République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لألشغال العمومية

فرانسيس جانسون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Etude d'évitement de la ville de BERHOUM sur 8 Km avec conception de deux carrefours giratoires

Présenté par :

OTMANI Youcef

Encadré par :

Mr. CHERFI Ali

Promotion 2023 / 2024

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

Remerciements

Le projet de fin d'étude représente l'accomplissement de notre apprentissage du métier d'ingénieur ainsi que la première étape de notre vie professionnelle.
Avant d'entamer notre étude pour l'élaboration de notre thèse.

Je tiens d'abord à remercier Allah, le clément et le miséricordieux de nous avoir donné la santé et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Nos plus vifs remerciements pour nos chers parents pour leurs soutiens, encouragements et leurs patiences.

Je tiens à remercier toute personne qui m'a aidé de près ou de loin à réaliserce Projet de Fin d'Etudes, commençant par mon encadreur Mr CHERFI Ali que je remercie pour son accueil, sa disponibilité et ses judicieux conseils.

Je tiens également à remercier Monsieur BRIGHEN Messaoud pour son accueil chaleureux et ses conseils durant mes trois mois de formation à PFE, et je tenais à vous écrire un sincère « merci » pour votre soutien.

Je tiens à remercier mon Co-encadreur Mr HATRI Amor pour toute son aide sur la partie théorique du mémoire, de m'avoir corrigé et orienté penda nt trois mois et pour tous ses bons conseils.

Enfin, j'adresse également mes sincères remerciements à tous ceux qui m'ont aidé et encouragé dans mon travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

À ma mère et mon père, pour l'éducation qu'ils m'ont prodigué avec tous les moyens et au prix de tous les sacrifices qu'ils ont consentis à mon égard, pour le sens du devoir qu'ils m'ont enseigné depuis mon enfance.

À mes chers frères,

À tous mes amis et collègues que j'ai pu connaitre depuis mon enfance.

À tous les professeurs qui m'ont enseigné tout au long de mon parcours.

À tous ceux qui m'aiment, À tous ceux que j'aime.

Je vous dédie ce modeste travail.

Résumé :

Le projet de fin d'étude vise à faire l'étude de l'évitement de la ville de Berhoum sur une longueur de 08 Km avec conception de deux carrefours giratoires.
Dans cette synthèse, je mettrai en avant tous les chapitres qui composent notre projet de Fin d'Etudes.
Pour développer ce modeste effort, j'ai suivi un plan de travail proposé par le superviseur, commençant par une introduction générale et une étude de trafic, Après cela, j'ai placé le plan géométrique de l'axe dans le plan à l'aide du programme des normes d'urbanisme COVADIS. Puis j'ai fini de développer la lime longitudinale et la lime transversale.
Après ces étapes précédentes j'ai fait une étude géotechnique pour connaitre toutes les caractéristiques de notre sol support, ainsi qu'un dimensionnement de corps de chaussée, ensuite une étude d'assainissement de notre route, puis un calcul de cubature et de la stabilité.
Après on a passé au choix de type des carrefours et prévoir la signalisation, On a fait la détermination des ouvrages d'art. Enfin, on a terminé par l'étude d'impact sur l'environnement et le devis estimatif et quantitatif.

Les Mots clé : évitement, Berhoum, route unidirectionnelle, conception, carrefour, trafic, géométrie, corps de chaussée.

ملخص:

يهدف مشروع نهاية الدراسة إلى دراسة تجنب مدينة برهوم على طول 08 كم مع تصميم دوارين.
في هذا الملخص، سأسلط الضوء على جميع الفصول التي تشكل مشروع نهاية الدراسات لدينا.
ولتطوير هذا الجهد المتواضع اتبعت خطة عمل اقترحها المشرف، بدءاً بمقدمة عامة ودراسة مرورية، بعد ذلك قمت بوضع المخطط الهندسي للمحور في المخطط باستخدام برنامج معايير التخطيط الحضري
COVADIS. ثم انتهيت من تطوير الملف الطولي والملف العرضي. بعد هذه الخطوات السابقة قمت بإجراء دراسة جيوتقنية لمعرفة جميع خصائص التربة الداعمة لدينا، بالإضافة إلى
تحديد حجمها
جسم الطريق، ثم دراسة استصالح طريقنا، ثم حساب التكعيب والثبات.
بعد ذلك انتقلنا إلى اختيار نوع التقاطعات وتخطيط الالفتات،
لقد حددنا االعمال الفنية. وأخيراً انتهينا من دراسة االثر البيئي والتقدير التقديري والكمي.

الكلمات المفتاحية: التجنب، برهوم، الطريق ذو االتجاه الواحد، التصميم، التقاطع، المرور، الهندسة، جسم الطريق.

ABSTRACT

The end-of-study project aims to study the avoidance of the city of Berhoum over a length of 08 km with the design of two roundabouts.
In this summary, I will highlight all the chapters that make up our End of Studies project.
To develop this modest effort, I followed a work plan proposed by the supervisor, starting with a general introduction and a traffic study,
After that, I placed the geometric plan of the axis in the plan using the COVADIS urban planning standards program. Then I finished developing the longitudinal file and the transverse file.
After these previous steps I carried out a geotechnical study to know all the characteristics of our support soil, as well as a sizing
of road body, then a study of remediation of our road, then a calculation of cubature and stability.
Afterwards we moved on to choosing the type of intersections and planning the signage,
We have determined the works of art. Finally, we finished with the environmental impact study and the estimated and quantitative estimate.

Keywords: avoidance, Berhoum, one-way road, design, intersection, traffic, geometry, road body.

Abréviation :

PK : Point kilométrique.

APD : Avant-projet détaillé.

RN : Route nationale.

TJMA : Trafic journalière moyen annuelle.

PL : poids lourds.

CTTP : Organisme National de Contrôle Technique des Travaux Publics**.**

TPC : terre pleinecentrale.

BAU : Bande d'arrêt d'urgence

GTR : Guide de terrassement routier.

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

LCPC : laboratoire centrale desponts et chaussées.

SPT : Essais de

pénétration standard.

CBR: California -

Bearing – Ratio**.**

BB: Béton bitumineux.

GB : Grave bitumineux.

BV : Bassin versant.

GS : Glissière de sécurité.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE 1
Chapitre Ⅰ 1
Présentation du projet 1
INTRODUCTION 2
I.1. PRESENTATION DE LA WILAYA ..... **Erreur ! Signet non défini.**
I.I. PRESENTATION DU PROJET 2
I.4. LES OBJECTIFS DE NOTRE PROJET 5
Chapitre II : Etude de trafic 7
INTRODUCTION 8
II.2. TYPES DE TRAFIC 8
II.3. CALCULE DE LA CAPACITE 8
II.4. APPLICATION AU PROJET 11
II.4.1. Données de trafic 11
II.4.2. Projection future de trafic 11
II.4.3. Calcul du trafic effectif 11
II.4.4. Débit de pointe horaire normale 12
II.4.5. Nombre de voies 12
II.4.6. Calcul de l'année de saturation de 2 voies 12
CHAPITRE Ⅲ : Trace en plan 13
III.1. INTRODUCTION 14
III.2. REGLES A RESPECTER DAND LE TRACE EN PLAN 14
III.3. LES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN 14
III.3.1. Les alignements 14
III.3.2. Arc de cercle 15
III.3.2.2. Rayon horizontal minimal absolu 15
III.3.2.3. Rayon minimal normal 15
III.3.2.4. Rayon au dévers minimal 15
III.3.2.5. Rayon minimal non déversé 16
III.3.3. Règles pour l'utilisation des rayons en plan 16
III.3.4. Les raccordements progressifs (CLOTHOIDE) 16
III.3.5. Les conditions de raccordement 17
III.3.5.1. Conditions de confort optique 17
III.3.5.2. Condition de confort dynamique 17
III.3.5.3. Condition de gauchissement 18
III.3.6. Combinaison des éléments de trace en plan 18
III.3.7. Paramètres fondamentaux 18
III.4. Calcul d'axe 20
III.4.1. Caractéristique de la courbe de raccordement 20
III.4.1.1. Calcul des gisements 20

CHAPITRE Ⅳ: Profil en long....23
IV.1. Définition....24
IV.2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long....24
IV.3. Coordination du tracé en plan et profil en long....24
IV.4. Déclivités....25
IV.4.1. Déclivité minimum....25
IV.4.2. Déclivité maximum....25
IV.5. Raccordement en profil en long....26
IV.5.1. Raccordements convexes (angle saillant)....26
IV.5.1.1. Condition de confort....26
IV.5.1.2. Condition de visibilité....26
IV.5.2. Raccordements concaves (angle rentrant)....27
IV.6.1. Détermination de la position du point de rencontre (s)....28
IV.6.2. Calcul de la tangente....29
IV.6.3. Projection horizontale de la longueur de raccordement....29
IV.6.3. Calcul de la flèche....29
IV.6.4. Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant M sur la courbe....29
Ⅳ.7. Exemple de calcul de profil en long....30
CHAPITRE Ⅴ: Profil en travers....31
V.1. DEFINITION....32
V.2. LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS....32
V.2. CLASSIFICATION DU PROFIL EN TRAVERS....33
V.2.1. Le profil en travers type....33
V.2.2. Le profil en travers courant....33
V.3. APPLICATION AU PROJET....34
CHAPITRE Ⅵ....35
Etude géotechnique....35
VI.1. INTRODUCTION....36
VI.2. ESSAIS GEOTECHNIQUES....36
Ⅵ. 2. 1. ....LES ESSAIS IN SITU....36
Ⅵ. 2. 2. ....LES ESSAIS EN LABORATOIRE....37
VI.3. GEOLOGIE....38
VI.4. CONDITIONS D'UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS....38
VI.5. DONNEES GEOTECHNIQUES DU PROJET....39
VI.6. CLASSIFICATION DES SOLS....41
VI.6.1. Classification du sol selon LCPC....41
VI.6.2. Classification GTR....41
VI.6.3. Classification selon la nature....42
VI.7. CONCLUSION....43

CHAPITRE Ⅶ Dimensionnement de corps de chaussée....46
VII .1. INTRODUCTION....47
VII.2. DEFINITION....47
VII.2.1. Au sens géométrique....47
VII.2.2. Au sens structurel....47
VII.3. FACTEURS DETERMINANTS....47
VII.3.1. Trafic....47
VII.3.2. Environnement....48
VII.3.3. Sol Support....48
VII.3.4. Matériaux....48
VII.4. LES DIFFERENTS TYPES DES CHAUSSEES....48
VII.4.1. Chaussée souple....48
VII.4.1.1. Couche de surface....48
VII.4.1.2. Couche de base....49
VII.4.1.3. Couche de fondation....49
VII.4.1.4. Couche de forme....50
VII.4.2. Les chaussées semi-rigides....50
VII.4.3. Les chaussées rigides....51
VII.5. PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT....51
VII.5.1. Méthode CBR (California - Bearing – Ratio)....51
VII.5.2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves....52
VII.6. APPLICATION AU PROJET....53
VII.6.1. Méthode CBR....54
VII.6.2. Méthode du Catalogue de Dimensionnement des Chaussées Neuves....55
VII.6.2.1. Données de l'étude....55
VII.6.2.2. Type de réseau principale....56
VII.6.2.3. La classe de trafic (TPLi)....56
VII.6.2.4. La classe de sol support....57
VII.6.2.5. Amélioration de la portance du sol support....57
VII.6.2.6. Choix du dimensionnement....58
VII.6.3. La déformation du sol support....59
VII.6.3.1. Calcul des déformations admissibles sur le sol support....60
VII.6.3.3. Calcul des sollicitations admissibles....60
VII.6.3.4. Les caractéristiques des matériaux....62
VII.7. CONCLUSION....64
CHAPITRE Ⅷ....66
Etude d'assainissement....66
VIII.1. INTRODUCTION....67
VIII.2. OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT....67

VIII.3. ASSAINISSEMENT DE LA CHAUSSÉE....68
VIII.3.1. Fossé de pied du talus de déblai....68
VIII.3.2. Fossé de crête de déblai....68
VIII.3.3. Fossé de pied de talus de remblai....68
VIII.3.4. Drain....68
VIII.3.5. Descentes d'eau....69
VIII.4. DIMENSIONNEMENT DE RESEAU D'ASSAINISSEMENT....69
VIII.4.1. Coefficient de ruissellement....70
VIII.4.2. Intensité de la pluie....70
VIII.4.2.2. Calcul de la fréquence d'averse....71
VIII.4.2.3. Temps de concentration....71
VIII.5. APPLICATION AU PROJET....72
VIII.5.1. Les données pluviométriques....72
VIII.5.2. Calcul hydraulique....72
VIII.5.2.1. Calcul de la pluie journalière maximale annuelle Pj....72
VIII.5.2.2. L'intensité horaire I....73
VIII.5.2.3. Calculs des débits....73
VIII.5.2.4. La surface de bassin versant....73
VIII.5.2.5. L'intensité de la pluie It....74
VIII.5.2.6. Temps de concentration t_c....74
VIII.5.2.7. Calcul des débits d'apport (Qa)....74
VIII.5.3. Dimensionnement des fossés....75
VIII.5.4. Dimensionnement des buses....76
VIII.5.4.1. Calcul de débit Qa....76
VIII.5.4.2. Calcul de débit de saturation $\boldsymbol{Qs}$....76
VIII.5.5. Dimensionnement des dalots....77
VIII.5.5.1. Calcul de débit Qa....77
VIII.5.5.2. Calcul de débit de saturation $\boldsymbol{Qs}$....78
VIII.6. RECAPITULATION DES OUVRAGES COURANTS....79
CHAPITRE IX....80
Calcul des cubatures....80
IX.1. INTRODUCTION....81
IX.2. DEFINITION....81
IX.3. METHODES DE CALCUL DES CUBATURES....81
IX.3.1. La formule de sarraus....82
IX.4. CALCUL DES CUBATURES DE TERRASSEMENT....83
CHAPITRE X : Conception des carrefours....84
X.1. INTRODUCTION....85
X.2. LES DIFFERENTS TYPES DES CARREFOUR....85

X.2.1. Carrefour à trois branches (en T).....85
X.2.2. Carrefour à trois branches (en Y).....85
X.2.3. Carrefour à quatre branches (en croix).....85
X.2.4. Carrefour type giratoire ou carrefour giratoire 85
X.3. DONNEES UTILES À L'AMENAGEMENT D'UN CARREFOUR.....86
X.4. PRINCIPES GENERAUX D'AMENAGEMENT 87
X.4.1. La visibilité 87
X.4.2. Les îlots.....87
X.5. DIMENSIONNEMENT DU CARREFOUR.....87
X.5.1. L'îlot central 87
X.6. APPLICATION AU PROJET 89
X.6.1. Carrefour giratoire - Intersection avec route d'Ouled M'barek.....90
X.6.2. Carrefour plan - Intersection avec piste revêtue abscisse 03+020.....91
CHAPITRE XI.....93
Ouvrages d'arts.....93
XI.1. INTRODUCTION.....94
XI.2. PRESENTATION DES OUVRAGES 94
XI.3. CONCEPTION DES PONTS 95
XI.4. PRESENTATION DES VARIANTES.....96
XI.4.1. 1ère Variante : Pont à poutres en béton armé 96
XI.4.2. 2ème Variante : Pont mixte.....96
XI.4.3. 3ème Variante : Pont à poutres précontraintes 97
XI.5. STRUCTURE DE PONT RETENUE 98
CHAPITRE XII.....100
Signalisation et éclairage 100
XII.1. INTRODUCTION.....101
XII.2. TYPES DE SIGNALISATION.....101
XII.2.1. Signalisation verticale 101
XII.2.1.1. Signalisation avancée 101
XII.2.1.2. Signalisation de position.....101
XII.2.1.3. Signalisation de direction 101
XII.2.2. Signalisation horizontale 101
XII.2.2.1. Marquages longitudinaux 102
XII.2.2.2. Marquages transversaux 102
XII.2.2.3. Marquages complémentaires 102
XII.3. LES CRITERES A RESPECTER POUR LES SIGNALISATIONS.....103
XII.4. APPLICATION AU PROJET.....103
XII.4.1. Signalisation verticale.....103
XII.4.2. Signalisation horizontale 107

XII.5. ECLAIRAGE 107
XII.6. PARAMETRES DE L'IMPLANTATION DES LUMINAIRES 108
XII.7. APPLICATION AU PROJET 108
CHAPITRE XIII 109
Impact sur l'environnement 109
.1. INTRODUCTION 110
.2. EVALUATION DES EFFETS DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT 110
.2.1. Impacts temporaires liés aux travaux 110
.2.2. Impacts positifs 110
.2.3. Impacts négatifs 110
.2.3.1. Impacts dus à la pollution de l'air 110
.2.3.2. Impacts sur les sols 111
.2.3.3. Impact sur les eaux de surfaces et les eaux souterraines 111
.2.3.4. Impacts dus à l'accroissement du bruit et vibrations 111
.2.3.5. Impact sur le climat 112
.2.3.6. Impacts des travaux sur le paysage 113
.2.3.7. Impacts sur la faune, la flore, l'espace naturel et les équilibres biologiques 113
.2.3.8. Impacts sur l'agriculture 113
XIII.2.3.8. Impacts sur le bâti 113
.2.4. Impacts durables liés à l'exploitation 114
.2.4.1. Impacts positifs 114
.2.4.2. Impacts négatifs 114
1 XIII.3. CONCLUSION 115
CHAPITRE XIV 116
Devis estimatif et quantitatif 116
XIV.1. DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF 117
CONCLUSION GENERAL 120
Bibliographie 121
Webographie 121
ANNEXES 122

LISTES DES FIGURES

Chapitre Ⅰ 1
Présentation du projet 1
Figure I- 1 : La position de la wilaya de M'sila.....**Erreur ! Signet non défini.**
Figure I- 2 : L'entrée principale de la ville de m'sila .....**Erreur ! Signet non défini.**
Figure I- 3 Zone de début de l'évitement sur la RN 40, Juste avant le cimetière à l'entrée de Berhoum 3
Figure I- 4 Zone de passage du tracé derrière l'enceinte du cimetière.....3
Figure I- 5 Zone de raccordement avec la RN 40 à l'Est de Berhoum 4
Figure I- 6 Zone de passage du tracé à l'ouest de la route d'Ouled Mbarek.....4
Figure I- 7 Tracé en plan du projet 5
Chapitre II : Etude de trafic 7
CHAPITRE Ⅲ : Trace en plan 13
Figure III- 1 Paramètres de la clothoïde 17
CHAPITRE Ⅳ: Profil en long..... 23
CHAPITRE Ⅴ: Profil en travers 31
CHAPITRE Ⅵ..... 35
Etude géotechnique..... 35
Figure Ⅵ- 1 La courbe Proctor.....37
Figure Ⅵ- 2 Schéma d'implantation des puits 39
Figure Ⅵ- 3 *Diagramme de CASAGRANDE*.....41
Figure Ⅵ- 4 Abaque de la classification GTR 42
CHAPITRE Ⅶ Dimensionnement de corps de chaussée..... 46
Figure Ⅶ- 1 Coupe transversale d'une chaussée.....49
FIGURE VII.2. : schéma récapitulatif 50
FIGURE VII.3. La démarche du catalogue 53
Figure Ⅶ- 2 Corps de chaussée méthode CBR 55
Figure Ⅶ- 3 Corps de chaussée méthode catalogue 59
CHAPITRE Ⅷ..... 66
Etude d'assainissement 66
Figure Ⅷ- 1 Direction de ruissellement des eaux pluviales 69
Figure Ⅷ- 2 Représente le dimensionnement des fossés 75
Figure Ⅷ- 3 Représente le fossé retenu 76
Figure Ⅷ- 4 Représente la forme de dalot.....77
CHAPITRE Ⅸ..... 80
Calcul des cubatures 80
CHAPITRE Ⅹ: Conception des carrefours 84
Figure X- 1 Différents types des carrefours.....86
Figure X-2 Schéma donne un mode de construction pour les ilots séparateurs. 89
FIGURE X.3. Tracé en plan de l'aménagement projeté 91

FIGURE X.4. Tracé en plan de l'aménagement projeté 92
CHAPITRE XI 93
Ouvrages d'arts 93
Figure XI- 1 Implantation des ouvrages d'arts 94
Figure XI- 2 Les figures suivants représentes les oueds à franchir 95
Figure XI- 3 Coupe transversale des ouvrages existants 99
CHAPITRE XII 100
Signalisation et éclairage 100
Figure XII- 1 Flèches de sélection 107
CHAPITRE XIII 109
Impact sur l'environnement 109
CHAPITRE XIV 116
Devis estimatif et quantitatif 116
CONCLUSION GENERAL 120
ANNEXES 122

LISTES DES TABLEAUX

Chapitre Ⅰ 1
Présentation du projet 1
Chapitre II : Etude de trafic 7
Tableau II- 1 Coefficient d'équivalence 9
Tableau II- 2 Valeurs de K1 10
Tableau II- 3 *Valeurs de K_2* 10
Tableau II- 4 Capacités théorique par voie 10
CHAPITRE Ⅲ : Trace en plan 13
Tableau Ⅲ- 1 Caractéristiques du tracé en plan 19
CHAPITRE Ⅳ: Profil en long 23
Tableau Ⅳ- 1 Valeurs de déclivité maximale et le couple relatif 25
Tableau Ⅳ- 2 Valeurs des rayons verticaux 27
Tableau Ⅳ- 3 Valeurs des rayons minimales 27
CHAPITRE Ⅴ : Profil en travers 31
CHAPITRE Ⅵ 35
Etude géotechnique 35
Tableau Ⅵ- 1 La portance du sol 38
Tableau Ⅵ- 2 Les résultats des essais 40
Tableau Ⅵ- 3 Les résultats de classification LCPC 41
Tableau Ⅵ- 4 Les résultats de classification 42
Ⅵ.6.4. Classification selon l'état hydrique 43
Tableau Ⅵ- 5 Classification selon l'état hydrique 43
TABLEAU VI.1. PUIT 01- 03 43
TABLEAU VI.2. PUITS : 02 44
TABLEAU VI.3. PUIT 04 44
TABLEAU VI.4. PUIT 05 45
CHAPITRE Ⅶ Dimensionnement de corps de chaussée 46
Tableau Ⅶ- 1 Les valeurs usuelles du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé 52
Tableau Ⅶ- 2 Valeurs des épaisseurs des couches en fonction des coefficients d'équivalences 54
Tableau Ⅶ- 3 Choix des températures équivalentes 56
Tableau Ⅶ- 4 Choix du niveau de réseau principal 56
Tableau Ⅶ- 5 Classe TPL_i pour RP1 56
Tableau Ⅶ- 6 les classes de portance des sols par ordre de S_4 à S_0 57
Tableau Ⅶ- 7 Les résultats des recherches 57
Tableau Ⅶ- 8 la structure de la route 59
Tableau Ⅶ- 9 les valeurs du coefficient d'agressivité A (fascicule N° 2) 60
Tableau Ⅶ- 10 le risque adopté pour le réseau RP1 (fascicule N° 2) 61
Tableau Ⅶ- 11 les classes de portance des sols (fascicule N°2) 61
Tableau Ⅶ- 13 les valeurs de t en fonction de r% (fascicule N°2) 62

Tableau Ⅶ- 14 Résultats d'ALIZE III....63
Tableau Ⅶ- 15 les caractéristiques des mécaniques des matériaux utilisés....63
Tableau Ⅶ- 16 résultats des déformations....64
CHAPITRE Ⅷ....66
Etude d'assainissement....66
Tableau Ⅷ- 1 Valeurs de coefficient de ruissèlement (C)....70
Tableau Ⅷ- 2 variation de Gauss....70
Tableau Ⅷ- 3 les surfaces des bassins versants A....73
Tableau Ⅷ- 4 les valeurs de $\boldsymbol{Qs}$ en fonction de (b, h)....75
Tableau Ⅷ- 5 la hauteur de dalot h....78
CHAPITRE Ⅸ....80
Calcul des cubatures....80
CHAPITRE Ⅹ : Conception des carrefours....84
Tableau X- 1 les différents paramètres de construction....88
X.5.2. Les ilots séparateurs....88
Tableau X- 2 les différents paramètres de construction des ilots séparateurs pour un rayon Rg....89
Tableau X- 3 carrefours au niveau des croisements avec le réseau existant....90
Tableau X- 4 Caractéristiques géométriques de l'anneau....90
CHAPITRE Ⅺ....93
Ouvrages d'arts....93
Tableau XI- 1 la représentation de chaque OA....94
Tableau XI- 2 les avantages et les inconvénients de la variante 01....96
Tableau XI- 3 les avantages et les inconvénients de la variante 02....97
Tableau XI- 4 les avantages et les inconvénients de la variante 03....98
Tableau XI- 5 la récapitulation de conception des ouvrages existant....99
CHAPITRE Ⅻ....100
Signalisation et éclairage....100
TABLEAU XII.3 : Modélisation des lignes....103
CHAPITRE ⅩⅢ....109
Impact sur l'environnement....109
TABLEAU XIII.1. bruits et vibrations....112
CHAPITRE ⅩⅣ....116
Devis estimatif et quantitatif....116
CONCLUSION GENERAL....120
ANNEXES....122

INTRODUCTION GENERALE :

La formation d'ingénieur à l'école nationale supérieure des travaux publics se termine après cinq ans avec un projet de fin d'études qui nous permet d'appliquer toutes les connaissances acquises pendant ces cinq ans dans une étude d'un projet réel et faire face aux contraintes du terrain en tenant compte de l'aspect technique, économique et environnemental, ce qui développe la responsabilité et la prise de décision chez l'ingénieur.

Les infrastructures de base en générale est le réseau routier on particulier constituent des éléments primordiaux dans le développement d'un pays car ils respectent une base sur laquelle se fonde plusieurs secteurs tels que le transport (biens et personnes) et l'économie.

Dans mon projet, je vais étudier l'évitement de la ville de BERHOUM sur 08 Km avec conception de deux carrefours giratoires. Cette étude a pour objet la projection d'un axe routier sur 08 Km, dans le cadre du renouvellement du réseau routier de la Willaya de M'sila afin de diminuer la circulation dans la ville et spécialement les poids lourds qui gênent la fluidité de trafic et dérange la population de la ville.

Chapitre Ⅰ
Présentation du projet

INTRODUCTION :

Berhoum est une commune située dans la wilaya de M'Sila, en Algérie. Voici quelques informations générales :

1. **Géographie :** Berhoum se trouve dans la région du Hodna, une plaine connue pour ses activités agricoles. La région est caractérisée par un climat semi-aride, avec des étés chauds et secs et des hivers doux.
2. **Population :** La population de Berhoum est principalement composée de personnes travaillant dans l'agriculture, l'élevage et de petites industries locales. Les infrastructures et les services de base comme les écoles, les centres de santé et les marchés locaux y sont présents.
3. **Économie :** L'économie de Berhoum est principalement basée sur l'agriculture, avec la culture de céréales, de légumes, et d'oliviers. L'élevage est également une activité importante, notamment l'élevage de moutons et de chèvres.
4. **Culture et société :** La commune de Berhoum conserve un patrimoine culturel riche, avec des traditions locales qui se manifestent à travers des fêtes, des célébrations et des pratiques artisanales. La vie communautaire joue un rôle central dans le quotidien des habitants.
5. **Défis et développement :** Comme de nombreuses autres régions rurales en Algérie, Berhoum fait face à des défis en matière de développement, notamment en ce qui concerne l'accès aux infrastructures modernes et à des opportunités économiques diversifiées. Le gouvernement et diverses organisations travaillent sur des projets pour améliorer la qualité de vie des résidents.

I.I. PRESENTATION DU PROJET :

Le projet consiste en l'évitement de la ville de Berhoum, sur l'axe RN 40.

Le centre urbain de Berhoum s'étend sur près de 4 km. Au-delà, des constructions s'enchainent comme des cordons de part et d'autre de la RN 40, à l'Est et à l'Ouest de la ville.

Le tracé retenu est celui passant au Sud de la ville. Il tient compte des paramètres suivants :

- Espaces offerts pour le raccordement avec la RN 40 en début et fin de projet,
- Les points de traversée des cours d'eau les plus judicieux (contraintes techniques et coût des ouvrages),
- Les traversées des réseaux aériens et souterrains,
- Le bâti.

L'ensemble de ses paramètres est conjugué avec les normes géométriques pour une route à 2x2 voies avec une vitesse de référence de 100km/h.

Les figures suivantes montre les zones de début, du passage et de raccordement de l'évitement avec la RN 40



Figure I- 1 Zone de début de l'évitement sur la RN 40, Juste avant le cimetière à l'entrée de Berhoum



Figure I- 2 Zone de passage du tracé derrière l'enceinte du cimetière



Figure I- 4 Zone de passage du tracé à l'ouest de la route d'Ouled Mbarek



Figure I- 3 Zone de raccordement avec la RN 40 à l'Est de Berhoum

I.4. LES OBJECTIFS DU PROJET :

Parmi les principales wilayas du pays notamment du point de vue population et activité économique, M'sila connait un développement socioéconomique remarquable. Sa demande croissante en matière de transport durant ces dernières années générée par le développement et l'extension des différents centres socioéconomiques de la wilaya, la croissance relevée dans les secteurs clés de l'économie de la wilaya tels que l'agriculture, l'agro-alimentaire, l'industrie légère et de transformation, ainsi que les services d'une part et d'autre part, l'amélioration sensible du niveau de vie global de la population accompagnée d'une mobilité accrue. Ce qui s'est traduite par des niveaux de trafic élevés.

Ainsi, dans le souci de faciliter le déplacement des personnes et des biens, les autorités de la wilaya de M'sila, par le biais de sa Direction des Travaux Publics a engagé une vaste opération de développement et modernisation du réseau routier, pour le maintenir en adéquation permanente avec le niveau de la demande de transport et assurer un meilleur niveau de service à l'usager.

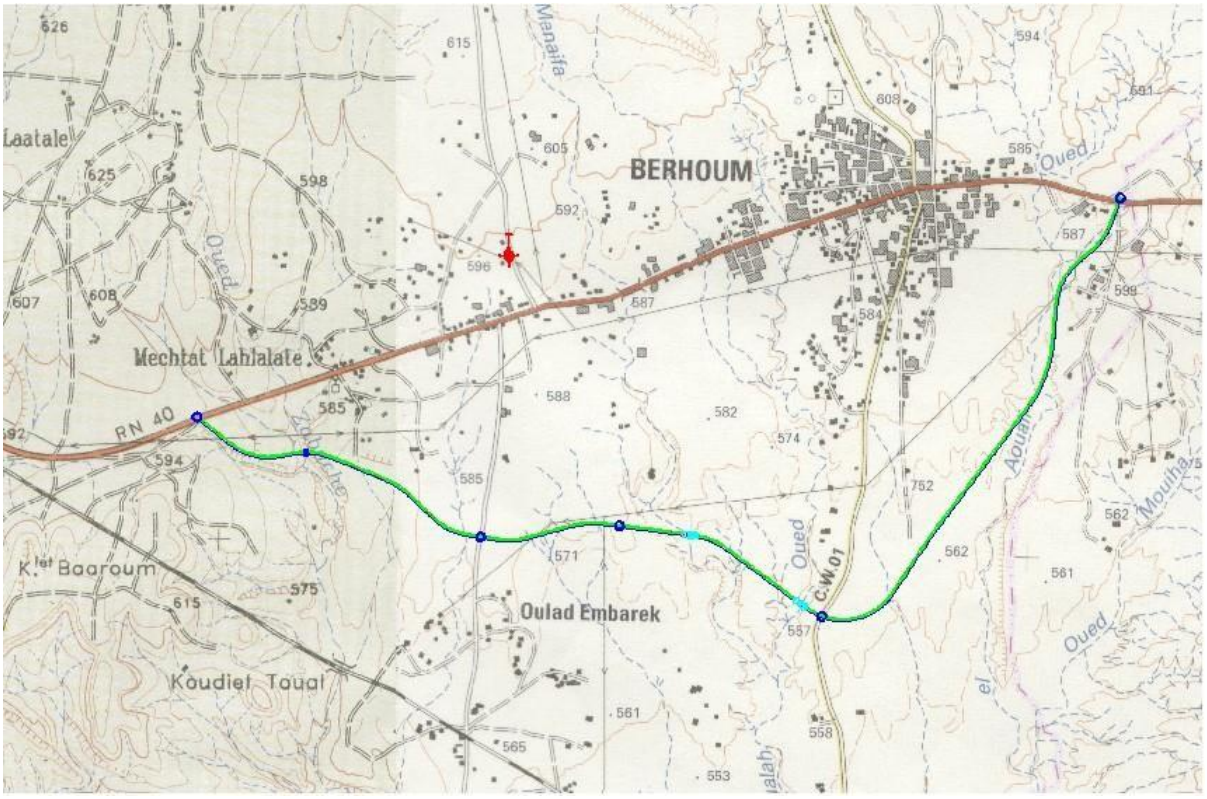


Figure I- 5 Tracé en plan du projet

Cette large opération comprend notamment le dédoublement des axes structurants de la wilaya et d'importance régionale voire nationale, ainsi que l'évitement des principaux centres urbains de la wilaya. Le projet de l'évitement de la ville de Berhoum s'inscrit dans l'esprit de dédoublement de la RN 40, dont la section entre M'sila et Ouled Derradj est en exploitation depuis plusieurs années, les autres sections sont à diverses phases de projet.

La RN 40, qui traverse la wilaya de M'sila d'Ouest en Est, est un axe socio-économique de premier ordre pour la wilaya de M'sila en particulier et les hauts plateaux en général.

Elle draine un trafic important et qui est appelé à croitre davantage au vu de la place qu'occupe aujourd'hui la wilaya de M'sila en termes de volume d'échanges économiques.

Par ailleurs, la réalisation de ce projet soulagera la ville de Berhoum d'un trafic de transit Est/Ouest de plus en plus important et contraignant, et ce dernier des ralentissements et autres contraintes inhérentes aux centres urbains tels que Berhoum dont la traversée par la RN 40 s'étale sur près de 5km.

Les bénéfices de notre projet se divisent en deux catégories :

a. Avantages directs, qui concernent principalement les utilisateurs de la route :

- Amélioration notable de la fluidité du trafic.
- Réduction des temps de trajet.
- Renforcement de la sécurité et du confort.
- Réduction des coûts d'exploitation des véhicules.

b. Avantages indirects, qui touchent la politique de transport et contribuent généralement au développement économique national ainsi qu'à l'aménagement du territoire.

Pour réaliser notre objectif, notre travail a été organisé selon les lignes suivantes :

- Amélioration du niveau de service de la route.
- Accroissement de la capacité de la route.
- Renforcement de la structure de la chaussée pour supporter le trafic présent et futur.

Chapitre II : Etude de trafic

INTRODUCTION :

L'étude de trafic constitue une étape fondamentale en amont de toute réflexion relative à l'aménagement d'une infrastructure de transport, il est nécessaire d'entreprendre une démarche systématique visant à la connaissance des trafics ; on doit disposer de données sur le volume actuel et futur de la circulation pour :

- Déterminer le type de l'aménagement qui convient.
- Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons.
- Définir la géométrie et les caractéristiques des carrefours.
- La périodicité des travaux d'entretien.

II.2. TYPES DE TRAFIC

En distingue les catégories suivantes :

➢ Trafic normal :

Existant sur l'ancien aménagement sans prendre compte le nouveau projet.

➢ Trafic dévié :

Attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres routes ayant la même destination, la dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens pour atteindre la même destination.

➢ Trafic induit :

Résulte de nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuer et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.

➢ Trafic total :

C'est Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.

II.3. CALCULE DE LA CAPACITE :

➢ Définition :

La capacité d'une route est le flux horaire maximum de véhicules qui peuvent passer en un point ou s'écouler sur une section de route uniforme durantune période bien déterminée ; la capacité dépend de :

- Conditions de trafic.
- Conditions météorologiques.
- Type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire.
- Distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteursVariables d'une route à l'autre).
- Des caractéristiques géométriques de la section considérée (nombre et largeurdes voies).

Le nombre de voies à prévoir est en relation avec la capacité de la route et de lademande en trafic, c'est à dire, le débit admissible et le trafic prévisible ; pour le calcul nous avons trois étapes :

1er ETAPE EVALUATION DE LA DEMANDE

Projection Future Du Trafic :

Cette projection consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir, généralement 20 ans, l'évolution du trafic observé dans le passé, donné par la formule suivante :

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

$TJMA_h$: Trafic à l'année horizon.
$TJMA_o$: Trafic à l'année de référence
n : Nombre d'année.
τ : Taux d'accroissement annuel du trafic.

Calcul De Trafic Effectif :

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particuliers **(uvp)**, en fonction detype de route et de l'environnement. Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en **(uvp)**.

Le trafic effectif est donné la relation suivante :

$$T_{eff} = [(1-z) + p.z] . TJMA_h$$

T_{eff} : Trafic effectif à l'année horizon en (uvp).
Z : pourcentage de poids lourd.
P : Coefficient d'équivalence pour le poids lourds il dépend.

Tableau II- 1 Coefficient d'équivalence

	E1	E2	E 3
2 VOIES	3	6	12
3 VOIES	2.5	5	10
4VOIES et +	2	4	8

En supposant que la route comporte deux voies, cela signifie que le facteur d'égalité est égal à six

Débit De Pointe Horaire Normal :

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

$$Q = (1/n) . T_{eff}$$

Q : Débit de pointe horaire

T_{eff} : Trafic effectif.

1/n : Coefficient de pointe horaire pris est égal à 0,12.

2em ETAPE : EVALUATION DE L'OFFRE

Débit Horaire Admissible :

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

$$Q_{adm} = K.1K2.C_{th}$$

C_{th} : Débit admissible par voie.

K_1, K_2: Coefficients correcteurs.

Tableau II- 2 Valeurs de K1

Environnement	E1	E2	E3
K_1	0.75	0.85	0,90 à 0 ,95

Tableau II- 3 *Valeurs de K_2*

	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	0.9

N.B : Débit prévisible doit être ≤ au débit admissible.

Tableau II- 4 Capacités théorique par voie

	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3,5 m	1500 à 2000 uvp/j
Route à 3 voies de 3,5 m	2400 à 3200 uvp/j
Route à chaussées séparées	1500 à 1800 uvp/j

3em ETAPE : DETERMINATION DU NOMBRE DE VOIUES

- Chaussée bidirectionnelle :

On compare **Q** à $\mathbf{Q_{adm}}$ et on prend le profil permettant d'avoir $\mathbf{Q_{adm}}$ le plus proche à **Q**.

- Chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voie à retenir par chaussée est le nombre entier le plus proche du $\mathbf{S.Q/Q_{adm}}$.

$\mathbf{Q_{adm}}$ **:** Débit admissible par voie.
S : Coefficient de dissymétrie du trafic dans les deux sens, en général égale à **2/3.**

II.4. APPLICATION AU PROJET :

II.4.1. Données de trafic

- Année de comptage : 2014.
- Trafic $_{2014}$ = 4098 v/j dans les deux sens.
- Taux d'accroissement : τ = 4 %.
- Pourcentage de poids lourds : Z=11.07%.
- Mise en service en : 2027.
- Durée de vie : 20 ans.
- Route de catégorie C2 et environnement E2.
- La vitesse de base V_B = 100 Km/h.
- Année horizon : 2027/2047.

II.4.2. Projection future de trafic :

$TJMA_h = TJMAo\ (1+\tau)^n$.

$TJMA_{2027} = 4098(1 + 0,04)^{13} = 6824$ v/j.

$TJMA_{2027}$ =6824 v/j.

$TJMA_{2047}= 6824 \times (1 + 0,04)^{20} = 14953$ v/j.

$TJMA_{2047}$ = 14953 v/j.

II.4.3. Calcul du trafic effectif :

$Teff = [(1 - Z) + Z.\ P].TJMA_h$.

Pour une route à deux voies et un environnement E2 on a P=6.

$T_{eff\ 2047}$ =14953 x [(1 - 0.1107) +6 x 0.1107] =23230 uvp/j.

$T_{eff2047}$ = 23230 uvp/j

II.4.4. Débit de pointe horaire normale :

Q_{2047}= (1/n) $Teff_{2047}$

Q_{2047}= 0.12 x 23230 = 2788 uvp/h Donc :

Q_{2047}= 2788 uvp/h

II.4.5. Nombre de voies :

Le débit que supporte une section donnée :

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

K_1= 0.85, K_2= 0.99.

Q_{adm}= 0.85× 0.99 × 2000 = 1683 $\boldsymbol{uvp/h}$

$$N = \frac{2}{3} \times \frac{2788}{1683}$$

N= 2 voie/sens

II.4.6. Calcul de l'année de saturation de 2 voies :

À partir de la formule donnant la capacité du profil chargée (B_{40}), et par sens :

$Q_{sat} = (1+\tau)^n.(Q_{2027}/K_1.K_2).2/3$

Cth : Capacité du profil chargée par voie .

Q2027 : Débit de pointe horaire à l'année 2027.

n : Année de saturation.

Csat = 2. Cth

Teff(2027) = [(1-0.1107) + 6x0.1107]x6824

Teff(2027) = 10602 uv/j.

Q2027 = 0.12 X 10602 = 1273 uvp/h

Q2027 = 1273 uvp/h

La capacité théorique d'une voie prise égale à 2000 uvp/h

La capacité admissible/sens Cth = 1800*2= 4000 uvp/h

Qadm = K1.K2.Cth = 0.85x0.99x4000 = 3366 uvp/h

τ = 0.04

$$n = \frac{\ln[Q_{sat}/(Q_{2027}.2/3)]}{\ln(1+\tau)} = \frac{\ln[3600/(1273\times2/3)]}{\ln(1+0.04)}$$

$$n = 39.52 \approx 40\ ans.$$

L'année de saturation est : 2067

CHAPITRE Ⅲ: TRACE EN PLAN

III.1. INTRODUCTION :

Le tracé en plan est une succession des droites reliées par des liaisons. Il représente la projection de l'axe routier sur un plan horizontal qui peut être une carte topographique ou un relief schématise par des courbes de niveau.

Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de stabilité et qui sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et le frottement de la surface assuré par la couche de roulement.

III.2. REGLES A RESPECTER DAND LE TRACE EN PLAN :

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans le B40, il faut respecter ces normes dans la conception ou dans la réalisation. Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qu'elles nous semblent pertinentes.

- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Eviter au maximum les propriétés privées.
- Eviter les sites qui sont sujets a des problèmes géologiques.
- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% dela longueur total de tracé.

III.3. LES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN :

L'axe du tracé en plan est constitué d'une succession des alignements, des liaisons et des arcs de cercles comme il est schématisé ci-dessous :

III.3.1. Les alignements :

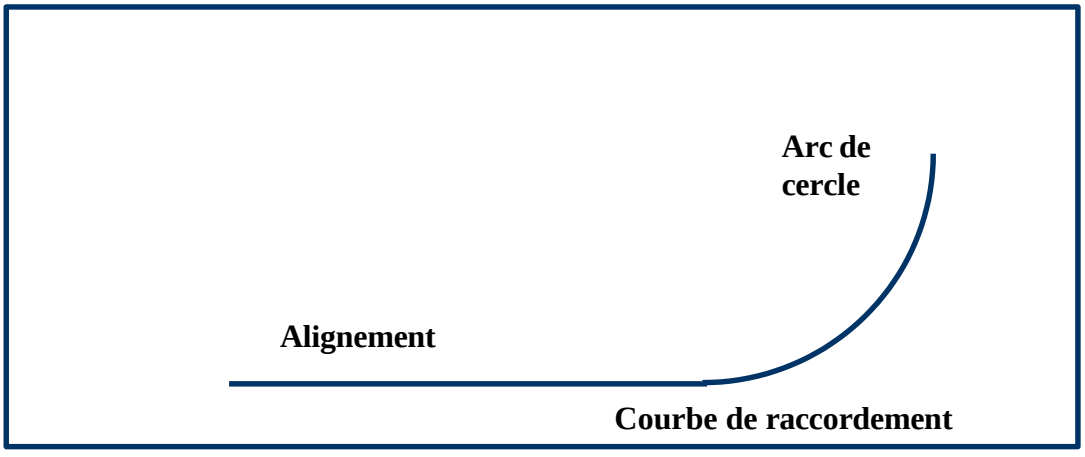


Figure 1Raccordement alignement courbe.

Il existe une longueur minimale d'alignement L_{min} qui devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercles.

La longueur maximale L_{max} est prise égale à la distance parcourue pendant 60secondes.

$L_{min} = 5\ V$ avec V en (m/s) $\qquad L_{max} = 60V$ avec V en (m/s)

III.3.2. Arc de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

- La stabilité des véhicules.
- L'inscription de véhicules longs dans les courbes de faible rayon.
- La visibilité dans les tranchées en courbe.

III.3.2.1. Stabilité en courbe :

Le véhicule subit en courbe une instabilité à l'effet de la force centrifuge, afin de réduiredе cet effet on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur, pour éviter le glissement des véhicules en temps plusieurs, en fait de fortes inclinaisons d'ou are coursà augmenter le rayon.

Dans la nécessité de fixer les valeurs de l'inclinaisons (dévers) ce qui implique un rayon minimal.

III.3.2.2. Rayon horizontal minimal absolu :

$$RH\ min = \frac{Vr^2}{127\ (ft+dmax)}$$

Ainsi pour chaque Vr on définit une série de couple (R, d).

III.3.2.3. Rayon minimal normal :

$$RHN = \frac{(Vr+20)^2}{127(ft+dmax)}$$

Le rayon minimal normal (RHN) doit permettre à des véhicules dépassant Vr de 20 km/h de roulés en sécurité.

III.3.2.4. Rayon au dévers minimal :

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse Vr serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

Dévers associé d min = 2.5%.

$$RHd = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d\ min}$$

III.3.2.5. Rayon minimal non déversé :

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toi et le divers est négatif pour l'un des sens de circulation ; le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non déversé (Rhnd).

$RHnd = \frac{V_r^2}{127 \times 0{,}035}$ Cat 1-2

$RHnd = \frac{V_r^2}{127(f' - d_{min})}$ Cat 3-4-5

$$f' = \begin{cases} 0.07\ Cat\ 3 \\ 0.075\ Cat\ 4-5 \end{cases}$$

III.3.3. Règles pour l'utilisation des rayons en plan :

Il n'y a aucun rayon inférieur à RHm, on utilise autant des valeurs de rayon à RHn que possible.

Les rayons compris entre RHm et RHd sont déversés avec un dévers interpolélinéairement en 1/R arrondi à 0,5% prés entre dmax et d (RHm).

- Si RHm < R < RHn :

$$d = \frac{d_{max} - d(R_{Hn})}{\left(\frac{1}{R_{Hn}} - \frac{1}{R_{Hd}}\right)} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hmax}}\right) + d_{max}$$

- Si RHn < R< RHd :

$$d = \frac{d(R_{Hn} - d_{min})}{\left(\frac{1}{R_{Hn}} - \frac{1}{R_{Hd}}\right)} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hd}}\right) + d_{min}$$

Les rayons compris entre RHd et RHnd sont en dévers minimal dmin.

Les rayons supérieurs à RHnd peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.

Un rayon RHm doit être encadré par des RHn.

III.3.4. Les raccordements progressifs (CLOTHOIDE) :

Le passage de l'alignement droit au cercle ne peut se faire brutalement, mais progressivement (courbe dont la courbure croit linéairement de R=∞ jusqu'à R=constant), pour assurer :

- La stabilité transversale de véhicule.
- Le confort des passagers de véhicule.
- La transition de la chaussée.
- Le tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquementsatisfaisant

Expression de la clothoïde :

La courbe est proportionnelle à l'abscisse curviligne (ou longueur de l'arc)
$A = \sqrt{RL}$.

C'est -à- dire que pour le paramètre de la clothoïde A choisi, le produit de la longueur L et du rayon R est constant.

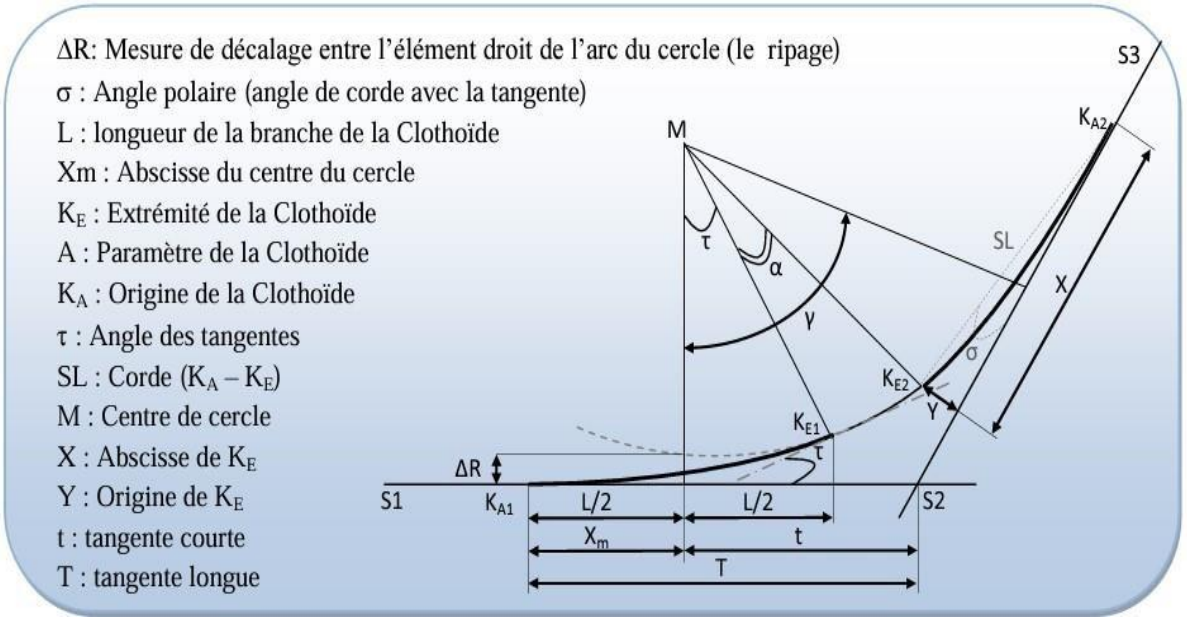


Figure III- 1 Paramètres de la clothoïde

III.3.5. Les conditions de raccordement :

La longueur de raccordement progressif doit être suffisante pour assurer la condition suivante :

III.3.5.1. Conditions de confort optique :

C'est une condition qui permet d'assurer à l'usager une vue satisfaisante de laroute et de ses obstacles éventuels.

L'orientation de la tangente doit être supérieure à 3° pour être perceptible à l'œil

$\tau \geq 3°$ soit $\tau \geq 1/18$ rads

$\tau = L/2R > 1/18$ rad $\Rightarrow L \geq R/9$ soit $A \geq R/3$

$R/3 \leq A \leq R$

Pour $R<1500 \Rightarrow \Delta R = 1$m (éventuellement 0.5m) d'ou $L = (24\ R\ \Delta R)^{1/2}$

Pour $1500< R<5000$ m $\tau = 3°$ c'est-à- dire $L = R/9$

Pour $R<5000 \Rightarrow \Delta R$ limité à 2.5m soit $L = 7.75(R)^{1/2}$

III.3.5.2. Condition de confort dynamique :

Cette condition consiste à limiter le temps de parcours d'un raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule, La variation de l'accélération transversale est **:** $\left(\frac{V_r^2}{R - g.\Delta d}\right)$

Ce dernier est limité à une fraction de l'accélération de pesanteur

K_g=1/0.2V_R
On opte

$$L\ (m) \geq V_R^2/18(V_R^2/127-\Delta d)$$

V_R : vitesse de base (Km/h)
R : rayon en mètre (m)
Δd : la variation de divers ($\Delta d = d_{final}-d_{init}$) (%)

III.3.5.3. Condition de gauchissement :

La demi- chaussée extérieure au virage de C.R est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule le raccordement doit assurer un aspect satisfaisant dans les zones de variation de dévers.

A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversé et de son axe de tel sorte Δ_P <0.5/V_R.

Nous avons

$$L=\frac{l}{50}.\ \Delta d.V_R$$

III.3.6. Combinaison des éléments de trace en plan :

La combinaison des éléments de tracé en plan donne plusieurs types de courbes, on cite :

1- Courbe en S :

Une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de concavité opposée tangente enleur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle.

2- Courbe à sommet :

Une courbe constituée de deux arcs clothoïde, de même concavité, tangents en unpoint de même courbure et raccordant deux alignements.

3- Courbe en C :

Une courbe constituée deux arcs de clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux arcs de cercles sécants ou extérieurs l 'un àl'autre.

4- Ove :

Un arc de clothoïde raccordant deux arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique.

III.3.7. Paramètres fondamentaux :

Notre projet s'agit d'une route de catégorie C2, dans un environnement E2, avec une vitesse de base V_B = 100 km/h².

Ces données nous aident à tirer les caractéristiques suivantes qui sont inspirées de la norme B40

En suivant les règles de B 40, les résultats suivants ont été obtenus :

Tableau Ⅲ- 1 Caractéristiques du tracé en plan

Paramètres	*Symboles*	*Valeurs*
Vitesse (km/h)	V	100
Longueur minimale (m)	Lmin	138
Longueur maximale (m)	Lmax	1667
Devers minimal (%)	dmin	2.5
Devers maximal (%)	dmax	7
Temps de perception réaction (s)	t1	1.8
Frottement longitudinal	fL	0.36
Frottement transversal	ft	0.11
Distance de freinage (m)	d0	111
Distance d'arrêt (m)	d1	161
Distance de visibilité de dépassement minimale (m)	dm	420
Distance de visibilité de dépassement normale (m)	dn	620
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	dmd	300
RHm (m) (d'associe %)	RHm	450 (7 %)
RHN (m) (d'associe %)	RHN	650 (5 %)
RHd (m) (d'associe %)	RHd	1600(2.5 %)
RHnd (m) (d'associe %)	RHnd	2200 (-2.5 %)

III.4. Calcul d'axe :

Cette étape ne peut être effectuée parfaitement qu'après avoir déterminé le couloir par lequel passera la voie.
Le calcul d'axe consiste à déterminer tous les points de l'axe, en exprimant leurs coordonnées ou directions dans un repère fixe. Ce calcul se fait à partir d'un point fixe dont on connaît ses coordonnées, et il doit suivre les étapes suivantes :

- Calcul des gisements.
- Calcul de l'angle γ entre alignements.
- Calcul de la tangente T.
- Calcul de la corde SL.
- Calcul de l'angle polaire σ.
- Vérification de non chevauchement.
- Calcul de l'arc de cercle.
- Calcul des coordonnées des points singuliers.
- Calcul de kilométrage des points particuliers.

Exemple de calcul :

Pour illustrer notre travail de calcul d'axe, il nous semble qu'il est intéressant de détaillerau moins un calcul d'une liaison de notre axe. Les coordonnées des sommets et le rayon utilisé sont comme suit :

S_0 (x = 11304,3736 ; y = 10017,2333)
S_1 (x = 11766,9103 ; y = 9925,5159)
S_2 (x = 12183,8355 ; y =9969,7690)
Rayon R = 500m et V_r = 100km/h

L= $\sqrt{24.R.\Delta R}$ $\Delta R = 1$ alors : L=$\sqrt{24 \times 500} \approx 110\ m$
A=$\sqrt{R.L} = \sqrt{500 \times 110} \approx 235$

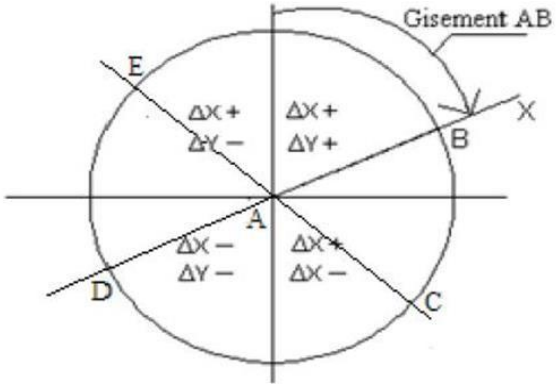
III.4.1. Caractéristique de la courbe de raccordement :

III.4.1.1. 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.

$$S_0S_1 \begin{cases} \Delta X = X_{S1} - X_{S0} = 11766{,}9103 - 11304{,}3736 = 462{,}5367 \text{ m} \\ \Delta Y = Y_{S1} - Y_{S0} = 9925{,}5159 - 10017{,}2333 = -91{,}7174 \text{ m} \end{cases}$$

$$S_1S_2 = \begin{cases} \Delta X_1 = X_{S2} - X_{S1} = 12183{,}8355 - 11766{,}9103 = 416{,}9252 \text{ m} \\ \Delta Y_1 = Y_{S2} - Y_{S1} = 9969{,}7690 - 9925{,}5159 = 44{,}2531 \text{ m} \end{cases}$$



1er cadran (+ +) : $G_A^B = \alpha$
2eme cadran (+ -) : $G_A^C = 200- \alpha$
3eme cadran (- -): $G_A^D = 200 + \alpha$
4eme cadran (- +) : $G_A^E = 400- \alpha$
N.B : α pris en valeur absolue.

D'où :

$$G_{S0}^{S1} = 200 - \text{arctg}\frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|} = 200 - 87{,}538 = 112{,}462 \text{ gr}$$

$$G_{S1}^{S2} = \text{arctg}\frac{|\Delta X_1|}{|\Delta Y_1|} = 93{,}268 \text{ gr}$$

1) Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = |G_{S1}^{S2} - G_{S0}^{S1}| = |93{,}268 - 112{,}462| = 19{,}194 \text{ gr}$$

2) Calcul de l'angle τ :

$$\tau = \frac{L}{2R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{110}{2\times 500} \times \frac{200}{\pi} \approx 7gr$$

3) Calcul des distances :

$$S_0S_1 = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{462{,}5367^2 + 91{,}7174^2} = 471{,}542\ m$$

$$S_1S_2 = \sqrt{\Delta X_1^2 + \Delta Y_1^2} = \sqrt{416{,}9252^2 + 44{,}2531^2} = 419{,}267\ m$$

4) Calcul de la tangente T :

- Calcule de l'abscisse du centre du cercle :

$$X_m = \frac{A^2}{2.R} = \frac{L}{2} = 55{,}225\ m$$

$$T = X_m + (R + \Delta R)tg\left(\frac{\gamma}{2}\right) = 55{,}225 + (500 + 1)tg\left(\frac{19{,}194}{2}\right)$$

On trouve T = 131,31 m

- Abscisse de KE :

$$X = L\left(1 - \frac{L^2}{40.R^2}\right) = 110{,}32\ m$$

- Origine de KE :

$$Y = \frac{L^2}{6.} = 4{,}06\ m$$

5) Calcul des coordonnées SL :

SL = $\sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{110{,}32^2 + 4{,}06^2} = 110{,}394\ m$

6) Calcul de σ :

$$\sigma = arctg\ (\frac{X}{Y}) = arctg\ (\frac{110{,}32}{4{,}06}) = 2{,}341\ gr$$

7) Calcul de l'arc :

$$\alpha = \gamma - 2\tau = 19{,}194 - 2 \times 7 = 5{,}194\ gr$$

$$K_{E1}K_{E2} = \frac{R.\pi.\alpha}{200} = \frac{500 \times \pi \times 5{,}194}{200} = 40{,}793\ m$$

8) Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$K_{A1}\begin{cases} X_{KA1} = X_{S1} - T \times \sin G_{S0}^{S1} = 11638{,}1081\ m \\ Y_{KA1} = Y_{S1} - T \times \cos G_{S0}^{S1} = 9951{,}0563\ m \end{cases}$$

$$K_{E1}\begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} - S_L \times \sin(G_{S0}^{S1} - 200 + \sigma) = 11745{,}5311\ m \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} - S_L \times \cos(G_{S0}^{S1} - 200 - \sigma) = 9933{,}5796\ m \end{cases}$$

$$K_{A2}\begin{cases} X_{KA2} = X_{S1} - T \times \sin(G_{S0}^{S1} - 200) = 11897{,}4868\ m \\ Y_{KA2} = Y_{S1} - T \times \cos(G_{S0}^{S1} - 200) = 9939{,}3755\ m \end{cases}$$

$$K_{E2} = \begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} + S_L \times sin(G_{S1}^{S2} - 200 - \sigma) = 11788{,}21\ m \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} + S_L \times cos(G_{S1}^{S2} - 200 + \sigma) = 9931{,}7672\ m \end{cases}$$

Remarque : les calculs complets de l'axe du tracé en plan sont faits à l'aide du logiciel AUTO-PISTE et sont joints dans les annexes.

CHAPITRE Ⅳ: Profil en long

IV.1. Définition :

Le profil en long d'une route est une ligne continue obtenue par l'exécution d'une coupe longitudinale fictive. Donc il exprime la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne.

Le profil en long est toujours composé d'éléments de lignes droites raccordés par des cercles.

IV.2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long :

Dans ce paragraphe on va citer les règles qu'il faut les tenir en compte –sauf dans des cas exceptionnels- lors de la conception du profil en long. L'élaboration du tracé s'appuiera sur les règles suivantes :

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers nul dans une pente du profil en long.
- Recherche un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment.
- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison de cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

IV.3. Coordination du tracé en plan et profil en long :

Il faut signaler toute fois et dés maintenant qu'il ne faut pas séparer l'étude de profil en long de celle du tracé en plan. On devra s'assurer que les inflexions en plan eten profil en long se combinent sans porter des perturbations sur la sécurité ou le confort des usagers.

Et pour assurer ces derniers objectifs on respecte les conditions suivantes :

- Associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important.

- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter La condition : $\mathbf{R_{vertical} > 6\ R_{horizantal}}$ pour éviter un défaut d'inflexion.

- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de coût sensible, lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on faitréapparaître la chaussée à une distance de 500 m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.

IV.4. Déclivités :

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

IV.4.1. Déclivité minimum :

La stagnation des eaux sur une chaussée étant très préjudiciable à sa conversation et à la sécurité, donc Il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 1% et surtout celle inférieur à 0.5 %, pour éviter la stagnation des eaux.

IV.4.2. Déclivité maximum :

Il est recommandable d'éviter La déclivité maximum qui dépend de :

- Condition d'adhérence
- Vitesse minimum de PL
- Condition économique

Pour notre projet on a :

Tableau Ⅳ- 1 Valeurs de déclivité maximale et le couple relatif

	C 2	E 2	$V_B = 100km/h$
Déclivité maximale	**5 %**		
Couple relatif V_{pl}	**35**		

IV.5. Raccordement en profil en long :

Deux déclivités de sens contraire doivent se raccorder en profil en long par une courbe, le rayon de raccordement et la courbe choisie doivent assurer le confort des usagers et la visibilité satisfaisante.

Et on distingue deux types de raccordements :

IV.5.1. Raccordements convexes (angle saillant) :

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

Leur conception doit satisfaire à la condition :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

IV.5.1.1. Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à (0.3m/s² soit g/40), le rayon de raccordement à retenir sera donc égale à :

$V^2/Ry < g/40$ avec $g = 10$ m/s².

D'où : $Ry = 0{,}3\ V^2$ (cat. 1-2).

$Ry = 0{,}23\ V^2$ (cat 3-4-5)

Tel que :

Ry : c'est le rayon vertical (m).

V : vitesse de référence (km/h).

IV.5.1.2. Condition de visibilité :

Une considération essentielle pour la détermination du profil en long est l'obtention d'une visibilité satisfaisante.

Il faut deux véhicules circulant en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum.

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$\boldsymbol{Rv} = \frac{\boldsymbol{D_1^2}}{\boldsymbol{2(h_0+h_1+2\times\sqrt{(h_0+h_1}}}$$

D_1 : Distance d'arrêt (m)

h_0 : Hauteur de l'œil (m)

h_1 : Hauteur de l'obstacle (m)

Les rayons assurant ces deux conditions sont donnés pour les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix unidirectionnelle et pour une vitesse de base Vr=100 Km/h et pour la catégorie 2 on a :

Tableau Ⅳ- 2 Valeurs des rayons verticaux

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	Rvm	6000
Min- normal	R_{Vn}	12000
Dépassement	Rvd	20000

IV.5.1.3. Condition esthétique :

Comme tout ouvrage désigner de ce nom, une grande route moderne devrait être conçue et réalisée de façon à procurer aux usagers une impression d'harmonie, d'équilibre et de beauté. Pour cela il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivité sur une distance restreinte.

IV.5.2. Raccordements concaves (angle rentrant) :

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

$$\boldsymbol{R'_v = \frac{d_1^2}{(1.5+0.035d_1)}}$$

Pour une chaussée unidirectionnelle avec une V_r = 100 Km/h et catégorie 2

On a le tableausuivant :

Tableau Ⅳ- 3 Valeurs des rayons minimales

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R'_{Vm}	3000
Min -normal	R'_{Vn}	4200

IV.6. Détermination pratiques du profil en long :

Dans les études des projets, on assimile l'équation du cercle :

$X^2 + Y^2 - 2RY = 0.$

À l'équation du parabole $X^2 - 2RY = 0$ □ $Y = x^2/2R$

Pratiquement, le calcul des raccordements se fait de la façon suivante :

- Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) les points A,D.
- Donnée La pente P_1 de la droite (AS)
- Donnée la pente P_2 de la droite (DS)
- Donnée le rayon R

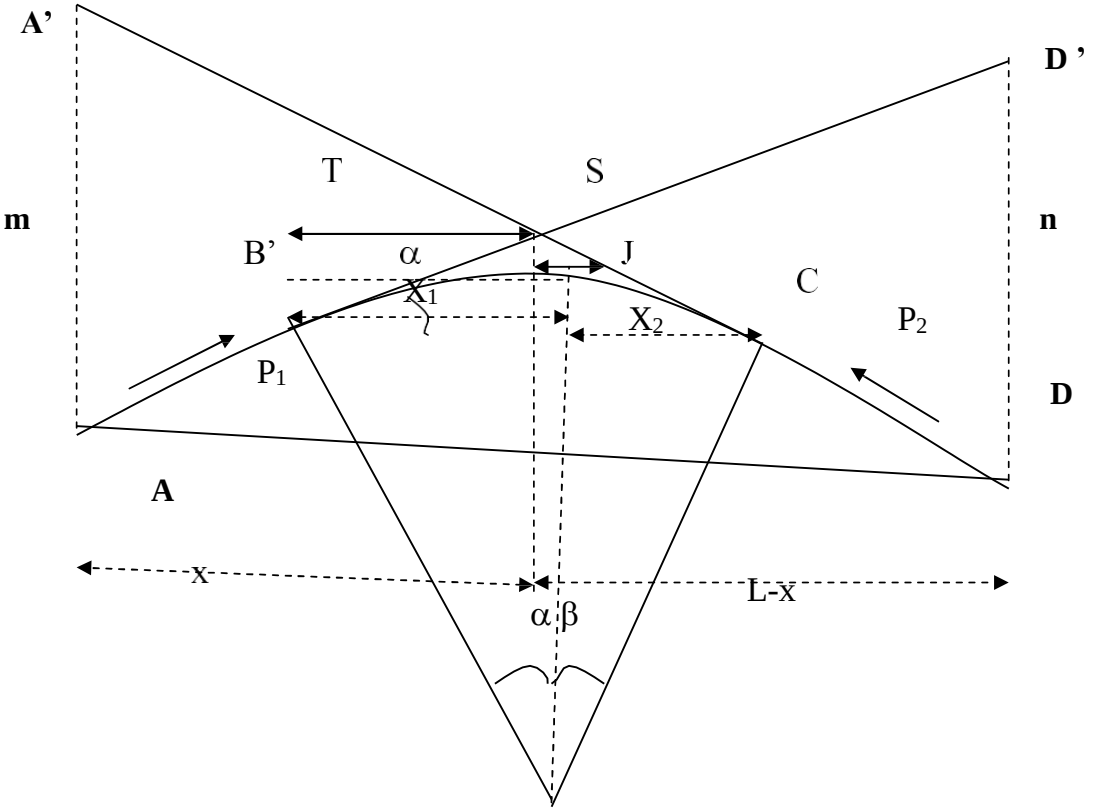


Figure Ⅵ 1 paramètres de profil en long

IV.6.1. Détermination de la position du point de rencontre (s) :

On a :

$Z_A = Z_{D'} + L\ p_2$

$M = Z_{A'} - Z_A$

$Z_D = Z_{A'} + L p_1$

$N = Z_D - Z_{D'}$

Les deux triangles A'SA et SDD' sont semblables donc :

$$m/n = x/(L-x) \quad x = m.3.\ L/(n+m)$$

$$S \begin{cases} X_S = X + X_A \\ Z_S = P1\ X + Z_A \end{cases}$$

IV.6.2. Calcul de la tangente :

T= R/2 ($p_1 \pm p_2$)
On prend (+) lorsque les deux pentes sont de sens contraires, on prend (-)lorsque les deux pentes sont de même sens.
La tangente (T) permet de positionner les pentes de tangentes B et C.

$$B\ C \begin{cases} X_B = X_S - T \\ Z_B = Z_S - T\ p_1 \end{cases} \qquad \begin{cases} X_c = X_S + T \\ Z_c = Z_S + T\ p_2 \end{cases}$$

IV.6.3. Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$LR = 2T$$

IV.6.3. Calcul de la flèche :

$$H = T^2/2R$$

IV.6.4. Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant M sur la courbe :

$$M \begin{cases} H_X = x^2/2R \\ Z_M = Z_B + X\ p_1 - X^2/2R \end{cases}$$

- **Calcul des cordonnées du sommet de la courbe (T)**

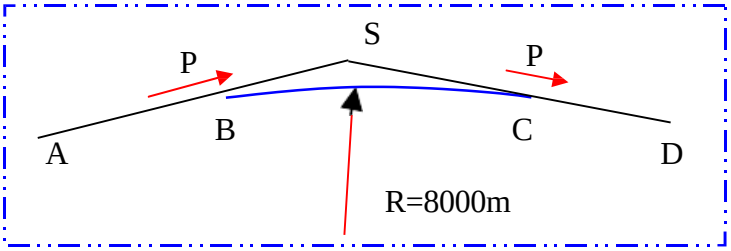
Le point J correspond au point le plus haut de la tangente horizontale.

$\boldsymbol{X_1 = R_{P1}}$

$\boldsymbol{X_2 = R_{P2}}$

$$J \begin{cases} X_J = X_B - R p_1 \\ Z_J = Z_B + X_1 p_1 - X_1^2/2R \end{cases}$$

IV.7. Exemple de calcul de profil en long :



$$A\begin{cases} S = 341{,}5928 \\ Z = 1189{,}0488 \end{cases} \qquad S\begin{cases} S = 1492{,}1002 \\ Z = 1199{,}7210 \end{cases} \qquad D\begin{cases} S = 2260{,}0679 \\ Z = 1186{,}5141 \end{cases}$$

R= 8000 m

Calcul des pentes :

$$P_1 = \frac{\Delta Z_1}{\Delta S_1} = \frac{10.6722}{1150.5074} = 0{,}93\%$$

$$P_2 = \frac{\Delta Z_2}{\Delta S_2} = \frac{-13.2069}{767.9677} = -1{,}72\%$$

Calcul des tangentes :

$$T = \frac{R|P_1 - P_2|}{2} = 107m$$

Calcul des flèches :

$H=T^2/2R=0.702m$

Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$B\begin{cases} S_B = X_S = 1386{,}1002 \\ Z_B = Z_S - TP_1 = 1198{,}7352 \end{cases}$$

$$C\begin{cases} S_C = X_S - T = 1598{,}1002 \\ Z_C = Z_S + TP_2 = 1197{,}8978 \end{cases}$$

Les résultats de calcul sont joints en annexe.

CHAPITRE Ⅴ: Profil en travers

V.1. DEFINITION :

Profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée.

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

V.2. LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS :

La chaussée :

C'est la partie affectée à la circulation des véhicules.

La largeur roulable :

Elle comprend les sur largeurs de la chaussée, la chaussée et la bande d'arrêt.

Plateforme :

C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes des talus de remblais, comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement les terrepleins et les bandesd'arrêts.

L'assiette :

C'est la surface de la route délimitée par les terrassements.

L'emprise :

C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (talus, Chemins de désenclavement, exutoires, etc.…) limitée par le domaine public.

Les accotements :

En dehors des agglomérations, les accotements sont dérasés. Ils comportent Généralement les éléments suivants :

- Une bande de guidage.
- Une bande d'arrêt.
- Une berme extérieure.

Le terre-plein central :

Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend :

- Les sur largeurs de la chaussée (bande de guidage).
- Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.

Le fossé :

C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenantde la route et des talus et les eaux de pluie.

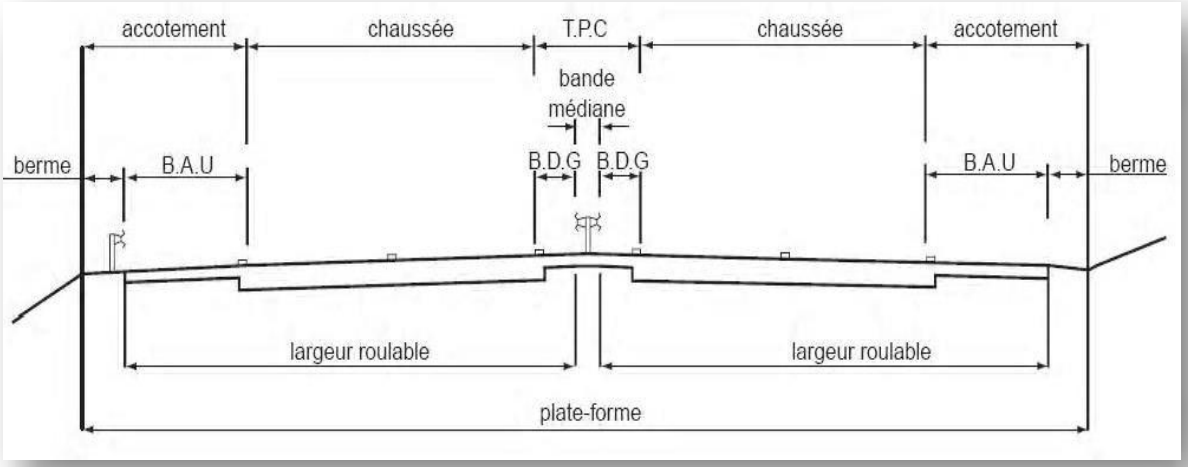


Figure Ⅵ 2 schéma représentatif du profil en travers type

V.2. CLASSIFICATION DU PROFIL EN TRAVERS :

Ils existent deux types de profil en travers :

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

V.2.1. Le profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes. Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais).

L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la cote du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements.

V.2.2. Le profil en travers courant :

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

V.3. APPLICATION AU PROJET :

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour l'évitement sera composé d'une route de 2× (2×3,5) voies.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- Chaussée : 2× (3,5m × 2) = 14,0 (m).
- Accotement : 2m × 2 = 4 (m).
- Bande dérasée de gauche : 0,6 m× 2 = 1,2 (m).
- Berme : 1,0 m× 2 = 2,0 (m).
- Terre plain centrale : (TPC) = 2 (m).
- Plateforme : = 20,0 (m).

Dévers en section droite :

- Chaussée : 2,5 % vers l'extérieur.
- Bande dérasée de gauche (B.D.G) : Identique à celle de la chaussée.
- Accotement : 4 % vers l'extérieur.
- Berme extérieure : Identique à celle de l'accotement.

Dévers en courbe :

- Chaussée : 7 %.
- Bande dérasée de gauche (B.D.G) : Identique à celle de la chaussée.

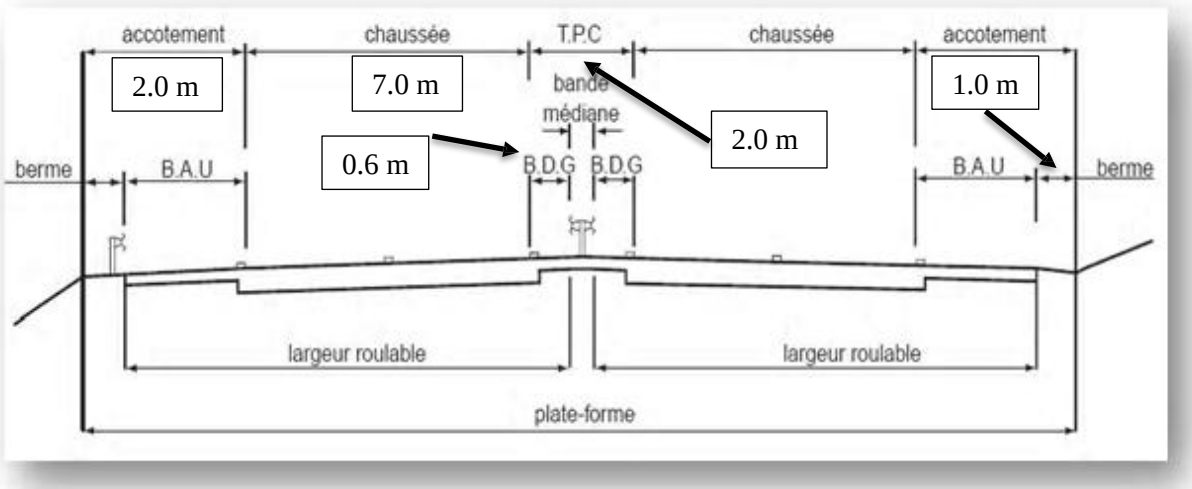


Figure Ⅵ-3schéma représentatif du profil en travers type

CHAPITRE Ⅵ

Etude géotechnique

VI.1. INTRODUCTION :

La géotechnique englobe les différentes pratiques liées à l'application de la mécanique des sols, de la mécanique des roches et de la géologie de l'ingénieur. Elle repose principalement sur deux domaines scientifiques : la géologie, qui étudie l'histoire de la Terre et décrit la composition ainsi que la structure des matériaux et leur évolution temporelle, et la mécanique des sols et des roches, qui analyse le comportement déformable et la résistance de ces matériaux.

La géotechnique routière constitue une sous-branche de la géotechnique qui se concentre sur les défis spécifiques rencontrés dans la construction et l'entretien des routes. Elle aborde divers aspects tels que les remblais, les fondations de chaussée et la superstructure de la route.

Avant de débuter la conception d'un projet routier, l'ingénieur doit établir un programme de reconnaissance géotechnique une fois que l'axe de la route est défini. Cette étude permettra d'obtenir des informations détaillées sur la lithologie, l'hydrogéologie et l'hydraulique de la région. Une interprétation physico-mécanique de ces données lui permettra de mieux appréhender le comportement géotechnique du sol sur lequel reposera la route.

La réalisation d'un projet routier exige une compréhension approfondie des caractéristiques des terrains traversés afin de garantir sa stabilité et sa durabilité.

VI.2. ESSAIS GEOTECHNIQUES :

Deux types d'essais sont distingués : les essais en laboratoire et ceux réalisés sur le terrain (in situ).

VI.2.1. LES ESSAIS IN SITU :

- **Les essais de plaque :**

Ces tests visent à évaluer directement la résistance d'un sol en effectuant des essais sur le terrain. Ils impliquent l'application d'une charge sur une plaque circulaire et la mesure du déplacement vertical résultant. En utilisant la formule de Boussinesq, qui relie le déplacement (Z) à la pression (q0), au rayon de la charge (a), et aux propriétés du sol (E2, V2), on peut ensuite déduire le module de sol (E).

- **Les essais de pénétration :**

Le principe consiste à enfoncer dans le sol un train de tiges muni d'une pointe ou d'une trousse coupante à son extrémité et de mesure de résistance du sol à l'effort de pénétration. Les types de pénétrations utilisés sont :

Pénétromètre statique :

Ces essais réalisés par fonçage dans le sol, à une vitesse lente et constante 2 cm/s, à l'aide d'un vérin, des tiges terminent par un point conique. Les résultats de cet essai sont présentés sur un diagramme (pénétrogramme).

Pénétromètre dynamique :

L'essai consiste à faire pénétrer dans le sol par battage des tiges métalliques avec une pointe à l'extrémité à l'aide d'un mouton tombant une chute libre d'une altitude donnée.

VI.2.2. LES ESSAIS EN LABORATOIRE :

A - Analyse granulométrique :

Le processus de tamisage (avec des ouvertures de maille de 2 mm ou de 80 µm) permet de distinguer différents types de sols, tels que les sols fins, les sols sableux (contenant beaucoup de fines) et les sols graveleux (avec peu de fines). L'objectif de cet essai est de déterminer la répartition des grains selon leur taille.

Les résultats de l'analyse granulométrique sont présentés sous forme d'une courbe, appelée courbe granulométrique, qui est généralement construite à partir des données obtenues par tamisage.

B - Équivalent de sable :

Cet essai permet d'évaluer la pureté d'un échantillon de sable en mesurant la quantité d'impuretés, comme les éléments argileux ultra fins ou les limons.

C - Limites d'Atterberg :

Les limites de plasticité (Wp) et de liquidité (WL) sont des repères conventionnels qui définissent les trois états de consistance d'un sol : Wp sépare l'état solide de l'état plastique, et WL sépare l'état plastique de l'état liquide. Les sols présentant des limites d'Atterberg proches, c'est-à-dire ayant une faible valeur de l'indice de plasticité (IP = WL – WP), sont très sensibles aux variations de leur teneur en eau.

D - Essai Proctor :

L'essai Proctor, utilisé dans le domaine routier, consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'effet du compactage et de différentes teneurs en eau. Son objectif est de déterminer la teneur en eau optimale permettant d'obtenir la densité sèche maximale lors du compactage, appelée "optimum Proctor".

E - Essai C.B.R (California Bearing Ratio) :

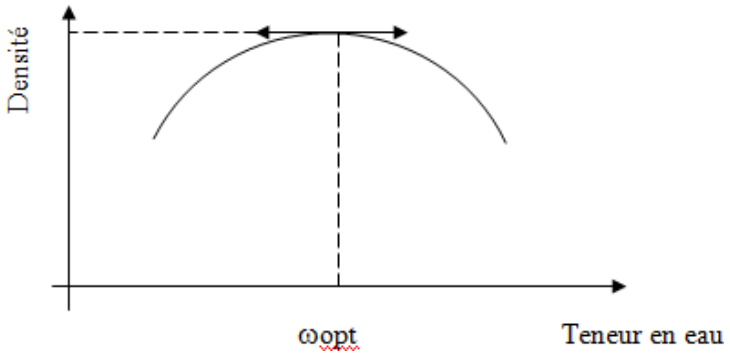


Figure VI- 4 La courbe Proctor

Cet essai vise à évaluer la capacité portante d'un sol en mesurant sa résistance au poinçonnement. Il est utilisé pour dimensionner les chaussées et orienter les travaux de terrassement. Les échantillons de sol sont compactés à la teneur en eau optimale (Proctor modifié) avec trois niveaux d'énergie de compactage et sont immergés pendant quatre jours. Cet essai est applicable uniquement aux sols cohérents.

Tableau VI- 1 La portance du sol

I_{CBR}	Portance du sol
< 3	Mauvaise
3 à 8	Médiocre
8 à 30	Bonne
> 30	Très bonne

F - Essai Los Angeles :

Cet essai évalue la résistance à la fragmentation par chocs des granulats utilisés dans les infrastructures routières, ainsi que leur résistance au frottement dans la machine Los Angeles. Un coefficient Los Angeles élevé indique une plus faible résistance du granulat.

G - Essai Micro Deval :

Cet essai permet d'évaluer la résistance à l'usure par frottements réciproques des granulats, ainsi que leur sensibilité à l'eau. On parle de Micro Deval humide dans le cas où l'eau est impliquée dans le processus.

VI.3. GEOLOGIE :

La zone de notre projet s'agit d'un espace spécifique situé entre deux chaines montagneuses l'atlas tellien (pays des nappes) au nord et l'atlas saharien au sud (les hauts plateaux).

Cette zone présente différentes formes de relief avec des altitudes dépassant souvent les milles mètres (1000 m).

VI.4. CONDITIONS D'UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS :

Idéalement, il serait préférable de réutiliser les terres provenant des déblais, mais cela nécessite de respecter certaines conditions. Les matériaux de remblai ne devront pas contenir :

- Des pierres dont les dimensions excèdent 80 mm
- Plus de 20 % de matériaux plastiques ou organiques.
- Des matériaux susceptibles de geler.

De plus, il convient d'éviter les sols présentant une forte teneur en argile. Les remblais doivent être réglés avec précision et compactés soigneusement sur la surface concernée. Ils

Seront disposés par couches d'environ 30 cm d'épaisseur avant d'être compactés. Aucune couche ne devra être mise en place ni compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée et vérifiée quant à son compactage.

VI.5. DONNEES GEOTECHNIQUES DU PROJET :

Puits de reconnaissance :

Les puits de reconnaissance sont mis en place dans le but de déterminer les différentes strates lithologiques présentes ainsi que les propriétés de compaction du sol pour les emplacements destinés aux travaux de remblaiement et de déblaiement.

L'emplacement de tous les puits est figuré sur le plan d'implantation ci-après :



Schéma d'implantation des puits

Figure VI- 5 Schéma d'implantation des puits

Tableau VI- 2 Les résultats des essais :

N° de puits	PK	Analyse granulométrique			Limite d'Atterberg			Wn (%)	I_c	Proctor modifie	
		Dmax (mm)	% ≤ 2 (mm)	% ≤ 80 (µm)	WL (%)	Wp (%)	Ip (%)			γd (t/m^3)	Wop (%)
01	00+240	1	100	93.43	41.8	20	21.8	21	0.95	1.85	12.5
02	01+840	6	86.15	75.04	39.2	19.2	20	18.01	1.06	2.04	6.5
03	03+920	16	98.70	95.28	43.7	20.5	23.2	21	0.98	1.93	8.1
04	05+100	12	96.51	83.60	62.6	26.3	36.3	18.49	1.22	1.81	10.1
05	07+160	12	92.48	87.69	55.1	22.8	32.3	25	0.93	1.87	10.4

VI.6. CLASSIFICATION DES SOLS :

VI.6.1. Classification du sol selon LCPC :

Pour connaitre la plasticité du sol on utilise le Diagramme suivant :

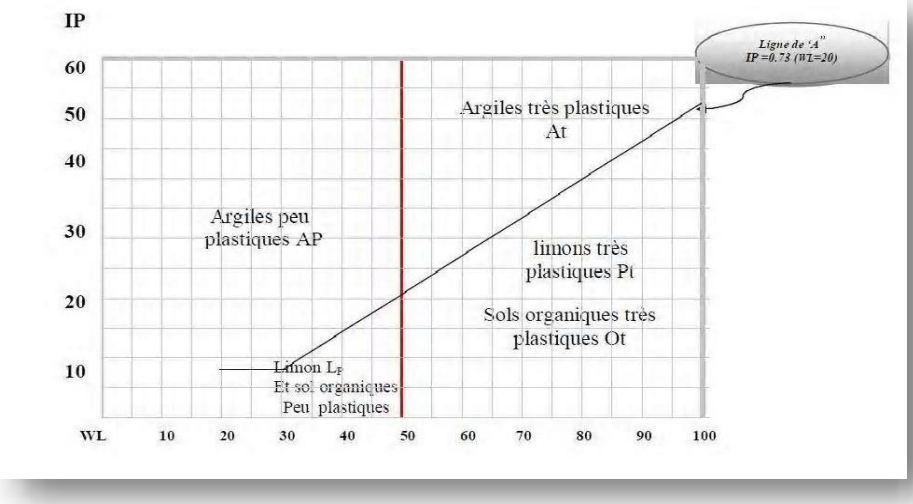


Figure VI- 6 ***Diagramme de CASAGRANDE***

Tableau VI- 3 Les résultats de classification LCPC

N° de puits	W_L(%)	I_p (%)	Classification de CASAGRANDE (Nature de sol)
01	41.8	21.8	**Argiles peu plastiques AP**
02	39.2	20	**Argiles peu plastiques AP**
03	43.7	23.2	**Argiles peu plastiques AP**
04	62.6	36.3	**Argiles très plastiques AT**
05	55.1	32.3	**Argiles très plastiques AT**

VI.6.2. Classification GTR :

Selon la technique de réalisation des remblais (GTR-SETRA/LCPC Fascicule I et II SEPT-1992), les paramètres retenus pour la classification des sols se rangent en deux catégories :

- Paramètre de nature : la granulométrie.

- Paramètre d'état hydrique :
  - Etat très humide (th).
  - Etat humide (h).
  - Etat humide moyenne (m).
  - Etat sec (s).
  - Etat très sec (ts).

VI.6.3. Classification selon la nature :

Pour les sols a Dmax ≤ 50 mm on a :

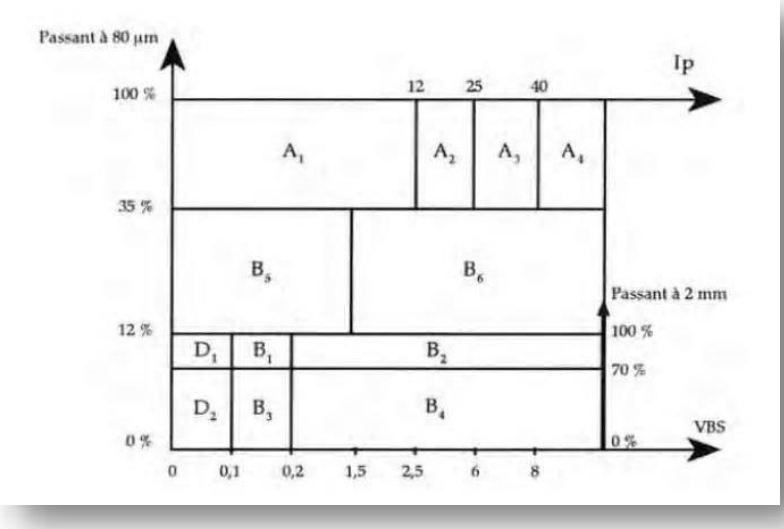


Figure VI- 7 Abaque de la classification GTR

Tableau VI- 4 Les résultats de classification

N° de puits	$D_{max} \leq 50$ mm		
	% ≤ 80 (µm)	I_P (%)	Classe
01	93.43	21.8	**A_2**
02	75.04	20	**A_2**
03	95.28	23.2	**A_2**
04	83.60	36.3	**A_3**
05	87.69	32.3	**A_3**

VI.6.4. Classification selon l'état hydrique :

Tableau VI- 5 Classification selon l'état hydrique

N° de puits	I_c	Sous classe
01	0.95	**A_2h** (Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques, arènes)
02	1.06	**A_2m** (Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques, arènes)
03	0.98	**A_2h** (Sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques, arènes)
04	1.22	**A_3s** (Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques)
05	0.93	**A_3h** (Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques)

VI.7. CONCLUSION :

On peut déduire que ces sols peuvent être réutilisés comme remblais, mais sous certaines conditions strictes en raison de leur faible capacité portante. Ces conditions sont détaillées dans les tableaux suivants :

TABLEAUX VI.1. PUIT 01- 03 :

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
A_2h	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible. La mise en dépôt provisoire et le drainage préalable ne sont habituellement pas des solutions envisageables dans le climat français moyen. Le matelassage est à éviter au niveau de l'arase-terrassement.	+	pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		=	ni pluie, ni évaporation importante	**Solution 1 : traitement** T : traitement à la chaux C : compactage faible	0 0 0 2 0 2 0
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage faible H : remblai de faible hauteur (≤ 5 m)	0 0 0 0 0 3 1
		–	évaporation importante	**Solution 1 : aération** E : extraction en couches W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1 0 1 0 1 2 2
				Solution 2 : traitement T : traitement à la chaux C : compactage moyen	0 0 0 2 0 2 0

TABLEAUX VI.2. PUITS : 02 :

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
A_2m	Ces sols ne posent pas de problème de réutilisation en remblai sauf par pluie forte ou moyenne	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	E : extraction frontale C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	2 0 0 0 0 2 2
		=	ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 0 2 0
		–	évaporation importante	**Solution 1 : arrosage superficiel** W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 0 2 0
				Solution 2 : emploi en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 0 0 0 1 2
				Solution 3 : extraction frontale E : extraction frontale C : compactage intense	2 0 0 0 0 1 0

TABLEAUX VI.3. PUIT 04 :

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
A_3s	Comme ci-dessus, la plasticité de ces sols, entraîne pour les remblais des risques de glissement d'autant plus grands que les remblais sont élevés. La forte cohésion de ces sols exige un fractionnement et un compactage énergique en couches minces. La portance élevée ne doit pas faire illusion vis-à-vis des tassements ultérieurs possibles. Le changement d'état pour humidification dans la masse ne constitue pas une modalité réaliste	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	E : extraction en couches R : couches minces C : compactage intense H : remblai de faible hauteur (≤ 5 m)	1 0 0 0 1 1 1
		=	ni pluie, ni évaporation importante	W : arrosage superficiel pour maintien de l'état R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0 0 3 0 1 1 1
		–	évaporation importante	E : extraction frontale W : arrosage superficiel pour maintien de l'état R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	2 0 3 0 1 1 1

TABLEAUX VI.4. PUIT 05

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
A_3h	Sols difficiles à mettre en œuvre en raison : - de leur caractère collant ou glissant dû à leur grande plasticité et à leur faible perméabilité - de leur portance faible La mise en dépôt provisoire n'est pas une solution dans le climat français moyen. Le drainage préalable ne permet pas de réduire utilement la teneur en eau W.	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	C : compactage faible H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0 0 0 0 0 3 1
		=	ni pluie, ni évaporation importante	**Solution 1 : traitement** T : traitement à la chaux C : compactage moyen	0 0 0 2 0 2 0
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage faible H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0 0 0 0 0 3 1
		–	évaporation importante	**Solution 1 : traitement** T : traitement à la chaux C : compactage moyen	0 0 0 2 0 2 0
				Solution 2 : aération E : extraction en couches W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1 0 1 0 1 2 2

CHAPITRE Ⅶ

Dimensionnement de corps de chaussée

VII.1. INTRODUCTION :

Une chaussée moderne doit présenter des qualités très importantes pour l'usager, sécurité, confort, résistance aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation. La chaussée a donc pour but de permettre la circulation en toute saison et sans autre intervention qu'un simple entretien de sa surface.

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude, il s'agit de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée suffisante pour qu'elle ait une durée convenable, et non Surabondante pour éviter les dépenses superflues.

VII.2. DEFINITION :

VII.2.1. Au sens géométrique :

La chaussée est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.

VII.2.2. Au sens structurel :

La chaussée est l'ensemble des couches de matériaux superposées et mises en œuvrede façon à permettre la reprise des charges appliquées par le trafic, auxquelles on a été amené à leur conférer l'imperméabilité et cohésion grâce à deux liants produits à grande échelle :

- Liants hydrocarbonés (bitume - goudron).
- Liants hydrauliques (ciment).

VII.3. FACTEURS DETERMINANTS :

Le nombre des couches, leurs épaisseurs et les matériaux d'exécution, sont conditionnées par plusieurs facteurs parmi les plus importants sont :

VII.3.1. Trafic :

Essentiellement le poids lourds (supérieur à 3.5tonnes) .C est le paramètre d'entrée dans ledimensionnement des structures de chaussées et le choix des caractéristiques intrinsèques desmatériaux pour la fabrication des matériaux de chaussée.

Le trafic est caractérisé à partir de deux paramètres :

- Trafic poids lourds « T » à la mise en service, résultat d'une étude de trafic et de comptagessur les voies existantes.
- De trafic cumulé « N » sur la période considérée qui est donnée par :

$$\mathbf{N = T.A.C}\ \boldsymbol{C = [(1+i)^n - 1]/i}$$

N : Trafic cumulé.
A : Facteur d'agressivité globale du trafic.
C : Facteur de cumul.
i : Taux de croissance du trafic.
n : Nombre d'années de service (durée de vie) de la chaussée.

VII.3.2. Environnement :

Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée,en termes de résistance aux contraintes et aux déformations, ainsi :
La variation de la température intervient dans le choix du liant hydrocarboné, et aussi les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support.

VII.3.3. Sol Support :

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate – forme support de chaussée » constitue du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme.

VII.3.4. Matériaux :

Les matériaux utilisés doivent résister à des sollicitations répétées un très grand nombre defois (le passage répété des véhicules lourds).

VII.4. LES DIFFERENTS TYPES DES CHAUSSEES :

On distingue trois types de chaussées :

- Chaussée souple.
- Chaussée semi-rigide.
- Chaussée rigide.

VII.4.1. Chaussée souple :

Constituées par des couches superposées, en partant du haut vers bas :

- La couche de surface ou couche de roulement.
- La couche de base.
- La couche de fondation.
- La couche de forme.

Les couches supérieures sont plus résistantes et moins déformables que les couches inférieures.

VII.4.1.1. Couche de surface :

Assure en permanence aux usagés une surface plane sans déformation, une bonne adhérence, la sécurité et le confort ; constituant la chape. Elle protège la couche de base par sa dureté et son imperméabilité, elle est en générale composée de :

i. Couche de roulement :

Qui a pour rôle :

- D'imperméabiliser la surface de la chaussée.
- Encaisser les efforts de cisaillements provoqués par la circulation.
- D'assurer la sécurité et le confort des usagés (diminution de bruit, bon uni).

ii. Couche de liaison :

Pour la transition des contraintes vers les couches inférieuresL'épaisseur de la couche de roulement en général entre **6** et **8** cm.

VII.4.1.2. Couche de base :

Elle a pour rôle essentiel de répartir les contraintes engendrées par le trafic sur le sol support elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes sans ne se déformer ni se dégrader.

La couche de base est formée en générale de grave concassée ou de grave bitume, tuf, sable gypseux, …
L'épaisseur de la couche de base varie entre **10** et **25** cm.

VII.4.1.3. Couche de fondation :

Permet l'homogénéisation des contraintes transmises, assure une bonne unie et bonne portance de la chaussée finie, Elle a le même rôle que celui de la couche de base.

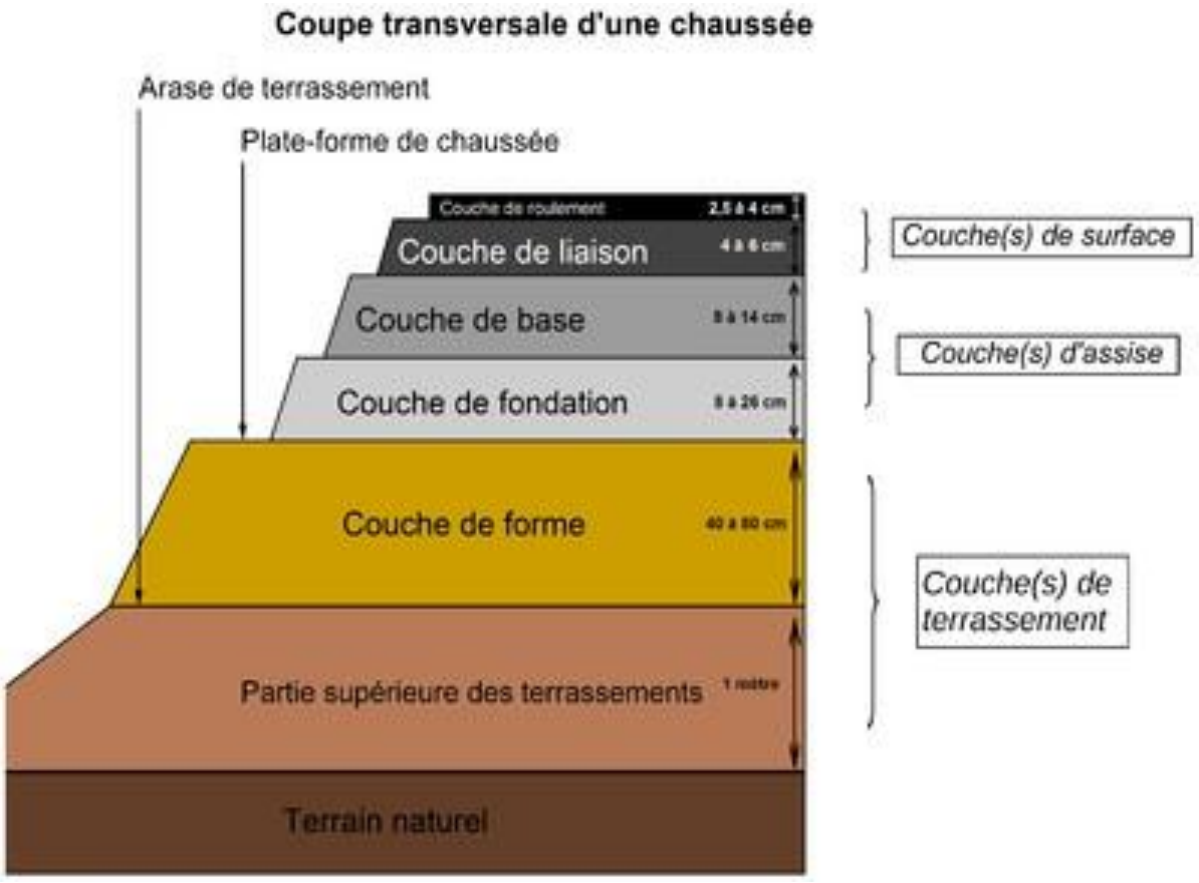


Figure VII- 1 Coupe transversale d'une chaussée

VII.4.1.4. Couche de forme :

Placée sur l'arase des terrassements, permettant d'avoir une plate-forme support de chaussée homogène et performante, d'améliorer et d'uniformiser certains sols fins non traitéepossédant des caractéristiques géotechniques médiocres.

Actuellement, on tient compte d'améliorer la portance du sol support à long terme, par lacouche de forme ; Elle peut être constituée d'une seule couche de matériaux ou plusieurs couches successives répondant à des fonctions distinctes, constituée généralement des matériaux disponibles sur le chantier ou locale, des matériaux sableux ou graveleux Propres, pouvant inclure un géotextile.

L'épaisseur de la couche de forme est en générale entre 40 et 70 cm.

VII.4.2. Les chaussées semi-rigides :

Elles comportent une couche de base (et quelque fois une couche de fondation) traité au liant hydraulique (ciment).

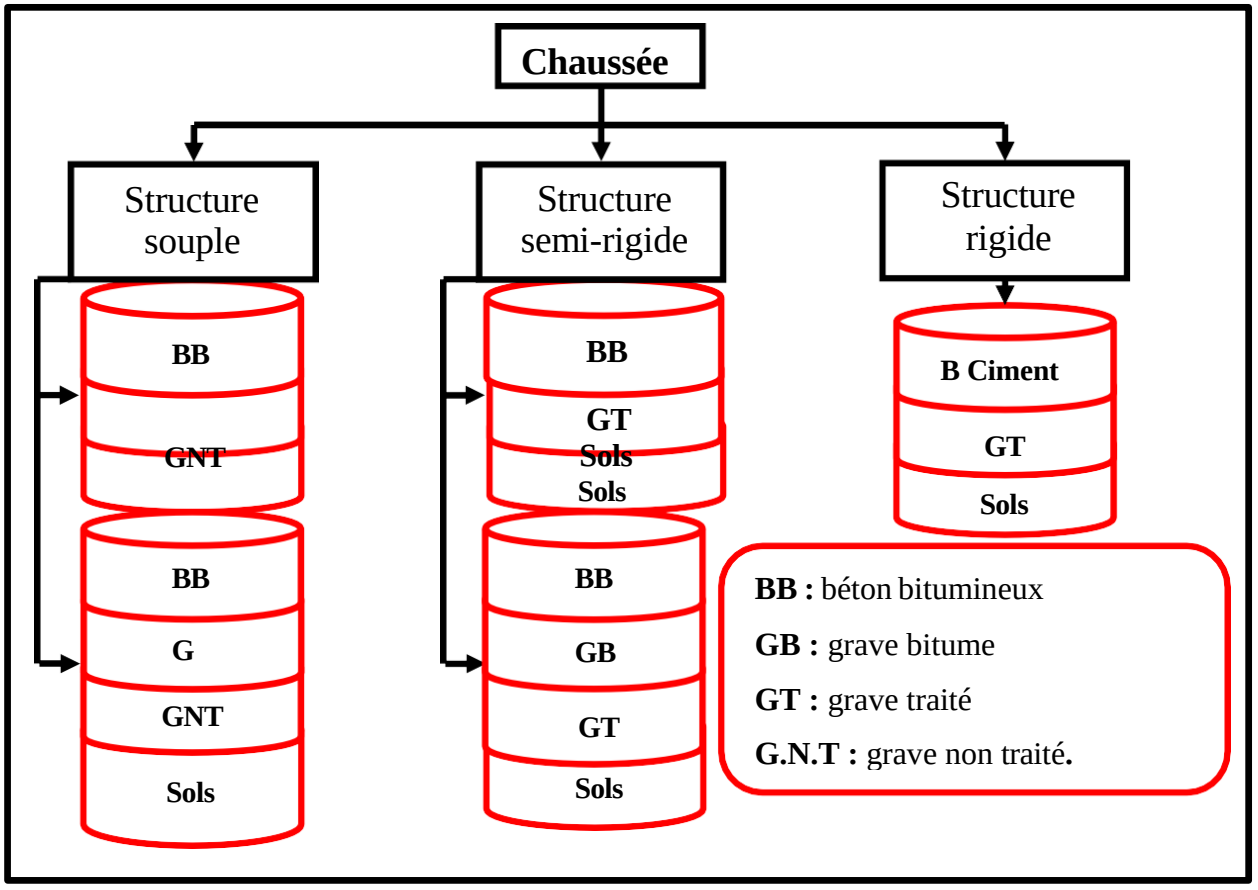


FIGURE VII.2. : schéma récapitulatif

VII.4.3. Les chaussées rigides :

Comportant des dalles en béton (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) qui fléchissant élastiquement sous les charges transmettent les efforts à distance et les répartissent ainsi sur une couche de fondation qui peut être une grave stabilisé mécaniquement, une grave traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques. Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie.

VII.5. PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

On distingue deux familles des méthodes :

- Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances deschaussées.
- Les méthodes rationnelles, basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées. Pour cela on passera en revue les méthodes empiriques les plus utilisées.

VII.5.1. Méthode CBR (California - Bearing – Ratio) :

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié.

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule présentée ci-après:

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

Avec :

E_{eq} : épaisseur équivalente.

I_{CBR} : indice CBR (sol support).

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

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

Log : logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$E_{eq} = e_1 \times a_1 + e_2 \times a_2 + e_3 \times a_3$$

Où :

e_1, e_2, e_3 : ***Epaisseurs réelles des couches.***

a_1, a_2, a_3 : Coefficients d'équivalence des matériaux par rapport à un grave concassé.

$e_1 \times a_1$ **:** couche de roulement.

$e_2 \times a_2$ **:** couche de base.

$e_3 \times a_3$: couche de fondation.

Tableau VII- 1 Les valeurs usuelles du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé

Matériaux utilises	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Grave bitume	1.50 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable gypseux	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.70à 0.80

VII.5.2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de
Chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement.

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.

La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelle qui se base sur deux approches :

- Approche théorique.
- Approche empirique.

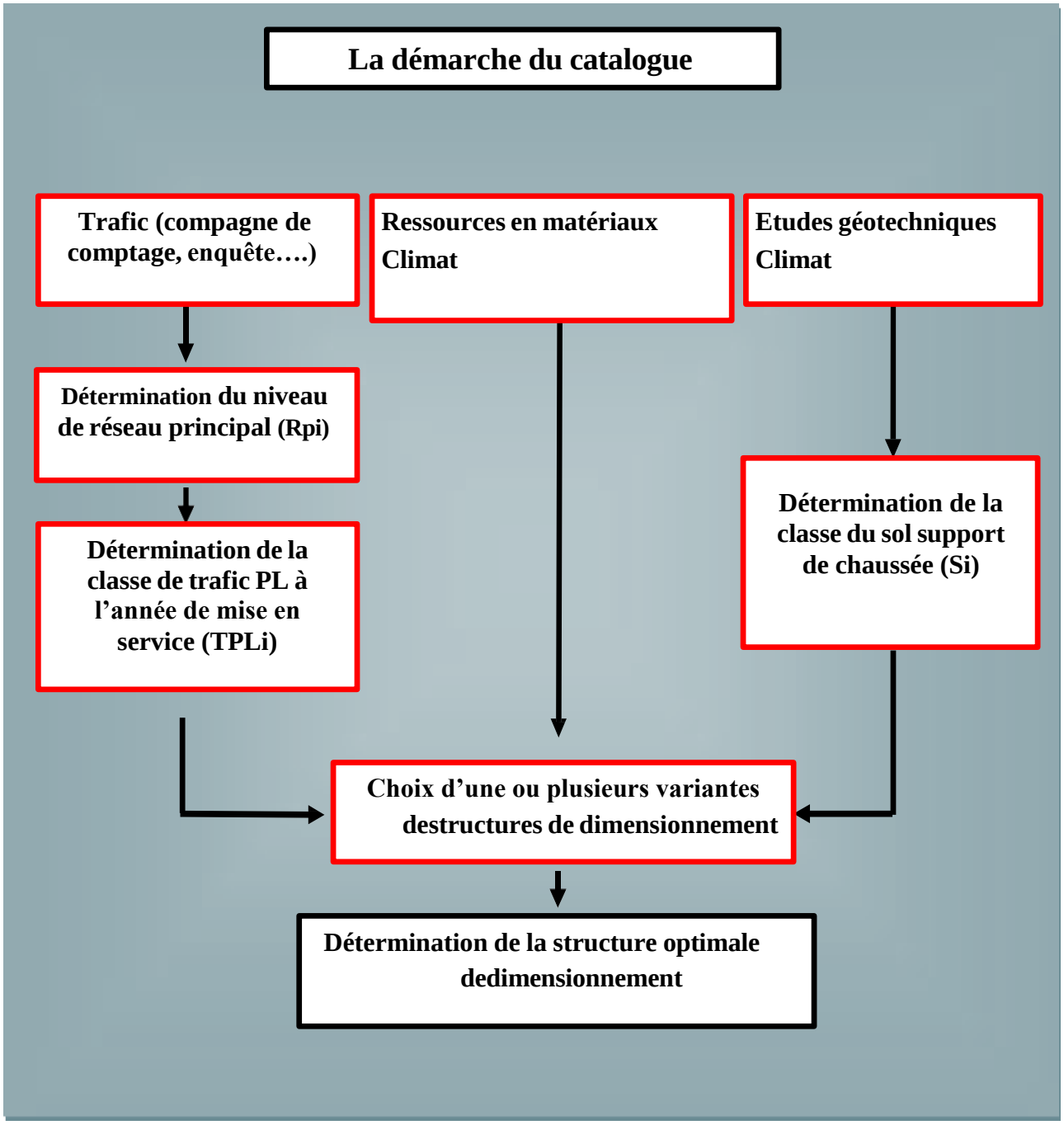


FIGURE VII.3. La démarche du catalogue

VII.6. APPLICATION AU PROJET :

Pour le dimensionnement du corps de chaussée on va utiliser deux méthodes les applicables enAlgérie qui sont :

- La méthode dite CBR.
- La méthode du catalogue des chaussées neuves « CTTP ».

VII.6.1. Méthode CBR :

Données de l'étude :

- $TJMA_{2047}$ = 14953 v/j/sens.
- Durée de vie : 20 ans.
- Taux d'accroissement : τ = 4 %.
- PL= 11.07 %.
- I_{CBR} = 6.

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

  - P : charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 (t)).
  - Log : logarithme décimal.
  - E_{eq} : Epaisseur équivalente.

$N_{pl\,2047} = \%PL \times TJMA_{2047} = 0.1107 \times 14953$

$N_{pl\,2047}$ = 1656 (pl/j).

On a : 90 % du trafic PL sur la voie droite lente (voie la plus chargée).

$N_{pl\,2047} = 0.9 \times 1656$

Donc : $N_{pl\,2047}$ = 1491 PL/J/$_{voie\ la\ plus\ chargée}$

Donc : $E_{eq} = \frac{100+\sqrt{6.5}\times(75+50\times\log\frac{1491}{10})}{6+5} = 51\ cm$

Avec : $E_{eq} = a_1.e_1 + a_2.e_2 + a_3.e_3$

e_1 : épaisseur réelle de la couche de roulement.

e_2 : épaisseur réelle de la couche de base.

e_3 : épaisseur réelle de la couche de fondation.

❖ **Calcule l'épaisseur e3**

Tableau VII- 2 Valeurs des épaisseurs des couches en fonction des coefficients d'équivalences

Nom de couche	Matériaux	Coefficient d'equivalance	L'épaisseur de la couche e_i
Roulement	BB	2	6
Base	GB	1.5	10
Fondation	GNT	1	?

$$E_{eq} = 6 \times 2 + 10 \times 1.5 + 1,0 \times e_3 = 51\ cm$$

On trouve : $e_3 = 24\ cm$

Donc la structure proposée :

6 (BB) + 10 (GB) + 24 (GNT)

Comme indique la figure suivante :



Figure VII- 2 Corps de chaussée

méthode CBR

VII.6.2. Méthode du Catalogue de Dimensionnement des Chaussées Neuves :

VII.6.2.1. Données de l'étude :

- Année de comptage : 2014
- TJMA2027 = 6824 v/j
- Mise en service : 2027
- Durée de vie : 20 ans
- Taux d'accroissement : τ = 4 %
- Pourcentage de poids lourds : Z = 11.07 %

D'après le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves CTTP, le site de projet est classé en zone II (wilaya de M'SILA).

Donc on prend une température équivalente égale à 20°C, comme montré le tableau suivant :

Tableau VII- 3 Choix des températures équivalentes

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

VII.6.2.2. Type de réseau principale :

D'après le catalogue on a la classification des réseaux principaux suivants le tableau :

Tableau VII- 4 Choix du niveau de réseau principal

Réseau principal	Trafic (véhicules/jour)
RP1	**>1500V/J**
RP2	**<1500V/J**

Donc le réseau principal est **RP1**.

VII.6.2.3. La classe de trafic (TPLi) :

$$TPL_{(2027)} = TJMA_{(2027)} \times 0.1107 = 6824 \times 0.1107$$

On trouve : $TPL_{(2027)} = 756\ PL/j/sens$

$TPL_{(2027)} = TPL_{(2027)} \times \mu$

On a une chaussée unidirectionnelle à 2 voies, d'après **(le fascicule N°1 du trafic)**, 90 % du trafic PL sur la voie la plus chargée $\boldsymbol{\mu = 0.9}$

$TPL_{(2027)} = 756 \times 0.9$

On trouve : $TPL_{(2027)} = 681$ PL/j/voie la plus chargée

Les classes de trafic (TPLi) adoptées dans les fiches structures de dimensionnement sont données, pour chaque niveau de réseau principal, en nombre PL par jour et par sens à l'année de mise en service.

Tableau VII- 5 Classe TPL_i pour RP1

TPL_i	TPL_3	TPL_4	TPL_5	TPL_6	TPL_7
PL/j/sens	**150-300**	**300-600**	**600-1500**	**1500-3000**	**3000-6000**

On a : 600 < 681 < 1500

Donc la classe de trafic est TPL5.

VII.6.2.4. La classe de sol support :

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S_4 à S_0. Cette classification sera également utilisée pour les sol-supports de chaussée.

Tableau VII- 6 les classes de portance des sols par ordre de S_4 à S_0

Portance (S_i)	CBR	Interpretation
S4	**<5**	**Très mauvaise portance**
S3	**5-10**	**Mauvaise portance**
S2	**10-25**	**Portance Moyenne**
S1	**25-40**	**Bonne portance**
S0	**>40**	**Très bonne portance**

Selon le tableau suivant : CBR = 6 alors (mauvaise portance de sol support).

VII.6.2.5. Amélioration de la portance du sol support :

Pour améliorer la portance du sol support, on a recours aux couches de formes. Le (CTTP) a fait des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs des couches de formes, le mode de sa mise en place (nombre des couches) et la nature du matériau utilisé (les plus répandus en Algérie) pour la réalisation de la CF. Les résultats de ces recherches sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau VII- 7 Les résultats des recherches

Portance de sol	Matériau de CF	Epaisseur de CF	Portance visée
< S4	Non traité	50 cm (2 couches)	S3
S4	Non traité	35 cm	S3
S4	Non traité	60 cm (2 couches)	S2
S3	**Non traité**	**40 cm (2 couches)**	**S2**
S3	Non traité	70 cm (2 couches)	S1

Dans notre cas on a un sol à faible portance S3, alors l'utilisation d'une couche de forme d'épaisseur 40 cm, en 2 couches de TUF permet un sur classement de portance du sol qui sera d'une classe S2.

VII.6.2.6. Choix du dimensionnement :

Nous sommes dans le réseau principal (RP1), la zone climatique **II,** durée de vie **20 ans,** taux d'accroissement **(4%),** portance du sol (S2) et une classe du trafic (TPL5), avec toutes ces données, la catalogue Algérien « fascicule 3 » propose la structure suivante :

TPLi / Si PL/j/sens	S2 50 MPa	S1 125 MPa	S0 200 MPa
6000 TPL7 3000			
3000 TPL6 1500			
1500 TPL5 600	6 BB 20 GB 30 GNT	6 BB 14 GB 30 GNT	6 BB 12 GB 30 GNT
600 TPL4 300	6 BB 15 GB 35 GNT	6 BB 10 GB 35 GNT	6 BB 10 GB 20 GNT
300 TPL3 150	6 BB 15 GB 30 GNT	6 BB 10 GB 25 GNT	6 BB 10 GB 15 GNT

Voici la structure de la route :

Tableau VII- 8 la structure de la route

Couche	Matériau	Epaisseur (cm)
Couche de roulement	BB	6
Couche de base	GB	20
Couche de fondation	GNT	30
Couche de forme	Tuf	40

Et puis les épaisseurs des couches par la méthode du catalogue :

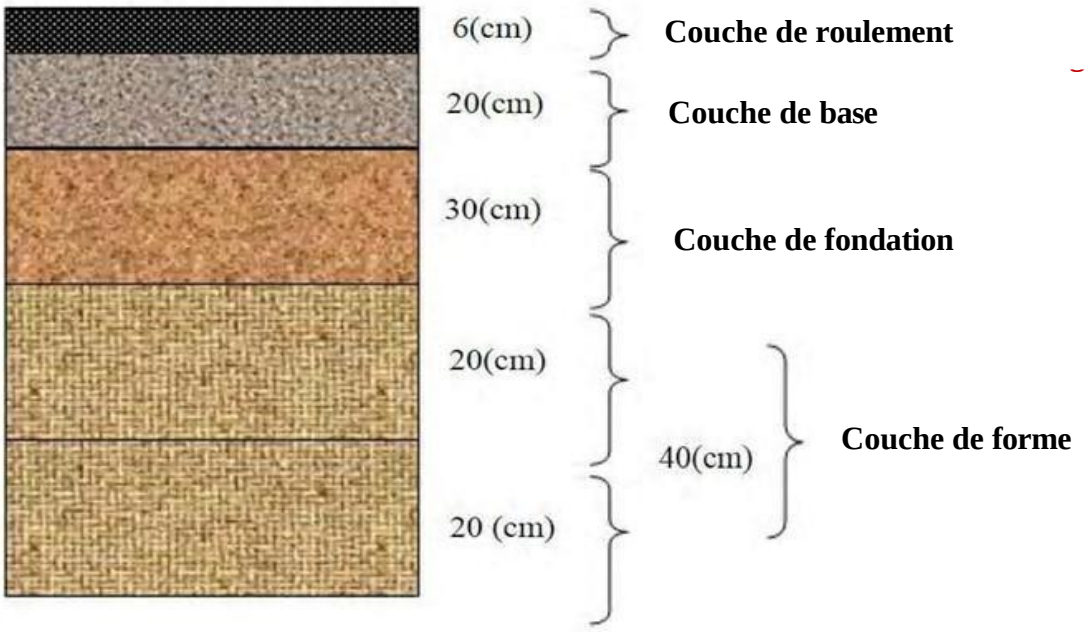


Figure VII- 3 Corps de chaussée méthode catalogue

VII.6.3. La déformation du sol support :

Il faut vérifier que les déformations ε_t et ε_z de la structure calculée à l'aide de logiciel ALIZE III, sont inférieurs aux valeurs admissibles ($\varepsilon_{t,adm}$ et $\varepsilon_{z,adm}$) calculées par la méthode du catalogue.

ε_t : la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume.

ε_z : la déformation verticale sur le sol support.

Le schéma suivant donne un aperçu sur le type de modélisation propre à notre type de structure ainsi que sur son mode de fonctionnement :

VII.6.3.1. Calcul des déformations admissibles sur le sol support :

La déformation verticale admissible $\varepsilon_{z,adm}$ est donnée par une relation empirique déduite à partir d'une étude statique de comportement des chaussées Algériennes. Cette formule est la suite : $\varepsilon_{z,adm} = 22.10^{-3}.(TCEi)^{-0.235}$

TCEi : le trafic cumulé équivalent.

VII.6.3.2. Le trafic cumulé équivalent (TCEi) :

Il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents 13 tonnes sur la durée de vie Considérée : **TCEi = TCI × *A***

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

TCI : le trafic de PL sur la période considérée pour le dimensionnement (durée de vie) est donné par la formule suivante **:** $\mathbf{TCI = 365 \times \frac{[(1+\tau)^n - 1]}{\tau} \times T}$

T : trafic PL.

τ : taux de croissance du trafic.

n : nombre d'années de service (durée de vie) de la chaussée.

Donc : $\mathbf{TCI = 365 \times \frac{[(1+0.04)^{20} - 1]}{0.04} \times 681}$

On trouve : TCI = 7.4×10^6 PL/J/voie la plus chargée

Tableau VII- 9 les valeurs du coefficient d'agressivité A (fascicule N° 2)

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

D'après le tableau, le coefficient d'agressivité A = 0.6

Donc : TCEi = $7.4 \times 10^6 \times 0.6$

Donc on trouve : TCEi = 4.44×10^6 PL/J/voie la plus chargée

$$\varepsilon_{z,adm} = 22.10^{-3}.(4.44 \times 10^6)^{-0.235}$$

On trouve : $\varepsilon_{z,adm} = 6.03.10^{-4}$

VII.6.3.3. Calcul des sollicitations admissibles :

Le calcul de la déformation admissible de traction à la base des couches bitumineuses est donné

par la relation suivante :

$\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6(10°C, 25\ Hz) \times Kne \times Kr \times K\theta \times Kc$

$\varepsilon_6(10°C, 25\ Hz)$: $déformation\ limite$ détenue au bout de 106 cycles avec une probabilité de rupture de 50 % à 10°C et 25 Hz .

$K\theta$: facteur lie à la température.

Kne : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.

Kr : facteur lié au risque et aux dispersions.

Kc : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée.

Avec : $Kne = (\frac{TCEi}{10^6})^b$, $Kr = 10^{-tb\delta}$, $K\theta = \frac{\sqrt{E(10°C)}}{\sqrt{E(\theta_{eg})}}$

b : pente de la droite de fatigue (b < 0).

t : fractale de la loi normale qui est en fonction du risque adopté (r %).

E(10°C) : module complexe du matériaux bitumineux à 10°C.

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

δ : la dispersion. $\delta = \sqrt{(Sn)^2 + (\frac{c}{b}Sh)^2}$

Sn : dispersion sur la loi de fatigue.

Sh : dispersion sur les épaisseurs.

C : coefficient égale à 0.02

Finalement : $\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6(10°C, 25Hz) \times (\frac{TCEi}{10^6})^b \times 10^{-tb\delta} \times \frac{\sqrt{E(10°C)}}{\sqrt{E(\theta_{eg})}} \times Kc$

- **Le risque :**

D'après le catalogue de dimensionnement algérien nous avons un risque de **10 %.**

Tableau VII- 10 le risque adopté pour le réseau RP1 (fascicule N° 2)

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

- **Classe de portances des sols supports pour le dimensionnement :**

Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante : E(Mpa) = 5×CBR = **30 MPa.**

Tableau VII- 11 les classes de portance des sols (fascicule N°2)

Classes du sol support	S3	S2	S1	S0
Module (MPa)	**25-50**	50-125	125-200	>200

VII.6.3.4. Les caractéristiques des matériaux :

Les performances mécaniques relatives aux différents types de matériaux traités au bitume

Tableau VII 12 Performances mécaniques des matériaux bitumineux

Matériau	E (30°C ,10Hz) (MPa)	E (25°C ,10Hz) (MPa)	E (20°C ,10Hz) (MPa)	E (10°C ,10Hz) (MPa)	ε_6 (10°C, 25Hz) 10^{-6}	$\frac{-1}{b}$	Sn	Sh (cm)	ν	Kc calage
BB	2500	3500	4000	--	--	--	--	--	0.35	--
GB	3500	5500	**7000**	**12500**	**100**	**6.84**	**0.45**	**3**	0.35	**1.3**

$\theta_{eq} = température\ équivalente$ ($\theta_{eq} = 20°C$) → $\boldsymbol{E(20°C, 10\ Hz) = 7000\ MPa}$.

Classe de trafic (TPL5).

Risque adopté pour le réseau RP1 et la classe de trafic TPL5 **(r % = 10).**

C : coefficient égal **0.02**

t : fractale de loi normale, en fonction du risque adopté donc **(t = - 1.282).**

Tableau VII 13 les valeurs de t en fonction de r% (fascicule N°2)

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

Donc : $\delta = \sqrt{(Sn)^2 + (\frac{c}{b}Sh)^2} = 0.609$

Alors on a :

$$\varepsilon_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} \times \left(\frac{4.44\times10^6}{10^6}\right)^{-0.146} \times 10^{-(-1.282\times0.146\times0.609)} \times \frac{\sqrt{12500}}{\sqrt{7000}} \times 1.3$$

On trouve : $\boldsymbol{\varepsilon_{t,adm} = 1.08\ 10^{-4}}$

Tableau VII- 14 Résultats d'ALIZE III

Evitement de Berhoum
ROUE SIMPLE
A= 12.500 Q= 6.620
NOMBRE DE COUCHES 6

Z		EPSILONT	SIGMAT	EPSILONZ	SIGMAZ
.00		.657E-04	.761E+01	.323E-04	.662E+01A
	E= 40000.				
	NU= .35				
	H1= 6.00				
6.00		.196E-04	.445E+01	.727E-04	.602E+01
	COLLE				
6.00		.196E-04	.535E+01	.325E-04	.602E+01
	E= 70000.				
	NU= .35				
	H2= 10.00				
16.00		-.184E-04	-.671E+00	.415E-04	.244E+01
	COLLE				
16.00		-.184E-04	-.671E+00	.415E-04	.244E+01
	E= 70000.				
	NU= .35				
	H3= 10.00				
26.00		-.587E-04	-.614E+01	.660E-04	.321E+00
	COLLE				
26.00		-.587E-04	-.137E+00	.125E-03	.321E+00
	E= 3125.				
	NU= .25				
	H4= 15.00				
41.00		-.642E-04	-.223E+00	.787E-04	.135E+00
	COLLE				
41.00		-.642E-04	-.622E-01	.133E-03	.135E+00
	E= 1250.				
	NU= .25				
	H5= 15.00				
56.00		-.667E-04	-.826E-01	.101E-03	.854E-01
	COLLE				
56.00		-.667E-04	-.530E-02	.178E-03	.854E-01
	E= 500.				
	NU= .35				
	H6=INFINI				

D	27.73MM/100	R*D	
R	826.86M	22928.42M*MM/100	

MODULES ET CONTRAINTES EN BARS

Tableau VII- 15 les caractéristiques des mécaniques des matériaux utilisés

		Epaisseurs (cm)	Modules E (bar)	Coef.de poisson(v)
Couche de roulement		6 BB	40000	0.35
Couche de base		20 GB	70000	0.35
Couche de fondation		30 GNT	1250	0.25
Couche de forme	**Sous couche 1**	20 Tuf	500	0.25
	Sous couche 2	20 Tuf	500	0.25

Tableau VII- 16 résultats des déformations

Déformation admissible calculé	Déformation calculé
$\varepsilon_{z,adm} = 6.03 \times 10^{-4}$	$\varepsilon_{z,calculée} = 1.78 \times 10^{-4}$
$\varepsilon_{t,adm} = 1.08 \times 10^{-4}$	$\varepsilon_{t,calculée} = 0.587 \times 10^{-4}$

- $\boldsymbol{\varepsilon_{z,calculée} < \varepsilon_{z,adm}}$
- $\boldsymbol{\varepsilon_{t,calculée} < \varepsilon_{t,adm}}$

La structure (6 BB + 20 GB + 30 GNT + 40 TUF) est vérifié.

Résumé :
L'application des deux méthodes nous donne les résultats suivants :

METHODE	
CBR	**CATALOGUE**
6 BB + 10 GB +24 GNT	**6 BB + 20 GB + 30 GNT + 40 TUF**

VII.7. CONCLUSION :

D'après les tableaux ci-dessus, on remarque bien que la méthode dite du catalogue de dimensionnement de chaussée, nous donne un corps de chaussée avec une épaisseur de structure importante, alors que la méthode dite CBR nous propose une structure de chaussée avec des épaisseurs nettement moins importantes.

La méthode CBR c'est une méthode empirique ne prend pas on considération le comportement physique et mécanique de chaussée.

La méthode du catalogue de dimensionnement de chaussée étant une méthode qui s'appuie sur des lois de comportement à la fatigue, on propose de l'appliquer à la chaussée pour les raisons suivantes :

- Augmentation de la longévité de la route.
- Disponibilité de crédit d'investissement à court terme pour éviter les fluctuations dans le cas d'un investissement différé à long terme.
- La réduction des coûts d'entretien.
- Expérimentation de la méthode pour avoir un retour d'expérience suffisant pour sa généralisation et son adoption ou bien à sa révision selon les observations qui seront faites.
- Un meilleur comportement à l'agressivité des charges son cesse croissantes.

Donc la structure choisir dans notre projet se repose sur la méthode du catalogue Algérien, qui repend aux avantages qu'on vient de citer précédemment.

6 BB + 20 GB + 30 GNT + 40 Tuf

CHAPITRE IX

Etude d’assainissement

VIII.1. INTRODUCTION :

L'assainissement routier est une composante essentielle de la conception, de la réalisation et de l'exploitation des infrastructures linéaires. L'eau est la première ennemie de la route car elle pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, Ce qui met en jeu la sécurité de l'usager (glissance, inondation diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par désenrobage des couches de surface, etc.) et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation.

Les types de dégradation provoquée par les eaux sont engendrés comme suit :

Pour les chaussées :

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

Pour les talus :

- Glissement.
- Erosion.
- Affouillements du pied de talus.

Les études hydrauliques inventorient l'existence de cours d'eau et d'une manière générale des écoulements d'eau en surface. Elles détermineront ensuite l'incidence du projet sur ces écoulements et les équipements à prendre en compte pour maintenir ces écoulements.

VIII.2. OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).

- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- Réduction du coût d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosions.
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée. (Danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).
- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amant de la plate- forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et l'effet de gel).
- La sauvegarde de l'ouvrage routier (car l'eau accélère la dégradation de **la**

- Surface, augmente la teneur en eau du sol support, entraînant par la suite des variations de portance et diminue la qualité mécanique de la chaussée).

VIII.3. ASSAINISSEMENT DE LA CHAUSSÉE :

La détermination du débouché à donner aux ouvrages tels que dalots, ponceaux, ponts, etc. dépend du débit de crue qui est calculé d'après les mêmes considérations. Les ouvrages sous chaussée les plus courants utilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et buses à section circulaire.

Parmi les ouvrages destinés à l'écoulement des eaux, on peut citer ces deux catégories :

- Les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cuvettes, caniveaux).
- Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement (regards, décente d'eau, tête de collecteur et dalot)

Les ouvrages d'assainissement doivent être conçus dans le but d'assainir la chaussée et l'emprise de la route dans les meilleures conditions possibles et avec un moindre coût.

VIII.3.1. Fossé de pied du talus de déblai :

Ces fossés sont prévus au pied du talus de déblai afin de drainer la plate- forme et les talus vers les exutoires. Ils sont en terre et de section trapézoïdale. Ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse les 3 % (combiné à la nature des sols en places).

VIII.3.2. Fossé de crête de déblai :

Ce type de fossé est toujours en béton. Il est prévu lorsque le terrain naturel de crête est penché vers l'emprise de la chaussée, afin de protéger les talus de déblais des érosions dues au ruissellement des eaux de pluie et d'empêcher ces eaux d'atteindre la plate-forme.

VIII.3.3. Fossé de pied de talus de remblai :

Les fossés sont en terre ou en béton (en fonction de leur vitesse d'écoulement). Ils sont prévus lorsque la pente des terrains adjacents est vers la plate-forme et aussi de collecter les eaux de ruissellement de la chaussée, en remblai, par l'intermédiaire des descentes d'eau.

VIII.3.4. Drain :

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainante longeant l'autoroute. Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant en son centre un tuyau circulaire en plastique perforé à sa génératrice supérieure à 150mm de diamètre. Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements. Les eaux collectées par le drain sont rejetées dans des regards de drainage et en dernier lieu dans les points de rejet.

VIII.3.5. Descentes d'eau :

Dans les sections d'autoroute en remblai, lorsque la hauteur de ces remblais dépasse les 2,50 m, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eau. Elles sont espacées généralement tous les 50 m lorsque la pente en profil en long est supérieure à 1%. Lorsque la pente est inférieure à 1 %, leur espacement est varie entre 30 m et 40 m.
Schéma récapitulatif.

VIII.4. DIMENSIONNEMENT DE RESEAU D'ASSAINISSEMENT :

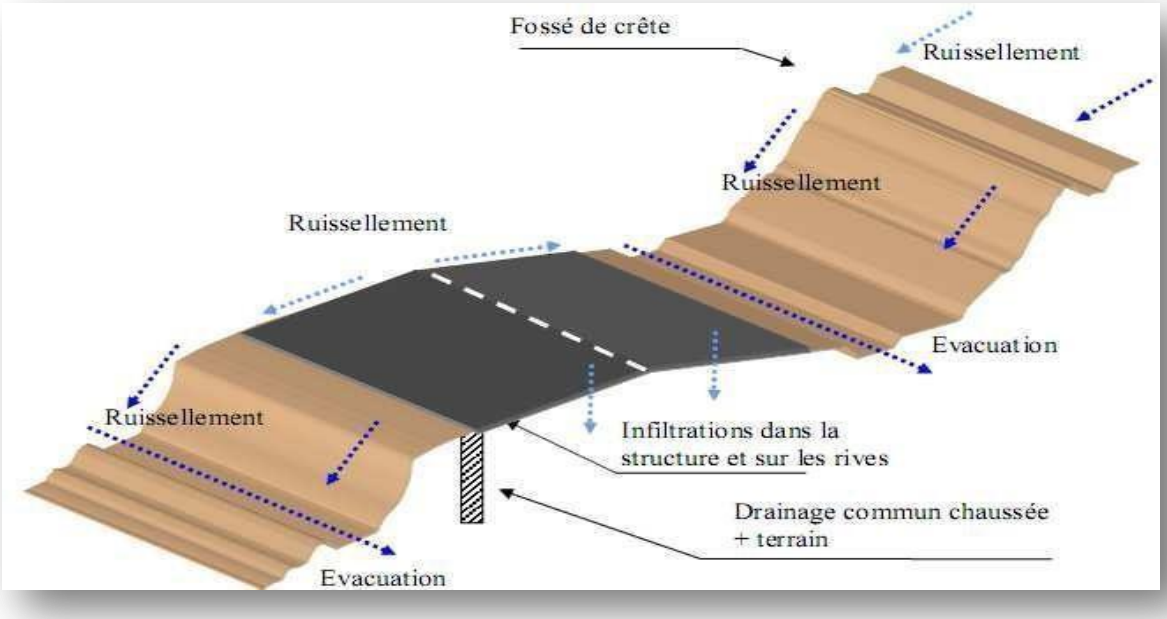


Figure Ⅷ- 1 Direction de ruissellement des eaux pluviales

« Par la méthode rationnelle »

Pour évaluer l'ordre de grandeur du débit maximum des eaux de ruissellement susceptibles d'être recueillies par les fossés ou par un exutoire, on peut employer la méthode appelée La méthode Rationnelle dont nous rappelons très sommairement le principe :

- Qa : débit d'apport en provenance du bassin versant (m3/s).
- Qs : débit d'écoulement au point de saturation (m3/s).

$$Qa = Qs$$

Le débit d'apport est évalué à l'aide de la formule rationnelle suivant :

$$Qa = K.C.I.A$$

- K:coefficient de concentration, K = 1/360.
- C : coefficient de ruissellement.
- I : l'intensité de l'averse exprimée (mm/h).
- A : superficie (Aire) du bassin versant **(HA).**

VIII.4.1. Coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée. Sa valeur est obtenue en tenant compte des trois paramètres suivants :

- Lacouverture végétale.
- La forme.
- La pente et la nature du terrain.

Tableau Ⅷ- 1 Valeurs de coefficient de ruissèlement (C)

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	0.40
Talus	0.10 à 0.30	0.30
Terrain naturel	0.05 à 0.3	0.3

VIII.4.2. Intensité de la pluie :

La détermination de l'intensité de la pluie, comprend différentes étapes de calcul qui sont :

VIII.4.2.1. Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle :

$$P_j(\%) = \frac{P_{jmoy}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \cdot e^{u\sqrt{\ln(C_v^2+1)}}$$

- P_j : pluie moyenne journalier (mm).
- Cv : coefficient de variation climatique.
- U : variation de Gauss, donnée par le tableau suivant :

Tableau Ⅷ- 2 variation de Gauss

Fréquence (%)	50	20	10	2	1
Période de retour (ans)	2	5	10	50	100
Variable de Gauss (U)	0,00	0,84	1,28	2,05	2,372

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

VIII.4.2.2. Calcul de la fréquence d'averse :

La fréquence d'averse est donnée par la formule suivante :

$$Pt\ (\%) = PJ\ (\%)\ (t/24)^{b}$$

- P j : hauteur de la pluie journalière maximale (mm).
- b : exposant climatique.
- Pt : pluie journalière maximale annuelle.
- tc : temps de concentration (heure).

VIII.4.2.3. Temps de concentration :

La durée t de l'averse qui produit le débit maximum Q étant prise égale au temps de concentration. Dépendant des caractéristiques des bassins drainés, le temps de concentration. est estimer respectivement d'après Ventura, Passini, Gianddthi, comme suit :

VENTURA, Lorsque **$A < 5\ km^2$: $tc = 0{,}127 \times \sqrt{A/P}$**

GIANDOTTI, Lorsque $5\ km^2 \leq A \leq 25\ km^2$: $$tc = 0{,}108 \times \frac{\sqrt[3]{A.L}}{\sqrt{P}}$$

PASSINI, Lorsque $25\ km^2 \leq A < 200\ km^2$: $$tc = \frac{4\sqrt{A} + 1.5\,L}{0.8\sqrt{H}}$$

Tc : Temps de concentration (heure) ;
L : Longueur de bassin versant (km).
A : Superficie du bassin versant (km^2) ;
P : Pente moyenne du bassin versant.

VIII.4.2.4. Calcul de débit de saturation :

Le débit de saturation de l'ouvrage d'assainissement est calculé par le biais de la formule de MANNING STRICKLER sur un écoulement en régime uniforme.

$$Qs = K_{St} .S. Rh^{2/3}. I^{1/2}$$

K_{St} : Coefficient de Manning Strickler qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage.

Kst = 30 en terre
Kst = 70 pour les dalots Kst = 80 pour les buses

- I : Pente de pose de l'ouvrage (m.p.m).
- S : Section mouillée (m²).
- Rh : Rayon hydraulique moyen (m) avec :

$$Rh = \frac{\text{Section profil mouillé}}{\text{Séction périmètre mouillé}}$$

VIII.5. APPLICATION AU PROJET :

VIII.5.1. Les données pluviométriques :

- La pluie journalière moyenne **Pjmoy = 40 mm**.
- Le coefficient de variation **Cv = 0.63.**
- L'exposant climatique **b = 0.25.**

VIII.5.2. Calcul hydraulique :

VIII.5.2.1. Calcul de la pluie journalière maximale annuelle Pj :

$$P_j(\%) = \frac{P_{jmoy}}{\sqrt{C_v^2+1}} \cdot e^{u\sqrt{\ln(C_v^2+1)}}$$

En général pour les routes principales on prend compte de la fréquence décimale (10 ans), donc la variable de Gauss **U=1.28**

$$pj(\%) = \frac{40}{\sqrt{0.63^2+1}} \times e^{1.28\sqrt{\ln(0.63^2+1)}} = \mathbf{70.93\ mm}$$

VIII.5.2.2. L'intensité horaire I :

$$I = \frac{pj(\%)}{24} = \frac{70.93}{24} = \mathbf{2.95\ mm/h}$$

VIII.5.2.3. Calculs des débits :

Le débit d'apport est évalué à l'aide de la formule rationnelle suivant :

Qa =K.C.I.A

- K : coefficient de concentration K = 0.278.
- C : coefficient de ruissellement.
- I : l'intensité de l'averse exprimée mm /h
- A : superficie du bassin versant.

VIII.5.2.4. La surface de bassin versant :

Les buses ainsi que les fossés sont dimensionnées pour évacuer le débit apporté par l'ensemble des bassins versants de la chaussée, l'accotement, la berme et des talus.
Le dimensionnement se fait dans le cas le plus défavorable, où il y a une hauteur importante du déblai qui s'étende sur une longueur importante avec l'inclinaison du terrain vers le déblai, notre cas situé entre **PK 00+820 et PK 01+320** km avec une longueur de **L≃ 500 m** et de pente **J = 0.61%.**

Tableau Ⅷ- 3 les surfaces des bassins versants A

	L (m)	l (m)	A (km²)
Chaussée	**500**	**7.6**	**3800 10^{-6}**
Accotement	**500**	**2**	**1000 10^{-6}**
Berme	**500**	**1**	**500 10^{-6}**
Talus	/	/	**1389.38 10^{-6}**

Donc : Qa = Qc + QA + Qt + Qb

Qc = K.I.Cc.Ac
Qa = K.I.Ca.Aa
Qt = K.I.Ct.At
Qb = K.I.Cb.Ab

Qc : débit rapporté par la chaussée. Qa : débit rapporté par l'accotement.
Qt : débit rapporté pat le talus. Qb : débit rapporté par la berme.
Cc : coefficient de ruissellement de la chaussé.
Ca : coefficient de ruissellement de l'accotement.

Ct : coefficient de ruissellement du talus.
Cb : coefficient de ruissellement de la berme.
Ac : surface de la chaussée. Aa : surface de l'accotement.
At : surface du talus.
Ab : surface de la berme.

VIII.5.2.5. L'intensité de la pluie It :

$\mathbf{It = I \times (\frac{tc}{24})^{\beta}}$

avec β = b-1 = - 0.75 I (10%) = 2.95 mm/h

VIII.5.2.6. Temps de concentration t_c :

On a tous les surfaces est inférieur 5 km² donc on utilise la formule de **VENTURA.**

$tc = 0{,}127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} \quad \Longrightarrow \quad$ Si A < 5 km²

VIII.5.2.7. Calcul des débits d'apport (Qa) :

Pour la chaussée :

C = 0.95 ; p = 2.5 % ; A = 3800 10^{-6} ha.

$tc = 0{,}127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0{,}127 \times \sqrt{\frac{3800\ 10^{-6}}{0.025}} = 0.05$ h

$It = I (\frac{tc}{24})^{\beta} = 2.95(\frac{0.05}{24})^{-0.75}$

It = 302.52 mm/h

Qc = K.I.Cc.Ac = 0.278 × 302.52 × 0.95 × 3800 10^{-6} □ Qc = 0.304 (m^3/s)

Pour l'accotement :

C = 0.40 ; p = 4 % ; A = 1000 10^{-6} ha.

$tc = 0{,}127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0{,}127 \times \sqrt{\frac{1000\ 10^{-6}}{0.04}} = 0.02$ h

$It = I (\frac{tc}{24})^{\beta} = 2.95(\frac{0.02}{24})^{-0.75}$

It = 601.46 mm/h

Qa = K.I.Ca.Aa = 0.278 × 601.46 × 0.4 × 1000 10^{-6} Qa = 0.067 (m^3/s)

Pour la berme :

C = 0.30 ; p = 8 % ; A = 500 10^{-6} ha.

$tc = 0{,}127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0{,}127 \times \sqrt{\frac{500\ 10^{-6}}{0.08}} = 0.01$ h

$It = I (\frac{tc}{24})^{\beta} = 2.95(\frac{0.01}{24})^{-0.75}$

It = 1011.53 mm/h

Qb = K.I.Cb.Ab = 0.278 × 1011.53 × 0.3 × 500 10^{-6} Qb = 0.042 (m^3/s)

Pour le talus :

C = 0.20 ; p = 67 % ; A = 1389.38 10^{-6} ha.

$tc = 0{,}127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0{,}127 \times \sqrt{\frac{1389.38\ 10^{-6}}{0.67}} = 0.006$ h

$It = I\left(\frac{tc}{24}\right)^{\beta} = 2.95\left(\frac{0.006}{24}\right)^{-0.75}$

It = 1483.77 mm/h

Qt = K.I.Ct.At = 0.278 × 1483.77 × 0.2 × 1389.38 10^{-6} Qt = 0.115 (m^3/s)

Donc le débit d'apport sera :

Qa = Qc + QA + Qt + Qb = 0.304 + 0.067 + 0.042 + 0.115

Qa = 0.528 (m^3/s)

VIII.5.3. Dimensionnement des fossés :

Les dimensions du fossé sont obtenues d'après la formule si dessous :

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

- Q_a= 0.649 m^3/s.
- K_{st} : Coefficient de rugosité. Pour notre cas : paroi en bétons K_{st} = 70 $m^{1/3}$/s.
- J : pente longitudinale du fossé. Pour notre cas : J= 0.61 %.

Calcul de la surface mouillée S_m :

$S_m = h^2 + b \times h = h(b + h)$ ($\alpha = 45°$ alors e = h)

- **Le rayon hydraulique R_h :**

Le périmètre mouillé : p_m= b + $2\sqrt{2}h$

Le rayon hydraulique : $R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{h(b+h)}{b+2\sqrt{2}h}$

Donc on trouve : $Q_a = Q_s = h\,.\,(b + h) \times K_{st} \times \left[\frac{h(b+h)}{b+2\sqrt{2}h}\right]^{2/3} \times J^{1/2}$

Le calcul se fait par itération et comparaison :

On a : J = 0.61 % = 0.0061, on fixe le paramètre b = 0.5 m, on fait varier h et on calcul à chaque fois le débit de réception qui doit être supérieur ou égale au débit d'apport.

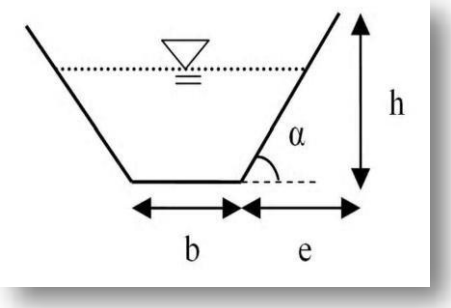


Figure VIII- 2 Représente le dimensionnement des fossés

Tableau VIII- 4 les valeurs de Q_s en fonction de (b, h)

N° cas	J	b (m)	h (m)	Q_s (m^3/s)
1	0.0061	0.5	0.2	0.198
2	0.0061	0.5	0.25	0.297
3	0.0061	0.5	0.30	0.416
4	0.0061	0.5	0.35	0.555

5	0.0061	0.5	0.4	0.719

D'après le calcul itératif notre fossé a les paramètres suivants :

- Le talus de 1/1 (α=45°)
- La largeur au fond b = 0.5 m
- La hauteur h = 0.4 m

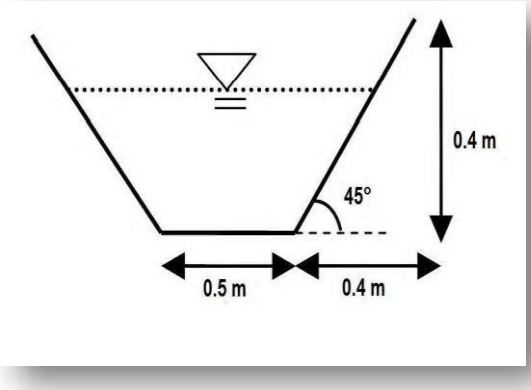


Figure Ⅷ- 3 Représente le fossé retenu

VIII.5.4. Dimensionnement des buses :

Exemple de dimensionnement de buse : PK 01+320

VIII.5.4.1. Calcul de débit Qa :

- Superficie du bassin versant : A = 0.484 Km²
- Pente moyenne du bassin versant P (%) = 1.36 %
- Coefficient de ruissellement terrain naturel C = 0.2
- K : Coefficient qui permet la conversion des unités K = 0.278
- **L'intensité de l'averse I_t :**

I (10 ans) = 2.95 mm/h

A < 5 km² alors $tc = 0{,}127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0{,}127 \times \sqrt{\frac{0.484}{0.0136}} = 0.758$ h

$It = I(10\text{ ans}) \times (\frac{tc}{24})^{\beta} = 2.95(\frac{0.758}{24})^{-0.75} = 39.38$ mm/h

Donc :

$$Q_a = K \times C \times I_t \times A = 0.278 \times 0.2 \times 39.38 \times 0.484$$

$$Q_a = 1.059\ m^3/s$$

VIII.5.4.2. Calcul de débit de saturation Q_s :

Selon la formule de MANNING STICKLER on a :

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

Avec :

K_{st} : (80 pour les buses). J = 1 %

$S_m = \pi \times \frac{D^2}{4}$ $P_m = \pi \times D$

$R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{\pi \times \frac{D^2}{4}}{\pi \times D} = \frac{D}{4}$

On remplace dans la formule de MANNING STRICKLER et on trouve :

$$D = 2\left[\frac{Q_a \times 2^{2/3}}{\pi \times 80 \times 0.01^{0.5}}\right]^{3/8} = 2\left[\frac{1.059 \times 2^{2/3}}{\pi \times 80 \times 0.01^{0.5}}\right]^{3/8} = 0.725 \text{ m}$$

Donc on trouve : D = 725 m

Et une fois le diamètre est calculé, on adoptera un diamètre normalisé commercial tel que : Ø400, Ø500, Ø800, Ø1000, Ø1200, Ø1500…….etc.

Alors on adopte une buse de Ø= 800mm .

VIII.5.5. Dimensionnement des dalots :

Exemple de dimensionnement de dalot : PK 00+720.

VIII.5.5.1. Calcul de débit Qa :

- Superficie du bassin versant : A = 11.828 Km².
- Longueur du bassin versant : L = 7.91 Km.
- Pente moyenne du bassin versant P(%)= 2.46 %.
- Coefficient de ruissellement terrain naturel C = 0.2.
- K : coefficient qui permet la conversion des unités K=0.278
- L'intensité de l'averse It :

I (50 ans) :

$$I = \frac{P_j}{24}\ ; P_j(\%) = \frac{p_{jmoy}}{\sqrt{C_v^2+1}} . e^{u\sqrt{\ln(C_v^2+1)}} = \frac{40}{\sqrt{0.63^2+1}} . e^{2.05\sqrt{\ln(0.63^2+1)}} = 110.71 \text{ mm}$$

I (50 ans) = 4.61 mm/h

5 km² ≤ A ≤ 25 km² alors $t = 0.108.\frac{\sqrt[3]{L}}{\sqrt{P}} = 0.108.\frac{\sqrt[3]{11.828 \times 7.91}}{\sqrt{0.0246}} = 3.126$ h

$$I_t = I(50\ ans) \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{\beta} = 4.61 \times \left(\frac{3.126}{24}\right)^{-0.75} = 21.26\ mm/h$$

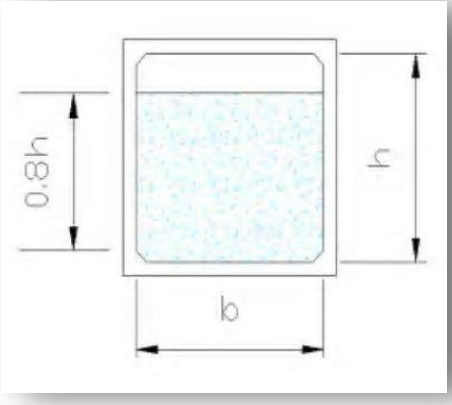


Figure Ⅷ- 4 Représente la forme de dalot

Donc :

Q_a =K× $C \times I_t \times A = 0.278 \times 0.2 \times 21.26 \times 11.828$

Donc on trouve : **Q_a=13.981 m³/s**

VIII.5.5.2. Calcul de débit de saturation Q_s :

Selon la formule de MANNING STICKLER on a :

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

Avec :

- K_{st} = 70 (pour les dalots béton armé).
- $J = 1\%$.

Pour les dalots, la section et le périmètre mouillés sont calculés pour une hauteur de remplissageégale à :

Hr = 0.80 H si H ≤ 2m
Hr = H – 0.50 si H > 2m
H : hauteur du dalot.

Donc : La séction mouillé : S_m= 0.8h×b
Le périmètre mouillé : P_m= 1.6h+b
Le rayon hydraulique : $R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8h \times b}{1.6h+b}$

On remplace dans la formule de MANNING STRICKLER et on trouve :

$$h_{i+1} = \frac{1}{0.8 \times b} \times \left(\frac{Q_a}{K_{st} \times J^{1/2}}\right)^{3/5} \times (1.6h_i + b)^{2/5}$$

On prend b = 2.5 m, et on tire la hauteur h par itération qui vérifie cette inégalité :

$$h_{i+1} = 0.76 \times (1.6h_i + 2.5)^{2/5}$$

Tableau VIII- 5 la hauteur de dalot h

N° cas	b (m)	h_i (m)	h_{i+1} (m)
1	2.5	2	1.525
2	2.5	1.850	1.498
3	2.5	1.640	1.461
4	**2.5**	1.470	1.429
5	**2.5**	1.390	1.414
6	**2.5**	**1.310**	**1.310**

Le dalot retenu :

- La largeur au fond : b = 2.5 m
- La hauteur : h = 1.40 m

VIII.6. RECAPITULATION DES OUVRAGES COURANTS :

Les résultats calculés dans le cadre de notre projet sont récapitulés dans le tableau suivant :

SBV	PK	A (km^2)	P (%)	Longueur L (km)	t_c (h)	I_t (mm/h)	Q_a (m^3/s)	D (mm)	OUVRAGE PROPOSE
01	**00+720**	11.828	2.46	7.910	3.126	21.26	13.981	/	**Dalot 2.5 m × 1.4 m**
02	**01+320**	0.4837	1.36	0.702	0.758	39.38	1.059	725	**Buse ϕ 800**
03	**01+770**	0.877	1.31	1.731	1.039	38.24	1.865	897	**Buse ϕ 1000**
04	**02+580**	0.2087	1.55	0.276	0.466	69.79	0.810	656	**Buse ϕ 800**
05	**03+260**	28.748	4.34	17.713	2.792	38.75	61.940	/	**Ouvrage d'art pont de 160 m**
06	**03+530**	0.2434	1.51	0.379	0.510	65.23	0.883	678	**Buse ϕ 800**
07	**04+070**	47.158	8.13	21.650	2.192	46.47	121.856	/	**Ouvrage d'art pont de 140 m**
08	**04+690**	1.609	1.64	2.779	1.258	33.14	2.964	1067	**Buse ϕ 1200**
09	**05+390**	0.4765	1.5	0.974	0.716	50.58	1.340	792	**Buse ϕ 800**
10	**06+240**	39.903	5.02	16.856	1.856	52.64	116.790	/	**Ouvrage d'art pont de 80 m**

CHAPITRE X

Calcul des cubatures

IX.1. INTRODUCTION :

La réalisation d'une infrastructure de travaux publics nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lequel sera implanté le projet. Pour les voies de circulations celles-ci sont très visibles sur les profils en longs et les profils en travers. Cette modification s'effectue soit par apport à la terre sur le sol du terrain naturel, qui lui servira de support remblai, soit par excavation des terres existantes au- dessus du niveau de la ligne rouge déblai.

Pour réaliser ces voies il reste à déterminer le volume de terre se trouvant entre le tracé du projet et celui du terrain naturel. Ce calcul s'appelle (les cubatures des terrassements).

IX.2. DEFINITION :

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des volumes de déblais que comporte le projet à fin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sousadjacente à la ligne projet :

- Les éléments qui permettent cette évolution sont :
- Les profils en long.
- Les profils en travers.
- Les distances entre les profils.

Les profils en long et les profils en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes qui joignent ces points soit différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.

IX.3. METHODES DE CALCUL DES CUBATURES :

Les cubatures sont Les calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet. Les cubatures sont fastidieuses, mais il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifie le calcul.

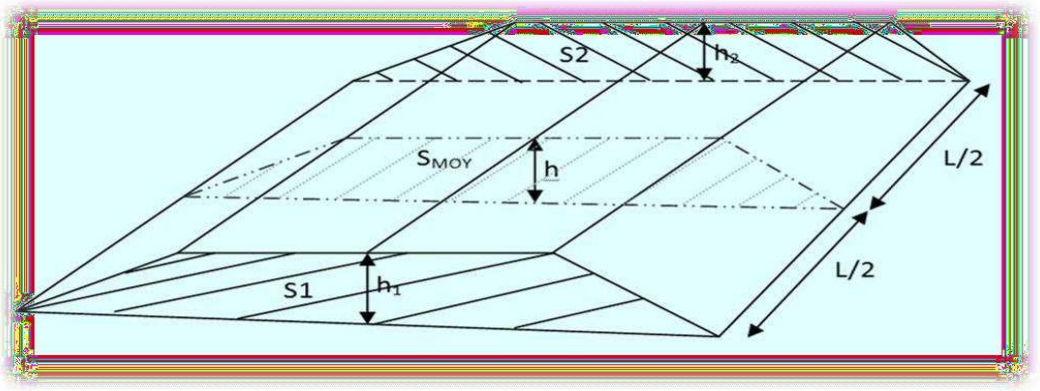
Le travail consiste a calculé les surfaces SD et SR pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.

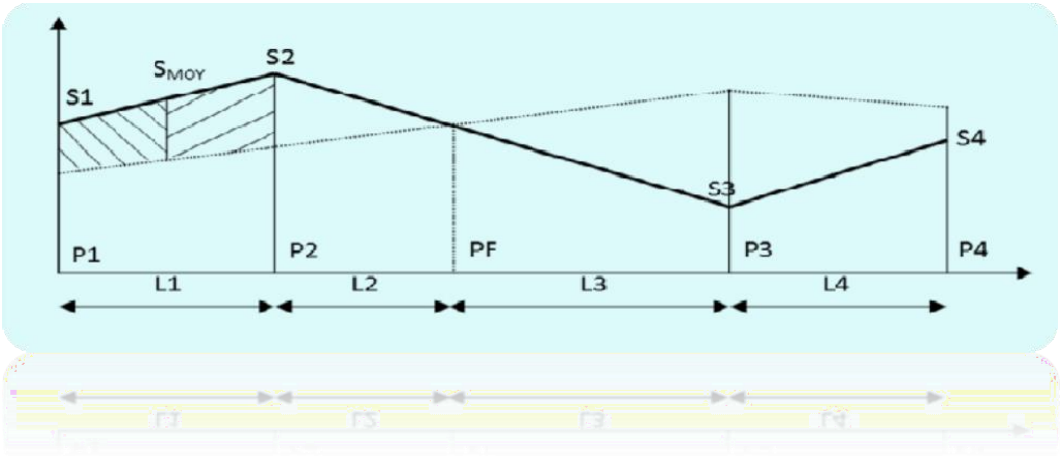
On utilise la méthode SARRAUS, c'est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

IX.3.1. La formule de sarraus :

On calcule séparément les volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs en utilisant la formule des trois niveaux ou formule au prismatoïde.

$$V = \frac{L}{6} \times (S_1 + S_2 + 4\,S_{Moy})$$





PF : profil fictif, surface nulle.

Si : surface de profil en travers Pi.

Li : distance entre ces deux profils.

SMOY : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li).

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expréssions :

$$S_{moy} = (S_1+S_2)/2$$

Ceci donne :

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

Donc les volumes seront :

$V_1 = \frac{L1}{2} \times (S1 + S2)$ Entre P1 et P2
$V2 = \frac{L2}{2} \times (S2 + 0)$ Entre P2 et PF
$V3 = \frac{L3}{2} \times (0 + S3)$ Entre PF et P3
$V4 = \frac{L4}{2} \times (S3 + S4)$ Entre P3 et P4

En additionnant membre à membre ces expressions on a le volume total des terrassements :

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

IX.4. CALCUL DES CUBATURES DE TERRASSEMENT :

Le calcul s'effectue à l'aide de logiciel ((PISTE 5.05))
Les résultats de calcul des cubatures sont détaillés dans l'annexe.

CHAPITRE X :

Conception des carrefours

X.1. INTRODUCTION :

Un carrefour est un lieu d'intersection deux ou plusieurs routes au même niveau. Le bon fonctionnement d'un réseau de voirie, dépend essentiellement de la performance des carrefours car ceux-ci présentent des lieux d'échanges et de conflits où la fluidité de la circulation et la sécurité du trafic sont indispensables

L'analyse des carrefours sera basée sur les données recueillies lors des enquêtes directionnelles, qui doivent fournir les éléments permettant de faire le diagnostic de leur fonctionnement.

X.2. LES DIFFERENTS TYPES DES CARREFOUR :

Les principaux types de carrefour que présentent les zones urbaines sont :

X.2.1. Carrefour à trois branches (en T) :

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches secondaires unique et orthogonale, Le courant rectiligne domine, mais les autres courants peuvent être aussi d'importance semblable.

X.2.2. Carrefour à trois branches (en Y) :

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches, comportant une branche secondaire uniquement et dont l'incidence avec l'axe principale est oblique (s'éloignant de la normale de plus 20°).

X.2.3. Carrefour à quatre branches (en croix) :

C'est un carrefour plan à quatre branches deux à deux alignées (ou quasi).

X.2.4. Carrefour type giratoire ou carrefour giratoire :

C'est un carrefour plan comportant un îlot central (normalement circulaire) matériellement infranchissable, ceinturé par une chaussée mise à sens unique par la droite, sur laquelle débouchent différentes routes et annoncé par une signalisation spécifique.

Les carrefours giratoires sont utiles aux intersections de deux ou plusieurs routes également chargées, lorsque le nombre des véhicules virant à gauche est important. La circulation se fait à sens unique autour du terre-plein (circulation ou avale). Aucune intersection ne subsiste; seuls des mouvements de convergence, de divergence et d'entrecroisement s'y accomplissent dans des conditions sûres et à vitesse relativement faible.

Les longueurs d'entrecroisement qui dépendent des volumes courants de circulation qui s'entrecroisent, déterminent le rayon du rond-point.

Une courbe de petit rayon à l'entrée dans le giratoire freine les véhicules et permet la convergence sous un angle favorable (30 à 40°). En revanche, la sortie doit être

de plus grand rayon pour rendre le dégagement plus aisé.

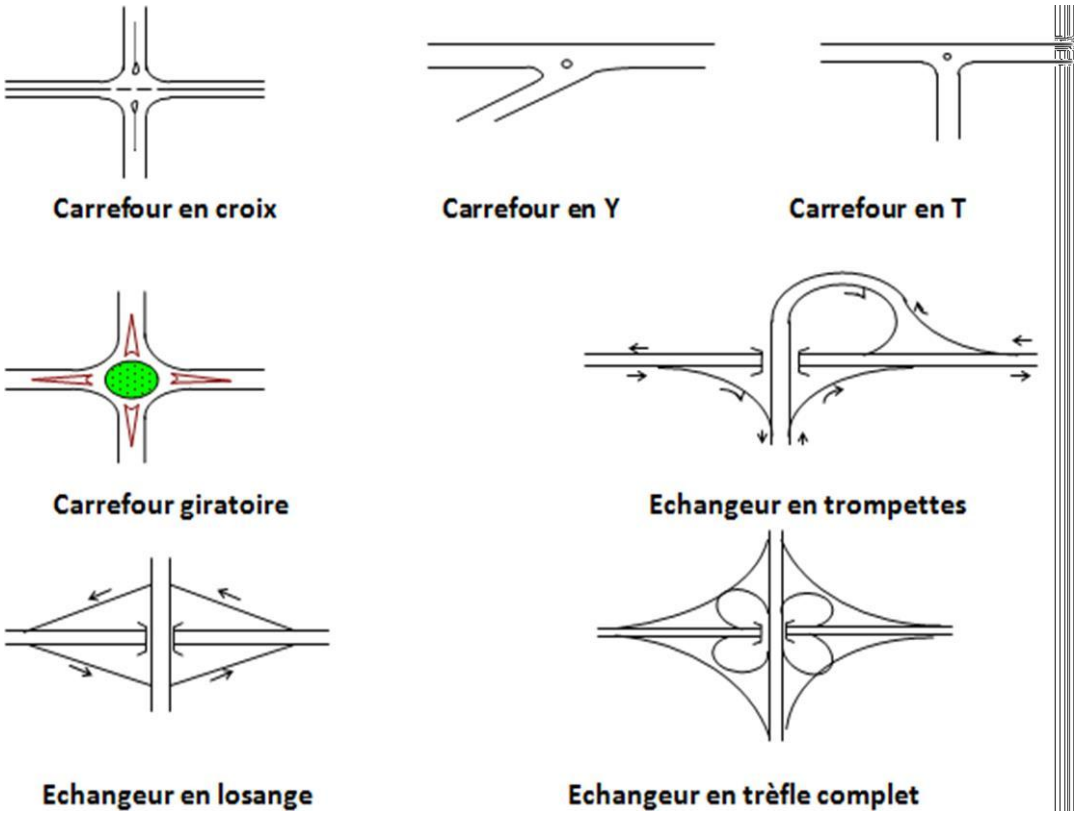


Figure X- 1 Différents types des carrefours

X.3. DONNEES UTILES À L'AMENAGEMENT D'UN CARREFOUR :

Le choix d'un aménagement de carrefour doit s'appuyer sur un certain nombre des données essentielles concernant :

- La valeur de débit de circulation sur les différentes branches et l'intensité des mouvements tournant leur évolution prévisible dans le future.
- Les types et les causes des accidents constatés dans le cas de l'aménagement d'un carrefour existant.
- Les vitesses d'approche à vide pratique.
- Les caractéristiques des sections adjacentes et des carrefours voisins.
- Le respect de l'homogénéité de tracé.
- La surface neutralisée par l'aménagement.
- La condition topographique.

X.4. PRINCIPES GENERAUX D'AMENAGEMENT :

- Les cisaillements doivent se produire sous un angle de 90 ± 20à fin d'obtenir de meilleure condition de visibilité et la prédication des vitesses sur l'axe transversal, aussi avoir une largeur traversée minimale.
- Ralentir à l'aide des caractéristiques géométriques les courants non Prioritaires.
- Regrouper les points d'accès à la route principale.
- Assurer une bonne visibilité de carrefour.
- Soigner tout particulièrement les signalisations horizontales et verticales.
- Eviter si possible les carrefours à feux bicolores.

X.4.1. La visibilité :

Dans toute zone d'approche du carrefour, on doit assurer d'excellentes conditions de visibilité entre véhicules et sur les îlots.

En cas de visibilité insuffisante il faut prévoir :

- Une signalisation appropriée dont le but est soit d'imposer une réduction de vitesse soit de changer les régimes de priorité.
- Renforcer par des dispositions géométriques convenables (inflexion des tracés en plan, îlot séparateur ou débouché des voies non prioritaires.

X.4.2. Les îlots :

Les îlots séparateurs sont des éléments physiques obligatoires dans la conception des carrefours giratoires, leur géométrie est déterminante pour la fonctionnalité du carrefour, sa capacité et sa sécurité, de forme triangulaire, ils comblent l'espace entre la voie d'entrée et la voie de sortie de chaque branche du carrefour giratoire et permettent aux piétons de s'y réfugier quant ils traversent le carrefour.

Pour un îlot séparateur, les éléments principaux de dimensionnement sont :

- Décalage entre la tête de l'îlot séparateur de la route secondaire et la limite de la chaussée de la route principale : 1(m).
- Décalage d'îlot séparateur à gauche de l'axe de la route secondaire : 1(m).
- Rayon en tête d'îlot séparateur : 0.5 m à 1(m).
- Longueur de l'îlot : 15 m à 30 (m).

X.5. DIMENSIONNEMENT DU CARREFOUR :

Caractéristiques Géométriques Des Carrefours Giratoires :

X.5.1. L'îlot central :

Il est recommandé de donner à l'îlot central une forme circulaire (la sécurité étant meilleur sur les girations circulaires)

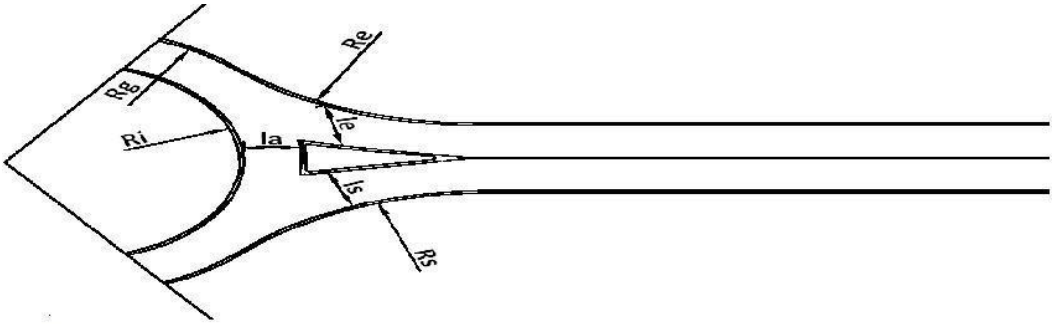
En milieu interurbain, une valeur de 15 à30 m en général suffisante

Le tableau ci-dessous récapitule les différents paramètres de construction donnes aux paragraphes précédents, avec la valeur du rayon de giratoire (Rg)

Tableau X- 1 les différents paramètres de construction

Rg	Rayon du giratoire	Paramétrage
La	Largeur de l'anneau	6m ≤ La ≤9m
Ri	Rayon intérieur	Rg-La
Re	Rayon d'entrée	10m ≤ Re ≤ 15m, et ≤ Rg
Le	Largeur de la voie entrante	Le=4m
Rs	Rayon de sortie	15≤ Rs ≤ 30m, et > Ri
La	Largeur de la voie sortante	4m ≤ Ls ≤ 8m
Rr	Rayon de raccordement	Rr = 4rg

Le schéma ci-dessous donne un exemple de construction à partir des données fournies auxparagraphes précédents :



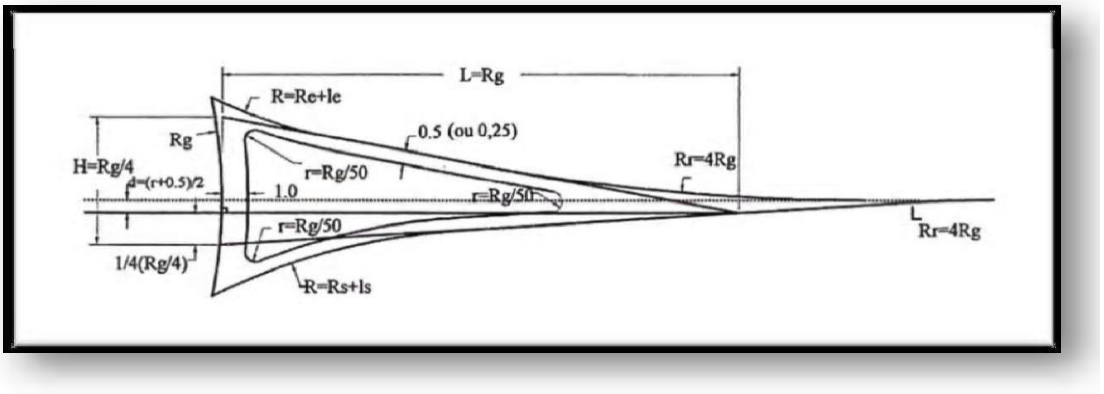
X.5.2. Les ilots séparateurs :

L'ilot séparateur a généralement la forme d'un triangle (son dessin est réalisé à partir d'untriangle dit de « construction »). Les ilots séparateurs remplissent diverses fonctions principales comme :
En situation d'approche, ils favorisent la perception du carrefour.
Ils offrent une surface séparant les mouvements entrants et sortants, ils permettentd'éviter des collisions entre les deux sens de circulation.
Ils permettent l'implantation de la signalisation de direction.
Enfin, ils évitent les « prises à contre sens »de l'anneau…etc.

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

Tableau X- 2 les différents paramètres de construction des ilots séparateurs pour un rayon Rg

Rg : rayon du giratoire	Paramétrage
L : Longueur du triangle de constriction	L=Rg
H : hauteur du triangle de construction	H=Rg/4
d : déport de l'ilot sur l'axe	d=(0.5+Rg/50)/2
r : rayon des raccordements de bordures	r=Rg/50



]

Figure X-2 Schéma donne un mode de construction pour les ilots séparateurs.

X.6. APPLICATION AU PROJET :

Le projet comporte l'aménagement de cinq carrefours au niveau des croisements avec le réseau existant, dont les raccordements en début de projet à la RN 40 à l'Ouest de Berhoum et à la fin de projet à la RN 40 à la sortie Est de la ville.

Tableau X- 3 carrefours au niveau des croisements avec le réseau existant

Localisation /Justification	Type
Intersection avec RN 40 (début du projet)	Carrefour giratoire
Intersection avec route d'Ouled M'barek	Carrefour giratoire
Intersection avec piste revêtue	Carrefour plan en croix
Intersection avec CW 1	Carrefour giratoire
Intersection avec RN 40 (fin de projet)	Carrefour giratoire

X.6.1. Carrefour giratoire - Intersection avec route d'Ouled M'barek :

Il s'agit de l'aménagement en giratoire de l'intersection avec la route de Sidi M'barek.

C'est un carrefour giratoire à quatre (04) branches dont deux (02) à 2x2 voies et une (01) à 02 voies de circulation.

Les caractéristiques géométriques annulaires sont résumées dans les tableaux suivants.

Caractéristiques géométriques de l'anneau :

Tableau X- 4 Caractéristiques géométriques de l'anneau

Rayon de giration extérieur (m)	Rayon de giration intérieur (m)	Largeur de chaussée annulaire (m)
23.00	15.00	8.00

Il est présenté ci-après la vue en plan du giratoire.

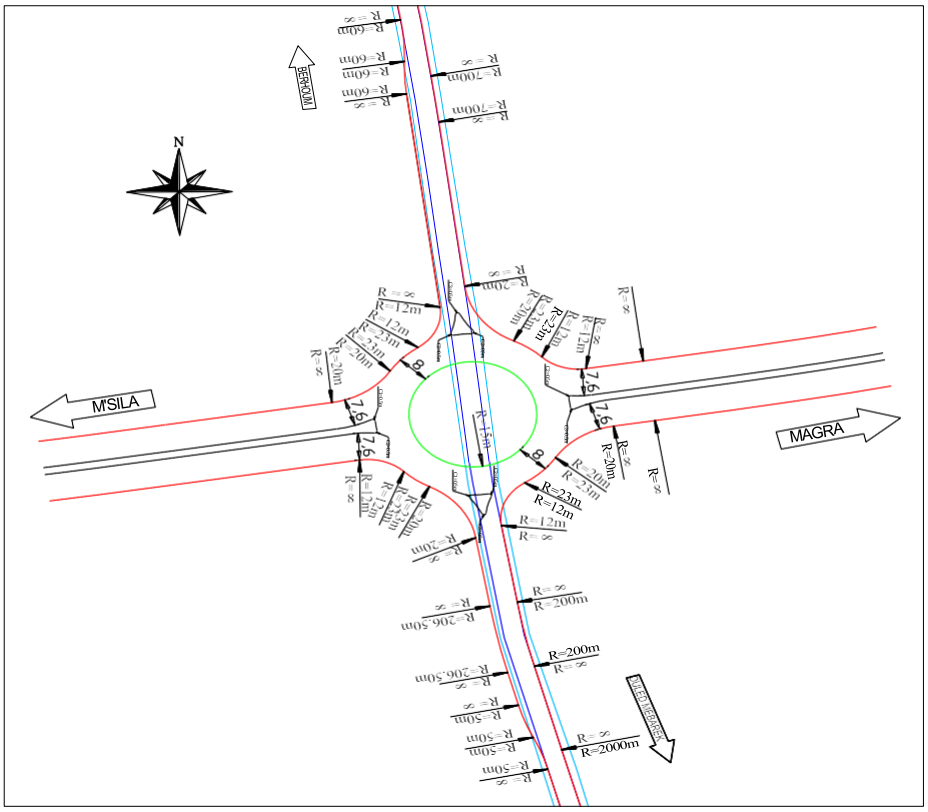


FIGURE X.3. Tracé en plan de l'aménagement projeté

X.6.2. Carrefour plan - Intersection avec piste revêtue abscisse 03+020 :

Il s'agit de l'aménagement en giratoire de l'intersection avec la piste récemment revêtue à L'abscisse 03+020.

C'est un carrefour plan en croix à quatre (04) branches dont deux (02) à 2x2 voies de circulation.

Les caractéristiques géométriques sont résumées dans les tableaux suivants.

Caractéristiques géométriques

Rayon d'entrée à droite (m)	Rayon d'entrée à gauche (m)	Rayon de sortie à droite (m)	Rayon de sortie à gauche (m)
10.00	18.00	16.00	12.00

Il est présenté ci-après la vue en plan du carrefour sur photo satellitaire du site.

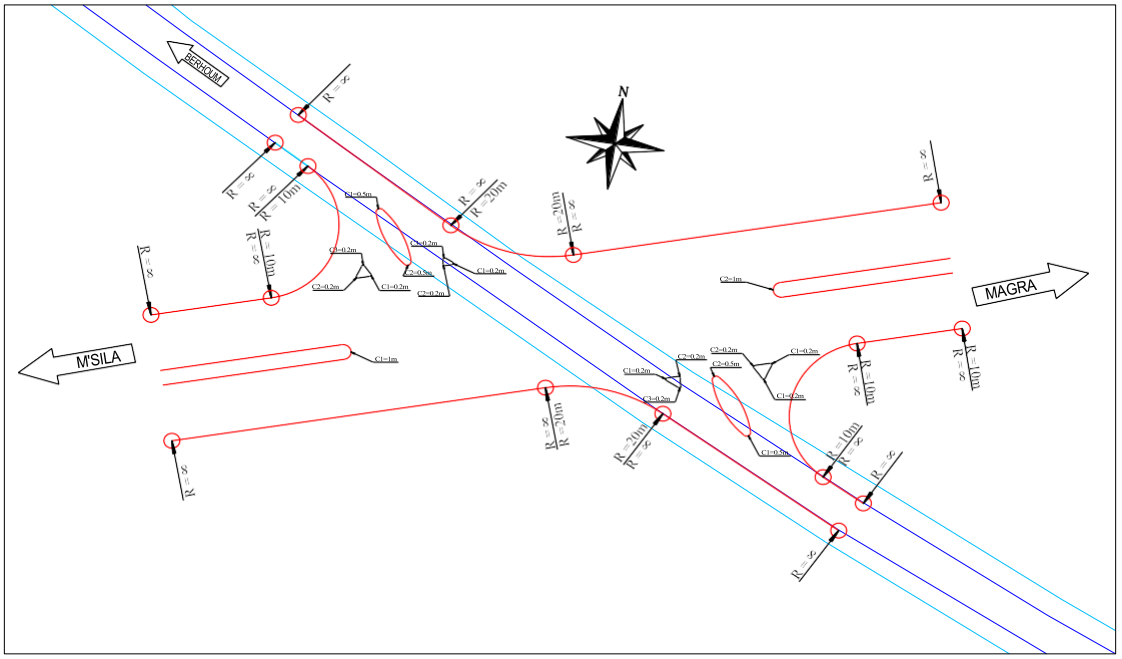


FIGURE X.4. Tracé en plan de l'aménagement projeté

CHAPITRE XI

Ouvrages d’arts

XI.1. INTRODUCTION :

On appelle un pont tout ouvrage permettant à une voie de circulation de franchirles routes et les pistes existantes et les voies ferrées ou pour éviter un obstacle naturel, Selon le cas, on distingue : pont-route, pont-rail, pont canal.

Ce chapitre présentera les ouvrages d'art à réaliser, ainsi le type de l'ouvrage à concevoir pour franchir les obstacles d'une façon générale.

XI.2. PRESENTATION DES OUVRAGES :

Dans notre projet on a trois ponts qui franchir des oueds, présents sur la figure suivants :

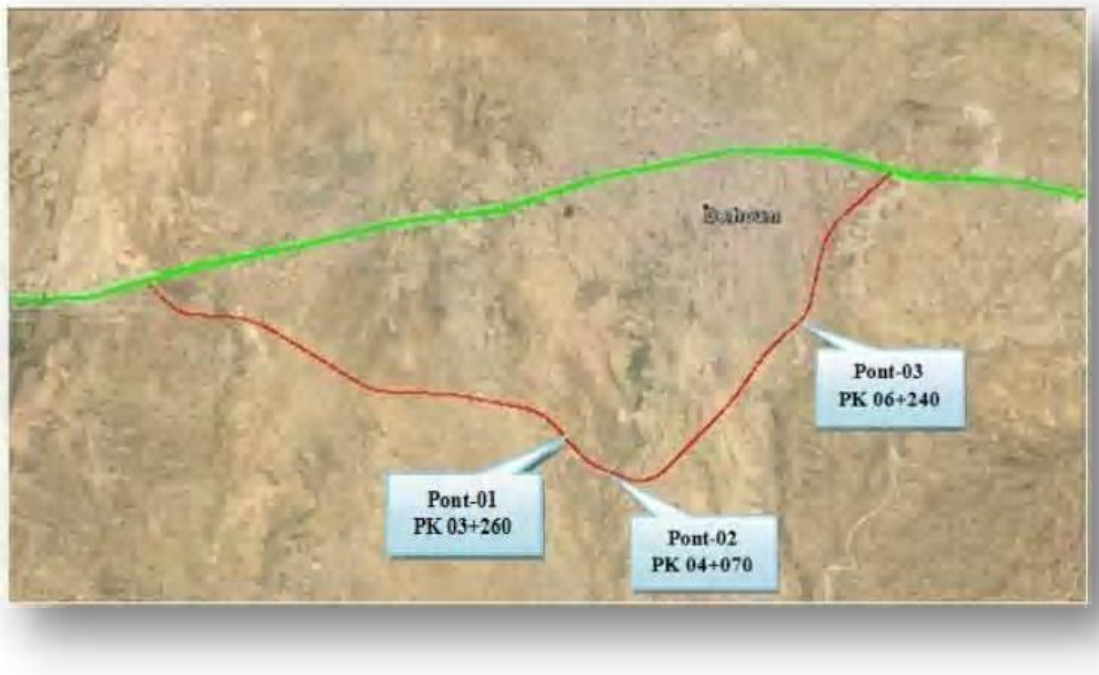


Figure XI- 1 Implantation des ouvrages d'arts

Tableau XI- 1 la représentation de chaque OA

N°	PK	Longueur (m)	Gabarit (m)
01	03+260	160	12.3
02	04+070	140	12
03	06+240	80	9.5



Figure XI- 2 Les figures suivants représentes les oueds à franchir

XI.3. CONCEPTION DES PONTS :

Afin de définir les solutions possibles pour le franchissement en question, il est important de faire le tour des différents types de ponts, à savoir :

- Les ponts en béton.
- Les ponts métalliques.
- Les ponts mixtes.
- Les ponts en béton précontraint.

Chacun de ces ouvrages est justifié suivant les contraintes et sa géométrie. L'implantation d'un type d'ouvrage est justifiée suivant le rapport technico économique. La porte dominante d'un ouvrage (c'est -à- dire la plus grande travée) est un facteur déterminant du type d'ouvrage.

A présent, nous avons réduit notre champ de sélection on premier lieu, aux la proposition de trois variantes de conception pour les ouvrages de notre projet qui sont les suivantes :

- 1ère Variante : Pont à poutres en béton armé.
- 2ème Variante : Pont mixte (béton armé plus charpente métallique).
- 3ème Variante : Pont à poutres précontraintes.

XI.4. PRESENTATION DES VARIANTES :

XI.4.1. 1ère Variante : Pont à poutres en béton armé :

Ce type d'ouvrage a été largement employé au début. Le tablier est constitué des poutres longitudinales, qui sont solidarisés entre elles par des entretoises sur appuis en travées, et par un hourdis formant la couche de roulement.

Tableau XI- 2 les avantages et les inconvénients de la variante 01

Les avantages	Les inconvénients
- Economique. - Maniabilité dans la réalisation. - Rationnel en cas des tassements différentiels	- Portée limité à 20 m. - Implantation d'une pile massive sur TPC. - Limitation de gabarit à cause de la hauteur totale demandée par un tablier en BA. - Inconfort au niveau de joint de chaussée.

XI.4.2. 2ème Variante : Pont mixte :

Un pont mixte est un pont constitue par l'association d'un squelette métallique et d'une dalle en béton armé par l'intermédiaire de connecteur empêchant le glissement et le soulèvement de la dalle par rapport au squelette. La gamme usuelle des portées de ce mode de construction se situe entre 30 et 110 m pour les travées continues et de 25 à 90 m pour les travées indépendantes.

Les ponts mixtes ont connu un grand développement cette dernière années grâce au progrès de l'industrie métallurgique et au développement des peintures anti corrosion, ils sont devenus une solution très répondue dans le domaine des travaux publics. Il y a deux systèmes qui peuvent être conçu pour ce genre de pont.

- ✓ Travée indépendante (isostatique).
- ✓ Travée continue (hyperstatique).

Tableau XI- 3 les avantages et les inconvénients de la variante 02

Les avantages	Les inconvénients
- Rapidité et simplicité de mise en œuvre. - Possibilité de franchir de grandes portéesavec une grande compétitivité. - simplicité d'usinage des poutres à ame pleine. - Possibilité d'extension et de réparation des poutres. - Légèreté par rapport aux tabliers des autres types de ponts qui va rendre le transport aisé, on raison du poids peu élevé qui permet de transporter loin en particulier à l'exécution. - Le peu d'échaufaudage necessaire.	- - Le problème majeur des ponts métallique et mixte c'est l'entretient contre la corrosion et le phénomène de fatigue dans les assemblages. - Le risque de flambement des pièces comprimées, et le risque du renversement ou le voilement lors du montage ainsi qu'en service. - Demande des mains d'œuvre qualifiées (surtout les soudeurs). - Une résistance au feu très faible Le coût est plus élevé.

XI.4.3. 3ème Variante : Pont à poutres précontraintes :

Les ponts poutres préfabriqués en béton précontraint sont souvent très économiques, pour des portées allant jusqu'à une trentaine de mètres en précontrainte par prés tension, et pour des portéescomprises entre **30** et **50 m** en précontrainte par poste tension. Bien entendu, cette conception est d'autant plus intéressante que le nombre de poutres à réaliser est plus grand, en effet, un viaduc comportant de nombreuses travées justifie des moyens des mises en place spécifiquement adaptés.

Tableau XI- 4 les avantages et les inconvénients de la variante 03

Les avantages	Les inconvénients
- Permet d'éviter le recours aux cintres s'appuyant au sol .on s'affranchit ainsi de nombreuses liées à la Brèche pour la réalisation du tablier. - Permet d'envisager des formes de poutres assez Élaborées plus difficile a coffrer mais permettant defaire travailler au mieux la matière. - La maîtrise de la méthode d'exécution. - La facilité du contrôle de réalisation ainsi que la rapidité d'exécution des travaux. - Ce type de structure provient de son fonctionnement isostatique qui a la rend pratiquement insensible aux déformations imposées, en particulier au tassement différentielle des appuis et aux effets d'un gradient thermique. - L'absence à peu près complète de pathologie grave.	- Inconfort ressenti par l'usager au passage de Chaque jour. - Déformation des poutres par fluage due à Compression excessive de leur partie Inférieure. - Ne s'adapte que plus difficilement aux Franchissements biais ou courbe. - La structure à poutres est plus sensible que les structures massives aux chocs transversaux de véhicules hors gabarits. - Le type de cet ouvrage est moins esthétique.

XI.5. STRUCTURE DE PONT RETENUE :

Après avoir examiné les types d'ouvrages possibles, nous avons choisi de prendre la variante qui est pont à poutres en béton précontraint, pour tous les avantages économiques et la facilité de construction et d'entretien, pour les trois ponts de notre projet.

Tableau XI- 5 la récapitulation de conception des ouvrages existant

N°	PK	Longueur (m)	Gabarit (m)	Largeur total (m)	Largeur roulable (m)	Portée (m)	Nbr des travées	Variante retenu
01	03+260	160	12.3	9.6	7.6	40	4	pont à poutres en **BP** poste tension
02	04+070	140	12	9.6	7.6	35	4	pont à poutres en **BP** poste tension
03	06+240	80	9.5	9.6	7.6	40	2	pont à poutres en **BP** poste tension

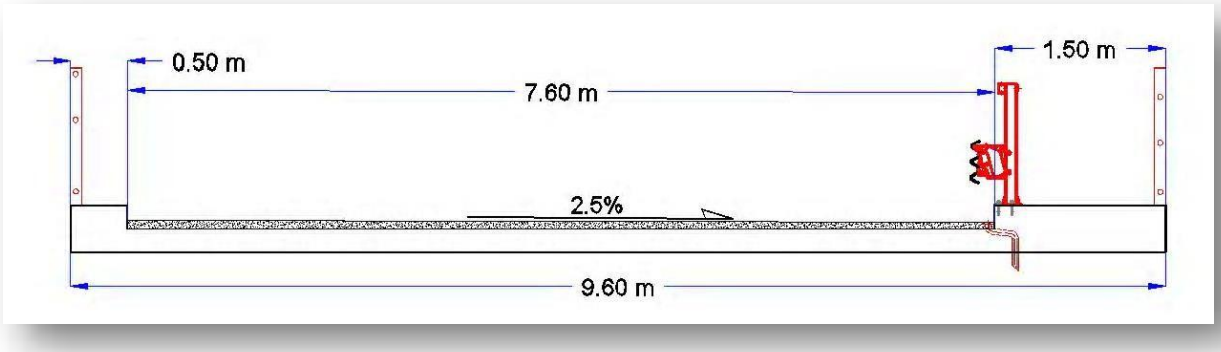


Figure XI- 3 Coupe transversale des ouvrages existants

CHAPITRE XII

Signalisation et éclairage

XII.1. INTRODUCTION :

La signalisation routière est un élément essentiel du paysage routier, servant de moyen de communication vital pour les conducteurs. Elle doit être planifiée et installée de manière à guider efficacement les conducteurs tout au long de leur trajet, les aidant à ajuster leur conduite en fonction des différentes situations rencontrées, afin d'éviter toute confusion ou erreur de manœuvre.

La signalisation routière a pour objet :

- De rendre plus sûr la circulation routière ;
- De faciliter cette circulation ;
- D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police.
- De donner des informations relatives à l'usage de la route.

XII.2. TYPES DE SIGNALISATION :

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation verticale.
- Signalisation horizontale.

XII.2.1. Signalisation verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme, on distingue :

XII.2.1.1. Signalisation avancée :

- Le signal A24 est placé à une distance de 150m de l'intersection.
- Le signale B3 accompagné dans tous les cas d'un panneau additionnel (Modèle G5) est implanté sur la route prioritaire.

XII.2.1.2. Signalisation de position :

Le signal de type B2 « arrêt obligatoire » est placé sur la route ou les usagers doivent marquer l'arrêt.

XII.2.1.3. Signalisation de direction :

L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75°.

XII.2.2. Signalisation horizontale :

Elle concerne uniquement les marquages sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation.

TYPE DE SIGNALISATION :

La signalisation horizontale se divise en trois types :

XII.2.2.1. Marquages longitudinaux :

- Lignes axiales, on distingue les lignes continues infranchissables, lignes discontinues, lignes de dissuasion.
- Lignes de rive.
- Lignes de délimitation de vitesse.

XII.2.2.2. Marquages transversaux :

- Lignes d'arrêt.
- Lignes « céder le passage ».
- Passage pour piétons.

XII.2.2.3. Marquages complémentaires :

- Flèches de sélection de rives.
- Flèches de rabattement.
- Indications particulières.

DIMENSIONS DES MARQUAGES :

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

- U = 7,5 cm ; sur routes de types autoroutier et voies rapides urbaines.
- U = 6 cm ; sur routes express a une chaussée et routes principales bidirectionnelles.
- U = 5 cm ; sur les autres routes.

Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un U= 6 cm.

MODULATION DES LIGNES DISCONTINUES :

Trois types de modulation ont été retenus, se différenciant par rapport des pleins aux vides ; ces modulations (tirets plus intervalles) sont des multiples ou sous- multiples de 13 (m).

Le tableau ci-après donne leurs caractéristiques

Type de modulation	Longueur de trait (en m)	Intervalles entre 2 traits successifs (en m)	Rapport plein vide
T_1	3.00	10,00	**Environ 1/3**
T'_1	1,50	5,00	
T_2	3,00	3,50	**Environ 1**
T'_2	0,50	0,50	
T_3	3,00	1,33	**Environ 3**
T'_3	20,00	6,00	

TABLEAU XII.3 : Modélisation des lignes

XII.3. LES CRITERES A RESPECTER POUR LES SIGNALISATIONS :

Il est indispensable avant d'entamer la conception de la signalisation de respecter certains critères. Afin que celle-ci soit bien vue, lue et comprise :

- Homogénéité entre la géométrie de la route et la signalisation.
- Respecter les règles d'implantation.
- Cohérence entre les signalisations verticales et horizontales.
- Eviter les panneaux publicitaires irréguliers.
- Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'usager.

XII.4. APPLICATION AU PROJET :

Dans le cadre de l'étude de l'évitement de la ville Berhoum, tout en respectant les critères énoncés précédemment ainsi que la réglementation Signalisation et marquages routière Algérienne. Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour l'étude sont les suivants :

XII.4.1. Signalisation verticale :

Les signaux routiers qui sont utilisé pour l'évitement de Berhoum sont :

	
A1b Virage à gauche	**A1a** Virage à droite
	
Limitation de vitesse 100 km/h	**Limitation de vitesse 100 km/h**
	
Cédez le passage signal avance	**Arret d'intersection**

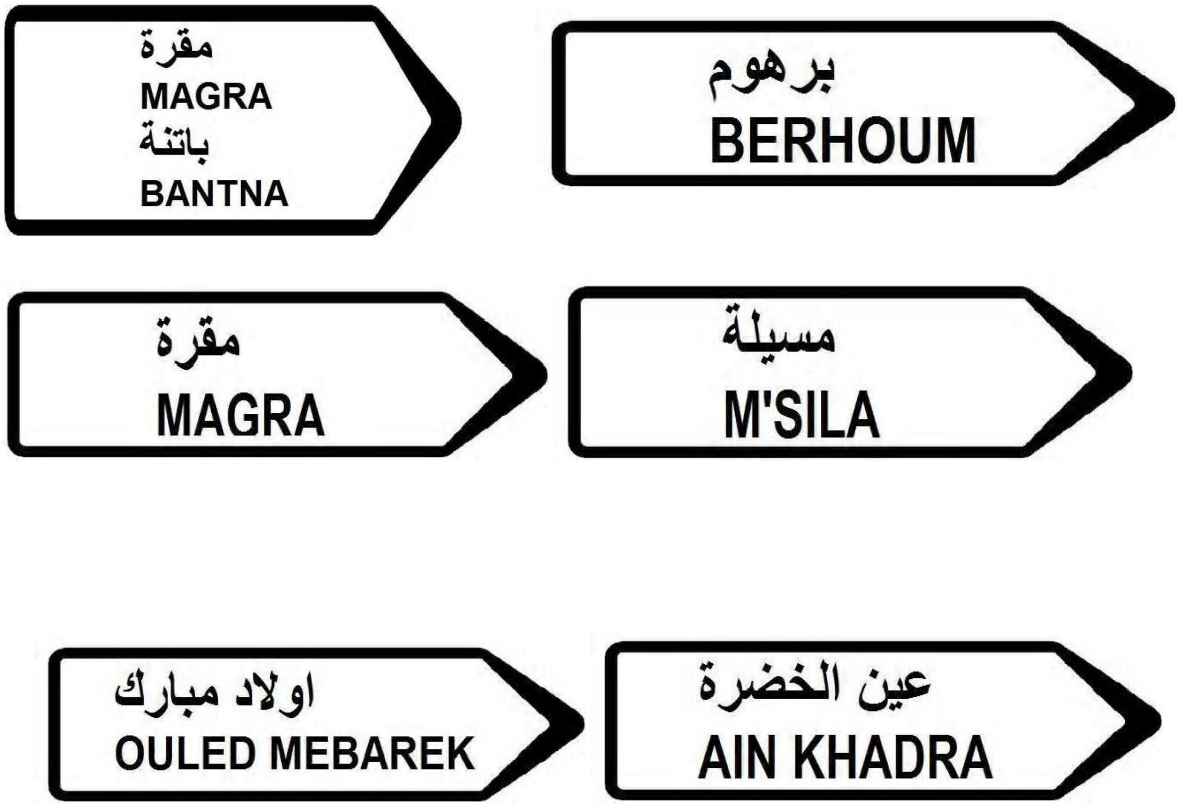
	
Succession de virage dont le premier est à gauche	**Succession de virage dont le premier est à droite**

Les signaux routiers qui sont utilisé pour les carrefours sont :

	
Obligation de tourne à gauche	**Carrefour à sens giratoire**
	
Sens interdit à tout véhicule	**Cédez le passage à l'intersection. Signal de position**

	
Obligation de tourner à gauche avant le panneau	**Obligation de tourner à droite avant le panneau**

Signalisation de direction :



XII.4.2. Signalisation horizontale :

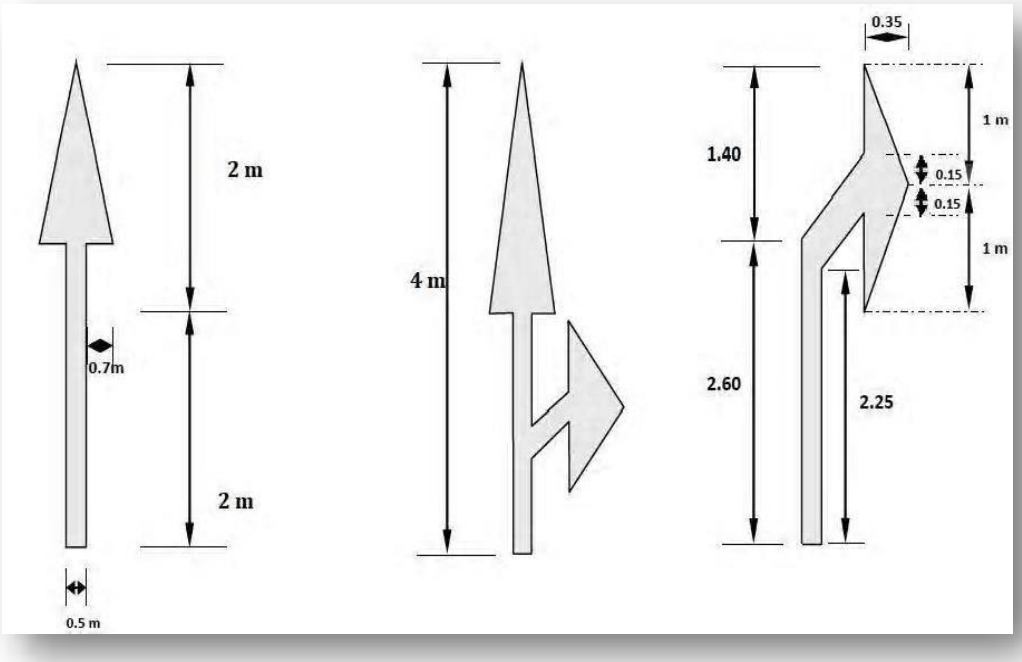
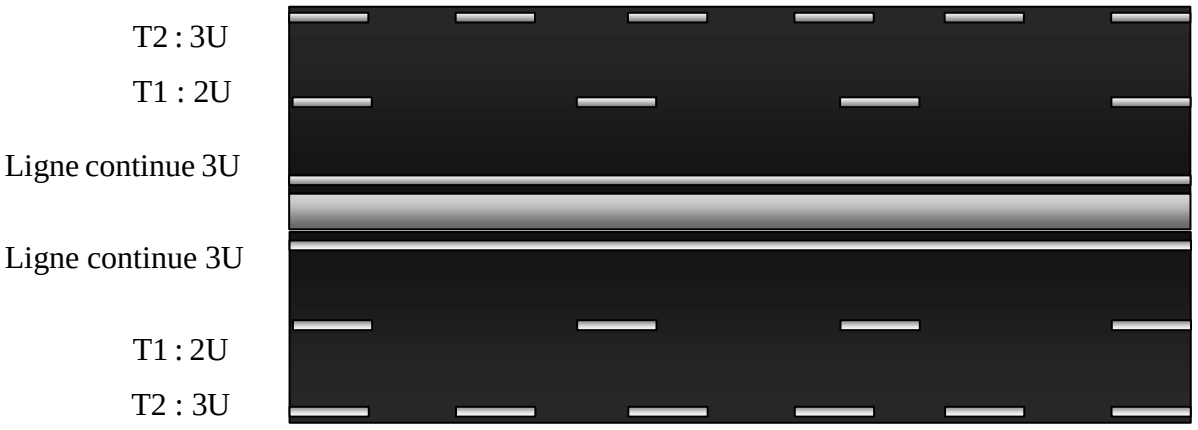


Figure XII- 1 Flèches de sélection



XII.5. ECLAIRAGE :

L'éclairage public doit permettre aux usagers de la voie de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible.

Pour l'automobiliste, il s'agit de percevoir distinctement en les localisant avec certitude et dans un temps utile, les points singuliers de la route et les obstacles éventuels autant que possible sans l'aide des projecteurs de route ou de croisement.

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

- Eclairage général d'une route ou une autoroute, **catégorie A**.
- Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), **catégorie B**.
- Eclairage des voies de cercle, **catégorie C**.
- Eclairage d'un point singulier (carre four, virage…) situé sur un itinéraire
- non éclairé, **catégorie D**.

XII.6. PARAMETRES DE L'IMPLANTATION DES LUMINAIRES :

L'espacement (e) entre luminaires : qui varie en fonction du type de voie.

La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et parfois 12 m pour les grandes largeurs de chaussées.

La largeur (l) de la chaussée.

La porte à faux (p) du foyer par rapport au support.

L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.

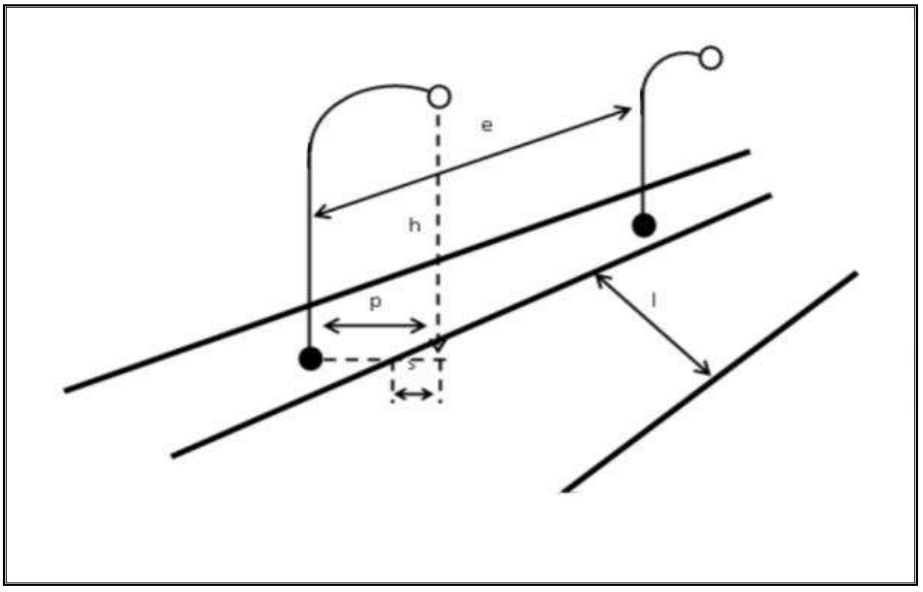


Figure XII- 2 PARAMETRES DE L'IMPLANTATION DES LUMINAIRES

XII.7. APPLICATION AU PROJET :

Pour notre projet routier, les lampadaires avec deux foyers portés chacun par un support éclairant sont implantés dans le terrain plain central avec :

- L'espacement entre luminaires e = 20 m.
- La hauteur du luminaire h = 10 m.
- La largeur de la chaussée I = 7.6 m.

CHAPITRE XIII

Impact sur l'environnement

.1. INTRODUCTION :

La réalisation de l'évitement de la ville de Berhoum s'accompagnera certainement d'impacts positifs et probablement d'impacts négatifs sur le milieu existant, que ce soit pendant les travaux ou pendant l'exploitation de la nouvelle infrastructure.
Ces impacts négatifs sont liés à la difficulté d'insérer le projet, considéré comme corps étranger, dans un milieu naturel en équilibre et les modifications irréversibles qui seront occasionnées à ce dernier.
Dans ce document, il est recensé les divers impacts que peut avoir le projet de l'évitement de la ville de Berhoum sur son milieu environnant, notamment sur l'environnement, le bâti et l'agriculture, ainsi que les mesures à prendre pour éliminer ou du moins atténuer ces impacts négatifs

.2. EVALUATION DES EFFETS DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT :

.2.1. Impacts temporaires liés aux travaux :

L'analyse et l'évaluation des impacts sur les composantes environnementales sensibles sont conduites de manière à décrire les effets sur chacune des composantes, depuis l'ouverture du chantier jusqu'à la mise en service de l'infrastructure.

A chacune des activités liées aux travaux correspond un effet positif ou négatif sur une ou plusieurs composantes de l'environnement.

.2.2. Impacts positifs :

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

.2.3. Impacts négatifs :

Les principaux impacts négatifs peuvent être énumérés comme suit :

.2.3.1. Impacts dus à la pollution de l'air :

Pendant les travaux, la poussière est en suspension sous l'effet des vents soufflant sur les stocks de réserves de matériaux et autres surfaces poussiéreuses, ou suite à une action mécanique, par exemple le crissement de pneus sur le sable ou route poussiéreuse. La construction en général provoque des poussières occasionnelles.

Les émissions de poussière se feront ressentir d'une façon accrue en phase de terrassements.

Aussi, le chantier imposera l'utilisation d'engins qui produiront des émissions de CO_2 …etc. L'intensité de ces émissions dépendra du type et nombre d'engins mis à disposition du chantier qui vont affecter sur la qualité de l'air ambiant qui causera :

- Une diminution de visibilité localisée et temporaire.
- Une élévation temporaire du taux de brouillard.

L'impact dépendra de la direction des vents et de la proximité des récepteurs.

Dans notre cas, le projet est suffisamment loin des habitations (ville de Berhoum).

Par ailleurs, les installations de chantier seront loin des zones urbaines.

Ceci étant, l'impact des émissions de poussières liées au chantier seront faibles.

.2.3.2. Impacts sur les sols :

D'une façon générale, les impacts seront liés à la hauteur des terrassements (déblais et remblais) qui ont un effet notable sur l'apparition du phénomène d'érosion mécanique par les eaux pluviales.

Le projet passe sur un site vallonné et caractérisé par des terrassements modérés et avec des hauteurs faibles à moyennes. A cet effet, l'impact du projet sur le sol est faible à moyen.

.2.3.3. Impact sur les eaux de surfaces et les eaux souterraines :

Les risques encourus vis-à-vis de la pollution des eaux de surface et des eaux souterraines sont dus essentiellement à un mauvais stockage et à la décharge inappropriée des eaux usées, ainsi qu'à la décharge de déchets solides. Dans ce sens, nous distingueront deux types de déchets :

- Les déchets domestiques provenant des bureaux : La production d'eaux usées domestiques dépendra du niveau de consommation d'eau. Pour la taille du projet, l'estimation journalière en termes de consommation d'eau devra se situer entre 5 000 et 10 000 litres.
- Les déchets industriels : Ils résultent de la maintenance et du nettoyage des équipements et engins de réalisation. En effet, les eaux usées provenant du nettoyage des équipements et des engins contiennent des polluants tels que les détergents industriels puissants ainsi que certains solvants nécessaires au nettoyage des graisses.

Aussi, d'autres risques de pollution sont représentés par le déversement accidentel ou des fuites de matières et matériaux telles que les huiles et les bitumes.

Toutefois, les installations étant localisées, l'impact du projet sur les cours d'eau et eaux de surface est moyen.

.2.3.4. Impacts dus à l'accroissement du bruit et vibrations :

Les travaux de construction de la route et l'ensemble des ouvrages au niveau du projet sont générateurs d'émissions sonores et acoustiques dues aux engins et équipements lourds mis à la

disposition du chantier à la phase de réalisation. Ces engins sont dotés d'une puissance avoisinant les 300 Cv produisant du bruit et vibration assez élevés (pouvant atteindre voire dépasser les 100 dB).

En fonction de la distance, les bruits émis par les engins sur le site seraient au niveau de la perception.

TABLEAU XIII.1. bruits et vibrations

Distance (m)	Bruit des engins 200 Cv<Puissance<300 Cv)	Bruit des engins (Puissance< 200 Cv)
50	63.36 dB	60.36 dB
100	56.43 dB	53.43 dB
150	52.38 dB	49.38 dB
200	49.51 dB	46.51 dB
300	45.46 dB	42.46 dB
400	42.58 dB	39.58 dB
500	40.36 dB	37.36 dB

Par ailleurs, la réglementation algérienne en matière d'émission de bruit admet un niveau sonore maximal de 70 dB en période diurne et 45 dB en période nocturne.

Etant donné qu'aucune habitation n'est à proximité de la route, l'impact sonore concerne beaucoup plus le personnel du chantier et qui devra être muni d'équipement de protection personnalisé.

En phase des travaux, les engins mis à la disposition du chantier sont générateur d'émissions sonores et vibrations dont l'importance de l'impact est jugé moyenne pour le projet, du fait que le projet est caractérisé par :

- Les déblais rocheux nécessitant l'usage du brise-roche sont minimes, voire inexistants
- L'éloignement des carrières et gites d'emprunt.

Ces trois paramètres atténuent relativement la nuisance sonore et acoustique.

.2.3.5. Impact sur le climat :

Pendant les travaux, le microclimat sur la zone du projet peut être altéré par les travaux de réalisation, l'utilisation d'engins et le trafic de chantier entraineront une faible augmentation des émissions polluantes dues aux gaz de combustion et à l'apparition de poussières.

.2.3.6. Impacts des travaux sur le paysage :

La zone d'étude est caractérisée par un paysage plutôt vallonné. Le choix du tracé et l'absence d'aménagements spécifiques (échangeurs, passages dénivelés) font que la réalisation du projet n'engendrera pas des modifications sensibles sur le paysage.

.2.3.7. Impacts sur la faune, la flore, l'espace naturel et les équilibres biologiques :

Le couvert faunistique étant constitué en sa majorité de mammifères (le lièvre brun, le porc épic, le rat noir, le hérisson d'Algérie, le hérisson du désert, le lynx et l'hyène rayée), les oiseaux (bécasseau, barges, gravelot héron garde bœuf, aigrette, grue,…), les reptiles (agame de biberon, caméléon commun, fouette queue, lézard), Les travaux de construction produiront des perturbations dans le milieu faunique provoquées par la présence des engins et équipements générateur de bruits qui provoqueront une modification dans le comportement des espèces entrainant leur déplacement temporaire. L'impact sur la faune est généralement non significatif.

Concernant la flore, la zone d'étude est implantée sur une région steppique, à sol peu évolué et très peu fertile.

Aucune espèce végétale sensible n'a été observée au niveau de la zone du projet mais la perte des espaces sera constatée par la mise en œuvre de la plate forme du projet.

L'influence du projet sur la flore est limitée et son impact apparait faible dans l'ensemble pour le projet.

.2.3.8. Impacts sur l'agriculture :

La réalisation du projet aura un impact minime sur le rendement agricole au vu de la faiblesse des sols du point de vue pédologique et la quasi absence d'exploitations agricoles.

La nature juridique des terrains traversés fait apparaître que la totalité des terres appartient à des propriétaires privés. La procédure d'indemnisation et d'expropriation pour cause d'utilité publique est nécessaire, elle constitue un élément exceptionnel pour l'acquisition de ces surfaces.

XIII.2.3.8. Impacts sur le bâti :

Au vu des espaces offerts et des choix de conception judicieux, aucun impact sur le bâti n'est à signaler.

L'importance de l'impact sur le bâti est jugée insignifiante.

.2.4. Impacts durables liés à l'exploitation :

.2.4.1. Impacts positifs :

Les principaux impacts positifs attendus de l'exploitation de l'évitement de la ville de Berhoum sont comme suit :

- **Amélioration du confort et de la sécurité des usagers :**

L'un des objectifs de la réalisation du projet est l'amélioration du niveau de service offert à l'usager, comprenant évidemment les aspects liés au confort et à la sécurité. En effet, le dédoublement de la route met l'usager dans de meilleures conditions de circulation ; plus de souci de dépassement ou de cisaillement rencontrés sur la route bidirectionnelle.

- **Diminution du temps de parcours :**

La réalisation du projet permettra une meilleure fluidité des flux de trafic et un gain en temps de parcours pour les usagers, dont les retombées économiques sont palpables que ce soit pour l'usager ou pour l'Etat.

- **Diminution de la pollution de l'air :**

L'éloignement du trafic de transit notamment les poids lourds réduira considérablement la pollution de l'air en milieu urbain de l'agglomération de Berhoum.

- **Diminution des nuisances sonores et acoustiques :**

Les nuisances sonores et acoustiques sont directement liées à l'intensité du trafic. Ainsi l'évitement de la ville de Berhoum, qui éloignera près de 80 % du trafic qui passe habituellement par la ville, permettra de réduire très sensiblement les nuisances sonores et acoustiques dans la zone urbaine de Berhoum.

.2.4.2. Impacts négatifs :

Les principaux impacts négatifs générés par la réalisation du projet de l'évitement de la ville de Berhoum concernent :

- **Impacts sur les terres :**

La réalisation de l'infrastructure engendre une perte définitive des terres occupée par cette dernière.

La totalité des terres affectées par le projet appartient à des particuliers. La procédure

d'indemnisation et d'expropriation pour cause d'utilité publique est nécessaire, elle constitue un élément exceptionnel pour l'acquisition de ces surfaces.

- **Impacts sur l'agriculture :**

Étant donné que la zone du projet est à très faible rendement agricole, l'évitement de la ville de Berhoum se fera sur des terrains de faible fertilité. Ceci étant, la perte en termes de valeur agricole est insignifiante.

L'importance de l'impact est jugée faible.

- **Impacts sur les ressources en eau :**

Cet impact est relatif à la pollution des eaux superficielles et profondes transport par les eaux de ruissellement pluviales, à travers le dispositif de drainage jusqu'au milieu récepteur (cours d'eau), des divers éléments déposés sur la chaussée, notamment : résidus, pneumatiques, huiles, produits minéraux et organiques, métaux lourds issu des émissions polluantes des véhicules, de l'usure ou de la corrosion d'équipements de la route ou de pièces de véhicules (plomb, zinc, cadmium, nickel, cuivre…).

1 XIII3. CONCLUSION :

En conclusion de ce qui a été développé en matière d'évaluation des différents impacts du projet, en phase de travaux et en phase d'exploitation, sur l'environnement dans ses composantes physique, naturelle et humaine, le projet n'engendrera que très peu d'effets nuisibles à l'environnement, notamment la perte irréversible des terres, qui demeurent à très faible potentialité agricole.

En contrepartie, le projet aura des retombées importantes pour l'Etat et la collectivité.

CHAPITRE XIV

Devis estimatif et quantitatif

XIV.1. DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF :

N °	Principaux postes de travaux	Unité	Quantités	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
1	**Acquisition de terrain**	m²	20440	1000	**20 440 000**
	Total 1				**20 440 000**
2	**Installation de chantier et repliement**	Forfait	/	3% du Total (3+6)	**24 185 736**
	Total 2				**24 185 736**
3	**Terrassements**				
3-1	Décapage de la terre végétale épaisseur de 20 cm	m²	289540	100	**28 954 000**
3-2	Déblai	m³	193041	500	**96 520 500**
3-3	Remblai	m³	287617	500	**143 808 500**
Total 3					**269 283 000**

4	**Assainissement**				
4-1	Buse en BA type hydro canal : diamètres 800 mm	ml	100	25 000	**2 500 000**
4-2	Buse en BA type hydrocanal : diamètres 1000 mm	ml	25	30 000	**750 000**
4-3	Buse en BA type hydro canal : diamètres 1200mm	ml	25	35 000	**875 000**
Total 4					**4 125 000**

5	**Ouvrages courants**				
5-1	Dalot	m²	48	100 000	**4 800 000**
Total 5					**4 800 000**

6	Chaussée				
6-1	Couche de forme (Tuf)	m^3	64300	800	**51 440 000**
6-2	Couche de fondation (GNT)	m^3	52805	2 200	**116 171 000**
6-3	Couche de base (GB) $_{GB}$ = 2.2 T/m^3)	T	48022	5 500	**264 121 000**
6-4	Couche de roulement (BB $_{BB}$ = 2.4 T/m^3)	T	15718	5 500	**86 449 000**
6-5	Couche d'imprégnation en cut-back 700 à 800 g/m	T	93	78 000	**7 254 000**
6-7	Couche d'accrochage Dosée 200 à 300 g/m	T	35	58 000	**2 030 000**
6-8	TPC (Tuf)	m^3	11804	800	**9 443 200**
Total 6					**536 908 200**

7	Ouvrages d'art				
7-1	Pont à poutre en BP	m^2	7296	220 000	**1 605 120 000**
Total 7					**1 605 120 000**
8	**Séparateur en béton armé**	ml	7121	7200	**51 271 200**
	Total 8				**51 271 200**
9	**Impact sur l'environnement**	Forfait	/	1 % du total (3+6)	**8 061 912**
	Total 9				**8 061 912**
10	**Déviation des réseaux**	Forfait	/	3 % du total (3+6)	**24 185 736**
	Total 10				**24 185 736**
11	**Eclairage, signalisation et équipements**	Forfait	/	5 % du total (3+6)	**40 309 560**

	routier				
	Total 11				40 309 560

12	Contrôle (bureau d'étude et laboratoir	Forfait	/	2 % du total (3+6)	16 123 824
	Total 12				16 123 824

Total brute (H.T)	**2 605 064 168**
TVA (17%)	**442 860 909**
Total (DA. TTC)	**3 047 925 077**

Total : 3 047 925 077DA

Trois milliard quarante-sept million neuf cent vingt-cinq mille soixante-dix-sept Dinars Algérie

CONCLUSION GENERAL

Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour mette en application les connaissances théoriques acquises pendant le cycle de notre formation.
Cette étude nous a permis de cerner tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter dans un projet routier.
Elle a été l'occasion pour nous de tirer profit de l'expérience de personnes du domaine et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet des travaux publics.
Il ressort de ce travail que la réalisation d'un projet routier n'est pas une chose aise, c'est par une documentation très ample qu'on doit s'orienter dans une réflexion tout en faisant appel à des connaissances théoriques.
Encore une fois, ce modeste travail nous a poussés à mieux maitriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels AUTOPISTE AUTO- CAD vue leur traitement rapide et précision de leurs résultats.
De toute façon, il nous a immerge dans le milieu professionnel dans lequel nous serons appelles à édifier notre ville et de contribuer à son développement.

Bibliographie :

[1] Le Catalogue des Structures types de Chaussées Neuves établi par le SETRA-LCPC(2000, juillet).
[2] B40 (normes techniques d'aménagement des routes).
[3] Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves fascicule 1, 2,3, (C.T.T.P), **Novembre 2001**
[4] Manuel de projets de routes, (GOUMETTRE Ahmed, KALLI Fatima-Zohra), OPU ,2012.
[5] ICTAAL : Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison, 12 Décembre 2000.
[6] Normes SÉTRA (Service d'Études techniques des routes et autoroutes): Guide technique –Assainissement routier en date d'octobre 2006,
[7] Normes SÉTRA : Guide technique – Cours d'eau et ponts en date de juillet 2007,
[8] Normes SÉTRA (Service d'Études techniques des routes et autoroutes): Guide techniquedu drainage routier (Mars 2006)
[9] Musy A,& Higy C,, 1998 Hydrologie Appliquée, France

Webographie :

- http://www.Google.com
- http://www.setra.com
- http://www.Wikipédia.org/
- technique-ingénieur.fr

Logiciels utilises :

- ALIZE III
- AUTOCAD (2016)
- AUTOPISTE
- COVADIS 16
- GLOBAL MAPPER 15

ANNEXES

Trace en plan					
ELEM	CARACTERISTIQUES	LONGUEUR	ABSCIsE	X	**Y**
			0	10086.079	**10084.147**
DROI	GIS = 124.659g	198.539			
			198.539	10269.909	**10009.152**
CLOT	A = 187.748	117.498			
	Rf= 300.000				
			316.036	10381.175	**9972.022**
ARC	XC= 10438.279	100.703			
	YC= 10266.537				
	R = 300.000				
			416.739	10481.378	**9969.649**
CLOT	Rd= 300.000	117.498			
	A = 187.748				
			534.237	10594.277	**10001.471**
DROI	GIS = 78.355g	166.289			
			700.527	10751.047	**10056.925**
CLOT	A = 326.190	133			
	Rf= -800.000				
			833.527	10877.576	**10097.774**
ARC	XC= 11080.816	235.02			
	YC= 9324.022				
	R = -800.000				
			1068.547	11110.337	**10123.477**
CLOT	Rd= -800.000	133			
	A = 326.190				
			1201.547	11242.729	**10111.219**
DROI	GIS = 108.625g	659.356			
			1860.903	11896.043	**10022.161**
CLOT	A = 257.876	133			
	Rf= 500.000				
			1993.903	12028.387	**10010.064**
ARC	XC= 12029.628	116.046			
	YC= 10510.062				
	R = 500.000				
			2109.948	12143.427	**10023.184**
CLOT	Rd= 500.000	133			
	A = 257.876				
			2242.948	12269.648	**10064.772**
DROI	GIS = 76.916g	324.562			
			2567.511	12573.105	**10179.899**
CLOT	A = 364.692	133			
	Rf= -1000.000				

			2700.511	12698.447	10224.3
ARC	XC= 12990.249 YC= 9267.821 R = -1000.000	4.115			
			2704.626	12702.385	**10225.493**
CLOT	Rd= -1000.000 A = 364.692	133			
			2837.626	12831.302	**10258.09**
DROI	GIS = 86.316g	380.502			
			3218.127	13203.048	**10339.248**
CLOT	A = 229.632 Rf= -400.000	131.827			
			3349.955	13333.033	**10360.229**
ARC	XC= 13353.089 YC= 9960.732 R = -400.000	122.722			
			3472.677	13454.624	**10347.631**
CLOT	Rd= -400.000 A = 229.632	131.827			
			3604.504	13577.547	**10300.446**
DROI	GIS = 128.605g	178.903			
			3783.408	13738.693	**10222.738**
CLOT	A = 209.141 Rf= 350.000	124.971			
			3908.379	13854.125	**10175.314**
ARC	XC= 13947.747 YC= 10512.560 R = 350.000	16.313			
			3924.692	13869.939	**10171.318**
CLOT	Rd= 350.000 A = 209.141	124.971			
			4049.663	13994.044	**10158.22**
DROI	GIS = 99.149g	147.45			
			4197.113	14141.481	**10160.192**
CLOT	A = 187.748 Rf= 300.000	117.498			
			4314.611	14258.416	**10169.406**
ARC	XC= 14196.112 YC= 10462.865 R = 300.000	237.881			
			4552.492	14448.9	**10301.315**
CLOT	Rd= 300.000 **A = 187.748**	117.498			

			4669.99	14498.658	10407.536
DROI	GIS = 23.735g	539.998			
			5209.988	14695.352	**10910.437**
CLOT	A = 399.500 Rf= 1200.000	133			

			5342.988	14741.495	**11035.157**
ARC	XC= 13601.438 YC= 11409.684 R = 1200.000	58.777			
			5401.765	14758.465	**11091.424**
CLOT	Rd= 1200.000 A = 399.500	133			
			5534.765	14788.974	**11220.859**
DROI	GIS = 13.561g	179.671			
			5714.436	14826.957	**11396.469**
CLOT	A = 282.489 Rf= -600.000	133			
			5847.436	14859.837	**11525.266**
ARC	XC= 15428.649 YC= 11334.338 R = -600.000	4.441			
			5851.877	14861.266	**11529.471**
CLOT	Rd= -600.000 A = 282.489	133			
			5984.877	14913.659	**11651.638**
DROI	GIS = 28.144g	133.231			
			6118.109	14970.658	**11772.061**
CLOT	A = 187.748 Rf= 300.000	117.498			
			6235.606	15013.82	**11881.129**
ARC	XC= 14722.870 YC= 11954.259 R = 300.000	68.078			
			6303.685	15022.814	**11948.463**
CLOT	Rd= 300.000 A = 187.748	117.498			
			6421.183	15009.792	**12065.035**
DROI	GIS = 388.635g	292.884			
			6714.067	14957.785	**12353.265**
CLOT	A = 257.876 Rf= -500.000	133			
			6847.067	14940.005	**12484.966**
ARC	**XC= 15439.487** **YC= 12507.716** R = -500.000	**178.281**			
			7025.347	14963.48	**12660.743**
CLOT	Rd= -500.000 A = 257.876	133			
			7158.347	15015.198	**12783.162**
DROI	GIS = 28.269g	462.048			
			7620.395	15213.691	**13200.401**

LONGUEUR DE L'AXE 7559.3319 m

Profil en long				
ELEM	CARACTERISTIQUESDESE LEMENTS	LONGUEUR	ABSCISE	**Z**
			0	**495.5**
DROI	PENTE= -1.847 %	536.937		
			536.937	**485.6**
PARA	S= 610.8289 Z= 484.9137	49.533		
	R = 4000.00			
			586.47	**485**
DROI	PENTE= -0.609 %	710.569		
			1297.039	**480.7**
PARA	S= 1321.3977 Z= 480.5866	87.617		
	R = 4000.00			
			1384.656	**481.1**
DROI	PENTE= 1.581 %	154.396		
			1539.052	**483.5**
PARA	S= 1633.9399 Z= 484.2788	134.824		
	R = -6000.00			
			1673.876	**484.1**
DROI	PENTE= -0.666 %	590.341		
			2264.217	**480.2**
PARA	S= 2284.1850 Z= 480.1501	56.321		
	R = 3000.00			
			2320.537	**480.4**
DROI	PENTE= 1.212 %	88.212		
			2408.75	**481.4**
PARA	S= 2481.4544 Z= 481.8798	136.644		
	R = -6000.00			
			2545.394	**481.5**
DROI	PENTE= -1.066 %	458.843		
			3004.237	**476.6**
PARA	S= 2908.3271 Z= 477.1604	73.564		
	R = -9000.00			
			3077.8	**475.6**
DROI	PENTE= -1.883 %	631.624		
			3709.424	**463.7**
PARA	S= 3765.9154 Z= 463.1392	74.314		
	R = 3000.00			
			3783.738	**463.2**
DROI	PENTE= 0.594 %	953.527		
			4737.265	**468.9**
PARA	S= 4772.9111 Z= 468.9629	103.679		
	R = -6000.00			
			4840.944	**468.6**
DROI	PENTE= -1.134 %	259.63		

			5100.574	**465.6**
PARA	S= 5134.5903 Z= 465.4405 R = 3000.00	61.536		
			5162.109	**465.6**
DROI	PENTE= 0.917 %	1300.481		
			6462.591	**477.5**
PARA	S= 6398.3794 Z= 477.2015 R = 7000.00	108.206		
			6570.797	**479.3**
DROI	PENTE= 2.463 %	645.973		
			7216.77	**495.2**
PARA	S= 7438.4492 Z= 497.9660 R = -9000.00	3.52		
			7220.289	**495.3**
DROI	PENTE= 2.424 %	400.106		
			7620.395	**505**

LONGUEUR DE L'AXE 7620.395 m

TABULATION								
b PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEVGAU	**DEVDRO**
1	0	495.515	495.515	10086.079	10084.147	224.659g	2.5	**-2.5**
2	20	494.661	495.146	10104.598	10076.592	224.659g	2.5	**-2.5**
3	40	493.921	494.776	10123.116	10069.037	224.659g	2.5	**-2.5**
4	60	493.82	494.407	10141.634	10061.483	224.659g	2.5	**-2.5**
5	80	494.097	494.037	10160.153	10053.928	224.659g	2.5	**-2.5**
6	100	493.724	493.668	10178.671	10046.373	224.659g	2.5	**-2.5**
7	120	493.317	493.298	10197.189	10038.819	224.659g	2.5	**-2.5**
8	140	492.937	492.929	10215.708	10031.264	224.659g	2.5	**-2.5**
9	160	492.507	492.559	10234.226	10023.71	224.659g	2.5	**-2.5**
10	180	491.66	492.19	10252.744	10016.155	224.659g	2.5	**-2.5**
11	200	491.722	491.82	10271.263	10008.6	224.657g	2.5	**-2.4**
12	220	491.302	491.451	10289.798	10001.089	224.243g	2.5	**-1.03**
13	240	490.515	491.082	10308.424	9993.804	223.107g	2.5	**0.35**
14	260	490.172	490.712	10327.216	9986.959	221.248g	2.5	**1.72**
15	280	489.881	490.343	10346.234	9980.774	218.667g	3.09	**3.09**
16	300	489.76	489.973	10365.517	9975.475	215.363g	4.47	**4.47**
17	320	490.01	489.604	10385.071	9971.293	211.351g	5.57	**5.57**
18	340	490.331	489.234	10404.858	9968.404	207.107g	5.57	**5.57**
19	360	490.228	488.865	10424.793	9966.84	202.863g	5.57	**5.57**
20	380	488.405	488.495	10444.788	9966.607	198.619g	5.57	**5.57**
21	400	486.624	488.126	10464.754	9967.707	194.375g	5.57	**5.57**
22	420	486.465	487.756	10484.602	9970.135	190.140g	5.35	**5.35**
23	440	485.654	487.387	10504.257	9973.821	186.375g	3.97	**3.97**
24	460	484.648	487.017	10523.687	9978.552	183.332g	2.6	**2.6**
25	480	484.178	486.648	10542.901	9984.098	181.012g	2.5	**1.23**

26	500	484.496	486.279	10561.937	9990.233	179.414g	2.5	**-0.15**
27	520	484.256	485.909	10580.85	9996.736	178.539g	2.5	**-1.52**
28	540	484.152	485.541	10599.71	10003.393	178.355g	2.5	**-2.5**
29	560	483.891	485.237	10618.565	10010.062	178.355g	2.5	**-2.5**
30	580	483.448	485.033	10637.42	10016.732	178.355g	2.5	**-2.5**
31	600	482.862	484.905	10656.275	10023.401	178.355g	2.5	**-2.5**
32	620	482.275	484.784	10675.13	10030.071	178.355g	2.5	**-2.5**
33	640	481.65	484.662	10693.985	10036.741	178.355g	2.5	**-2.5**
34	660	478.473	484.54	10712.84	10043.41	178.355g	2.5	**-2.5**
35	680	475.263	484.418	10731.696	10050.08	178.355g	2.5	**-2.5**
36	700	474.415	484.297	10750.551	10056.749	178.355g	2.5	**-2.5**
37	720	473.845	484.175	10769.41	10063.408	178.469g	1.77	**-2.5**
38	740	476.75	484.053	10788.293	10069.998	178.822g	1.02	**-2.5**
39	760	479.266	483.931	10807.225	10076.447	179.414g	0.26	**-2.5**
40	**780**	**481.17**	**483.809**	**10826.227**	**10082.684**	**180.245g**	**-0.49**	**-2.5**

41	**800**	**482.512**	**483.688**	**10845.32**	**10088.637**	**181.316g**	**-1.24**	**-2.5**
42	820	483.134	483.566	10864.522	10094.231	182.626g	-1.99	**-2.5**
43	840	484.482	483.444	10883.843	10099.394	184.163g	-2.5	**-2.5**
44	860	485.542	483.322	10903.287	10104.075	185.754g	-2.5	**-2.5**
45	880	486.299	483.2	10922.842	10108.269	187.346g	-2.5	**-2.5**
46	900	485.683	483.079	10942.495	10111.973	188.937g	-2.5	**-2.5**
47	920	485.25	482.957	10962.235	10115.184	190.529g	-2.5	**-2.5**
48	940	484.996	482.835	10982.049	10117.901	192.120g	-2.5	**-2.5**
49	960	484.73	482.71	11001.92	10120.12	193.712g	-2.5	-

		5	3	5	2			**2.5**
50	980	484.378	482.591	11021.85	10121.846	195.303g	-2.5	**-2.5**
51	1000	483.948	482.47	11041.812	10123.07	196.895g	-2.5	**-2.5**
52	1020	483.165	482.348	11061.799	10123.796	198.486g	-2.5	**-2.5**
53	1040	482.759	482.226	11081.797	10124.021	200.078g	-2.5	**-2.5**
54	1060	482.352	482.104	11101.794	10123.747	201.670g	-2.5	**-2.5**
55	1080	482.708	481.983	11121.779	10122.975	203.222g	-2.07	**-2.5**
56	1100	482.873	481.861	11141.741	10121.747	204.557g	-1.32	**-2.5**
57	1120	482.819	481.739	11161.676	10120.139	205.652g	-0.57	**-2.5**
58	1140	482.753	481.617	11181.584	10118.226	206.508g	0.19	**-2.5**
59	1160	482.268	481.495	11201.469	10116.082	207.125g	0.94	**-2.5**
60	1180	482.8	481.374	11221.336	10113.783	207.503g	1.69	**-2.5**
61	1200	483.401	481.252	11241.194	10111.404	207.641g	2.44	**-2.5**
62	1220	483.085	481.13	11261.014	10108.726	208.625g	2.5	**-2.5**
63	1240	482.768	481.008	11280.831	10106.025	208.625g	2.5	**-2.5**
64	1260	482.082	480.886	11300.647	10103.323	208.625g	2.5	**-2.5**
65	1280	481.361	480.764	11320.464	10100.622	208.625g	2.5	**-2.5**
66	1300	480.717	480.644	11340.281	10097.921	208.625g	2.5	**-2.5**
67	1320	480.255	480.587	11360.097	10095.219	208.625g	2.5	**-2.5**
68	1340	479.922	480.63	11379.914	10092.518	208.625g	2.5	**-2.5**

69	1360	480.497	480.773	11399.731	10089.817	208.625g	2.5	**-2.5**
70	1380	481.138	481.016	11419.548	10087.115	208.625g	2.5	**-2.5**
71	1400	481.669	481.329	11439.364	10084.414	208.625g	2.5	**-2.5**
72	1420	482.066	481.646	11459.181	10081.712	208.625g	2.5	**-2.5**
73	1440	482.535	481.962	11478.998	10079.011	208.625g	2.5	**-2.5**
74	1460	482.885	482.278	11498.815	10076.31	208.625g	2.5	**-2.5**
75	1480	482.863	482.595	11518.631	10073.608	208.625g	2.5	**-2.5**
76	1500	483.102	482.911	11538.448	10070.907	208.625g	2.5	**-2.5**
77	1520	483.061	483.227	11558.265	10068.206	208.625g	2.5	**-2.5**
78	1540	483.066	483.543	11578.081	10065.504	208.625g	2.5	**-2.5**
79	1560	483.047	483.823	11597.898	10062.803	208.625g	2.5	**-2.5**
80	1580	483.044	484.036	11617.715	10060.102	208.625g	2.5	**-2.5**
81	1600	483.064	484.183	11637.532	10057.4	208.625g	2.5	**-2.5**
82	1620	482.906	484.263	11657.348	10054.699	208.625g	2.5	**-2.5**
83	**1640**	**482.732**	**484.276**	**11677.165**	**10051.998**	**208.625g**	**2.5**	**-2.5**

84	**1660**	**482.543**	**484.222**	**11696.982**	**10049.296**	**208.625g**	**2.5**	**-2.5**
85	1680	482.241	484.105	11716.799	10046.595	208.625g	2.5	**-2.5**
86	1700	481.971	483.972	11736.615	10043.894	208.625g	2.5	**-2.5**
87	1720	481.701	483.839	11756.432	10041.192	208.625g	2.5	**-2.5**
88	1740	481.23	483.706	11776.249	10038.491	208.625g	2.5	**-2.5**
89	1760	480.742	483.573	11796.065	10035.789	208.625g	2.5	**-2.5**
90	1780	480.495	483.44	11815.882	10033.088	208.625g	2.5	**-2.5**
91	1800	479.996	483.306	11835.699	10030.387	208.625g	2.5	**-2.5**
92	1820	479.916	483.173	11855.516	10027.685	208.625g	2.5	**-2.5**
93	1840	480.221	483.04	11875.332	10024.984	208.625g	2.5	**-2.5**
94	1860	480.495	482.907	11895.149	10022.283	208.625g	2.5	**-2.5**
95	1880	480.616	482.774	11914.968	10019.599	208.450g	2.5	**-1.67**
96	1900	480.708	482.641	11934.802	10017.028	207.893g	2.5	**-0.8**
97	1920	481.075	482.508	11954.665	10014.692	206.953g	2.5	**0.07**
98	1940	481.382	482.375	11974.566	10012.708	205.630g	2.5	**0.94**
99	1960	482.13	482.241	11994.509	10011.199	203.924g	2.5	**1.81**
100	1980	482.359	482.108	12014.487	10010.285	201.836g	2.68	**2.68**
101	2000	482.605	481.975	12034.484	10010.086	199.382g	3.29	**3.29**
102	2020	482.326	481.842	12054.474	10010.68	196.835g	3.29	**3.29**
103	2040	482.107	481.709	12074.424	10012.073	194.289g	3.29	**3.29**
104	2060	481.885	481.576	12094.303	10014.262	191.742g	3.29	**3.29**
105	2068.727	481.721	481.518	12102.946	10015.467	190.631g	3.29	**3.29**
106	2080	481.5	481.443	12114.078	10017.245	189.196g	3.29	**3.29**
107	2100	481.074	481.31	12133.718	10021.017	186.649g	3.29	**3.29**
108	2120	480.659	481.177	12153.192	10025.568	184.151g	2.85	**2.85**
109	2127.084	480.511	481.129	12160.046	10027.357	183.341g	2.54	**2.54**
110	2140	480.3	481.043	12172.485	10030.833	181.989g	2.5	**1.98**
111	2160	480.013	480.91	12191.606	10036.694	180.209g	2.5	**1.11**
112	2180	479.728	480.777	12210.576	10043.03	178.812g	2.5	**0.24**
11	2200	479.40	480.64	12229.42	10049.72	177.798g	2.5	**-**

3		8	4	2	4			**0.63**
114	2220	479.08	480.511	12248.181	10056.66	177.168g	2.5	**-1.5**
115	2240	478.733	480.378	12266.891	10063.726	176.920g	2.5	**-2.37**
116	2260	478.325	480.245	12285.59	10070.821	176.916g	2.5	**-2.5**
117	2280	478.188	480.153	12304.29	10077.915	176.916g	2.5	**-2.5**
118	2300	478.01	480.192	12322.989	10085.009	176.916g	2.5	**-2.5**
119	2320	477.823	480.364	12341.689	10092.104	176.916g	2.5	**-2.5**
120	2340	477.626	480.606	12360.388	10099.198	176.916g	2.5	**-2.5**
121	2360	477.432	480.849	12379.088	10106.292	176.916g	2.5	**-2.5**
122	2380	477.281	481.091	12397.787	10113.386	176.916g	2.5	**-2.5**
123	2400	477.148	481.333	12416.487	10120.481	176.916g	2.5	**-2.5**
124	2420	477.015	481.565	12435.186	10127.575	176.916g	2.5	**-2.5**
125	2440	476.768	481.737	12453.886	10134.669	176.916g	2.5	**-2.5**
126	**2460**	**476.921**	**481.841**	**12472.585**	**10141.764**	**176.916g**	**2.5**	**-2.5**

127	**2480**	**477.177**	**481.88**	**12491.285**	**10148.858**	**176.916g**	**2.5**	**-2.5**
128	2500	477.337	481.851	12509.984	10155.952	176.916g	2.5	**-2.5**
129	2520	477.379	481.756	12528.684	10163.047	176.916g	2.5	**-2.5**
130	2540	477.419	481.594	12547.383	10170.141	176.916g	2.5	**-2.5**
131	2560	477.457	481.383	12566.083	10177.235	176.916g	2.5	**-2.5**
132	2580	477.493	481.17	12584.783	10184.327	176.953g	2.5	**-2.5**
133	2600	477.503	480.957	12603.497	10191.384	177.168g	2.5	**-2.5**
134	2620	477.242	480.744	12622.245	10198.349	177.575g	2.5	**-2.5**
135	2640	477.113	480.531	12641.047	10205.165	178.173g	2.5	**-2.5**
136	2660	477.086	480.318	12659.923	10211.777	178.963g	2.5	**-2.5**
137	2680	477.064	480.105	12678.888	10218.125	179.944g	2.5	**-2.5**
138	2700	476.912	479.892	12697.958	10224.151	181.117g	2.5	**-2.5**
139	2720	476.737	479.678	12717.141	10229.81	182.333g	2.5	**-2.5**
140	2740	476.919	479.465	12736.421	10235.128	183.364g	2.5	**-2.5**
141	2760	477.267	479.252	12755.776	10240.163	184.202g	2.5	**-2.5**
142	2780	477.723	479.039	12775.19	10244.972	184.850g	2.5	**-2.5**
143	2800	478.532	478.826	12794.644	10249.612	185.306g	2.5	**-2.5**
144	2820	479.344	478.613	12814.124	10254.142	185.570g	2.5	**-2.5**
145	2840	479.693	478.4	12833.622	10258.596	186.316g	2.5	**-2.5**
146	2860	479.968	478.186	12853.161	10262.862	186.316g	2.5	**-2.5**
147	2880	479.644	477.973	12872.701	10267.128	186.316g	2.5	**-2.5**
148	2900	479.041	477.76	12892.241	10271.394	186.316g	2.5	**-2.5**
149	2920	478.388	477.547	12911.781	10275.66	186.316g	2.5	**-2.5**
150	2940	477.664	477.334	12931.32	10279.925	186.316g	2.5	**-2.5**
151	2960	477.16	477.121	12950.86	10284.191	186.316g	2.5	**-2.5**
152	2980	476.416	476.908	12970.4	10288.457	186.316g	2.5	**-2.5**
153	3000	474.923	476.694	12989.94	10292.723	186.316g	2.5	**-2.5**
154	3020	473.636	476.468	13009.479	10296.989	186.316g	2.5	**-2.5**
155	3040	472.938	476.197	13029.019	10301.255	186.316g	2.5	**-2.5**
156	3060	472.71	475.88	13048.55	10305.52	186.316g	2.5	**-**

		3	2	9	1			**2.5**
157	3080	472.629	475.523	13068.099	10309.786	186.316g	2.5	**-2.5**
158	3100	472.719	475.147	13087.639	10314.052	186.316g	2.5	**-2.5**
159	3120	473.338	474.77	13107.178	10318.318	186.316g	2.5	**-2.5**
160	3140	474.178	474.394	13126.718	10322.584	186.316g	2.5	**-2.5**
161	3160	473.982	474.017	13146.258	10326.85	186.316g	2.5	**-2.5**
162	3180	470.639	473.64	13165.798	10331.116	186.316g	2.5	**-2.5**
163	3200	468.219	473.264	13185.337	10335.382	186.316g	2.5	**-2.5**
164	3220	464.873	472.887	13204.877	10339.647	186.318g	2.41	**-2.5**
165	3240	461.412	472.51	13224.424	10343.881	186.605g	1.4	**-2.5**
166	3260	460.356	472.134	13244.005	10347.952	187.375g	0.39	**-2.5**
167	3280	463.961	471.757	13263.648	10351.712	188.627g	-0.62	**-2.5**
168	3300	465.033	471.381	13283.374	10355.01	190.363g	-1.62	**-2.5**
169	**3320**	**465.057**	**471.004**	**13303.192**	**10357.693**	**192.581g**	**-2.63**	**-2.63**

170	**3340**	**465.219**	**470.628**	**13323.098**	**10359.609**	**195.282g**	**-3.64**	**-3.64**
171	3360	465.367	470.251	13343.071	10360.607	198.405g	-4.14	**-4.14**
172	3380	465.482	469.874	13363.069	10360.608	201.589g	-4.14	**-4.14**
173	3400	465.347	469.498	13383.042	10359.609	204.772g	-4.14	**-4.14**
174	3420	464.559	469.121	13402.94	10357.613	207.955g	-4.14	**-4.14**
175	3440	463.722	468.744	13422.714	10354.626	211.138g	-4.14	**-4.14**
176	3460	462.99	468.368	13442.313	10350.654	214.321g	-4.14	**-4.14**
177	3480	462.448	467.991	13461.69	10345.708	217.472g	-3.77	**-3.77**
178	3500	461.848	467.615	13480.814	10339.86	220.237g	-2.76	**-2.76**

179	3520	461.318	467.238	13499.692	10333.258	222.518g	-1.76	**-2.5**
180	3540	461.206	466.861	13518.349	10326.054	224.317g	-0.75	**-2.5**
181	3560	460.45	466.485	13536.824	10318.396	225.633g	0.26	**-2.5**
182	3580	459.819	466.108	13555.168	10310.427	226.467g	1.27	**-2.5**
183	3600	459.89	465.732	13573.437	10302.288	226.817g	2.27	**-2.5**
184	3620	460.02	465.355	13591.505	10293.715	228.605g	2.5	**-2.5**
185	3640	459.969	464.978	13609.52	10285.028	228.605g	2.5	**-2.5**
186	3660	460.742	464.602	13627.535	10276.341	228.605g	2.5	**-2.5**
187	3680	462.241	464.225	13645.55	10267.654	228.605g	2.5	**-2.5**
188	3700	467.016	463.849	13663.564	10258.967	228.605g	2.5	**-2.5**
189	3720	468.603	463.491	13681.579	10250.28	228.605g	2.5	**-2.5**
190	3740	468.976	463.251	13699.594	10241.593	228.605g	2.5	**-2.5**
191	3760	469.24	463.145	13717.609	10232.906	228.605g	2.5	**-2.5**
192	3780	469.109	463.172	13735.624	10224.219	228.605g	2.5	**-2.5**
193	3800	468.68	463.289	13753.646	10215.547	228.404g	2.5	**-1.54**
194	3820	467.764	463.408	13771.734	10207.013	227.630g	2.5	**-0.38**
195	3840	466.297	463.526	13789.962	10198.783	226.274g	2.5	**0.78**
196	3860	466.203	463.645	13808.396	10191.027	224.335g	2.5	**1.94**
197	3880	466.234	463.764	13827.09	10183.922	221.815g	3.1	**3.1**
198	3900	464.323	463.883	13846.078	10177.649	218.712g	4.26	**4.26**
199	3920	462.613	464.002	13865.372	10172.391	215.125g	4.75	**4.75**
200	3940	462.121	464.121	13884.932	10168.229	211.658g	3.86	**3.86**
201	3960	463.064	464.239	13904.676	10165.051	208.757g	2.7	**2.7**
202	3980	463.744	464.358	13924.534	10162.685	206.438g	2.5	**1.54**
203	4000	463.325	464.477	13944.458	10160.953	204.701g	2.5	**0.38**
204	4020	462.915	464.596	13964.417	10159.673	203.547g	2.5	**-0.78**
205	4040	462.51	464.715	13984.392	10158.665	202.974g	2.5	**-1.94**
206	4060	455.548	464.833	14004.38	10158.359	199.149g	2.5	**-2.5**
207	4080	452.94	464.95	14024.37	10158.62	199.149g	2.5	**-2.5**

		8	2	9	6			
208	4100	459.892	465.071	14044.377	10158.894	199.149g	2.5	**-2.5**
209	4120	462.271	465.19	14064.375	10159.161	199.149g	2.5	**-2.5**
210	4140	464.635	465.309	14084.373	10159.428	199.149g	2.5	**-2.5**
211	4160	464.696	465.427	14104.372	10159.696	199.149g	2.5	**-2.5**
212	**4180**	**465.304**	**465.546**	**14124.37**	**10159.963**	**199.149g**	**2.5**	**-2.5**

213	4194.803	465.634	465.634	14139.171	10160.161	199.149g	2.5	-2.5
214	4200	465.638	465.665	14144.368	10160.231	199.141g	2.5	**-2.3**
215	4211.907	465.162	465.736	14156.274	10160.405	198.951g	2.5	**-1.48**
216	4220	464.891	465.784	14164.365	10160.555	198.676g	2.5	**-0.93**
217	4240	464.492	465.903	14184.356	10161.139	197.488g	2.5	**0.45**
218	4260	464.118	466.022	14204.327	10162.208	195.577g	2.5	**1.82**
219	4280	463.752	466.14	14224.246	10163.99	192.945g	3.19	**3.19**
220	4300	463.566	466.259	14244.059	10166.706	189.589g	4.57	**4.57**
221	4320	463.347	466.378	14263.678	10170.572	185.538g	5.57	**5.57**
222	4340	463.112	466.497	14282.999	10175.722	181.294g	5.57	**5.57**
223	4360	463.298	466.616	14301.935	10182.149	177.050g	5.57	**5.57**
224	4380	463.353	466.734	14320.401	10189.822	172.806g	5.57	**5.57**
225	4400	463.426	466.853	14338.314	10198.708	168.562g	5.57	**5.57**
226	4420	463.47	466.972	14355.595	10208.768	164.317g	5.57	**5.57**
227	4440	463.51	467.091	14372.168	10219.957	160.073g	5.57	**5.57**
228	4460	463.564	467.21	14387.959	10232.225	155.829g	5.57	**5.57**
229	4480	463.639	467.329	14402.898	10245.517	151.585g	5.57	**5.57**
230	4500	463.12	467.448	14416.917	10259.776	147.341g	5.57	**5.57**
231	4520	462.639	467.566	14429.956	10274.936	143.097g	5.57	**5.57**
232	4540	462.552	467.685	14441.956	10290.932	138.853g	5.57	**5.57**
233	4560	462.674	467.804	14452.865	10307.69	134.659g	5.05	**5.05**
234	4580	462.675	467.923	14462.717	10325.092	131.048g	3.68	**3.68**
235	4600	462.695	468.042	14471.667	10342.976	128.158g	2.5	**2.31**
236	4620	462.089	468.16	14479.902	10361.201	125.991g	2.5	**0.93**
237	4640	461.289	468.279	14487.616	10379.653	124.547g	2.5	**-0.44**
238	4660	460.714	468.398	14495.015	10398.234	123.825g	2.5	**-1.81**
239	4680	461.179	468.517	14502.304	10416.858	123.735g	2.5	**-2.5**
240	4700	462.268	468.636	14509.589	10435.484	123.735g	2.5	**-2.5**
241	4720	463.026	468.754	14516.874	10454.11	123.735g	2.5	**-2.5**
242	4740	463.67	468.87	14524.159	10472.73	123.735g	2.5	-

		3	3		6			**2.5**
243	4760	464.28	468.949	14531.444	10491.362	123.735g	2.5	**-2.5**
244	4780	464.579	468.959	14538.729	10509.988	123.735g	2.5	**-2.5**
245	4800	464.545	468.902	14546.014	10528.614	123.735g	2.5	**-2.5**
246	4820	464.722	468.778	14553.299	10547.24	123.735g	2.5	**-2.5**
247	4840	465.047	468.588	14560.584	10565.866	123.735g	2.5	**-2.5**
248	4860	465.302	468.361	14567.869	10584.492	123.735g	2.5	**-2.5**
249	4880	465.69	468.134	14575.154	10603.118	123.735g	2.5	**-2.5**
250	4900	466.18	467.908	14582.439	10621.744	123.735g	2.5	**-2.5**
251	4920	466.572	467.681	14589.724	10640.37	123.735g	2.5	**-2.5**
252	4940	466.801	467.454	14597.009	10658.996	123.735g	2.5	**-2.5**
253	4960	467.032	467.227	14604.294	10677.623	123.735g	2.5	**-2.5**
254	4980	467.36	467	14611.579	10696.249	123.735g	2.5	**-2.5**
255	**5000**	**467.29**	**466.774**	**14618.864**	**10714.875**	**123.735g**	**2.5**	**-2.5**

256	**5020**	**466.773**	**466.547**	**14626.149**	**10733.501**	**123.735g**	**2.5**	**-2.5**
257	5040	466.03	466.32	14633.434	10752.127	123.735g	2.5	**-2.5**
258	5060	465.22	466.093	14640.719	10770.753	123.735g	2.5	**-2.5**
259	5080	464.802	465.867	14648.004	10789.379	123.735g	2.5	**-2.5**
260	5100	464.584	465.64	14655.289	10808.005	123.735g	2.5	**-2.5**
261	5120	464.59	465.476	14662.574	10826.631	123.735g	2.5	**-2.5**
262	5140	464.423	465.445	14669.859	10845.257	123.735g	2.5	**-2.5**
263	5160	464.175	465.548	14677.144	10863.883	123.735g	2.5	**-2.5**
264	5180	464.27	465.731	14684.429	10882.509	123.735g	2.5	**-2.5**
265	5200	464.802	465.914	14691.714	10901.135	123.735g	2.5	**-2.5**
266	5220	464.634	466.098	14698.998	10919.761	123.715g	2.5	**-2.5**
267	5240	464.961	466.281	14706.257	10938.397	123.555g	2.5	**-2.5**
268	5260	465.373	466.465	14713.447	10957.06	123.236g	2.5	**-2.5**
269	5280	466.434	466.648	14720.519	10975.768	122.757g	2.5	**-2.5**
270	5300	467.295	466.832	14727.427	10994.537	122.119g	2.5	**-2.5**
271	5320	469.164	467.015	14734.123	11013.383	121.321g	2.5	**-2.5**
272	5340	467.545	467.198	14740.558	11032.319	120.364g	2.5	**-2.5**
273	5360	466.689	467.382	14746.689	11051.356	119.304g	2.5	**-2.5**
274	5380	466.024	467.565	14752.502	11070.492	118.243g	2.5	**-2.5**
275	5400	465.268	467.749	14757.995	11089.723	117.182g	2.5	**-2.**

								5
276	5420	465.213	467.932	14763.173	11109.041	116.188g	2.5	**-2.5**
277	5440	465.773	468.116	14768.073	11128.431	115.352g	2.5	**-2.5**
278	5460	465.497	468.299	14772.742	11147.878	114.676g	2.5	**-2.5**
279	5480	465.493	468.483	14777.228	11167.369	114.159g	2.5	**-2.5**
280	5500	465.82	468.666	14781.581	11186.889	113.802g	2.5	**-2.5**
281	5520	466.165	468.85	14785.849	11206.429	113.604g	2.5	**-2.5**
282	5540	466.515	469.033	14790.08	11225.976	113.561g	2.5	**-2.5**
283	5560	466.945	469.217	14794.308	11245.524	113.561g	2.5	**-2.5**
284	5580	467.555	469.4	14798.536	11265.072	113.561g	2.5	**-2.5**
285	5600	468.136	469.583	14802.764	11284.62	113.561g	2.5	**-2.5**
286	5620	468.512	469.767	14806.992	11304.168	113.561g	2.5	**-2.5**
287	5640	468.906	469.95	14811.221	11323.716	113.561g	2.5	**-2.5**
288	5654.783	469.483	470.086	14814.346	11338.164	113.561g	2.5	**-2.5**
289	5660	469.753	470.134	14815.449	11343.264	113.561g	2.5	**-2.5**
290	5680	470.531	470.317	14819.677	11362.812	113.561g	2.5	**-2.5**
291	5700	471.418	470.501	14823.905	11382.36	113.561g	2.5	**-2.5**
292	5720	472.577	470.684	14828.133	11401.908	113.573g	2.28	**-2.5**
293	5740	473.201	470.868	14832.395	11421.448	113.821g	1.5	**-2.5**
294	5760	472.763	471.051	14836.782	11440.961	114.389g	0.71	**-2.5**
295	5780	472.37	471.23	14841.39	11460.42	115.275g	-	-

		6	5	2	2		0.07	**2.5**
296	5800	472.48	471.418	14846.32	11479.805	116.481g	-0.86	**-2.5**
297	5820	472.644	471.602	14851.663	11499.078	118.006g	-1.64	**-2.5**
298	**5840**	**473.078**	**471.785**	**14857.514**	**11518.202**	**119.850g**	**-2.43**	**-2.5**
299	**5860**	**473.081**	**471.969**	**14863.959**	**11537.134**	**121.923g**	**-2.4**	**-2.5**
300	5880	471.903	472.152	14870.989	11555.858	123.756g	-1.62	**-2.5**
301	5900	473.042	472.335	14878.508	11574.39	125.270g	-0.83	**-2.5**
302	5920	472.172	472.519	14886.421	11592.758	126.465g	-0.05	**-2.5**
303	5940	470.762	472.702	14894.631	11610.995	127.340g	0.74	**-2.5**
304	5960	471.137	472.886	14903.045	11629.138	127.897g	1.52	**-2.5**
305	5980	471.492	473.069	14911.573	11647.229	128.134g	2.31	**-2.5**
306	6000	472.006	473.253	14920.129	11665.307	128.144g	2.5	**-2.5**
307	6020	474.757	473.436	14928.685	11683.384	128.144g	2.5	**-2.5**
308	6040	475.535	473.62	14937.242	11701.461	128.144g	2.5	**-2.5**
309	6060	475.954	473.803	14945.798	11719.538	128.144g	2.5	**-2.5**
310	6080	476.311	473.987	14954.355	11737.616	128.144g	2.5	**-2.5**
311	6100	476.77	474.17	14962.911	11755.693	128.144g	2.5	**-2.5**
312	6120	477.344	474.353	14971.467	11773.77	128.140g	2.5	**-2.37**
313	6140	477.112	474.537	14979.979	11791.869	127.711g	2.5	**-1**
314	6160	476.264	474.72	14988.265	11810.071	126.559g	2.5	**0.38**
315	6180	473.726	474.904	14996.116	11828.465	124.685g	2.5	**1.75**
316	6200	472.897	475.087	15003.316	11847.122	122.088g	3.12	**3.12**
317	6220	470.906	475.271	15009.641	11866.093	118.769g	4.5	**4.5**
318	6240	468.097	475.454	15014.86	11885.397	114.744g	5.57	**5.57**
319	6260	469.506	475.638	15018.799	11905.002	110.500g	5.57	**5.57**
320	6280	470.8	475.821	15021.423	11924.825	106.256g	5.57	**5.57**

321	6300	471.771	476.005	15022.721	11944.779	102.012g	5.57	**5.57**
322	6320	472.775	476.188	15022.707	11964.776	98.008g	4.45	**4.45**
323	6340	473.562	476.371	15021.545	11984.74	94.715g	3.08	**3.08**
324	6360	473.931	476.555	15019.466	12004.63	92.144g	2.5	**1.7**
325	6380	474.084	476.738	15016.698	12024.437	90.295g	2.5	**0.33**
326	6400	473.726	476.922	15013.467	12044.174	89.168g	2.5	**-1.05**
327	6420	474.231	477.105	15009.999	12063.871	88.764g	2.5	**-2.42**
328	6440	474.788	477.289	15006.45	12083.554	88.635g	2.5	**-2.5**
329	6460	475.439	477.472	15002.899	12103.236	88.635g	2.5	**-2.5**
330	6480	475.878	477.677	14999.348	12122.918	88.635g	2.5	**-2.5**
331	6500	475.261	477.939	14995.796	12142.6	88.635g	2.5	**-2.5**
332	6520	477.871	478.258	14992.245	12162.282	88.635g	2.5	**-2.5**
333	6540	480.903	478.634	14988.693	12181.964	88.635g	2.5	**-2.5**
334	6560	481.215	479.067	14985.142	12201.647	88.635g	2.5	**-2.5**
335	6580	481.634	479.552	14981.591	12221.329	88.635g	2.5	**-2.5**
336	6600	485.646	480.044	14978.039	12241.011	88.635g	2.5	**-2.5**
337	6620	489.284	480.537	14974.488	12260.693	88.635g	2.5	**-2.5**
338	6640	486.609	481.03	14970.937	12280.375	88.635g	2.5	**-2.5**
339	6660	484.525	481.522	14967.385	12300.057	88.635g	2.5	**-2.5**
340	6680	486.154	482.015	14963.834	12319.74	88.635g	2.5	**-2.5**
341	**6700**	**487.676**	**482.507**	**14960.282**	**12339.422**	**88.635g**	**2.5**	**-2.5**

342	**6720**	**487.302**	**483**	**14956.731**	**12359.104**	**88.652g**	**2.24**	**-2.5**
343	6740	485.105	483.493	14953.223	12378.794	88.957g	1.37	**-2.5**
344	6760	481.689	483.985	14949.867	12398.51	89.645g	0.5	**-2.5**
345	6780	480.057	484.478	14946.785	12418.271	90.716g	-0.37	**-2.5**
346	6800	480.162	484.97	14944.095	12438.089	92.170g	-1.24	**-2.5**
347	6820	481.343	485.463	14941.918	12457.969	94.007g	-2.11	**-2.5**
348	6840	481.838	485.956	14940.375	12477.909	96.227g	-2.98	**-2.98**
349	6860	482.926	486.448	14939.584	12497.892	98.749g	-3.29	**-3.29**
350	6880	484.16	486.941	14939.591	12517.89	101.296g	-3.29	**-3.29**
351	6900	484.575	487.434	14940.397	12537.873	103.842g	-3.29	**-3.29**
352	6920	486.789	487.926	14942.003	12557.807	106.389g	-3.29	**-3.29**
353	6927.561	487.884	488.112	14942.817	12565.324	107.351g	-3.29	**-3.29**
354	6940	489.387	488.419	14944.404	12577.661	108.935g	-3.29	**-3.29**
355	6960	490.195	488.911	14947.597	12597.403	111.481g	-3.29	**-3.29**
356	6980	486.794	489.404	14951.577	12617.002	114.028g	-3.29	**-3.29**
357	7000	488.835	489.897	14956.337	12636.426	116.574g	-3.29	**-3.29**
358	7020	492.455	490.389	14961.871	12655.643	119.121g	-3.29	**-3.29**
359	7040	494.157	490.882	14968.161	12674.627	121.565g	-2.65	**-2.65**
360	7060	494.825	491.375	14975.122	12693.376	123.639g	-1.78	**-2.5**
361	7080	494.911	491.867	14982.635	12711.91	125.331g	-0.91	**-2.5**
362	7100	494.118	492.36	14990.583	12730.263	126.639g	-0.0	**-2.5**

							4	
363	7120	493.857	492.852	14998.851	12748.473	127.565g	0.83	**-2.5**
364	7140	493.449	493.345	15007.33	12766.588	128.108g	1.7	**-2.5**
365	7160	493.332	493.838	15015.908	12784.655	128.269g	2.5	**-2.5**
366	7180	495.234	494.33	15024.499	12802.715	128.269g	2.5	**-2.5**
367	7200	496.16	494.823	15033.091	12820.775	128.269g	2.5	**-2.5**
368	7220	496.128	495.315	15041.683	12838.836	128.269g	2.5	**-2.5**
369	7240	496.095	495.8	15050.275	12856.896	128.269g	2.5	**-2.5**
370	7260	494.726	496.284	15058.867	12874.957	128.269g	2.5	**-2.5**
371	7280	496.328	496.769	15067.459	12893.017	128.269g	2.5	**-2.5**
372	7300	497.436	497.254	15076.051	12911.078	128.269g	2.5	**-2.5**
373	7320	496.213	497.739	15084.643	12929.138	128.269g	2.5	**-2.5**
374	7336.629	495.13	498.142	15091.787	12944.155	128.269g	2.5	**-2.5**
375	7340	495.393	498.224	15093.235	12947.198	128.269g	2.5	**-2.5**
376	7360	497.547	498.708	15101.827	12965.259	128.269g	2.5	**-2.5**
377	7380	498.817	499.193	15110.419	12983.319	128.269g	2.5	**-2.5**
378	7400	499.768	499.678	15119.011	13001.38	128.269g	2.5	**-2.5**
379	7420	500.675	500.163	15127.602	13019.44	128.269g	2.5	**-2.5**
380	7440	501.428	500.648	15136.194	13037.501	128.269g	2.5	**-2.5**
381	7460	502.132	501.133	15144.786	13055.561	128.269g	2.5	**-2.5**
382	7480	502.31	501.617	15153.378	13073.621	128.269g	2.5	**-2.5**
383	7491.001	502.636	501.884	15158.104	13083.556	128.269g	2.5	**-2.5**
384	**7500**	**502.919**	**502.102**	**15161.97**	**13091.682**	**128.269g**	**2.5**	**-2.5**

385	**7520**	**503.414**	**502.587**	**15170.562**	**13109.742**	**128.269g**	**2.5**	**-2.5**
386	7528.726	503.608	502.798	15174.311	13117.622	128.269g	2.5	**-2.5**
387	7540	503.763	503.072	15179.154	13127.803	128.269g	2.5	**-2.5**
388	7560	503.828	503.556	15187.746	13145.863	128.269g	2.5	**-2.**

								5
389	7580	503.435	504.041	15196.338	13163.923	128.269g	2.5	**-2.5**
390	7600	503.929	504.526	15204.93	13181.984	128.269g	2.5	**-2.5**
391	7620	505.032	505.011	15213.522	13200.044	128.269g	2.5	**-2.5**
392	**7620.395**	**505.021**	**505.021**	**15213.691**	**13200.401**	**128.269g**	**2.5**	**-2.5**

Volume de chaussée					
b PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	**T.P.C. VOLUME**
1	0	73.8	30.4	9.1	**16.2**
2	20	143.7	60.8	18.2	**32.5**
3	40	147.1	60.8	18.2	**32.5**
4	60	148.5	60.8	18.2	**32.5**
5	80	148.5	60.8	18.2	**32.5**
6	100	148.5	60.8	18.2	**32.5**
7	120	148.5	60.8	18.2	**32.5**
8	140	148.5	60.8	18.2	**32.5**
9	160	148.5	60.8	18.2	**32.5**
10	180	148.5	60.8	18.2	**32.5**
11	200	148.5	60.8	18.2	**32.5**
12	220	147.3	60.8	18.2	**32.9**
13	240	146.2	60.8	18.2	**33.6**
14	260	145.1	60.8	18.2	**33.6**
15	280	144.5	60.8	18.2	**33.6**
16	300	144.5	60.8	18.2	**33.6**
17	320	144.5	60.8	18.2	**33.6**
18	340	144.5	60.8	18.2	**33.6**
19	360	144.5	60.8	18.2	**33.6**
20	380	144.5	60.8	18.2	**33.6**
21	400	144.5	60.8	18.2	**33.6**
22	420	144.1	60.8	18.2	**33.6**
23	440	145.6	60.8	18.2	**33.6**
24	460	145.4	60.8	18.2	**33.6**
25	480	146.4	60.8	18.2	**33.6**
26	500	147.5	60.8	18.2	**33.5**
27	520	148.7	60.8	18.2	**32.7**
28	540	149.5	60.8	18.2	**32.5**
29	560	149.5	60.8	18.2	**32.5**
30	580	149.5	60.8	18.2	**32.5**
31	600	149.5	60.8	18.2	**32.5**
32	620	149.5	60.8	18.2	**32.5**
33	640	149.5	60.8	18.2	**32.5**
34	660	149.5	60.8	18.2	**32.5**
35	680	149.5	60.8	18.2	**32.5**
36	700	149.5	60.8	18.2	**32.5**
37	720	148.9	60.8	18.2	**32.7**
38	740	148.3	60.8	18.2	**32.9**
39	760	147.7	60.8	18.2	**33.4**
40	780	147	60.8	18.2	**33.6**
41	800	145.9	60.8	18.2	**33.6**
42	820	144.6	60.8	18.2	**33.6**
43	840	143.3	60.8	18.2	**33.6**
44	860	143.3	60.8	18.2	**33.6**
45	880	143.3	60.8	18.2	**33.6**
46	900	143.3	60.8	18.2	**33.6**
47	920	143.3	60.8	18.2	**33.6**
48	940	143.3	60.8	18.2	**33.6**
49	960	143.3	60.8	18.2	**33.6**
50	980	143.3	60.8	18.2	**33.6**
51	1000	143.3	60.8	18.2	**33.6**
52	1020	143.3	60.8	18.2	**33.6**
53	1040	143.3	60.8	18.2	**33.6**

54	1060	143.3	60.8	18.2	**33.6**
55	1080	143.6	60.8	18.2	**33.6**
56	1100	144.2	60.8	18.2	**33.6**
57	1120	144.9	60.8	18.2	**33.6**
58	1140	145.6	60.8	18.2	**33.4**
59	1160	146.2	60.8	18.2	**33**
60	1180	146.9	60.8	18.2	**32.7**
61	1200	147.5	60.8	18.2	**32.5**
62	1220	147.5	60.8	18.2	**32.5**
63	1240	147.5	60.8	18.2	**32.5**
64	1260	147.5	60.8	18.2	**32.5**
65	1280	147.5	60.8	18.2	**32.5**
66	1300	147.5	60.8	18.2	**32.5**
67	1320	145.3	60.8	18.2	**32.5**
68	1340	147.6	60.8	18.2	**32.5**
69	1360	146.3	60.8	18.2	**32.5**
70	1380	147.5	60.8	18.2	**32.5**
71	1400	147.5	60.8	18.2	**32.5**
72	1420	147.5	60.8	18.2	**32.5**
73	1440	147.5	60.8	18.2	**32.5**
74	1460	147.5	60.8	18.2	**32.5**
75	1480	147.5	60.8	18.2	**32.5**
76	1500	147.5	60.8	18.2	**32.5**
77	1520	145.5	60.8	18.2	**32.5**
78	1540	141.3	60.8	18.2	**32.5**
79	1560	148.1	60.8	18.2	**32.5**
80	1580	149.4	60.8	18.2	**32.5**
81	1600	149.5	60.8	18.2	**32.5**
82	1620	149.5	60.8	18.2	**32.5**
83	1640	149.5	60.8	18.2	**32.5**
84	1660	149.5	60.8	18.2	**32.5**
85	1680	149.5	60.8	18.2	**32.5**
86	1700	149.5	60.8	18.2	**32.5**
87	1720	149.5	60.8	18.2	**32.5**
88	1740	149.5	60.8	18.2	**32.5**
89	1760	149.5	60.8	18.2	**32.5**
90	1780	149.5	60.8	18.2	**32.5**
91	1800	149.5	60.8	18.2	**32.5**
92	1820	149.5	60.8	18.2	**32.5**
93	1840	149.5	60.8	18.2	**32.5**
94	1860	149.5	60.8	18.2	**32.5**
95	1880	148.8	60.8	18.2	**32.7**
96	1900	148.1	60.8	18.2	**33.1**
97	1920	147.4	60.8	18.2	**33.6**
98	1940	146.3	60.8	18.2	**33.6**
99	1960	145	60.8	18.2	**33.6**
100	1980	142.7	60.8	18.2	**33.6**
101	2000	143.3	60.8	18.2	**33.6**
102	2020	143.3	60.8	18.2	**33.6**
103	2040	143.3	60.8	18.2	**33.6**

104	2060	100.5	43.7	13.1	**24.1**
105	2068.727	70.9	30.4	9.1	**16.8**
106	2080	112.5	47.5	14.3	**26.3**
107	2100	144.5	60.8	18.2	**33.6**
108	2120	94.8	41.2	12.4	**22.8**
109	2127.084	71.2	30.4	9.1	**16.8**
110	2140	119	50	15	**27.6**
111	2160	146.5	60.8	18.2	**33.6**
112	2180	147.2	60.8	18.2	**33.6**
113	2200	147.9	60.8	18.2	**33.1**
114	2220	148.7	60.8	18.2	**32.8**
115	2240	149.4	60.8	18.2	**32.5**
116	2260	149.5	60.8	18.2	**32.5**
117	2280	149.5	60.8	18.2	**32.5**
118	2300	149.5	60.8	18.2	**32.5**
119	2320	149.5	60.8	18.2	**32.5**
120	2340	149.5	60.8	18.2	**32.5**
121	2360	149.5	60.8	18.2	**32.5**
122	2380	149.5	60.8	18.2	**32.5**
123	2400	149.5	60.8	18.2	**32.5**
124	2420	149.5	60.8	18.2	**32.5**
125	2440	149.5	60.8	18.2	**32.5**
126	2460	149.5	60.8	18.2	**32.5**
127	2480	149.5	60.8	18.2	**32.5**
128	2500	149.5	60.8	18.2	**32.5**
129	2520	149.5	60.8	18.2	**32.5**
130	2540	149.5	60.8	18.2	**32.5**
131	2560	149.5	60.8	18.2	**32.5**
132	2580	149.5	60.8	18.2	**32.5**
133	2600	149.5	60.8	18.2	**32.5**
134	2620	149.5	60.8	18.2	**32.5**
135	2640	149.5	60.8	18.2	**32.5**
136	2660	149.5	60.8	18.2	**32.5**
137	2680	149.5	60.8	18.2	**32.5**
138	2700	149.5	60.8	18.2	**32.5**
139	2720	149.5	60.8	18.2	**32.5**
140	2740	149.5	60.8	18.2	**32.5**
141	2760	149.5	60.8	18.2	**32.5**
142	2780	149.5	60.8	18.2	**32.5**
143	2800	146.2	60.8	18.2	**32.5**
144	2820	147.5	60.8	18.2	**32.5**
145	2840	147.5	60.8	18.2	**32.5**
146	2860	147.5	60.8	18.2	**32.5**
147	2880	147.5	60.8	18.2	**32.5**
148	2900	147.5	60.8	18.2	**32.5**
149	2920	147.5	60.8	18.2	**32.5**
150	2940	147.5	60.8	18.2	**32.5**
151	2960	147.5	60.8	18.2	**32.5**
152	2980	140.3	60.8	18.2	**32.5**
153	3000	149.5	60.8	18.2	**32.5**

154	3020	149.5	60.8	18.2	**32.5**
155	3040	149.5	60.8	18.2	**32.5**
156	3060	149.5	60.8	18.2	**32.5**
157	3080	149.5	60.8	18.2	**32.5**
158	3100	149.5	60.8	18.2	**32.5**
159	3120	149.5	60.8	18.2	**32.5**
160	3140	141.3	60.8	18.2	**32.5**
161	3160	148.5	60.8	18.2	**32.5**
162	3180				
163	3200				
164	3220				
165	3240				
166	3260				
167	3280				
168	3300				
169	3320				
170	3340				
171	3360	145.6	60.8	18.2	**33.6**
172	3380	145.6	60.8	18.2	**33.6**
173	3400	145.6	60.8	18.2	**33.6**
174	3420	145.6	60.8	18.2	**33.6**
175	3440	145.6	60.8	18.2	**33.6**
176	3460	145.6	60.8	18.2	**33.6**
177	3480	145.5	60.8	18.2	**33.6**
178	3500	145.4	60.8	18.2	**33.6**
179	3520	146	60.8	18.2	**33.6**
180	3540	146.8	60.8	18.2	**33.6**
181	3560	147.6	60.8	18.2	**33.4**
182	3580	148.5	60.8	18.2	**32.8**
183	3600	149.3	60.8	18.2	**32.5**
184	3620	149.5	60.8	18.2	**32.5**
185	3640	149.5	60.8	18.2	**32.5**
186	3660	149.5	60.8	18.2	**32.5**
187	3680	149.5	60.8	18.2	**32.5**
188	3700	147.5	60.8	18.2	**32.5**
189	3720	147.5	60.8	18.2	**32.5**
190	3740	147.5	60.8	18.2	**32.5**
191	3760	147.5	60.8	18.2	**32.5**
192	3780	147.5	60.8	18.2	**32.5**
193	3800	146.7	60.8	18.2	**32.7**
194	3820	145.7	60.8	18.2	**33.3**
195	3840	144.7	60.8	18.2	**33.6**
196	3860	143.6	60.8	18.2	**33.6**
197	3880	143.9	60.8	18.2	**33.6**
198	3900	144.5	60.8	18.2	**33.6**
199	3920	144.5	60.8	18.2	**33.6**
200	3940	143	60.8	18.2	**33.6**
201	3960	145.4	60.8	18.2	**33.6**
202	3980	146.2	60.8	18.2	**33.6**
203	4000				

204	4020				
205	4040				
206	4060				
207	4080				
208	4100				
209	4120				
210	4140				
211	4160	145.2	60.8	18.2	**32.5**
212	4180	121.4	52.9	15.9	**28.3**
213	4194.803	73.8	30.4	9.1	**16.2**
214	4200	63	26	7.8	**13.9**
215	4211.907	71.5	30.4	9.1	**16.4**
216	4220	104	42.7	12.8	**23.2**
217	4240	147.1	60.8	18.2	**33.6**
218	4260	146	60.8	18.2	**33.6**
219	4280	145.5	60.8	18.2	**33.6**
220	4300	145.6	60.8	18.2	**33.6**
221	4320	145.8	60.8	18.2	**33.6**
222	4340	145.8	60.8	18.2	**33.6**
223	4360	145.8	60.8	18.2	**33.6**
224	4380	145.8	60.8	18.2	**33.6**
225	4400	145.8	60.8	18.2	**33.6**
226	4420	145.8	60.8	18.2	**33.6**
227	4440	145.8	60.8	18.2	**33.6**
228	4460	145.8	60.8	18.2	**33.6**
229	4480	145.8	60.8	18.2	**33.6**
230	4500	145.8	60.8	18.2	**33.6**
231	4520	145.8	60.8	18.2	**33.6**
232	4540	145.8	60.8	18.2	**33.6**
233	4560	145.7	60.8	18.2	**33.6**
234	4580	145.5	60.8	18.2	**33.6**
235	4600	145.6	60.8	18.2	**33.6**
236	4620	146.7	60.8	18.2	**33.6**
237	4640	147.8	60.8	18.2	**33.3**
238	4660	148.9	60.8	18.2	**32.7**
239	4680	149.5	60.8	18.2	**32.5**
240	4700	149.5	60.8	18.2	**32.5**
241	4720	149.5	60.8	18.2	**32.5**
242	4740	149.5	60.8	18.2	**32.5**
243	4760	149.5	60.8	18.2	**32.5**
244	4780	149.5	60.8	18.2	**32.5**
245	4800	149.5	60.8	18.2	**32.5**
246	4820	149.5	60.8	18.2	**32.5**
247	4840	149.5	60.8	18.2	**32.5**
248	4860	149.5	60.8	18.2	**32.5**
249	4880	149.5	60.8	18.2	**32.5**
250	4900	149.5	60.8	18.2	**32.5**
251	4920	149.5	60.8	18.2	**32.5**
252	4940	147.7	60.8	18.2	**32.5**
253	4960	141.5	60.8	18.2	**32.5**

254	4980	147.5	60.8	18.2	**32.5**
255	5000	147.5	60.8	18.2	**32.5**
256	5020	147.5	60.8	18.2	**32.5**
257	5040	141.9	60.8	18.2	**32.5**
258	5060	149	60.8	18.2	**32.5**
259	5080	149.5	60.8	18.2	**32.5**
260	5100	147.4	60.8	18.2	**32.5**
261	5120	145.8	60.8	18.2	**32.5**
262	5140	149	60.8	18.2	**32.5**
263	5160	149.5	60.8	18.2	**32.5**
264	5180	149.5	60.8	18.2	**32.5**
265	5200	149.5	60.8	18.2	**32.5**
266	5220	147.8	60.8	18.2	**32.5**
267	5240	148.7	60.8	18.2	**32.5**
268	5260	143.3	60.8	18.2	**32.5**
269	5280	146.8	60.8	18.2	**32.5**
270	5300	147.5	60.8	18.2	**32.5**
271	5320	147.5	60.8	18.2	**32.5**
272	5340	147.5	60.8	18.2	**32.5**
273	5360	143.6	60.8	18.2	**32.5**
274	5380	149.5	60.8	18.2	**32.5**
275	5400	149.5	60.8	18.2	**32.5**
276	5420	149.5	60.8	18.2	**32.5**
277	5440	149.5	60.8	18.2	**32.5**
278	5460	149.5	60.8	18.2	**32.5**
279	5480	149.5	60.8	18.2	**32.5**
280	5500	149.5	60.8	18.2	**32.5**
281	5520	149.5	60.8	18.2	**32.5**
282	5540	149.5	60.8	18.2	**32.5**
283	5560	149.5	60.8	18.2	**32.5**
284	5580	149.5	60.8	18.2	**32.5**
285	5600	149.5	60.8	18.2	**32.5**
286	5620	149.5	60.8	18.2	**32.5**
287	5640	129.1	52.9	15.9	**28.2**
288	5654.783	72.9	30.4	9.1	**16.2**
289	5660	91.2	38.3	11.5	**20.5**
290	5680	147.5	60.8	18.2	**32.5**
291	5700	147.5	60.8	18.2	**32.5**
292	5720	147.4	60.8	18.2	**32.5**
293	5740	146.7	60.8	18.2	**32.8**
294	5760	146	60.8	18.2	**33.1**
295	5780	145.4	60.8	18.2	**33.6**
296	5800	144.7	60.8	18.2	**33.6**
297	5820	143.9	60.8	18.2	**33.6**
298	5840	143.3	60.8	18.2	**33.6**
299	5860	143.3	60.8	18.2	**33.6**
300	5880	144.2	60.8	18.2	**33.6**
301	5900	144.7	60.8	18.2	**33.6**
302	5920	146.4	60.8	18.2	**33.6**
303	5940	148	60.8	18.2	**33.1**

304	5960	148.7	60.8	18.2	**32.7**
305	5980	149.4	60.8	18.2	**32.5**
306	6000	148.5	60.8	18.2	**32.5**
307	6020	147.5	60.8	18.2	**32.5**
308	6040	147.5	60.8	18.2	**32.5**
309	6060	147.5	60.8	18.2	**32.5**
310	6080	147.5	60.8	18.2	**32.5**
311	6100	147.5	60.8	18.2	**32.5**
312	6120	147.4	60.8	18.2	**32.5**
313	6140	146.3	60.8	18.2	**33**
314	6160	145.1	60.8	18.2	**33.6**
315	6180	145	60.8	18.2	**33.6**
316	6200				
317	6220				
318	6240				
319	6260				
320	6280				
321	6300	145.8	60.8	18.2	**33.6**
322	6320	145.6	60.8	18.2	**33.6**
323	6340	145.5	60.8	18.2	**33.6**
324	6360	146	60.8	18.2	**33.6**
325	6380	147.2	60.8	18.2	**33.6**
326	6400	148.3	60.8	18.2	**32.9**
327	6420	149.5	60.8	18.2	**32.5**
328	6440	149.5	60.8	18.2	**32.5**
329	6460	149.4	60.8	18.2	**32.5**
330	6480	147	60.8	18.2	**32.5**
331	6500	149.5	60.8	18.2	**32.5**
332	6520	148.5	60.8	18.2	**32.5**
333	6540	148.5	60.8	18.2	**32.5**
334	6560	148.5	60.8	18.2	**32.5**
335	6580	147.5	60.8	18.2	**32.5**
336	6600	147.5	60.8	18.2	**32.5**
337	6620	147.5	*60.8*	18.2	**32.5**
338	6640	147.5	60.8	18.2	**32.5**
339	6660	148.5	60.8	18.2	**32.5**
340	6680	148.5	60.8	18.2	**32.5**
341	6700	147.5	60.8	18.2	**32.5**
342	6720	147.3	60.8	18.2	**32.5**
343	6740	147.6	60.8	18.2	**32.8**
344	6760	146.9	60.8	18.2	**33.2**
345	6780	145.4	60.8	18.2	**33.6**
346	6800	146.4	60.8	18.2	**33.6**
347	6820	145.7	60.8	18.2	**33.6**
348	6840	145.5	60.8	18.2	**33.6**
349	6860	145.5	60.8	18.2	**33.6**
350	6880	144.5	60.8	18.2	**33.6**
351	6900	144.5	60.8	18.2	**33.6**
352	6920	99.6	41.9	12.6	**23.2**
353	6927.561	72.2	30.4	9.1	**16.8**

354	6940	117.1	49.3	14.8	**27.2**
355	6960	144.5	60.8	18.2	**33.6**
356	6980	144.2	60.8	18.2	**33.6**
357	7000	144.5	60.8	18.2	**33.6**
358	7020	143.3	60.8	18.2	**33.6**
359	7040	143.3	60.8	18.2	**33.6**
360	7060	143.8	60.8	18.2	**33.6**
361	7080	144.6	60.8	18.2	**33.6**
362	7100	146.4	60.8	18.2	**33.6**
363	7120	147.1	60.8	18.2	**33**
364	7140	147.9	60.8	18.2	**32.7**
365	7160	148.5	60.8	18.2	**32.5**
366	7180	148.5	60.8	18.2	**32.5**
367	7200	141.7	60.8	18.2	**32.5**
368	7220	148.5	60.8	18.2	**32.5**
369	7240	148.5	60.8	18.2	**32.5**
370	7260	148.5	60.8	18.2	**32.5**
371	7280	148.5	60.8	18.2	**32.5**
372	7300	144.6	60.8	18.2	**32.5**
373	7320	136.9	55.7	16.7	**29.7**
374	7336.629	74.8	30.4	9.1	**16.2**
375	7340	87.4	35.5	10.7	**19**
376	7360	149.4	60.8	18.2	**32.5**
377	7380	147.7	60.8	18.2	**32.5**
378	7400	139.2	60.8	18.2	**32.5**
379	7420	147.5	60.8	18.2	**32.5**
380	7440	147.5	60.8	18.2	**32.5**
381	7460	147.5	60.8	18.2	**32.5**
382	7480	114.4	47.1	14.1	**25.2**
383	7491.001	73.8	30.4	9.1	**16.2**
384	7500	107	44.1	13.2	**23.5**
385	7520	106	43.7	13.1	**23.3**
386	7528.726	73.8	30.4	9.1	**16.2**
387	7540	115.4	47.5	14.3	**25.4**
388	7560	147.5	60.8	18.2	**32.5**
389	7580	145.5	60.8	18.2	**32.5**
390	7600	147.5	60.8	18.2	**32.5**
391	7620	74	31	9.3	**16.6**
392	7620.395	1.4	0.6	0.2	**0.3**
Total		**ي oي**	**o وo**	**yي**	**y وو**

Volume de terrassement					
b PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	REMBLAI SECTION	DEBLAISECTION
1	0	0	157.8	0	15.78
2	20	0	82.6	0	4.13
3	40	155.3	16.2	7.76	0.81
4	60	67	298.9	3.35	14.95
5	80	47.3	762.9	2.36	38.15
6	100	56.7	750.4	2.84	37.52
7	120	83.5	608.2	4.18	30.41
8	140	89.5	556.9	4.48	27.84
9	160	103.4	531	5.17	26.55
10	180	220	431	11	21.55
11	200	181.6	580.4	9.07	29.05
12	220	332.3	681.7	16.51	34.29
13	240	502.6	563.7	24.82	28.55
14	260	500.7	513.4	24.6	26.16
15	280	424.2	457.5	20.72	23.41
16	300	313.7	478	15.23	24.56
17	320	203.3	757.3	9.83	38.98
18	340	73.7	1288.5	3.56	66.5
19	360	40.6	1642	1.96	84.94
20	380	268.3	594.1	12.99	30.67
21	400	538.1	149.3	26.28	7.73
22	420	422.6	7.5	20.73	0.39
23	440	698.3	0	34.51	0
24	460	1048.4	0	52.04	0
25	480	1116.5	0	55.43	0
26	500	798.2	0	39.76	0
27	520	513.4	0	25.65	0
28	540	360.9	0	18.05	0
29	560	325.4	0	16.27	0
30	580	411.2	0	20.56	0
31	600	630.7	0	31.54	0
32	620	884.1	0	44.2	0
33	640	1404.1	0	70.2	0
34	660	3594.1	0	179.71	0
35	680	6068.3	0	303.42	0
36	700	6832.9	0	341.63	0
37	720	7366.5	0	368.32	0
38	740	5559.9	0	277.95	0
39	760	2517.1	0	126.03	0
40	780	1108.7	0	55.51	0
41	800	307.3	3.3	15.44	0.16
42	820	3.4	141.8	0.17	7.03
43	840	0	886.4	0	44.21
44	860	0	1677.5	0	83.76
45	880	0	2118.6	0	105.89

46	900	0	1877	0	93.95
47	920	0	1735.6	0	86.91
48	940	0	1596	0	79.89
49	960	0	1507.5	0	75.48
50	980	0	1342.9	0	67.23
51	1000	0	1123.9	0	56.28
52	1020	0	775.8	0	38.86
53	1040	0	586.2	0	29.37
54	1060	0	475	0	23.69
55	1080	0	672.8	0	33.58
56	1100	0	807	0	40.3
57	1120	0	885.8	0	44.26
58	1140	0	926.8	0	46.32
59	1160	0	846.5	0	42.31
60	1180	0	1229.7	0	61.48
61	1200	0	1627.3	0	81.33
62	1220	0	1516.7	0	75.83
63	1240	0	1316.9	0	65.85
64	1260	0	938.8	0	46.94
65	1280	0	620.1	0	31.01
66	1300	0	385.3	0	19.27
67	1320	0	167	0	8.35
68	1340	33.5	16.2	1.67	0.81
69	1360	0	195.6	0	9.78
70	1380	0	401.9	0	20.1
71	1400	0	526.4	0	26.32
72	1420	0	577.1	0	28.85
73	1440	0	649.3	0	32.46
74	1460	0	666.9	0	33.35
75	1480	0	505.4	0	25.27
76	1500	0	399.1	0	19.96
77	1520	0	260.2	0	13.01
78	1540	0	85	0	4.25
79	1560	54.7	13.3	2.73	0.67
80	1580	145.5	0	7.27	0
81	1600	218	0	10.9	0
82	1620	339.3	0	16.97	0
83	1640	436.6	0	21.83	0
84	1660	505.5	0	25.27	0
85	1680	602.9	0	30.15	0
86	1700	686.9	0	34.35	0
87	1720	757.9	0	37.89	0
88	1740	936.5	0	46.82	0
89	1760	1161	0	58.05	0
90	1780	1304.7	0	65.24	0
91	1800	1419.3	0	70.96	0
92	1820	1359.7	0	67.98	0
93	1840	1168	0	58.4	0
94	1860	941.9	0	47.09	0
95	1880	791.1	0	39.53	0

96	1900	646.3	0	32.27	0
97	1920	415.5	0	20.73	0
98	1940	203.7	2.6	10.13	0.13
99	1960	0.8	223	0.04	11.23
100	1980	0	417.4	0	21.01
101	2000	0	628.7	0	31.58
102	2020	0	550.2	0	27.64
103	2040	0	491.3	0	24.68
104	2060	0	307.4	0	21.53
105	2068.727	0	191.8	0	19.31
106	2080	0	244.3	0	15.74
107	2100	6.6	169.4	0.32	8.57
108	2120	27.9	35.3	2.03	2.64
109	2127.084	30.2	14.7	2.98	1.49
110	2140	76.3	9.8	4.59	0.6
111	2160	150.6	0.4	7.5	0.02
112	2180	215.5	0	10.75	0
113	2200	303.8	0	15.17	0
114	2220	400.4	0	20.01	0
115	2240	514.8	0	25.74	0
116	2260	645.1	0	32.25	0
117	2280	687.2	0	34.36	0
118	2300	800.5	0	40.03	0
119	2320	998	0	49.9	0
120	2340	1258.2	0	62.91	0
121	2360	1528.5	0	76.42	0
122	2380	1781.2	0	89.06	0
123	2400	2033.7	0	101.69	0
124	2420	2290.5	0	114.52	0
125	2440	2582.8	0	129.14	0
126	2460	2543.2	0	127.16	0
127	2480	2382.8	0	119.14	0
128	2500	2243.1	0	112.16	0
129	2520	2160.6	0	108.03	0
130	2540	2027.7	0	101.38	0
131	2560	1861.1	0	93.06	0
132	2580	1697.3	0	84.87	0
133	2600	1544.1	0	77.21	0
134	2620	1545.4	0	77.3	0
135	2640	1505.4	0	75.31	0
136	2660	1393	0	69.7	0
137	2680	1307	0	65.38	0
138	2700	1256.9	0	62.89	0
139	2720	1227.6	0	61.41	0
140	2740	1011.5	0	50.6	0
141	2760	688.4	0	34.43	0
142	2780	251	0.3	12.54	0.01
143	2800	0	210.5	0	10.54
144	2820	0	750.9	0	37.55
145	2840	0	1083.5	0	54.19

146	2860	0	1330.8	0	66.54
147	2880	0	1255.1	0	62.75
148	2900	0	1085.4	0	54.27
149	2920	0	824.6	0	41.23
150	2940	0	536.4	0	26.82
151	2960	0	363.9	0	18.19
152	2980	0	71.2	0	3.56
153	3000	381.8	0	19.09	0
154	3020	1093.1	0	54.65	0
155	3040	1496.3	0	74.81	0
156	3060	1379.4	0	68.97	0
157	3080	1205	0	60.25	0
158	3100	933.8	0	46.69	0
159	3120	412	0	20.6	0
160	3140	0	175.7	0	8.78
161	3160	211.7	236.7	10.59	11.84
162	3180				
163	3200				
164	3220				
165	3240				
166	3260				
167	3280				
168	3300				
169	3320				
170	3340				
171	3360	2627	0	131.63	0
172	3380	2274	0	113.96	0
173	3400	2107.9	0	105.63	0
174	3420	2383.8	0	119.44	0
175	3440	2657.3	0	133.13	0
176	3460	2998.9	0	150.02	0
177	3480	3158.9	0	158.17	0
178	3500	3324.1	0	166.58	0
179	3520	3412.2	0	170.96	0
180	3540	3293.4	0	164.85	0
181	3560	3371.6	0	168.66	0
182	3580	3494.3	0	174.8	0
183	3600	3235.7	0	161.93	0
184	3620	2857.4	0	142.9	0
185	3640	2564.4	0	128.22	0
186	3660	1678.7	0	83.94	0
187	3680	669.7	0	33.49	0
188	3700	0	2188.7	0	109.44
189	3720	0	4005.8	0	200.29
190	3740	0	4529.3	0	226.46
191	3760	0	4803.4	0	240.17
192	3780	0	4624.7	0	231.24
193	3800	0	4045.8	0	202.32
194	3820	0	3195.8	0	159.91
195	3840	0	2092	0	104.98

196	3860	0	1504.4	0	75.79
197	3880	0	1665.9	0	84.29
198	3900	225.8	847	11.01	43.36
199	3920	539.5	295.7	26.44	15.26
200	3940	579.8	2	28.74	0.1
201	3960	238.4	8	12.04	0.39
202	3980	58.3	26.5	2.88	1.34
203	4000				
204	4020				
205	4040				
206	4060				
207	4080				
208	4100				
209	4120				
210	4140				
211	4160	35.2	29.7	1.76	1.49
212	4180	0	189.9	0	10.91
213	4194.803	0	163.9	0	16.39
214	4200	0	126.4	0	14.78
215	4211.907	0.6	27.9	0.06	2.79
216	4220	82.3	0.8	5.85	0.06
217	4240	403.1	0	20.11	0
218	4260	704.4	0	35.14	0
219	4280	990.1	0	49.37	0
220	4300	1214.6	0	60.51	0
221	4320	1427.9	0	71.13	0
222	4340	1565.8	0	77.92	0
223	4360	1566.1	0	77.84	0
224	4380	1610.8	0	80.06	0
225	4400	1645.6	0	81.8	0
226	4420	1678.9	0	83.49	0
227	4440	1733.5	0	86.22	0
228	4460	1776.4	0	88.35	0
229	4480	1834	0	91.16	0
230	4500	2263.1	0	112.34	0
231	4520	2667	0	132.44	0
232	4540	2833.9	0	140.95	0
233	4560	2825.4	0	140.61	0
234	4580	2887.5	0	143.97	0
235	4600	2996.7	0	149.62	0
236	4620	3540.6	0	176.87	0
237	4640	4289.2	0	214.37	0
238	4660	4760.4	0	238.05	0
239	4680	4501.8	0	225.09	0
240	4700	3880.5	0	194.02	0
241	4720	3144.6	0	157.23	0
242	4740	2737.3	0	136.87	0
243	4760	2349.3	0	117.47	0
244	4780	2188.5	0	109.42	0
245	4800	2140.8	0	107.04	0

246	4820	1939	0	96.95	0
247	4840	1604.5	0	80.23	0
248	4860	1287.3	0	64.37	0
249	4880	916.9	0	45.84	0
250	4900	532.7	0	26.63	0
251	4920	216	0	10.8	0
252	4940	16.2	21.5	0.81	1.08
253	4960	0	224.3	0	11.21
254	4980	0	531.3	0	26.57
255	5000	0	616.1	0	30.8
256	5020	0	483.2	0	24.16
257	5040	0	189.8	0	9.49
258	5060	95.5	5	4.78	0.25
259	5080	200.1	0	10.01	0
260	5100	173.6	11.4	8.68	0.57
261	5120	139.5	24.6	6.97	1.23
262	5140	182.2	4.1	9.11	0.21
263	5160	327.7	0	16.38	0
264	5180	373.5	0	18.67	0
265	5200	239	0	11.95	0
266	5220	248.6	5.7	12.43	0.28
267	5240	224	2.4	11.2	0.12
268	5260	177.2	21.2	8.87	1.06
269	5280	0	284.8	0	14.21
270	5300	0	656.6	0	32.75
271	5320	0	1437.3	0	71.8
272	5340	0	636.3	0	31.9
273	5360	51.8	32.6	2.58	1.64
274	5380	446.2	0	22.27	0
275	5400	959	0	47.89	0
276	5420	1108.9	0	55.39	0
277	5440	905.8	0	45.22	0
278	5460	1164	0	58.15	0
279	5480	1262.1	0	63.07	0
280	5500	1159.2	0	57.94	0
281	5520	1061	0	53.04	0
282	5540	941.6	0	47.08	0
283	5560	806.3	0	40.32	0
284	5580	600.9	0	30.04	0
285	5600	382.6	0	19.13	0
286	5620	280.3	0	14.02	0
287	5640	84.5	6.2	4.86	0.36
288	5654.783	5.1	59.7	0.51	5.97
289	5660	0	124.5	0	9.88
290	5680	0	506.4	0	25.32
291	5700	0	908.8	0	45.44
292	5720	0	1410.1	0	70.51
293	5740	0	1704.8	0	85.23
294	5760	0	1298.5	0	64.88
295	5780	0	1098	0	54.88

296	5800	0	1014.6	0	50.75
297	5820	0	911.4	0	45.58
298	5840	0	919.6	0	45.88
299	5860	0	815.8	0	40.65
300	5880	0	168.6	0	8.39
301	5900	0	594.5	0	29.65
302	5920	36.3	118.9	1.83	5.91
303	5940	641.9	0	32.11	0
304	5960	559.4	0	27.97	0
305	5980	424.3	0	21.21	0
306	6000	199.3	103.7	9.97	5.19
307	6020	0	962.5	0	48.13
308	6040	0	1328	0	66.4
309	6060	0	1616.3	0	80.82
310	6080	0	1831	0	91.55
311	6100	0	2031.1	0	101.55
312	6120	0	2217.7	0	110.9
313	6140	0	1985.6	0	99.35
314	6160	0	1087.5	0	54.59
315	6180	452.4	162.2	22.32	8.25
316	6200				
317	6220				
318	6240				
319	6260				
320	6280				
321	6300	2166.7	0	108.19	0
322	6320	1644.5	0	82.23	0
323	6340	1186.9	0	59.63	0
324	6360	1021.2	0	51.29	0
325	6380	983.9	0	49.38	0
326	6400	1405.4	0	70.38	0
327	6420	1141.5	0	57.1	0
328	6440	951.2	0	47.56	0
329	6460	673.8	0.4	33.69	0.02
330	6480	605.4	6.4	30.27	0.32
331	6500	1069	0	53.45	0
332	6520	344.5	348.2	17.22	17.41
333	6540	10.9	2563.9	0.55	128.2
334	6560	0.6	2861	0.03	143.05
335	6580	0	2872.4	0	143.62
336	6600	0	4834.8	0	241.74
337	6620	0	7173.6	0	358.68
338	6640	0	5193.2	0	259.66
339	6660	33.3	3837	1.66	191.85
340	6680	1.6	4062.9	0.08	203.14
341	6700	0	4363.9	0	218.2
342	6720	0	3641.7	0	182.23
343	6740	108.8	2098.6	5.42	105.36
344	6760	1313.6	592.7	65.3	29.92
345	6780	2345.6	1.1	116.48	0.05

346	6800	2923.6	0	144.89	0
347	6820	2657.9	0	131.22	0
348	6840	2613.5	0	128.83	0
349	6860	2160.8	0	106.36	0
350	6880	1784.7	56.7	87.6	2.9
351	6900	2134.2	71.1	104.51	3.64
352	6920	962.9	690.7	68.29	51.39
353	6927.561	520	617.1	50.78	63.19
354	6940	402.8	1299.1	24.25	81.8
355	6960	352	1734.3	17.19	88.45
356	6980	1063.1	172.5	52.37	8.83
357	7000	532.6	78.6	26.19	4.01
358	7020	0	1683.6	0	84.89
359	7040	0	2285	0	115
360	7060	0	2395.5	0	120.51
361	7080	0	2158.9	0	108.61
362	7100	29.5	1576.3	1.46	79.34
363	7120	220.4	1495.3	10.95	75.18
364	7140	459.4	1004	22.9	50.34
365	7160	552.9	764.7	27.63	38.25
366	7180	13.5	1111.3	0.68	55.56
367	7200	0	1195.8	0	59.79
368	7220	0.1	887.7	0.01	44.39
369	7240	212	576.6	10.6	28.83
370	7260	405.9	125.8	20.3	6.29
371	7280	23.4	142.8	1.17	7.14
372	7300	0	350.2	0	17.51
373	7320	390.1	0	21.3	0
374	7336.629	434.7	0	43.47	0
375	7340	481.8	0	41.23	0
376	7360	386.7	0.5	19.33	0.03
377	7380	12.5	158.6	0.63	7.93
378	7400	0	355.1	0	17.75
379	7420	0	547.8	0	27.39
380	7440	0	708.5	0	35.42
381	7460	0	798.7	0	39.93
382	7480	0	586	0	37.81
383	7491.001	0	385	0	38.5
384	7500	0	573.5	0	39.55
385	7520	0	565.2	0	39.35
386	7528.726	0	385.2	0	38.52
387	7540	0	555.7	0	35.54
388	7560	0	453.8	0	22.69
389	7580	13.3	36.3	0.67	1.81
390	7600	16.4	85.4	0.82	4.27
391	7620	0	164	0	16.08
392	7620.395	0	3.1	0	15.8
Total		287617	193041		