GTR, B40, AutoCAD, Covadis, Alizée, conception géométrique, couches de chaussée, carrefours giratoires, ouvrages d'art, infrastructures routières, conformité environnementale.

الملخص

يعرض هذا المشروع دراسة مفصلة حول **توسيع الطريق الوطني 18** على **11كم** بين **برواقية** و **سيدي نعمان** .الهدف الرئيسي من هذا المشروع هو تحديث هذه الطريق لتحسين تدفق المرور وأمان مستخدمي الطريق، مع احترام المعايير البيئية والتقنية.

تم **إعادة تصميم الجزء الأكبر من المسار**، باستثناء القسم الأول بين **برواقية** الذي تم توسيعه مسبقاً. بالنسبة لهذا القسم الأول، تم إجراء عملية **إزالة الأسفلت** لتكييفه مع المعايير الجديدة وزيادة السرعة الأساسية.

أدت **التعديلات الهامة** إلى تلبية متطلبات الأمان وتوقعات حركة المرور. تم إجراء الدراسة وفقاً لمعايير **الـARP**، باستخدام **الكتيبات 1، 2 و 3 , دليل أعمال التسوية الطرقية GTR** بالإضافة إلى **B40** لضمان التوافق مع المعايير المحلية.

تم استخدام برامج متخصصة مثل **أوتوكاد** و **كوفاديس** و **أليزي** لتصميم المسار هندسياً وحساب طبقات الرصف.

تم إدراج **دوارات** في المشروع لتحسين حركة المرور وتعزيز الأمان عند التقاطعات. بالإضافة إلى ذلك، تم دمج **بنيتين فنيتين** لضمان إدارة فعالة لتدفقات المياه وضمان أمان البنية التحتية.

سمحت **تحليلات المعلمات الهندسية** بتحديد **عدد المسارات** اللازم وتصميم طبقات الرصف المختلفة مع مراعاة الخصائص التقنية للمشروع.

الكلمات المفتاحية :
الطريق الوطني18 RN ، ازدواجية الطريق، تدفق المرور، السلامة المرورية، معاييرARP ، دليلGTR ، B40، أوتوكاد، كوفاديس، أليزي، التصميم الهندسي، طبقات الرصف، الدوارات، المنشآت الفنية، البنية التحتية الطرقية، الالتزام البيئي.

Abstract

This project presents a detailed study of the duplication of National Road RN 18 over a distance of 11 km, between Berrouaghia and Sidi Naamane. The main objective is to modernize this road to improve traffic flow and user safety, while complying with environmental and technical standards.

Most of the alignment has been redesigned, except for the first section near Berrouaghia, which had already been duplicated. For this section, milling operations were carried out to adapt it to new standards and the increased base speed.

Major realignments were made to meet safety requirements and future traffic forecasts. The study was conducted in accordance with ARP standards, using manuals 1, 2, and 3, the GTR earthworks guide, and the B40 to ensure compliance with local regulations.

Specialized software such as AutoCAD, Covadis, and Alizée were used for the geometric design of the alignment and for calculating the pavement layers.

Roundabouts were incorporated into the project to enhance traffic flow and safety at intersections. Additionally, two engineering structures were included to efficiently manage water flow and ensure infrastructure safety.

The analysis of geometric parameters allowed for determining the required number of lanes and for designing the different pavement layers, based on the technical characteristics of the project.

Key words:

RN 18, road duplication, traffic flow, road safety, ARP standards, GTR guide, B40, AutoCAD, Covadis, Alizée, geometric design, pavement layers, roundabouts, engineering structures, road infrastructure, environmental compliance

Acronymes et Symboles

Terme	Définition	Terme	Définition
BDD	bande dérasée droite	**BDG**	bande dérasée gauche
BB	béton bitumineux	**C.B.R.**	Californian Bearing Ratio
CF	couche de forme	**APD**	avant-projet détaillé
CTTP	contrôle technique des travaux publics	**CW**	chemin de wilaya
GB	grave bitume	**G.N.T**	grave non traitée
GTR	guide de terrassement routier	**IP**	indice de plasticité
B40	règlement technique d'aménagement des routes	**ARP**	Aménagement des Routes Principales
LCPC	Laboratoire Central des Ponts et Chaussées	**LA**	Essai Los Angeles
MDE	Essai micro Deval	**PK**	point kilométrique
TN	Terrain Naturel	**TPC**	terre-plein central
T.M.J.A.	Trafic moyen journalier annuel	**CEV**	coûts d'exploitation des véhicules
TPLi	la classe de trafic	**RN**	route nationale
RPi	Réseau principal de niveau i	**RS**	Réseau secondaire
U.V.P	Unité de véhicule particulier	**VBS**	valeur de bleu de méthylène
PL	poids lourds	**$TMJA_h$**	trafic à l'année horizon
$TMJA_0$	trafic à l'année de référence	**n**	nombre d'années

τ	taux d'accroissement du trafic (%)	**TCi**	trafic cumulé de poids lourds
Teff	trafic effectif à l'année d'horizon (UVP/J)	**Z**	pourcentage de poids lourds (%)
P	coefficient d'équivalence pour le poids lourd	**Q**	débit de pointe horaire (UVP/h)
1/n	coefficient de pointe	**K_1**	coefficient lié à l'environnement
K_2	coefficient de réduction de capacité	**Cth**	capacité théorique du profil transversal
N	nombre de voies	**S**	coefficient de dissymétrie
Qadm	débit admissible par voie	**ε_v**	déformation verticale
ε_h	déformation horizontale		

SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE 1

CHAPITRE I : Présentation du projet 2
I.1. Présentation générale de la wilaya de Médéa 2
I.1.1. Localisation géographique 2
I.1.2. Données topographiques et relief 3

I.2. Infrastructures routières 3
I.3. Présentation et Objectif du Projet 4
I.4. Section concernée 4
I.5. Ouvrages spécifiques d'adaptation du tracé 5
I.6. Catégorie fonctionnelle et environnement de la RN18 6

I.7. Objectifs techniques de l'aménagement 6

CHAPITRE II : ÉTUDE DE TRAFIC

II.1. Introduction 7
II.2. Objectifs de l'étude 7
II.3. Les données de trafic 7
II.4. Calcul de la capacité 8
II.5. Projection future de trafic 8
II.5.1. Application 9
II.6. Trafic induit 9
II.7. Trafic effectif 10
II.8. Débit de pointe horaire normal 10
II.9. Débit horaire admissible 11
II.10. Calcul du nombre de voies 12
II.11. Calcul de l'année de saturation 12
II.12. Conclusion ET recommendations 13

CHAPITRE III : ÉTUDE GÉOMÉTRIQUE

III.1. Introduction 14
III.2. Type de route retenu selon la norme ARP 14
III.3. Tracé en plan 15
III.3.1. Définition 15
III.3.2. Principes à respecter pour un bon tracé 15
III.3.3. Les composantes du tracé en plan 15
III.3.4. Recommandations de l'ARP 16
III.3.5. Succession des courbes et raccordements 16
III.3.6. Paramètres géométriques de conception 17

III.4. Profil en long 18
III.4.1. Introduction 18
III.4.2. Règles à respecter lors du tracé 18
III.4.3. Éléments géométriques du profil 18
III.4.4. Caractéristiques géométriques 20
III.4.5. Évacuation des eaux de ruissellement 20
III.4.6. Recommandations selon l'ARP 21
III.5. Profil en travers 22
III.5.1. Définition 22
III.5.2. Types de profil en travers 22
III.5.3. Pentes transversales 23
III.5.4. Application au projet 24

CHAPITRE IV : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

IV.1. Introduction 25
IV.2. Objectifs de l'étude géotechnique 25
IV.3. Moyens de reconnaissance 25
IV.3.1. Étude des archives et documents existants 26
IV.3.2. Visites sur site et essais in-situ 26
IV.3.3. Essais en laboratoire 26
IV.4. Géologie régionale 26
IV.5. Géologie locale 27
IV.5.1. Stratigraphie 27
IV.5.2. Tectonique 28
IV.6. Hydrogéologie 28
IV.6.1. Réservoir astien 29
IV.6.2. Réservoir quaternaire 30
IV.7. Reconnaissances géotechniques des tracés 31
IV.8. Reconnaissance in situ 31
IV.9. Essais de laboratoire 32
IV.10. Résultats des essais 33
IV.11. Analyse des résultats et classification des sols 33
IV.12. Classification selon le GTR (SETRA–LCPC) 34
IV.13. Conditions d'utilisation des matériaux en remblai 34
IV.14. Recommandations selon les conditions météo 35
IV.14.1. En cas de pluie forte ou modérée 35
IV.14.2. En cas de pluie faible 35
IV.14.3. Par temps sec 35
IV.14.4. Par forte chaleur 36
IV.15. Conclusion technique 36

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSÉES

V.1. Introduction 37
V.2. Définition de la chaussée 37
V.3. Types de chaussées 37
V.3.1. Chaussée souple 37
V.3.2. Chaussée rigide 38
V.3.3. Chaussée semi-rigide 38
V.4. Méthodes de dimensionnement 38
V.4.1. Méthode C.B.R. 38
V.4.2. Méthode du catalogue algérien 40
V.5. Application au projet 40
V.5.1. Résultats de la méthode CBR 42
V.5.2. Résultats du catalogue algérien 44
V.6. Synthèse comparative 45
V.7. Vérification mécanique des couches 46
V.7.1. Contraintes admissibles 46
V.7.2. Calculs par logiciel ALIZE-LCPC 47
V.8. Choix final de la structure retenue 48
V.9. Coupe type de la chaussée 49
V.10. Conclusion générale du dimensionnement 51

CHAPITRE VI : ASSAINISSEMENT

VI.1. Introduction 52
VI.2. Objectifs du système d'assainissement 52
VI.3. Données générales 53
VI.4. Types d'eaux à évacuer 54
VI.5. Étude hydrologique 55
VI.5.1. Données pluviométriques 55
VI.5.2. Méthode utilisée pour le calcul du débit 56
VI.5.3. Temps de concentration 56
VI.5.4. Coefficients de ruissellement 57
VI.5.5. Pentes hydrauliques et pertes de charge 57
VI.6. Dispositifs d'assainissement proposés 58
VI.6.1. Fossés et caniveaux 58
VI.6.2. Ouvrages hydrauliques spécifiques 59
VI.6.3. Exutoires 59
VI.7. Calculs hydrauliques détaillés 60
VI.8. Justification des choix techniques 63
VI.9. Intégration environnementale 65
VI.10. Plans et coupes types des ouvrages 67
VI.11. Conclusion 71

CHAPITRE VII : CONCEPTION DES CARREFOURS

VII.1. Introduction générale 72
VII.2. Typologie des carrefours 72
VII.2.1. Carrefours à niveau 73
VII.2.2. Carrefours dénivelés 73
VII.2.3. Classification fonctionnelle 73
VII.3. Le carrefour giratoire 74
VII.3.1. Éléments constitutifs 74
VII.3.2. Dimensionnement pour 2×2 voies 75
VII.3.3. Fonctionnement et sécurité 75
VII.4. Application au projet 76
VII.4.1. PK 59+290 76
VII.4.2. PK 60+905 76
VII.4.3. PK 63+982 77
VII.4.4. PK 66+667 77
VII.4.5. PK 68+594 77
VII.5. Résumé des résultats de conception 78

CHAPITRE VIII : OUVRAGES D'ARTS

VIII.1. Introduction 79
VIII.2. Conception des ouvrages d'art 79
VIII.3. Gabarits à respecter 80
VIII.4. Choix des types d'ouvrages 80
VIII.5. Solution technique retenue 81
VIII.6. Conclusion 81

CHAPITRE IX : CUBATURES

IX.1. Introduction 82
IX.2. Définition 82
IX.2.1. Cubatures 83
IX.2.2. Terrassements 83
IX.2.2.1. Classification des terrassements 83
IX.2.2.2. Classification des terrains 84
IX.2.2.3. Cubatures des terrassements 84
IX.3. Méthodes de calcul de cubature 84
IX.3.1. Formule de Sarraus 84
IX.3.2. Méthode de Gulden 85
IX.3.3. Méthode linéaire 85
IX.4. Application au projet 86

CHAPITRE X : ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

X.1. Introduction 87
X.2. Cadre juridique 87
X.3. Objectifs de l'étude 88
X.4. Identification des impacts environnementaux 88
X.4.1. Impacts sur le milieu physique 88
X.4.2. Impacts sur le milieu naturel 88
X.4.3. Impacts sur le cadre humain 89
X.5. Mesures de réduction des impacts 89
X.6. Conclusion 89

CHAPITRE XI : SIGNALISATION ET ÉCLAIRAGE

XI.1. Introduction 90
XI.2. Catégories de signalisation 90
XI.3. Principes généraux à respecter 90
XI.4. Types de signalisation 91
XI.4.1. Signalisation horizontale 91
XI.4.1.1. Marquages longitudinaux 91
XI.4.1.2. Marquages transversaux et symboles 92
XI.4.2. Signalisation verticale 94
XI.4.2.1. Signalisation avancée 94
XI.4.2.2. Signalisation de position 94
XI.4.2.3. Signalisation directionnelle 94
XI.5. Application au projet 94
XI.5.1. Signalisation verticale 94
XI.5.2. Signalisation horizontal 96
XI.6. Éclairage 96
XI.6.1. Introduction 96
XI.6.2. Catégories d'éclairage 96
XI.6.3. Critères fonctionnels à prendre en compte 96
XI.6.4. Paramètres d'implantation des luminaires 97
XI.6.5. Application au projet 98
CHAPITRE XII : DEVIS ESTIMATIF 99
CHAPITRE XIII : CONCLUSION GENERALE 101

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I : PRÉSENTATION DU PROJET

Tableau I.1. Typologie de l'environnement routier selon le relief et la sinuosité 5

CHAPITRE II : ÉTUDE DE TRAFIC

Tableau II.1. Valeurs de coefficient réducteur K1 11
Tableau II.2. Valeurs de coefficient réducteur K2 11
Tableau II.3. Capacité théorique du profil en travers en régime stable 11

CHAPITRE III : ÉTUDE GÉOMÉTRIQUE

Tableau III.1 : Paramètres géométriques du tracé en plan 17
Tableau III.2 : Caractéristiques limites des paramètres du profil en long 20
Tableau III.3 : Paramètres géométriques selon l'ARP (profil en long) 21
Tableau III.4 : Pentes transversales 23
Tableau III.5 : Caractéristiques du profil en travers type 24

CHAPITRE IV : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

Tableau IV.1 : Implantation des puits de reconnaissance..... 32
Tableau IV.2 : Normes associées aux essais de laboratoire 32
Tableau IV.3 : Synthèse des résultats des essais de sol..... 33

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSÉES

Tableau V.1 : Les coefficients d'équivalence 39
Tableau V.2 : Épaisseurs des couches par la méthode CBR 42
Tableau V.3 : Classes de portance des sols 44
Tableau V.4 : Classes de portance de sol-supports 45
Tableau V.5 : Classement avec couche de forme 45
Tableau V.6 : Caractéristiques de la couche de forme 46
Tableau V.7 : Zones climatiques de pluviométrie 46
Tableau V.8 : Choix des températures équivalentes 47
Tableau V.9 : Dimensionnement par les deux méthodes 48
Tableau V.10 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux 49
Tableau V.11 : Résultats de vérification de la structure 50

CHAPITRE VI : ASSAINISSEMENT

Tableau VI.1 : Dispositifs de protection selon la zone de sensibilité ……..…. 54

Tableau VI.2 : Caractéristiques morpho métriques des bassins versants ……..…… 55

Tableau VI.3.1 : Coefficient C1 selon la pente …… 56

Tableau VI.3.2 : Coefficient C2 selon la nature du sol ……. 56

Tableau VI.3.3 : Coefficient C3 selon la couverture végétale ……... 56

Tableau VI.4 : Coefficients a et b pour I(Tc) …… 57

Tableau VI.5 : Prédimensionnement des ouvrages transversaux …….……. 59

Tableau VI.6 : Coordonnées et types d'ouvrages principaux …… 59

Tableau VI.7 : Résultat des calculs de débits et dimensions des ouvrages …….....…… 60

Tableau VI.8 : Bassin Versant N°16 ……. 62

Tableau VI.9 : Coefficients de ruissellement selon le type de surface de la plate-forme routière …….…….…. 66

CHAPITRE VII : CONCEPTION DES CARREFOURS

Tableau VII.1 : Classification fonctionnelle selon le type de route …… 74

Tableau VII.2 : Synthèse des paramètres géométriques pour la conception des voies d'entrée et de sortie des giratoires …… 77

Tableau VII.3 : Synthèse des paramètres géométriques pour la conception des îlots séparateurs …… 78

Tableau VII.4 : Paramètres géométriques récapitulatifs pour la conception d'un giratoire …..… 78

CHAPITRE VIII : OUVRAGES D'ARTS

Tableau VIII.1 : Solutions techniques retenues pour les ouvrages principaux …….. 81

CHAPITRE X : ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

Tableau X.1 : Mesures de réduction des impacts environnementaux …….... 89

Liste des figures

CHAPITRE II : PRÉSENTATION DU PROJET

Figure I.1 : Localisation géographique de la wilaya de Médéa ……. 2
Figure I.2 : Tracé de la section étudiée de la RN18 ……... 5

CHAPITRE III : ÉTUDE GÉOMÉTRIQUE

Figure III.1 : Éléments constitutifs d'un tracé en plan ……. 16
Figure III.2 : Éléments géométriques du profil en long ……... 19
Figure III.3 : Visibilité sur un raccordement saillant (profil convexe) …… 19
Figure III.4 : Visibilité sur un raccordement rentrant (profil concave) ……... 20
Figure III.5 : Éléments constitutifs du profil en travers à 2×2 voies ……..……..…… 22

CHAPITRE IV : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

Figure IV.1 : Esquisse structurale de BERBERIE (A. CAIRE 1967) ……. 27
Figure IV.2 : Carte des systèmes aquifères de l'algérois ……. 29
Figure IV.3 : Coupe transversale dans la Mitidja ……..… 31

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSÉES

Figure V.1 : Dimensionnement par la méthode CBR ……..…… 42
Figure V.2 : Classes de trafic adoptés en ……. 44
Figure V.3 : Dimensionnement par le catalogue — 47

CHAPITRE VI : ASSAINISSEMENT

Figure VI.1 : Principales Formules Empiriques de Calcul du Temps de Concentration (Tc) dans un Bassin Versant …… 59

Figure VI.2 : Schéma d'un dalot rectangulaire …… 65

Figure VI.3 : Application de la méthode de Delorme …….. 66

Figure VI.4 : Courbe de vitesse d'écoulement ……. 67

Figure VI.5 : Profil en travers du fossé trapézoïdal ……. 68

Figure VI.6 : Schéma final du fossé dimensionné (h = 0,5 m) …… 70

CHAPITRE VII : CONCEPTION DES CARREFOURS

Figure VII.1 : Le carrefour en T …….. 72
Figure VII.2 : Le Carrefour en Y ……. 73
Figure VII.3 : Le carrefour en croix ……. 73

Figure VII.4 : Le carrefour giratoire ……..…… 73
Figure VII.5 : Les caractéristiques des îlots séparateurs …….…….. 77

CHAPITRE IX : CUBATURES

Figure IX.3-1 : Les cubatures ……..…….. 84
Figure IX.3-2 : Représentation spatiale de la méthode de Sarraus ……..…….. 84
Figure IX.3-3 : Application de la méthode de Sarraus sur une série de profils ……..….... 85

CHAPITRE XI : SIGNALISATION ET ÉCLAIRAGE

Figure XI.1 : Lignes continues …….. 91
Figure XI.2 : Lignes mixtes ……... 91
Figure XI.3 : Lignes discontinues ……. 92
Figure XI.4 : Types de modulation …… 92
Figure XI.5 : ligne stop …….. 93
Figure XI.6 : ligne cédez le passage …….. 93
Figure XI.7 : passage pour piétons …… 93
Figure XI.8 : Flèche de rabattement …….. 93
Figure XI.9 : Flèche de sélection ……... 93
Figure XI.10 : Limitation de vitesse B14 …….. 94
Figure XI.12 Interdiction de dépassement …… 94
Figure XI.11 : Décente dangereuse ……... 94
Figure XI.10 : Arrête et stationnements interdits …….. 94
Figure XI.13 : Cédez le passage …… 95
Figure XI.14 : Carrefour à sens giratoire ……... 95
Figure XI.15 : Obligation de tourner à droite avant le panneau …… 95
Figure XI.16 : paramètre d'implantation des luminaires ……...… 97

Introduction Générale

Le secteur des travaux publics constitue un pilier essentiel du développement économique en Algérie, jouant un rôle crucial dans l'amélioration de l'infrastructure du pays et dans la facilitation des échanges économiques. En effet, un réseau routier performant est un levier incontournable pour le développement régional et la modernisation du territoire national. Cela permet non seulement de renforcer l'accès aux zones urbaines et rurales, mais aussi de stimuler l'attractivité du pays aux investissements.

Dans cette perspective, le projet de **dédoublement de la RN 18** sur **11 km**, entre **Berrouaghia et Sidi Naamane**, s'inscrit dans la volonté de moderniser le réseau routier national. Ce projet a pour objectif principal de répondre aux besoins accrus de mobilité, d'améliorer la fluidité du trafic, et de garantir la sécurité des usagers. La route actuelle, déjà utilisée intensivement, nécessite un réaménagement pour faire face à l'augmentation du trafic et aux normes de sécurité modernes.

Le travail effectué s'inscrit dans cette démarche de développement, où nous avons procédé à une **révision complète du tracé**, tout en maintenant la première section de **Berrouaghia**, qui avait déjà été dédoublée. Ce projet inclut également la réalisation de **carrefours giratoires** pour améliorer la gestion du trafic aux points névralgiques et de **deux ouvrages d'art** afin de garantir la gestion efficace des eaux pluviales.

Le présent projet de fin d'étude se concentre sur l'étude du **dédoublement de la RN 18** et vise à proposer des solutions adaptées aux spécifications techniques et environnementales, tout en intégrant des outils modernes pour la conception et le calcul du trafic. Après cette introduction, le premier chapitre présente une vue d'ensemble du projet, suivi des études détaillées du trafic, de la géométrie, de l'étude géotechnique, du dimensionnement de la chaussée, et des études liées à la signalisation et à l'impact environnemental.

Présentation du projet

I.1. Présentation générale de la wilaya de Médéa

La wilaya de Médéa se trouve au nord de l'Algérie. Elle porte le nom de sa ville principale, Médéa. Cette région est à la croisée des zones du Tell et des Hauts Plateaux. Historiquement, elle faisait partie du Titteri, une ancienne division de l'époque ottomane.

I.1.1. Localisation géographique

La wilaya de Médéa se trouve au cœur de l'Algérie, dans la région de l'Atlas tellien. Elle couvre plusieurs zones naturelles, comme :

- Une partie orientale de la Kabylie,

- La Basse Kabylie au nord-est,

- Et une grande portion du Titteri, qui fait le lien entre les régions montagneuses, sahariennes et les Hauts Plateaux.

Elle est délimitée comme suit :

- **Au nord**, par la wilaya de **Blida**,
- **À l'ouest**, par les wilayas de **Aïn Defla** et **Tissemsilt**,
- **Au sud**, par la wilaya de **Djelfa**,
- **À l'est**, par les wilayas de **M'Sila** et **Bouira**.



Figure I.1 : Localisation géographique de la wilaya de Médéa

I.1.2. Données topographiques et relief

La wilaya de Médéa a surtout un terrain montagneux. Elle fait partie de l'Atlas tellien avec une altitude assez élevée. On y trouve des chaînes de montagnes et des forêts, ainsi que quelques petites plaines. Si on va vers le sud, le paysage devient plus plat avec des steppes.

Pour mieux comprendre la région, on peut la diviser en quatre zones principales :

1. **Le Tell montagneux** : une région boisée avec un terrain difficile et un climat assez rude. La population y est assez éparse. Ce petit coin de nature se trouve à l'ouest et monte jusqu'au massif de Tablat, au nord.
2. **Le Tell collinien** : c'est le centre de la wilaya, où l'agriculture est vraiment importante et la population est plus nombreuse.
3. **Les plaines du Tell** : situées à l'intérieur du Tell collinien, ces zones sont utilisées surtout pour cultiver des céréales, mais il y a aussi des efforts récents pour diversifier les cultures.
4. **Le piémont méridional du Tell** : cette zone fait la transition vers les steppes, avec un climat semi-aride et une pluie qui peut être un peu irrégulière.

La wilaya de Médéa a **64** communes au total, dont **46** sont dans la zone nord et **18** dans les Hauts Plateaux au sud.

I.2. Infrastructures routières

La wilaya de Médéa a un bon réseau de routes, avec plusieurs routes nationales qui relient les principales régions du pays. Les routes principales sont:

- **Route nationale n°1 (RN1)** : reliant Alger à Tamanrasset, via Médéa,
- **Route nationale n°8 (RN8)** : desservant Bou Saâda,
- **Route nationale n°18 (RN18)** : reliant Berrouaghia à Khemis Miliana,
- **Route nationale n°40 (RN40)** : en direction de Tiaret,
- **Route nationale n°60 (RN60)** : reliant Chellalet El Adhaoura à M'Sila,
- **Route nationale n°62 (RN62)** : vers Hannacha,
- **Route nationale n°64 (RN64)** : menant à El Omaria.

Ces voies jouent un rôle fondamental dans le désenclavement des zones rurales et le développement socio-économique de la région.

I.3. Présentation et Objectif du Projet

Le présent projet s'inscrit dans le cadre du dédoublement de la RN18 sur un linéaire global de **67 kilomètres**, reliant la commune de **Berrouaghia** (wilaya de Médéa) à la limite avec la wilaya de **Bouira**, dans la localité de **Sedraya**. Cet axe routier joue un rôle stratégique dans la dynamique de transport est-ouest en Algérie, facilitant les échanges économiques et sociaux entre plusieurs wilayas du centre du pays.

La RN18 est une route clé qui relie Bouira, Médéa et Aïn Defla, ainsi que plusieurs villes en passant par des zones rurales et urbaines importantes. Actuellement, cette route à double sens, qui fait environ 7 mètres de large, n'arrive plus à répondre aux besoins de mobilité, surtout en ce qui concerne la sécurité, le trafic et la logistique.

Le projet a donc pour objectif de transformer cette route en infrastructure nationale moderne à double chaussée, conforme aux normes techniques et capable de supporter des volumes de trafic importants, en toute sécurité.

I.4. Section concernée : du PK 58+000 au PK 68+594 (11 km)

La portion étudiée couvre les 11 premiers kilomètres du projet, depuis le PK 58+000, à la sortie est de Berrouaghia, jusqu'au PK 68+594. Cette section présente un intérêt particulier, tant sur le plan technique que fonctionnel.

Initialement aménagée pour une vitesse de base de **60 km/h**, la route existante ne répond plus aux exigences géométriques liées à l'augmentation de la vitesse de base à **80 km/h**, décidée dans le cadre de ce projet de modernisation. Cette révision des paramètres de conception a rendu la conservation de l'ancienne chaussée techniquement irréalisable sur la majeure partie du linéaire, en raison de rayons de courbure insuffisants, de profils longitudinaux inadaptés et de problèmes de visibilité dans certaines zones.

Face à ces contraintes, des rectifications majeures du tracé ont été engagées, impliquant une reconfiguration géométrique complète afin d'assurer la conformité aux normes en vigueur pour les routes nationales à fort trafic et vitesse élevée. Ces modifications visent également à renforcer la sécurité des usagers, notamment par la correction de virages dangereux et l'adaptation des pentes et dévers.

Cependant, une exception est à signaler entre le **PK 58+000** et le **PK 59+290**, où la route est déjà en **configuration dédoublée**. Sur ce segment, les travaux se limiteront à un fraisage de la couche supérieure existante, suivi de la mise en œuvre d'un béton bitumineux (BB) en renforcement, sans modification du tracé.

Sur le reste du tronçon, le dédoublement est réalisé par l'ajout d'une chaussée neuve parallèle, en s'adaptant aux contraintes topographiques et environnementales du site. L'objectif global est de garantir un aménagement conforme aux standards actuels de qualité, de sécurité et de performance pour les routes nationales.

La section s'achève au **PK 68+594**, au niveau d'un carrefour stratégique qui dessert plusieurs directions : **Berrouaghia, El Omaria et Sidi Naamane**.

Illustration de la section étudiée

L'image ci-dessous représente la portion étudiée du projet (PK 58+000 à PK 69+000), avec le tracé de la RN18 en rouge, entre la commune de Berrouaghia et le point de fin de section au niveau du carrefour.



Figure I.2 : Tracé de la section étudiée de la RN18

I.5. Ouvrages spécifiques d'adaptation du tracé

Dans le cadre du projet de dédoublement de la RN18, deux ouvrages linéaires majeurs ont été intégrés afin d'assurer la conformité du tracé avec la nouvelle vitesse de base fixée à **80 km/h**, en réponse aux contraintes géométriques du terrain.

I.5.1. Premier ouvrage – du PK 62+475 au PK 62+800 (longueur : 325 m)

La route existante présentait à cet endroit une courbe très serrée (rayon ~120 m), devenue inadaptée à la nouvelle vitesse de base. Pour garantir la sécurité et améliorer le confort de conduite, la courbe a été supprimée et remplacée par un alignement droit de **325 mètres**, assurant ainsi une géométrie conforme aux exigences du projet.

I.5.2. Deuxième ouvrage – du PK 66+800 au PK 67+125 (longueur : 325 m)

Le second ouvrage a pour objectif de supprimer une portion sinueuse de l'ancien tracé, dont la géométrie n'est plus compatible avec les exigences liées à la hausse de la vitesse de base. Cette déviation de **325 mètres** permet de redresser le tracé, d'améliorer le rayon de courbure, et d'assurer ainsi une circulation plus fluide et sécurisée.

Ces deux ouvrages représentent des interventions ciblées, répondant à des enjeux de sécurité routière, de performance géométrique et d'adaptation réglementaire, tout en s'intégrant harmonieusement dans le projet global de modernisation de l'axe.

I.6. Catégorie fonctionnelle et environnement de la RN18

Conformément aux classifications fonctionnelles établies dans le cadre de la politique nationale d'aménagement du territoire, l'itinéraire RN18 est classé en **Catégorie 1**. Cette catégorie regroupe les axes stratégiques assurant les liaisons entre les grands centres économiques et les centres d'industrie lourde, ainsi que le rabattement des pôles industriels de transformation vers le réseau structurant national.

Sur le plan environnemental, et selon les critères définis dans le rapport B.20 (norme B40), deux indicateurs principaux sont pris en compte : la dénivelée cumulée moyenne et la sinuosité. Pour la RN18, le tronçon concerné traverse un relief plat avec une sinuosité moyenne (σ comprise entre 0,1 et 0,3), ce qui permet de le classer dans le **type d'environnement E2**. Ce type correspond à un environnement techniquement favorable avec des contraintes modérées, offrant ainsi un bon compromis entre les coûts d'aménagement et les performances attendues en matière d'exploitation.

Cette double classification fonctionnelle et environnementale (Catégorie 1 / Environnement E2) renforce l'importance stratégique du projet RN18 dans le maillage routier national, tout en facilitant sa planification technique et budgétaire.

Tableau I.1 : Typologie de l'environnement routier selon le relief et la sinuosité (Norme B.20)

Relief \ Sinuosité	Faible	Moyenne	Forte
Plat	E1	E2	
Vallonné	E2	E2	E3
Montagneux		E3	E3

I.7. Objectifs techniques de l'aménagement

Le projet prévoit la mise en œuvre des actions suivantes :

- **Ouverture de fossés** en terre ou bétonnés pour l'évacuation des eaux de ruissellement ;
- **Rectification de virages** avec des rayons de courbure non conformes aux exigences de sécurité ;
- **Correction du profil en long** dans les zones comportant des pentes ou creux excessifs ;

Étude de trafic

II.1. INTRODUCTION

Les études de trafic sont essentielles dès les premières étapes de tout projet d'infrastructure, qu'il s'agisse d'un carrefour ou d'une autoroute. Elles sont cruciales pour la conception, l'entretien et l'exploitation des réseaux routiers.

La planification routière repose sur la prévision des trafics, y compris ceux susceptibles de concurrencer la route via d'autres modes de transport.

Ces prévisions permettent :

• De définir les caractéristiques techniques des tronçons (géométrie, structure) en fonction du trafic attendu, et d'estimer les coûts d'investissement

• D'évaluer les coûts d'entretien des routes et d'exploitation des véhicules, notamment pour les analyses économiques

II.2. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Cette étude vise à prévoir le trafic sur la RN18 entre Berrouaghia et Sidi Naamane sur les 20 prochaines années.
Des enquêtes et comptages ont été menés pour estimer la demande, ce qui reste plus complexe que d'inventorier le réseau existant.
La fiabilité dépend surtout de la qualité de l'échantillon.
Si les flux simulés collent aux flux réels, la demande est bien estimée.
Le projet est alors dimensionné pour répondre à cette demande future.

II.3. Les données de Trafic

Les données de trafic présentées ci-dessous ont été collectées et analysées par le bureau d'études en charge de l'évaluation de la circulation. Elles fournissent un aperçu détaillé des flux de véhicules et des tendances de déplacement, permettant ainsi une meilleure compréhension des dynamiques de mobilité.

- Le trafic a l'année 2024 : $\boldsymbol{TJMA_{2024} = 10\,103\ v/j}$
- Le taux d'accroissement annuel du trafic : $\boldsymbol{\tau = 3.5\%}$
- La vitesse de base sur le tracé : $\boldsymbol{v_b = 80\ km/h}$
- Le pourcentage de poids lourds : $\boldsymbol{Z = 15.5\%}$
- Le coefficient d'équivalence de poids lourd : $\boldsymbol{P = 3}$
- L'année de mise en service sera en **2027**
- La durée de vie estimée de **20 ans**
- L'horizon de projet a **20 ans** soit : **2047**
- Route de catégorie **C1** et environnement **E2**

II.4. Calcul de la capacité

Au sens large, la capacité d'une route reflète sa capacité à faire circuler le trafic de manière fluide. C'est une donnée essentielle pour garantir un usage efficace et cohérent du réseau routier.

Mais ces chiffres ne veulent pas dire grand-chose si on ne les relie pas à la qualité du service rendu, autrement dit le niveau de service. Celui-ci dépend de plusieurs éléments, comme :

- Les conditions de circulation,
- Les équipements à disposition (aires de repos, stations-service, etc.),
- La qualité de la signalisation,
- Les dispositifs de sécurité (glissières, protections latérales),
- Et la facilité d'accès aux villes et routes secondaires.

Les conditions de circulation jouent un rôle central dans la définition du niveau de service. Elles ont des implications à la fois pour l'usager et pour la collectivité :

Pour l'usager, elles influencent :

- La durée du trajet
- La liberté de circulation
- Le confort de conduite
- La sécurité, tant en termes de taux d'accidents que de sentiment de sécurité

Pour la collectivité, elles entraînent des conséquences sur :

- Les temps de parcours sur les différentes parties du réseau, avec des répercussions économiques, sur l'aménagement du territoire et sur la gestion du trafic
- Les enjeux de sécurité, notamment le nombre d'accidents, souvent proportionnel au volume de trafic
- La consommation de carburant et son impact environnemental

Ainsi, une gestion efficace du réseau routier nécessite une prise en compte simultanée de la capacité des routes et de la qualité du service qu'elles offrent.

II.5. Projection future de trafic

Pour le trafic prévisible en utilisant la formule suivante :

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

Avec :

- $\boldsymbol{TJMA_h}$ **:** Le trafic à l'année horizon $(\boldsymbol{v/j})$
- $\boldsymbol{TJMA_0}$ **:** Le trafic à l'année de référence $(\boldsymbol{v/j})$
- $\boldsymbol{n}$ **:** Nombre d'années
- $\boldsymbol{\tau}$ **:** Taux d'accroissement du trafic **(%)**

II.5.1. Application

- À l'année de mise en service (2027) **:** $\boldsymbol{TJMA_{2027} = 10103(1 + 0.035)^3 = 11202\ v/j}$
- À l'année horizon (2047) **:** $\boldsymbol{TJMA_{2047} = 11202(1 + 0.035)^{20} = 22290\ v/j}$

Alors

$$\boldsymbol{TJMA_{2047} = 22290\ v/j}$$

II.6. Trafic induit

Le trafic induit désigne les déplacements supplémentaires générés par les nouvelles facilités offertes par l'aménagement routier. Autrement dit, il correspond à l'augmentation du volume de circulation résultant de l'amélioration ou de la création d'infrastructures. Il peut être formulé de la manière suivante :

$$\boldsymbol{T_{induit-h} = TJMA_0 \times \%ti \times \%vp \times (1 + \tau)^n}$$

Avec :

- $\boldsymbol{T_{induit-h}}$ **:** Le trafic induit à l'année horizon $(\boldsymbol{uvp/j})$
- $\boldsymbol{\%ti}$ **:** Le taux de trafic induit égale à 10%
- $\boldsymbol{\%vp}$ **:** Le pourcentage des véhicules particuliers égale à 59%

Application

$$\boldsymbol{T_{induit-2047} = 10103 \times 0.1 \times 0.59 \times (1 + 0.035)^{23}}$$

$$\boldsymbol{T_{induit-2047} = 1315\ uvp/j}$$

II.7. Trafic effectif

C'est le trafic par unité de véhicule particulier, Il est donné par la formule suivante :

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

Avec :

- $\boldsymbol{T_{eff}}$ **:** Trafic effectif a l'année horizon en (uvp)
- $\boldsymbol{Z}$ **:** Pourcentage du poids lourd (%)
- $\boldsymbol{P}$ **:** Coefficient d'équivalence de poids lourd

Application

$$\boldsymbol{T_{eff} = [(1 - 0.155) + 3 \times 0.155] \times 22290}$$

$$\boldsymbol{T_{eff} = 29200\ uvp/j}$$

En ajoutant le trafic induit on trouve :

$$\boldsymbol{T_{eff} = 30515\ uvp/j}$$

II.8. Débit de pointe horaire normal (évaluation de la demande)

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

$$\boldsymbol{Q = (1/n) \times T_{eff}}$$

Avec :

- $\boldsymbol{Q}$ **:** Débit de pointe horaire
- $\boldsymbol{1/n}$ **:** Coefficient de pointe horaire pris est égale à 0.12

Application

$$\boldsymbol{Q = 0.12 \times 30515}$$

$$\boldsymbol{Q = 3662\, uvp/h}$$

II.9. Débit horaire admissible

Le débit horaire maximale accepte par voie est déterminé par l'application de la formule suivante :

$$\boldsymbol{Q_{adm} = K1 \times K2 \times C_{th}}$$

Avec :

- $\boldsymbol{K1}$ **:** Coefficient correcteur égale à **0.85**
- $\boldsymbol{K2}$ **:** Coefficient correcteur égale à **0.99**
- $\boldsymbol{C_{th}}$ **:** Capacité théorique du profil en travers en régime stable égale à **1800** $\boldsymbol{uvp/h}$

Tableau II.1 : Valeurs de coefficient réducteur K1

Environnement	E1	E2	E3
Valeur de K1	0.75	0.85	0.9-0.95

Tableau II.2 : Valeurs de coefficient réducteur K2

	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau II.3 : Capacite théorique du profil en travers en régime stable

	Capacité théorique (uvp/h)
Route à 2 voies de 3.5m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3.5m	2400 à 3200
Route à chaussée separées	1500 à 1800

Application

$$\boldsymbol{Q_{adm} = 0.85 \times 0.99 \times 1800}$$

$$\boldsymbol{Q_{adm} = 1515\ uvp/h}$$

II.10. Calcul le nombre de voies

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

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

Avec :

- $\boldsymbol{S}$ **:** Coefficient de dissymétrie en générale égale à $2/3$

Application

$$\boldsymbol{N = \frac{2}{3} \times \frac{3662}{1515} = 1.61 \approx 2\ voies}$$

II.11. Calcul de l'année de saturation

L'année de saturation est déterminée en considérant un sens de circulation, avec un facteur 2 appliqué au débit horaire de pointe (calculé pour une seule voie).

Formules utilisées :

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

$$\boldsymbol{Q_{saturation} = Q_{2024} \times (1+\tau)^n}$$

Avec

- $\boldsymbol{T_{eff2027} = [(1 - 0.155) + 3 \times 0.155] \times 11202 = 14675\ uvp/j}$
- $\boldsymbol{Q_{2027} = 0.12 \times 14675 = 1761\ uvp/j}$

$$\boldsymbol{4 \times Q_{adm} = Q_{2024} \times (1+\tau)^n}$$

$$\boldsymbol{\frac{4 \times Q_{adm}}{Q_{2027}} = (1+\tau)^n}$$

$$\boldsymbol{\ln\left(\frac{4 \times Q_{adm}}{Q_{2027}}\right) = n \ln(1+\tau)}$$

$$\boldsymbol{n = \frac{\ln\left(\frac{4 \times Q_{adm}}{Q_{2027}}\right)}{\ln(1+\tau)}}$$

$$n = \frac{\ln(\frac{4 \times 1515}{1761})}{\ln(1 + 0.035)}$$

$$n = 35.92 \approx 36\ ans$$

- **Année de saturation $= 2027 + 36 = 2063$**

II.12. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Selon les prévisions de trafic à l'horizon 2047, il est nécessaire d'augmenter la capacité de la RN 18. Actuellement en 2 voies, cette section ne pourra absorber le trafic futur. Son élargissement en **2x2 voies** est donc une solution justifiée et recommandée.

Cette infrastructure offrira plusieurs avantages :
• Absorption du trafic croissant
• Réduction des temps de trajet
• Économies sur les coûts d'exploitation des véhicules

D'autres bénéfices renforcent la rentabilité du projet :
• Amélioration nette de la sécurité, surtout aux carrefours et contre les collisions frontales

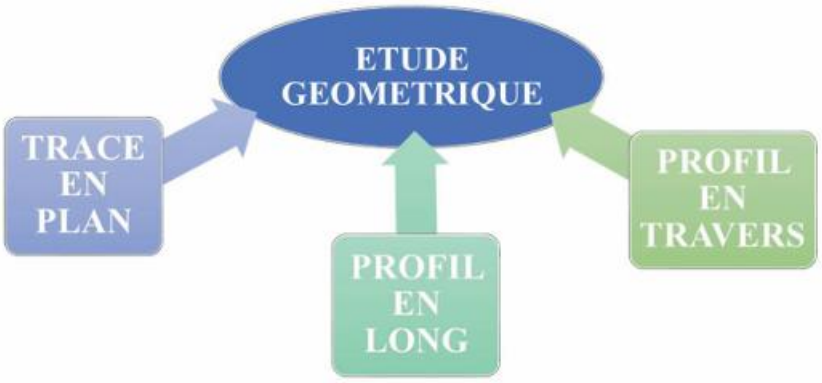
Par ailleurs, comme 70 % du trafic de la **RN 18** traverse **Sidi Naamane**, un contournement devient une solution stratégique.
Pour garantir cohérence et fluidité, ce contournement devra respecter les mêmes caractéristiques (2x2 voies) que les autres tronçons, assurant ainsi sécurité et confort sur l'ensemble de l'itinéraire Berrouaghia – Sidi Naamane.

Étude géométrique

III.1. INTRODUCTION

Ce chapitre présente les critères géométriques appliqués à la conception du tracé routier dans le cadre de l'aménagement des routes. L'objectif de l'étude géométrique est de concevoir une route offrant un niveau de service élevé, notamment en matière de sécurité, de gain de temps, de confort de conduite et d'efficacité du parcours pour les usagers.

La chaussée d'une route est une représentation spatiale pensée selon une approche géométrique, reposant sur trois composantes principales :



III.2. Type de route retenu selon la norme ARP

Le choix du type de route selon la norme ARP est essentiel, car il conditionne tous les paramètres de conception : tracé en plan, profil en long et profil en travers.

Dans le cadre du projet de dédoublement de la Route Nationale **n°18**, le type de route retenu est **R80**, conformément aux classifications de la norme de l'Aménagement des Routes Principales (ARP).

L'**étude de trafic** réalisée a permis de justifier la mise en place d'une infrastructure en **2×2 voies**, correspondant à un profil à deux chaussées distinctes, adapté à un trafic interurbain important.

Parmi les catégories possibles pour les routes de type **R** (routes multifonctionnelles), deux options sont prévues : **R60** et **R80**. Le choix s'est porté sur **R80** pour les raisons suivantes :

- Le profil **2×2 voies** correspond à celui des artères interurbaines, telles que définies dans le tableau ARP.
- Le trafic futur estimé est élevé, ce qui justifie le recours à un gabarit et une classification compatibles avec un fort trafic.
- Il s'agit d'un axe stratégique du réseau national, nécessitant une fonction de liaison interurbaine fiable et durable.

- La limitation de vitesse hors agglomération, pouvant atteindre **110 km/h** pour le type R80, est cohérente avec les performances attendues sur cet itinéraire.

En conclusion, le classement en type **R80** assure une réponse adéquate aux exigences de capacité, de sécurité et de continuité du service pour une route nationale à fort potentiel.

III.3. TRACÉ EN PLAN

III.3.1. Définition

Le tracé en plan d'une route correspond à la projection de ses points sur un plan horizontal. Il se compose généralement d'une suite d'alignements droits reliés entre eux par des courbes assurant une transition progressive. Ces éléments permettent d'assurer un cheminement fluide et sécurisé.

III.3.2. Principes à respecter pour un bon tracé

Les normes utilisées dans notre projet sont celles définies par l'ARP. Il est impératif de les appliquer rigoureusement lors de la conception et de l'exécution du tracé. Voici quelques recommandations clés :

- Éviter autant que possible le franchissement des oueds afin de réduire les ouvrages d'art coûteux ; si le franchissement est inévitable, il convient de minimiser les impacts.
- Contourner les zones forestières pour préserver l'environnement naturel.
- Réduire l'emprise sur les propriétés privées au strict nécessaire.
- Adapter le tracé au relief naturel du terrain pour limiter les terrassements importants.
- Connecter le tracé aux réseaux routiers existants de manière cohérente.
- Suivre les normes en vigueur.
- Prendre en compte la protection de l'environnement.

III.3.3. Les composantes du tracé en plan

Le tracé en plan comprend trois éléments essentiels :

- **Alignements** : segments droits assurant la lisibilité et la régularité du parcours.
- **Courbes de raccordement** : permettent une transition progressive entre lignes droites et courbes.
- **Arcs de cercle** : assurent la stabilité, la visibilité en virage et l'adaptation à la largeur de chaussée.

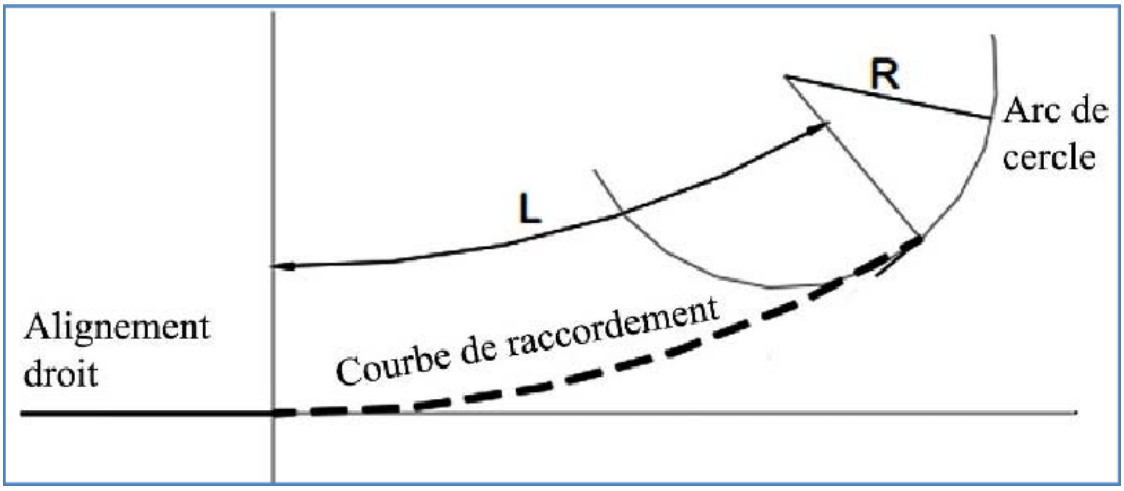


Figure III.1 : Éléments constitutifs d'un tracé en plan

III.3.4. Recommandations de l'ARP

Conformément à la norme relative à l'Aménagement des Routes Principales (ARP), il est recommandé de suivre autant que possible les consignes suivantes :

1. **Privilégier des alignements droits** sur au moins 50 % du linéaire, afin de faciliter l'implantation de carrefours et offrir une bonne visibilité pour les dépassements. Ces sections droites peuvent alterner avec des courbes moyennes (rayon supérieur au rayon minimal, mais inférieur au rayon non déversé).
2. **Éviter, en fin de longs alignements droits (> 1 km)**, les courbes de rayon < 300 m, quelle que soit la catégorie de route. En cas de descentes rapides ou d'alignements plus courts (0,5 à 1 km), il faut éviter les courbes de rayon < 200 m.
3. **Respecter la compatibilité des courbes successives** : si deux courbes se suivent, même séparées par un alignement droit, leurs rayons R_1 et R_2 doivent vérifier :
   $0{,}67 < R_1/R_2 < 1{,}5$, sauf si R_1 et $R_2 > 500$ m.
4. **Éviter les courbes en "S" prononcées** (en S, en C ou à sommet), qui nuisent au confort et à la sécurité.

III.3.5. Succession des courbes et des raccordements

Dans les tracés de routes neuves, les plans comprennent des alignements droits, des courbes circulaires et des courbes de raccordement (clothoïdes, notamment quand le rayon est inférieur à une valeur donnée).

Les courbes de raccordement ne peuvent être utilisées qu'entre :

- Un alignement droit et une courbe circulaire,
- Ou entre deux courbes circulaires de sens opposés.

Deux courbes de même sens doivent être séparées par un alignement droit d'au moins :

- **$L = 3 \times V_{85}$**, avec **V_{85}** la vitesse de référence en m/s, et **L** en mètres.
  Dans notre cas, pour V_{85} = 90 km/h, on prend **L = 75 m**.

À éviter absolument :

- Les courbes formées d'arcs de cercles aux rayons différents accolés.
- Les courbes du même sens reliées par plusieurs arcs de clothoïde (ex. : formes "en OVE", "en C").
- Les courbes "à sommet" (clothoïdes entre deux alignements droits).

Ces géométries génèrent des changements brusques de courbure, dangereux pour la sécurité des usagers.

Exceptions :

Les courbes dites "en S" sont autorisées si :

- Elles relient deux courbes circulaires opposées via deux arcs de clothoïde,
- Ou sont séparées par au moins **50 m** d'alignement droit si les courbes ne sont pas déversées.

III.3.6. Paramètres géométriques de conception

Les valeurs ci-dessous définissent les principaux paramètres géométriques à respecter pour le tracé et le dimensionnement de la route.

Tableau III.1 : Paramètres géométriques du tracé en plan

Paramètres géométriques	Valeur	Unité
Rm : Rayon minimal	240	m
Rdm : Rayon au dévers minimal	650	m
Rnd : Rayon minimal non déversé	900	m
Rmc : Rayon max. pour utilisation clothoïde	600	m
PMax : Dévers maximal	7	%
Pmin : Dévers minimal (en alignement droit)	2.5	%
Vb : Vitesse de base	80	km/h

III.4. PROFIL EN LONG

III.4.1. Introduction

Le profil en long est constitué de sections rectilignes caractérisées par leur pente (montée ou descente) et de raccordements courbes (circulaires ou paraboliques) définis par leur rayon.
Son principal objectif est d'assurer une continuité de lecture pour l'usager, facilitant la compréhension du tracé, la prévision de son évolution, ainsi qu'une bonne perception des points singuliers.

III.4.2. Règles à respecter lors du tracé du profil en long

Le tracé de la ligne rouge doit répondre à plusieurs critères liés au confort, à la sécurité, à la visibilité et à l'évacuation des eaux pluviales.

Parmi les règles essentielles :

- Respecter les paramètres géométriques définis par les normes en vigueur.
- Privilégier un profil en léger remblai plutôt qu'en léger déblai, afin d'améliorer l'évacuation des eaux et d'éviter d'isoler la route dans le paysage.
- Prévoir un bon écoulement des eaux en plaçant les zones de dévers nuls sur des pentes positives.
- Rechercher un équilibre entre les volumes de remblais et de déblais.
- Éviter les remblais excessifs.
- Assurer une coordination optimale entre le tracé en plan et le profil en long ; la combinaison des alignements et des courbes doit respecter certaines recommandations :
    - Éviter les lignes brisées formées par plusieurs pentes voisines : les remplacer par une courbe unique ou une combinaison de courbes à grand rayon.
    - Remplacer deux courbes successives de même sens par une courbe unique.
    - Adapter le profil en long à la topographie générale du paysage.

III.4.3. Éléments géométriques du profil en long

III.4.3.1. Les alignements

Le profil en long se compose de :

- **Rampes** (pentes montantes),
- **Pentes** (pentes descendantes),

- **Déclivités** (valeurs de pente entre deux points),
- **Arcs de cercle** pour relier les sections rectilignes de façon fluide et progressive.

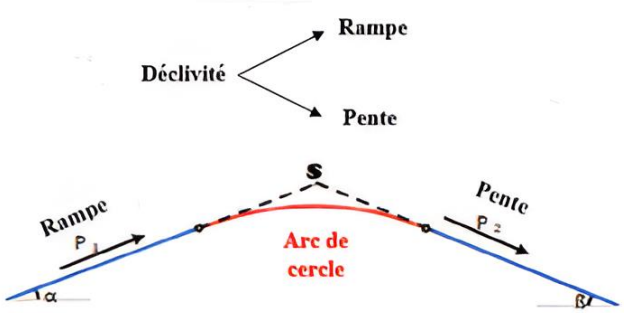


Figure III.2 : Éléments géométriques du profil en long

III.4.3.2. Les raccordements

Les changements de déclivité doivent être raccordés par des courbes paraboliques. Le choix du rayon et de la forme de la courbe doit garantir une bonne visibilité et un confort de conduite.

On distingue deux types de raccordements :

- **Raccordements convexes (angles saillants)** : utilisés pour relier une montée suivie d'une descente.

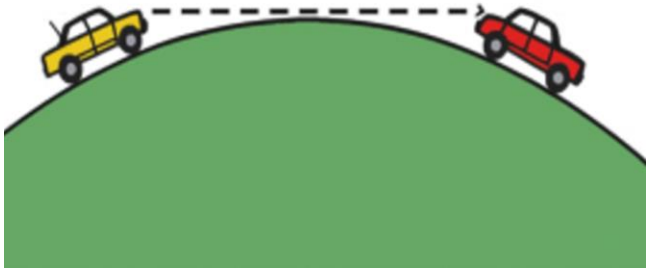


Figure III.3 : Visibilité sur un raccordement saillant (profil convexe)

- **Raccordements concaves (angles rentrants)** : utilisés pour relier une descente suivie d'une montée.



Figure III.4 : Visibilité sur un raccordement rentrant (profil concave)

III.4.4. Caractéristiques géométriques

Pour garantir à la fois le confort visuel et la sécurité dynamique des usagers, le profil en long doit respecter certains paramètres géométriques. Les limites à ne pas dépasser sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau III.2 : Caractéristiques limites des paramètres du profil en long

Catégorie de route	R60	R80 et T80	T100
Déclivité maximale	7%	6%	5%
Rayon minimal en angle saillant (m)	1500	3000	6000
Rayon minimal en angle rentrant (m)	1500	2200	3000

III.4.5. Évacuation des eaux de ruissellement

Afin d'assurer un écoulement efficace des eaux de ruissellement sur et autour de la chaussée, il est recommandé d'adopter des pentes longitudinales minimales :

- **0,5 %** dans les zones où la pente transversale de la chaussée est inférieure à ce seuil, en particulier si un risque de verglas existe.
- **Au moins 0,2 %** dans les longues sections en déblai, afin que les dispositifs d'évacuation ne soient pas enfouis trop profondément du côté aval.
- **Au moins 0,2 %** dans les sections en remblai où des dispositifs de drainage sont prévus.

III.4.6. Recommandations selon l'ARP

D'après l'ARP, les paramètres géométriques à respecter pour le profil en long de la route de type **R80** sont indiqués ci-dessous :

Tableau III.3 : Paramètres géométriques selon l'ARP (profil en long)

Catégorie de route	**R80**
Déclivité maximale	6%
Rayon minimal en angle saillant (m)	3000
Rayon minimal en angle rentrant (m)	2200

III.5. PROFIL EN TRAVERS

III.5.1. Définition

Le profil en travers correspond à une coupe verticale perpendiculaire à l'axe de la route projetée. Il permet de visualiser la largeur totale de la chaussée, le nombre de voies, et les différents éléments de structure. Ces caractéristiques dépendent notamment de l'intensité du trafic, des objectifs de niveau de service, ainsi que des contraintes économiques et politiques.

III.5.2. Types de profil en travers

- **Profil en travers type** : Il s'agit d'un dessin de référence utilisé dans les projets de construction de routes neuves ou de réaménagement d'infrastructures existantes. Ce profil est appliqué sur le terrain naturel en tenant compte des altitudes du projet. Il sert notamment au calcul préalable des volumes de terrassement.
- **Profil en travers courant** : Ces profils sont relevés à intervalles réguliers (tous les 5, 10, 15, 20 mètres, etc.) le long du tracé. Ils permettent d'évaluer les cubatures à partir des conditions du terrain naturel, qu'il soit plat ou accidenté.

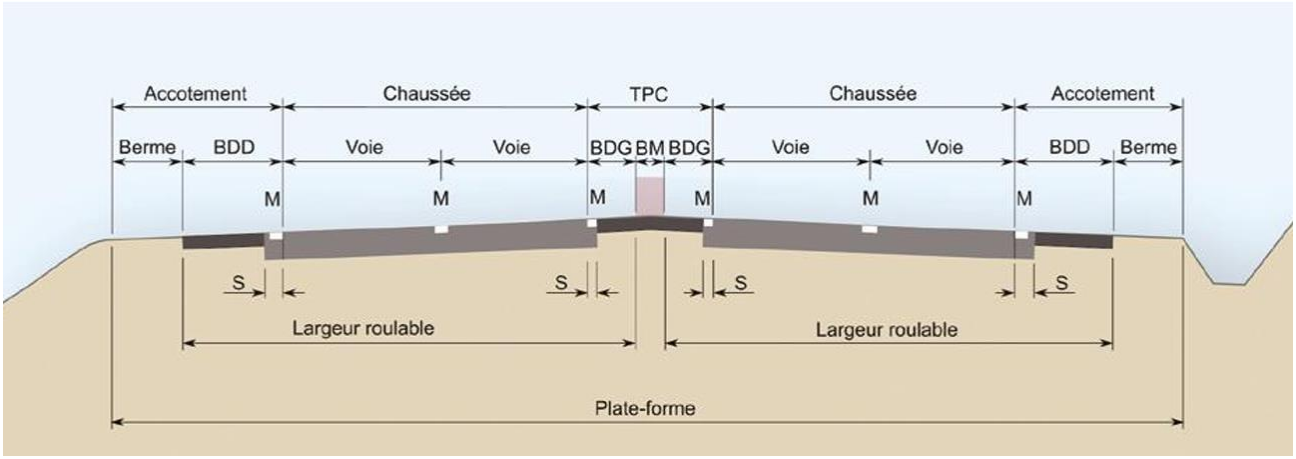
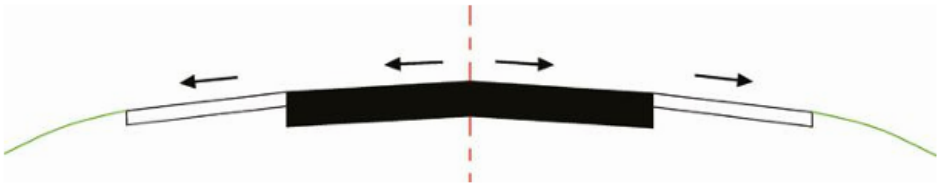
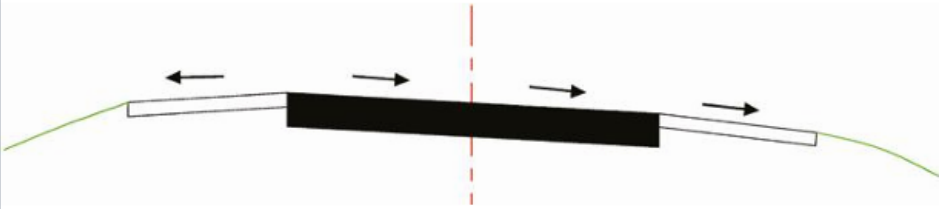
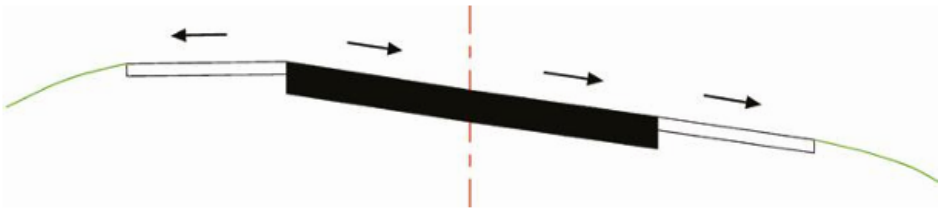


Figure III.5 : Éléments constitutifs du profil en travers à 2×2 voies

III.5.3. Pentes transversales

Le tableau suivant présente les valeurs de pente transversale recommandées dans un profil en travers type, conformément aux normes de l'Aménagement des Routes Principales.

Tableau III.4 : Tableau Pentes transversales

Pentes transversales	Accotement		Chaussée		Accotement	
	Berme	BDD (dont surlargeur de chaussé[74])			BDD (dont surlargeur de chaussé[74])	Berme
En alignement et courbe non déversée						
	8 %	2,5 % ou 4 % si revêtue 4 % si stabilisée	2,5 %	2,5 %	2,5 % ou 4 % si revêtue 4 % si stabilisée	8 %
En courbe déversée avec pente transversale ≤ 4 %						
	8 %	2,5 % ou 4 % si revêtue[72] 4 % si stabilisée	2,5 % < P ≤ 4 %		P ou 4 % si revêtue 4 % si stabilisée	8 %
En courbe avec pente transversale > 4 %						
	8 %	1,5 % si revêtue[72] 2,5 % si stabilisée	P > 4 %		P	8 %

III.5.4. Application au projet

Conformément aux prescriptions des normes ARP en vigueur, le profil en travers d'une route interurbaine de type 2×2 voies est dimensionné de manière à assurer la fluidité du trafic, la sécurité des usagers et la possibilité d'un éventuel élargissement futur. Les éléments constitutifs du profil sont précisés dans le tableau ci-dessous.

Tableau III.5 : Caractéristiques du profil en travers type

Description	**Largeur unitaire (m)**	**Nombre**	**Largeur totale (m)**
Voie de circulation (2×2 voies)	3,50	4	14,00
Bande dérasée de gauche (B.D.G.)	0,5	2	1,00
Bande médiane (B.M.)	0,60	1	0,60
Terre-plein central (T.P.C.)	1,60	1	1,60
Berme	1.00	2	2.00
Bande dérasée de droite (B.D.D.)	2.00	2	4.00
Accotement stabilisé	3,00	2	6,00
Total largeur plate-forme			**21.60 m**

Étude géotechnique

IV.1. INTRODUCTION

La réussite d'un projet routier ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un profil longitudinal adéquat. Une fois construite, la route doit pouvoir résister durablement aux agressions extérieures (climat, eaux, agents chimiques) ainsi qu'aux surcharges dues à l'exploitation. Pour garantir cette résistance, il est indispensable de lui conférer non seulement de bonnes caractéristiques géométriques, mais aussi d'excellentes propriétés mécaniques, capables de supporter l'ensemble des charges tout au long de sa durée de vie.

La géotechnique routière est une discipline qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des sols et des roches servant de fondation aux structures de chaussée. Elle s'intéresse notamment à la stabilité, à la portance, et au comportement des terrains soumis à diverses sollicitations internes et externes.

IV.2. Objectifs de l'Étude Géotechnique

Les objectifs d'une étude géotechnique peuvent être regroupés en deux grandes phases :

➤ **Pendant la phase d'étude :**

- Dimensionnement adéquat du corps de chaussée
- Optimisation des mouvements de terre (remblais et déblais)
- Sélection judicieuse des matériaux à utiliser
- Détermination des pentes optimales pour remblais et déblais
- Vérification de la stabilité des talus contre le glissement et le poinçonnement
- Interprétation des caractéristiques lithologiques et physico-mécaniques des sols et roches

➤ **Pendant la phase d'exécution :**

- Choix des moyens et équipements adaptés à la nature des sols rencontrés
- Sélection de la méthode d'exécution la plus appropriée
- Extraction, tri et réutilisation des matériaux issus des déblais

IV.3. Moyens de Reconnaissance

La reconnaissance géotechnique d'un tracé routier repose essentiellement sur trois types de sources :

- L'étude des archives et documents existants
- Les visites de terrain et les essais *in situ*
- Les essais de laboratoire

IV.3.1. Étude des Archives et Documents Existants

Les études antérieures menées à proximité du tracé constituent une source précieuse d'informations pour une première approche du terrain. Elles permettent d'identifier les principales caractéristiques géologiques et géotechniques des sols traversés.

Les cartes géologiques et géotechniques disponibles, bien qu'elles soient parfois sommaires, fournissent des indications utiles sur la nature des formations présentes, leur extension, ainsi que leur comportement attendu. Ces documents orientent efficacement les investigations ultérieures à mener sur le terrain.

IV.3.2. Visites sur Site et Essais *In-Situ*

Les visites sur le terrain permettent de vérifier et d'affiner les informations préalablement recueillies dans les documents d'archives. La reconnaissance visuelle constitue souvent la première étape du programme d'investigation géotechnique *in-situ*.

Les essais *in-situ* jouent un rôle essentiel car ils permettent :

- Soit la mesure directe de certaines caractéristiques sur place,
- Soit le prélèvement d'échantillons destinés aux essais en laboratoire.

Dans la majorité des cas, ces deux approches sont complémentaires et réalisées conjointement.

IV.3.3. Essais en Laboratoire

Après l'identification visuelle des échantillons, ceux-ci — choisis comme représentatifs des différentes strates du sol — sont soumis à des analyses approfondies en laboratoire.

Ces essais sont d'une importance cruciale, car ils permettent de déterminer :

- Le type de sol
- Le comportement mécanique du sol
- Le comportement au cisaillement
- Les caractéristiques physiques du sol

IV.4. GÉOLOGIE RÉGIONALE

L'Algérie se divise en deux grands domaines géologiques :

- Un domaine septentrional, correspondant à l'ensemble atlasique.
- Un domaine méridional, représentant la plateforme saharienne.

Le domaine septentrional (également appelé ensemble atlasique) se subdivise en trois grands ensembles structuraux :

- Au sud, l'Atlas saharien.
- Au nord, l'Atlas tellien.
- Entre les deux, les Hauts Plateaux.

La zone étudiée se rattache au système montagneux de l'Atlas tellien ainsi qu'aux Hauts Plateaux.

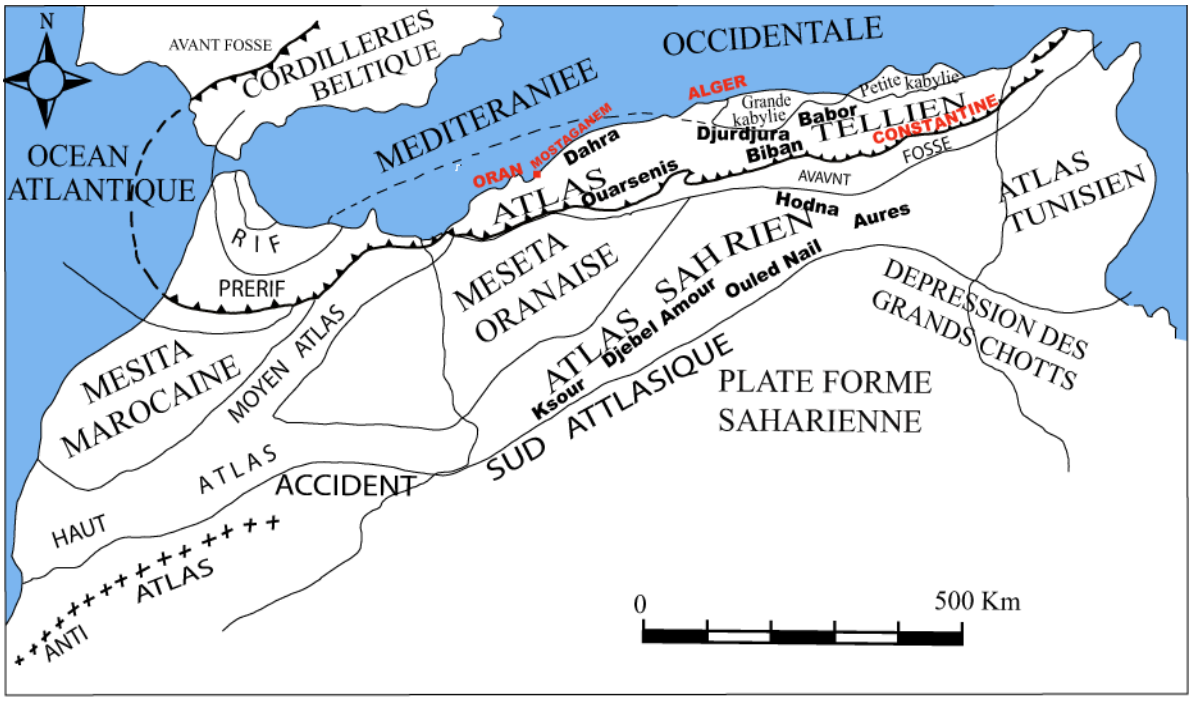


Figure IV.1 : Esquisse structurale de BERBERIE (A. CAIRE 1967)

IV.5. Géologie locale

La zone d'étude se situe dans la chaîne montagneuse de l'Atlas tellien, à l'extrémité nord des Hauts Plateaux. Les formations les plus répandues sont celles du Quaternaire et du Néogène.

IV.5.1. Stratigraphie

- **Quaternaire** : Composé de formations de pentes incluant limons, sables, argiles et galets.
- **Néogène** : Réparti sur l'ensemble de la région, représenté par des formations miocènes et pliocènes : argiles marneuses, calcaires organogènes, grès et conglomérats.

- **Crétacé** :
    - Le Crétacé inférieur est formé de schistes argilo-siliceux, argilites et marnes, avec intercalations de grès siliceux et parfois des roches gypseuses.
    - Le Sénonien se compose d'une alternance de marnes compactes à structure pélitomorphe et de calcaires gris foncé, massifs et rubanés à cassure conchoïdale.
    - Le Crétacé supérieur comprend des calcaires marneux gris, des grès brunâtres et des schistes argileux.
    - Le Paléogène (Éocène et Oligocène) est représenté par des argiles marneuses, grès, conglomérats et calcaires organogènes.

IV.5.2. Tectonique

La région appartient au domaine tellien, dominé par les anticlinoriums de Blida et de Tablat. Les déformations tectoniques observées sont liées à l'orogenèse alpine et se déclinent en trois types :

- **Déformations tangentielles** : nappes de charriage.
- **Déformations souples et cassantes** : plis et failles orientés selon diverses directions.

IV.6. HYDROGÉOLOGIE

Les formations granulaires et détritiques, ponctuées de quelques épisodes carbonatés, présentes dans la région étudiée, possèdent une bonne capacité de stockage des eaux souterraines grâce à la porosité de leurs matériaux. Cette caractéristique favorise leur fonctionnement en tant que nappes aquifères. La diversité lithologique et géométrique de ces formations entraîne la présence de plusieurs systèmes aquifères de nature variée.

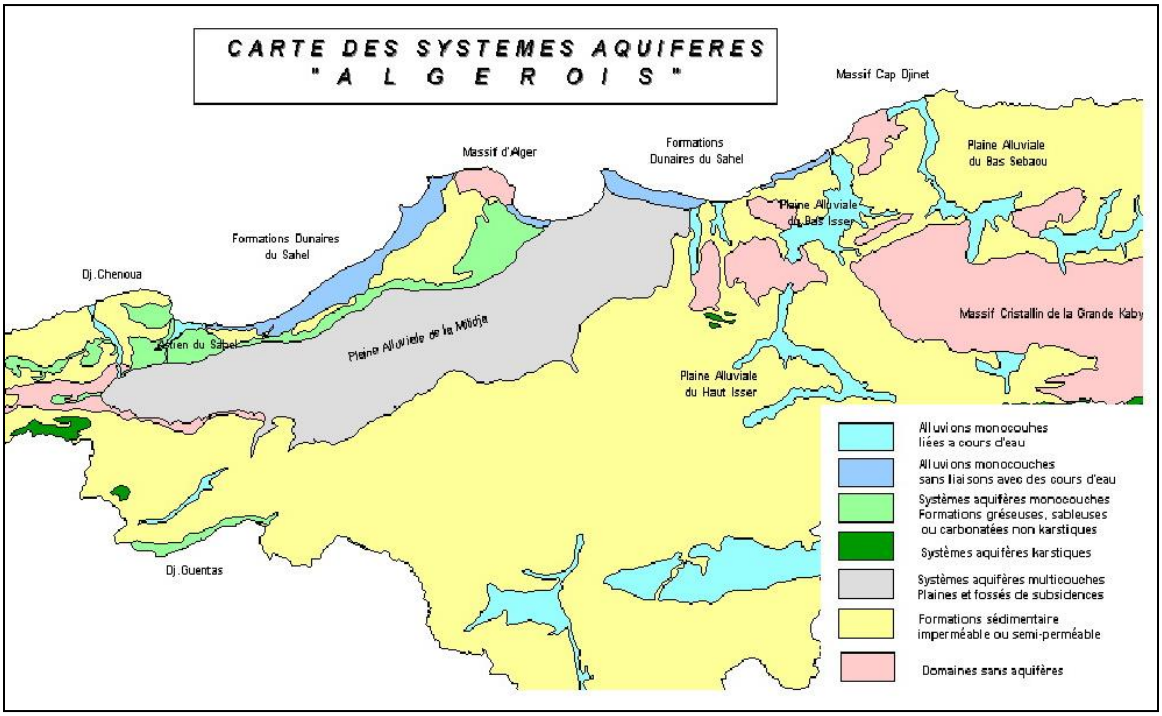


Figure IV.2 : Carte des systèmes aquifères de l'algérois

L'aquifère de la Mitidja, le plus important de l'Algérois, est constitué d'une formation granulaire perméable de 100 à 150 m d'épaisseur, diminuant progressivement vers les reliefs de l'Atlas. Au centre de la plaine (zones de Mazafran et Barraki), certains sondages ont traversé plus de 200 m de graviers et sables, tandis qu'au sud, cette épaisseur ne dépasse pas 100 m. Il est exploité par des puits captant la nappe superficielle et des forages visant les couches profondes. La réserve en eau souterraine y est estimée à 328 m³.

Le substratum imperméable est constitué des marnes d'El Harrach, séparant cet aquifère de l'aquifère détritique de l'Astien. Les deux principaux réservoirs sont formés par l'Astien gréseux (ou gréso-calcaire) et les alluvions quaternaires.

IV.6.1. Réservoir astien

- **Région du Mazafran** : L'Astien, d'environ 100 m d'épaisseur, repose entre les marnes plaisanciennes (substratum) et celles du Villafranchien (couvre). Il est alimenté par les précipitations sur l'affleurement du Sahel, avec drainage vers la nappe alluviale via les marnes jaunes. L'écoulement va du Sahel vers la plaine du Mazafran.

- **Région Harrach-Hamiz** : L'Astien est en contact direct avec les alluvions à l'est d'El Hamiz (poche de Rouiba), formant un aquifère unique avec le Quaternaire. L'écoulement suit une direction similaire à celle de la nappe alluviale, mais les charges hydrauliques diffèrent :
    - Dans le piémont de l'Atlas, la côte piézométrique des alluvions est inférieure de 40 m à celle de l'Astien.
    - Dans la basse plaine d'El Harrach, l'Astien alimente les alluvions (différence de 10 m).

IV.6.2. Réservoir quaternaire

Divisé en deux bassins par la crête de Chebli :

- **Bassin du Mazafran** : Alimenté par les précipitations, les infiltrations depuis les oueds (Chiffa, Bou Roumi) et l'Astien (par contact ou drainage). La nappe est piézométriquement située entre 60 et 90 m dans le piémont et devient captive dans le bas Mazafran, sous les limons. L'exutoire naturel est l'évapotranspiration via les limons.
- **Bassin Harrach-Hamiz** : Alimenté de manière similaire par les oueds d'El Harrach et Hamiz. La mer constitue l'unique exutoire naturel. Les variations saisonnières du niveau piézométrique sont quasi nulles près du littoral et peuvent atteindre 10 m dans les piémonts.

IV.7. RECONNAISSANCES GÉOTECHNIQUES DES TRACÉS

Les variantes retenues pour le dédoublement de la RN 18, visant à améliorer le réseau routier de la wilaya de Médéa, suivent principalement le tracé de la route nationale reliant les wilayas de Médéa et de Bouira sur une distance de 67 km.

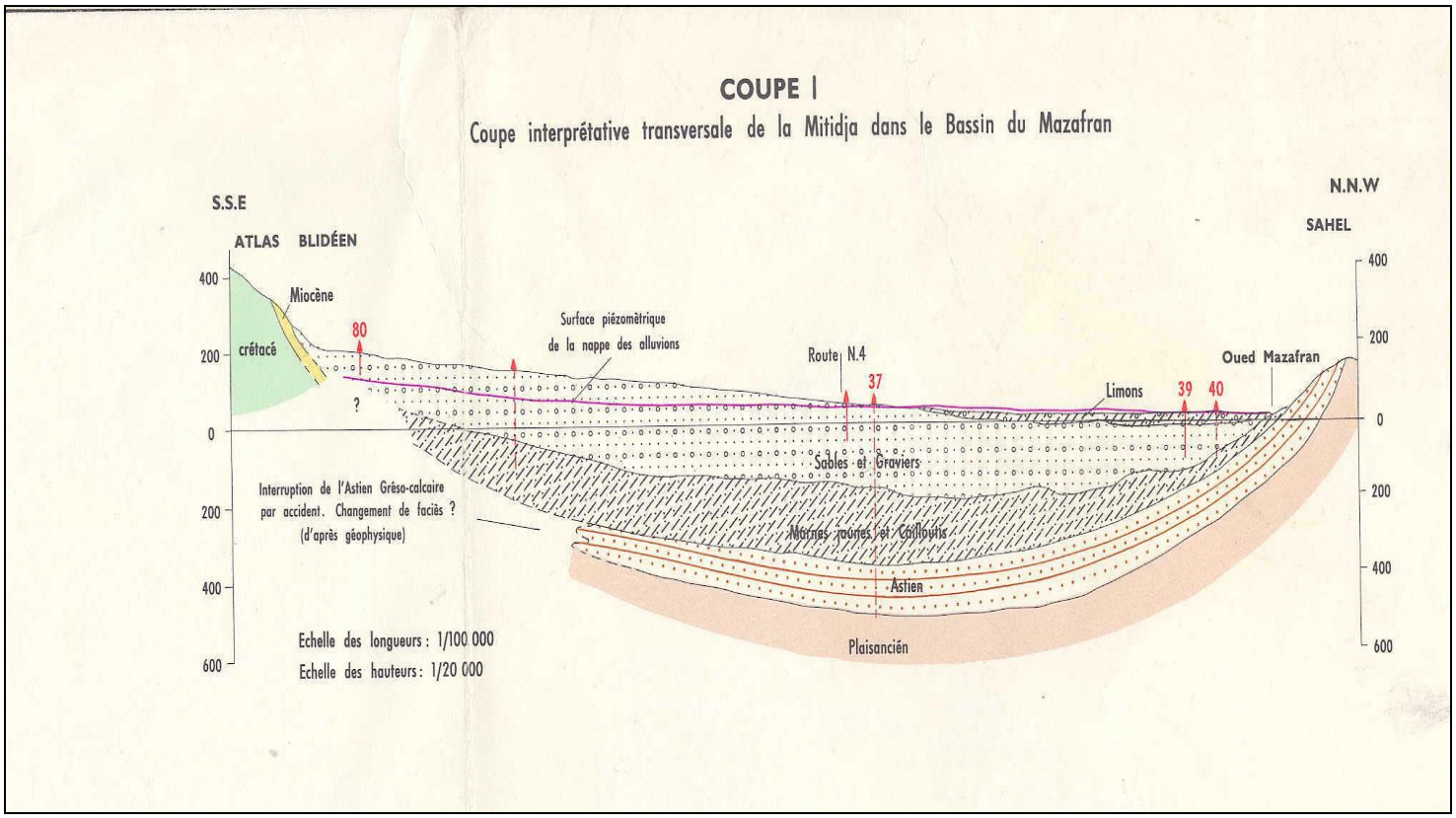


Figure IV.3 : Coupe transversale dans la Mitidja

IV.8. RECONNAISSANCE IN SITU

Dans le cadre de cette phase d'Avant-Projet Détaillé (APD), 5 puits de reconnaissance ont été réalisés, avec des profondeurs variantes entre 2,5 et 3,5 mètres, en fonction de la nature du sol support rencontré. En général, les terrains de surface sont décrits dans le tableau.

Ces puits ont été répartis conformément aux priorités établies dans le programme :

Tableau IV.1 : Implantation des puits de reconnaissance

Puits	PK	Nature du sol
01	59+300	Argile brunâtre plastique graveleuse légèrement caillouteuse
02	61+900	Argile marneuse altéré de couleur brune à grise
03	63+900	Argile brun clair plastique
04	65+900	Argile plastique brunâtre
05	68+800	Argile limoneuse plastique brunâtre graveleuse avec des blocs

IV.9. ESSAIS DE LABORATOIRE

Les échantillons prélevés en vrac ont été soumis à une série d'essais de laboratoire. Ces essais comprennent des tests d'identification et des essais mécaniques, détaillés dans le tableau ci-dessous.

Tableau IV.2 : Normes associées aux essais de laboratoire

Nature d'essai	Norme
Analyse granulométrie	NF P94-056 – NF P18-560
Sédimentométrie	NF P94-057
Teneur en eau	NF P94-050
Densité	NF P94-054
Los Angeles	NF P18-591
Micro-Deval	NF P18-572
Analyse sédimentométrie	NF P94-057
Limites d'Atterberg (Ip)	NF P94-051
Essai Proctor (W_{OPM} , $\gamma_{d\ max}$)	NF P94-093
Essai CBR imbibé	NF P94-78
Equivalent de sable	EN 933-8
Détermination de la valeur au bleu	NFP 94-068 – NFP 18-592

IV.10. Résultats des essais

Les résultats des différents essais réalisés en laboratoire sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

Tableau IV.3 : Synthèse des résultats des essais de sol

N° Puits	Profondeur (m)	Analyse granulométrique		Limites d'Atterberg		Proctor modifié			Indice CBR/55 coups	Classification selon GTR	Sous Classe	Sol support
		% < 2mm	% < 80µm	WL	IP	γd_{max}	W_{OPM}	W_n				
Pu01	0-2.5	58	38	38.80	19.68	1.99	8.3	6.80	12.08	A_2	A2s	S2
Pu02	0-2.5	85	64	35.8	17.02	1.90	14	13.60	5.37	A_2	A2m	S3
Pu03	0-2.5	85	75	57.10	31.62	1.78	14.2	14	6.05	A_3	A3m	S3
Pu04	0-2.5	96	84	56.70	31.77	1.71	14.1	16.30	15.96	A_3	A3m	S2
Pu05	0-2.5	22	08	40.80	20.40	2.22	5.9	8.5	5.22	B_4	B4th	S3

IV.11. Analyse des Résultats et Classification des Sols

Le traitement des résultats des analyses granulométriques et des limites d'Atterberg permet de distinguer deux principales classes de sols :

• Limons argileux

- Courbes granulométriques allant des graviers aux limons, avec environ 60 % de fines.
- Indice de plasticité de 24.1 %, dû à la présence significative de fines donnant un caractère plastique au sol.
- Teneur en eau naturelle autour de 11.84 %, densité sèche de 1,8 t/m³, et degré de saturation de 64 %, indiquant une compacité moyenne.

• Limons caillouteux

- Courbes granulométriques allant des cailloux aux sables fins, avec environ 10 % de fines.

IV.12. Classification selon le GTR (SETRA–LCPC)

Conformément au Guide des Terrassements Routiers (GTR – Fascicules I et II, Sept. 1992), la classification repose sur deux types de paramètres :

- **Paramètres de nature** : granularité et argilosité.
- **Paramètres d'état** :
    - Très humide (th)
    - Humide (h)
    - Moyennement humide (m)
    - Sec (s)
    - Très sec (ts)

D'après cette classification, les matériaux issus des puits Pu1 à Pu5 relèvent de la classe **A** et sous-classe **A2m**, regroupant sable fins argileux, limons, argiles, marnes et arènes peu plastiques.

IV.13. Conditions d'utilisation des matériaux en remblai

Dans le cadre du projet de dédoublement de la RN18, les travaux de terrassement impliquent l'emploi de matériaux issus de déblais ou d'emprunts pour la constitution des remblais. Ces remblais doivent respecter des critères stricts de mise en œuvre afin de garantir leur stabilité mécanique, leur durabilité et leur comportement hydrique, en particulier dans un environnement naturel aux contraintes hydrologiques variées.

Nature des matériaux : Classe A – Sous-classe A2m

Les matériaux identifiés sur le site et mobilisés pour les remblais appartiennent à la classe A et plus précisément à la sous-classe A2m, considérée comme favorable à l'utilisation en remblai. Ces sols ne présentent pas de difficultés particulières de réutilisation, sauf en cas de conditions climatiques défavorables (pluie modérée à forte).

Le choix de ces matériaux est justifié par :

- Leur disponibilité locale, ce qui réduit les coûts de transport ;

- Leur comportement mécanique satisfaisant en conditions normales ;

Leur aptitude naturelle au compactage sous conditions contrôlées.

IV.14. Recommandations selon les conditions météorologiques :

Les données hydrologiques de l'étude du projet indiquent que la zone traversée présente une variabilité climatique significative, avec des épisodes pluvieux intenses et un risque hydrique non négligeable sur certains bassins versants. Dès lors, l'adoption des recommandations de mise en œuvre devient impérative.

IV.14.1. En cas de pluie forte ou modérée :

Justification : Le sol de classe A2m absorbe difficilement l'eau en excès, ce qui entraîne une diminution de la portance et une mauvaise efficacité du compactage.

Mesures à prendre :

- Reporter les travaux de remblai ;
- Ne pas exécuter le compactage, car il serait non conforme aux exigences de densité.

IV.14.2. En cas de pluie faible

Justification : L'humidité résiduelle peut être tolérée sous certaines conditions de hauteur et de compactage.

Conditions d'acceptabilité :

- **Compactage moyen** : pour éviter la surcharge hydrique et permettre une densité minimale réglementaire ;
- **Hauteur limitée à 10 m** : pour garantir la stabilité globale et éviter les tassements différés.

IV.14.3. Par temps sec (conditions favorables)

Justification : L'absence de précipitation et d'évaporation excessive garantit l'uniformité de l'humidité dans le sol.

Recommandation :

- Utiliser un compactage moyen, suffisant pour atteindre les exigences mécaniques et limiter les coûts d'énergie.

IV.14.4. Par forte chaleur et évaporation excessive

Justification : Le dessèchement rapide des matériaux réduit leur plasticité et nuit au bon contact entre les couches.

Solutions techniques :

- Arrosage superficiel sur chaque couche de 30 à 40 cm avant compactage ;
- Ou bien, appliquer un compactage intense pour compenser la perte de liaison entre les grains.

IV.15. Conclusion technique

La stratégie de mise en œuvre des remblais doit être adaptée dynamiquement aux conditions météorologiques locales observées tout au long de l'exécution des travaux. Le respect des recommandations liées à la classe A2m, combiné à une gestion rigoureuse des phases de compactage, permet de garantir :

- La stabilité mécanique des remblais
- La limitation des déformations différées

Et la durabilité de la plateforme routière.

Dimensionnement du corps de chaussée

V.1. Introduction

La bonne qualité d'un projet routier ne se limite pas à la réalisation d'un bon tracé en plan et en profil en long. Une fois construite, la route doit résister aux agressions extérieures (neige, pluie, gradients thermiques, etc.) et aux surcharges dues notamment aux essieux des poids lourds.
Il est donc essentiel qu'elle possède, en plus de bonnes caractéristiques géométriques, des propriétés mécaniques adaptées pour supporter toutes les charges durant sa durée de vie.

La réussite d'une chaussée repose sur deux éléments :
• Une connaissance approfondie du sol support
• Un bon choix des matériaux à employer

Le dimensionnement consiste à définir les matériaux et les épaisseurs des différentes couches selon :
• Le trafic routier
• Le climat
• Les caractéristiques du sol

V.2. Définition de la chaussée

- **Au sens géométrique** : la chaussée est la surface aménagée sur laquelle circulent les véhicules.
- **Au sens structurel** : elle correspond à l'ensemble des couches superposées de matériaux qui permettent la reprise et la transmission des charges vers le sol support.

V.3. Les différents types de chaussées

On distingue trois grandes familles de chaussées :

- **Chaussée souple**
- **Chaussée semi-rigide**
- **Chaussée rigide**

V.3.1. Chaussée souple

Elle comprend deux éléments :
• Des sols ou matériaux pierreux à granulométrie large ou serrée
• Des liants hydrocarbonés assurant la cohésion par des liaisons souples entre les grains

V.3.2. Chaussée rigide

Elle est composée d'une dalle en béton (généralement armée) qui se déforme sous les charges. Cette dalle repose sur une fondation en pierre ou gravier concassé, elle-même posée sur un sol compacté ou une couche stabilisée.

V.3.3. Chaussée semi-rigide

Elle représente un compromis entre les structures souples et rigides. Deux types existent :
• Celles avec une base ou fondation traitée au liant hydraulique (ciment, laitier...)
• Celles avec une base ou fondation en sable gypseux

V.4. Les principales méthodes de dimensionnement

On distingue deux grandes familles :
• Les méthodes empiriques, fondées sur des données expérimentales
• Les méthodes rationnelles, basées sur l'analyse du comportement mécanique des chaussées

Les plus courantes sont :
• La méthode C.B.R. (California Bearing Ratio)
• Le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves
• La méthode des structures
• La méthode L.C.P.C. (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)

Dans ce projet, nous utiliserons :

- **Le catalogue algérien de dimensionnement** ;
- **La méthode CBR**.

V.4.1. Méthode C.B.R. (California Bearing Ratio)

Elle repose sur un test de poinçonnement réalisé sur un sol support compacté, avec un taux d'humidité proche de l'optimum Proctor (90 à 100 %), sur une épaisseur de 15 cm.
Le CBR correspond à la valeur la plus basse obtenue après immersion.
Pour assurer la stabilité de la chaussée, la contrainte transmise doit rester inférieure à la contrainte admissible, proportionnelle à l'indice CBR.

Formule de calcul de l'épaisseur équivalente :

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

Avec :

- $\boldsymbol{e}$ **:** épaisseur équivalente
- $\boldsymbol{I_{CBR}}$**:** indice du sol support
- $\boldsymbol{N}$ **:** nombre journalier de poids lourds (année cible)
- $\boldsymbol{P}$ **:** charge moyenne par essieu (en tonnes)
- $\boldsymbol{Log}$ **:** logarithme décimal

Notion d'épaisseur équivalente

Elle permet d'homogénéiser les couches selon leurs qualités mécaniques. L'épaisseur équivalente d'une couche est le produit de son épaisseur réelle par un coefficient d'équivalence :

$$\boldsymbol{e = \sum_{i=1}^{n} a_i \times e_i}$$

$$\boldsymbol{e = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3}$$

Où :

- $\boldsymbol{a_1, a_2, a_3}$ **:** coefficients d'équivalence (par rapport à une grave concassée)
- $\boldsymbol{e_1, e_2, e_3}$ **:** épaisseurs réelles

Tableau V.1 : Les coefficients d'équivalence

Matériau utilisé	**Coefficient a**
Béton bitumineux / enrobé dense	2.00
Grave ciment / grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concassée / gravier	1.00
Tuf	0.70 à 0.80
Grave roulée / grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume (GB)	1.60 à 1.70

Épaisseurs adoptées typiques :

- BB : 6 – 8 cm
- GB : 10 – 20 cm
- GNT : ≥ 20 cm

V.4.2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

Cette méthode utilise les mêmes paramètres fondamentaux : **trafic, matériaux, sol support, climat**.

Elle repose sur deux approches :

- Théorique
- Empirique

Démarche simplifiée :

1. Campagne de comptage (trafic) ;
2. Identification des matériaux disponibles et du climat ;
3. Études géotechniques (sol support) ;
4. Détermination de la classe de trafic et du sol ;
5. Choix de variantes de structure ;
6. Détermination de la solution optimale.

V.5. Application au projet

V.5.1. Application de la méthode CBR

Données de l'étude

- Année de comptage : **2024**
- Mise en service prévue : **2027**
- Le trafic à l'année 2024 : $\boldsymbol{TJMA_{2024} = 10\,103\ v/j}$
- Le trafic à l'année de mise en service 2027 : $\boldsymbol{TJMA_{2027} = 11202\ v/j}$
- Durée de vie de la chaussée : **20 ans**
- Le trafic à l'année horizon 2047 : $\boldsymbol{TJMA_{2047} = 22290\ v/j}$

- Le taux d'accroissement annuel du trafic : $\boldsymbol{\tau = 3.5\%}$
- Pourcentage de poids lourds (PL) : $\boldsymbol{Z = 15.5\%}$
- Indice CBR : **5**

Répartition du trafic

Pour le dimensionnement, on considère uniquement le trafic de poids lourds sur la voie la plus sollicitée de la chaussée. En fonction du type de chaussée, la répartition est :

- **Chaussée unidirectionnelle à 2 voies** : 90 % du trafic PL sur la voie lente de droite
- **Chaussée unidirectionnelle à 3 voies** : 80 % du trafic PL sur la voie lente de droite
- **Chaussée bidirectionnelle à 2 voies** : 50 % du trafic PL
- **Chaussée bidirectionnelle à 4 voies** : 50 % du trafic PL

Dans notre cas, il s'agit d'une **route unidirectionnelle à 2 voies**, donc **90 % du trafic PL** circule sur une seule voie.

Calcul du trafic

- **Trafic de poids lourds journalier** :

$$\boldsymbol{N = TJMA_{2047} \times Z \times 90\% \times \frac{1}{2}}$$

$$\boldsymbol{N = 22290 \times 0.155 \times 0.9 \times \frac{1}{2}}$$

$$\boldsymbol{N = 1555\ v/j/sens}$$

- **Charge moyenne par essieu** :

$$\boldsymbol{P = 6.5t\ (Essieu\ 13t)}$$

Épaisseur équivalente par la formule CBR

$$\boldsymbol{e = \frac{100 + \sqrt{6.5}(75 + 50log\frac{1555}{10})}{5 + 5}}$$

$$\boldsymbol{e = 58cm}$$

Calcul des couches

On fixe deux couches et on déduit la troisième :

- **Couche de roulement** : BB = 6 cm (coef. $a_1 = 2$)
- **Couche de base** : GB = 12 cm (coef. $a_2 = 1.6$)

Calcul de l'épaisseur équivalente :

$$\mathbf{2(6) + 1.6(12) + 1(e_3) = 58}$$

- **Couche de fondation** : GNT = 27 cm (coef. $a_3 = 1.0$)

Tableau récapitulatif

Tableau V.2 : Épaisseurs des couches par la méthode CBR

Couche	Épaisseur réelle (cm)	Coefficient a	Épaisseur équivalente (cm)
BB (enrobé)	6	2.0	12
GB (grave bitume)	12	1.6	19.2
GNT (fondation)	27	1.0	27
Total	**45**		**58.2**

Conclusion

Structure dimensionnée par la méthode **CBR** :

- Couche de roulement (BB) : **6 cm**
- Couche de base (GB) : **12 cm**
- Couche de fondation (GNT) : **27 cm**

$$\mathbf{6(BB) + 12(GB) + 27(GNT)}$$

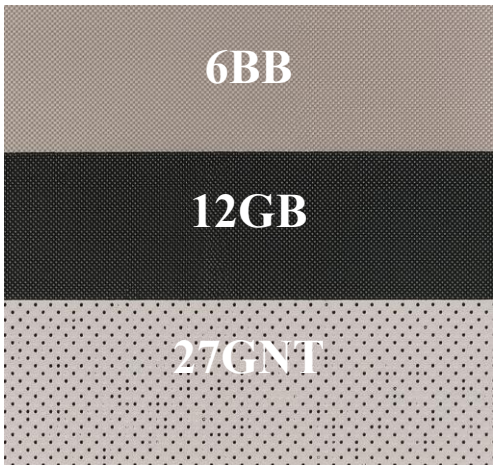


Figure V.1 : Dimensionnement par la méthode CBR

V.5.2. Application de la méthode du catalogue algérien

1. **Détermination du type de réseau :**

   - $\boldsymbol{TJMA_{2024}}$**= 10103 v/j > 1500 v/j**
     La route principale présente un intérêt économique et stratégique. Ainsi, elle fait partie du réseau principal de niveau 1 (RP1).

2. **Détermination de la classe de trafic :**

- Année de compactage : **2024**
- Mise en service prévue : **2027**
- Le trafic à l'année 2024 : $\boldsymbol{TJMA_{2024} = 10\,103\ v/j}$
- Le trafic à l'année de mise en service 2027 : $\boldsymbol{TJMA_{2027} = 11202\ v/j}$
- Durée de vie de la chaussée : **20 ans**
- Le trafic à l'année horizon 2047 : $\boldsymbol{TJMA_{2047(\tau=3.5\%)} = 22290\,v/j}$
- Le taux d'accroissement annuel du trafic : $\boldsymbol{\tau = 3.5\%}$
- Pourcentage de poids lourds (PL) : $\boldsymbol{Z = 15.5\%}$

3. **Calcul du TJMA de mise en service à partir de l'année horizon**

$$TJMA_{2027\ (\tau=4\%)} = \frac{TJMA_{2047}}{(1+\tau)^n}$$

$$TJMA_{2027\ (\tau=4\%)} = \frac{22290}{(1+0.04)^{20}}$$

$$\boldsymbol{TJMA_{2027\ (\tau=4\%)} = 10173\ v/j}$$

4. **Calcul du TPL**

Le calcul du **TPL** (nombre de poids lourds par sens) est donné par la formule suivante :

$$\boldsymbol{TPL_{2027} = TJMA_{2027} \times Z \times 0.9 \times \frac{1}{2}}$$

$$\boldsymbol{TPL_{2027} = 10173 \times 0.155 \times 0.9 \times \frac{1}{2}}$$

$$\boldsymbol{TPL_{2027} = 710\ pl/j/sens}$$

Classes TPL pour RP1

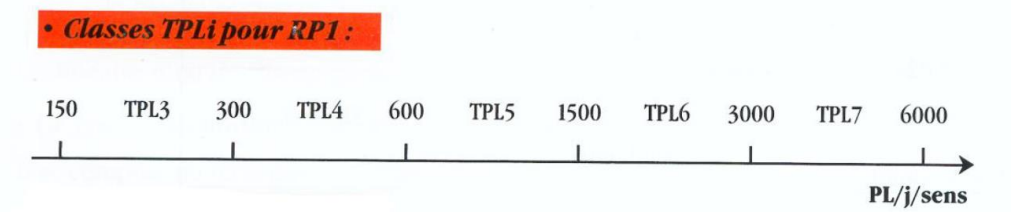


Figure V.2 : Classes de trafic TPL_i adoptés en $pl/j\ /sens$

D'après le classement fourni par le catalogue de dimensionnement, le trafic estimé est classé en : **TPL = 710 PL/j/sens**.

La classe de trafic est donc **TPL5**.

5. **Détermination de la classe de portance de sol-support (Si) :** Le tableau ci-dessous 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 V.3 : Classes de portance des sols

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

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 4 classes de sols support à savoir : S3, S2, S1, S0. Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir la relation empirique suivante :

$$E(MPa) = 5.CBR$$

Tableau V.4 : Classes de portance de sol-supports

Classes de sol-supports	S3	S2	S1	S0
Module (MPa)	25 - 50	50 - 125	125 - 200	> 200

Pour notre projet :

$$\boldsymbol{E(MPa) = 5 \times 5}$$

$$\boldsymbol{E(MPa) = 25\ MPa}$$

Donc la classe de portance de sol support est de **S3**

● **Sur le classement des sols supports de chaussées :**
Le cas de sols de faible portance (S3 en RP1) a été rencontré ; le recours à une couche de forme devient alors nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussées dans des conditions acceptables.

Tableau V.5 : Sur le classement avec couche de forme en matériau non trait

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

Dans notre cas on a :

Tableau V.6 : Caractéristiques de la couche de forme et amélioration de la portance du sol

Classe de portance de sol terrassé (Si)	Matériau de couche de forme	Epaisseur de matériau de couche de forme	Classe de portance de sol support visé (Si)
S3	**Matériaux non traités**	**40 cm en (2 couches)**	**S2**

● Choix des différentes couches constituant la chaussée

Dans le cadre de notre projet, nous avons proposé la structure suivante :

✓ Couche de roulement : BB.

✓ Couche de base : GB.

✓ Couche de fondation : GNT.

● Détermination de la zone climatique

Tableau V.7 : Zones climatiques de pluviométrie.

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	Climat	Région
I	> 600	très humide	Nord
II	350 - 600	humide	Nord, Hauts-plateaux
III	100 - 350	semi - aride	Hauts-plateaux
IV	< 100	aride	Sud

Le dimensionnement de la chaussée dépend notamment :

- De l'état hydrique du sol support ;
- Des cycles saisonniers de température.

Selon la carte des zones climatiques de l'Algérie, notre projet se situe dans la **zone climatique I** (pluviométrie annuelle > 600 mm).

• Température équivalente :

La température équivalente est généralement déterminée en fonction du zonage climatique du site.

D'après le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CCTP 2001), le site de notre projet est classé en **zone I**.

Tableau V.8 : Choix des températures équivalentes

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

La **température équivalente** retenue est : **θ = 20°C**

● Choix d'une structure de dimensionnement :

Les paramètres du projet sont les suivants :

- Réseau principal (RP1)
- Zone climatique I
- Durée de vie prévue : 20 ans
- Classe de trafic : TPL5

● Structure proposée selon le catalogue algérien (Fascicule n°3) :

✓ **Couche de roulement :** BB = 6 cm
✓ **Couche de base :** GB = 20 cm
✓ **Couche de fondation :** GNT = 30 cm
✓ **Couche de forme :** TVO = 40 cm

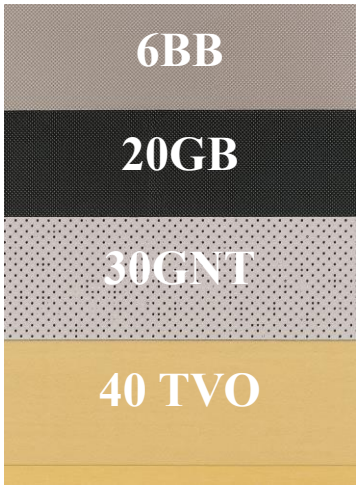


Figure V.3 : Dimensionnement par le catalogue

V.6. Résultats des deux méthodes

Tableau V.9 : Dimensionnement par les des méthodes

CBR	Catalogue Algérien
6BB+12GB+26GNT	6BB+20GB+30GNT+40TVO

V.7. Vérification des Contraintes des Différentes Couches

- Risque de calcul : $\boldsymbol{r = 10\%}$
- Température équivalente : $\boldsymbol{\theta_{eq} = 20^{o}c}$
- Sol support : classe de sol S2 : $\boldsymbol{E = 25\ MPa}$
- Coefficient de calage : $\boldsymbol{K_C = 1.3}$
- Coefficient d'agressivité : $\boldsymbol{A = 0.6}$
- Trafic poids lourd : **TPLi = 710 PL/j/sens**
- Conditions d'interface : toutes les couches sont supposées parfaitement collées

V.7.1. Calcul de la Déformation Admissible sur le Sol Support

La déformation verticale $\boldsymbol{\varepsilon_z}$ calculée par le modèle Alize, devra être limitée a une valeur admissible $\boldsymbol{\varepsilon_{z.adm}}$ donnée par la relation suivante :

$$\boldsymbol{\varepsilon_{z.adm} = 22.10^{-3}.(TCEi)^{-0.235}}$$

Tel que

$$\boldsymbol{TCEi = TPLi \times 365 \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \times A}$$

Application

$$\boldsymbol{TCEi = 710 \times 365 \times \frac{(1+0.035)^{20} - 1}{0.035} \times 0.6}$$

$$\boldsymbol{TCEi = 4.39.10^{6}\ pl/j/sens}$$

$$\boldsymbol{\varepsilon_{z.adm} = 22.10^{-3}.(4.40.10^{6})^{-0.235}}$$

$$\boldsymbol{\varepsilon_{z.adm} = 604.10^{-6}}$$

V.7.2. Calcul de la Déformation Admissible à la Base de la Grave Bitume (GB)

La déformation admissible en traction à la base de la couche GB est donnée par la relation suivante :

Tel que

$$\boldsymbol{Kne = (\frac{10^6}{TCEi})^b, K\theta = \sqrt{\frac{E(10^oC)}{E(\theta_{eq})}}, Kr = 10^{-tb\delta}}$$

D'où

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

Tableau V.10 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux

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

Application

$$\boldsymbol{\varepsilon_{t.adm} = \varepsilon_6(10^oC, 25Hz).Kne.K\theta.Kr.Kc}$$

$$\boldsymbol{\varepsilon_{t.adm} = 100.10^{-6} \times 1.24 \times 1.34 \times 0.77 \times 1.3}$$

$$\boldsymbol{\varepsilon_{t.adm} = 166.33.10^{-6}}$$

Tel que

$$\boldsymbol{Kne = (\frac{10^6}{5.17.10^6})^{\frac{-1}{6.84}} = 1.24}$$

$$\boldsymbol{K\theta = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1.34}$$

$$\boldsymbol{\delta = \sqrt{0.45^2 + (-0.02 \times 6.84 \times 3)^2} = 0.61}$$

$$\boldsymbol{Kr = 10^{-(-1.282)\frac{-1}{6.84} \times 0.61} = 0.77}$$

V.7.3. Validation de la structure choisie selon le catalogue à l'aide d'ALIZE-LCPC

ALIZE est un programme développé par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) à Paris en 1975. Il permet de déterminer, à partir d'un modèle multicouche, élastique et linéaire fondé sur l'hypothèse de Burmister, les contraintes et les déformations aux interfaces entre les différentes couches d'une structure, pouvant aller jusqu'à six couches supposées infinies en plan.

La charge considérée dans la modélisation correspond à un demi-essieu de 13 tonnes, représenté par une empreinte circulaire de rayon r, en supposant une symétrie de révolution. Le problème est ainsi traité en coordonnées cylindriques.

Les données à renseigner dans le modèle pour les différentes simulations sont :

- L'épaisseur de chaque couche.
- Le module d'élasticité EEE et le coefficient de Poisson ν de chaque couche, y compris celui du sol support.
- Le type d'interface entre les couches.

Tableau V.11 : Résultats de vérification de la structure par ALIZE LCPC

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

épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0.060	3600.0	0.350	0.000	40.4	0.329	18.6	0.660
	collé		0.060	18.0	0.278	78.4	0.600
0.200	5000.0	0.350	0.060	18.0	0.375	49.4	0.600
	collé		0.260	-90.2	-0.573	86.5	0.067
0.300	360.0	0.350	0.260	-90.2	-0.008	194.8	0.067
	collé		0.560	-75.1	-0.027	118.5	0.025
0.400	200.0	0.350	0.560	-75.1	-0.009	152.9	0.025
	collé		0.960	-76.5	-0.018	108.1	0.009
infini	50.0	0.350	0.960	-76.5	-0.001	191.4	0.009

$\varepsilon_t < \varepsilon_{t.adm}$: $\varepsilon_t < \varepsilon_{t.adm}$: **Condition vérifiée**

$\varepsilon_z < \varepsilon_{z.adm}$: $\varepsilon_z < \varepsilon_{z.adm}$: **Condition vérifiée**

V.8. CONCLUSION

La méthode dite du catalogue de dimensionnement permet d'obtenir une chaussée plus performante et durable que celle issue de la méthode CBR.
Basée sur le comportement à la fatigue, elle présente plusieurs avantages dans le cadre de ce projet :

- Durée de vie prolongée de la chaussée
- Mobilisation rapide de financements à court terme, limitant les aléas des investissements différés
- Réduction des coûts d'entretien à long terme
- Possibilité de retour d'expérience pour adapter ou généraliser la méthode
- Meilleure résistance aux charges croissantes, notamment contre l'orniérage

En conclusion, la structure retenue suit la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées (CTTP).

Assainissement

VI.1. Introduction

L'assainissement constitue un pilier fondamental dans la conception et la réalisation d'une infrastructure routière durable. Il intervient dès les phases initiales du projet et contribue directement à la pérennité de l'ouvrage, à la sécurité des usagers et à la préservation de l'environnement. Il vise à maîtriser l'écoulement des eaux de pluie et d'infiltration à travers un ensemble d'ouvrages adaptés aux caractéristiques hydrologiques, topographiques et géotechniques du site.

VI.2. Objectifs

Les principaux objectifs de l'assainissement sont :

- L'évacuation rapide des eaux de pluie pour éviter la stagnation, l'aquaplaning et les pertes de portance ;
- La limitation de l'érosion des talus et des accotements par un contrôle des vitesses d'écoulement ;
- La protection du corps de chaussée contre l'humidité et les infiltrations ;
- La canalisation des eaux amont pour prévenir les affouillements latéraux et les effets du gel.

VI.3. Effets de l'eau sur les structures

L'eau, qu'elle provienne de la surface ou du sous-sol, est l'un des principaux agents de dégradation des routes. Les désordres fréquemment observés incluent :

- **Au niveau de la chaussée** : affaissements, désenrobage, nids-de-poule, décollement des bords
- **Au niveau des talus** : glissements, érosion superficielle, affouillements en pied de pente.

VI.4. Ouvrages d'assainissement

Deux grandes catégories d'ouvrages permettent d'assurer la collecte et l'évacuation des eaux :

1. **Les réseaux longitudinaux**, tels que :
    - Fossés en pied ou crête de talus (en remblai ou déblai)
    - Fossés bétonnés dans les zones à forte pente

- Réseau de drainage du terre-plein central (TPC), souvent équipé de drains longitudinaux.

2. **Les ouvrages transversaux**, notamment :
    - Buses et dalots, servant à franchir les écoulements naturels ou concentrés, dimensionnés selon les débits de crue calculés par l'étude hydrologique.

VI.5. Choix technique des ouvrages

Le choix du type d'ouvrage repose sur le profil de la route (remblai ou déblai), les conditions d'écoulement et le contexte local :

- En remblai, des fossés de crête permettent de prévenir l'érosion en interceptant les eaux avant qu'elles n'atteignent les pentes ;
- En déblai, les eaux sont collectées au pied du talus à l'aide de fossés ou de cunettes, renforcés si besoin par des collecteurs enterrés.

VI.6. Critères de conception

La conception du système d'assainissement repose sur deux types de critères :

1. ***Critères techniques généraux*** *:*

- Respect du tracé naturel des écoulements ;
- Vitesse suffisante pour assurer l'auto-curage ;
- Protection contre l'érosion, les crues et les affouillements ;
- Standardisation des dimensions pour faciliter l'exécution ;
- Facilité d'entretien et de maintenance.

2. ***Critères hydrauliques*** *:*

- Les ouvrages transversaux sont dimensionnés pour des débits centennaux (100 ans) ;
- Les ouvrages longitudinaux pour des débits décennaux **(10 ans)**.

VI.7. Conditions environnementales

L'intégration de l'environnement dans la conception des ouvrages d'assainissement constitue un impératif réglementaire et technique. L'étude environnementale préalable a permis de définir les

Mesures de protection à mettre en œuvre en fonction du niveau de sensibilité du milieu récepteur**.**

Ces mesures visent essentiellement à prévenir les risques de pollution des ressources en eau et à limiter les impacts sur les écosystèmes locaux, en particulier sur la faune, la flore et les populations riveraines.

Le territoire traversé par la route a été classé en quatre niveaux de sensibilité environnementale, chacun associé à un dispositif spécifique de traitement ou de rejet des eaux collectées :

Tableau VI.1 : Dispositifs de protection selon la zone de sensibilité

Catégorie	Zone de sensibilité	Dispositif de protection prévu
1	Très fortement sensible	Bassin de traitement
2	Fortement sensible	Fosse subhorizontale enherbée (FSH)
3	Moyennement sensible	Bief de confinement
4	Peu ou pas sensible	Aucun dispositif obligatoire, rejet diffus à privilégier

VI.8. Étude hydrologique

VI.8.1. Délimitation des bassins versants

Dans les projets routiers linéaires tels que le dédoublement de la RN18, l'étude hydrologique commence par une délimitation précise des bassins versants. Un bassin versant représente une surface topographique drainée vers un point d'écoulement unique, appelé exutoire, généralement situé à un point bas et délimité par des lignes de crête ou de partage des eaux.

Chaque bassin agit comme une unité hydraulique autonome, collectant les précipitations et les transformant en écoulements de surface. Cette transformation dépend à la fois de facteurs climatiques (intensité et durée des pluies) et de paramètres physiques comme la pente, la perméabilité du sol, et la couverture végétale.

Dans le cadre du présent projet, 21 bassins versants distincts ont été identifiés le long du tracé, avec des superficies allant de 0,0343 km² à 3,785 km², traduisant une grande variabilité topographique.

Les données utilisées pour caractériser ces bassins (surface, pente moyenne, nature géologique, infiltration potentielle, occupation du sol) ont été obtenues à partir de cartes topographiques détaillées, de données géologiques locales ainsi que via le logiciel spécialisé **Global Mapper**, qui a permis d'extraire et d'exploiter efficacement l'ensemble des paramètres nécessaires.

Ces informations ont servi de base à une modélisation hydrologique fiable, permettant de simuler les écoulements de crue et de dimensionner avec précision les ouvrages d'assainissement associés à chaque bassin.

VI.8.2. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES BASSINS VERSANTS :

Tableau VI.2 : Caractéristiques morpho métriques des bassins versants

N° BV	PK	Surface (KM²)	Longueur du court d'eau (m)	Elévation (m)			
				H min	H max	ΔH	Pente (%)
1	59+275	1,051	955	920	955	35	16,91
2	59+290	0,8	960	921	960	39	9,02
3	59+310	0,2527	923	910	923	13	9,64
4	59+380	0,2775	915	903	915	12	10,8
5	59+600	1,595	950	887	950	63	15,17
6	60+615	0,0343	850	835	850	15	13,12
7	60+860	0,1045	858	841	858	17	13,13
8	61+000	0,2091	844	829	844	15	13,14
9	61+320	0,3054	946	878	946	68	18,83
10	61+600	1,196	980	877	980	103	22,95
11	61+800	1,452	848	818	848	30	22,57
12	62+000	0,4325	874	814	874	60	16,71
13	62+400	0,715	982	852	982	130	11,82
14	62+710	2,26	1004	921	1086	165	16,7
15	62+820	2,285	1086	874	1004	130	22,14
16	63+150	2,355	890	815	890	75	27,81
17	63+150	2,529	856	805	856	51	21,15
18	63+680	2,125	850	783	850	67	13,9
19	65+50	0,807	872	834	872	38	18,6
20	67+700	1,434	900	802	900	98	26,94
21	68+360	2,106	888	812	892	80	10,95

VI.9. DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT A PROJETER :

VI.9.1. Estimation des débits de crue

La prévision des débits de crue dans les bassins versants naturels traversés par le projet repose sur une combinaison de facteurs géographiques, climatiques et géotechniques. La topographie du terrain, la morphologie des bassins, les caractéristiques géologiques ainsi que le régime pluviométrique local influencent directement la quantité et la vitesse des écoulements.

Bien que plusieurs méthodes puissent être employées pour estimer les débits de pointe, leurs résultats restent affectés par une certaine incertitude, liée notamment à la variabilité des événements pluvieux et à l'hétérogénéité des terrains. Afin d'obtenir une estimation raisonnable et conforme aux pratiques adoptées en Algérie, le projet retient l'utilisation de la **formule rationnelle**, une méthode empirique largement utilisée pour les bassins versants de petite et moyenne taille.

Formule rationnelle :

$$\mathbf{Q=K\cdot C\cdot I\cdot A(m3/s)}$$

Avec :

- Q : débit maximal instantané (m^3/s)
- K=0.278 : coefficient de conversion
- C : coefficient de ruissellement (sans unité)
- I : intensité de la pluie correspondant au temps de concentration du bassin (mm/h)
- A : superficie du bassin versant (km^2)

Cette formule permet de calculer le débit de crue en fonction des paramètres spécifiques de chaque bassin versant.

VI.9.1.1. Coefficient de ruissellement C

Le **coefficient de ruissellement** C exprime la proportion d'eau de pluie qui, après avoir atteint le sol, s'écoule en surface sans s'infiltrer. Il est influencé par l'état de saturation du sol, les caractéristiques topographiques, la perméabilité et la couverture végétale du bassin versant. Dans le cadre de ce projet, l'estimation de CCC repose sur la **méthode empirique de Kenessey**, largement utilisée en hydrologie, notamment en Europe centrale.

Cette méthode considère que le coefficient global CCC est la **somme de trois composantes partielles**, chacune traduisant une caractéristique physique majeure du bassin :

- **C1** : dépend de la **pente du thalweg principal**, estimée par le rapport entre la dénivelée du cours d'eau (hors falaises) et sa longueur totale. Ces données sont extraites des cartes

Topographiques disponibles. Les valeurs types de C1 sont présentées dans le tableau 3.1 ;

- **C2** : est fonction de la **perméabilité du sol**, elle-même déterminée à partir de la nature géologique et des caractéristiques physiques des matériaux présents dans le bassin (limons, argiles, graviers, etc.). Les valeurs correspondantes figurent dans le tableau 3.2 ;
- **C3** : est lié à la **couverture végétale** du bassin versant. Son estimation repose sur une observation directe du terrain, complétée par l'analyse de photos prises sur site ainsi que d'images aériennes ou satellitaires. Les valeurs de référence sont indiquées dans le tableau 3.3.

Ainsi, le coefficient global est défini comme suit :

C = C1 + C2 + C3

Cette approche permet une prise en compte progressive et hiérarchisée des facteurs influençant le ruissellement, et offre une base fiable pour les calculs hydrologiques nécessaires au dimensionnement des ouvrages.

Tableau VI.3.1 : Coefficient C1 selon la pente

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

Tableau VI.3.2 : Coefficient C2 selon la nature du sol

Nature du Sol	**Coefficient (C2)**
Imperméable	0,22 – 0,30
Peu perméable	0,10 – 0,20
Perméable	0,06 – 0,10
Très perméable	0,06 – 0,05

Tableau VI.3.3 : Coefficient C3 selon la couverture végétale

Couverture Végétale	**Coefficient (C3)**
Rocheux	0,22 – 0,30
Prairie	0,17 – 0,25
Labours – Champs	0,07 – 0,15
Forêts et Terrains Sableux	0,03 – 0,05

VI.9.1.2. Intensité de la pluie III

L'intensité pluviométrique utilisée dans la formule rationnelle est estimée à l'aide de la **formule de Montana**, adaptée aux conditions climatiques locales. Cette relation permet de relier l'intensité de la pluie à la **période de retour** d'un événement (en années) et au **temps de concentration Tc** (en minutes) du bassin.

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

Où :

- I : intensité de pluie (mm/h)
- t : période de retour (années)
- Tc : temps de concentration (min)
- a, b : coefficients empiriques déterminés à partir des données régionales

Ces paramètres permettent de caractériser le **profil pluviométrique extrême** auquel devra répondre chaque ouvrage d'assainissement, selon son niveau de criticité.

Tableau VI.4 : Coefficients a et b pour I(Tc)

t	10	20	25	50	100
a	315.86	353.41	.61.73	392.37	342.06
b	0.6248	0.6183	0.6125	0.6046	0.6030

Notre Projet a une période de retour de 20 ans

Donc : a = 353,41 et b = 0,6183

VI.9.1.3. Temps de concentration

Le **temps de concentration** correspond à la durée nécessaire pour que l'eau provenant du point le plus éloigné du bassin versant atteigne l'exutoire. Il constitue un paramètre essentiel dans l'évaluation du débit de crue, car il permet de déterminer la **durée critique de l'averse** générant le débit maximal instantané.

Ce temps est influencé par plusieurs caractéristiques physiques du bassin, notamment sa **longueur hydraulique**, sa **pente moyenne**, sa **surface**, ainsi que l'état de **rugosité du sol**.

Il existe plusieurs formulations empiriques pour estimer le temps de concentration, chacune adaptée à des contextes spécifiques :

- La **formule de Ventura**, souvent utilisée dans les zones rurales ou semi-urbaines, applicable à des bassins versants de petite à moyenne taille ;
- La **formule de Kirpich**, appropriée pour des terrains naturels avec des pentes bien définies, très utilisée pour les bassins versants courts et pentus ;
- La **formule espagnole**, adaptée aux conditions méditerranéennes, intégrant des paramètres propres aux régimes hydriques locaux.

Le choix de la formule à appliquer dépend donc des **caractéristiques topographiques et morphologiques** du bassin versant concerné. Une estimation précise du temps de concentration permet d'affiner le calcul de l'intensité de pluie correspondante, et donc de garantir un dimensionnement hydraulique cohérent des ouvrages d'assainissement.

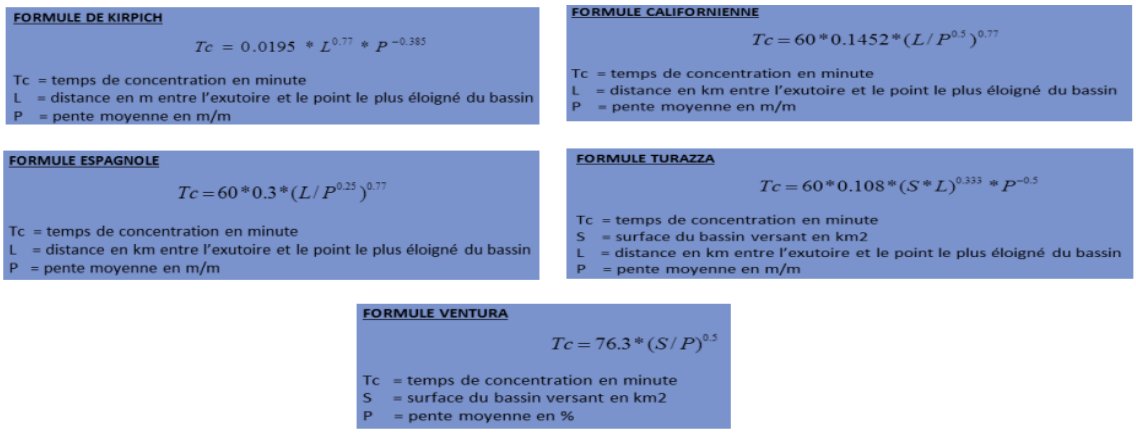


Figure VI.1 : Principales Formules Empiriques de Calcul du Temps de Concentration (Tc) dans un Bassin Versant

VI.9.1.4. Le débit de saturation Qs

Le **débit de saturation** correspond au débit maximal que peut évacuer un ouvrage hydraulique en conditions de fonctionnement à surface libre. Il est calculé à l'aide de la **formule de Manning-Strickler**, qui prend en compte la nature des parois, la géométrie de la section, ainsi que la pente longitudinale du canal.

$$Q = Kst * Sm * Rh^{2/3} * I^{1/2}$$

Avec :

Q : Débit de Saturation

Rh : rayon hydraulique (m), avec : Rh = Sm/Pm

Pm = périmètre mouillé (m) Sm : Surface mouillée

I : pente longitudinale du canal (m/

Kst : Coefficient de rugosité de Strickler, dépendant de la nature des parois de l'ouvrage :

$$\boldsymbol{Kst = \int \frac{\textbf{80 pour les buses en be´ton pre´fabrique´}}{\textbf{70 } \textit{pour les dalots en BA coul\'e sur place}}}$$

Ce calcul permet de vérifier la capacité hydraulique de l'ouvrage à évacuer le débit projeté, sans débordement ni surcharge.

VI.9.1.5. Prédimensionnement des ouvrages

L'étude hydraulique a pour objectif de déterminer les dimensions minimales des ouvrages à mettre en place, en fonction du débit projeté et des contraintes géométriques imposées par le terrain et le tracé de la route.

Le prédimensionnement consiste à identifier, pour chaque point critique du projet, le type d'ouvrage le plus adapté et ses dimensions approximatives, permettant d'assurer un écoulement sécurisé, efficace et compatible avec l'environnement naturel**.**

Les ouvrages hydrauliques les plus couramment utilisés dans le cadre du projet sont :

- **Les buses** : conduites circulaires en béton armé, posées généralement sous les routes, adaptées aux débits faibles à moyens et faciles à mettre en œuvre ;
- **Les dalots** : structures en béton armé de section carrée ou rectangulaire, utilisées lorsque les débits sont plus importants ou lorsque les hauteurs disponibles sont limitées ;
- **Les ponts** : réservés aux franchissements majeurs (oueds, lits permanents), ils assurent le maintien du trafic tout en respectant les écoulements naturels de grande ampleur.

Ce prédimensionnement constitue la base des vérifications ultérieures, notamment les contrôles de vitesse d'écoulement, d'auto-curage et de stabilité hydraulique.

VI.9.1.6. Critères de dimensionnement des ouvrages hydrauliques

Le dimensionnement des ouvrages transversaux (dalots et buses) repose sur des règles techniques précises visant à garantir leur bon fonctionnement hydraulique, leur stabilité structurelle et leur facilité d'entretien. Ces critères sont établis en tenant compte des recommandations du guide technique SETRA en matière d'assainissement routier, et sont adaptés au contexte local du projet.

Les principaux paramètres retenus pour la conception sont les suivants :

- Le nombre de cellules par ouvrage est limité à deux au maximum, afin de simplifier l'exécution des travaux et de réduire les risques de colmatage ;
- La vitesse maximale à la sortie des ouvrages ne doit pas excéder 5,0 m/s, notamment en régime d'écoulement non permanent, pour éviter l'érosion des talus et l'affouillement en aval ;
- Chaque buse ou dalot est équipée de têtes maçonnées en amont et en aval, conçues avec un angle d'ouverture adapté, assurant la bonne transition de l'écoulement et la protection mécanique des extrémités ;
- La hauteur d'eau amont (Ham) doit rester inférieure à 1,2 fois la hauteur utile de l'ouvrage (H), soit :

$$Ham < 1{,}2H$$

- Cette condition garantit un écoulement contrôlé et évite les pressions excessives sur les parois ;
- Le dimensionnement hydraulique s'appuie sur les principes de la méthode SETRA, prenant en compte les régimes d'écoulement, la hauteur de charge, la géométrie des sections et les pertes de charge associées.

Sur la base des débits de crue centennaux estimés pour chaque bassin versant, des dimensions prévisionnelles des ouvrages ont été proposées afin d'assurer une capacité suffisante et une stabilité hydraulique durable.

Tableau VI.5 : Prédimensionnement des ouvrages transversaux

Débit de crue	*Type*	*Dimensionnement*
Q_{50}<1.25	Buse	1-1Φm
1.25<Q_{50}<2.25	Buse	1-1.2Φm
2.25<Q_{50}<5.5	Buse	1-1.5Φm
4.25<Q_{50}<5.5	Dalot	1-1.5×1.5m
5.5<Q_{50}<9.5	Dalot	1-2×2m
9.5<Q_{50}<14	Dalot	1-3×2m
14<Q_{50}<28	Dalot	1-4×2m

-Les buses seront dimensionnées pour une période de retour 10 ans

-Les ponceaux (dalots) seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans

-Les ponts dimensionnées pour une période de retour 100 ans

Tableau VI.6 : Coordonnées et types d'ouvrages principaux

	Coordonnées		**Longueur**	**TN (Max)**	**Ligne rouge correspondante**	**Hauteur**	**Type d'ouvrage**
1 .Oued GUESSOUM	PK 62+475	PK 62+800	325 m	803.28	819.44	16 m	Viaduc
2. Oued BESBESS	PK 66+800	PK 67+125	325 m	757.86	804.44	47 m	Viaduc

VI.9.2. Application au projet :

Calcul débit :

Tableau VI.7 : Résultat des calculs de débits et dimensions des ouvrages

N° BV	Coordonnées	Pente	Tc (min)	I (mm/h)	L (cours d'eau) (m)	Q (m³/s)	Type d'Ouvrages	Dimensions
1	PK 59+275	16,91	8,377558	94,95445	955	12,47464	DALOT	(1.5*1.5m)
2	PK 59+290	9,02	9,93529	85,45197	960	8,545197	DALOT	(3*2m)
3	PK 59+310	9,64	7,000702	106,103	923	3,351529	BUSE	(Φ1,5m)
4	PK 59+380	10,8	6,841763	107,6204	915	3,733081	BUSE	(Φ1,5m)
5	PK 59+600	15,17	9,960568	85,31782	950	17,01024	DALOT	(2*2m)
6	PK 60+615	13,12	4,245635	144,5513	850	0,509583	BUSE	(Φ1m)
7	PK 60+860	13,13	5,056606	129,7426	858	1,694763	BUSE	(Φ1m)
8	PK 61+000	13,14	5,771435	119,5576	844	3,124936	BUSE	(Φ1.5m)
9	PK 61+320	18,83	5,800604	119,1855	946	4,549906	BUSE	(Φ1.5m)
10	PK 61+600	22,95	7,776679	99,42619	980	14,86422	DALOT	(2*2m)
11	PK 61+800	22,57	7,956805	98,02844	848	17,79216	DALOT	(2*2m)
12	PK 62+000	16,71	6,378593	112,3874	874	6,075941	DALOT	(2*2m)
13	PK 062+400	11,82	8,698638	92,77183	982	8,291482	DALOT	(2*2m)
14	PK 62+710	16,7	7,830392	99,00394	1004	27,96861	DALOT	(3*2m)
15	PK 62+820	22,14	8,711211	92,68902	1086	26,4743	DALOT	(3*2m)
16	PK 63+150	27,81	9,253147	89,29396	890	26,28591	DALOT	(3*2m)
17	PK 64+150	21,15	11,11625	79,71918	856	25,20123	DALOT	(3*2m)
18	PK 64+680	13,9	11,07739	79,89198	850	21,22131	DALOT	(3*2m)
19	PK 65+50	18,6	7,250343	103,8291	872	10,47376	DALOT	(2*2m)
20	PK 67+700	26,94	7,506811	101,6213	900	18,21562	DALOT	(3*2m)
21	PK 68+360	10,95	12,35002	74,69658	888	19,66387	DALOT	(3*2m)

VI.9.2.1. Exemple de calcul

Tableau VI.8 : Bassin Versant N°16

BV	Surface	L	ΔH	P	Tc (min)					
	Km²	Km	m	%	**Kripich**	**Californienne**	**Espagnol**	**Turazza**	**Ventura**	**Adopté**
12	0,4325	0,874	75	16,71	-	2,6560	9,4337	1,1466	12,2753	6,38

Tel que :

$$Tc\ Adopté = \sum Tci\ /\ i$$

VI.9.2.2. Détermination de débit Q :

Le débit calculé est pour une période de retour 20 ans

Donc : a = 353,41 et b = 0,6183

En utilisent la méthode rationnelle on trouve :

Calcul de l'intensité de la pluie :

$I(Tc,20) = 353,41 * 6,38^{-0,6183} = 112.37$ mm/h

$Q50 = \frac{C*I*A}{3,6} = \frac{0,45*112,37\ *0,4325}{3,6} = 6.07$ **m³/s**

D'après le Tableau de prédimensionnement des ouvrages, l'ouvrage Préconisé est dalot.

Remarque : le reste de calcul a été fait en utilisent l'Excel

VI.9.3. Détermination des dimensions du dalot

Le dimensionnement des dalots est directement lié au débit maximal des eaux de ruissellement recueilli pendant la durée critique de concentration **Tc.** L'objectif est de garantir un écoulement efficace sans débordement, tout en respectant les contraintes géométriques du site.

Les calculs se fondent sur la géométrie d'un dalot de section rectangulaire, en utilisant la formule de Manning-Strickler appliquée à un écoulement à surface libre.

Paramètres géométriques du dalot :

- **Surface mouillée** :

Sm = 0.8 * H * B

- **Périmètre mouillé** :

Pm = (1.6 * H) + B

- **Rayon hydraulique** :

Rh = Sm / Pm

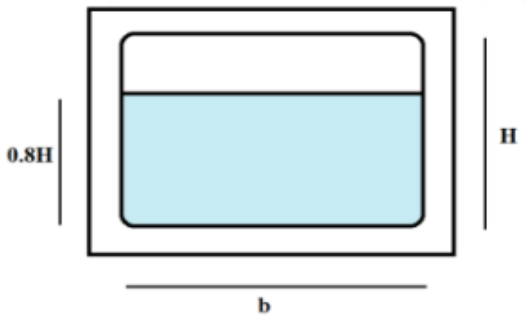


Figure VI.2 : Schéma d'un dalot rectangulaire

Débit de saturation

Le débit évacué par le dalot est exprimé par la formule de Strickler :

$$Qs = Kst * Rh^{2/3} * I^{1/2} * Sm$$

Avec :

- Qs : débit de saturation (m^3/s)
- Kst = 70 : coefficient de Strickler (béton non lisse, dalot coulé en place)
- I = 1% = 0.01 : pente longitudinale du lit du dalot

Méthode de calcul inversée :

Pour un débit projeté **Qa**, on résout la formule inversement afin de déterminer la hauteur H requise, avec une largeur fixée à B = 3 m.

$$H = \frac{1}{0{,}8B} * \left(\frac{Qa}{Kst * \sqrt{I}}\right)^{3/5} * (0{,}6 * H + B)^{2/5}$$

Ce calcul est résolu par itération numérique, en faisant varier H jusqu'à obtenir une valeur cohérente avec le débit **Qa**.

Résultat obtenu :

En fixant B = 3 m et après itérations successives, on obtient une hauteur optimale de :

H=2.0 m

Le **dalot est donc pré-dimensionné à 3.00 × 2.00 m**, garantissant un écoulement satisfaisant du débit centennal prévu pour ce tronçon.

VI.9.4.1. Vérification avec méthode de Delorme

$Qc = 2,464 \times R \times H^{1,5}$ pour les buses,

$Qc = 1,50 \times L \times H^{4/3}$ pour les dalots.

Qc	= débit critique évacué en m^3/s
R	= rayon des busees en m
L	= ouverture droite des dalots en m
H	= hauteur des piédroits sous dalles pour les dalots en m, diamètre intérieur pour les buses en m.

Figure VI.3 : Application de la méthode de Delorme

$Qc = 1,5 * 3 * 2^{\frac{4}{3}} = 11,34\ m^2/s$

B donné = 3m

$Hcritique = \sqrt[\frac{4}{3}]{\frac{6,07}{1,5*3}} = 1,25 < 2m$ (Vérifié)

VI.9.4.2. Vérification du régime d'écoulement :

$$Nombre\ de\ froude = \frac{\upsilon}{\sqrt{g*h}} = \frac{\left(\frac{11,34}{0,8*2*3}\right)}{\sqrt{10*2}} = 0,53 < 1 \text{ (Vérifié)}$$

VI.9.5. Conditions d'Auto-curage

La saturation des dispositifs d'évacuation des eaux de ruissellement peut détériorer la route et augmenter le coût de son entretien, donc il faut choisir des ouvrages qui donnent une vitesse d'écoulement faible tout en assurant l'auto-curage.

Pour se faire, on calcule débit Qps et vitesse à pleine section Vps correspondant à :

Q/Qps =0.1 et 0.01.

On doit vérifier les conditions d'auto-curage :

- Vps < 4m/s

- V>0,6m/s pour Q=0,1Qps

-V>0,3m/s pour Q=0,01Qps

Pour le BV12 :

Qps = 11.34 m² /s

$$Vps = Qps / Sm = 11.34 / 4,8 = 2,36 \text{ m/s}$$

La vitesse est fonction du type de l'écoulement (inondations, écoulement fluvial…) et peut être calculé en utilisant la relation empirique entre la vitesse et la pente :

$$v = 10 \cdot k \cdot S^{0.5}$$

Où:

v : Vitesse d'écoulement (m/s)
S : Pente (m/m)
K : paramètre adimensionnel de couverture végétale

Figure VI.4 : Courbe de vitesse d'écoulement

$V = 10 * 0,45 * 0,4325^{0,5} = 2,96$ m/s < 4m/s

$\frac{V}{Vps} = \frac{2,96}{2,36} = 1,25 > 0,6$ (Vérifiée)

VI.10. DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT :

Les fossés constituent l'un des dispositifs fondamentaux du système d'assainissement routier. Ils ont pour fonction principale de collecter et d'évacuer les eaux de ruissellement provenant de la chaussée, des accotements et des talus, limitant ainsi les infiltrations nuisibles à la stabilité de la plateforme.

Parmi les différentes configurations possibles, le fossé trapézoïdal a été retenu pour ce projet, en raison de sa simplicité de réalisation, de sa capacité hydraulique satisfaisante et de sa stabilité en terrains variés.

Dans les sections en déblai, lorsque les fossés ouverts deviennent insuffisants pour absorber le débit attendu, leur capacité est renforcée par des collecteurs enterrés, qui prennent le relais en période de fortes précipitations. Le raccordement entre les fossés et ces collecteurs se fait par le biais de regards avaloirs, assurant une transition fluide entre les écoulements de surface et souterrains.

Afin de protéger la structure de chaussée contre les infiltrations, le profil en travers de la route est conçu avec une pente déversée vers l'extérieur, orientant les eaux directement vers les fossés latéraux. Cette disposition permet de réduire la stagnation sur la plateforme et d'éviter la migration de l'humidité vers les couches de fondation.

Le dimensionnement des fossés est réalisé en se basant sur le cas hydraulique le plus défavorable, c'est-à-dire dans les zones présentant une grande hauteur de déblai**,** une longueur significative de section**,** et une inclinaison naturelle du terrain vers la route**.** Ce choix garantit une marge de sécurité suffisante dans les zones critiques.

Chaque fossé est dimensionné de manière à assurer l'évacuation du débit cumulé en provenance de l'ensemble du bassin versant associé à la chaussée, au terre-plein central et au talus**,** selon les calculs hydrologiques détaillés précédemment.

- Un fossé trapézoïdal sera projeté le long du projet particulièrement du côté talus déblais :

-Le profil en travers hypothétique de fossé est donné dans la figure ci-dessous

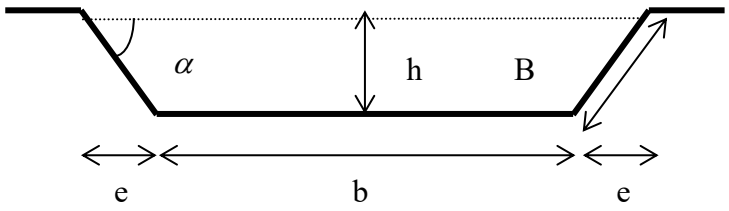


Figure VI.5 : Profil en travers du fossé trapézoïdal

On fixe la base du fossé à (b = 50 cm) et la pente du talus à (1/n =1/1.5) d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h.

Calcul de la surface mouillée :

$S_m = bh + 2\frac{eh}{2}$

$tg\alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n}$ d'où $e = n.h$

$S_m = bh + n.h^2 = h.(b + n.h)$

$S_m = h.(b + n.h)$

Calcul du périmètre mouillé :

$P_m = b + 2B$

Avec : $B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + n^2.h^2} = h.\sqrt{1+n^2}$

$P_m = b + 2\,h.\sqrt{1+n^2}$

Calcul du rayon hydraulique :

$$R_h = S_m / P_m = \frac{h.(b+n.h)}{b + 2h\sqrt{1+n^2}}$$

Calcul des dimensions des fossés :

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation. La hauteur (h) d'eau dans le fossé correspond au débit d'écoulement au point de saturation. Cette hauteur sera obtenue, en égalisant le débit d'apport au débit de saturation.

$Q_a = Q_s = K.I.C.A = K_{st}.i^{1/2}S_m.R_h^{2/3}$

D'où Q = F (h). et calcul se fera par itération.

$$Q_a = (K_{st}.i^{1/2}).h.\,(b + n.\,h).\left[\frac{h.(b+n.h)}{b + 2h\sqrt{1+n^2}}\right]^{2/3}$$

Avec :

K = 70 (béton armé)

I =2 %

VI.10.3. APPLICATION

Le débit rapporté par la chaussée, de l'accotement et du talus est pris pour un cas défavorable.

L'intensité à l'averse I_t :

t_c la durée de chute de pluie varient de 10 à 60 minutes si on prend Tc =15 minute= 0.25h, donc

A partir des courbes I.D.F., on tire directement la valeur de l'intensité de pluie.

I_t =60mm/h

La surface de bassin versant : on considère la présence des trois éléments (chaussée, accotement, talus), la section de 100m en calculant le débit rapporté par chaque élément de la route et le débit total, une largeur de talus : été prise défavorable égale (10m).

Coefficient de ruissellement (C) :

Le coefficient de ruissellement a été estimé à partir :

Tableau VI.9 : Coefficients de ruissellement selon le type de surface de la plate-forme routière

Type de chaussée	**C**	**Valeurs prises**
Chaussée revêtement en enrobés	0.80 à 0.95	0.95
Accotement : sol légèrement perméable	0.15 à 0.40	0.35
Talus	0.10 à 0.30	0.25

Donc :

$Q_a = Q_c + Q_A + Q_t$

$Q_c = K.I.C_c.A_c$

$Q_A = K.I.C_A.A_A$

$Q_t = K.I.C_t.A_t$

D'où : $Q_a = Q_A + Q_t + Q_c = 5.17 \times 10^{-6}\ m^3/s$

On a $Q_a = Q_s = (Kst.i^{1/2}).h.(b + n.h).\left[\frac{h.(b+n.h)}{b+2h\sqrt{1+n^2}}\right]^{2/3}$

Après un calcul itératif on trouve h=0. 5

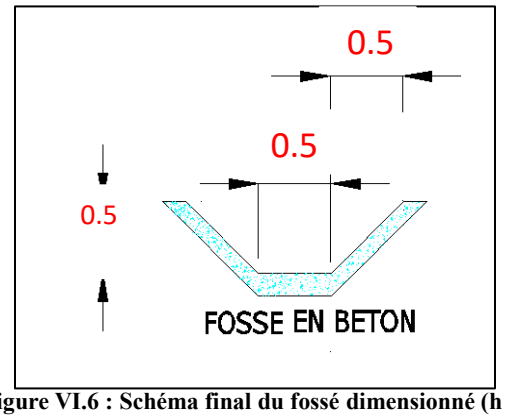


Figure VI.6 : Schéma final du fossé dimensionné (h = 0,5 m)

Avec des Parois de pentes 1/1 en béton armé d'épaisseur 0,12 à 0,15 armé en trillé soudé coulé sur place avec joint de dilatation chaque 5 à 6 m posé sur un béton de propreté de 10 cm d'épaisseur ; encré sous le niveau du corps de chaussé évitant d'éventuel affaissements.

VI.11. Conclusion :

L'étude hydraulique a permis de définir avec précision les principes de dimensionnement des différents ouvrages d'assainissement à mettre en œuvre tout au long du tracé étudié. Elle s'est appuyée sur une approche méthodique intégrant les caractéristiques topographiques, hydrologiques et géométriques des bassins versants concernés, ainsi que les exigences de sécurité et de durabilité des infrastructures.

Au total, **23 ouvrages principaux ont été recensés sur l'axe projeté**, répartis comme suit : **21 dalots et buses de sections variées**, dimensionnés selon les débits de crue centennaux, et **deux viaduc**, destiné à assurer le franchissement sécurisé d'oued **BESBESS et un autre point critique**.

Ces aménagements ont été conçus pour garantir une **évacuation optimale des eaux pluviales**, préserver la plateforme contre les risques d'infiltration et d'érosion, et assurer la résilience de l'ouvrage face aux conditions climatiques extrêmes.

Conception des Carrefours

VII.1. Introduction Générale

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.

VII.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.

VII.2.1. Carrefours à 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.

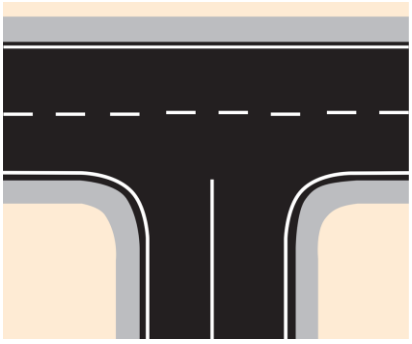


Figure VII.1 : Le carrefour en T

- **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 VII.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.

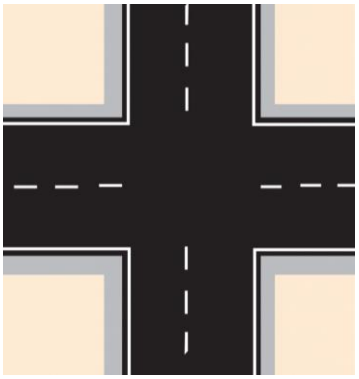


Figure VII.3 : Le carrefour en croix

- **Le carrefour giratoire** :
  De type plan et circulaire, il vise à améliorer sécurité et fluidité. Il supprime les traversées directes et impose la priorité aux véhicules entrants. Très répandu en France et en Europe, surtout dans les zones à fort trafic ou à risque (un développement est prévu plus loin).

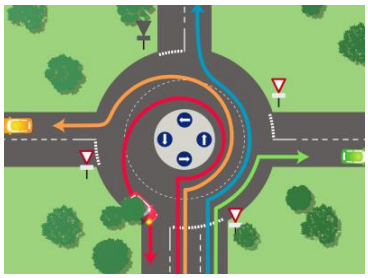


Figure VII.4 : Le carrefour giratoire

- **Le demi-carrefour** :
  Utilisé lorsque les contraintes du site (topographie, urbanisme, environnement) empêchent un croisement complet. Il permet une insertion partielle.
- **Le carrefour à bulbe ou à formes irrégulières** :
  Anciennes formes à éviter aujourd'hui, car elles induisent des trajectoires dangereuses, peu lisibles et difficiles à sécuriser.

VII.2.2. Carrefours dénivelés (échangeurs)

Dans ce type de carrefour, les flux sont séparés en hauteur (ponts, viaducs, tunnels), évitant ainsi tout croisement direct.

• **Échangeurs simples** :
Relient deux routes sans croisement à niveau, fréquents sur autoroutes ou routes express.

• **Échangeurs complexes** :
Comportent plusieurs niveaux, bretelles et branches, utiles lorsque plusieurs axes majeurs se croisent.

Bien que coûteux, ces aménagements sont indispensables sur les voies rapides où ralentir ou s'arrêter n'est pas envisageable.

VII.2.3. Classification fonctionnelle selon le type de route

Le choix du type de carrefour doit être cohérent avec la nature de la route sur laquelle il s'insère. À chaque niveau du réseau routier correspond un ou plusieurs types de carrefours compatibles, assurant à la fois la sécurité, la lisibilité et la performance de l'itinéraire.

Tableau Classification fonctionnelle selon le type de route

Type de route	Type de carrefour recommandé
Type L (Autoroute)	Échangeur uniquement (aucun croisement à niveau admis)
Type T (Route express)	Échangeur ou demi-échangeur, accès très contrôlés
Type R (Route principale)	Giratoire, carrefour plan avec tourne-à-gauche aménagé
Voie locale / rurale	Carrefour simple en T, croix, giratoire compact

Cette classification permet d'assurer une **cohérence fonctionnelle** du réseau routier. Elle évite les ruptures de perception pour les usagers, renforce la sécurité et améliore l'efficacité globale des déplacements.

VII.3. Le Carrefour giratoire :

Le giratoire est un aménagement à niveau où la circulation tourne autour d'un îlot central, dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Les véhicules entrants doivent céder le passage à ceux déjà sur l'anneau. Cette organisation simple, alliée à une géométrie circulaire, élimine les conflits frontaux, réduit la vitesse et renforce la sécurité.

VII.3.1. Éléments constitutifs

Un giratoire comprend plusieurs éléments essentiels :

- **L'îlot central** : généralement circulaire, il doit être visible et dégagé de tout obstacle. Son rôle est d'imposer une trajectoire incurvée et de limiter la vitesse.
- **La chaussée annulaire** : voie circulaire à sens unique, dimensionnée pour accueillir les flux issus de plusieurs voies. Dans le cas d'une 2×2 voies, il peut être nécessaire de prévoir deux voies de circulation sur l'anneau.
- **Les branches d'entrée et de sortie** : elles sont élargies pour permettre le passage fluide du trafic provenant de deux voies. Chaque branche doit comporter des rayons adaptés pour forcer le ralentissement.
- **Les îlots séparateurs** : positionnés entre les voies d'entrée et de sortie, ils guident les véhicules, assurent la séparation des sens, et permettent l'insertion progressive dans l'anneau.

VII.3.2. Dimensionnement adapté à une 2×2 voies

Le giratoire doit être dimensionné en fonction du trafic, du type de véhicules, du nombre de branches et de la configuration de la route principale. Dans le cas d'une route à deux voies par sens :

- **Le rayon extérieur du giratoire** est généralement plus élevé, souvent supérieur à 25 mètres, pour permettre la giration des poids lourds tout en maintenant une géométrie compacte.
- **La largeur de la chaussée annulaire** peut atteindre 8 à 10 mètres, voire intégrer une bande franchissable centrale pour les véhicules articulés.
- **Les branches d'accès** doivent permettre un positionnement clair des véhicules selon leur direction, avec des angles d'entrée non tangentiels afin de limiter la vitesse d'approche.
- **La visibilité** depuis les voies d'accès vers l'anneau doit être assurée, en particulier sur le quart gauche de la trajectoire, pour permettre l'anticipation des véhicules déjà engagés.

VII.3.3. Fonctionnement et sécurité

Le giratoire est efficace pour réduire le nombre et la gravité des accidents, notamment en zones à trafic dense ou déséquilibré. Il permet une répartition fluide des flux sans feux tricolores.

Sur routes à 2×2 voies, une bonne lisibilité, une signalisation claire et une canalisation précise des mouvements sont indispensables pour éviter les conflits entre usagers.

VII.4. Application au projet

Au cadre du projet de dédoublement de la RN18, on a prévu cinq carrefours giratoires le long de l'axe principal. Les carrefours facilitent à la fois les échanges avec la RN18 et les voies secondaires environnantes, tout en veillant à la fluidité optimale sur la route nationale. Les descriptions qui suivent donnent, pour chacun des points, les branches secondaires raccordées à la RN18.

VII.4.1. Premier carrefour – PK 59+290

Carrefour en T. Il autorise le raccord de la RN18 avec :

- Une route en direction du pénitencier central

VII.4.2. Deuxième carrefour – PK 60+905

Carrefour à quatre branches, relie la RN18 à :

- Khemis Miliana
- Ouled Ferguène

VII.4.3. Troisième carrefour – PK 63+982

Carrefour à quatre branches, qui relie la RN18 à :

- Ouled Ali
- Hammam Essalihine

VII.4.4. Quatrième carrefour – PK 66+667

Carrefour en T, avec branchement depuis la RN18 vers :

- La localité d'Ouled Zaid

VII.4.5. Cinquième carrefour – PK 68+594

Carrefour en Y à l'extrémité du projet, garantissant le raccordement de la RN18 avec :

- La commune de L'Oumaria

VII.5. Caractéristiques géométriques des carrefours giratoires

Les dimensions géométriques des giratoires sont fixées suivant les recommandations du guide d'aménagement des carrefours interurbains publié par le SETRA. À cette fin, les tableaux 1 et 2 suivants résument les principaux paramètres à considérer pour la réalisation des voiries d'entrée et de sortie, ainsi que des îlots séparateurs, en fonction du rayon du giratoire $\boldsymbol{R_g}$.

Ces références de valeurs garantissent une conception qui s'alignera sur les standards en cours en ce qui concerne la sécurité, la fluidité et la capacité d'adaptation au contexte routier.

Tableau VII.2 : Synthèse des paramètres géométriques pour la conception des voies d'entrée et de sortie des giratoires

	Notations	Paramétrage	Valeurs courantes (en m)			
Rayon du giratoire	R_g	$12\ m \le R_g \le 25\ m$	$R_g = 12$	$R_g = 15$	$R_g = 20$	$R_g = 25$
Largeur de l'anneou	ℓ_a	$6\ m \le \ell_a \le 9\ m$	7	7	7	8
Surlargeur franchissoble	sl_f	1,5 m si $R_g \le 15\ m$	1,5	1,5	—	—
Rayon intérieur	R_i	$R_g - \ell_a - sl_f$	3,5	6,5	13	18
Rayon d'entrée*	R_e	$10\ m \le R_e \le 15\ m$ et $\le R_g$	12	15	15	15
Largeur de la voie entronte	ℓ_e	$\ell_e = 4\ m$	4	4	4	4
Rayon de sortie*	R_s	$15\ m \le R_s \le 30\ m$ et $> R_i$	15	20	20	20
Largeur de la voie sortonte	ℓ_s	$4\ m \le \ell_s \le 5\ m$	4	4	4,5	5
Rayon de raccordement	R_r	$R_r = 4\ R_g$	48	60	80	100

VII.5.1. Paramètres géométriques des îlots séparateurs

La conception des îlots séparateurs repose sur un ensemble de paramètres géométriques normalisés. Ces dimensions varient en fonction du rayon du giratoire et sont définies pour assurer la lisibilité de l'aménagement, la sécurité des usagers, ainsi qu'une séparation claire entre les flux de circulation.

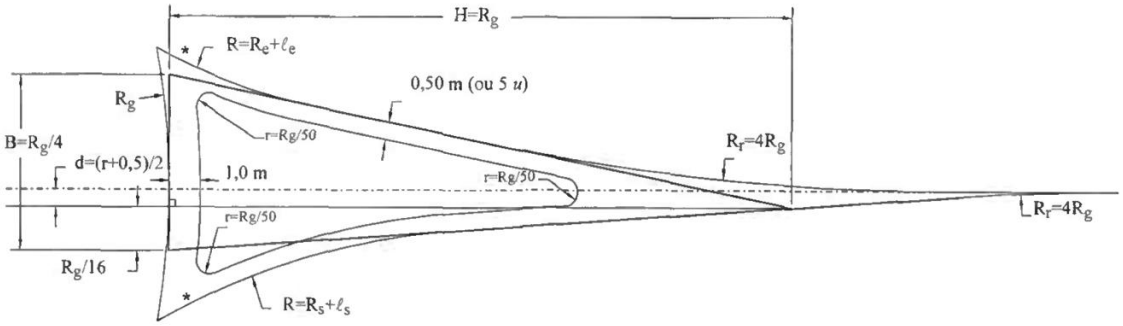


Figure VII.5 : Les caractéristiques des îlots séparateurs

Le tableau suivant présente les principales dimensions géométriques adoptées pour les îlots séparateurs, en lien avec un giratoire de rayon $\boldsymbol{R_g = 25m}$, conformément aux recommandations du guide SETRA.

Tableau VII.3 : Synthèse des paramètres géométriques pour la conception des îlots séparateurs

	Notation	Paramètrage	Valeurs courantes (en m)			
Rayon giratoire	R_g		R_g<15	R_g=15	R_g=20	R_g=25
Hauteur du triangle de construction	H	H = R_g	12 à 15	15	20	25
Base du triangle de construction	B	B = R_g /4	3 à 3,75	3,75	5,00	6,25
Déport de l'îlot sur l'axe	d	d = (0,5+R_g/50)/2 ou 0	0	0,40	0,45	0,50
Rayon de raccordement des bordures	r	r = R_g / 50	0,25	0,30	0,40	0,50

VII.5.2. Cas des routes à deux chaussées

Pour les deux chaussées, on recommande généralement d'utiliser un rayon du giratoire $\boldsymbol{R_g}$ de 25 mètres, sans le dépasser.

En tout cas, la chaussée annulaire ne devra jamais présenter moins de 6 mètres de largeur.

VII.6. Résultats de conception pour le giratoire

Bénéficiant de l'analyse des recommandations normatives et des exigences de circulation propres au projet, les paramètres géométriques ont été fixés en prenant comme référence un rayon de giratoire de 25 mètres.

Le tableau ci-dessous présente les dimensions retenues pour la conception des divers composants du carrefour giratoire, en cohérence avec les guides techniques en vigueur.

Tableau VII.4 : Paramètres géométriques récapitulatifs pour la conception d'un giratoire

Élément concerné	Notation	Valeur
Rayon du giratoire	R_g	25
Largeur de l'anneau	ℓ_a	8
Rayon intérieur	R_i	18
Rayon d'entrée	R_e	15
Largeur de la voie entrante	ℓ_e	4
Rayon de sortie	R_s	20
Largeur de la voie sortante	ℓ_s	5
Rayon de raccordement	R_r	100
Hauteur du triangle de l'îlot	H	25
Base du triangle de l'îlot	B	6,25
Départ de l'îlot sur l'axe	d	0,50
Rayon de raccordement des bordures	r	0,50

Ouvrages d'Arts

VIII.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.

VIII.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'usager ;
- **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.

VIII.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.

VIII.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 ;

- 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.

VIII.5. Solution technique retenue

Vu les conditions techniques exiger par le site, le choix de nos ouvrages récapitulé dans le

Tableau suivant :

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

	Coordonnées		Longueur	TN (Max)	Ligne rouge correspondante	Hauteur	Type d'ouvrage
1 .Oued GUESSOUM	PK 62+475	PK 62+800	325 m	803.28	819.44	16 m	Viaduc
2. Oued BESBESS	PK 66+800	PK 67+125	325 m	757.86	804.44	47 m	Viaduc

VIII.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**.**

Cubatures

IX.1 Introduction

La réalisation de tout ouvrage de génie civil implique inévitablement une modification du relief naturel sur lequel il sera implanté.

Dans le cas des infrastructures routières, ces modifications sont particulièrement visibles à travers les profils en long et les profils en travers.

Cette transformation peut se faire de deux manières :

- **Par ajout de matériaux** sur le terrain naturel pour créer des remblais qui serviront de support à la chaussée.
- **Par excavation** des terres situées au-dessus du niveau projeté, constituant ainsi les déblais.

Pour assurer l'exécution correcte de ces voies, il est essentiel de quantifier les volumes de terre à déplacer entre le terrain naturel et le tracé du projet. Cette opération est appelée le calcul des cubatures de terrassement.

IX.2 Définition

IX.2.1 Cubatures

Les cubatures de terrassement correspondent à l'évaluation des volumes de déblais et de remblais nécessaires à la mise en œuvre d'un projet, afin de créer une surface plane et continue alignée sur la ligne de projet.

Trois éléments sont essentiels pour définir cette évolution :

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

Pour garantir la précision des calculs, les profils doivent comporter des points rapprochés afin de représenter fidèlement les variations du terrain.

IX.2.2 Terrassements

Le **terrassement** désigne l'ensemble des opérations visant à déplacer ou modifier la structure du sol dans le but de construire des infrastructures (routes, réseaux, bâtiments, etc.). Il englobe aussi bien les fouilles que les apports de terre.

- **Déblais** : Enlèvement de matériaux du sol par creusement.
- **Remblais** : Apport et mise en place de matériaux pour remplir ou aplanir une zone.

Les remblais commencent généralement par les points les plus bas, par couches successives d'environ 20 cm d'épaisseur.

IX.2.2.1 Classification des terrassements

Les terrassements peuvent être regroupés en deux catégories principales :

- Terrassements à grands volumes (ex. : routes, voies ferrées, barrages).
- Terrassements à faibles volumes (ex. : canalisations, tranchées, fondations).

Le choix de la technique dépend essentiellement des caractéristiques physiques du sol, notamment :

- Sa résistance à la pénétration.
- Sa masse volumique.

IX.2.2.2 Classification des terrains

Selon leur résistance à l'excavation, les sols peuvent être classés en :

- **Sol meuble** (facile à extraire).
- **Sol moyennement rocheux** (nécessitant un effort plus important).
- **Sol rocheux** (difficile à extraire, parfois avec explosifs ou engins spéciaux).

IX.2.2.3 Cubatures des terrassements

On appelle cubature de terrassement l'estimation des volumes de déblais et remblais à déplacer pour façonner la plateforme du projet. Cette opération permet de créer une surface de travail continue sous la ligne de projet.

Elle s'appuie sur :

- Les profils en long.
- Les profils en travers.
- La distance entre les profils.

IX.3 Méthodes de calcul de cubature

Le calcul des cubatures permet de déterminer les volumes de déblais et remblais liés aux terrassements dans un projet. Bien qu'il puisse être fastidieux, il existe plusieurs méthodes qui facilitent ces estimations.

Le principe général consiste à mesurer les surfaces de déblais (SD) et remblais (SR) sur chaque profil en travers, puis à effectuer leur différence pour chaque tronçon étudié, afin d'obtenir le volume total de terrassement pour la section concernée.

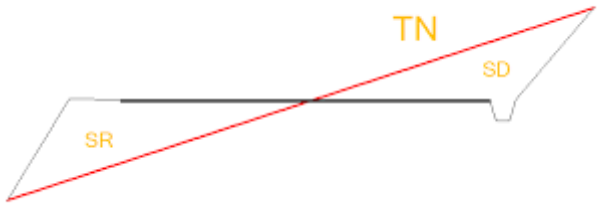


Figure IX.3-1: Les cubatures

- **TN** : Terrain Naturel
- **SD** : Surface de Déblai
- **SR** : Surface de Remblai

IX.3.1 Formule de SARRAUS

La **méthode de Sarraus** permet de calculer les volumes entre deux profils en travers successifs, en appliquant la **formule des trois niveaux** :

$$V = \frac{1}{6}(S_1 + S_2 + 4 \times S_{MOY})$$

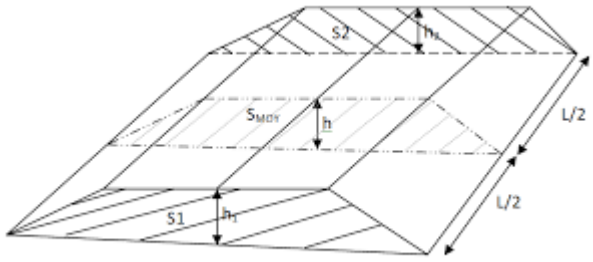


Figure IX.3-2 : Représentation spatiale de la méthode de Sarraus

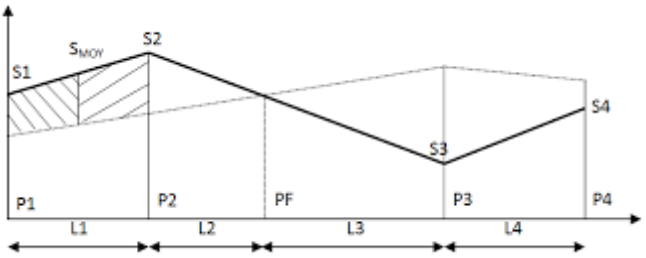


Figure IX.3-3 : Application de la méthode de Sarraus sur une série de profils

- **PF** : Profil fictif (surface nulle)
- **Si** : Surface du profil en travers n° i

Pour chaque tronçon entre deux profils espacés d'une distance L_i, la surface intermédiaire S_{MOY} est approximée par la moyenne de deux surfaces successives.

D'où le volume pour un tronçon donné :

$$V_i = \frac{L_i}{2}(S_i + S_{i+1})$$

En additionnant les volumes élémentaires, le volume total devient :

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

IX.3.2 Méthode de GULDEN

Cette méthode repose sur le calcul des sections et largeurs des profils en considérant la forme réelle du terrain. Elle applique les règles classiques de géométrie et tient compte de l'éloignement entre les points le long de l'axe de la voie.

Les distances mesurées sont ensuite multipliées par les largeurs associées pour obtenir les surfaces. Les volumes sont déduits en multipliant ces surfaces par les longueurs entre profils.

L'intérêt principal de cette méthode réside dans sa prise en compte de la distribution spatiale des matériaux, notamment sur des tracés curvilignes. En revanche, elle ne donne pas d'indication sur la quantité totale de déblais ou remblais.

IX.3.3 Méthode linéaire

La méthode linéaire est une méthode simplifiée où les sections et largeurs sont multipliées par la longueur totale du tronçon. Cette méthode suppose que les sections successives sont proches et régulières.

Elle ne tient pas compte des variations réelles du profil du terrain, mais convient pour les tracés rectilignes ou faiblement variables.

IX.4 Application au projet

Dans le cadre de ce projet, le calcul des cubatures a été réalisé à l'aide du logiciel **Covadis**, connu pour sa précision dans le traitement des profils en long, en travers et des modèles numériques de terrain (MNT).
Les résultats détaillés des volumes de terrassement sont présentés en annexe.

Résumé des volumes obtenus

Les volumes totaux calculés sont les suivants :

- **Volume de décapage** : $V = 99\,802.2\ m^3$
- **Volume des déblais** : $V_D = 397\,012.5\ m^3$
- **Volume des remblais** : $V_R = 377\,182.6 m^3$

Remarque :
Un volume considérable de déblais reste à gérer. Il sera donc nécessaire de prévoir des zones de dépôt ou des solutions de valorisation pour éviter les déséquilibres dans le plan de terrassement.

Étude d'impact sur l'environnement

X.1. Introduction

Tout projet d'aménagement ou de modernisation d'une infrastructure routière doit obligatoirement faire l'objet d'une évaluation de son impact sur l'environnement, conformément aux textes législatifs en vigueur.
L'objectif principal de cette étude est d'identifier, évaluer et limiter les effets directs et indirects du projet, à court, moyen et long terme, sur le milieu physique, naturel et humain. Elle vise également à proposer des mesures de compensation, de prévention ou d'atténuation adaptées.

Dans ce projet de dédoublement de la RN18, il est essentiel de prendre en compte la sensibilité de l'environnement local (zones agricoles, relief semi-montagneux, proximité d'habitations) et de garantir la durabilité des aménagements.

X.2. Cadre juridique

L'étude d'impact environnemental en Algérie repose sur le **décret exécutif n° 07-145 du 19 mai 2007**, qui complète le décret n° 90-78 relatif à la protection de l'environnement. Ce cadre juridique impose que tout projet d'infrastructure de grande envergure respecte les étapes suivantes :

- Une analyse détaillée du projet ;
- Une analyse de l'état initial du site (sol, air, eaux, biodiversité) ;
- Une évaluation des impacts (positifs, négatifs, directs, indirects, cumulatifs) ;
- La proposition de mesures d'atténuation et de suivi.

Nouveauté réglementaire : Le **Plan National Climat 2020-2030**, adopté par le ministère algérien, insiste désormais sur la **résilience climatique des projets d'infrastructure** et la **réduction des émissions de gaz à effet de serre**.

X.3. Objectifs de l'étude

Les objectifs environnementaux principaux de cette étude sont :

- **Assurer une intégration harmonieuse** de la route dans son environnement naturel et humain ;
- **Préserver les milieux sensibles** (eaux, sols, faune, flore) ;
- **Limiter les nuisances** (poussière, bruit, vibrations, fragmentation des habitats) ;
- **Anticiper les risques** (érosion, glissements de terrain, inondation) ;
- **Mettre en place un suivi environnemental** pendant et après la phase de chantier.

X.4. Identification des impacts environnementaux

X.4.1. Impacts sur le milieu physique

X.4.1.1. Qualité de l'air

Les émissions de particules fines (PM10, PM2.5), poussières et gaz (NOx, CO, SO_2) générées par les engins de chantier et les véhicules perturberont temporairement la qualité de l'air. Ces effets sont plus marqués en saison sèche et sur les zones de déblai.

X.4.1.2. Sols et érosion

Les travaux de terrassement peuvent engendrer une **érosion des sols**, notamment en zones de pente. Des glissements de terrain pourraient survenir en cas de forte pluie sans dispositifs de soutènement ou drainage adéquats.

X.4.1.3. Eaux de surface et souterraines

Les eaux de ruissellement peuvent transporter des **polluants accidentels** (huiles, hydrocarbures, particules) vers les oueds ou infiltrer la nappe phréatique. Le projet traverse quelques ravins et zones agricoles nécessitant un traitement par fossés et bassins de rétention.

X.4.2. Impacts sur le milieu naturel

X.4.2.1. Faune et flore

La zone du projet, bien que rurale et partiellement agricole, abrite des **espèces locales de flore méditerranéenne** (pins, chênes, oliviers sauvages) et une petite faune (rongeurs, oiseaux, reptiles). L'impact principal sera la **fragmentation des habitats** et le dérangement temporaire de la faune.

Aucune zone classée (parc ou aire protégée) n'est directement concernée sur les 11 km, mais une **vigilance sur la biodiversité locale** est recommandée.

X.4.3. Impacts sur le cadre humain

X.4.3.1. Bruit

Les travaux généreront du **bruit** (85-100 dB) affectant temporairement les habitations proches de l'emprise routière, en particulier à la sortie est de Berrouaghia.

X.4.3.2. Risque pour la sécurité et la santé

La circulation de camions et de machines lourdes expose les riverains à des **risques de sécurité**, notamment pour les piétons et les enfants. Des dispositifs de signalisation, clôtures et chemins temporaires sont à prévoir.

X.4.3.3. Accès et paysage

Certaines parcelles agricoles seront coupées, nécessitant la création de **pistes de desserte ou de franchissement**. Le paysage pourrait être dégradé sans replantation ni aménagement des abords.

X.5. Mesures de réduction des impacts

Impact identifié	Mesures proposées
Air	Arrosage des pistes, entretien des engins, limitation des vitesses de chantier
Eaux	Fossés étanches, bassins de rétention, nettoyage des zones de stockage
Sols	Reprofilage, stabilisation de talus, revégétalisation rapide des talus exposés
Faune / Flore	Calendrier de travaux hors périodes sensibles (nidification), plantation compensatoire
Bruit	Barrières antibruit, horaires de chantier réglementés (7h-18h), information riverains
Paysage	Plantations en bordure, traitement esthétique des talus et fossés
Sécurité riverains	Clôtures, traversées sécurisées, signalisation temporaire et permanente

X.6. Conclusion

Le projet de dédoublement de la RN18 sur 11 km entre **Berrouaghia et Sidi Naamane** est globalement **compatible avec l'environnement**, sous réserve de mise en œuvre des mesures de prévention et de suivi détaillées. Les impacts sont **maîtrisables** et principalement **temporairement liés à la phase de chantier**.

L'étude permet de confirmer que le projet peut contribuer au développement régional sans provoquer de dégradation majeure, tout en s'inscrivant dans les priorités nationales actuelles : **infrastructures durables, transition écologique et sécurité routière**.

Signalisation et Éclairage

XI.1. Introduction

La signalisation routière constitue un élément fondamental du paysage et du fonctionnement du réseau routier. Elle représente un véritable outil de communication entre l'infrastructure et l'usager, en assurant la sécurité, la fluidité et la lisibilité du trafic.

Elle doit être conçue de manière à accompagner l'usager tout au long de son itinéraire, en l'aidant à anticiper les changements de situation, à adapter sa conduite, et à éviter les hésitations ou les manœuvres dangereuses. La reconnaissance intuitive des formes, couleurs et symboles normalisés des panneaux permet au conducteur d'interpréter rapidement les messages transmis, renforçant ainsi la lisibilité et la cohérence du système de signalisation.

XI.2. Catégories de signalisation

La signalisation routière regroupe plusieurs catégories complémentaires, selon le support utilisé :

- La signalisation par panneaux (signalisation verticale)
- La signalisation par feux tricolores ou spécifiques
- La signalisation par marquages au sol (signalisation horizontale)
- La signalisation par dispositifs de balisage (plots, balises, glissières)
- La signalisation par bornage (repères kilométriques et hectométriques)

XI.3. Principes généraux à respecter

Une signalisation efficace doit répondre à un ensemble de règles fondamentales garantissant sa pertinence, sa lisibilité et son efficacité :

- Maintenir une cohérence entre la géométrie de la route et les informations transmises ;
- Assurer l'alignement avec les règles du code de la route en vigueur ;
- Harmoniser la signalisation verticale et horizontale pour éviter les contradictions ;
- Éviter la présence de publicités ou d'éléments visuels susceptibles de perturber la lecture de la signalisation ;
- Rechercher la simplicité, en évitant la surcharge d'informations qui pourrait nuire à la concentration de l'usager.

XI.4. Types de signalisation

On distingue deux grandes familles de signalisation routière : la signalisation horizontale et **la** signalisation verticale.

XI.4.1. Signalisation horizontale

Elle regroupe l'ensemble des marquages au sol, utilisés pour organiser les flux de circulation, indiquer les règles de priorité et orienter les conducteurs.

XI.4.1.1. Marquages longitudinaux

- **Lignes continues** : Interdisent les dépassements et les changements de voie dans les sections jugées dangereuses.

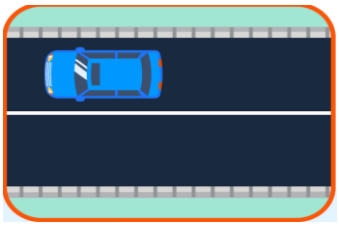


Figure XI.1 : Lignes continues

- **Lignes mixtes** : Composées d'une ligne continue accompagnée d'une ligne discontinue, elles ne peuvent être franchies que si la ligne discontinue est du côté du conducteur.

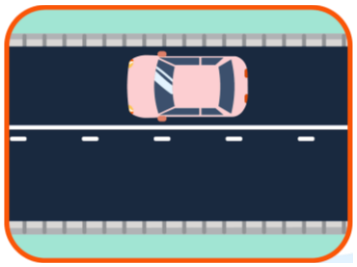


Figure XI.2 : Lignes mixtes

- **Lignes discontinues** : Autorisent les changements de voie et facilitent la circulation fluide. Leur module est défini par le rapport entre la longueur des traits et celle des intervalles.

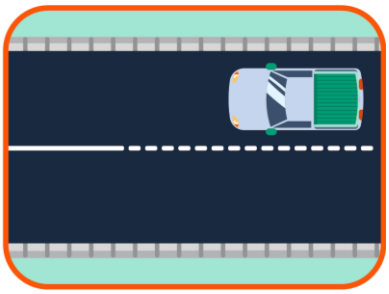


Figure XI.3 : Lignes discontinues

Largeurs standards selon le type de route :

- U = 7,5 cm : autoroutes et voies rapides urbaines
- U = 6 cm : routes nationales et voies urbaines
- U = 5 cm : routes secondaires

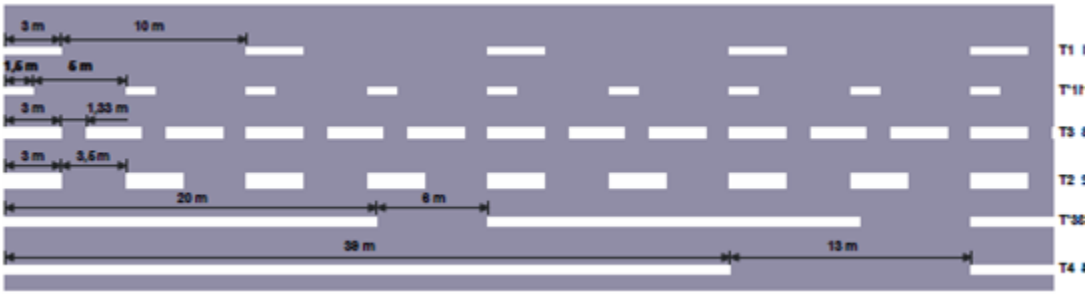


Figure XI.4 : Types de modulation

XI.4.1.2. Marquages transversaux et symboles

- **Lignes continues transversales** : Signalent un arrêt obligatoire (STOP).
- **Lignes discontinues transversales** : Indiquent un "cédez-le-passage".
- **Passages pour piétons** : Marqués par des bandes blanches parallèles.
- **Flèches de rabattement** : Courbes, elles signalent à l'usager de se repositionner dans une voie précise.



Figure XI.5 : ligne stop

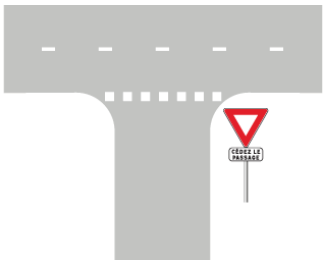


Figure XI.6 : ligne cédez le passage

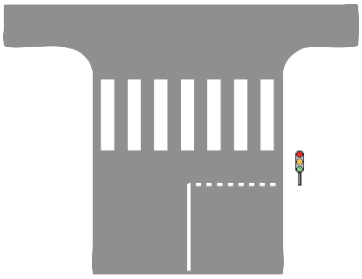


Figure XI.7 : passage pour piétons

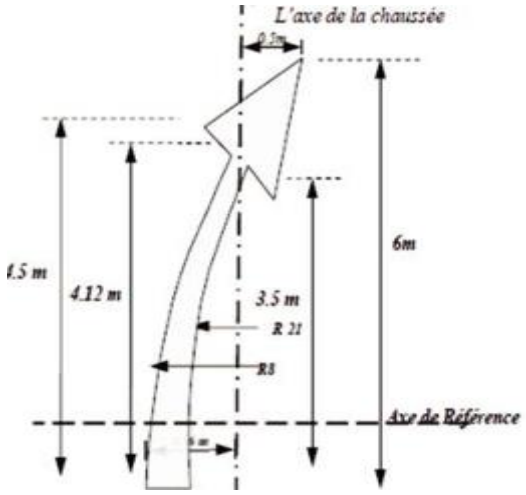


Figure XI.8 : Flèche de rabattement

-Les flèches de sélection : Ces flèches situées aux milieux d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée

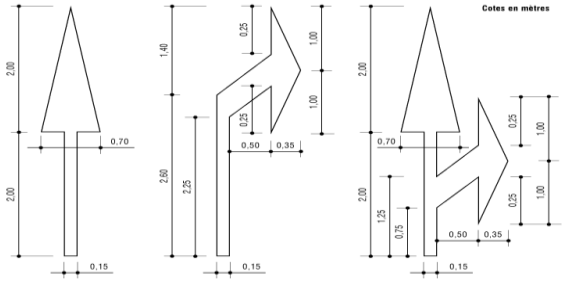


Figure XI.9 : Flèche de sélection

XI.4.2. Signalisation verticale

Elle regroupe tous les panneaux routiers transmettant une information ou un ordre, en fonction de leur forme, couleur, et emplacement.

XI.4.2.1. Signalisation avancée

- Le panneau A24 est implanté à 150 mètres avant une intersection pour signaler un carrefour à venir.
- Le panneau B3, souvent accompagné d'un panneau additionnel de type G5, est utilisé pour signaler une priorité, placé sur l'axe prioritaire.

XI.4.2.2. Signalisation de position

- Le panneau B2, de type "arrêt obligatoire", est placé à l'endroit précis où les usagers doivent marquer l'arrêt.

XI.4.2.3. Signalisation directionnelle

Ce type de signalisation permet de guider les usagers vers leur destination. Elle est généralement constituée de panneaux rectangulaires prolongés par une flèche, avec un angle terminal de **75°**, indiquant l'orientation à suivre.

XI.5. Application au projet :

XI.5.1. Signalisation verticale :



Figure XI.10 : Limitation de vitesse B14



Figure XI.10 : Arrête et stationnements interdits



Figure XI.11 : Décente dangereuse



Figure XI.12 Interdiction de dépassement

- **Les signaux routiers qui sont utilisé pour le carrefour sont :**



Figure XI.13 : Cédez le passage



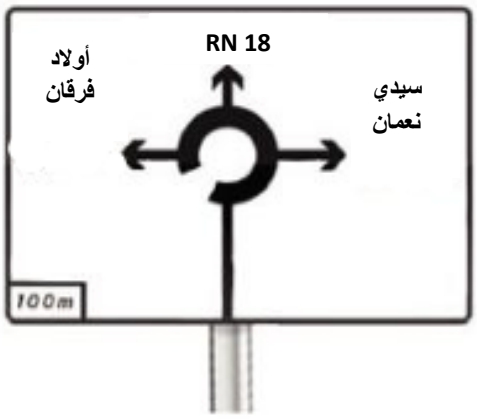
Figure XI.14 : Carrefour à sens giratoire

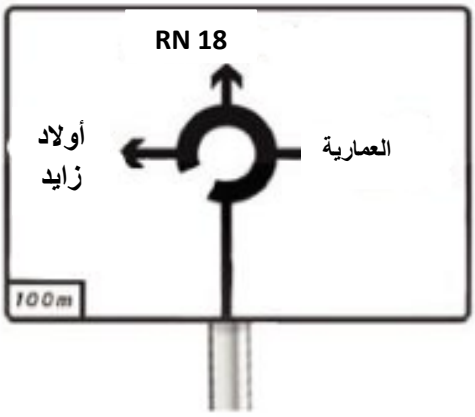


Figure XI.15 : Obligation de tourner à droite avant le panneau

- **Signalisation de direction :**







XI.5.2. Signalisation horizontal

- L'unité de largeur des lignes de signalisation horizontale est : **U=6cm** (route urbain).
- Marquage de la chaussée en ligne continue.

XI.6. Éclairage

XI.6.1. Introduction

L'éclairage public routier vise à améliorer la visibilité nocturne des usagers de la route, qu'il s'agisse de piétons ou de conducteurs, en particulier dans les zones urbanisées ou à forte fréquentation. Il constitue un élément essentiel pour garantir la sécurité, fluidifier la circulation et renforcer le sentiment de confort, notamment aux heures où la lumière naturelle est insuffisante.

L'objectif principal est de créer des conditions de circulation permettant une identification rapide et fiable des dangers, obstacles ou autres usagers. Par ailleurs, un éclairage adapté contribue à prévenir les accidents, tout en renforçant le sentiment de sécurité, notamment dans les traversées de zones habitées ou les points singuliers du tracé (carrefours, courbes, etc.).

Dans un contexte marqué par l'augmentation constante du trafic, la mise en œuvre d'un système d'éclairage efficace s'inscrit pleinement dans une stratégie globale de sécurité routière, en complément de la signalisation.

XI.6.2. Catégories d'éclairage

L'éclairage public est classé selon le type d'usage et les caractéristiques de la voie concernée. On distingue généralement quatre grandes classes :

- **Classe A** : Éclairage général des routes et autoroutes interurbaines ;
- **Classe B** : Éclairage des voiries urbaines principales (artères, voies de distribution) ;
- **Classe C** : Éclairage des voies secondaires ou de desserte locale ;
- **Classe D** : Éclairage ponctuel de zones spécifiques non éclairées dans leur ensemble (carrefour, virage, échangeur...).

XI.6.3. Critères fonctionnels à prendre en compte

Le choix du niveau d'éclairement et du type d'installation repose sur plusieurs critères fonctionnels, dont les plus déterminants sont :

- **La typologie des usagers et de la voie** (voiture, piétons, voirie mixte...)
- **La vitesse pratiquée** sur le tronçon considéré

- **La nature de la chaussée** (nombre de voies, largeur, séparation centrale...)
- **Les contraintes spécifiques** : risque d'accident, densité du trafic, nécessité d'un renforcement du sentiment de sécurité.

XI.6.4. Paramètres d'implantation des luminaires

La conception d'un réseau d'éclairage public implique le respect de plusieurs paramètres techniques liés à l'implantation des candélabres :

- **L'espacement (e)** entre deux luminaires, déterminé selon la largeur de la chaussée et la classe de voie ;
- **La hauteur (h)** du candélabre, généralement comprise entre 8 et 10 mètres, pouvant atteindre 12 mètres pour les routes à grande largeur ;
- **La largeur (l)** de la chaussée à éclairer ;
- **Le porte-à-faux (p)** du foyer lumineux par rapport au support, permettant un bon centrage du flux lumineux sur la chaussée.

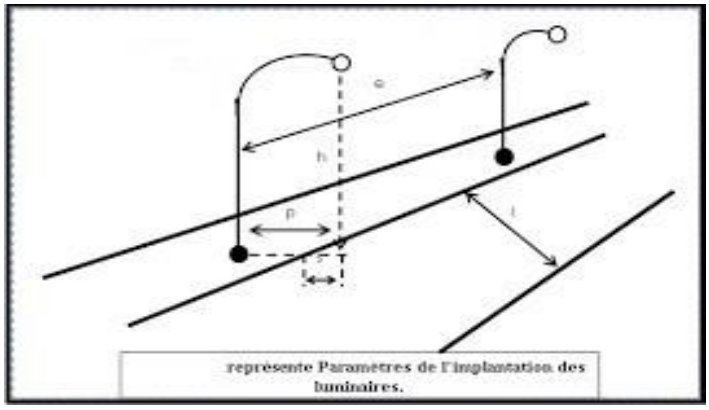


Figure XI.16 : paramètre d'implantation des luminaires

XI.6.5. Application au projet

Dans le cadre du projet de dédoublement de la RN 18, il a été retenu de mettre en place un système d'éclairage public performant, permettant de garantir des conditions de circulation nocturne optimales tout au long de la section concernée.

Les candélabres d'éclairage, d'une hauteur standard de 10 mètres, seront implantés au niveau des accotements, plus précisément le long des bermes extérieures, de part et d'autre de la plateforme. Ce choix d'implantation est motivé par la configuration technique du terre-plein central (TPC), qui est constitué de bordures en béton armé, rendant inadaptée et techniquement contraignante toute implantation de support d'éclairage en son sein.

Chaque mât portera deux foyers lumineux orientés vers l'intérieur, assurant un éclairage symétrique de chaque chaussée. Les points lumineux seront espacés régulièrement tous les 20 mètres, garantissant ainsi une distribution uniforme de la lumière et un confort visuel constant pour les usagers, conformément aux normes techniques en vigueur pour ce type de voie rapide à double sens.

Devis Estimatif

N°	DESIGNATION	U	Qts Marché	Prix Unitaire	Montant HT
1	**INSTALLATION DU CHANTIER**				
1.01	Forfait d'amener et de repli du matériel et installation de chantier	F	1,00	45 000 000,00	45 000 000,00
1.02	Etude d'exécution	F	1,00	13 000 000,00	13 000 000,00
Total SECTION 1					**58 000 000,00**
2	**PREPARATION DU TERRAIN**				
2.02	Scarification	M²	144 000,00	200,00	28 800 000,00
2.03	Démolition et reconstruction de clôture existante				
2.03.01	En Zimmerman	ML	30,00	1 000,00	30 000,00
2.03.02	En brique	ML	300,00	1 500,00	450 000,00
2.04	Démolition d'ouvrages existants	U	20,00	4 000,00	80 000,00
Total SECTION 2					**29 360 000,00**
3	**TERRASSEMENT**				
3.01	Décapage de la terre végétale épaisseur de 0,3m	M^3	99 802,00	300,00	29 940 600,00
3.02	Remblai en provenance d'emprunt en tuf	M^3	377 183,00	600,00	226 309 800,00
3.03	Déblai en sol	M^3	397 013,00	300,00	119 103 900,00
Total SECTION 3					**375 354 300,00**
4	**ASSAINISSEMENT**				
4.01	**Fossés**				
4.01.01	Fossés trapézoïdaux en béton H=0,5m	ML	2 300,00	4 500,00	10 350 000,00
4.02	**Pose et enrobage des tuyaux**				
4.02.01	Hérisson en pierre sur 20 cm sous y c/ BP 10 CM	M2	437,00	1 500,00	655 500,00
4.03	**Tuyaux circulaires en béton armé séries 135A**				
4.03.01	Diamètre 1000mm	ML	126,00	30 000,00	3 780 000,00
4.03.02	Diamètre 600mm	ML	25,00	10 000,00	250 000,00
4.03.03	Diamètre 1500mm	ML	67,00	40 000,00	2 680 000,00
4.04	**Tête de buse**				-

4.04.01	Béton pour lit de pose, têtes d'ouvrage busés	M^3	142,00	15 000,00	2 130 000,00
4.04.02	Acier FE400 pour lit de pose, têtes d'ouvrage busés	T	19,00	180 000,00	3 420 000,00
4.04.03	Enrobage en béton des ouvrages busés 600, 1000 et 1500	M^3	162,00	14 000,00	2 268 000,00
4.05	Pose de cunette sur le talus (Descente d'eau) type 1	ML	1 000,00	1 200,00	1 200 000,00
Total SECTION 4					**26 733 500,00**
5	**CHAUSSÉE**				
5.01	Couche de forme 40 Cm	M^3	83 280,00	1 500,00	124 920 000,00
5.02	Couche de base en GB	M3	27 182,00	9 000,00	244 638 000,00
5.03	Fourniture et mise en œuvre de GNT	M3	59 541,00	120,00	7 144 920,00
5.04	Couche de revêtement en béton bitumineux à module élevé	M3	8 155,00	10 000,00	81 550 000,00
5.05	Accotement en grave concassée	M3	13916.3	2400,00	33 399 120,00
Total SECTION 5					**491 652 040,00**
6	**OUVRAGE D'ART**				
6.01	Béton pour ouvrages courants (dalot et PI)	M3	675,00	20 000,00	13 500 000,00
6.02	Acier FE 400 pour ouvrages courants (dalot et PI)	T	77,00	180 000,00	13 860 000,00
6.03	OUVRAGE D'ART	F	2,00	6 000 000 000,00	12 000 000 000,00
Total SECTION 6					**12 027 360 000,00**
7	**EQUIPEMENTS ROUTIERS ET SIGNALISATION**				
7.01	Plaques verticales (vitesse, direction …)		6500	650	4225000
7.02	Marquage de la chaussée en ligne continues Largeur 22,5 cm (rive)	ML	16 000,00	150,00	2 400 000,00
7.03	Marquage de la chaussée en ligne discontinues	ML	8 000,00	100,00	800 000,00
7.04	Glissière simple	ML	12 500,00	5 000,00	62 500 000,00
Total SECTION 7					**69 925 000,00**
			Montant HT (DA)		**13 044 985 720,00**
			TVA 17%		
			Montant TTC (DA)		**15 523 533 006,80**

Conclusion Générale : Étude en APD du dédoublement de la RN 18 sur 11 km entre BERROUAGHIA et SIDI NAAMANE

Ce projet de fin d'études a consisté en une **étude approfondie en Avant-Projet Détaillé (APD)** du dédoublement de la Route Nationale 18 (RN 18) sur un tronçon de 11 kilomètres, reliant Berrouaghia et Sidi Naamane, en Algérie. L'objectif principal était de concevoir une infrastructure routière moderne et sécurisée, capable de gérer l'augmentation du trafic et de respecter les normes actuelles. Ce travail s'inscrit dans la modernisation du réseau routier national, essentiel au développement économique et social de la région de Médéa.

Synthèse des principales études et solutions proposées :

1. **Étude de Trafic :** L'analyse et la projection du trafic à l'horizon 2047 ont confirmé la nécessité de passer d'une route à 2 voies à une **infrastructure 2x2 voies**. Cette transformation vise à améliorer la fluidité, réduire les temps de trajet et accroître la sécurité en éliminant les collisions frontales. Un contournement de Sidi Naamane a été identifié comme une solution clé.
2. **Étude Géométrique :** La conception géométrique a été entièrement revue pour s'adapter à une nouvelle vitesse de base de 80 km/h et aux normes ARP. Le tracé en plan, le profil en long et le profil en travers ont été optimisés pour garantir **lisibilité, confort et sécurité**. Des rectifications majeures, incluant deux ouvrages linéaires, ont été intégrées pour redresser le tracé et assurer la conformité aux standards des routes nationales principales.
3. **Étude Géotechnique :** Cette étude cruciale a caractérisé les sols et défini les **conditions d'utilisation des matériaux en remblai**. Les sols locaux sont réutilisables sous conditions, avec des recommandations précises de compactage pour assurer la stabilité et la durabilité des ouvrages.
4. **Dimensionnement du Corps de Chaussée :** La **méthode du catalogue algérien a été privilégiée** pour concevoir une structure de chaussée robuste et durable, résistante aux charges lourdes. La structure proposée comprend des couches de Béton Bitumineux (BB), Grave Bitume (GB), Grave Non Traitée (GNT) et Tout-Venant Ordinaire (TVO), validée par le logiciel ALIZE-LCPC.
5. **Assainissement :** Une étude hydrologique détaillée a permis de concevoir un système d'assainissement efficace. Le **prédimensionnement de 21 ouvrages transversaux (buses et dalots) et de deux viaducs** assure l'évacuation des eaux et la protection de la plateforme routière contre l'érosion et l'infiltration.
6. **Conception des Carrefours :** La fluidité et la sécurité aux intersections ont été optimisées par l'intégration de **cinq carrefours giratoires** le long du tracé. Leur conception respecte les normes SETRA pour une gestion efficace du trafic en 2x2 voies.
7. **Signalisation et Éclairage :** La signalisation horizontale et verticale a été pensée pour guider et informer les usagers de manière claire. Un système d'éclairage public

performant, avec des candélabres de 10 mètres, assure une **visibilité optimale la nuit**, renforçant la sécurité.

8. **Étude d'Impact sur l'Environnement :** L'évaluation environnementale a conclu à la **compatibilité du projet avec l'environnement**, à condition de mettre en œuvre des mesures d'atténuation et de suivi rigoureuses, couvrant la qualité de l'air, les sols, les eaux, la faune, la flore, le bruit et la sécurité des riverains.
9. **Cubatures et Devis Estimatif :** Le calcul des volumes de terrassement a été réalisé avec précision, menant à un **devis estimatif détaillé** pour l'ensemble des postes du projet, avec un **coût total TTC estimé à 1 279 905 356,80 DZD**.

Outils Logiciels et Compétences Acquises : Ce projet a été une opportunité précieuse d'appliquer et de développer des compétences techniques concrètes. L'utilisation de logiciels spécialisés tels qu'**Autocad et Covadis** a été essentielle pour la conception géométrique précise du tracé et la gestion des cubatures. L'outil **Alize-LCPC** a été indispensable pour le dimensionnement et la vérification des structures de chaussée. Enfin, la rédaction de ce mémoire a renforcé la maîtrise d'outils bureautiques comme **Microsoft Office**, cruciaux pour la structuration et la présentation des analyses techniques.

Perspectives et Recommandations :

Ce projet d'APD constitue une base solide pour la réalisation future du dédoublement de la RN 18. Il est essentiel de poursuivre avec les études détaillées (PRO), d'assurer une supervision rigoureuse des travaux et de mettre en œuvre scrupuleusement les mesures environnementales. Des études d'optimisation pour la valorisation des déblais excédentaires pourraient également être envisagées.

En somme, ce projet marque une contribution significative à l'amélioration des infrastructures de transport en Algérie, promettant une augmentation de la fluidité, de la sécurité et du confort pour les usagers de la RN 18, dans le respect des normes et de l'environnement.

Bibliographie

Voici une compilation des références bibliographiques tirées des documents que vous avez fournis :

Références Documentaires :

- ARP 1994
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves « CTTP »
- SETRA (octobre 2006) – Guide technique. "Assainissement Routier".
- Aménagement des Carrefours interurbains Décembre 1998
- Signalisation routière.
- ENSTP anciens mémoires de fin d'étude.
- GTR (Guide du Terrassement Routiers, Réalisation des remblais et des couches de formes).
- LCPC, SETRA (1992) Norme NF-P 11-300.
- B40 : Normes techniques d'aménagement des routes.
- Signalisation routière « SETRA ».
- Cours de route ENSTP 2ème et 3ème année.
- Cours de dimensionnement des chaussées ENSTP 2ème année.
- Cours de géotechnique routière ENSTP 2ème année.
- Cours d'hydraulique ENSTP 2ème année.
- Aide mémoires Routes.

Sites Web :

- www.Openai.com
- www.SETRA.com
- www.cerema.fr

Tracé en plan

Application sur le projet

- **Les points de l'axe en plan :**

Sommets	X(m)	Y(m)	R(m)	Vb (Km/m)
A(x ,y)	6672.882	3243.159	380.000	**80**
S(x,y)	6786.531	3304.158		
B(x,y)	6793.277	3306.773		

On a R = 380m < 1.5 Rnd / Tel que **Rnd** (rayon minimal non déversé) = 900 m
Donc le calcul se fait pour un rayon avec Clothoïde

Calcul des gisements :

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

$|\Delta X_{AS}| = |X_S - X_A| = 113{,}649$ m
$|\Delta Y_{AS}| = |Y_S - Y_A| = 61{,}00$ m

$G_A^S = arctg\ (|\frac{\Delta XAS}{\Delta YAS}|) = 61{,}776$ grd

$|\Delta X_{AB}| = |X_B - X_A| = 120{,}395$ m
$|\Delta Y_{AB}| = |Y_B - Y_A| = 63{,}614$ m

$G_A^B = arctg\ (|\frac{\Delta XAB}{\Delta YAB}|) = 62{,}149$ grd

$\alpha_1 = |G_A^S - G_A^B| = 37{,}30$ grd
$\alpha_2 = 200 - (\alpha_1) = 162{,}70$ grd
$\gamma = 200 - \alpha_2 = 37{,}30$ grd

Calcul des distances :

$D_A^B = \sqrt{\Delta X_{AB}^2 + \Delta Y_{AB}} = 136{,}170$ m

$D_A^S = \frac{\sin(\alpha 1)}{\sin(\alpha 2)} * D_A^B = 135{,}5$ m

Calcul du point Sommet :

$\beta = arctg\ (|\frac{\Delta XAB}{\Delta YAB}|) = 62{,}149$ grd

$X_S = X_A + D_A^S \times \sin(\beta) = 6785{,}130$ m

$Y_S = Y_A + D_A^S \times \cos(\beta) = 3319{,}059$ m

Calcul de longueur de raccordement progressif :

$$Ls \geq \text{MAX}\ (L1\ ;\ L2)$$

Tq : $L1 = 14|\Delta\delta| = 14|\delta_1 - \delta_0|$ et $L2 = \frac{R}{9}$

Avec : δ_0 : Représente la pente transversale initiale $\Longrightarrow$ $\delta 0 = -2.5\%$
δ_1: Représente le dévers de la courbe $\Longrightarrow$ $\delta 1 = 2.5\%$

$$Ls \geq \max\left(14 \times |2.5 + 2.5|; \frac{1332}{9}\right) = 148\text{m}$$

Le paramètre $A = \sqrt{Ls * R} = 444$

$\frac{R}{9} < A \leq R \Longrightarrow$ Donc : $148 \leq 444 \leq 1332$ m (vérifié).

Calcul de la corde SL :

$$\boldsymbol{SL} = \sqrt{X_{KE} + Y_{KE}}$$

Avec : $\boldsymbol{X_{KE}}$; La longueur de clothoïde, L = 148 m

$\boldsymbol{Y_{KE}}$; La hauteur par rapport à l'axe, $\frac{L^2}{6R} = \frac{148^2}{6*1332} = 2{,}74$

$$\text{SL} = \sqrt{148^2 + 2{,}74^2} = 148{,}025 \text{ m}$$

Calcul les longueurs :

$\tau = arctg\left(\frac{L}{2R}\right) = 3{,}5331$ grd

$\alpha = \gamma - 2\tau = 36.15\ grd$

La longueur de clothoïde est $L = \frac{A^2}{R} = \frac{444^2}{1332} = 148$

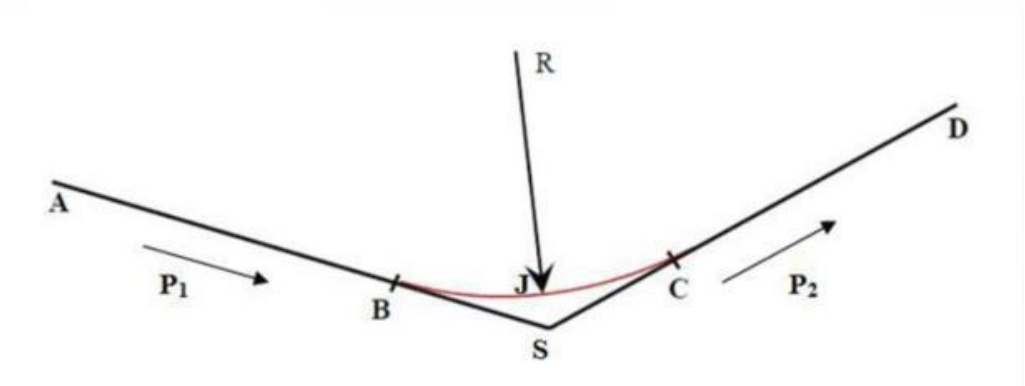
La longueur de la courbe en Rayon est : b = π × R × $\frac{a}{200}$ = 756.3667 m

Vérification du calcul effectué :

Les résultats de calcul automatique à l'aide de logiciel **Autopiste** d'axe sont joints en annexe

ANNEXE

Profil En Long



Application sur le projet

Les point du profile en long Tableau :

Tableau …. 2 : Les donnes de l'axe à calculer :

Sommets	X(m)	Z(m)	Pente(%)	Rayon(m)
A	5961,534	68,919	-2,00	8000
D	8221,284	83,273	1,70	

1- Calcul les coordonnées du sommet des déclivités :

$L = X_D - X_A = 2259.75\ m$
$Z_{A'} = Z_D - |L \times P_2| = 44.812\ m$
$Z_{D'} = Z_A - |L \times P_1| = 7.815\ m$
$M = Z_A - Z_{A'} = 24.107$ m
$N = Z_D - Z_{D'} = 75.458$ m

$X_{S'} = \frac{L*M}{M+N} = 545{,}494$ m

$X_S = X_A + X_{S'} = 6507.028\ m$
$Z_S = Z_A - |X_{S'} \times P_1| = 54.169\ m$

2- Calcul des tangentes :

$T = (R/2) \times (|P_1| + |P_2|) = 176.24\ m$

3- Calcul de la flèche BX :

$B_X = \frac{T^2}{2*R} = 1{,}941$ m

4- Calcul des coordonnées des points de tangentes :

Le point B :
$X_B = X_S - T = 6330.788\ m$
$Z_B = Z_S + |T \times P_1| = 58.93\ m$

Le point C :

$X_C = X_S + T = 6683.268$
$Z_C = Z_S + |T \times P_2| = 57.169\ m$

5- Calcul de la longueur de raccordement :

$L = 2 \times T = 352.48$ m

6- Calcul des cordonnées du point J :

$X_{J/A} = R \times P_1 = 216.32m$

$Z_{J/A} = X_{J/A} \times P_1 - = 2{,}925$ m

$X_J = X_{J/A} + X_B = 6547108\ m$
$Z_J = Z_B - Z_{J/A} = 56.005\ m$

- Vérification :

$X_{J/A} = R \times P_1 = 216.32m$
$X_{J/d} = R \times P_2 = 136.16m$
$L = 2 \times T = 352.48m = X_{J/A} + X_{J/d}$

7- Calcul automatique :

Les résultats de calcul automatique sont joints dans l'annexe calculée par logiciel AUTOPIST.

ANNEXE

Axe En Plan

Axe : Axe 01

Table courante : ARP R80 2x2 voies

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	95.96gr	38.387	58+000.000	1585.004	851.534
Arc 1	Rayon	550.000 m	59.590	58+038.387	1623.313	853.968
	Centre X	1588.438 m				
	Centre Y	1402.861 m				
Clothoïde 1	Paramètre	-270.463	133.000	58+097.976	1682.462	860.957
Droite 2	Gisement	81.37gr	427.030	58+230.976	1811.164	894.150
Arc 2	Rayon	-900.000 m	75.928	58+658.007	2220.031	1017.367
	Centre X	2479.720 m				
	Centre Y	155.647 m				
Droite 3	Gisement	86.74gr	556.542	58+733.934	2293.567	1036.185
Droite 4	Gisement	46.86gr	318.491	59+290.476	2838.074	1151.298
Clothoïde 2	Paramètre	282.489	133.000	59+608.967	3051.920	1387.320
Arc 3	Rayon	600.000 m	21.941	59+741.967	3137.474	1489.056
	Centre X	2651.005 m				
	Centre Y	1840.266 m				
Clothoïde 3	Paramètre	-282.489	133.000	59+763.908	3149.989	1507.076
Droite 5	Gisement	30.42gr	281.639	59+896.908	3215.443	1622.772
Clothoïde 4	Paramètre	270.463	133.000	60+178.546	3344.975	1872.855
Arc 4	Rayon	550.000 m	10.689	60+311.546	3401.301	1993.244
	Centre X	2885.979 m				
	Centre Y	2185.450 m				
Clothoïde 5	Paramètre	-270.463	133.000	60+322.235	3404.939	2003.294
Clothoïde 6	Paramètre	-270.463	133.000	60+455.235	3438.717	2131.844
Arc 5	Rayon	-550.000 m	116.265	60+588.235	3472.496	2260.394
	Centre X	3991.456 m				
	Centre Y	2078.238 m				
Clothoïde 7	Paramètre	270.463	133.000	60+704.500	3522.268	2365.227
Droite 6	Gisement	42.64gr	67.983	60+837.500	3600.526	2472.659
Droite 7	Gisement	86.40gr	409.337	60+905.484	3642.736	2525.951
Clothoïde 8	Paramètre	-229.632	131.827	61+314.820	4042.775	2612.704
Arc 6	Rayon	-400.000 m	7.663	61+446.648	4172.789	2633.504
	Centre X	4192.289 m				
	Centre Y	2233.979 m				
Clothoïde 9	Paramètre	229.632	131.827	61+454.311	4180.446	2633.804
Droite 8	Gisement	108.61gr	121.147	61+586.138	4311.691	2623.248
Clothoïde 10	Paramètre	270.463	133.000	61+707.285	4431.733	2606.922
Arc 7	Rayon	550.000 m	120.460	61+840.285	4564.048	2594.331
	Centre X	4571.893 m				
	Centre Y	3144.275 m				
Clothoïde 11	Paramètre	-270.463	133.000	61+960.745	4683.723	2605.764
Clothoïde 12	Paramètre	-330.242	133.000	62+093.745	4811.261	2643.181
Arc 8	Rayon	-820.000 m	3.602	62+226.745	4938.337	2682.300
	Centre X	5136.889 m				
	Centre Y	1886.701 m				
Clothoïde 13	Paramètre	330.242	133.000	62+230.346	4941.834	2683.164
Droite 9	Gisement	89.87gr	809.974	62+363.346	5072.499	2707.767
Clothoïde 14	Paramètre	270.463	133.000	63+173.321	5872.246	2836.072

ANNEXE

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Arc 9	Rayon Centre X Centre Y	550.000 m 5850.539 m 3390.979 m	175.176	63+306.321	6002.527	2862.397
Clothoïde 15	Paramètre	-270.463	133.000	63+481.496	6160.405	2936.575
Clothoïde 16	Paramètre	-221.533	129.150	63+614.496	6263.830	3020.057
Arc 10	Rayon Centre X Centre Y	-380.000 m 6563.955 m 2775.355 m	10.892	63+743.646	6365.508	3099.421
Clothoïde 17	Paramètre	221.533	129.150	63+754.539	6374.877	3104.976
Droite 10	Gisement	77.66gr	98.881	63+883.689	6493.300	3156.094
Droite 11	Gisement	65.04gr	101.679	63+982.569	6586.156	3190.080
Clothoïde 18	Paramètre	-221.533	129.150	64+084.249	6672.882	3243.159
Arc 11	Rayon Centre X Centre Y	-380.000 m 6927.231 m 2951.165 m	7.236	64+213.399	6786.531	3304.158
Clothoïde 19	Paramètre	221.533	129.150	64+220.634	6793.277	3306.773
Clothoïde 20	Paramètre	221.533	129.150	64+349.784	6918.349	3338.302
Arc 12	Rayon Centre X Centre Y	380.000 m 6909.467 m 3725.439 m	22.450	64+478.934	7043.420	3369.832
Clothoïde 21	Paramètre	-221.533	129.150	64+501.385	7064.183	3378.362
Droite 12	Gisement	62.49gr	294.044	64+630.535	7175.300	3443.860
Clothoïde 22	Paramètre	-270.463	133.000	64+924.579	7419.753	3607.275
Arc 13	Rayon Centre X Centre Y	-550.000 m 7781.418 m 3185.859 m	83.640	65+057.579	7533.137	3676.630
Clothoïde 23	Paramètre	270.463	133.000	65+141.218	7610.348	3708.578
Clothoïde 24	Paramètre	270.463	133.000	65+274.218	7739.587	3739.613
Arc 14	Rayon Centre X Centre Y	550.000 m 7697.757 m 4293.366 m	31.327	65+407.218	7868.827	3770.648
Clothoïde 25	Paramètre	-270.463	133.000	65+438.546	7898.307	3781.234
Droite 13	Gisement	68.54gr	520.417	65+571.546	8017.765	3839.508
Clothoïde 26	Paramètre	-244.643	133.000	66+091.963	8475.925	4086.333
Arc 15	Rayon Centre X Centre Y	-450.000 m 8748.632 m 3720.242 m	0.965	66+224.963	8595.862	4143.517
Clothoïde 27	Paramètre	244.643	133.000	66+225.928	8596.770	4143.844
Droite 14	Gisement	87.49gr	308.893	66+358.928	8725.650	4176.163
Droite 15	Gisement	33.54gr	757.932	66+667.820	9028.601	4236.456
Clothoïde 28	Paramètre	221.533	129.150	67+425.752	9409.705	4891.604
Arc 16	Rayon Centre X Centre Y	380.000 m 9112.096 m 5139.359 m	144.135	67+554.902	9468.147	5006.589
Clothoïde 29	Paramètre	-221.533	129.150	67+699.038	9492.001	5147.863
Clothoïde 30	Paramètre	-221.533	129.150	67+828.188	9474.554	5275.662
Arc 17	Rayon Centre X Centre Y	-380.000 m 9837.012 m 5411.964 m	252.156	67+957.338	9457.107	5403.460
Clothoïde 31	Paramètre	221.533	129.150	68+209.493	9532.485	5639.260
Droite 16	Gisement	51.64gr	256.238	68+338.643	9620.829	5733.241
				68+594.882	9806.617	5909.708
Longueur totale de l'axe 10594.882 mètre(s)						

ANNEXE

Profil En Long Projet

Axe : Axe 01

Table courante : ARP R80 2x2 voies

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	-0.90 %	390.000	58+000.000	922.263
Parabole 1	Rayon	10000.000 m	20.000	58+390.000	918.753
	Sommet Absc.	58+480.000 m			
	Sommet Alt.	918.348 m			
Pente 2	Pente	-0.70 %	430.000	58+410.000	918.593
Parabole 2	Rayon	-10000.000 m	70.000	58+840.000	915.583
	Sommet Absc.	58+770.000 m			
	Sommet Alt.	915.828 m			
Pente 3	Pente	-1.40 %	308.750	58+910.000	914.848
Parabole 3	Rayon	-4500.000 m	112.500	59+218.750	910.526
	Sommet Absc.	59+155.750 m			
	Sommet Alt.	910.967 m			
Pente 4	Pente	-3.90 %	310.000	59+331.250	907.544
Parabole 4	Rayon	-4500.000 m	67.500	59+641.250	895.454
	Sommet Absc.	59+465.750 m			
	Sommet Alt.	898.877 m			
Pente 5	Pente	-5.40 %	671.250	59+708.750	892.316
Parabole 5	Rayon	15000.000 m	540.000	60+380.000	856.068
	Sommet Absc.	61+190.000 m			
	Sommet Alt.	834.198 m			
Pente 6	Pente	-1.80 %	255.500	60+920.000	836.628
Parabole 6	Rayon	18000.000 m	234.000	61+175.500	832.029
	Sommet Absc.	61+499.500 m			
	Sommet Alt.	829.113 m			
Pente 7	Pente	-0.50 %	253.000	61+409.500	829.338
Parabole 7	Rayon	-5000.000 m	75.000	61+662.500	828.073
	Sommet Absc.	61+637.500 m			
	Sommet Alt.	828.136 m			
Pente 8	Pente	-2.00 %	476.500	61+737.500	827.136
Parabole 8	Rayon	8000.000 m	272.000	62+214.000	817.606
	Sommet Absc.	62+374.000 m			
	Sommet Alt.	816.006 m			
Pente 9	Pente	1.40 %	432.000	62+486.000	816.790
Parabole 9	Rayon	-6000.000 m	114.000	62+918.000	822.838
	Sommet Absc.	63+002.000 m			
	Sommet Alt.	823.426 m			
Pente 10	Pente	-0.50 %	95.149	63+032.000	823.351
Parabole 10	Rayon	20000.000 m	345.702	63+127.149	822.875
	Sommet Absc.	63+227.149 m			
	Sommet Alt.	822.625 m			
Pente 11	Pente	1.23 %	353.936	63+472.851	824.134
Parabole 11	Rayon	-5000.000 m	86.425	63+826.787	828.482
	Sommet Absc.	63+888.213 m			
	Sommet Alt.	828.860 m			
Pente 12	Pente	-0.50 %	1101.787	63+913.213	828.797
Parabole 12	Rayon	-10000.000 m	120.000	65+015.000	823.288
	Sommet Absc.	64+965.000 m			
	Sommet Alt.	823.413 m			
Pente 13	Pente	-1.70 %	792.500	65+135.000	821.968

ANNEXE

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Parabole 13	Rayon	-15000.000 m	45.000	65+927.500	808.496
	Sommet Absc.	65+672.500 m			
	Sommet Alt.	810.663 m			
Pente 14	Pente	-2.00 %	255.000	65+972.500	807.663
Parabole 14	Rayon	15000.000 m	495.000	66+227.500	802.563
	Sommet Absc.	66+527.500 m			
	Sommet Alt.	799.563 m			
Pente 15	Pente	1.30 %	803.500	66+722.500	800.831
Parabole 15	Rayon	-6000.000 m	48.000	67+526.000	811.276
	Sommet Absc.	67+604.000 m			
	Sommet Alt.	811.783 m			
Pente 16	Pente	0.50 %	492.000	67+574.000	811.708
Parabole 16	Rayon	-4000.000 m	68.000	68+066.000	814.168
	Sommet Absc.	68+086.000 m			
	Sommet Alt.	814.218 m			
Pente 17	Pente	-1.20 %	460.882	68+134.000	813.930
				68+594.882	808.400
Longueur totale de l'axe 10594.882 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 10597.241 mètre(s)					

ANNEXE

Cubatures Déblai Remblai (Gulden)

Axe: Axe 01

Table courante : ARP R80 2x2 voies

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P01	58+000.000	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P02	58+025.000	19.193	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P03	58+038.387	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P04	58+050.000	18.307	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P05	58+075.000	23.988	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P06	58+097.976	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P07	58+100.000	13.512	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P08	58+125.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P09	58+150.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P10	58+175.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P11	58+200.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P12	58+225.000	15.488	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P13	58+230.976	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P14	58+250.000	22.012	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P15	58+275.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P16	58+300.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P17	58+325.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P18	58+350.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P19	58+375.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P20	58+400.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P21	58+425.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P22	58+450.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P23	58+475.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P24	58+500.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P25	58+525.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P26	58+550.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P27	58+575.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P28	58+600.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P29	58+625.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P30	58+650.000	16.503	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0

ANNEXE

P31	58+658.007	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P32	58+675.000	20.997	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P33	58+700.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P34	58+725.000	16.967	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P35	58+733.934	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P36	58+750.000	20.533	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P37	58+775.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P38	58+800.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P39	58+825.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P40	58+850.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P41	58+875.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P42	58+900.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P43	58+925.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P44	58+950.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P45	58+975.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P46	59+000.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P47	59+025.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P48	59+050.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P49	59+075.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P50	59+100.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0

ANNEXE

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P51	59+125.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P52	59+150.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P53	59+175.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P54	59+200.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P55	59+225.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P56	59+250.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P57	59+275.000	20.238	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
P58	59+290.476	12.500	17.51	0.36	217.6	4.8	217.6	4.8
P59	59+300.000	17.262	18.76	0.28	323.9	4.9	541.4	9.7
P60	59+325.000	25.000	20.35	6.22	508.7	155.5	1050.1	165.2
P61	59+350.000	25.000	24.20	0.95	605.1	23.8	1655.2	189.0
P62	59+375.000	25.000	35.32	0.34	882.9	8.5	2538.1	197.5
P63	59+400.000	25.000	43.55	0.15	1088.6	3.7	3626.7	201.2
P64	59+425.000	25.000	49.74	0.14	1243.5	3.4	4870.2	204.6
P65	59+450.000	25.000	63.22	0.14	1580.4	3.4	6450.6	208.0
P66	59+475.000	25.000	47.89	0.15	1197.2	3.6	7647.8	211.6
P67	59+500.000	25.000	47.69	0.14	1192.2	3.6	8840.0	215.2
P68	59+525.000	25.000	40.56	0.17	1014.0	4.3	9854.0	219.4
P69	59+550.000	25.000	53.30	0.14	1332.6	3.5	11186.6	222.9
P70	59+575.000	25.000	32.14	0.16	803.4	4.0	11990.0	226.9
P71	59+600.000	16.983	32.33	0.14	549.1	2.3	12539.1	229.2
P72	59+608.967	12.500	27.83	0.29	347.9	3.6	12887.0	232.8
P73	59+625.000	20.517	22.70	0.13	465.6	2.6	13352.6	235.4
P74	59+650.000	25.000	9.80	0.39	245.4	9.8	13598.1	245.2
P75	59+675.000	25.000	11.40	1.37	286.0	34.5	13884.0	279.6
P76	59+700.000	25.000	43.33	4.99	1093.7	123.4	14977.8	403.0
P77	59+725.000	20.983	74.92	0.11	1577.7	2.2	16555.5	405.2
P78	59+741.967	12.500	101.37	0.07	1266.7	0.8	17822.2	406.0
P79	59+750.000	10.971	114.78	0.06	1255.5	0.7	19077.7	406.7
P80	59+763.908	12.500	132.01	0.06	1639.5	0.7	20717.3	407.4
P81	59+775.000	18.046	140.70	0.05	2520.7	0.9	23238.0	408.3
P82	59+800.000	25.000	158.89	0.05	3942.5	1.3	27180.4	409.6
P83	59+825.000	25.000	177.73	0.06	4416.8	1.4	31597.2	411.0
P84	59+850.000	25.000	195.84	0.06	4877.2	1.4	36474.4	412.4
P85	59+875.0	23.454	180.33	0.06	4224.3	1.4	40698.7	413.8

ANNEXE

	00							
P86	59+896.908	12.500	160.73	0.06	2008.9	0.7	42707.7	414.5
P87	59+900.000	14.046	155.66	0.07	2186.4	1.0	44894.1	415.5
P88	59+925.000	25.000	117.77	0.07	2944.2	1.7	47838.3	417.2
P89	59+950.000	25.000	137.31	0.05	3432.8	1.1	51271.1	418.4
P90	59+975.000	25.000	143.91	0.14	3597.7	3.6	54868.8	421.9
P91	60+000.000	25.000	103.72	0.64	2593.0	15.9	57461.8	437.9
P92	60+025.000	25.000	54.04	32.45	1351.0	811.2	58812.8	1249.1
P93	60+050.000	25.000	29.50	3.76	737.5	94.0	59550.3	1343.1
P94	60+075.000	25.000	49.37	22.49	1234.2	562.4	60784.5	1905.4
P95	60+100.000	25.000	21.31	13.90	532.8	347.4	61317.3	2252.9
P96	60+125.000	25.000	92.90	4.20	2322.4	105.1	63639.8	2358.0
P97	60+150.000	25.000	53.45	0.73	1336.3	18.3	64976.0	2376.2
P98	60+175.000	14.273	46.87	1.01	668.9	14.5	65645.0	2390.7
P99	60+178.546	12.500	51.63	1.17	645.8	14.6	66290.8	2405.4
P100	60+200.000	23.227	32.08	7.52	747.1	174.2	67037.9	2579.5
P101	60+225.000	25.000	64.22	0.33	1617.2	8.2	68655.1	2587.7
P102	60+250.000	25.000	306.45	0.14	7745.7	3.6	76400.8	2591.4
P103	60+275.000	25.000	467.34	0.10	11841.9	2.7	88242.7	2594.1
P104	60+300.000	18.273	484.73	0.17	8955.4	3.1	97198.1	2597.2
P105	60+311.546	11.118	409.98	0.10	4629.6	1.2	101827.8	2598.3
P106	60+322.235	6.727	395.03	0.10	2696.2	0.7	104524.0	2599.0
P107	60+325.000	13.882	381.67	0.10	5374.4	1.5	109898.3	2600.5
P108	60+350.000	25.000	217.79	0.13	5561.4	3.3	115459.8	2603.8
P109	60+375.000	25.000	92.71	2.41	2367.5	59.6	117827.2	2663.4
P110	60+400.000	25.000	3.23	26.30	81.1	653.2	117908.4	3316.6
P111	60+425.000	25.000	2.44	18.45	61.0	460.7	117969.3	3777.3

ANNEXE

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P112	60+450.000	15.118	9.87	4.53	149.0	68.5	118118.4	3845.9
P113	60+455.235	12.500	10.66	12.72	133.3	158.9	118251.7	4004.8
P114	60+475.000	22.382	25.34	21.10	569.1	471.4	118820.8	4476.2
P115	60+500.000	25.000	28.83	21.61	725.4	537.3	119546.2	5013.4
P116	60+525.000	25.000	28.04	3.65	707.6	90.6	120253.8	5104.0
P117	60+550.000	25.000	14.48	13.50	367.8	334.9	120621.5	5438.9
P118	60+575.000	19.118	3.49	21.93	67.9	419.4	120689.4	5858.3
P119	60+588.235	12.500	7.48	17.16	92.4	216.5	120781.8	6074.7
P120	60+600.000	18.382	7.91	23.91	142.7	443.3	120924.5	6518.0
P121	60+625.000	25.000	16.37	13.09	400.7	330.9	121325.2	6848.9
P122	60+650.000	25.000	50.08	20.17	1211.7	511.0	122537.0	7359.8
P123	60+675.000	25.000	72.85	17.17	1762.9	435.8	124299.9	7795.7
P124	60+700.000	14.750	99.94	3.87	1437.0	58.1	125736.8	7853.7
P125	60+704.500	12.500	106.77	2.66	1304.8	33.9	127041.7	7887.6
P126	60+725.000	22.750	70.52	9.68	1575.9	222.7	128617.5	8110.2
P127	60+750.000	25.000	24.36	9.77	602.9	246.2	129220.4	8356.4
P128	60+775.000	25.000	0.51	12.10	12.8	302.8	129233.2	8659.2
P129	60+800.000	25.000	0.20	14.53	5.0	363.3	129238.2	9022.6
P130	60+825.000	18.750	0.38	15.81	7.0	296.7	129245.3	9319.3
P131	60+837.500	12.500	0.47	15.88	5.9	198.5	129251.2	9517.8
P132	60+850.000	18.750	0.56	14.99	10.6	281.0	129261.8	9798.8
P133	60+875.000	25.000	1.22	10.25	30.5	256.3	129292.3	10055.2
P134	60+900.000	15.242	10.75	0.17	163.9	2.6	129456.1	10057.8
P135	60+905.484	12.500	8.53	4.92	68.7	98.2	129524.8	10156.0
P136	60+925.000	22.258	15.29	0.52	340.3	11.7	129865.1	10167.6
P137	60+950.000	25.000	18.97	3.19	474.2	79.7	130339.4	10247.4
P138	60+975.000	25.000	49.28	0.14	1232.0	3.4	131571.4	10250.8
P139	61+000.000	25.000	144.45	0.12	3611.3	2.9	135182.7	10253.7
P140	61+025.000	25.000	293.26	0.11	7331.5	2.7	142514.2	10256.4
P141	61+050.000	25.000	350.90	0.09	8772.6	2.3	151286.7	10258.7
P142	61+075.000	25.000	246.82	0.14	6170.5	3.6	157457.2	10262.2
P143	61+100.000	25.000	205.10	11.64	5127.6	291.0	162584.8	10553.3
P144	61+125.000	25.000	162.38	23.66	4059.6	591.4	166644.4	11144.7
P145	61+150.000	25.000	20.30	19.91	507.6	497.9	167152.0	11642.6
P146	61+175.0	25.000	1.24	48.99	31.0	1224.7	167183.0	12867.3

ANNEXE

	00							
P147	61+200.000	25.000	61.24	28.26	1531.0	706.6	168714.0	13573.9
P148	61+225.000	25.000	44.71	18.15	1117.8	453.7	169831.8	14027.5
P149	61+250.000	25.000	5.81	41.91	145.2	1047.6	169977.0	15075.2
P150	61+275.000	25.000	46.78	0.16	1169.4	4.1	171146.4	15079.2
P151	61+300.000	19.910	353.78	0.10	7043.9	2.0	178190.4	15081.2
P152	61+314.820	12.500	389.22	0.10	4862.5	1.2	183052.9	15082.4
P153	61+325.000	17.590	358.32	0.11	6252.8	2.0	189305.7	15084.4
P154	61+350.000	25.000	296.08	0.43	7235.4	10.8	196541.2	15095.2
P155	61+375.000	25.000	22.14	45.17	547.1	1139.2	197088.3	16234.4
P156	61+400.000	25.000	2.08	78.54	51.1	1976.3	197139.4	18210.7
P157	61+425.000	23.324	2.29	40.75	52.2	965.2	197191.6	19175.9
P158	61+446.648	12.500	5.83	46.60	70.7	593.3	197262.3	19769.2
P159	61+450.000	3.831	5.78	47.01	21.5	183.5	197283.7	19952.7
P160	61+454.311	12.500	5.76	47.37	69.9	603.1	197353.6	20555.8
P161	61+475.000	22.845	5.10	45.53	113.5	1056.1	197467.1	21611.9
P162	61+500.000	25.000	8.99	49.74	220.0	1255.5	197687.1	22867.4
P163	61+525.000	25.000	175.96	52.10	4249.3	1316.6	201936.4	24184.0
P164	61+550.000	25.000	189.01	35.49	4638.4	894.2	206574.8	25078.2
P165	61+575.000	18.069	225.79	0.84	4055.1	15.2	210629.8	25093.3
P166	61+586.138	12.500	231.47	0.11	2892.0	1.4	213521.8	25094.7
P167	61+600.000	19.431	228.99	0.05	4449.6	0.9	217971.4	25095.7
P168	61+625.000	25.000	192.65	4.95	4816.2	123.7	222787.6	25219.3
P169	61+650.000	25.000	164.78	0.26	4119.4	6.4	226907.0	25225.8
P170	61+675.000	25.000	140.49	0.04	3512.1	1.1	230419.2	25226.9
P171	61+700.000	16.142	88.17	4.77	1423.2	77.1	231842.4	25303.9
P172	61+707.285	12.500	79.23	15.49	990.9	193.5	232833.4	25497.4

ANNEXE

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P173	61+725.000	21.358	76.32	50.43	1636.5	1073.3	234469.9	26570.7
P174	61+750.000	25.000	71.56	11.23	1806.9	279.3	236276.7	26850.0
P175	61+775.000	25.000	21.17	61.82	538.6	1535.6	236815.3	28385.6
P176	61+800.000	25.000	15.30	34.61	387.6	859.1	237202.9	29244.7
P177	61+825.000	20.142	15.72	7.09	321.5	140.7	237524.3	29385.4
P178	61+840.285	12.500	9.68	57.04	123.5	702.0	237647.9	30087.4
P179	61+850.000	17.358	8.31	73.56	147.3	1254.9	237795.1	31342.3
P180	61+875.000	25.000	3.72	81.49	94.9	2006.6	237890.0	33348.9
P181	61+900.000	25.000	0.42	74.25	10.6	1836.9	237900.6	35185.9
P182	61+925.000	25.000	0.48	156.17	12.2	3870.3	237912.8	39056.2
P183	61+950.000	17.872	0.62	200.14	11.2	3561.6	237924.0	42617.8
P184	61+960.745	12.500	0.69	210.19	8.8	2619.0	237932.7	45236.8
P185	61+975.000	19.628	0.58	188.25	11.5	3677.9	237944.2	48914.6
P186	62+000.000	25.000	0.51	112.96	13.0	2802.0	237957.2	51716.6
P187	62+025.000	25.000	13.97	3.49	352.0	86.4	238309.2	51803.0
P188	62+050.000	25.000	63.85	0.14	1605.3	3.4	239914.5	51806.5
P189	62+075.000	21.872	176.94	0.15	3884.8	3.3	243799.3	51809.8
P190	62+093.745	12.500	186.59	0.15	2334.0	1.8	246133.3	51811.6
P191	62+100.000	15.628	179.71	0.14	2803.7	2.2	248937.0	51813.8
P192	62+125.000	25.000	180.11	0.13	4480.3	3.2	253417.3	51817.0
P193	62+150.000	25.000	19.33	1.80	480.3	45.2	253897.5	51862.2
P194	62+175.000	25.000	1.71	40.72	42.4	1018.8	253939.9	52881.0
P195	62+200.000	25.000	0.84	144.76	20.6	3608.7	253960.5	56489.7
P196	62+225.000	13.372	0.99	212.09	12.9	2830.3	253973.5	59319.9
P197	62+226.745	2.673	0.95	215.89	2.5	575.9	253975.9	59895.9
P198	62+230.346	11.628	0.95	223.45	10.8	2593.3	253986.7	62489.2
P199	62+250.000	22.327	0.43	221.25	9.5	4941.3	253996.2	67430.6
P200	62+275.000	25.000	0.51	222.05	12.8	5545.7	254009.0	72976.3
P201	62+300.000	25.000	0.99	208.40	24.6	5199.9	254033.6	78176.1
P202	62+325.000	25.000	0.34	180.71	8.5	4509.6	254042.1	82685.8
P203	62+350.000	19.173	0.41	156.77	7.9	3002.6	254050.0	85688.4
P204	62+363.346	12.500	0.69	145.62	8.7	1820.0	254058.7	87508.4
P205	62+375.000	18.327	3.01	134.15	55.2	2458.5	254113.9	89967.0
P206	62+400.000	25.000	12.36	116.25	308.9	2906.1	254422.8	92873.1
P207	62+425.0	25.000	27.76	121.66	693.9	3041.4	255116.8	95914.5

ANNEXE

	00							
P208	62+450.000	25.000	56.66	56.49	1416.4	1412.1	256533.2	97326.7
P209	62+475.000	25.000	108.01	48.31	2700.4	1207.8	259233.5	98534.4
P210	62+500.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	259233.5	98534.4
P211	62+525.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	259233.5	98534.4
P212	62+550.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	259233.5	98534.4
P213	62+575.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	259233.5	98534.4
P214	62+600.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	259233.5	98534.4
P215	62+625.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	259233.5	98534.4
P216	62+650.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	259233.5	98534.4
P217	62+675.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	259233.5	98534.4
P218	62+700.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	259233.5	98534.4
P219	62+725.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	259233.5	98534.4
P220	62+750.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	259233.5	98534.4
P221	62+775.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	259233.5	98534.4
P222	62+800.000	25.000	38.22	0.12	955.4	3.1	260189.0	98537.5
P223	62+825.000	25.000	32.56	0.12	814.1	2.9	261003.1	98540.5
P224	62+850.000	25.000	33.00	0.12	825.0	3.1	261828.1	98543.6
P225	62+875.000	25.000	36.17	0.13	904.2	3.2	262732.3	98546.8
P226	62+900.000	25.000	40.09	0.28	1002.2	7.0	263734.4	98553.8
P227	62+925.000	25.000	44.99	0.15	1124.9	3.8	264859.3	98557.6
P228	62+950.000	25.000	45.37	0.17	1134.1	4.2	265993.4	98561.8
P229	62+975.000	25.000	23.76	14.37	593.9	359.3	266587.3	98921.1
P230	63+000.000	25.000	46.80	0.20	1169.9	5.0	267757.3	98926.1
P231	63+025.000	25.000	64.72	0.20	1618.0	5.0	269375.3	98931.1
P232	63+050.000	25.000	42.60	0.19	1065.1	4.7	270440.3	98935.8
P233	63+075.000	25.000	15.35	1.07	383.7	26.8	270824.0	98962.6

ANNEXE

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P234	63+100.000	25.000	8.89	11.33	222.3	283.4	271046.3	99246.0
P235	63+125.000	25.000	2.26	87.14	56.4	2178.6	271102.7	101424.6
P236	63+150.000	24.160	10.88	0.12	262.9	2.9	271365.5	101427.4
P237	63+173.321	12.500	14.89	2.51	186.1	31.4	271551.6	101458.8
P238	63+175.000	13.340	15.79	2.66	210.4	35.5	271762.0	101494.3
P239	63+200.000	25.000	13.55	4.49	337.3	112.6	272099.3	101606.9
P240	63+225.000	25.000	16.98	11.44	420.6	287.4	272519.9	101894.3
P241	63+250.000	25.000	19.81	8.00	489.9	202.1	273009.8	102096.4
P242	63+275.000	25.000	9.62	12.78	236.7	324.4	273246.5	102420.8
P243	63+300.000	15.660	1.69	36.78	26.0	583.5	273272.5	103004.3
P244	63+306.321	12.500	2.05	33.38	25.1	422.1	273297.6	103426.4
P245	63+325.000	21.840	17.20	1.17	370.0	25.8	273667.6	103452.3
P246	63+350.000	25.000	41.03	0.15	1009.9	3.7	274677.5	103456.0
P247	63+375.000	25.000	116.48	0.12	2883.2	3.0	277560.7	103459.0
P248	63+400.000	25.000	109.88	0.13	2722.7	3.3	280283.5	103462.3
P249	63+425.000	25.000	86.33	0.13	2135.9	3.2	282419.4	103465.5
P250	63+450.000	25.000	65.12	0.21	1609.7	5.2	284029.1	103470.7
P251	63+475.000	15.748	33.42	0.61	518.4	9.8	284547.6	103480.5
P252	63+481.496	12.500	24.61	2.62	302.6	33.4	284850.2	103513.8
P253	63+500.000	21.752	7.67	16.93	163.9	372.3	285014.1	103886.1
P254	63+525.000	25.000	0.49	68.75	12.1	1725.3	285026.3	105611.5
P255	63+550.000	25.000	0.51	163.14	12.8	4099.6	285039.1	109711.0
P256	63+575.000	25.000	0.61	247.96	15.1	6214.2	285054.2	115925.2
P257	63+600.000	19.748	2.02	435.34	40.0	8607.6	285094.3	124532.8
P258	63+614.496	12.500	0.65	367.45	8.1	4593.1	285102.4	129125.9
P259	63+625.000	17.752	0.70	227.13	12.5	4031.9	285114.8	133157.8
P260	63+650.000	25.000	0.31	45.40	7.8	1137.7	285122.6	134295.5
P261	63+675.000	25.000	19.58	6.43	483.6	162.5	285606.3	134458.1
P262	63+700.000	25.000	83.86	0.17	2099.9	4.3	287706.1	134462.4
P263	63+725.000	21.823	52.74	0.18	1147.4	4.1	288853.6	134466.5
P264	63+743.646	12.500	160.77	0.19	2013.5	2.4	290867.1	134468.9
P265	63+750.000	5.446	161.63	0.14	887.6	0.8	291754.6	134469.7
P266	63+754.539	12.500	137.82	0.21	1735.2	2.6	293489.8	134472.3
P267	63+775.000	22.731	116.54	0.15	2667.4	3.4	296157.2	134475.7
P268	63+800.0	25.000	87.40	0.15	2198.2	3.8	298355.3	134479.5

ANNEXE

	00							
P269	63+825.000	25.000	57.27	0.14	1434.6	3.6	299789.9	134483.1
P270	63+850.000	25.000	47.08	0.13	1181.2	3.3	300971.2	134486.5
P271	63+875.000	16.844	25.95	0.13	437.9	2.2	301409.0	134488.7
P272	63+883.689	12.500	16.37	0.19	204.6	2.4	301613.7	134491.1
P273	63+900.000	20.656	5.73	16.25	118.4	335.6	301732.1	134826.7
P274	63+925.000	25.000	1.09	42.21	27.2	1055.1	301759.3	135881.8
P275	63+950.000	25.000	6.66	29.60	166.5	739.9	301925.7	136621.7
P276	63+975.000	16.285	11.61	1.47	189.1	23.9	302114.8	136645.6
P277	63+982.569	12.500	15.77	0.13	179.1	1.5	302293.9	136647.1
P278	64+000.000	21.215	24.87	0.14	527.5	2.9	302821.5	136650.1
P279	64+025.000	25.000	36.66	0.14	916.4	3.4	303737.9	136653.5
P280	64+050.000	25.000	56.96	0.14	1424.0	3.5	305161.9	136656.9
P281	64+075.000	17.124	76.72	0.13	1313.7	2.2	306475.6	136659.2
P282	64+084.249	12.500	83.72	0.24	1046.6	3.0	307522.2	136662.2
P283	64+100.000	20.376	93.39	0.11	1905.7	2.3	309427.9	136664.5
P284	64+125.000	25.000	93.29	0.13	2344.4	3.3	311772.3	136667.9
P285	64+150.000	25.000	86.59	2.60	2187.3	64.0	313959.7	136731.9
P286	64+175.000	25.000	81.91	1.72	2074.6	42.1	316034.2	136773.9
P287	64+200.000	19.199	20.84	38.04	411.0	718.3	316445.2	137492.2
P288	64+213.399	10.317	8.53	4.58	89.0	47.9	316534.2	137540.1
P289	64+220.634	5.801	0.81	63.28	4.8	368.2	316539.1	137908.4
P290	64+225.000	14.683	1.18	101.66	17.9	1498.0	316557.0	139406.4
P291	64+250.000	25.000	0.36	265.96	8.9	6597.6	316565.9	146004.0
P292	64+275.000	25.000	1.87	641.77	44.4	15837.8	316610.3	161841.8
P293	64+300.000	25.000	0.90	591.03	22.0	14669.2	316632.3	176511.0
P294	64+325.000	24.892	0.32	232.09	7.9	5769.9	316640.2	182280.9

ANNEXE

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P295	64+349.784	12.500	0.20	87.02	2.5	1088.0	316642.7	183368.9
P296	64+350.000	12.608	0.20	86.77	2.5	1093.7	316645.2	184462.6
P297	64+375.000	25.000	0.34	45.43	8.5	1133.9	316653.7	185596.5
P298	64+400.000	25.000	33.46	11.65	841.0	289.0	317494.7	185885.5
P299	64+425.000	25.000	51.54	0.13	1294.5	3.1	318789.2	185888.7
P300	64+450.000	25.000	73.17	0.13	1815.5	3.3	320604.7	185892.0
P301	64+475.000	14.467	57.60	0.14	824.5	2.0	321429.1	185893.9
P302	64+478.934	12.500	58.56	0.14	724.1	1.7	322153.2	185895.6
P303	64+500.000	11.225	68.47	0.13	759.8	1.5	322913.0	185897.1
P304	64+501.385	12.500	68.63	0.13	848.7	1.6	323761.7	185898.7
P305	64+525.000	24.308	61.26	0.13	1474.2	3.3	325235.9	185902.0
P306	64+550.000	25.000	61.34	0.13	1524.7	3.3	326760.6	185905.3
P307	64+575.000	25.000	41.16	0.13	1024.4	3.2	327785.0	185908.5
P308	64+600.000	25.000	35.45	0.13	883.2	3.3	328668.1	185911.8
P309	64+625.000	15.267	22.85	0.57	348.3	8.7	329016.4	185920.5
P310	64+630.535	12.500	22.81	1.45	285.1	18.2	329301.5	185938.6
P311	64+650.000	22.233	11.65	6.77	259.0	150.4	329560.5	186089.0
P312	64+675.000	25.000	11.97	24.98	299.4	624.4	329859.8	186713.5
P313	64+700.000	25.000	8.96	15.00	224.0	375.1	330083.8	187088.5
P314	64+725.000	25.000	17.84	3.37	446.1	84.4	330529.9	187172.9
P315	64+750.000	25.000	33.99	0.14	849.8	3.4	331379.7	187176.3
P316	64+775.000	25.000	46.88	0.13	1171.9	3.2	332551.6	187179.4
P317	64+800.000	25.000	44.90	0.13	1122.6	3.2	333674.2	187182.7
P318	64+825.000	25.000	40.14	0.14	1003.5	3.4	334677.7	187186.1
P319	64+850.000	25.000	41.95	0.78	1048.9	19.5	335726.6	187205.6
P320	64+875.000	25.000	39.07	1.54	976.7	38.6	336703.3	187244.2
P321	64+900.000	24.789	28.91	4.36	716.7	108.1	337420.0	187352.3
P322	64+924.579	12.500	10.88	1.32	136.0	16.5	337556.0	187368.8
P323	64+925.000	12.711	10.15	1.25	129.1	15.9	337685.2	187384.7
P324	64+950.000	25.000	0.16	31.52	4.0	789.0	337689.2	188173.6
P325	64+975.000	25.000	0.19	73.58	4.8	1845.8	337694.0	190019.4
P326	64+1000.000	25.000	1.27	13.20	32.2	329.0	337726.1	190348.4
P327	65+025.000	25.000	14.94	1.36	378.3	33.5	338104.4	190382.0
P328	65+050.000	16.289	41.47	0.14	681.9	2.3	338786.3	190384.2
P329	65+057.5	12.500	44.81	0.14	565.1	1.7	339351.4	190386.0

ANNEXE

	79							
P330	65+075.000	21.211	53.53	0.14	1143.0	2.9	340494.4	190388.9
P331	65+100.000	25.000	57.45	0.14	1442.7	3.4	341937.1	190392.3
P332	65+125.000	20.609	41.29	0.14	854.1	2.8	342791.3	190395.2
P333	65+141.218	12.500	35.34	0.14	443.2	1.7	343234.5	190396.9
P334	65+150.000	16.891	31.18	0.14	528.7	2.3	343763.2	190399.1
P335	65+175.000	25.000	10.01	0.14	252.1	3.4	344015.3	190402.6
P336	65+200.000	25.000	0.43	14.35	10.8	358.3	344026.1	190760.9
P337	65+225.000	25.000	0.25	41.51	6.4	1037.2	344032.5	191798.1
P338	65+250.000	24.609	0.27	76.60	6.7	1884.3	344039.2	193682.4
P339	65+274.218	12.500	0.29	123.09	3.6	1538.6	344042.8	195221.0
P340	65+275.000	12.891	0.21	124.25	2.7	1601.8	344045.5	196822.7
P341	65+300.000	25.000	0.23	151.56	5.9	3788.9	344051.4	200611.7
P342	65+325.000	25.000	0.31	200.22	7.8	5003.3	344059.1	205615.0
P343	65+350.000	25.000	0.25	292.37	6.2	7303.2	344065.3	212918.2
P344	65+375.000	25.000	0.23	414.77	5.6	10353.8	344070.9	223272.0
P345	65+400.000	16.109	0.23	448.38	3.6	7225.6	344074.5	230497.6
P346	65+407.218	12.500	0.23	451.58	2.8	5650.7	344077.3	236148.2
P347	65+425.000	15.664	0.25	443.20	3.8	6961.7	344081.1	243109.9
P348	65+438.546	12.500	0.28	444.68	3.3	5579.7	344084.4	248689.6
P349	65+450.000	18.227	0.94	459.77	16.8	8413.3	344101.2	257103.0
P350	65+475.000	25.000	3.01	446.68	77.5	11236.7	344178.7	268339.7
P351	65+500.000	25.000	3.53	349.12	90.9	8805.5	344269.7	277145.1
P352	65+525.000	25.000	0.08	165.30	1.9	4148.4	344271.6	281293.6
P353	65+550.000	23.273	0.25	30.19	5.9	703.7	344277.5	281997.2
P354	65+571.546	12.500	2.34	12.32	29.2	154.0	344306.7	282151.3
P355	65+575.000	14.227	2.80	11.34	39.9	161.3	344346.6	282312.5

ANNEXE

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P356	65+600.000	25.000	8.55	5.29	213.8	132.3	344560.4	282444.9
P357	65+625.000	25.000	23.92	1.18	598.0	29.6	345158.5	282474.5
P358	65+650.000	25.000	17.49	1.29	437.2	32.2	345595.7	282506.6
P359	65+675.000	25.000	28.68	0.82	717.1	20.4	346312.8	282527.0
P360	65+700.000	25.000	25.49	0.17	637.3	4.3	346950.1	282531.3
P361	65+725.000	25.000	35.92	0.16	897.9	4.0	347848.0	282535.3
P362	65+750.000	25.000	25.24	0.40	630.9	10.0	348478.9	282545.3
P363	65+775.000	25.000	27.57	0.77	689.3	19.3	349168.2	282564.7
P364	65+800.000	25.000	32.41	0.14	810.3	3.4	349978.5	282568.0
P365	65+825.000	25.000	42.69	0.14	1067.2	3.4	351045.7	282571.5
P366	65+850.000	25.000	29.94	0.16	748.6	4.0	351794.3	282575.5
P367	65+875.000	25.000	35.45	0.12	886.3	3.1	352680.5	282578.6
P368	65+900.000	25.000	37.45	0.14	936.3	3.4	353616.9	282582.0
P369	65+925.000	25.000	19.26	0.17	481.6	4.2	354098.5	282586.3
P370	65+950.000	25.000	0.89	61.64	22.2	1541.1	354120.7	284127.3
P371	65+975.000	25.000	0.66	106.34	16.5	2658.5	354137.2	286785.8
P372	66+000.000	25.000	0.59	138.26	14.8	3456.5	354152.0	290242.3
P373	66+025.000	25.000	0.52	171.25	13.0	4281.2	354165.0	294523.4
P374	66+050.000	25.000	0.46	205.37	11.6	5134.2	354176.6	299657.6
P375	66+075.000	20.981	0.60	233.51	12.6	4899.3	354189.2	304556.9
P376	66+091.963	12.500	0.68	226.39	8.5	2830.0	354197.7	307386.9
P377	66+100.000	16.519	0.68	214.85	11.2	3551.6	354209.0	310938.5
P378	66+125.000	25.000	0.44	140.67	11.0	3516.0	354219.9	314454.5
P379	66+150.000	25.000	0.24	68.21	6.0	1703.4	354225.9	316157.9
P380	66+175.000	25.000	2.01	20.80	50.9	518.5	354276.9	316676.4
P381	66+200.000	24.981	53.43	0.17	1348.3	4.2	355625.2	316680.6
P382	66+224.963	12.500	98.00	0.13	1231.5	1.7	356856.7	316682.3
P383	66+225.000	0.482	98.00	0.13	47.5	0.1	356904.2	316682.4
P384	66+225.928	12.500	97.97	0.13	1231.0	1.7	358135.2	316684.0
P385	66+250.000	24.536	93.92	0.25	2312.2	6.1	360447.4	316690.2
P386	66+275.000	25.000	78.48	0.14	1967.3	3.4	362414.7	316693.6
P387	66+300.000	25.000	64.83	0.14	1623.5	3.5	364038.2	316697.1
P388	66+325.000	25.000	47.55	0.14	1190.0	3.4	365228.2	316700.5
P389	66+350.000	16.964	26.39	0.14	447.9	2.3	365676.1	316702.8
P390	66+358.9	12.500	18.42	0.14	230.3	1.7	365906.4	316704.5

ANNEXE

	28							
P391	66+375.000	20.536	4.14	2.69	84.9	55.3	365991.3	316759.8
P392	66+400.000	25.000	0.28	29.44	6.9	736.0	365998.2	317495.9
P393	66+425.000	25.000	0.28	81.98	6.9	2049.4	366005.2	319545.3
P394	66+450.000	25.000	0.32	144.76	7.9	3619.1	366013.1	323164.4
P395	66+475.000	25.000	0.33	73.40	8.2	1835.1	366021.2	324999.5
P396	66+500.000	25.000	15.50	0.14	387.5	3.4	366408.7	325002.9
P397	66+525.000	25.000	15.95	0.14	398.7	3.4	366807.5	325006.3
P398	66+550.000	25.000	16.27	0.14	406.9	3.4	367214.4	325009.7
P399	66+575.000	25.000	12.52	0.14	313.1	3.4	367527.5	325013.2
P400	66+600.000	25.000	7.48	0.18	186.9	4.6	367714.4	325017.7
P401	66+625.000	25.000	3.06	1.95	76.6	48.9	367791.0	325066.6
P402	66+650.000	21.410	0.39	10.76	8.3	230.3	367799.2	325296.9
P403	66+667.820	12.500	0.30	19.46	3.6	265.2	367802.9	325562.2
P404	66+675.000	16.090	0.28	20.98	4.5	337.6	367807.3	325899.7
P405	66+700.000	25.000	0.29	27.97	7.3	699.3	367814.6	326599.0
P406	66+725.000	25.000	0.28	37.71	6.9	942.8	367821.6	327541.8
P407	66+750.000	25.000	0.28	56.71	7.0	1417.8	367828.6	328959.6
P408	66+775.000	25.000	0.28	84.92	7.0	2123.1	367835.7	331082.7
P409	66+800.000	25.000	0.28	169.95	7.1	4248.8	367842.7	335331.4
P410	66+825.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	367842.7	335331.4
P411	66+850.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	367842.7	335331.4
P412	66+875.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	367842.7	335331.4
P413	66+900.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	367842.7	335331.4
P414	66+925.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	367842.7	335331.4
P415	66+950.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	367842.7	335331.4
P416	66+975.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	367842.7	335331.4

ANNEXE

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P417	67+000.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	367842.7	335331.4
P418	67+025.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	367842.7	335331.4
P419	67+050.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	367842.7	335331.4
P420	67+075.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	367842.7	335331.4
P421	67+100.000	25.000	0.00	0.00	0.0	0.0	367842.7	335331.4
P422	67+125.000	25.000	0.07	347.58	1.8	8689.5	367844.6	344020.9
P423	67+150.000	25.000	0.32	146.27	7.9	3656.7	367852.5	347677.6
P424	67+175.000	25.000	8.59	27.07	214.9	676.9	368067.4	348354.5
P425	67+200.000	25.000	23.12	0.14	578.0	3.5	368645.4	348358.0
P426	67+225.000	25.000	10.13	0.20	253.3	4.9	368898.8	348362.9
P427	67+250.000	25.000	4.90	4.74	122.5	118.5	369021.3	348481.4
P428	67+275.000	25.000	1.34	13.76	33.6	343.9	369054.8	348825.3
P429	67+300.000	25.000	1.19	12.22	29.7	305.5	369084.5	349130.8
P430	67+325.000	25.000	2.79	8.34	69.6	208.4	369154.1	349339.2
P431	67+350.000	25.000	5.62	7.02	140.4	175.5	369294.6	349514.7
P432	67+375.000	25.000	7.27	2.95	181.6	73.8	369476.2	349588.5
P433	67+400.000	25.000	15.84	0.13	395.9	3.3	369872.2	349591.8
P434	67+425.000	12.876	20.74	0.13	267.1	1.7	370139.2	349593.5
P435	67+425.752	12.500	20.97	0.13	262.0	1.7	370401.2	349595.1
P436	67+450.000	24.624	29.90	0.13	735.9	3.3	371137.1	349598.4
P437	67+475.000	25.000	32.24	0.13	804.4	3.3	371941.5	349601.7
P438	67+500.000	25.000	26.64	0.13	662.2	3.2	372603.7	349604.9
P439	67+525.000	25.000	28.81	0.14	716.8	3.4	373320.4	349608.3
P440	67+550.000	14.951	37.07	0.13	551.8	1.9	373872.2	349610.2
P441	67+554.902	12.500	38.09	0.13	474.0	1.6	374346.2	349611.8
P442	67+575.000	22.549	44.41	0.12	1000.1	2.7	375346.3	349614.5
P443	67+600.000	25.000	36.54	0.14	910.3	3.5	376256.7	349618.0
P444	67+625.000	25.000	39.89	0.14	996.5	3.5	377253.1	349621.6
P445	67+650.000	25.000	30.09	0.13	746.4	3.3	377999.5	349624.9
P446	67+675.000	24.519	21.01	0.17	509.0	4.3	378508.5	349629.1
P447	67+699.038	12.500	11.06	3.34	135.3	42.7	378643.8	349671.8
P448	67+700.000	12.981	10.79	3.68	137.2	48.7	378781.0	349720.5
P449	67+725.000	25.000	4.54	11.25	111.1	285.4	378892.0	350005.9
P450	67+750.000	25.000	1.81	18.71	44.5	471.8	378936.5	350477.7
P451	67+775.0	25.000	0.48	23.98	11.9	602.4	378948.4	351080.1

ANNEXE

	00							
P452	67+800.000	25.000	0.27	38.07	6.6	953.1	378955.1	352033.2
P453	67+825.000	14.094	0.19	79.30	2.7	1117.9	378957.8	353151.1
P454	67+828.188	12.500	0.19	88.05	2.4	1100.5	378960.1	354251.6
P455	67+850.000	23.406	0.27	206.25	6.4	4819.2	378966.5	359070.8
P456	67+875.000	25.000	0.37	152.66	9.4	3811.4	378975.9	362882.2
P457	67+900.000	25.000	0.23	85.37	5.8	2131.0	378981.7	365013.3
P458	67+925.000	25.000	0.99	62.94	25.3	1575.5	379007.0	366588.8
P459	67+950.000	16.169	1.36	34.76	22.5	560.4	379029.5	367149.2
P460	67+957.338	12.500	2.89	31.36	37.3	389.2	379066.7	367538.4
P461	67+975.000	21.331	8.72	28.00	191.0	589.0	379257.7	368127.3
P462	68+000.000	25.000	8.22	7.24	211.0	176.9	379468.7	368304.3
P463	68+025.000	25.000	4.48	6.64	115.1	162.5	379583.9	368466.8
P464	68+050.000	25.000	4.65	7.21	119.6	176.8	379703.4	368643.6
P465	68+075.000	25.000	13.26	0.13	333.7	3.3	380037.1	368646.9
P466	68+100.000	25.000	25.58	0.13	645.8	3.3	380682.9	368650.2
P467	68+125.000	25.000	53.47	0.12	1345.8	3.0	382028.7	368653.2
P468	68+150.000	25.000	60.97	0.13	1539.7	3.3	383568.4	368656.6
P469	68+175.000	25.000	44.05	0.99	1117.6	24.2	384686.0	368680.8
P470	68+200.000	17.247	0.71	13.05	12.6	222.7	384698.6	368903.5
P471	68+209.493	12.500	0.31	28.08	3.9	352.5	384702.6	369256.0
P472	68+225.000	20.253	0.26	55.32	5.3	1117.4	384707.8	370373.4
P473	68+250.000	25.000	0.31	87.62	7.7	2171.1	384715.5	372544.5
P474	68+275.000	25.000	0.27	63.70	6.9	1582.8	384722.4	374127.3
P475	68+300.000	25.000	0.98	35.41	24.8	882.6	384747.2	375009.9
P476	68+325.000	19.322	1.79	23.95	34.7	461.9	384781.9	375471.8
P477	68+338.643	12.500	0.87	35.08	10.8	438.4	384792.7	375910.3

ANNEXE

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P478	68+350.000	18.178	1.71	33.00	31.1	600.0	384823.8	376510.2
P479	68+375.000	25.000	10.09	23.18	252.2	579.5	385076.0	377089.7
P480	68+400.000	25.000	35.03	0.26	875.8	6.5	385951.8	377096.1
P481	68+425.000	25.000	74.30	0.14	1857.5	3.4	387809.3	377099.6
P482	68+450.000	25.000	80.49	0.34	2012.2	8.4	389821.5	377108.0
P483	68+475.000	25.000	86.00	0.15	2150.0	3.8	391971.5	377111.8
P484	68+500.000	25.000	70.69	0.38	1767.3	9.5	393738.8	377121.3
P485	68+525.000	25.000	62.21	0.13	1555.3	3.2	395294.1	377124.6
P486	68+550.000	25.000	48.36	0.13	1209.1	3.2	396503.2	377127.8
P487	68+575.000	22.441	16.98	0.17	381.1	3.7	396884.2	377131.5
P488	68+594.882	9.941	12.91	5.14	128.3	51.1	397012.5	377182.6