République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العمومية

فرنسـيس جانســون

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 de dédoublement de la liaison RN5A entre l'autoroute Est-Ouest de la wilaya de Mila avec un contournement du barrage réservoir d'Oued Athmania sur 10 km

Présenté par :

Hamida Aymen

Encadré par :

Mr Goumettre Ahmed

Promotion 2022/2023

© ENSTP-FJ - Garidi – Vieux Kouba

Remerciement

Tout d'abord, je remercie le bon Dieu de m'avoir donné la patience et le courage pour aller jusqu'au bout de mes études.

Je tiens à exprimer mes remerciements et ma profonde gratitude à mon encadreur Monsieur GOUMETTRE Ahmed pour son aide et ses conseils.

Ainsi que pour Monsieur BENCHIKH LEHOCINE Soheib pour sa Collaboration.

Je tiens à remercier ma famille pour son soutien et son sacrifice.

Je tiens également à remercier tous mes amis.

Finalement, je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents qui m'ont soutenu et encouragé durant mes années d'études.

Qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

A mes chères sœurs

A mon chers frères : Moussaab et Ramzi

A mes proches amis qui ont été à côté de moi ;

A l'ensemble des amis de l'école des travaux publics.

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

Résumé

Ce travail consiste à étudier un projet routier, sous-titre (étude de dédoublement de la RN5A la liaison entre l'autoroute Est/Ouest de la wilaya de Mila avec le contournement du barrage réservoir d'oued Athmania sur 10KM.

Le travail comporte : Une étude de trafic afin de justifier l'utilité de l'aménagement prévu ; la conception de la géométrie : le tracé en plan, le profil en long, le profil en travers et la signalisation adéquate ; l'étude de la partie géotechnique et l'interprétation des résultats ; le dimensionnement de corps de chaussée ; l'étude de l'assainissement routier ; l'étude de l'impact du projet sur l'environnement et enfin une estimation du cout total du projet.

الملخص

هذا العمل يتضمن دراسة عملية للمشروع الذي يحمل عنوان 'دراسة ازدواجية الطريق الوطني رقم 5 على طول 10 كم الرابط بين مركز ولاية ميلة والطريق السيار شرق غرب مع تصميم 5 محاور دوران.

يتضمن العمل: دراسة حركة المرور لتبرير فائدة التهيئة المخطط لها، تصميم الشكل الهندسي: المقطع الأفقي، المقطع الطولي، المقطع العرضي واللافتات المناسبة؛ دراسة الجزء الجيوتقني وتفسير النتائج؛ تحجيم سمك الطريق، دراسة الصرف الصحي للطرق؛ دراسة أثر المشروع على البيئة واخيرا تقدير التكلفة الاجمالية للمشروع.

Summary

This work consists in studying a road project, under title (the duplication of the RN5A between the East-west Highway and Mila at a distance 10 KM).

The work includes A traffic study to justify the usefulness of the planned development; the design of the geometry: the horizontal layout, the longitudinal profile, the cross-section and the appropriate signage; the study of the geotechnical part and the interpretation of the results; the sizing of the roadway; the road sanitation study; the study of the impact of the project on the environment and finally an estimate of the total cost of the project.

Sommaire

Chapitre I : Drainage routier 3
Chapitre II : Présentation du projet 14
Chapitre III : Étude du trafic 19
Chapitre IV : Tracé en plan 28
Chapitre V : Profile en long 43
Chapitre VI : Profil en travers 51
Chapitre VII : Cubature 57
Chapitre VIII : Étude géotechnique 61
Chapitre IX : Dimensionnement de la chaussée 72
Chapitre X : Carrefours 88
Chapitre XI : Assainissement 96
Chapitre XII : Signalisation et éclairage 109
Chapitre XIII : Ouvrage d'art 118
Chapitre XIV : Étude de l'environnement 123
Chapitre XV : Devis ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Références 134

Liste des tableaux

Tableau III.1: Coefficient d'équivalence. 23
Tableau III.2:Valeurs de Capacité théorique 24
Tableau IV.1 : Rayons du tracé en plan 31
Tableau IV.2: Paramètres fondamentaux 35
Tableau IV.3: valeur de l'existant rayon 36
Tableau IV.4 : Exemple de calcul de sommet 37
Tableau V.1 : Caractéristique du profil en long 45
Tableau V.2 : Rayons existant 45
Tableau V.3 : Nouveaux rayons 46
Tableau V.4 : Figure de comparaison 49
Tableau VI.1 : Profil en travers type adopté 55
Tableau VI.2 : Divers adopté. 55
Tableau VIII.1: Classification des sols. 66
Tableau VIII.2 : recommandation selon GTR 67
Tableau VIII.3 : Condition d'utilisation des sols A2h, A3h en remblai. 68
Tableau IX.1: Classification des sols. 74
Tableau IX.2: classe de portance de sol selon catalogue 76
Tableau IX.3: Classe de sol 76
Tableau IX.4: Récapitulatif de la structure 86
Tableau IX.5: Comparaison des deux structures 86
Tableau X.1 : Caractéristiques géométriques des carrefours du projet 91
Tableau XI.1 : Types d'ouvrages existants. 96
Tableau XI.2: Valeurs du coefficient de ruissellement. 99
Tableau XI.3 : Valeurs du coefficient de ruissellement. 99
Tableau XI.4: valeurs de Kst 99
Tableau XI.5 : caractéristiques des bassins versants. 100
Tableau XI.6 : Résultats de calcul des débits. 102
Tableau XI.7: Ouvrages proposés. 106
Tableau XI.8: débit des eaux drainées dans la plate-forme et le talus 107
Tableau XII.1 : Caractéristiques des lignes 112
Tableau XII.2 : Modulation des lignes discontinues. 113

Liste de figures

Figure I.1 : Définition des différents termes. 5
Figure I.2: Exemple d'orniérage d'une chaussée souple causé par l'assise non traitée et le sol support. 6
Figure.I.3: Représentation du drainage par fossé profond. 7
Figure I.4: Tranchées drainantes peu profondes 8
Figure I.5: Tranchées drainantes profondes. 8
Figure I.6: Saignée latérale reliée à la couche de forme. 9
Figure I.7: Epis drainants (sous la couche de forme ou la couche drainante) 9
Figure I.8 : Couche drainante en déblai. 10
Figure I.9: Couche drainante en remblai. 11
Figure I.10 : schéma de principe d'un drainage vertical par puits 11
Figure II.1: Localisation de la wilaya de Mila 14
Figure II.2: carte de zonage sismique du territoire national selon RPA 99 15
Figure II.3 : Réseau routier de la wilaya de Mila 16
Figure II.4: Vue en plan du tracé 17
Figure III.1: Valeurs de k_1 23
Figure III.2: Valeurs de k_2 24
Figure IV.1: Éléments de la Clothoïde : 32
Figure V.1: Exemple de raccordement du profil en long (cas convexe) 47
Figure VI.1 : élément constructifs du profil en travers en section courante 53
Figure VII.1 : La moyenne des aires (projection horizontal) 58
Figure VII.2:la moyenne des aires (projection verticale) 58
Figure VIII.1: Détermination schématique des conditions d'utilisations des matériaux.. 68
Figure IX.1: Les démarches du catalogue : 75
Figure IX.2 : Classe TPLi 75
Figure IX.3: Type de structure. 78
Figure IX.4: Classe de trafic poids lourds 79
FigureIX.5: Épaisseur de la couche de forme. 80
Figure IX.6 : zone climatique 80
Figure IX.7: Type de structure selon la zone climatique 81
FigureIX.8:Valeur du coefficient d'agressivité A 82
FigureIX.9: Caractéristique des matériaux enrobés 84
FigureIX.10 : la température équivalente 84
FigureIX.11 : Risque de projet 84
FigureIX.12: Fractile de la loi normale 84
Figure IX.13 : Vérification de la structure 85
Figure X.1: Terminologie d'un carrefour giratoire. 91
Figure X.2:carrefour au PK 7+000 92
Figure X.3 : Carrefour au PK 10+225 92
Figure X.4:Carrefours au PK11+425 93
Figure X.5: Carrefours au niveau de PK 12+600 94

Figure X.6: Carrefour au PK15+075 94
Figure XI.1 : carte topographique de la région d'étude. 101
Figure XII.1: Caractéristiques des lignes. 113
Figure XII.2 : Signaux d'avertissement de danger : 114
Figure XII.3 : Signaux de priorité : 114
Figure XII.4 : Signaux d'interdiction et d'obligation 115
Figure XII.5 : Signaux de directions 115
Figure XII.6: paramètres de l'implantation des luminaires 116
Figure XIII.1: la figure illustre l'ouvrage existant au pk 12+050 118

Liste d'abréviation

•RN: route nationale

•PK: Point kilométrique

•DTP: direction des travaux publics

•SETS: société d'étude technique Sétif

•CTTP: contrôle technique des travaux public

•RHm: rayon horizontal minimal absolu

•RHn : rayon horizontal normal

•Rhd : rayon au devers minimal

•Rhnd : rayon minimal non-déversé

•VB: vitesse de base

•BV: bassin versant

•Rh: rayon hydraulique

•Sm : surface mouillé

•Pm : périmètre mouillé

•Ø : pour les diamètres

•OA : ouvrage d'art

•Bb : béton bitumineux

•Gb : Grave bitume

•Gnt : Grave non-traitée

•WL : limite de liquidité

•IP : indice de plasticité

Table des matières

Introduction générale 1
Chapitre I : Drainage routier
Introduction générale 1
Chapitre I : Drainage routier 3
I.1.Introduction 3
I.2. Définition du drainage 3
I.3. Drainage dans un projet routier neuf 3
I.3.1. drainage des Plates-formes support de chaussées 4
I.3.1.1 Partie Supérieure des Terrassements (PST) 4
I.3.1.2 Couche de forme 5
I.4. Drainage d'une chaussée existante 5
I.5. Dispositifs de drainage 6
I.5.1 Fossé profond 6
I.5.2 Tranchées drainantes 7
I.5.2.1 Tranchées drainantes peu profondes 7
I.5.2.2 Tranchées drainantes profondes 8
I.5.3 Saignées drainantes et épis drainants 9
I.5.4 Couches drainantes 9
I.5.5 Puits (drainage vertical) 11
I.6. Effets du drainage sur l'environnement 12
Chapitre II : Présentation du projet 14
II.1Présentation du projet 14
II.1.1 Présentation de la wilaya de Mila 14
II.1.1.1Situation géographique 14
II.1.1.2. Relief 14
II.1.1.3 Climat : 15
II.1.1.4 Hydrographie 15
II.1.1.5 Sismicité 15
II.1.1.6 Réseau routier 16
II.1.2 Présentation du projet 16
II.1.2.1 Description de la route national RN5A 16
II.1.2.2 Site de projet 16

II.1.2.3 Présentation du tronçon concerné par l'étude 17
II.1.3.Objectifs du projet 17
Chapitre III : Étude du trafic 19
III.1 Introduction 19
III.2 Analyse des trafics existants : 19
III.3 Mesure des trafics : 19
III.3.1 Les comptages automatiques : 19
III.3.2 Les comptages manuels 20
III.3.3 Les enquête 20
III.4 Les différents types de trafics 20
III.5 Résultats de l'étude de trafic 21
III.6 Calcul de la capacité 21
III.6.1 Définition de la capacité 21
III.6.2 La procédure de détermination de nombre de voies : 22
III.6.3 Calcul de TJMA horizon 22
III.6.4 Calcul du trafic effectif 22
III.6.5 Débit de point horaire normal : 23
III.6.6 Débit horaire admissible 23
III.6.7 Calcul de nombre de voies : 24
III.7Application au projet : 24
III.7.1 Projection future de trafic 25
III.7.2 Calcul du trafic effectif 25
III.7.3 Débit de pointe horaire normale 25
III.7.4 Débit admissible 25
III.7.5 Le nombre des voies 26
III.7.6 Calcul de l'année de saturation de 2×2 voies : 26
Chapitre IV : Tracé en plan 28
IV.1 Les règles à respecter pour la trace en plan 28
IV.2.1.1 Règles concernant la longueur des alignements 29
IV.2.2.1 Stabilité en courbe 29
IV.2.2.1.1 Rayon horizontal minimal absolu (RHM) 29
IV.2.2.1.2 Rayon minimal normal (RHN) 30
IV.2.2.1.3 Rayon au dévers minimal (RHd) 30

IV. 2.2.1.4 Rayon minimal non déversé (RHnd) 30
IV.2.3.1 Expression mathématique de la Clothoïde: 31
IV.3. Les conditions de raccordement : 33
IV.4 Notion de devers 34
IV.4.1 Calcul des devers 34
IV.4.2 Raccordement de devers 35
IV.5 Paramètres fondamentaux 35
IV.7. Calcul d'axe 37
Chapitre V : Profile en long 43
V.1 Définition 43
V.2 Règles à respecter dans le profil en long 43
V. 3 Coordination du tracé en plan et profil en long 43
V.4 Déclivité 44
V.4.1 Déclivité minimum 44
V.4.2 Déclivité maximum 44
V.5 Caractéristique des rayons du profil en long 45
V.8 Justification du tracée de profil en long 45
V.9 Détermination pratique du profil en long : 46
Chapitre VI : Profil en travers 51
VI.1 Introduction 51
VI.2 Les éléments constitutifs du profil en travers 51
VI.2.1 L'emprise 51
VI.2.2 L'assiette 51
VI.2.3 La plateforme 51
VI.2.4 La chaussée 52
VI.2.5 La largeur roulable 52
VI.2.6 Terre-plein central (TPC) 52
VI.2.7 Bande médiane (centrale) 52
VI.2.8 Les accotements 52
VI.2.9La bande d'arrêt d'urgence (BAU) 53
VI.2.1 La berme 53
VI.3 Profils en travers au droit des ouvrages d'art (B40 paragraphe 4.8.1) : 53
VI.4 Pentes transversales : 54

VI.4.1Le changement des dévers 54
VI.4.2 Point de rotation des dévers 54
VI.5 Le profil en travers proposé : 55
Chapitre VII : Cubature 57
VII.1 Introduction 57
VII.2 Méthode de calcul des cubatures 57
VII.3 Méthode de Mr SARRAUS 57
Chapitre VIII : Étude géotechnique 61
VIII.1Introduction 61
VIII.2 Moyens de la reconnaissance 61
VIII.1 Essai in-situ 61
VIII.1.1 Programme de reconnaissance : 61
VIII.1.2 Description des sols rencontrés : 61
VIII.2. ESSAIS EN LABORATOIRE 63
VIII.2.1 Programme des essais 63
VII.2.2 Caractéristiques physiques des sols 63
VIII.2.3 Caractéristiques mécaniques 65
VIII.3 Classification des sols support 65
VIII.4 Terrassement 66
VIII.4.1 Décapage (déblais / remblais) 66
VIII.4.2 Extraction 66
VIII.4.3. Réemploi 67
VIII 4.3.1Réutilisation en remblais 68
VIII .4.3.2 Réutilisation en couche de forme : 69
VIII .5 Conclusion générale 70
Chapitre IX : Dimensionnement de la chaussée 72
IX.1 Introduction 72
IX.2 La chaussée 72
IX.4 Méthodes de dimensionnement 72
IX.4.1 La méthode de C.B.R (California -Bearing - Ratio) 73
IX.4.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves 74
IX.5 Détermination de la classe de trafic 75
IX.6 Présentation des classes de portance des sols 76

IX.6 Application au projet 76
IX.6.1 Méthode CBR 76
Chapitre X : Carrefours 88
X.1 Introduction 88
X.2 Données utiles à l'aménagement des carrefours : 88
X.3 Choix de l'aménagement 88
X.4.4 Carrefour giratoire 88
X.4.4.1 Avantages du carrefour giratoire 89
X.4.4.2. Inconvénients du carrefour giratoire 89
X.5 Recommandations générales applicables aux giratoires 89
X.5.1. Visibilité 89
X.5.2 La lisibilité de l'aménagement 90
X.5.3 La bonne visibilité entre usagers 90
X.6 Caractéristiques géométriques des carrefours giratoires 90
X.7 Application au projet 91
Chapitre XI : Assainissement 96
XI.1. Introduction 96
XI.2. Objectifs de l'assainissement routier 96
XI.3. Les ouvrages d'assainissement existants 96
Chapitre XII : Signalisation et éclairage 109
XII.1 Signalisation 109
XII.1.1 Introduction 109
XII.1.2 Objectifs de la signalisation routière 109
XII.1.3 Règles à respecter pour la signalisation 109
XII.1.4 Type de signalisation 110
XII.1.4.1 Signalisation verticale 110
XII.1.4.2 Signalisation horizontale 111
XII.2 Éclairage 115
XII.2.1 Introduction 115
Chapitre XIII : Ouvrage d'art 118
XIII.1 Introduction 118
XIII.2. Présentation de l'ouvrage 118
XIII.2.1 Ouvrage existant 118

XIII.2.2 Ouvrage a réalisé : 119
XIII.3. Données fonctionnelles 119
XIII.3.1 Tracé en plan 119
XIII.3.2 profile en long 119
XIII.3.3 profile en travers 119
XIII.4. choix de type de l'ouvrage 120
XIII.4.2 Conception longitudinale 120
XIII.4.3 Conception transversale 121
Chapitre XIV : Étude de l'environnement 123
XIV.1 Introduction 123
XIV.2.Cadre juridique 123
XIV.3.Objectifs d'une étude d'impact sur l'environnement 123
XIV.4.Impacts du projet sur l'environnement 123
XIV.4.1 Impacts positifs 123
XIV.4.1.1 Impacts positifs directs 123
XIV.1.2 Impacts positifs indirects 123
XIV.4.2Impacts négatifs 124
XIV.4.2.1 Au cours des travaux 124
XIV.4.2.1- En mise en service 125
XIV.5 Mesures prises pour minimiser les impacts 126
XIV.6 Conclusion 128
Chapitre XV : Devis..... Erreur ! Signet non défini.
Références 134
3
I.1.Introduction 3
I.2. Définition du drainage 3
I.3. Drainage dans un projet routier neuf 3
I.3.1. drainage des Plates-formes support de chaussées 4
I.3.1.1 Partie Supérieure des Terrassements (PST) 4
I.3.1.2 Couche de forme 5
I.4. Drainage d'une chaussée existante 5
I.5. Dispositifs de drainage 6
I.5.1 Fossé profond 6

I.5.2 Tranchées drainantes 7
I.5.2.1 Tranchées drainantes peu profondes..... 7
I.5.2.2 Tranchées drainantes profondes 8
I.5.3 Saignées drainantes et épis drainants..... 9
I.5.4 Couches drainantes 9
I.5.5 Puits (drainage vertical)..... 11
I.6. Effets du drainage sur l'environnement..... 12
Chapitre II : Présentation du projet..... 14
II.1Présentation du projet..... 14
II.1.1 Présentation de la wilaya de Mila 14
II.1.1.1Situation géographique..... 14
II.1.1.2. Relief 14
II.1.1.3 Climat : 15
II.1.1.4 Hydrographie..... 15
II.1.1.5 Sismicité 15
II.1.1.6 Réseau routier..... 16
II.1.2 Présentation du projet..... 16
II.1.2.1 Description de la route national RN5A 16
II.1.2.2 Site de projet..... 16
II.1.2.3 Présentation du tronçon concerné par l'étude 17
II.1.3.Objectifs du projet..... 17
Chapitre III : Étude du trafic 19
III.1 Introduction..... 19
III.2 Analyse des trafics existants :..... 19
III.3 Mesure des trafics : 19
III.3.1 Les comptages automatiques : 19
III.3.2 Les comptages manuels..... 20
III.3.3 Les enquête 20
III.4 Les différents types de trafics 20
III.5 Résultats de l'étude de trafic..... 21
III.6 Calcul de la capacité 21
III.6.1 Définition de la capacité 21
III.6.2 La procédure de détermination de nombre de voies : 22

III.6.3 Calcul de TJMA horizon 22
III.6.4 Calcul du trafic effectif 22
III.6.5 Débit de point horaire normal : 23
III.6.6 Débit horaire admissible 23
III.6.7 Calcul de nombre de voies : 24
III.7Application au projet : 24
III.7.1 Projection future de trafic 25
III.7.2 Calcul du trafic effectif 25
III.7.3 Débit de pointe horaire normale 25
III.7.4 Débit admissible 25
III.7.5 Le nombre des voies 26
III.7.6 Calcul de l'année de saturation de 2×2 voies : 26
Chapitre IV : Tracé en plan 28
IV.1 Les règles à respecter pour la trace en plan 28
IV.2.1.1 Règles concernant la longueur des alignements 29
IV.2.2.1 Stabilité en courbe 29
IV.2.2.1.1 Rayon horizontal minimal absolu (RHM) 29
IV.2.2.1.2 Rayon minimal normal (RHN) 30
IV.2.2.1.3 Rayon au dévers minimal (RHd) 30
IV. 2.2.1.4 Rayon minimal non déversé (RHnd) 30
IV.2.3.1 Expression mathématique de la Clothoïde: 31
IV.3. Les conditions de raccordement : 33
IV.4 Notion de devers 34
IV.4.1 Calcul des devers 34
IV.4.2 Raccordement de devers 35
IV.5 Paramètres fondamentaux 35
IV.7. Calcul d'axe 37
Chapitre V : Profile en long 43
V.1 Définition 43
V.2 Règles à respecter dans le profil en long 43
V. 3 Coordination du tracé en plan et profil en long 43
V.4 Déclivité 44
V.4.1 Déclivité minimum 44

V.4.2 Déclivité maximum 44
V.5 Caractéristique des rayons du profil en long 45
V.8 Justification du tracée de profil en long 45
V.9 Détermination pratique du profil en long : 46
Chapitre VI : Profil en travers 51
VI.1 Introduction 51
VI.2 Les éléments constitutifs du profil en travers 51
VI.2.1 L'emprise 51
VI.2.2 L'assiette 51
VI.2.3 La plateforme 51
VI.2.4 La chaussée 52
VI.2.5 La largeur roulable 52
VI.2.6 Terre-plein central (TPC) 52
VI.2.7 Bande médiane (centrale) 52
VI.2.8 Les accotements 52
VI.2.9La bande d'arrêt d'urgence (BAU) 53
VI.2.1 La berme 53
VI.3 Profils en travers au droit des ouvrages d'art (B40 paragraphe 4.8.1) : 53
VI.4 Pentes transversales : 54
VI.4.1Le changement des dévers 54
VI.4.2 Point de rotation des dévers 54
VI.5 Le profil en travers proposé : 55
Chapitre VII : Cubature 57
VII.1 Introduction 57
VII.2 Méthode de calcul des cubatures 57
VII.3 Méthode de Mr SARRAUS 57
Chapitre VIII : Étude géotechnique 61
VIII.1Introduction 61
VIII.2 Moyens de la reconnaissance 61
VIII.1 Essai in-situ 61
VIII.1.1 Programme de reconnaissance : 61
VIII.1.2 Description des sols rencontrés : 61
VIII.2. ESSAIS EN LABORATOIRE 63

VIII.2.1 Programme des essais 63
VII.2.2 Caractéristiques physiques des sols 63
VIII.2.3 Caractéristiques mécaniques 65
VIII.3 Classification des sols support 65
VIII.4 Terrassement 66
VIII.4.1 Décapage (déblais / remblais) 66
VIII.4.2 Extraction 66
VIII.4.3. Réemploi 67
VIII 4.3.1Réutilisation en remblais 68
VIII .4.3.2 Réutilisation en couche de forme : 69
VIII .5 Conclusion générale 70
Chapitre IX : Dimensionnement de la chaussée 72
IX.1 Introduction 72
IX.2 La chaussée 72
IX.4 Méthodes de dimensionnement 72
IX.4.1 La méthode de C.B.R (California -Bearing - Ratio) 73
IX.4.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves 74
IX.5 Détermination de la classe de trafic 75
IX.6 Présentation des classes de portance des sols 76
IX.6 Application au projet 76
IX.6.1 Méthode CBR 76
Chapitre X : Carrefours 88
X.1 Introduction 88
X.2 Données utiles à l'aménagement des carrefours : 88
X.3 Choix de l'aménagement 88
X.4.4 Carrefour giratoire 88
X.4.4.1 Avantages du carrefour giratoire 89
X.4.4.2. Inconvénients du carrefour giratoire 89
X.5 Recommandations générales applicables aux giratoires 89
X.5.1. Visibilité 89
X.5.2 La lisibilité de l'aménagement 90
X.5.3 La bonne visibilité entre usagers 90
X.6 Caractéristiques géométriques des carrefours giratoires 90

X.7 Application au projet 91
Chapitre XI : Assainissement 96
XI.1. Introduction 96
XI.2. Objectifs de l'assainissement routier 96
XI.3. Les ouvrages d'assainissement existants 96
Chapitre XII : Signalisation et éclairage 109
XII.1 Signalisation 109
XII.1.1 Introduction 109
XII.1.2 Objectifs de la signalisation routière 109
XII.1.3 Règles à respecter pour la signalisation 109
XII.1.4 Type de signalisation 110
XII.1.4.1 Signalisation verticale 110
XII.1.4.2 Signalisation horizontale 111
XII.2 Éclairage 115
XII.2.1 Introduction 115
Chapitre XIII : Ouvrage d'art 118
XIII.1 Introduction 118
XIII.2. Présentation de l'ouvrage 118
XIII.2.1 Ouvrage existant 118
XIII.2.2 Ouvrage a réalisé : 119
XIII.3. Données fonctionnelles 119
XIII.3.1 Tracé en plan 119
XIII.3.2 profile en long 119
XIII.3.3 profile en travers 119
XIII.4. choix de type de l'ouvrage 120
XIII.4.2 Conception longitudinale 120
XIII.4.3 Conception transversale 121
Chapitre XIV : Étude de l'environnement 123
XIV.1 Introduction 123
XIV.2.Cadre juridique 123
XIV.3.Objectifs d'une étude d'impact sur l'environnement 123
XIV.4.Impacts du projet sur l'environnement 123
XIV.4.1 Impacts positifs 123

XIV.4.1.1 Impacts positifs directs 123
XIV.1.2 Impacts positifs indirects 123
XIV.4.2Impacts négatifs 124
XIV.4.2.1 Au cours des travaux..... 124
XIV.4.2.1- En mise en service 125
XIV.5 Mesures prises pour minimiser les impacts 126
XIV.6 Conclusion 128
Chapitre XV : Devis ..... Erreur ! Signet non défini.
Références 134

Introduction générale

Introduction générale

Le développement économique, industriel et culturel d'un pays dépend beaucoup du secteur du transport, car un bon aménagement de ce secteur permet de faciliter la communication et les échanges de toute forme entre les différentes zones du pays, ainsi qu'entre divers pays.

Le réseau routier occupe une place stratégique dans le système de transport et il représente un fort facteur de cohésion au niveau communautaire, mais le problème est souvent lié à l'insuffisance du réseau existant.

Dans ce cadre, plusieurs projets de routes sont en cours de réalisation au niveau national, pour notre cas, il s'agit de dédoubler la RN5A entre la ville de Mila et l'autoroute Est-Ouest sur 32 km passant par la ville d'Oued Athmania.

L'objectif visé par ce projet est de fluidifier le trafic sur cet axe en ajoutant une double voie à la route existante et de réduire au maximum le nombre d'accidents mortels provoqués sur cet axe.

Chapitre I :
Généralités

Chapitre I: Drainage routier

I.1.Introduction

L'eau est présente en plus ou moins grande quantité dans l'environnement de la route, que ce soit dans les talus de déblai ou de remblai, à l'intérieur même de la chaussée ou dans les sols sous-jacents ou contigus des accotements.

Une chaussée bien drainée a un meilleur comportement mécanique sur un sol support dont la portance est également améliorée. La chaussée et la plate-forme étant à une teneur en eau plus faible tout au long des cycles climatiques, il en résulte une augmentation sensible de la durée de vie de la chaussée.

I.2. Définition du drainage

Le drainage routier correspond à la collecte et à l'évacuation des eaux présentes dans le sol support et dans les chaussées.

Le drainage participe de façon essentielle au bon comportement mécanique de la chaussée et contribue ainsi largement à la pérennité des ouvrages routiers.

Les eaux internes à drainer proviennent :

- des infiltrations au travers de la chaussée, vers les interfaces couches de chaussée et chaussée/sol support ;
- des infiltrations depuis les accotements, vers les interfaces couches de chaussée et chaussée/sol support, alimentées par la plate-forme ;
- des venues d'eau issues de l'environnement latéral, vers les interfaces chaussée/sol support et le sol support, et qui ont pour origines les bassins versants, les déblais et les émergences de nappe phréatique.

I.3. Drainage dans un projet routier neuf

Il y a tout intérêt à ne pas mélanger les eaux de drainage, évacuées en priorité vers le milieu naturel, avec les eaux de ruissellement routier afin d'optimiser le dimensionnement des ouvrages :

- **en déblai :**

L'évacuation se fera à la sortie de la tranchée de déblai. A l'instar des dispositifs d'assainissement, l'ouvrage collecteur installé en limite de plate-forme de déblai doit se raccorder à un ouvrage de collecte en pied de talus de remblai (fossé, cunette...) poursuivi jusqu'à un exutoire naturel.

- **en remblai :**

Les eaux drainées par l'ouvrage de collecte seront évacuées en pied de remblai par des descentes d'eau en fonction de la pente longitudinale (plus la pente est faible, plus la distance entre descentes doit être faible) et au minimum dans les points bas.

- **en profil mixte :**

Les eaux collectées en déblai seront ramenées vers le fossé de pied de remblai par des traversées sous chaussées et renvoyées sur les talus par des descentes d'eau comme dans le cas des remblais.

I.3.1. drainage des Plates-formes support de chaussées

Elles sont constituées de deux entités :

I.3.1.1 Partie Supérieure des Terrassements (PST)

Dont la surface constitue l'arase (AR) :

La définition du besoin de drainage de la Partie Supérieure des Terrassements (P.S.T.), répond à deux problématiques :

Les opérations de drainage s'imposent donc lorsque la P.S.T est située dans un contexte hydrique défavorable et de surcroît constituée de matériau sensible à l'eau et au gel.

Le traitement des points singuliers du profil en long : certains points singuliers du profil en long ou du profil en travers sont des zones d'accumulation potentielle d'eaux d'infiltrations et nécessitent ainsi un dispositif de drainage spécifique. Sans être exhaustif, on peut citer :

Les zones de transition déblai-remblai, les points bas en remblai, les fortes pentes, les points bas en dévers.

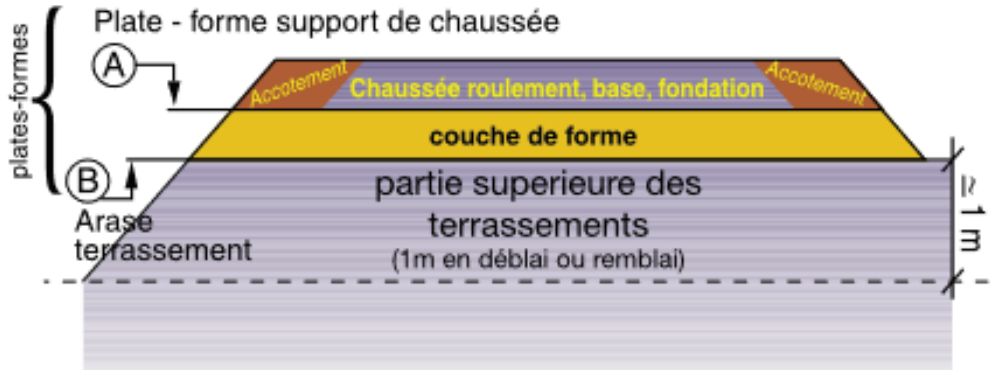


Figure I.1 : Définition des différents termes.

I.3.1.2 Couche de forme

Le dimensionnement de la couche de forme est prévu dans le guide Réalisation des remblais et des couches de forme.

Dans le cas d'une couche de forme constituée par les sols en place :

Le drainage ne s'impose que sous le niveau de la nappe, pour éviter les remontées de nappe au sein de la couche de forme ou l'ennoyage du projet. Il s'agira le plus souvent de tranchées latérales.

Dans le cas d'une couche de forme traitée aux liants hydrauliques :

Le matériau traité pourra être considéré comme neutre (indifférent au drainage), le drainage s'impose cependant sous le niveau de la nappe pour éviter les remontées d'eau par la fissuration. Il s'agit le plus souvent de tranchées latérales qui peuvent être combinées avec le drainage de la PST.

I.4. Drainage d'une chaussée existante

Pour le cas d'une chaussée souple, Une teneur en eau excessive dans les couches de chaussées due à des infiltrations d'origines diverses (eaux de ruissellement, eaux internes...) provoque de façon très significative une accélération du vieillissement des chaussées. Ces dégradations augmentent lorsque des phénomènes de gel-dégel s'additionnent. Les couches de roulement des chaussées laissent passer des quantités d'eau non négligeables surtout lorsqu'elles vieillissent mal.



Figure I.2: Exemple d'orniérage d'une chaussée souple causé par l'assise non traitée et le sol support.

I.5. Dispositifs de drainage

L'objectif est d'abord de décrire les dispositifs de drainage les plus courants, avec leurs principales caractéristiques. Cette description nous permettre d'assurer que la méthode de drainage envisagé est bien adaptée et l'aider à définir les spécifications correspondantes.

I.5.1 Fossé profond

Ce type de fossé, de profondeur supérieure à 50 cm,

Remplit essentiellement les fonctions suivantes:

- il recueille les eaux de ruissellement et permet le rabattement de la nappe.
- Il est très utilisé en phase provisoire, pendant les terrassements.
- il peut faciliter les opérations en diminuant les teneurs en eau des sols à extraire.

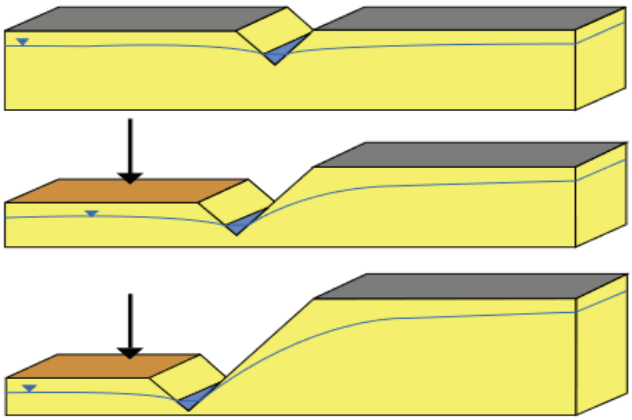


Figure.I.3: Représentation du drainage par fossé profond.

- **Mode d'exécution :**

La plupart du temps, il est réalisé à la pelle mécanique. Les pentes latérales sont parfois trop raides : il faut contrôler la stabilité de la pente du talus du fossé ; celle-ci ne doit pas excéder celle que l'on donne à ce matériau en talus de déblai.

Le fossé doit descendre d'au moins 1 mètre sous l'arase prévisionnelle des terrassements pour drainer également la PST. L'évacuation des eaux en fond de fossé se fait soit de manière gravitaire.

I.5.2 Tranchées drainantes

Les tranchées drainantes ont pour objectif :

- de drainer le sol support ;
- d'abaisser le niveau d'eau sous la plate-forme (gain de portance à court ou long terme, protection vis-à-vis du gel-dégel).

Selon la profondeur on distingue 2 types de tranchées drainantes :

I.5.2.1 Tranchées drainantes peu profondes

La profondeur maximum est de l'ordre de 2,5 m.

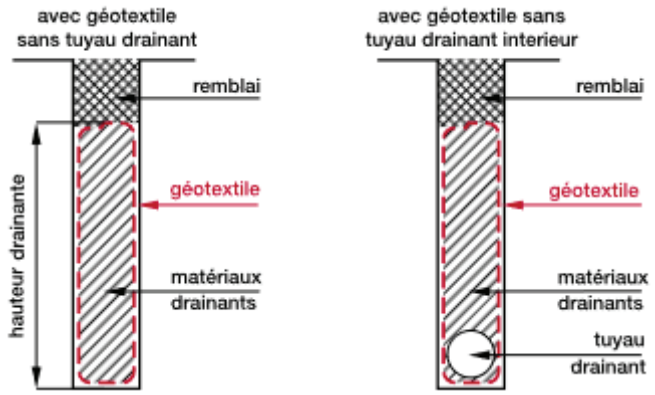


Figure I.4: Tranchées drainantes peu profondes

I.5.2.2 Tranchées drainantes profondes

La profondeur varie de (2,5 à 6 m)

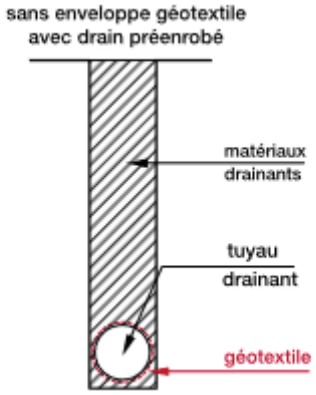


Figure I.5: Tranchées drainantes profondes.

- **Mode d'exécution**

Elles sont réalisées, soit à la pelle mécanique (cas le plus fréquent), soit à la trancheuse mécanique. Sa largeur varie en fonction de l'outil utilisé,

Les tranchées drainantes sont remplie d'un matériau drainant (dont la perméabilité sera supérieure à celle du matériau encaissant) qui peut être entouré d'un filtre géotextile pour rendre cet ouvrage pérenne.

I.5.3 Saignées drainantes et épis drainants

La saignée drainante est à mettre en place sous accotements dans des zones d'accumulation d'eau (point bas). Son objectif est l'évacuation des eaux qui percolent au travers de la chaussée. Elle doit toujours être associée à une couche drainante ou à une couche de forme drainante dont elle constitue l'exutoire (vers un fossé ou une tranchée drainante).

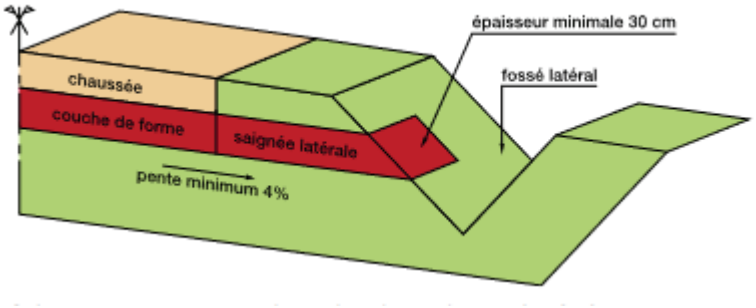


Figure I.6: Saignée latérale reliée à la couche de forme.

L'épi drainant est une variante de saignée transversale implantée sous la plateforme. Son rôle est habituellement de récupérer les eaux en points bas ou en points singuliers (par exemple passage d'un déblai à un remblai). Elle peut parfois aussi renforcer la couche drainante (écrêtage de la nappe).

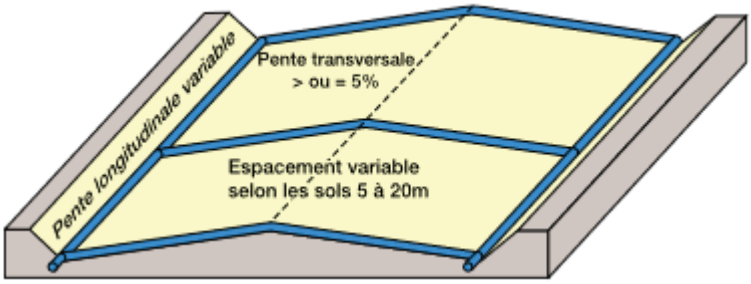


Figure I.7: E**pis drainants (sous la couche de forme ou la couche drainante)**

I.5.4 Couches drainantes

La couche drainante est constituée d'un matériau granulaire très perméable pour intercepter un courant d'eau ascendant ou descendant, On la trouvera ainsi :

- intercalée entre chaussée et sol support, elle récupère les éventuelles venues d'eau au travers de la chaussée et surtout les arrivées d'eau en provenance du sol support.
- intercalée entre une couche imperméable (radier) et le sol support. Dans ce cas, l'objectif est l'interception des venues d'eau issues du sol support et la diminution des sous pressions.

- **Mode d'exécution**

Constituées de matériaux drainants granulaires, les couches drainantes sont mises en place par engins de terrassement classiques à lame. La mise en place doit s'effectuer sur un sol suffisamment portant et bien réglé pour éviter les flaques et ornières.

L'épaisseur est fonction des débits à collecter (des drains peuvent y être insérés en cas de débits importants) mais surtout du rôle transitoire que joue cette couche lors de la phase terrassement (piste) ou de son intégration dans la couche de forme qu'elle peut remplacer partiellement ou totalement. Lorsqu'on est en présence de sols fins peu perméables, l'épaisseur nécessaire pour évacuer les débits pourrait être réduite (< 0,10 m) mais les conditions de mise en œuvre (portance insuffisante, déformabilité) imposent souvent une épaisseur > 0,40 m.

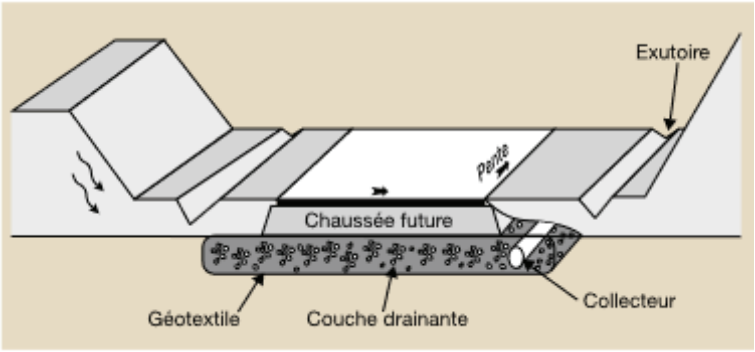


Figure I.8 : Couche drainante en déblai.

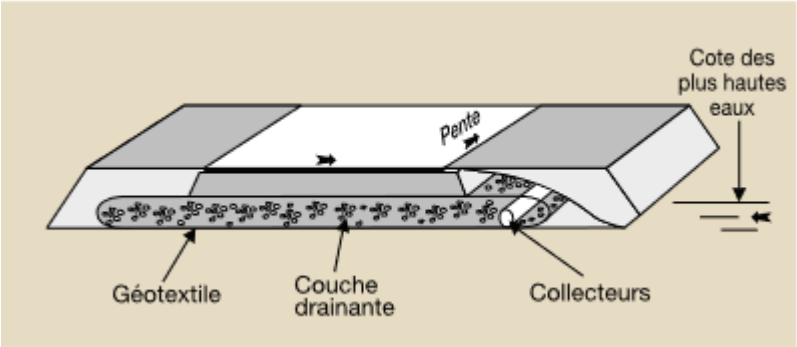


Figure I.9: **Couche drainante en remblai.**

I.5.5 Puits (drainage vertical)

Les puits assurent ponctuellement l'évacuation verticale des eaux par relèvement jusqu'à un exutoire en surface. Ils sont le plus souvent utilisés de manière temporaire, au moment des terrassements.

La zone où le niveau de la nappe est abaissé (zone d'influence du rabattement), varie en fonction de la perméabilité des sols.

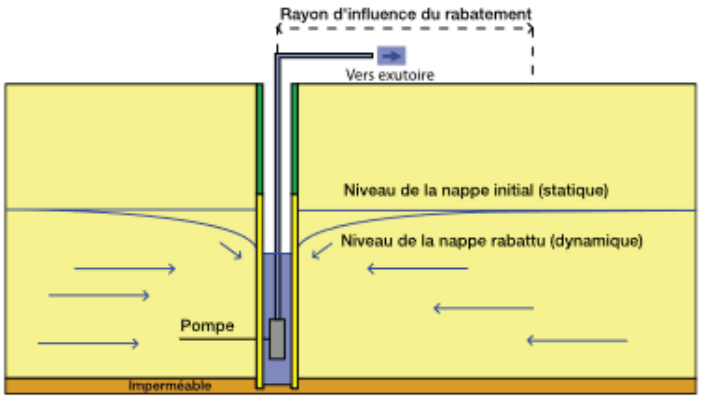


Figure I.10 : schéma de principe d'un drainage vertical par puits

- **Mode d'exécution**

Le mode d'exécution de ces ouvrages demande un savoir-faire et un matériel spécifique qui doit être adapté à chaque cas particulier, par exemple :

- forage du trou par lançage, fonçage, battage, rotation avec ou sans fluide de forage (eau, boue, air).

- mise en place d'un collecteur provisoire jusqu'à l'exutoire.

I.6. Effets du drainage sur l'environnement

Les eaux de drainage sont des eaux dites « propres » (non souillées par le système qui les recueille) qui sont évacuées vers le milieu naturel par le biais d'un exutoire.

La réalisation d'ouvrages de drainage entraîne des modifications plus ou moins importantes de l'environnement. Le projeteur doit en avoir conscience au regard :

- ➢ des engagements de l'Etat quant à la protection de l'environnement du projet et également vis-à-vis des riverains.
- ➢ On peut citer certains effets négatifs induits du drainage et des travaux de terrassement :

- l'effet sur la végétation en particulier arbustive au voisinage des ouvrages par assèchement des sols (ainsi des gros chênes que l'on a voulu sauvegarder en bordure de déblai sont-ils devenus rapidement des risques importants pour les usagers par leur dépérissement et le risque de chute).
- la réduction des zones humides que l'on a asséchées.
- le tassement d'ouvrages fondés sur des sols peu compacts, siège d'une nappe que l'on a rabattue sans précaution particulière (non traité dans ce guide) ;
- la modification des sens des écoulements des eaux.

Chapitre II :
Présentation du projet

Chapitre II : Présentation du projet

II.1Présentation du projet

II.1.1 Présentation de la wilaya de Mila

II.1.1.1Situation géographique

La wilaya de Mila est situé dans l'est d'Algérie, dont sa chef-lieu loin de 450 KM à la capitale Alger, elle comprise entre 5° et 6° de longitude est et entre 35° et 36° de l'attitude Nord, elle a une superficie totale de 3480 KM^2, ce dernière constitue de 32 communes et 13 daïras. La wilaya de Mila est délimité :

- Au nord : par la wilaya de Jijel et Skikda.
- Au sud : par Batna et Oum-Elbouaki.
- A l'est : par Constantine.
- L'ouest : par la wilaya de Sétif et Jijel.

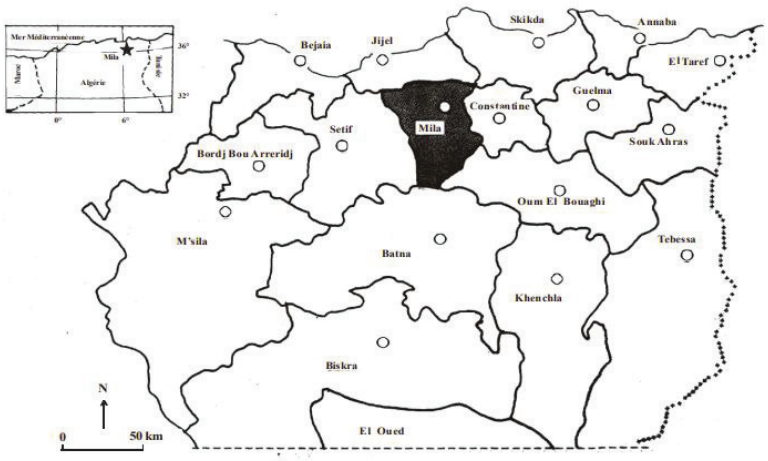


Figure II.1: Localisation de la wilaya de Mila

II.1.1.2. Relief

La wilaya de Mila distingue en 2 zones distinctes :

- Au nord une zone montagneuse et des collines : M'sid, Aicha, Zouaghi et El-Halfa
- Au sud un ensemble des plaines et les hauts plateaux

II.1.1.3 Climat :

La wilaya de Mila se caractérise par un climat humide avec des terres fertiles au Nord mais sec avec des terres semi-arides à arides au sud de la wilaya. La pluviométrie varie entre 350 mm au Sud et 700 mm au nord.

II.1.1.4 Hydrographie

La wilaya abrite un important réseau hydrographique composé de rivières et de barrages : le plus grand barrage d'eau au niveau national, barrage de Béni-Haroun qui alimente une grande partie de l'est algérien avec de l'eau potable et de l'eau d'irrigation, barrage de oued el Athmania, et barrage de oued Seguène. Les oueds Rhumel et oued Nadja (oued El-Kebir) sont les principales sources d'alimentation du barrage de Béni Haroun**.**

II.1.1.5 Sismicité

Le territoire national est divisé en cinq (05) zones de sismicité :

Zone 0 : Sismicité négligeable.

Zone I : Sismicité faible.

Zones II a et II b : Sismicité moyenne.

Zone III : Sismicité élevée.

La wilaya de Mila située dans la zone **II-a** de moyenne sismicité ce qui explique qu'elle n'est pas exclus de ce phénomène

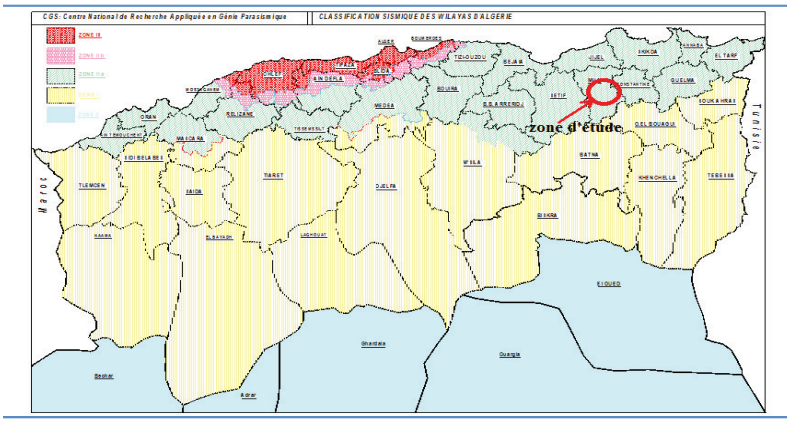


Figure II.2: carte de zonage sismique du territoire national selon RPA 99

II.1.1.6 Réseau routier

Les réseaux routier de la wilaya de Mila est un réseau dense, il comporte près 2200 km dont 1522 km en chemins communaux 295 km de chemins de wilaya et 310 km en routes nationales : RN79, RN5A,

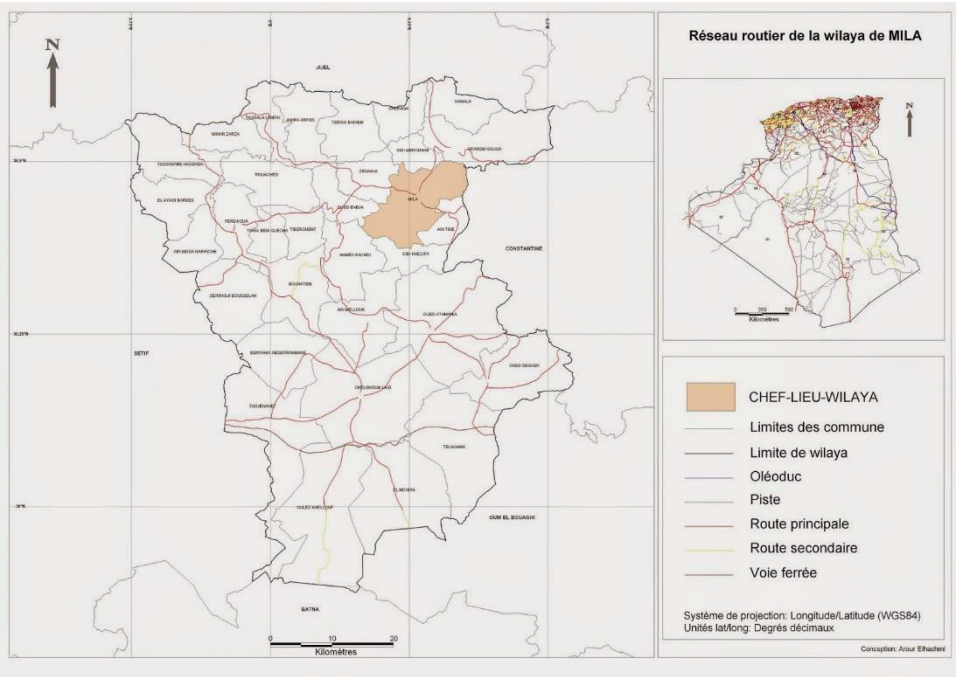


Figure II.3 : Réseau routier de la wilaya de Mila

II.1.2 Présentation du projet

II.1.2.1 Description de la route national RN5A

La RN5 débute de la wilaya de Mila et travers plusieurs wilayas commençant par Sétif, Bordj-Bouariridj, Bouira, Boumerdas jusqu'à Alger. Cet axe l'un des axes les plus important en Algérie.

La RN5 au niveau de la wilaya de Mila relie le chef-lieu du la wilaya avec l'autoroute est-ouest.

II.1.2.2 Site de projet

Ce projet est sous le nom (dédoublement de la liaison entre l'autoroute est-ouest et chef-lieu de Mila avec contournement du barrage réservoir d'oued Athmania sur 16km (10 km suivant l'ancien axe et 6 km évitement).

Ce tronçon se trouve au sud de la ville de Mila, il débute du PK 6+000 à coté de Bled Youcef et finie au PK 16+200 au niveau de la commune de Oued Athmania.

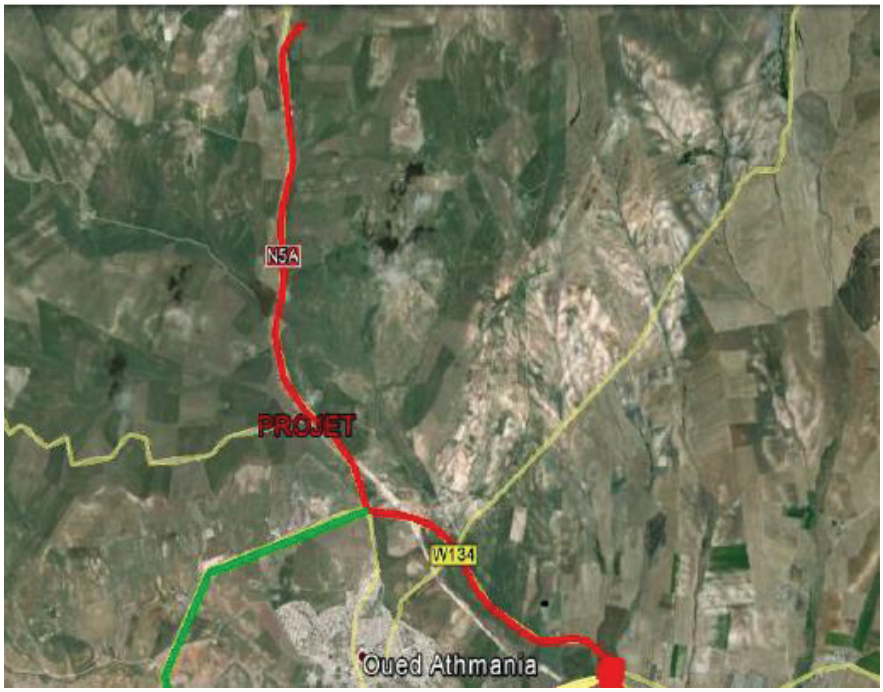


Figure II.4: **Vue en plan du tracé**

II.1.2.3 Présentation du tronçon concerné par l'étude

La zone d'étude vise le tronçon routier qui montre sur l'image au-dessus, il débute de PK 6+000 jusqu'à PK 16+ 000 sur la linaire de 10 KM envisageant 5 giratoires.

II.1.3.Objectifs du projet

L'étude de dédoublement de la RN5A a comme objectifs :

- Réduire le nombre d'accident.
- Offrir une capacité suffisante à répondre à la demande de transport qui ne cesse pas de croitre.
- Stimuler le développement économique des régions de Mila.
- Réduire le temps les couts de transport et garantir le confort aux usagers.
- Attirer les touristiques à visiter la wilaya qui a beaucoup de monument comme le barrage de Beni Haroun, Hemmem Grouz.
- L'entretien des dégradations et la résolution des problèmes de glissements des terres pour garantir la viabilité de ce projet pendant leur service.

Chapitre III : Etude du trafic

Chapitre III : Étude du trafic

III.1 Introduction

L'étude de trafic est un élément essentiel qui doit être préalable à tout projet déréalisation ou d'aménagement d'infrastructure de transport, elle permet de déterminer le type d'aménagement qui convient et, au-delà les caractéristiques à lui donner depuis le nombre de voie jusqu'à l'épaisseur des différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée.

L'étude de trafic constitue un moyen important de saisie des grands flux à travers un pays ou une région, elle représente une partie appréciable des études de transport, et constitue parallèlement une approche essentielle de la conception des réseaux routiers.

Cette conception repose, sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, qui est nécessaires pour :

- Apprécier la valeur économique des projets.
- Estimer les coûts d'entretiens.
- Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons.

III.2 Analyse des trafics existants :

L'étude du trafic est une étape importante dans la mise au point d'un projet routier et consiste à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route (volume, composition, conditions de circulation, saturation, origine et destination). Cette étude débute par le recueil des données.

III.3 Mesure des trafics :

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires:

-Les comptages : sont permettent de quantifier le trafic.

-Les enquêtes : sont permettent d'obtenir des renseignements qualificatifs.

III.3.1 Les comptages automatiques :

Ils sont effectués à l'aide d'appareil enregistreur comportant une détection pneumatique

On distingue deux types de comptage : permanent et temporaire

- Les comptages permanant : sont exécutés sur certains points représentatifs sur les routes les plus importantes (autoroutes, routes nationaux et les chemins de wilayas)
- Les comptages temporaires : s'effectuent une fois par an durant un mois pendant la période ou le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournant.

L'inconvénient de cette méthode : est que tous les matériels de comptage actuellement utilisés ne détectent pas la différence entre les véhicules légers et les poids lourds.

III.3.2 Les comptages manuels

Ils sont réalisés par les agents qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports communs.

Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle **(T.J.M.A)**.

III.3.3 Les enquête

Les informations recueillis à travers les comptages doivent être complétées par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux, les enquêtes permettent de recenser les flux de trafic interzonaux, en définissent leur origine et la destination .on peut recourir à plusieurs méthodes mais les enquêtes « origines destinations » sont les plus souvent utilisées, elles se déroulent parallèlement aux comptages manuels.

Les agents enquêteurs sont chargés d'intercepter un échantillon d'automobilistes de chaque catégorie, et de les interroger sur leurs origines et destinations des déplacements.

III.4 Les différents types de trafics

On distingue quatre types de trafic :

- **Le trafic normal** : c'est le trafic roulent sur l'ancien aménagement sans prendre en compte le trafic du nouveau projet.
- **Le trafic dévié** : C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres routes ayant le même destination, la dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre les différent moyen d'atteindre la même destination

- **Le trafic induit** : C'est le trafic qui résulte de :
  - ✓ Des 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.
  - ✓ Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.
- **Le trafic total :**

  Est la somme des trois trafics précédents : le trafic normal, dévié et induit.

III.5 Résultats de l'étude de trafic

Les comptages et les enquêtes ont été faits par SETS en 2015 selon la catégorie de véhicules et leur caractéristique dont elles sont définies suit :

P1 : véhicule particuliers

P2 : véhicules utilitaires

P3 : bus

P4 : camions à 2 essieux

P5 : camions à 3 essieux

P6 : ensemble articulés

Toutes les véhicules plus de 3.5 t sont des poids lourds donc en prend en compte les catégories P3, P4, P5, P6 comme un PL

Ils ont trouvées que $TJMA_{2015}$= 5700 v/j et le pourcentage des poids lourds Z= 22%.

III.6 Calcul de la capacité

III.6.1 Définition de la capacité

La capacité et le nombre de véhicule qui peut raisonnablement passer sur une direction de la route « ou deux directions » avec des caractéristiques géométriques et de circulation qui lui est propre durant une période bien déterminer, la capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

III.6.2 La procédure de détermination de nombre de voies :

Le choix de nombre de voies résulte de la comparaison entre l'offre et la demande, c'est à dire, le débit admissible et le trafic prévisible à l'année d'exploitation. Pour cela il est donc nécessaire d'évaluer le débit horaire à l'heure de pointe pour la vingtième année d'exploitation.

III.6.3 Calcul de TJMA horizon

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

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

Tel que

$TJMA_h$: le trafic à l'année horizon

$TJMA_0$: le trafic à l'année de référence

n : le nombre d'année

τ: le taux d'accroissement

III.6.4 Calcul du trafic effectif

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de type de route et de l'environnement :

Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (U.V.P).

Le trafic effectif donné par la relation suivant :

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

T_{eff} : trafic effectif à l'horizon en (U.V.P/j)

Z : pourcentage de poids lourds (%).

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourd, il dépend de la nature de la route et l'environnement.

Tableau III.1: Coefficient d'équivalence.

Environnement	E1	E2	E3
Routes à bonnes caractéristiques	2-3	4-6	8-12
Routes étroites	3-6	6-12	16-24

III.6.5 Débit de point horaire normal :

Le débit de point horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon, il est donné par la formule suivante :

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

- Tel que
- $\frac{1}{n} = 0.12$
- **Q** : est exprimé en UVP/h.
- **n** : nombre d'heure

III.6.6 Débit horaire admissible

Le débit horaire admissible est le nombre de véhicules toléré pouvant passer en un point donné pendent une heure, il est déterminé par la formule suivante :

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

Avec :

- **K1** : coefficient lié à l'environnement.
- **K2** : coefficient de réduction de capacité.
- C_{th} : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable
- **Valeurs de k_1 :**

Figure III.1: **Valeurs de k_1**

environnement	E_1	E_2	E_3
K_1	0 ,75	0,85	0,90 à 0,95

- **Valeurs de k_2 :**

Figure III.2: **Valeurs de k_2**

	Catégorie de la route				
environnement	1	2	3	4	5
E_1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E_2	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
E_3	0,91	0,95	0,97	0,96	0,96

C_{th} : capacité théorique du profil en travers en régime stable.

Tableau III.2:**Valeurs de Capacité théorique**

Caractéristique de la route	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3,5m	1500 à 2000 uvp/h
Route à 3 voies de 3,5m	2400 à3200 uvp/h
Route à chaussées séparées	1500 à 1800 uvp/h/sens

III.6.7 Calcul de nombre de voies :

Le nombre de voie par chaussée est le nombre entier le plus proche du rapport

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

S : le coefficient dissymétrie en général = 2/3

Q_{adm} : débit admissible par voie

III.7Application au projet :

D'après les résultats de comptage par sens du trafic qui nous ont été fournis par les éléments du bureau de la DTP qui sont les suivants :

- Le trafic à l'année 2015 $TJMA_{2015}$=5700 v/j
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté τ= 4٪
- La vitesse de base sur le tracé V_B=80km/h

- Le pourcentage moyen de poids lourds Z=22 ٪
- L'année de mise en service sera en 2025
- La durée de vie estimée de 20 ans
- Catégorie : C_2 selon B40
- Environnement : E_2

III.7.1 Projection future de trafic

- Le trafic à l'année de mise en service est :

$$TJMA_{2025} = TJMA_{2015}(1+\tau)^{n}$$

$$= 5700(1+0,04)^{10}$$

$$= 8438 \text{ v/j}$$

- Le trafic à l'année horizon est :

$$TJMA_{2045} = TJMA_{2025}(1+\tau)^{n}$$

$$TJMA_{2045} = 8438(1+0,04)^{20}$$

$$TJMA_{2045} = 18489 \text{ v/j}$$

III.7.2 Calcul du trafic effectif

$$T_{eff\ 2045} = [(1 - Z) + Z.P]TJMA_{2045}$$

D'après Tableau 1: coefficient d'équivalence) on prend P=5

$$T_{eff\ 2045} = [(1 - 0.22) + 5 \times 0.22]18489$$

$$T_{eff\ 2045} = 34760 \text{uvp/j}$$

III.7.3 Débit de pointe horaire normale

$$Q_{2045} = (1/n)T_{eff}$$

$$Q_{2045} = 0.12 \times 34760$$

$$Q_{2045} = 4171 \text{ uvp/h}$$

III.7.4 Débit admissible

Le débit que supporte une section donnée

$$Q_{adm} = K_1 . K2 . Cth$$

K_1: coefficient correcteur pris égal à 0.85 pour E_2

K_2: coefficient correcteur pris égal à 0.99 pour environment (E_2) et categorie (C_2)

C_{th}= 1800(d'après le B40 pour E_2, C_2 et pour une chaussée à 2 voies)

Q_{adm} = 0,85 x0.99 x 1800

Q_{adm}=1515 uvp/h par voie

III.7.5 Le nombre des voies

N= S x ($Q/Q_{adm/voie}$)

Avec S=2/3

N = (2/3) x (4171/1515) =1.83 ≈ 2

Donc : **N** = 2 voie /sens

III.7.6 Calcul de l'année de saturation de 2×2 voies :

$T_{eff\ 2025}$ = [(1 –z) + p ×z] x $TJMA_{2025}$

$T_{eff\ 2025}$ = [(1 – 0.22) + 5× 0.22] x 8438

$T_{eff\ 2025}$=15864uvp/j.

Q_{2025} = 0,12 ×15864

Q_{2025} = 1904uvp/h.

$Q_{saturation}$ = 2× Q_{adm} = 3030 uvp/h

$$\mathbf{Q_{saturation}} = (1+\tau)^n \times (2/3)\, Q_{2025} \Rightarrow N = \frac{l^n(Q_{saturation}/2Q^{2025}/3)}{l^n(1+\tau)}$$

$$\Rightarrow N = \frac{\ln(3030/1904\times 2/3)}{\ln(1+0{,}04)}$$

N=22ans

Donc la route sera saturée à l'horizon de 2047

D'après les calculs, on obtient qu'on ait besoin d'une route 2x2 voies avec une largeur de chaussée de 7 m.

Chapitre IV : Tracé en plan

Chapitre IV : Tracé en plan

Définition

Le tracé en plan ou encore tracé horizontal représente la projection verticale sur un plan horizontal de la route dans l'espace, ce plan est en général une carte topographique ou un plan de situation ou le relief du terrain qui est représenté par les courbes de niveau. En générale, il est constitué d'alignements droits raccordés par des courbes.

Il est caractérisé par la vitesse de référence appelée aussi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaire de la route. Mais la pratique des grandes vitesses a imposé des éléments supplémentaires pour les raccordements progressifs entre les alignements droits et les courbes.

IV.1 Les règles à respecter pour la trace en plan

- S'inscrire dans le couloir choisi.
- Éviter de passer sur les terrains agricoles si possibles.
- Éviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques ; si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement.
- Adapter au maximum le terrain naturel.
- Appliquer les normes du B40.
- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- Respecter la cote des plus hautes eaux.
- Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.
- Se raccorder sur les réseaux routiers existants.

IV.2 les éléments du tracé en plan

IV.2.1 Les alignements :

IV.2.1.1 Règles concernant la longueur des alignements

- **Une longueur minimale** d'alignement $\mathbf{L_{min}}$ qui devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant cinq (5) secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon de deux arcs de cercle.

Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes circulaires sont raccordées par une courbe en **c** ou en **ove.**

$$\mathbf{L_{min}} = 5 \times \frac{V_B}{3.6}$$

$\mathbf{V_B}$: vitesse de base en km/h.

- **Une longueur maximale $\mathbf{L_{max}}$** prise égale à la distance parcourue pendant soixante (60) secondes.

$$\mathbf{L_{max}} = 60 \times \frac{V_B}{3.6}$$

IV.2.2 Arcs de cercle

IV.2.2.1 Stabilité en courbe

Dans un virage R un véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du système, afin de réduire l'effet de la force centrifuge on incline la chaussée transversalement vers l'intérieure du virage (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite devers exprimée par sa tangente.

IV.2.2.1.1 Rayon horizontal minimal absolu (RHM)

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal.

$$RHM = \frac{V_B^{\,2}}{127\,(\,\mathrm{ft} + \mathrm{dmax}\,)}$$

$\mathbf{f_t}$: coefficient de frottement transversal.

Ainsi pour chaque $\mathbf{V_B}$ on définit une série de couple (R, d).

IV.2.2.1.2 Rayon minimal normal (RHN)

Le rayon minimal normal doit permettre à des véhicules dépassant VB de 20km/h de rouler en sécurité.

$$RHN = \frac{(V_B + 20)^2}{127(ft + d\max)}$$

IV.2.2.1.3 Rayon au dévers minimal (RHd)

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

Dévers associé :

- **dmin** = 2.5% pour les catégories 1 – 2

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

IV. 2.2.1.4 Rayon minimal non déversé (RHnd)

C'est le rayon non déversé telle que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée pour un véhicule parcourant à la vitesse $\mathbf{V_B}$ une courbe de devers égal à dmin vers l'extérieur reste inférieur à valeur limitée .Pour les catégories 1 - 2

$$RHnd = \frac{V_B^{\,2}}{127 \text{ x } 0.035}$$

Pour notre projet situé dans un environnement ($\mathbf{E_2}$), et classé en catégorie 2 ($\mathbf{C_2}$) avec une vitesse de base de **80km/h**, donc à partir du règlement B40 on peut avoir le tableau suivant:

Tableau IV.1 : Rayons du tracé en plan

Paramètres	Symboles	Valeur
Vitesse (Km/h)	V	80
Rayon horizontale minimale (m)	RHm (7%)	250
Rayon horizontal normal (m)	RHN (5%)	450
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2.5%)	1000
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (-2.5%)	1400

IV.2.3 Clothoïde :

La Clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul. La courbure de la Clothoïde, est linéaire par rapport à la longueur de l'arc.

Parcourue à vitesse constante, la Clothoïde maintient la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

IV.2.3.1 Expression mathématique de la Clothoïde:

Courbure K linéairement proportionnelle à la longueur curviligne L.

On pose : $K = C \times L$ tel que $K = \frac{1}{R}$ donc $C \times L = \frac{1}{R}$

$1/C = A^2$ ⟹ $L.R = A^2$

IV.2.3.2 Éléments de la Clothoïde :

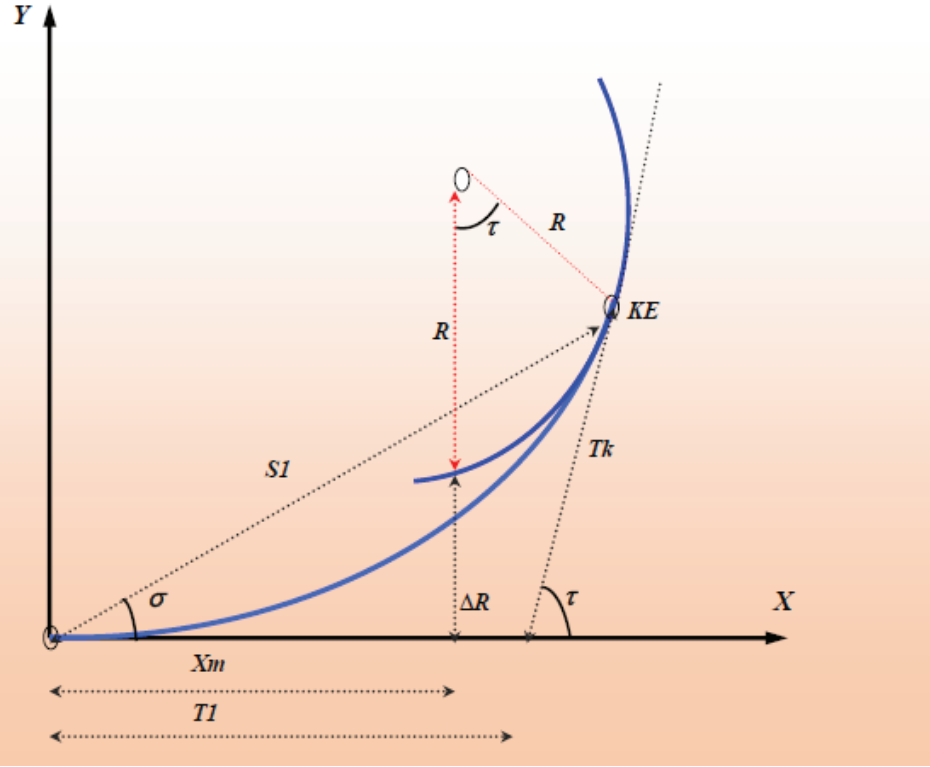


Figure IV.1: Éléments de la Clothoïde :

- R : Rayon du cercle.
- L : Longueur de la branche de Clothoïde.
- A : Paramètre de la clothoïde.
- KA : origine de la clothoïde.
- KE : extrémité de la clothoïde.
- ΔR : ripage.
- τ : angle des tangentes.
- TC : tangente courte.
- TL : tangente longue.
- σ : angle polaire.
- SL : corde KE –KA.
- M : centre du cercle d'abscisse Xm.
- Xm : abscisse du centre du cercle M à partir de KA.

- Ym : ordonnée du centre du cercle M à partir de KA.
- X : abscisse de KE
- Y : ordonnée de KE

IV.3. Les conditions de raccordement :

La longueur de raccordement progressif doit être suffisante pour assurer les conditions suivantes:

- **Condition de confort optique :**

Cette condition permet d'assurer à l'usager une vue satisfaisante de la route 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.

$\tau = L / 2R > 1/18$ rads $\longrightarrow$ $L > R/9$ soit $A > R/3$

$R/3 \leq A \leq R$

-Règle générale (B40) :

Pour $R \leq 1500$m $\longrightarrow \Delta R = 1$m (éventuellement 0.5m) d'où $L = \sqrt{24R\Delta R}$

Pour $1500 < R \leq 5000$m $\longrightarrow$ $L \geq R/9$

Pour $R > 5000$m et ΔR limité à 2.5 m $\longrightarrow L = 7.75\sqrt{R}$

- **condition de confort dynamique :**

Cette condition consiste à limiter le temps de parcours Δt du raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule.

$$L = \frac{V_B^2}{18}\left(\frac{V_B^2}{127R} - \Delta d\right)$$

V_B: vitesse de base (km/h).

R : rayon en (m).

Δd : variation de dévers.

- **Condition de gauchissement :**

Cette condition a pour objet d'assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation de devers, elle s'applique par rapport à son axe.

$$\mathbf{L \geq l \times \Delta d \times V_B}$$

L : longueur de raccordement.

l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers

La vérification des deux conditions relatives au gauchissement et au confort dynamique, peut se faire l'aide d'une seule condition qui sert à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation par unité de temps, du dévers de la demie -chaussée extérieure au virage.

Cette variation est limitée à 2%.

$$L \geq \frac{5 \times \Delta d \times V_B}{36}$$

IV.4 Notion de devers

Le devers est par définition la pente transversale de la chaussée, il permet l'évacuation des eaux pluviales pour les alignements droits et assure la stabilité des véhicules en courbe.

La pente transversale choisie résulte d'un compromis entre la limitation de l'instabilité des véhicules lorsqu'ils passent d'un versant à l'autre et la recherche d'un écoulement rapide des eaux de pluies.

IV.4.1 Calcul des devers

Dans les alignements droits et dans les courbes de rayon ≥ RHnd le devers est égal à 2.5% et pour les courbes de rayon R < RHnd un calcul de devers peut être fait par l'interpolation en « 1/R ».

Si Rhm < R < RHn on a: $\dfrac{d(R)-d(RHm)}{1/R-1/RHm} = \dfrac{d(RHm)-d(RHn)}{1/RHm-1/RHn}$

Si RHn < R < RHd on a : $\dfrac{d(R)-d(RHd)}{1/R-1/RHd} = \dfrac{d(RHn)-d(RHd)}{1/RHn-1/RHd}$

Les rayons compris entre RHd et RHnd sont au devers minimal mais des rayons supérieur à RHnd peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.

IV.4.2 Raccordement de devers

- En alignement droit les devers sont de type unique et ont des valeurs constantes (2.5%), en courbe ils ont des valeurs supérieures (de 3 à 7%).
- Le raccordement des alignements droits aux courbes se fait par des clothoïde.
- Dans le cas où les devers sont de même sens le raccordement sera progressif à partir du début de la Clothoïde jusqu'au début de l'arc de cercle.
- Dans le cas où les devers sont opposés, le problème se pose pour passer du devers d'alignement droit au devers de l'arc de cercle, donc il faut passer par un devers nul, ce dernier peut être placé en général à une distance Dmin.

  Dmin : appelée longueur de gauchissement.

$$D_{min} = \frac{5}{36} \times V_B \times \Delta d$$

- Pour les courbes en S, il est souhaitable de prendre le devers nul au point d'inflexion.
- Pour les courbes de raccordement de devers entre deux courbes de même sens le devers peut unique peut être conservé.

IV.5 Paramètres fondamentaux

D'après le règlement des normes algériennes B40, pour un environnement **E_2** et une catégorie **C_2** avec aussi une vitesse de 80km/h on définit les paramètres suivants :

Tableau IV.2: Paramètres fondamentaux

paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse (Km/h)	V	80
Longueur minimale (m)	L_{min}	112
Longueur maximale (m)	L_{max}	1333
Devers minimal (%)	d_{min}	2.5
Devers maximal (%)	d_{max}	7
Temps de perception réaction (s)	t_1	2
Frottement longitudinal	f_L	0.39
Frottement transversal	f_t	0.13
Distance de freinage (m)	d_0	65
Distance d'arrêt (m)	d1	109

IV.6 Justification de tracé en plan

A partir des visites du site, et de la levée topographique réalisée par la SETS, et après avoir tracé l'ancien axe de façon approximative de la route nationale RN5A, Nous avons trouvé qu'elle présente de bonnes caractéristiques géométriques sur tout le tracé. On a gardé tous les mêmes rayons en plan, donc nous avons fait un tracé parallèle au tracé déjà existant sur le côté droite.

Voici le tableau qui résume les rayons existants

Tableau IV.3: **valeur de l'existant rayon**

Rayon	Valeur (m)	localisation	observation
R1	500	6+146.791	acceptable
R2	350	6+393.778	acceptable
R3	500	7+310.602	acceptable
R4	550	7+973.449	acceptable
R5	450	8+596.174	acceptable
R6	650	9+089.025	acceptable
R7	360	9+643.867	acceptable
R8	300	10+103.715	acceptable
R9	1000	10+332.497	acceptable
R10	400	10+548.375	acceptable
R11	250	10+934.881	acceptable
R12	560	11+949.911	acceptable
R13	300	12+185.836	acceptable
R14	400	12+398.752	acceptable
R15	550	12+590.868	acceptable
R16	500	12+738.780	acceptable
R17	1000	12+909.166	acceptable
R18	500	13+844.960	acceptable
R19	400	14+420.903	acceptable

IV.7. Calcul d'axe

L'opération de calcul d'axe n'aura lieu, qu'après avoir déterminé le couloir par le quel 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 de gisements.
- Calcul de l'angle g entre alignements.
- Calcul de la tangente **T.**
- Calcul de la corde **SL.**
- Calcul de l'angle polaire s.
- 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 manuel des raccordements progressifs

Pour le cas de notre étude on a choisi notre exemple à partir du 17ème rayon rencontré dans l'itinéraire dont le rayon R=500 et les coordonnées des sommets qui sont les suivants :

Tableau IV.4 : Exemple de calcul de sommet

Sommet	X(m)	Y(m)
S0	257814.6032	4015463.0721
S1	258268.3773	4015146.975
S2	258654.5089	4019698.6066

.calcul du paramètre A :

On sait que : $A^2 = L \times R$

- **Condition de confort optique**

On a $\frac{R}{3} \leq A_{\min} \leq R$

D'où : $167 \leq A_{\min} \leq 500$

$L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$ comme R = 500< 1500 m $\Delta R = 1$

$L \geq \sqrt{24 \times 500 \times 1} = 109.54$m …(1)

- **Condition de confort dynamique et de gauchissement**

$$L \geq \frac{5}{36} \times \Delta d \times V_B$$

On a V_B = 80km/h et 450 < R= 500m < 1000 (RHn < R < RHd)

Donc d= 4.45% Δd = d+2 .5% Δd = 6.95%

$L \geq \frac{5}{36} \times 6.1 \times 80 = 67.78$m …(2)

D'après (1) et (2) on prend L=110m

A = $\sqrt{LR}$ =235m

- **Calcul des Gisements :**

$$\begin{cases} |\Delta X| = |X_{S1} - X_{S0}| = 453.7741m \\ |\Delta Y| = |Y_{S1} - Y_{S0}| = 316.0971m \end{cases}$$

$$\begin{cases} |\Delta X| = |X_{S2} - X_{S1}| = 386.1316m \\ |\Delta Y| = |Y_{S2} - Y_{S1}| = 25.3837m \end{cases}$$

Donc :

$$G_{S1}^{S0} = \text{arctg} \frac{|\Delta X|}{|\Delta y|} = 61.266 \text{ grades}$$

$$G_{S1}^{S2} = \text{arctg} \frac{|\Delta X_1|}{|\Delta y_2|} = 95.8209 \text{ grades}$$

- **Calculs des distances**

$$S_1S_0 = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = 553.017 \text{ m}$$

$$S_2S_1 = \sqrt{\Delta X_1^2 + \Delta Y_1^2} = 386.965 \text{m}$$

- **Calcul de l'angle γ :**

$$\gamma = |G_{S2}^{S1} - G_{S1}^{S0}| = 34.5549 \text{ grades}$$

- **Calcul de l'angle τ :**

$$\tau = \frac{L}{2R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{110}{2\times 500} \times \frac{200}{\pi} = 7.006 \text{ grades}$$

- **Vérification de non chevauchement :**

$\tau = 6.124$ grades

$\gamma/2 = 34.5549/2 = 17.277$ grades

$\tau < \gamma/2 \longrightarrow$ pas de chevauchement

- **Caractéristiques de la courbe de raccordement:**

On a : $\frac{L}{R} = \frac{110}{500} = 0.22$

A partir des tables de clothoïde ligne N° 470, on tire les valeurs suivantes:

$\frac{\Delta R}{R} = 0.002032 \longrightarrow \Delta R = 1.016\text{m}$

$\frac{X_m}{R} = 0.234905 \longrightarrow X_m = 117.4525\text{m}$

$\frac{X}{R} = 0.469427 \longrightarrow X = 234.8135\text{m}$

$\frac{Y}{R} = 0.017289 \longrightarrow Y = 8.6445 \text{ m}$

$T = X_m + (R + \Delta R) \text{ tg } (\gamma / 2)$

$T = 117.4525 + (500 + 1.016) \text{ tg } (34.5549/2) = 256.864 \text{ m}$

$$S_L = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{(234.8135)^2 + (8.6445)^2} = 234.973 \text{ m}$$

- **Calcul de σ:**

$\sigma = \text{arctg}\ \frac{Y}{X} = \text{arctg}\ \frac{8.6445}{234.8135} = 2.343$ grades

- **Calcul de l'arc:**

$b = K_{E1}K_{E2} = \frac{[\pi.R(\gamma - 2\tau)]}{200} = \frac{[\pi \times 500(34.5549 - 2 \times 7.006)]}{200} = 161.262m$

- **Calcul des coordonnées des points singuliers :**

$$K_{A1}\begin{cases} X_{KA1} = X_{S1} + \left(S_0S_1 - T\right) \times SinG_{s0}^{s1} \\ Y_{KA1} = Y_{S1} + \left(S_0S_1 - T\right) \times CosG_{s0}^{s1} \end{cases}$$

$$K_{A1}\begin{cases} X_{KA1} = 258268.3773 + (553.017 - 256.864) \times Sin61.266 \\ Y_{KA1} = 4015146.975 + (553.017 - 256.864) \times Cos\,61.266 \end{cases}$$

$$K_{A1}\begin{cases} X_{KA1} = 255360.539m \\ Y_{KA1} = 4019877.982m \end{cases}$$

$$K_{E1}\begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} + S_L \times Sin\left(G_{s0}^{s1} - \sigma\right) \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} + S_L \times Cos\left(G_{s0}^{s1} - \sigma\right) \end{cases}$$

$$K_{E1}\begin{cases} X_{KE1} = 255360.539 + 234.973 \times \cos(61.266 - 2.343) \\ Y_{KE1} = 4019877.982 + 234.973 \times \sin(61.266 - 2.343) \end{cases}$$

$$K_{E1}\begin{cases} X_{KE1} = 255501.8487m \\ Y_{KE1} = 4020065.716m \end{cases}$$

$$K_{A2}\begin{cases} X_{KA2} = X_{S1} + T \times SinG_{s1}^{s2} \\ Y_{KA2} = Y_{S1} + T \times CosG_{s1}^{s2} \end{cases}$$

$$K_{A2}\begin{cases} X_{KA2} = 258268.3773 + 256.864 \times Sin 95.8209 \\ Y_{KA2} = 4015146.975 + 256.864 \times Cos 95.8209 \end{cases}$$

$$K_{A2}\begin{cases} X_{KA2} = 258524.588m \\ Y_{KA2} = 4015163.825m \end{cases}$$

$$K_{E2}\begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} - S_L \times Sin\left(G_{s1}^{s2} + \sigma\right) \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} - S_L \times Cos\left(G_{s1}^{s2} + \sigma\right) \end{cases}$$

$$K_{E2}\begin{cases} X_{KE2} = 258524.588 - 234.973 \times Sin(95.8209 + 2.343) \\ Y_{KE2} = 4015163.825 - 234.973 \times Cos(95.8209 + 2.343) \end{cases}$$

$$K_{E2}\begin{cases} X_{KE2} = 258289.7127m \\ Y_{KE2} = 4015157.049m \end{cases}$$

Les résultats du calcul d'axe sont faits automatiquement par le logiciel autopiste et sont joints en annexe

Chapitre V : Profil en long

Chapitre V: Profile en long

V.1 Définition

Le profil en long est une représentation graphique de la coupe verticale d'une route le long de son axe, développée et dessinée à une échelle appropriée. Il permet de visualiser l'élévation verticale de tous les points constituant la route**.**il est composé d'éléments de lignes droites raccordées par des raccordements circulaires ou paraboliques.

V.2 Règles à respecter dans le profil en long

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par le règlement (les déclivités maximales et minimales, les rayons minimums en angles saillant ou entrant
- Éviter les angles entrant en déblai pour éviter la stagnation des eaux et assurer leurs écoulements.
- Éviter les hauteurs excessives en remblais.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- Il est essentiel de trouver un équilibre entre les volumes de remblais et de déblais.
- Afin de garantir une bonne évacuation des eaux, il est recommandé de positionner les zones de dévers nuls le long d'une pente appropriée dans le profil en long.

V. 3 Coordination du tracé en plan et profil en long

Il est très nécessaire de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long en tenant compte également de l'implantation des points d'échange afin:

- D'avoir une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.
- De prévoir de loin l'évolution du tracé.
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs, etc.) pour éviter les défauts résultats d'une mauvaise coordination tracé en plan et profil en long, les règles suivantes sont à suivre:
  - D'augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan si le profil en long est convexe.

- D'amorcer la courbe en plan avant un point haut.
- lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe.

V.4 Déclivité

La déclivité d'une route est définie comme la tangente de l'angle formé par le profil en long par rapport à l'horizontale. On utilise le terme de pente pour désigner les sections descendantes et celui de rampe pour les sections ascendantes.

V.4.1 Déclivité minimum

Afin de garantir un bon drainage des eaux pluviales, il est généralement évité d'utiliser une pente nulle.

On adopte généralement à une pente longitudinale minimale de 0.5% de préférence 1% si possible.

V.4.2 Déclivité maximum

La déclivité maximale est généralement acceptable, surtout sur de courtes distances inférieures à 1500 mètres, à cause de :

- la réduction de la vitesse et l'augmentation des dépenses de circulation par la suite (cas de rampe Max).
- l'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique (cas de pente max.).

Donc : La déclivité maximale dépend de :

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

Pour notre projet (catégorie 02, environnement 2) la pente maximal est I=5%

Exceptionnellement dans des sections critiques en peut utiliser une pente maximale I = 6%

V.5 Caractéristique des rayons du profil en long

Dans notre projet et selon le B40 on a respecté les paramètres géométriques concernant le tracé de la ligne rouge, elles sont données par le tableau suivant **:**

Tableau V.1 : **Caractéristique du profil en long**

Catégorie		C2
Environnement		E2
Vitesse de base (km/h)		80
Rayon en angle saillant RV	Route unidirectionnel 2x2 voies R_{Vm1} (minimal absolu) en m R_{Vn1} (minimal normal) en m	 2500 6000
Rayon en angle rentrant RV`	Route unidirectionnel 2x2 voies R'_{Vm1} (minimal absolu) en m R'_{Vn1} (minimal normal) en m	 2400 3000
Déclivité maximale	Imax%	5

V.8 Justification du tracée de profil en long

Le tracé du profil en long de l'ancien axe de la RN5A suit exactement le niveau du terrain naturel, nous avons essayés de suivre le même profil en long de la route existante mais nous rencontrons plusieurs rayons inferieurs au rayon minimal absolu en angle saillant et rentrant, ils sont remplacés par des autres rayons de façon que nous pouvant récupérer la plus que possible da la chaussée existante.

Le tableau suivant montre les rayons inferieurs au rayon minimal absolu

Tableau V.2 : Rayons existant

Rayon	Localisation	Valeur(m)
En angle saillant	PK 9+150	1000
	PK 9+800	1300
	PK10+150	1000
	PK 10+700	300

En angle rentrant	PK 6+975	1000
	PK 9+000	2000
	PK 9+100	1500
	PK 9+425	1200
	PK 9+850	2000
	PK 10+475	2000
	PK 10+600	1500
	PK 14+975	1000

Voici les nouveaux rayons

Tableau V.3 : Nouveaux rayons

Rayon	Localisation	Valeur(m)
En angle saillant	10+042.339	6000
	11+062.418	6000
	11+435.786	7000
	13+118.300	3000
En angle rentrant	10+346.603	3000
	11+904.635	3000
	12+175.512	4000
	12+806.457	100000
	13+298.038	6000
	13+713.884	3000

V.9 Détermination pratique du profil en long :

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

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

Et l'équation de la parabole $X - 2RY = 0$ donc $Y = X^2/2R$

La méthode utilisée pour effectuer les calculs de raccordement est la suivante :

- Donner les coordonnées (abscisse, altitude,) des points A, B.

- Donner la pente P1 de la droite (AS).
- Donner la pente P2 de la droite (SB).
- Donner le rayon R.

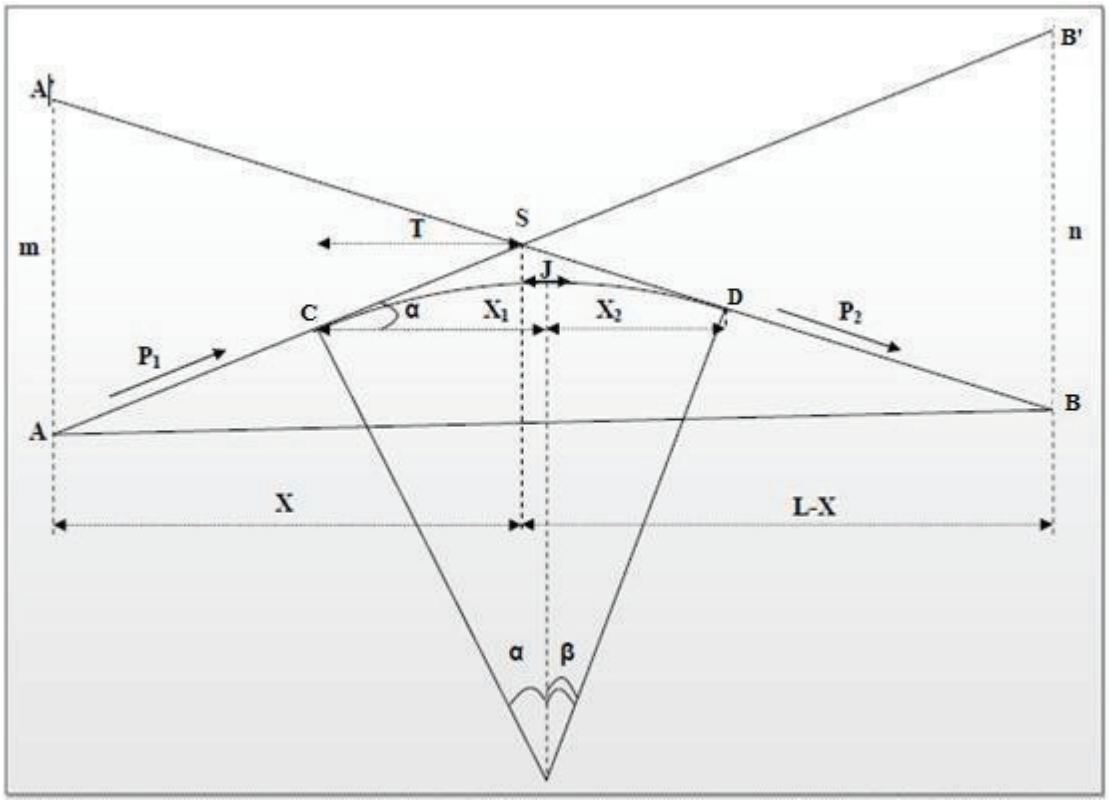


Figure V.1: Exemple de raccordement du profil en long (cas convexe)

- **Détermination de la position du point de rencontre (S) :**

On a $Z_{A'} = Z_B + LP2$; $m = Z_{A'} - Z_A$

$Z_{B'} = Z_A + LP1$; $n = Z_{B'} - Z_B$

Les deux triangles SAA' et SBB' sont semblables donc :

$$\frac{m}{n} = \frac{X}{L-X} \rightarrow \mathbf{X} = \frac{mL}{m+n}$$

$$S: \begin{cases} XS = X + XA \\ ZS = P1X + ZA \end{cases}$$

- **Calcul des tangentes :**

$$T = \frac{R}{2}|P1 \pm P2|$$

On prend(+) lorsque les deux pentes sont de sens contraires, et on prend(–) lorsque les deux pentes sont de même sens.

- $C \begin{cases} X_C = Xs - T \\ Z_C = Zs - Tp2 \end{cases}$
- $D \begin{cases} X_D = Xs + T \\ Z_D = Zs + TP2 \end{cases}$
- **Projection horizontal de la longueur de raccordement :**

$$L_R = 2T$$

- **Calcul de la flèche :**

$$H = \frac{T^2}{2R}$$

- **Calcul des coordonnées du sommet de la courbe :**

Le point J correspond au point de plus haute tangente horizontale

$$\begin{cases} Xj/A = R \times P1 \\ Zj/A = Xj/A \times \left(P1 - \dfrac{(Xj/A)^2}{2R}\right) \end{cases}$$

$$j \begin{cases} Xj = Xs + Xj/A \\ Zj = Zs - Zj/A \end{cases}$$

- **Exemple de calcule manuel cas d'un rayons convexe**

Pour le rayon R_{31} = 6000 m

A $\begin{cases} X = 13894.954 \text{ m} \\ Z = 731.153 \text{ m} \end{cases}$ S $\begin{cases} X = 14178.965\ m \\ Z = 733.881\ m \end{cases}$ B $\begin{cases} X = 14418.536\ m \\ Z = 731.870\ m \end{cases}$

- Calcul des pentes :

P1=ΔZ1/S1 = $\frac{733.881-731.153}{14178.956-13894.954}$ = 0.96 %Tapez une équation ici.

P2=ΔZ2/S2= $\frac{733.881-731.87}{14178.956-14418.536}$ = -0.85 %

- Calcul de la tangent :

T= 0.5 R | P1± P2 | = 0.5 x 6000|0.0096+ 0.0085|

= 54.3 m

C $\begin{cases} XC = 14178.956 - 54.3 = 14124.656\, m \\ ZC = 733.881 - 54.3 = 733.359\, m \end{cases}$

D $\begin{cases} XD = 14178.956 + 54.3 = 14232.3\, m \\ ZD = 14178.956 + (-0.0085\, x\, 54.3) = 733.419\, m \end{cases}$

- Calcul de la longueur de raccordement :

L = 2T = 2x 54.3 = 108.6 m

- Calcul de la flèche :

H= $\frac{T^2}{2R}$ = $\frac{54.3^2}{2x6000}$ = 0.246 m

Tableau V.4 : Figure de comparaison

	calcul automatique	calcul manuel
C	X=14124.964 Z= 733.362	X=14124.656 Z= 733.359
D	X= 14232.948 Z= 733.428	X= 14232.3 Z= 733.419
T	54.3	54.3
L	108.6	108.6

Les calculs automatique faits par autopiste et sont joint dans l'annexe

Chapitre VI : Profil en travers

Chapitre VI: Profil en travers

VI.1 Introduction

Le profil en travers est un élément essentiel dans la conception et l'aménagement des infrastructures linéaires telles que les routes, les chemins de fer …etc., il représente une coupe perpendiculaire à l'axe de la route de l'ensemble des points définissant sa surface sur un plan vertical, il existe deux type de profil en travers : le profile n travers courant et le profil en travers type :

- **Le profil en travers type**

Il contient tous les éléments constructifs de la future route dans toutes les situations (en remblai, en déblai, en alignement et en courbe)

- **Le profil en travers courant**

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à des distances régulière (10, 15,25m…) qui nous permettent à calculer les cubatures.

VI.2 Les éléments constitutifs du profil en travers

VI.2.1 L'emprise

Est la surface de terrain appartenant à la collectivité, c'est-à-dire dans les limites du domaine public, comprendre la plateforme, les talus et les fossés ou ouvrage.

VI.2.2 L'assiette

Surface de terrain réellement occupé par la route, ses limites sont les pieds de talus en remblai et crête de talus en déblai.

VI.2.3 La plateforme

C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes de talus de remblais, comprenant la ou les deux chaussées et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêts**.**

VI.2.4 La chaussée

C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules.

La route peut être à chaussée unique ou à chaussée séparée par un terre-plein central. Dans notre projet on a une route 2x2voies avec une largeur de chaussée 7m.

VI.2.5 La largeur roulable

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

VI.2.6 Terre-plein central (TPC)

Son rôle est de garantir la séparation des deux sens de circulation, il situe entre les limites géométriques intérieures des chaussées, il comprend :

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

Suivantes les normes B40 (paragraphe 4.7.3) on va prendre une largeur de TPC de 3m avec des sur largeur de 0.3 m et des séparateurs en béton armé de 0.5m.

VI.2.7 Bande médiane (centrale)

Sa largeur dépend des éléments qui y sont implantés comme : les barrières de sécurités, les supports de signalisation, les équipements d'éclairages …etc. elle est soit engazonné ou revêtue, elle joue le rôle de la séparation physiques des deux sens de circulation.

VI.2.8 Les accotements

Les accotements sont les zones latérales de la plateforme qui bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasés ou surélevés.

Ils comportent généralement les éléments suivants :

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

Selon la norme B40 (paragraphe 4.6.2) on trouve que la largeur d'accotement est 3.25 m.

VI.2.9La bande d'arrêt d'urgence (BAU)

Elle permet à un véhicule de s'arrêter en cas d'urgence en dehors de la chaussée, et est formée à partir du bord géométrique de la chaussée, d'après la norme B40 on prend une largeur de BAU de 2.5m (chaussée sans piétons).

VI.2.1 La berme

Son rôle principal est de supporter les équipements (de sécurité, de signalisation, ou les barrières), sa largeur dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place, d'après le paragraphe 4.6.2 de la norme B 40, on prend une largeur de berme égal à 0 .75m.

Voici un exemple d'un profile en travers courant :

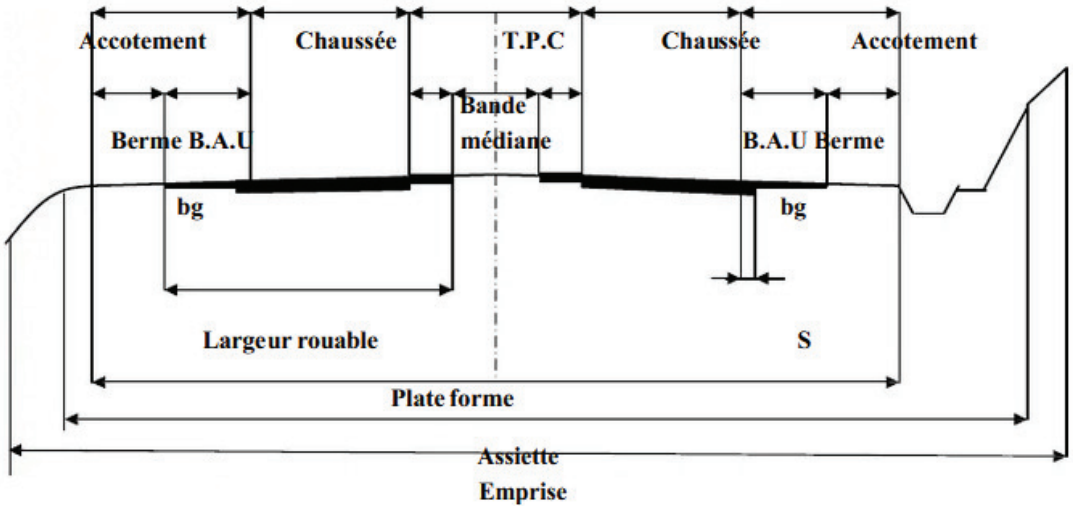


Figure VI.1 : élément constructifs du profil en travers en section courante

VI.3 Profils en travers au droit des ouvrages d'art (B40 paragraphe 4.8.1) :

La largeur de la chaussée est soit observée soit augmentée de certaines sur-largeurs, pour un passage supérieur les bandes d'arrêts sont soit supprimés soit conservés à leur largeur courant

Le reste des accotements est remplacée par les éléments du tablier qui sont strictement nécessaires pour y remplacer les dispositifs de sécurité éventuels et les gardes corps, et pour y assurer le passage des piétons.

VI.4 Pentes transversales :

Les courbes de rayon inferieur à Rnd sont déversées vers l'intérieur de la courbe.

- **En alignement et en courbe non déversée** :

- La pente transversale d'une chaussée est de 2.5 % vers l'extérieur.
- La pente de l'accotement est de 4%.
- Les pentes du versant en toit du TPC revêtu sont identiques à celles de la chaussée adjacente.

La berme extérieure présente une pente transversale de 8% qui peut être portée jusqu'à 25 % dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement.

- **En courbe déversé** :

  - La pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de 1/R entre 2.5% pour Rnd et 7% pour RHm.
  - La pente d'accotement est de 4% lorsque le dévers de la chaussée est inférieur à 4%
  - Lorsque le dévers de la chaussée est supérieur à 4%, à l'intérieur de la courbe, la pente de l'accotement doit être égale au devers à l'extérieur de la courbe, la pente est une valeur comprise entre le devers et 2% à l'intérieur, la surface étant traitée pour éviter la formation des boues (paragraphe 4.5.4 du B40).

VI.4.1Le changement des dévers

La variation du dévers est habituellement linéaire le long du raccordement progressif (clothoïde).

VI.4.2 Point de rotation des dévers

Lorsque le TPC est revêtue, le point de rotation des dévers se situe habituellement sur l'axe de la plate-forme, sinon le point de rotation des dévers de chaque chaussée se situe sur le bordes gauche de la chaussée.

Dans notre cas le TPC n'est revêtu, le point de rotation se situe sur le bord gauche de la chaussée.

VI.5 Le profil en travers proposé :

Tableau VI.1 : Profil en travers type adopté

Description		Largeur (m)	Nombre	Largeur totale (m)
Voie de circulation 2x2		3.5	4	14
TPC	Bande de guidage	0.3	2	3
	Bande médiane + équipements de sécurité	2.4	1	
Accotement	BAU	2.5	2	6.5
	La berme	0.75	2	

Tableau VI.2 : Divers adopté.

Dévers en section droite	
Chaussée	2.5% vers l'extérieur
TPC	Identique à celle de la chaussée
Accotement	4%
Dévers en courbe	
Chaussée	7% (maximum)
Accotement	Selon le dévers mais au minimum 4%

Le profile en travers type est joint en annexe en format A3.

Chapitre VII :
Cubature

Chapitre VII: Cubature

VII.1 Introduction

La construction d'une structure nécessite toujours une altération du terrain naturel sur lequel elle sera implantée. Cette modification est clairement visible dans les profils en long et en travers des voies de circulation. Elle peut être réalisée de deux manières : soit en ajoutant de la terre sur le sol naturel pour former un remblai, soit en excavant les terres existantes au-dessus de la côte projet, appelé déblai. Afin de réaliser ces voies, il est nécessaire de déterminer le volume de terre situé entre le tracé du projet et le terrain naturel. Ce calcul est connu sous le nom de "cubatures des terrassements".

VII.2 Méthode de calcul des cubatures

Le calcul des cubatures nécessite la connaissance du : profil en long, profil en travers et la distance entre les profils, mais avant de calculer le volume des terres compris dans une butte en déblai ou dans un remblai, on doit déterminer auparavant les surfaces des différentes profils en travers, parmi les méthodes de calcul existant on choisit la méthode de SARRAUS.

VII.3 Méthode de Mr SARRAUS

Cette méthode consiste a calculé le volume déblai ou remblai des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

Pour calculer les volumes on utilise la formule suivante :

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

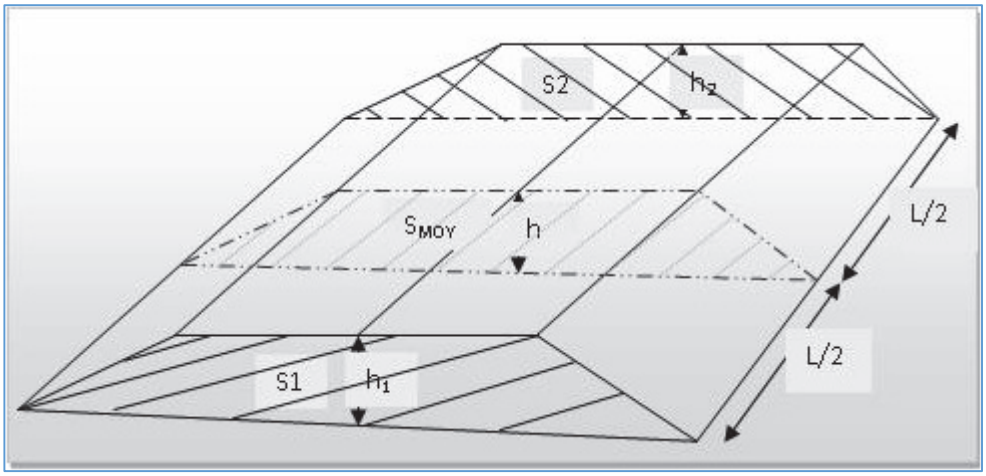


Figure VII.1 : La moyenne des aires (projection horizontal)

Tel que :

Où h, S1, S2 et Smoy désignant respectivement :

- h : la hauteur entre deux profils.
- S1, S2 surface des deux profils P1, P2.
- Smoy : la surface limitée à mi-distances des profils

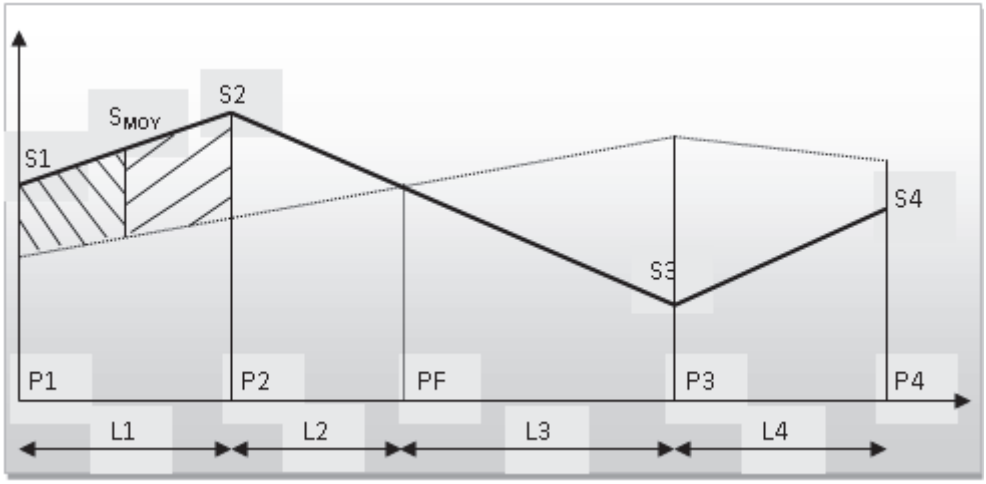


Figure VII.2:la moyenne des aires (projection verticale)

- PF: profil fictive, surface nulle
- Li : distance entre ces deux profils

Pour éviter un calcul très long, on simplifie cette formule en considérant très voisines Smoy et $\frac{(s1+s2)}{2}$

Ceci donne : $V_1=\frac{Li}{2}(S_i+S_{i+1})$

Entre P_1 et P_2 : $V_1 = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2)$

Entre P_2 et P_F : $V_2 = \frac{l_2}{2} \times (S_2 + 0)$

Entre P_F et P_3 : $V_3 = \frac{l_3}{2} \times (0 + S_3)$

Entre P_3 et P_4 : $V_4 = \frac{l_3}{2} \times (S_3 + S_4)$

Donc : $V = \frac{l_1}{2} S_1 + \frac{l_1 + l_2}{2} S_2 + \frac{l_3 + l_4}{2} S_3 + \frac{l_4}{2} S_4$

Calcul des cubatures des terrassements :

En utilisant le logiciel autopiste 16 on a obtenu les résultats suivants :

Le volume total de remblai est : 32201.6 M3

Le volume total de déblai est : 336580.2 M3

Commentaire

La quantité de déblai >> a la quantité des remblais à cause de relief, il présente des profils de déblais (de hauteur de 0 à 5) sur la plus part de la surface d'élargissement des projets.

Chapitre VIII : Etude géotechnique

Chapitre VIII: Étude géotechnique

VIII.1Introduction

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de chaussée.

Pour cela, une compagne des essais doit être faite pour définir les caractéristiques du sol support, dimensionner la chaussée et, éventuellement, les fondations des ouvrages d'art prévus.

VIII.2 Moyens de la reconnaissance

Les moyens de la reconnaissance d'un tracé routier sont essentiellement :

- L'étude des archives et des documents existants.
- Les visites de site et les essais « in-situ ».
- Les essais de laboratoire

VIII.1 Essai in-situ

VIII.1.1 Programme de reconnaissance :

Le programme de reconnaissance fût arrêté par le bureau d'études S.E.T.S de Sétif. Il a consisté en l'exécution des puits à ciel ouvert aux endroits indiqués sur le tracé en plan.

C'est ainsi qu'ont été creusés à l'aide d'une pelle mécanique dix (10) puits d'une profondeur variable de 1 à 2m.

Dans les puits ont été prélevés des échantillons de sol de différente nature.

VIII.1.2 Description des sols rencontrés :

Les coupes ci-après illustrent la lithologie des différentes couches de sol rencontrées et leur niveau de séparation, du moins jusqu'à la profondeur d'investigation.

- **Puits 1 PK 6+200 :**

  0.0 – 0.4 m : terre végétale

  0.4 – 1.0 m : argile

  1.0 – 2.0 m : limon argileux encroutée

- **Puits 2 PK 7+378 :**

  0.0 – 0.4 m : terre végétale

  0.4 – 2.0 m : argile

- **Puits 3 PK 8+468 :**

  0.0 – 0.4 m : terre végétale

  0.4 – 0.8 m : limon graveleux

  0.8 – 2.0 m : argile limoneuse

- **Puits 4 PK 9+490 :**

  0.0 – 0.6 m : terre végétale

  0.6 – 2.0 m : argile marneuse

- **Puits 5 PK 10+565 :**

  0.00 – 2.0 m : argile limoneuse

- **Puits 6 PK 6+056.57 :**

  0.00 – 0.4 m : terre végétale

  0.4 – 2.0 m : limon argileuse

- **Puits 7 PK 13+408 :**

  0.0 – 0.20 m : terre végétale

  0.2 – 1.2 m : limon graveleux

  1.2 – 2.0 m : tuf

- **Puits 8 PK 14+511 :**

  0.0 – 0.4 m : terre végétale

  0.4 – 2.0 m : argile

Les puits de reconnaissance ont mis en évidence la présence des formations géologiques suivantes :

-**Au niveau de K 01, 02, 05,08** : on note la présence d'une formation argile limoneuse surmontée d'une couche de terre végétale d'épaisseur variant entre 0.40m à 2.00m.

-**Au droit de K 03, 07**: le sous-sol est constitué d'une formation limon graveleuse surmonté d'une couche de terre végétale d'épaisseur atteignant 1.00m.

-**Au niveau de K04** : on note la présence d'une formation d'argile marneuse surmontée d'une couche de terre végétale d'épaisseur variant entre 0.40m à 2.00m.

-**Au droit de K 06**: le sous-sol est constitué d'une formation limon argileux surmonté d'une couche de terre végétale d'épaisseur atteignant 0.40m à 2.00m.

Remarque : Après avoir examiné toutes les coupes, il est possible de relever l'observation suivante : Du point lithologique, les sols rencontrés sont homogènes de type : sols fin argile plastique recouverte par un limon d'argiles grises, ce type de terrain indique généralement une portance du sol très faible CBR< **5**

VIII.2. ESSAIS EN LABORATOIRE

VIII.2.1 Programme des essais

Sur les échantillons prélevés, les essais suivants ont été effectués :

-Teneur en eau naturelle (NF P 94-050)

-Analyse granulométrique par tamisage mécanique (NF P 94-056)

-Limite d'Atterberg (NF P 94-051)

-Essai Modifié (NF P 94-093)

-Essai CBR imbibé. (NF P 94-078)

VII.2.2 Caractéristiques physiques des sols

L'examen des valeurs des différentes caractéristiques permet de porter pour ce type de sol testé les éléments d'appréciation suivants :

- **Teneur en eau**

Selon que l'argile se tient en profondeur 1m où en surface, elle va du simple au double, c'est-à-dire dans une plage de variation de 15 à 32%. La valeur élevée est, tout à fait évident, due à cette période hivernale de prélèvement.

- **Plasticité**

La plasticité d'un sol est appréhendée par la méthode classique de limite liquidité et de plasticité. Cet essai exécuté selon le mode opératoire permet de déduire la teneur en eau dite de liquidité (WL), et l'indice de plasticité (IP)

Sur les échantillons testés, les valeurs des paramètres varient ainsi :

WL=43 à 70 % IP=16 à 30 %

Un tel seuil de la valeur IP indique que les sols sont moyennement à peu plastiques.

- **La granulométrie :**

L'analyse granulométrique fait ressortir un sol composé essentiellement de fines (inférieurs à 80u), soit un taux supérieur à 30%.

•Au K1 (PK 6+200.), K2 (PK 7+378), K3 (PK 8+468), K5 (PK 10+565), K6(PK 12+055), K8 (PK 14+511) :

Le pourcentage des éléments inférieurs à 80µ varie entre 84% et 98%, ce sont des sables fins argileux, limons, argiles et marne peu plastiques. (A2h, A2th)

95≤ %<2mm ≤ 100%, ce sont des sols à tendance argileuse.

•Au K4 (PK 9+490) :

Le pourcentage des éléments inférieurs à80µ égale à 88.23, ce sont des argiles et argiles marneuses, très plastiques. (A3h)

% des éléments <2mm =99% ce sont des sols à tendance argileuse.

•Au K7 (PK 13+408) :

Le pourcentage des éléments inférieurs à80µ égale à 44.31 ----- des sables et graves, argileux à très argileux. (A2h)

%<2mm =66% ----- Sols à tendance sableuse.

VIII.2.3 Caractéristiques mécaniques

Par caractéristiques mécaniques, on entend les caractéristiques de compactage et la portance des sols. Ainsi, ont été effectués les essais Proctor Modifié et CBR à 95% de l'OPM sur le sol support.

- **Essai Proctor modifié :**

Sera déterminé au γd maximum et la teneur en eau correcte des matériaux.

γd =1.57 à 1.74 t/m3 W%=12 à 20 %

- **Essais de Poinçonnement CBR :**

La détermination d'indice portant des sols par dimensionnement de la chaussée sera effectuée à partir d'essais de poinçonnement CBR. Les essais seront élaborés par explosion de 3 échantillons moulés, aux valeurs proches de celles obtenues lors des essais Proctor.

Essai CBR à 95% OPM <1

VIII.3 Classification des sols support

Pour classer les sols, nous avons utilisé la classification dite «GTR». Selon cette dernière les sols analysés se situent respectivement dans les catégories ainsi :

Tableau VIII.1: Classification des sols.

Puits	Wn %	Granularité			Argilosité		OPN		I.CBR	Class GTR
		Dmax	%2mm	%80 µ	LL%	IP%	γd (T/m3)	W%		
K1	17.65	≤50 mm	99 %	91.98	46.44	16.52	1.8	14.6	0.43	A2h
K2	24.97	≤50 mm	99 %	83.91	50.86	17.14	1.74	15.9	0.54	A2th
K 3	25.88	≤50 mm	100%	93.91	54.6	18.8	1.66	17.0	0.35	A2th
K4	26.31	≤50 mm	99 %	88.23	70.5	30.19	1.71	20.7	< 1	A3h
K5	23.04	≤50 mm	95 %	85.55	54.44	21.52	1.7	16.7	0.25	A2th
K6	32.78	≤50 mm	98 %	92.61	59.86	24.94	1.57	19.3	0.47	A2th
K7	14.93	≤50 mm	66 %	44.31	43.42	17.75	1.9	12.0	0.60	A2h
K8	27.44	≤50 mm	100%	98.78	56.46	21.56	1.6	18.0	0.67	A2th

VIII.4 Terrassement

VIII.4.1 Décapage (déblais / remblais)

Prévoir un décapage de la couche meuble superficielle et de la terre végétale de 20 cm, avant l'exécution des travaux.

VIII.4.2 Extraction

Vu la nature meuble des terrains à excaver, l'extraction sera frontale en couches minces, au moyen d'un bulldozer.

VIII.4.3. Réemploi

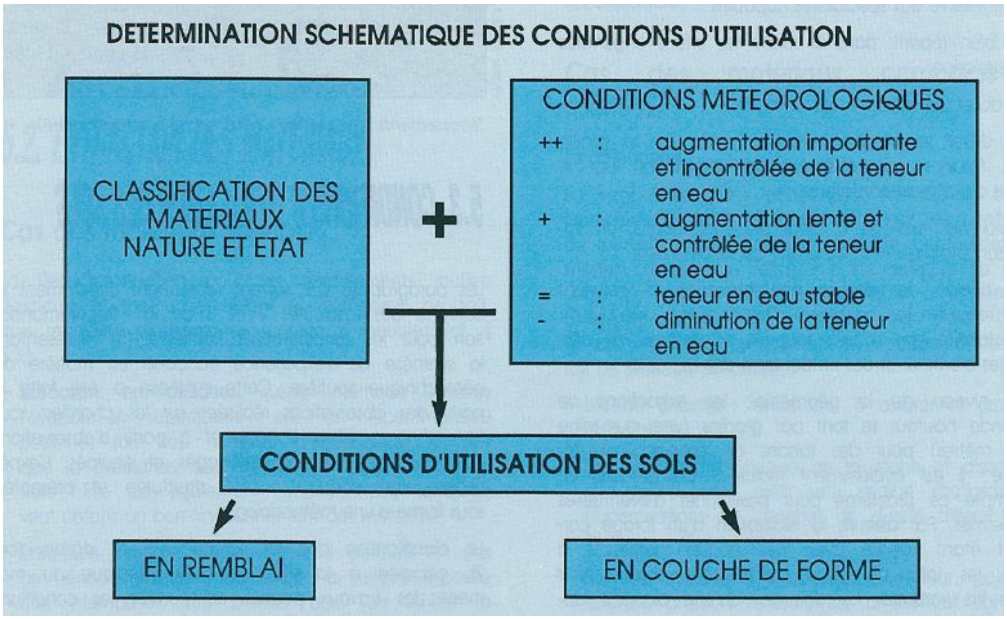
Suite aux résultats de la classification GTR, nous avons trouvés qu'il existe 3 classes de sol A2h, A2th, A3h dans les 8 puits, voici le tableau qui résume résultats :

Tableau VIII.2 : recommandation selon GTR

Puits	Localisation	Nature de profil	Classe de sol	Recommandation GTR
K1	**PK 6+200**	déblai	A2h	Utilisable pour remblai et couche de forme
K2	**PK 7+378**	Déblai	A2th	Inutilisable en état
K 3	**PK 8+468**	déblai	A2th	Inutilisable en état
K4	**PK 9+490**	Profil mixte	A3h	Utilisable pour remblai et couche de forme
K5	**PK 10+565**	déblai	A2th	Inutilisable en état
K6	**PK12+055**	remblai	A2th	Inutilisable en état
K7	**PK 13+408**	déblai	A2h	Utilisable pour remblai et couche de forme
K8	**PK 14+511**	Profil mixte	A2th	Inutilisable en état

Selon le GTR, les matériaux des puits K1,K7 sont classés A2h et du puits K4 classés A3h, selon l'expérience locale les matériaux testés sont communément appelés « tuf », ils présentent de bonne caractéristiques physiques (ils se prêtent bien au compactage et présentent une faible plasticité), donc il serait intéressant de les réutilisées en remblai et/ou en couche de forme, conformément aux recommandations du GTR. Ci-dessous les tableaux résumant les conditions d'utilisation en remblais et couche de forme des matériaux de la classe A2h, A2m, A2s, R33, R34h, R34s et R34ts.

Figure VIII.1: Détermination schématique des conditions d'utilisations des matériaux.



VIII 4.3.1Réutilisation en remblais

La classification des sols A2h, A3h:

Tableau VIII.3 : Condition d'utilisation des sols A2h, A3h en remblai.

uits	lasse de sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai
k1 K7	**A2h**	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible. 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
			=	ni pluie ni évaporation importante	**Solution 1 :** traitement **T :** traitement à la chaux **C :** compactage moyen
					Solution 2 : utilisation en l'état **C :** compactage faible **H :** remblai de hauteur faible (≤ 5 m)
				Evaporation 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)
					Solution 2 : traitement **T :** traitement à la chaux

					C : compactage moyen
K4	**A3h**	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 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 suffisante
			+	Pluie faible	**C :** compactage faible **H :** remblai de hauteur faible (≤5 m)
			=	ni pluie ni évaporation importante	**Solution 1 :** traitement **T :** traitement à la chaux **C :** compactage moyen
					Solution 2 : utilisation en l'état **C :** compactage faible. **H** : remblai de hauteur faible (≤ 5 m**).**
			–	Evaporation importante	**Solution 1 :** traitement **T :** traitement à la chaux **C :** compactage moyen
					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)

VIII .4.3.2 Réutilisation en couche de forme :

Sol de la Classe A2h, A3h

Tableau VIII.3 : Condition d'utilisation des sols A2h, A3h en couche de forme

uits	**Classe de sol**	**Observations générales**	**Situation météorologique**		**Conditions d'utilisation en couche de forme**
K1 K7	**A2h**	La sensibilité à l'eau des sols de cette classe implique de les traiter le plus souvent en associant chaux + liant hydraulique étant donné l'importance de la fraction argileuse qu'ils peuvent contenir. L'association avec de la chaux peut par ailleurs s'imposer pour ajuster leur état hydrique lors hydrique lorsqu'ils sont trop humides. Lorsqu'ils sont dans un état sec, il est nécessaire de les humidifier pour les ramener à l'état moyen et dans ce cas la chaux peut avantageusement être introduite sous forme de lait de chaux dont la concentration doit être adaptée au cas de chantier considéré. Ces sols se traitent presque toujours en place pour la phase de prétraitement à la chaux et	+	Pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maitrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant(s).
			=	ni pluie ni évaporation importante	**T :** Traitement mixte: chaux + liant hydraulique. S : Application d'un enduit de cure gravillon né éventuellement clouté

		éventuellement en centrale pour la phase traitement au ciment	_	Evaporation importante	**T : Traitement avec un liant hydraulique** éventuellement associé à la chaux. **S** : Application d'un enduit de cure gravillon né éventuellement clouté
K4	**A3h**	La sensibilité à l'eau et la plasticité élevée des sols de cette classe implique un traitement associant chaux et liant hydraulique pour pouvoir les utiliser en couche de forme. Pour les plus plastiques d'entre eux un traitement à la chaux seule peut être envisagé notamment s'il n'y a pas de risques d'apparition de gel peu après la réalisation. Ces sols se traitent exclusivement en place. Lorsqu'ils sont dans un état humide, la chaux est très efficace pour faciliter leur malaxage et ajuster leur état hydrique. Lorsqu'ils sont dans un état sec leur emploi en couche de forme est à déconseiller en raison de la difficulté qu'il y a à les humidifier de manière homogène.	+	Pluie faible	Situation météorologique ne garantissant pas une maîtrise suffisante de l'état hydrique du mélange sol + liant(s)
			= Ou _	Pas de pluie	**Solution 1 : T :** Traitement mixte : chaux + liant hydraulique **S :** Application d'un enduit de cure gravillonné éventuellement clouté
					Solution 2: T : Traitement à la chaux

VIII .5 Conclusion générale

Notre projet traverse une zone généralement de mauvaises caractéristiques mécaniques tel que son indice CBR est très bas, ce qui signifie que le sol ne peut pas supporter des charges importantes, donc une couche de forme est nécessaire pour améliorer la portance du sol support.

La classification des matériaux de déblais des puits K1, K4, K7 permet de déduire que les matériaux des déblais sont relativement utilisables en couche de forme ou en en remblai mais nécessitent un traitement selon la situation météorologique comme il est indiqué au-dessus. Par contre les matériaux de tous les autres puits sont de classe A2th c'est un état d'humidité très élevé ne permettant plus en général la réutilisation du sol dans les conditions techno-économiques.

Chapitre IX : Dimensionnement de la chaussée

Chapitre IX: Dimensionnement de la chaussée

IX.1 Introduction

Le dimensionnement des structures constitue une étape importante de l'étude d'un projet routier car la qualité d'un projet routier ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long, en effet, une fois réalisée, la chaussée devra résister aux agressions des agents extérieurs et à la surcharge d'exploitation: action des essieux des véhicules lourds, effets des gradients thermiques pluie, neige, verglas,… Etc.

Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes ces charges pendant sa durée de vie.

La qualité de la construction de chaussées joue à ce titre un rôle primordial, celle-ci passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser, il est ensuite indispensable que la mise en œuvre de ces matériaux soit réalisée conformément aux exigences arrêtées.

IX.2 La chaussée

Les chaussées se présentent comme des structures multicouches mises en œuvre sur un ensemble appelé plate-forme support de chaussée constituée du sol terrassé, dit sol support, le plus souvent surmonté d'une couche de forme, elle est conçue pour résister sur une durée de vie relativement longue aux différentes sollicitations mécaniques liées au passage des charges lourdes, et climatiques comme les cycles de températures et la pluie, qui l'une après l'autre dégradent les performance initiales des matériaux et leur interfaces.

IX.4 Méthodes de dimensionnement

Il existe plusieurs méthodes de dimensionnement du corps de chaussée, elles sont basées sur la portance du sol support ainsi les caractéristiques mécaniques des matériaux constituants les déférentes couches.

On a choisi dans notre projet une chaussée souple et on va la dimensionner avec les deux méthodes suivantes :

- Méthode CBR amélioré
- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du CTTP

IX.4.1 La méthode de C.B.R (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 sur une épaisseur d'eau moins de 15cm.

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 :

$$E = \frac{100 + (\sqrt{p})\,(75 + 50\log(\frac{N}{10}))}{I_{CBR} + 5}$$

Avec

E: épaisseur équivalente du corps de chaussée

I: indice CBR (sol support)

N: désigne le nombre moyen de poids lourds à l'année horizon.

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

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

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

Tel que :

$\mathbf{a_1, a_2, a_3}$: sont des coefficients d'équivalence.

$\mathbf{e_1, e_2, e_3}$: épaisseurs réelles des couches.

- **Coefficient d'équivalence :**

  Le tableau suivant indique les coefficients d'équivalence pour chaque matériau :

Tableau IX.1: Classification des sols.

Matériaux utilises	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment	1.50
Grave bitume	1.5 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.60

IX.4.2 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.

Les démarches du catalogue :

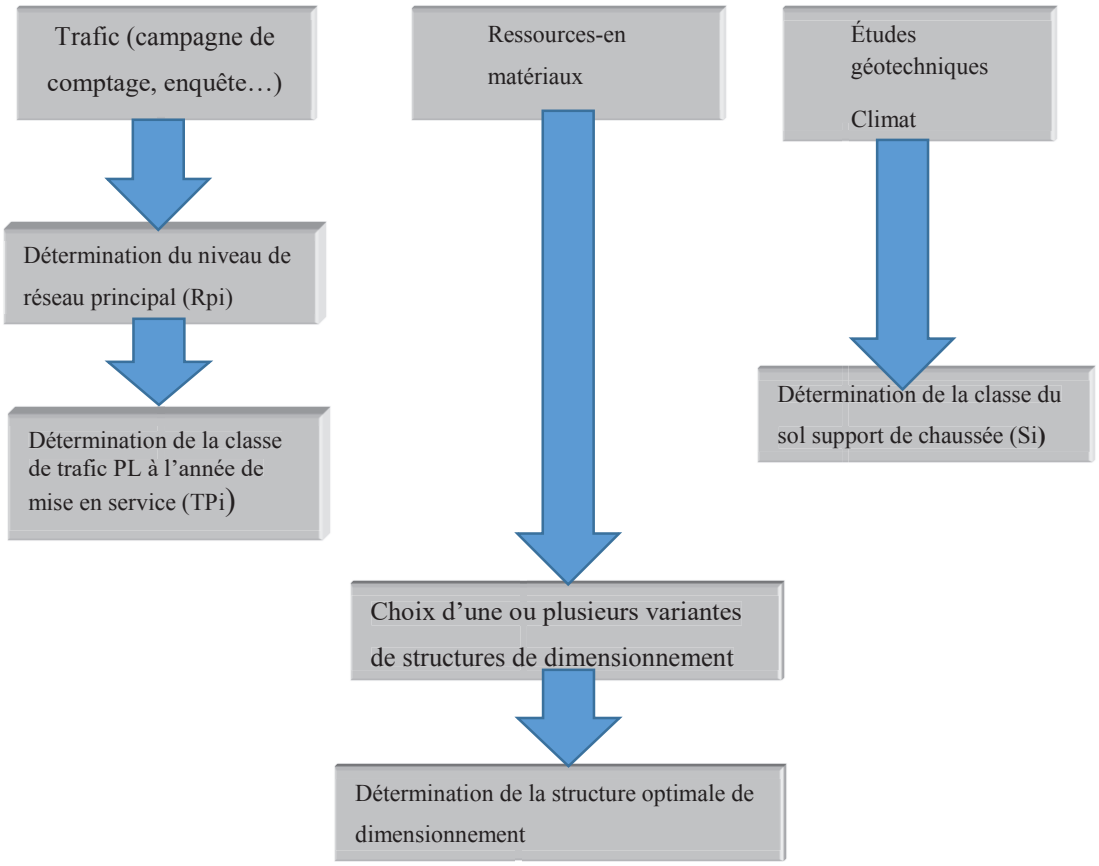


Figure IX.1: **Les démarches du catalogue :**

IX.5 Détermination de la classe de trafic

La classe de trafic (TPL_i) est donnée en nombre de poids lourds par jour et par sens sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

Pour le calcul du dimensionnement proprement dit, il faudra calculer le trafic cumulé en essieux équivalent de 13 tonnes (TCE_i), ce qui fait intervenir la notion d'agressivité des poids lourds.

- **Classe TPLi pour RP1 :**

150 TPL_3 300 TPL_4 600 TPL_5 1500 TPL_6 3000 TPL_7 6000



Figure IX.2 : Classe TPLi

IX.6 Présentation des classes de portance des sols

Les classes de portance des sols sont en fonction de l'indice CBR, elles sont données dans le tableau suivant :

Tableau IX.2: classe de portance de sol selon catalogue

Classe de sol (Si)	Indice C.B.R
S_0	>40
S_1	25-40
S_2	10-25
S_3	05-10
S_4	<05

IX.6 Application au projet

IX.6.1 Méthode CBR

Nous avons les données suivantes :

- Pourcentage des poids lourds Z= 22%
- P= 6.5 t
- Le trafic $TJMA_{2015}$=5700v/j
- Le trafic à l'année de mise en service$TJMA_{2025}$= 8438 v/j
- Les indices CBR sont inférieurs à 5 dans les 8 puits donc, voici le tableau qui montre :

Tableau IX.3: Classe de sol

Puits	Localisation	I CBR	Classe
1	6+200	0.43	S4
2	7+378	0.54	S4
3	8+468	0.35	S4
4	9+490	0.88	S4
5	10+565	0.25	S4
6	12+055	0.47	S4
7	13+408	0.60	S4
8	14+511	0.67	S4

D'un point de vie générale nous sommes devant un sol de classe S4

Comme on a une diversité de valeur de l'indice CBR on prend la moyenne de ces valeurs donc : ICBR= 0.5

-Calcul du trafic du poids lourds à l'année 2045 :

$TJMA_{2025}$=8438v/j

$TJMA_{2025/sens}$= 8438x2/3

$TJMA_{2025/sens}$=5626 v/j

TPL_{2025}=%PL x $TJMA_{2025/sens}$

TPL_{2025}=0.22x5626

TPL_{2025}=1238 pl/j/sens

$TPL_{2045}= TPL_{2025}(1+T)^{2O}$

TPL_{2045}= 2713 pl/j/sens

On a : $$E = \frac{100 + (\sqrt{p})\,(75 + 50\log(\frac{N}{10}))}{I_{CBR} + 5}$$

$$E = \frac{100 + (\sqrt{6.5})\,(75 + 50\log(\frac{2713}{10}))}{0.5 + 5}$$

E = 100 cm

Donc l'épaisseur équivalent est Eéq=100cm

On a $E_{éq} = \mathbf{a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3}$

Pour résoudre cette équation, on fixe 2 épaisseurs et on calcule la 3ème :

- $\mathbf{e_1}$=6cm beton bitumineux (BB) avec $\mathbf{a_1=2}$
- $\mathbf{e_2}$=10 cm grave bitume (GB) avec $\mathbf{a_2}$=1.5
- $\mathbf{e_3}$=en grave non traiter (GNT) avec $\mathbf{a_3}$= 1

Eéq= 2x6+1.5x12+1x $\mathbf{e_3}$ donc $\mathbf{e_3}$=70 cm

Donc la structure proposé est **6BB+12GB+70GNT**

L'épaisseur totale de la structure est 88 cm

1) Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

2 .1 Choix de la structure :

- **La détermination du réseau principal :**

Tableau IX.4 : réseaux principaux

Réseau principal	Trafic (v/j)
RP1	>1500
RP2	<1500

On a TJMA2025=8438v/j supérieur à 1500 v/j

D'après le tableau le niveau de réseau principal est RP1

Choix des structures types par niveau de réseau principal :

Tableau 1 : Structures disponibles dans le catalogue

Niveau de réseau principal (RPi)	Matériaux types	Structures
RP1	MTB (matériaux traités au bitume)	GB/GB , GB/GNT, GB/TUF, GB/SG, GB/AG
	MTLH (matériaux traités aux liants hydrauliques)	- GL / GL - BCg / GC
RP1	MNT(matériaux non traités)	GNT/GNT,TUF/TUF, AG/AG, SG/SG
	MTB (matériaux traités au bitume)	SB / SG

Figure IX.3: Type de structure.

Le type de matériaux choisis est les matériaux traité au bitume

D'après le tableau on peut choisir l'un des structures suivantes :

GB/GB ;GB/GNT ;GB/TUF ;GB/SB ;GB/AG

-La détermination de la classe de trafic TPLi :

En basant sur les données suivantes

La durée de vie de ce projet est 20 ans.

Le pourcentage des poids lourds Z= 22%.

$TJMA_{2025}$=8438v/j

$TJMA_{2025/sens}$= 8438x2/3

$TJMA_{2025/sens}$=5626 v/j/sens

On a une route unidirectionnelle à deux voies donc 90% du trafic PL sur la voie lente de droite

TPL_{2025}=%Pl x 0.9x$TJMA_{2025/sens}$

TPL_{2025}=0.22x 0.9x5626

TPL_{2025}=1114 Pl/j/la voie la plus chargée

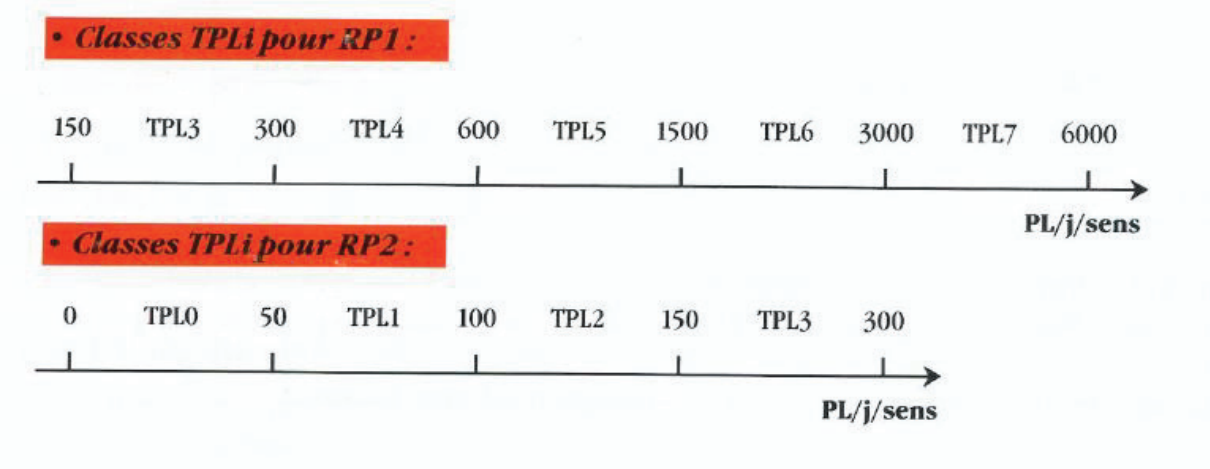


Figure IX.4: Classe de trafic poids lourds

La classe TPL pour RP1 est la classe TPL5

Présentation des classes de portance des sols :

D'apres le tableau 03 : nous avons des sols de classe S4

Sur classement des sols support de chaussée :

Donc le recours à une couche de forme est devient nécessaire pour rendre la classe des sols S4 à S2 ou S1

Tableau 5 : Sur classement avec couche de forme en matériau non traité

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

(*) Matériaux non traités : Grave non traitée (G.N.T.), matériaux locaux (T.V.O, tufs, etc...).
Pour l'utilisation des matériaux locaux, il est recommandé de faire une étude spécifique au laboratoire

FigureIX.5: Épaisseur de la couche de forme.

Selon le tableau précédent, il doit utilisé une couche de forme de 60 cm (en 2 couches) pour visée la classe de portance de sols support S2.

Zone climatique :

la pluviometrie de mila entre 350 et 600 mm par an.

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

Figure IX.6 : zone climatique

Notre zone climatique est la zone II.

choix de type de structures

Types de Matériaux	Fiche structure n°	Type structure	Zones climatiques (*)
1 - MTB (Matériaux traités au bitume)	1	GB/GB	I , II
	2	GB/GNT	I , II
	3	GB/GNT	III
	4	GB/SG1	IV
	5	GB/TUF1	III
2 - MTLH (matériaux traités liants hydrauliques)	6	GL/GL	I , II
	7	BCg/GC	I , II

Figure IX.7: Type de structure selon la zone climatique

Nous avons choisi la fiche de structure 2 alors **GB/GNT**

Afin de définir les épaisseurs des couches de matériaux, nous ferons appel au catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (fascicules 1, 2, 3). Dans notre cas, nous avons un réseau principal RP1,une zone climatique II ,une durée de vie 20ans,un taux d'accroissement 4%,une portance de sol S2 et une classe de trafic TPL5.

-Donc la structure proposé est

- 6BB+20GB+30GNT+60TUF(en 2 couches de 30 cm)

Vérification des structures de chaussée et de la déformation dusol support

Il faudre vérifier que ε_t et ε_z calculées à l'aide d'Alize 3 ,sont inferieures aux valeurs admissibles calculées $\varepsilon_{t,adm}$ et $\varepsilon_{z,adm}$.

Tel que :

Ɛt : étant la déformation de traction par fléxion à la base des matériaux traités au bitume

dans notre cas sous lacouche de GB.

Ɛz : la déformation sur le sol support.

Calcule de la déformation admissible sur le sol support

Voici la formule : $\varepsilon_{z,adm}=22.10^{-3}xTCE^{-0.235}$

Calcule de trafic cumulé des poids lourds TCi :

$$\mathbf{TC=TPLx}\frac{(1+T)^n-1}{T}\ x365$$

$$\mathbf{TC}=1114x\frac{(1+0.04)^n-1}{0.04}\ x365$$

TC=12.1x10^6 équivalents essieux 13tonnes

Calcule de trafic cumulé equivalents TCE :

TCE =TCxA

tel que A coefficient de'agressivité

Niveau de réseau principal (RPi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GB , GB/Tuf , GB/SG...	0 ,6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL , BCg/GC	1
RP2	Chaussées à matériaux non traités : GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG	0,6
	Chaussées à matériaux traités au bitume : SB/SG	0,4
RP1 et RP2	Sol support (Calcul de $\varepsilon_{z,ad}$)	0,6

FigureIX.8:**Valeur du coefficient d'agressivité A**

D'apres le tableau A= 0.6

TCE =12.1x10^6x0 .6

TCE =7.26x10^6 équivalents essieux 13tonnes

- **Calcule de la déformation admissible sur le sol support $\varepsilon_{z,adm}$:**

$\varepsilon_{z,adm}=22.10^{-3}xTCE^{-0.235}$

$\varepsilon_{z,adm}=22.10^{-3}x(7.26x10^{6})^{-0.235}$

$\varepsilon_{z,adm}=537x10^{-6}$

- **Calcule de la déformation admissible $\varepsilon_{t,adm}$ à la base de GB :**

En utilisant la formule suivante :

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

- Kne :facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée
- Kθ : facteur lié à la température
- Kr : facteur lié au risque et aux dispersion
- Kc : facteur lié au calage des résultats du modele de calcule avec le comportement observé sur chaussées

Kne=$\left(\frac{TCE}{10^6}\right)^{\mathbf{b}}$ $K\theta=\left(\frac{E(10°c,10HZ)}{E(\theta eq,10HZ)}\right)^{0.5}$ $Kr=10^{-tb\delta}$; $Kc=1.3$

Avec :

- TCEi : trafic en nombre cumulé d'essieux de 13tonnes sur la durée de vie
- b : pente de la droite de fatigue (b<0)
- E(10°C) module complexe de matériaux bitumineux à10°C
- E(θeq) : module complexe du matériaux bitumineux à la température équivalente qui est en fonction de la zone climatique considéree.
- δ : f(dispersion) telque : $\delta=\sqrt{(SN^2)+\left(\frac{c}{b}xSh\right)^2)}$

- SN : dispersion de la lois de fatigue.
- Sh : dispersion sur les épaisseurs e, (cm)

- C : coefficient égal à 0.02
- t : fractile de la loi normal , qui est en fonction du risque adopté (r%)

Matériau (MTB)	E (30°C,10Hz) (Mpa)	E(25°, 10Hz) (Mpa)	E(20°, 10Hz) (Mpa)	E(10°,10Hz) (Mpa)	ε_6(10°, 25Hz) (10^{-6})	-1/b	SN	Sh (cm)	υ	kc Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

FigureIX.9: Caractéristique des matériaux enrobés

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

FigureIX.10 : la température équivalente

	Classe de trafic (TPLi) (PL/J/sens)	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (%)	GB/GB, GB/GNT..	20	15	10	5	2
	GL/GL	15	10	5	2	2
	BCg/GC	12	10	5	2	2

FigureIX.11 : Risque de projet

r%	2	3	5	7	10	12	15
t	-2,054	-1,881	-1,645	-1,520	-1,282	-1,175	1,036
r%	20	23	25	30	35	40	50
t	-0,842	-0,739	-0,674	-0,524	-0,385	-0,253	0

FigureIX.12: Fractile de la loi normale

A partir des tableaux précédentes ,on calcule les déffirentes coefficient pour trouver :

- Kne =$(\frac{TCEi}{10^6})^b$ =$(\frac{7.26x10^6}{10^6})^{-0.146}$ =0.749
- Kθ =$(\frac{E(10°c,10HZ)}{E(\theta eq,10HZ)})^{0.5}$ = Kθ =$(\frac{E(10°c,10HZ)}{E(20°C,10HZ)})^{0.5}$

  =$(\frac{12500}{7000})^{0.5}$ = 1.336
- Kr =$10^{6tb\delta}$, r = 10% donc t=-1.282

  δ= $\sqrt{(SN^2)+\left(\frac{c}{b}xSh\right)^2)}$ =$\sqrt{(0.45^2)+\left(\frac{0.02}{0.146}x3\right)^2)}$

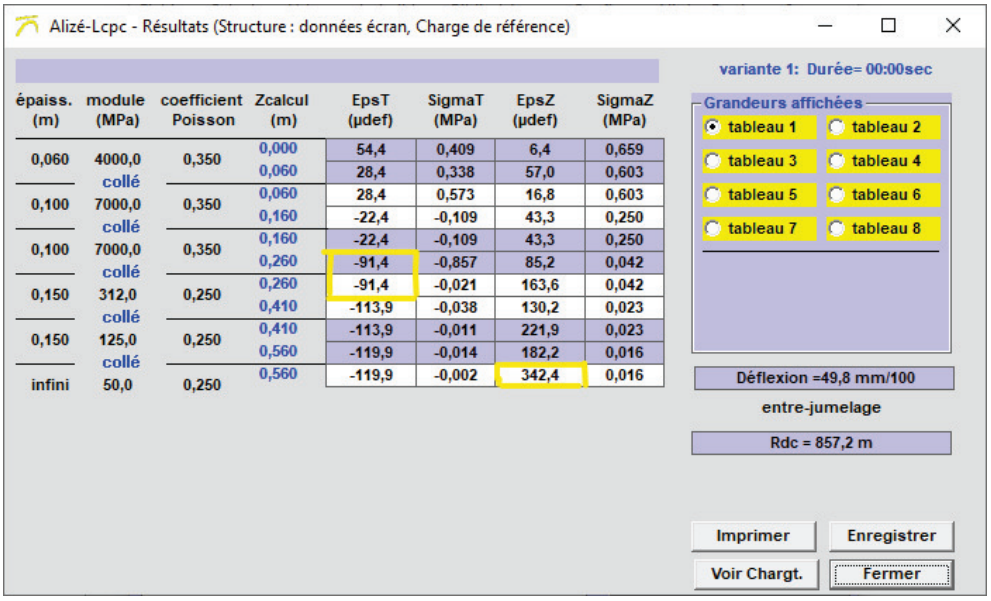
  = 0.609
- Kr =$10^{-(-1.282)x(-0.146)x(0.609)}$ =0.77
- Kc =1.3

  $\varepsilon_{t,adm}$ =ε_6(10°,25HZ)x Kne x Kθ x Kr x Kc

  $\varepsilon_{t,adm}$ =100x10^{-6}x0.749x1.336x0.77x1.3

  $\varepsilon_{t,adm}$ =100.17x10^{-6}

  Voici les résultats de modélisation du corps de chaussée avec le logociel Alizé



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,060	4000,0	0,350	0,000	54,4	0,409	6,4	0,659
	collé		0,060	28,4	0,338	57,0	0,603
0,100	7000,0	0,350	0,060	28,4	0,573	16,8	0,603
	collé		0,160	-22,4	-0,109	43,3	0,250
0,100	7000,0	0,350	0,160	-22,4	-0,109	43,3	0,250
	collé		0,260	-91,4	-0,857	85,2	0,042
0,150	312,0	0,250	0,260	-91,4	-0,021	163,6	0,042
	collé		0,410	-113,9	-0,038	130,2	0,023
0,150	125,0	0,250	0,410	-113,9	-0,011	221,9	0,023
	collé		0,560	-119,9	-0,014	182,2	0,016
infini	50,0	0,250	0,560	-119,9	-0,002	342,4	0,016

Figure IX.13 : Vérification de la structure

Tableau IX.4: Récapitulatif de la structure

ε	Déformation admissible	Déformation calculé par alizé
εz sol support	$537x10^{-6}$	$342.4x10^{-6}$
εt à la base de GB	$100.17x10^{-6}$	$91.4x10^{-6}$

$\varepsilon_t < \varepsilon_{t,adm}$ et $\varepsilon_z < \varepsilon_{z,adm}$ donc la structure est vérifiée.

- **comparaison**

Voici les résultat de dimensionnement du corps de chaussée par la méthode CBR améliorer et la méthode de cathalogue algérien des chaussée neuves.

Tableau IX.5: Comparaison des deux structures

Couche	structures	
	Méthode CBR	méthode catalogue algerien des chaussées neuves
Couche de roulement	6 cm de BB	6 cm deBB
Couche de base	12cm de GB	20 cm deGB
Couche de fondation	70cm de GNT	30 cm de GNT
Couche de forme		60 cm de TUF

Catalogue La méthode CBR nous donne une structure de chaussée avec des épaisseurs moins important à celles de la méthode du Catalogue, mais nous avons appliqués la méthode du catalogue parce qu'elle se base sur les lois de comportement à la fatigue vis-à-vis l'agressivité des charges, donc on va minimiser les couts d'entretien durant la durée de vie de cette route.

- **Conclusion :**

Le corps de chaussé adopté pour notre projet est 6BB+20GB+30GNT+60cm de Tuf pour la couche de forme.

Chapitre X :
Carrefours

Chapitre X: Carrefours

X.1 Introduction

Un carrefour représente l'endroit où les routes ou les chemins se rencontrent, et il constitue une composante essentielle d'une voie de circulation. Son efficacité, sa vitesse, sa sécurité, son coût d'exploitation et sa capacité en dépendent.

X.2 Données utiles à l'aménagement des carrefours :

Parmi les informations essentielles requises pour concevoir un carrefour :

- Les flux de circulation et l'intensité des mouvements tournants, ainsi que leur évolution prévue à l'avenir.
- Les vitesses d'approche typiques lorsque le carrefour est libre de tout trafic.
- La superficie disponible pour l'aménagement du carrefour et la topographie environnante.
- Les types d'accidents observés dans le cas d'un carrefour existant et leurs causes.
- Les caractéristiques des sections de route adjacentes et des carrefours voisins.
- La nécessité de maintenir une cohérence harmonieuse dans la conception du tracé.

X.3 Choix de l'aménagement

Plusieurs critères influencent le choix du type d'aménagement pour un carrefour :

- L'intensité et la nature du trafic en échange dans les différentes directions.
- Les caractéristiques environnementales et topographiques du site où le carrefour sera implanté.
- Les objectifs spécifiques de fonctionnement, en tenant compte des types d'usagers prioritaires.
- Les objectifs de capacité déterminés pour le carrefour.
- Les objectifs de sécurité à atteindre.

X.4.4 Carrefour giratoire

Est un type de carrefour comportant trois branches ou plus, où les flux de circulation convergent puis divergent sur une chaussée à sens unique qui entoure un îlot central. La

circulation sur cette chaussée se fait dans le sens inverse des aiguilles d'une montre autour d'un terre-plein central, qui peut être de forme circulaire ou ovale. Les carrefours giratoires sont bénéfiques aux intersections de deux ou plusieurs routes ayant un volume de trafic similaire, particulièrement lorsque le nombre de véhicules tournant à gauche est important.

X.4.4.1 Avantages du carrefour giratoire

- Permet la facilitation de l'incorporation d'un grand nombre de voies.
- Réduit les inconvénients ou les nuisances liés à la circulation.
- Garantit la sécurité des usagers.
- Permet une économie en termes de régulation et d'exploitation.

X.4.4.2. Inconvénients du carrefour giratoire

- Présente des défis pour la traversée des piétons.
- Occupe une emprise importante sur l'espace.
- Nécessite un entretien régulier des îlots, à la fois l'îlot central et les îlots séparateurs.

Notre tronçon du projet comporte cinq carrefours giratoires, on a essayé d'utiliser des caractéristiques semblables à celles des carrefours voisins.

X.5 Recommandations générales applicables aux giratoires

X.5.1. Visibilité

Indépendamment des conditions (nuit, brouillard, neige, ...), il est essentiel que tous les usagers qui s'approchent d'un carrefour giratoire puissent le percevoir et l'identifier clairement. L'aménagement précédant le giratoire doit indiquer à l'usager qu'il se rapproche d'un giratoire et qu'il doit adapter sa conduite en conséquence. Pour atteindre cet objectif, il est recommandé de :

- Installer un panneau de préavis schématique qui communique une image claire du giratoire.
- Utiliser des éléments rétro réfléchissants pour éviter les erreurs de conduite pendant la nuit.

- Aménager des îlots séparateurs conformes aux normes.
- Assurer une signalisation adéquate du giratoire.
- Accorder une attention particulière à l'éclairage du giratoire.
- Donner une certaine hauteur à l'îlot central pour rompre la continuité visuelle de l'axe, en particulier lorsque la route donne l'impression d'une longue ligne droite.

X.5.2 La lisibilité de l'aménagement

Comme pour tout carrefour, il est essentiel que le giratoire soit facilement lisible. La lisibilité implique une conception simple de l'aménagement, de manière à ce qu'il soit aisément compris par tous les usagers, notamment par ceux qui ne sont pas habitués à ce type de configuration. La forme, l'agencement des branches, le nombre et l'affectation des voies ne doivent pas prêter à des interprétations différentes.

X.5.3 La bonne visibilité entre usagers

En approchant du giratoire, il est essentiel d'assurer une visibilité claire jusqu'au point de perte de priorité. L'évaluation de cette distance dépend des vitesses pratiquées sur la voie d'accès. Lorsqu'on entre dans le giratoire, la visibilité doit également être assurée :

- À gauche, en ce qui concerne les usagers prioritaires, en particulier les cyclistes.
- À droite, en particulier en ce qui concerne les piétons qui s'apprêtent à traverser la voie de sortie.
- À l'intérieur de l'anneau giratoire.

Cette question de la visibilité est en lien direct avec la conception géométrique du giratoire.

X.6 Caractéristiques géométriques des carrefours giratoires

Un carrefour giratoire comporte les éléments mentionnés dans la figure suivante :

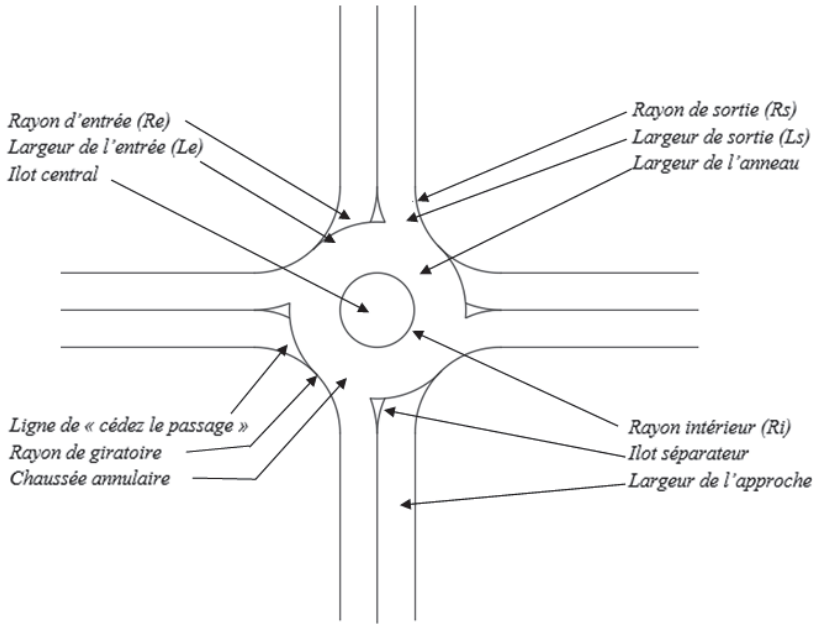


Figure X.1: Terminologie d'un carrefour giratoire.

X.7 Application au projet

Les caractéristiques géométriques des carrefours du projet sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau X.1 : Caractéristiques géométriques des carrefours du projet

Éléments	Notation	Paramétrage
Rayon de giratoire	Rg	30
Largeur de l'anneau	La	8
Rayon intérieur	Ri	22
Largeur de la voie entrante	Le	7
Largeur de la voie sortante	Ls	7
Rayon de raccordement	Rr	120

Nous avons des contraintes dans le premiers giratoire sur le côté gauche donc on a réduit les rayons Rg et Ri de la façon suivant Rg= 25 m et Ri= 17 m.

- **Giratoire 01 :**

C'est un carrefour giratoire à trois branches qui se trouve au PK 7+000. Il permet aux usagers venant de Bled Youcef de faire des demi-tours pour aller vers la wilaya de Mila, Il est aménagé avec un ilot central circulaire et des îlots séparateurs (pour la branche secondaire une largeur de voie de 4m relie avec l'ancienne route).

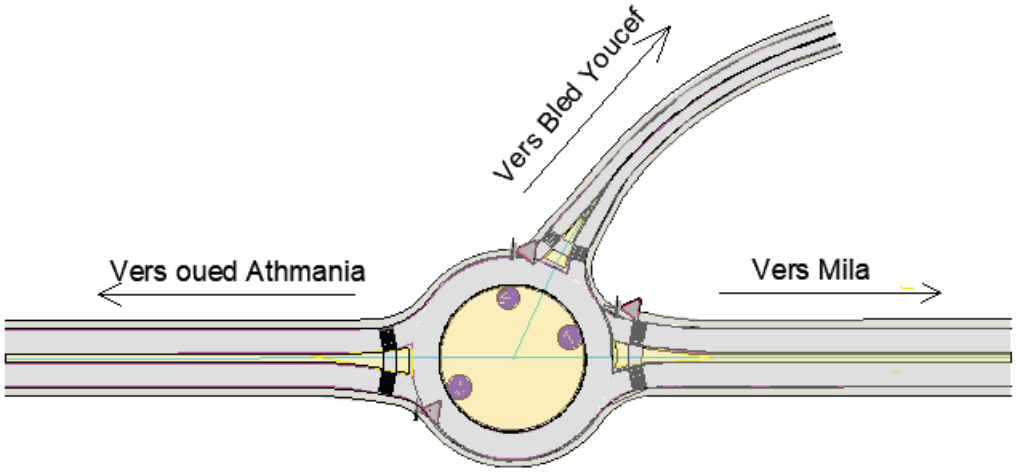


Figure X.2:carrefour au PK 7+000

- **Giratoire 02 :**

C'est un carrefour giratoire à trois branches qui se trouve au niveau de l'intersection de la RN5A avec le chemin de wilaya W115.

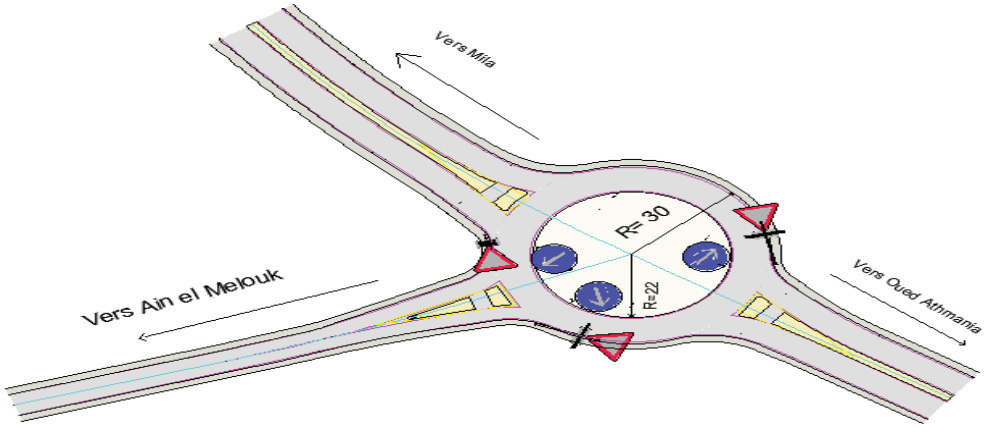


Figure X.3 : Carrefour au PK 10+225

- **Giratoire03**

C'est un carrefour giratoire à quatre branches qui se trouve au niveau de l'intersection de la RN5A avec RN5 au niveau de village « Ain el Baida » Il a les mêmes caractéristiques géométriques du 2ème carrefour giratoire, sauf les largeurs des branches secondaires elles suivent les anciennes routes.

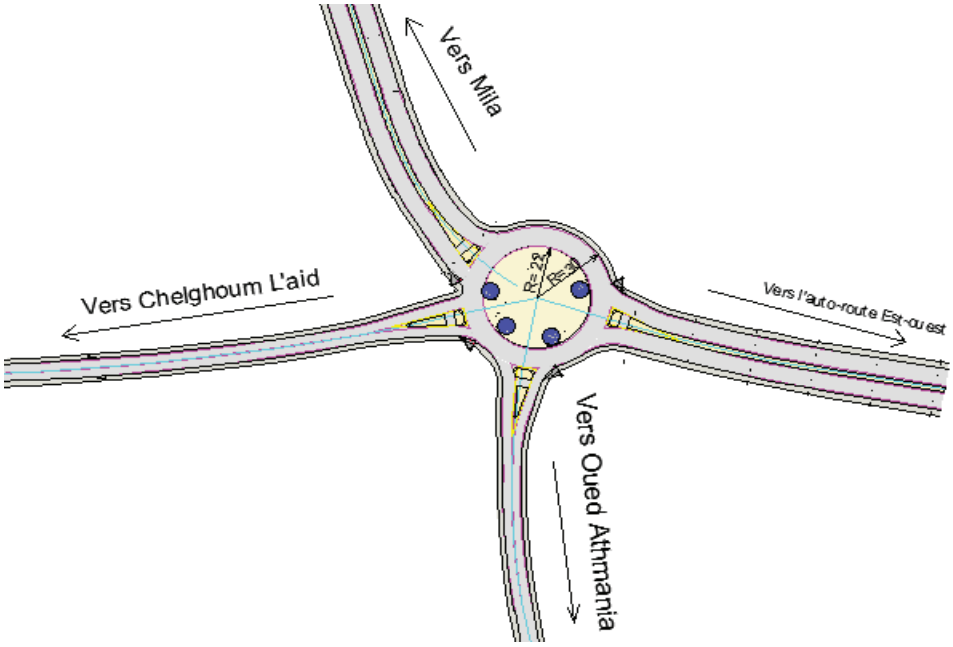


Figure X.4:Carrefours au PK11+425

Giratoire 04

C'est un carrefour giratoire à quatre branches qui se trouve au niveau de l'intersection de la RN5A et le chemin de wilaya W134.

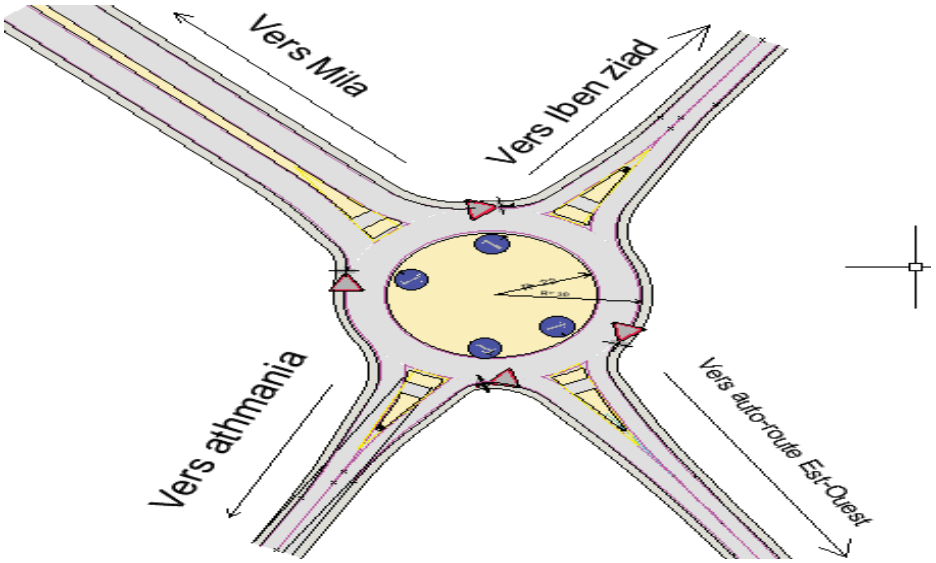


Figure X.5: **Carrefours au niveau de PK 12+600**

- **Giratoire 05 :**

Se trouve à la fin de notre projet plus important dans notre projet, il a quatre branche avec deux branche séparer Il a les mêmes caractéristiques géométriques du 2ème et 3eme giratoire.

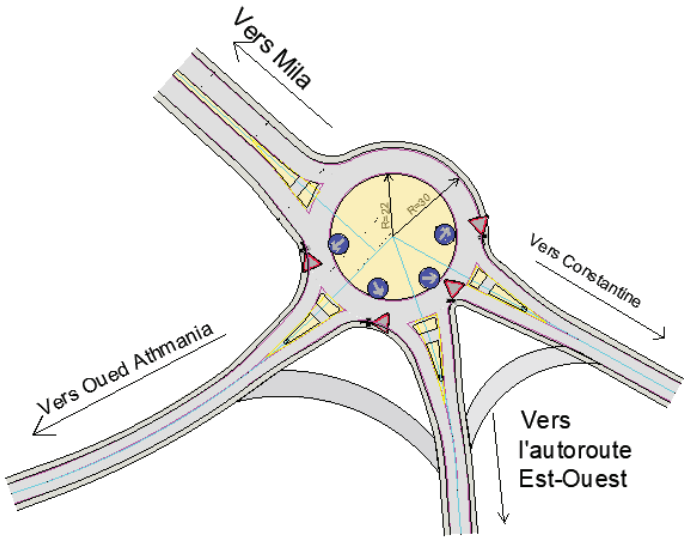


Figure X.6: Carrefour au PK15+075

Chapitre XI : Assainissement

Chapitre XI: Assainissement

XI.1. Introduction

L'assainissement routier est l'ensemble de moyennes mises en œuvre pour la collecte et l'évacuation des eaux superficielles et internes dans l'emprise de la route, ainsi que pour le rétablissement des écoulements superficiels extérieurs à la route.

XI.2. Objectifs de l'assainissement routier

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

• Assurer l'évacuation rapide des eaux pluviales qui s'écoulent sur la chaussée.

• Réduire le coût d'entretien.

• Éviter les problèmes d'érosions.

• L'évacuation des eaux qui s'infiltrent à travers le corps de chaussée. (Danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).

• Évacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amant de la plate-forme.

XI.3. Les ouvrages d'assainissement existants

Les ouvrages rencontrés sont les suivants :

Tableau XI.1 : Types d'ouvrages existants.

Endroit des ouvrages(PK)	Type de l'ouvrage	Observation	Longueur (m)
pk6+400	buse 1200mm	En bon état	10
pk8+825	dalot 4.5x 2.3	bon état	16
pk9+125	dalot 2.3x2.3	à nettoyer	12
pk9+735	buse 1000mm	À détruire	12.3
pk 10+635	buse 1000mm	A démolir	11.2
pk10+900	buse 1000mm	A remplacer	10.8
pk 11+200	buse 2x1000mm	bon état	13.3
pk 12+050	ouvrage d'art	État neuf	130
pk 12+275	buse 1500mm	Nettoyage requis	12.8
pk13+775	buse 1500mm	acceptable	11
pk14+525	Dalot4.5mx2.3m	bon état	14

Dans ce qui suit on va vérifier la capacité des ouvrages à assurer le bon écoulement des eaux de ruissèlement.

XI.4. Dimensionnement des ouvrages d'assainissement :

La méthode de dimensionnement consiste à choisir un ouvrage et vérifier sa capacité à évacuer le débit d'apport, on utilise la formule:

$$Qa=Qs$$

Avec :

Qa : débit d'apport en provenance du bassin versant (m3/s).

Qs : débit d'écoulement au point de saturation (m3/s).

XI.4.1 Le débit d'apport :

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

$$Qa=0,278.C.I.A$$

Avec

Qa : débit d'apport en m3/s.

I : intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration (mm/h).

C : coefficient de ruissellement.

A : aire du bassin versant (Km2).

- **Détermination de l'intensité :**

Pour la détermination de l'intensité on utilise la formule suivante,

$$I\,(t,T) = a\,(t)/\,tcb$$

Avec :

I : intensité de pluie exprimée en mm/h.

T : période de retour exprimé en ans (elle dépend de l'ouvrage à réaliser)

tc : temps de concentration en heures.

A et **b** : paramètres de Montana.

- **La période de retour :**

La période de retour, ou temps de retour, est la durée moyenne au cours de laquelle, statistiquement un événement d'une même intensité se reproduit.

• Les buses sont dimensionnées pour une période de retour de 10 ans.

• Les dalots sont dimensionnés pour une période de retour de 50 ans.

• Les ponts sont dimensionnés pour une période de retour de 100 ans.

- **Le temps de concentration :**

Le temps de concentration est un concept utilisé en hydrologie pour mesurer la réponse d'un bassin versant à un événement pluvieux. Il est défini comme le temps nécessaire à une goutte d'eau de pluie pour parcourir la distance depuis le point le plus éloigné de l'exutoire d'un bassin jusqu'à celui-ci. Il existe plusieurs méthodes pour estimer sa valeur mais les plus utilisées sont les méthodes de Ventura, Giandotti et Passini:

$$tc = 0{,}127.\sqrt{\frac{A}{P}} \Longrightarrow \text{Si } A < 5\ km^2\text{, selon (Passini Ventura).}$$

$$t_C = 0.11 \times \sqrt[3]{\frac{A.L}{P}} \Longrightarrow \text{Si 5 km2 <A< 25 km² (Passini).}$$

$$t_C = 4 \times \frac{\sqrt{A} + 1{,}5 \times L}{0{,}8 \times \sqrt{H}} \Longrightarrow \text{Si 25 km² < A < 200 km² (Giandotti).}$$

tc : temps de concentration (heures).

A : surface du bassin versant (Km2).

L : longueur de bassin versant (Km)

P : pente moyenne de bassin versant (m/m)

H : la différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m).

- **Coefficient de ruissellement 'C' :**

Le coefficient de ruissellement est le rapport exprimé en pourcentage, entre la quantité d'eau écoulée (ruisselée) par la quantité d'eau précipitée.

Sa valeur est en fonction des paramètres suivants : la couverture végétale, la forme, la pente et la nature du terrain. Il peut être choisi suivant le tableau ci-après :

Tableau XI.2: Valeurs du coefficient de ruissellement.

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtue en enrobés	0,80 à 0,95	0,95
Accotement ou sol légèrement perméable	0,15 à 0,40	0,40

Tableau XI.3 : Valeurs du coefficient de ruissellement.

Nature de la couverture végétale	Terrains + Sable grossier			Terrains Argileux ou limoneux			Terrains Argileux		
	Moins de 5%	De 5à 10%	De 10 à 30%	Moins de 5%	De 5 à 10%	De 10 à 30%	Moins de 5%	De 5 à 10%	De 10 à 30%
Bois	0,10	0,25	0,30	0,30	0,35	0,50	0,40	0,50	0,6
Pâturages	0,10	0,15	0,22	0,30	0,36	0,42	0,40	0,55	0,6
Culture	0,30	0,40	0,52	0,5	0,6	0,72	0,6	0,70	0,82
Zone Urbaines	0,40	0,5		0,55	0,65		0,65	0,80	

XI.4.2 Le débit de saturation :

Le débit de saturation est donné par la formule de MANNING STRICKLER :

$$Qs = S_m.K_{ST}.R_H^{2/3}.J^{1/2}$$

Kst : coefficient de Strickler qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage.

S : section mouillée.

R : rayon hydraulique (m).

J : la pente moyenne de l'ouvrage.

Tableau XI.4: valeurs de Kst

Ouvrage d'assainissement	En terre	Buses métallique	maçonnerie	Dalot (béton)	Béton (buses préfabriquées)
K_{st}	30	40	50	70	80

XI.5. Dimensionnement des ouvrages à projeter dans le projet :

XI.5.1 Caractéristiques des bassins versants :

Les caractéristiques des bassins versants sont obtenues sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau XI.5 : caractéristiques des bassins versants.

BV	PK	S(Km^2)	Pente moyenne du BV (%)	Coefficient de ruissellement C	Longueur du cours d'eau (km)	Ouvrage existant
BV1	pk6+400	0.1	2.9	0,4	0,25	buse 1200mm
BV2	pk8+825	4.8	3.0	0,55	0,12	dalot 4.5mx2.3m
BV3	pk9+125	2.73	3.9	0,5	0,9	dalot 2. mx2.3m
BV4	pk 9+735	0.89	1.1	0,4	0,15	buse1000mm
BV5	pk10+635	1.05	1.02	0,4	0,1	buse 1000 mm
BV6	pk10+900	0.2	2.1	0,4	0,11	buse
BV7	pk11+200	0.4	1.06	0,55	0,55	buse 2x1000mm
BV8	pk12+050	7.83	4,1	0,4	2,01	pont h=15m l=130m
BV9	pk12+275	0.8	1.04	0,4	0,1	buse 1500mm
BV10	pk13+775	0.4	1.4	0,5	0,2	buse 1500mm
BV11	pk14+525	4.08	3.02	0,4	1,5	dalot 4.5mx2.3m

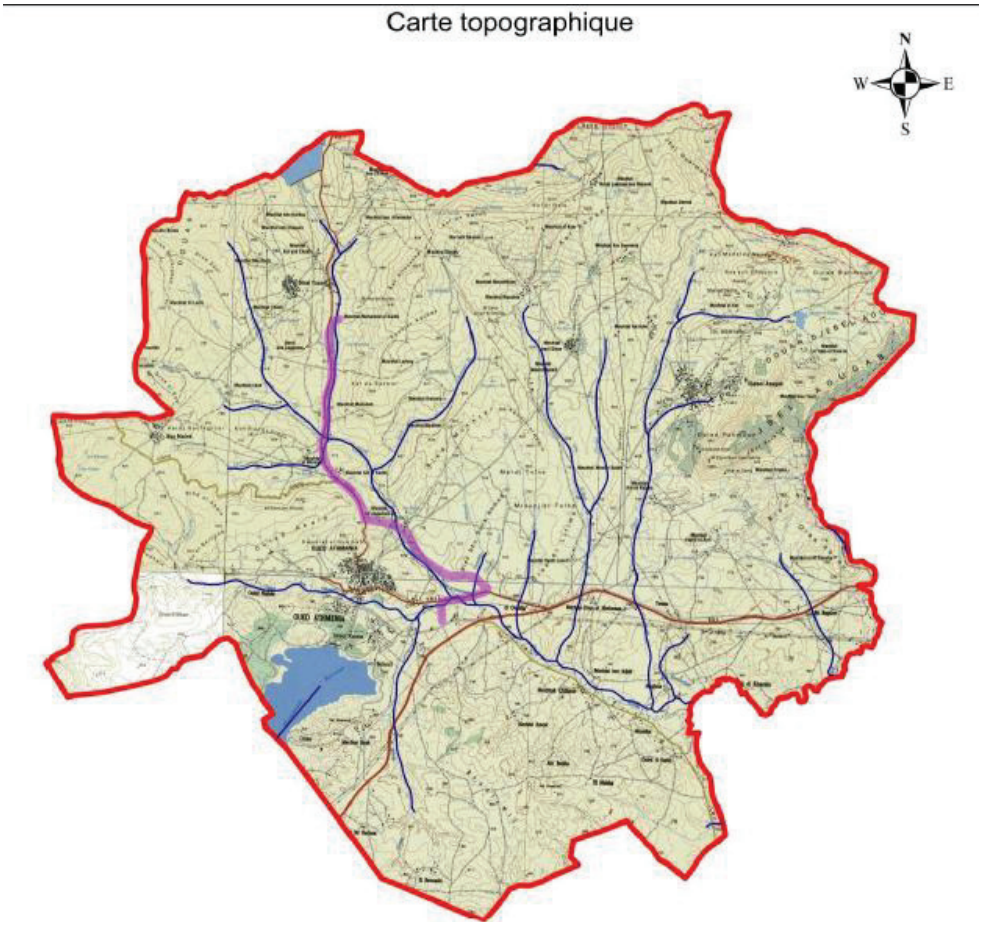


Figure XI.1 : carte topographique de la région d'étude.

XI.5.2 Données climatiques :

L'analyse des courbes IDF de la pluviométrie de la région a donné comme résultats :

L'indice climatique pour la région de Mila b = 0.78.

Le paramètre a :

- a = 23.9 (pour une période de retour de 10 ans) ;
- a= 32.2 (pour une période de retour de 50 ans);
- a=35.8 (pour une période de retour de 100 ans).

XI.5.3 Calcul du débit d'apport :

Par exemple, pour le premier bassin versant BV1, on a:

$$A= 0.1\ Km^2$$

$$tc = 0.127\sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.10}{0.029}} = \mathbf{0.236\ h}$$

$$i(t,T) = \frac{a}{tc^b} = \frac{23.9}{0.236^{0.78}} = \mathbf{73.75\ mm/h}$$

Coefficient de Ruissellement:

C = 0.4 (terrain de culture avec une pente inferieure 5%).

$Qa = 0.278 \times 0.4 \times 73.75 \times 0.1 = 0.82\ m3/\ s$

Tableau XI.6 : Résultats de calcul des débits.

BV	PK	S Km²)	Coefficient de ruissellement	Tc(h)	I (mm/h)	Q (m^3/s)
BV1(T=10)	PK6+400	0,10	0,4	0,236	73,751	0,82
BV2(T=50)	PK8+825	4,80	0,55	1,606	22,248	16,33
BV3(T=50)	PK9+125	2,73	0,5	1,063	30,71	11,65
BV4(T=10)	PK 9+735	0,89	0,4	1,142	32,270	3,19
BV5(T=10)	PK10+635	1,05	0,4	1,289	19,612	2,29
BV6(T=10)	PK10+900	0,20	0,4	0,392	66,858	1,49
BV7(T=10)	Pk11+200	0,40	0,55	0,780	29,007	1,77
BV8 (T=100)	PK12+050	7.83	0,4	1,337	28.551	24.86
BV9(T=10)	PK12+275	0,80	0,4	1,114	21,972	1,95
BV10 (T=10)	PK13+775	0,40	0,5	0,679	32,331	1,80
BV11 (T=50)	Pk14+525	4,08	0,4		23,765	10,78

5.4 Dimensionnement des buses :

5.4.1 Le débit de saturation :

$$\boldsymbol{Qs = K_{st} \times J^{1/2} \times S_m \times Rh^{2/3}}$$

Pour la pente hydraulique des buses « J », on met : J= 1%, c'est assez pour l'écoulement d'eau dans une section en béton armé.

- Kst: Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = 80 (aux buses préfabriquées).
- Sm: surface mouillée tel que: $Sm = \pi \times R^2$
- Rh: rayon hydraulique tel que: Rh = Sm / Pm = (π .D^2/4)/π D
  Rh = D/4 = R/2

$$Qa = K.C.I.A \; ; \; Qs = Kst \times J^{1/2} \times Sm \times Rh^{2/3}$$

$$Qa = Qs \quad \text{alors} \quad R^{8/3} = \frac{2^{5/3} \times Q_a}{80\pi\sqrt{J}} = \frac{2^{5/3} \times Q_a}{80\pi\sqrt{J}}$$

Pour le 4ème bassin versant au **PK10+635** on a :

$$R = \left[\frac{2^{5/3} \times Q_a}{80\pi\sqrt{J}}\right]^{\frac{3}{8}} = \left[\frac{2^{5/3} \times 2.29}{80\pi\sqrt{0.01}}\right]^{\frac{3}{8}} = 0.628m$$

$$D = 2R = 1.256m$$

Alors on prend une buse de D= 1500mm.

5.4.2 Les conditions d'auto-curage :

Le débit en plein section :

$Qps = (K_{st} \times I^{1/2} \times \pi) / (2.R^2 \times (R/2)^{2/3}) = 80 \times 0.01^{1/2} \times \pi \times 0.5^{8/3} / 2^{5/3}$

$= 3.67m3/s$

$Vps = Q_{ps} / S = 3.67 / 1.77 = 2.07m/s$

$Rq = Q/Q_{ps} = 2.29/3.67 = 0.62 \times RV = V/Vps = 1.13$

$V = 1.13 \times Vps = 1.13 \times 0.62 = 0.7$ m/s $< 4m/s$ Condition vérifiée

b) V ≥ 0.6m/s pour Q= 0.1 Qps :

Rq = 0.1 →Rv =V/Vps=0.64→V=0.64 ×2.07 = 1.32 m/s >0.6m/s

Condition vérifiée.

c) V≥ 0.3m/s pour Q = 0.01Qps :

Rq = 0.1→ Rv =V/Vps=0.32 →V=0.32 × 2.07 = 0.66 m/s >0.6m/s

Condition vérifiée.

Tableau XI.7: observations et dimensions des buses proposé

BV	PK	Qa (m^3/s)	Diamètre calculé(m)	Diamètre standard (mm)	Condition d'auto-curage	Type de l'ouvrage existant (mm)
BV1	PK6+400	0.82	0.855	1000	**vérifiée**	Buse 1200
BV04	PK9+735	3.19	1,423	1500	**vérifiée**	Buse 1000
BV5	PK10+635	2.29	1.256	1500	**vérifiée**	Buse1000
BV6	PK10+900	1.49	1.068	1200	**vérifiée**	Buse1000
BV7	PK11+200	1.77	1.141	1200	**vérifiée**	Buse 2x1000
BV9	PK12+275	1.95	1.184	1200	**vérifiée**	Buse 1500
BV10	PK13+775	1.8	1.147	1200	**vérifiée**	Buse 1500

Pour les bassins versants 5 et 6 on va remplacer les buses de diamètres 1000 mm par un dalot 2x2 pour le passage des animaux, et un autre dalot 3x3 pour le passage des engins agricoles.

5.5 Dimensionnement des dalots

Les dalots sont constitués par deux murettes verticales au pied droit sur lesquelles repose une dalle ou une série de dalles accolées (on utilise généralement des dalles de 1m de large), les pieds droits sont posés sur une fondation ou radier.

Dans notre projet, les dalots sont en béton. La section de dalot est calculée comme pour le fossé, seulement on change la hauteur de remplissage et la hauteur du dalot.

5.5.1 Pré-dimensionnement :

On fixe la hauteur d'après la configuration du profil en long et on calcule la travée nécessaire et en fixe aussi la hauteur de remplissage à $\rho = 0.8h$

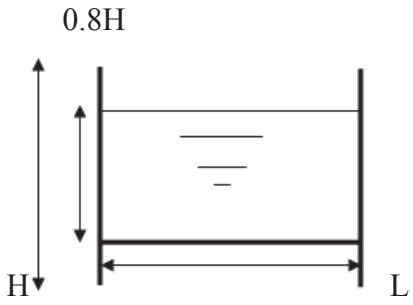


Figure XI.2: Un dalot de hauteur h et de largeur L

HAMIDA Aymen
E.N.S.T.P

On a :

- Périmètre mouillé: $Pm = 2x\ (0.8h+L)$
- Section mouillée: $Sm = 0.8.h.L$
- Rayon hydraulique: $Rh = \frac{Sm}{Pm} = \frac{0.8h \times L}{2 \times (0.8h+L)}$
- Pente longitudinale de l'ouvrage i

$$Q_s = k_{st}.\ S_m.\ R_h^{2/3}.1^{1/2}$$

$$Q = k_{st} \times I^{0.5} \times h \times L \times \left[\frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L}\right]^{\frac{2}{3}}$$

Dans notre cas K_{st} =70 pour béton et I tirée du levé topographique I=1.5%.

Le débit rapporté par le bassin versant (connu), doit être inférieur ou égale au débit de saturation du dalot .ce débit est donné par la formule de Manning Strickler :

$$Q_a \leq Q_s$$

$$Q_a \leq Q_s = k_{st} \times I^{0.5} \times h \times L \times \left[\frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L}\right]^{\frac{2}{3}}$$

On fixe la largeur L et par calcul itératif on obtient la hauteur h qui vérifie cette inégalité.

Application au projet :

On prend l'ouvrage au PK8+825.

Le calcul hydrologique du bassin versant au PK8+825 a donné le résultat suivant :

$$Q_a = 16.33\ m/s$$

$$Q_a \leq Q_s = k_{st} \times I^{0.5} \times h \times L \times \left[\frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L}\right]^{\frac{2}{3}}$$

$$16.33 \leq Q_s = 70 \times 0.015^{0.5} \times 0.8 \times h \times L \times \left[\frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L}\right]^{\frac{2}{3}}$$

On pose :

$$\boldsymbol{Q_a = Q_s}$$

Et on fixe L=2m par un calcul itératif on trouve h=1.54 m alors un dalot de 2m×2m est largement suffisant, cependant on va prendre un dalot 4.5x 2.3a côté du dalot existant qui est déjà de 4.5x 2.3et qui va assurer aussi le passage des animaux quand il n'y a pas d'écoulement. Les ouvrages proposés pour le projet sont les suivants :

Tableau XI.7: Ouvrages proposés.

BV	PK	Qa (m^3/s)	Dimensions calculé (m)	Dimensions choisis
BV2(T=50)	PK8+825	16.33	2 x1.54	dalot 4.5x 2.3
BV3(T=50)	PK9+125	11,65	1.5x1.49	dalot 2mx2.3m
BV8(T=100)	PK12+050	24,86	2x1.2	Pont h=15m L=1 30 m
BV11(T=50)	PK14+525	10.78	2x1.12	dalot 4.5mx 2.3m

5.6 Dimensionnement des fossés :

Le dimensionnement se fait dans le cas le plus défavorable, ou il y a un grand bassin versant et un grand débit, et on dimensionne pour que le talus déblai du PK6+400 au PK8+825.

Calcul des surfaces des sous bassins versants :

La surface de la chaussée +la bande de guidage : $\mathbf{A_c}$=7.3x2425=17702m^2=0.0177 km^2.

La surface d'accotement $\mathbf{A_b}$=3.25x2425=788.25m^2=0.00788 km^2.

Surface moyenne de talus $\mathbf{A_t}$=6x2425=14550 m^2=0.0145 km^2.

Le calcul du débit d'apport Qa :

Tableau XI.8: débit des eaux drainées dans la plate-forme et le talus

BV	Surface en Km^2	Pente P(%)	C	t_c(h)	I(mm /h)	Q_{ai} (m^3/s)	Q_a (m^3/s)
A_c	0.0177	0.025	0.95	0.107	136.74	0.639	1.695
A_b	0.00788	0.040	0.4	0.056	225.211	0.197	
A_t	0.0145	0.667	0.4	0.019	530.96	0.859	

- **Calcul du débit de saturation :**

Calcul de la surface mouillée :

$$\mathrm{Sm} = \mathrm{b.h} + 2\frac{e.h}{2}$$

D'où $\tan\alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n}$ et e=n.h

Après calcul on trouve $\mathrm{Sm} = \mathrm{h}(\mathrm{b} + nh)$

Calcul de périmètre mouillé :

$$\mathrm{Pm} = \mathrm{b} + 2\mathrm{h}\sqrt{1+n^2}$$

- **Calcul du rayon hydraulique :**

$$\mathrm{Rh} = \frac{s_m}{P_m} = \frac{h(h+nb)}{b+2h\sqrt{1+n^2}}$$

Les dimensions des fossés sont obtenues par l'égalité entre le débit d'apport et le débit d'écoulement.

$$Q_a = Q_s$$

$$\mathrm{K.I.C.A} = k_{st}.\ S_m.\ R_h^{2/3}.1^{1/2} = K_{st}.h.(b+n.h)\left[\frac{h(h+nb)}{b+2h\sqrt{1+n^2}}\right]^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}}$$

On prend b=0.5, J=1%, n=1et K_{st}=70 au béton coulé sur place .on obtient:

$$70.h.(0.5+n.h)\left[\frac{h(h+0.5)}{b+2h\sqrt{1+1^2}}\right]^{\frac{2}{3}} 0.02^{\frac{1}{2}} = 1.695$$

Après un calcul itératif on trouve h=0.457 m, on prend h=50cm, on propose un fossé trapézoïdale standard de dimensions 50*50*50.

Chapitre XII : Signalisation et éclairage

Chapitre XII : Signalisation et éclairage

XII.1 Signalisation

XII.1.1 Introduction

La signalisation routière englobe tous les signaux conventionnels implantés le long des routes, qui ont pour objectif d'assurer la sécurité des usagers de la route et de faciliter la circulation. Elle remplit deux principales fonctions : informer les conducteurs des dangers, des règles de circulation et des éléments importants pour la prise de décision, ainsi que leur fournir des repères et des indications pour faciliter leurs déplacements.

Elle se compose de deux grands types de signalisation : la signalisation routière verticale, comprenant les panneaux, les balises, les feux de signalisation, les bornes, et la signalisation routière horizontale, qui inclut les marquages au sol et les plots.

XII.1.2 Objectifs de la signalisation routière

La signalisation routière joue un rôle essentiel en :

- Facilitant la fluidité de la circulation routière.
- Informant les usagers, qu'ils soient conducteurs ou piétons, des règles à respecter lors de leurs déplacements.
- Fournissant des indications et des informations utiles tout au long d'un itinéraire.
- Réduisant les risques d'accidents de la route en limitant les causes potentielles.

XII.1.3 Règles à respecter pour la signalisation

Il est important de respecter les règles suivantes :

- Assurer la cohérence avec les règles de circulation existantes.
- Maintenir une cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation pour garantir l'homogénéité.
- Assurer la cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Éviter toute publicité irrégulière et l'utilisation de signaux qui pourraient distraire ou fatiguer l'attention des usagers.

XII.1.4 Type de signalisation

On distingue deux types de signalisation :

• Signalisation verticale.

• Signalisation horizontale

XII.1.4.1 Signalisation verticale

Les panneaux de signalisation routière jouent un rôle essentiel dans la signalisation routière. Ils font référence à la fois au dispositif sur lequel est installé un signal routier et au signal lui-même. Positionnés sur le côté des routes, leur fonction est multiple :

-Accroître la sécurité de la circulation routière en informant les usagers des éventuels dangers qu'ils peuvent rencontrer.

- Faciliter la circulation en indiquant, par exemple, les directions à suivre.

-Indiquer ou rappeler diverses prescriptions particulières de la réglementation routière.

- Fournir des informations relatives à l'utilisation de la route.

La convention de Vienne sur la signalisation routière, adoptée le 8 novembre 1968, reconnaît l'importance de l'uniformité internationale des signaux, symboles et marques routières pour faciliter la circulation routière internationale et renforcer la sécurité routière. Dans son annexe 1, la Convention définit huit catégories de signaux :

- Signaux d'avertissement de danger.
- Signaux de priorité.
- Signaux d'interdiction ou de restriction.
- Signaux d'obligation.
- Signaux routiers de prescriptions particulières.
- Signalisation routière d'information, d'installation ou de service.

- Signaux de direction, de jalonnement ou d'indication.
- Panneaux additionnels (placés sous les signaux).

Il convient de noter que la classification des signaux routiers peut varier selon les pays et les régions.

XII.1.4.2 Signalisation horizontale

La signalisation routière horizontale englobe tous les marquages au sol réalisés à l'aide de peinture dans le cadre de la signalisation routière. Elle est utilisée pour réguler la circulation, avertir les usagers de la route et les guider dans leurs déplacements.

Les marques sur chaussée ont pour fonction de guider l'usager. Elles donnent quatre types d'informations :

• La répartition des espaces de déplacement.

• Les règles de conduite.

• Le jalonnement.

• Le stationnement.

La largeur des lignes des marquages au sol est définie par rapport à une largeur unité ‘U’ qui est en fonction du type de route :

U= 7,5 cm sur les autoroutes, routes à chaussées séparées ou à 4 voies en rase compagne ;

U= 6 cm sur les routes importantes ;

U= 5 cm sur les autres routes ;

Pour ce projet U = 7.5 cm.

La signalisation horizontale se divise en deux types :

a) Marques longitudinales :

• Ligne continue, interdisant le franchissement ou le chevauchement.

• Ligne discontinue de guidage, délimitant les voies en vue de guider la circulation.

• Ligne discontinue d'avertissement, annonçant l'approche d'un passage présentant un risque particulier.

• Lignes mixtes, qui ne peuvent être franchies que si, au début d'une manœuvre de dépassement, la ligne discontinue se trouve la plus proche du véhicule.

• Lignes continues et discontinues pour voies spécialisées.

Tableau XII.1 : Caractéristiques des lignes

modulation	désignation des marques	largeur
continue	délimitation de terre-plein central (tpc)	3u
	ligne séparant les sens de circulation opposés sur les routes à trois voies, avec deux voies affectées à un sens de circulation et ligne oblique marquant un rétrécissement de route de trois à deux voies	3u
t1	ligne axiale ou de délimitation de voie	2u
t2	délimitation des voies de décélération, d'insertion ou d'entrecroisement	5u
	ligne de rive de chaussée	3u
t2‟	ligne " cédez-le-passage "	50 cm
t3	ligne d'annonce d'une ligne continue	2u
t3‟	ligne de rive aux approches de certains carrefours et dans les bretelles de raccordement	3u
t4	ligne délimitant une bande d'arrêt d'urgence, en section courante (hors bretelles de raccordement) sur autoroutes et routes à chaussées séparées et à carrefours dénivelés	3u

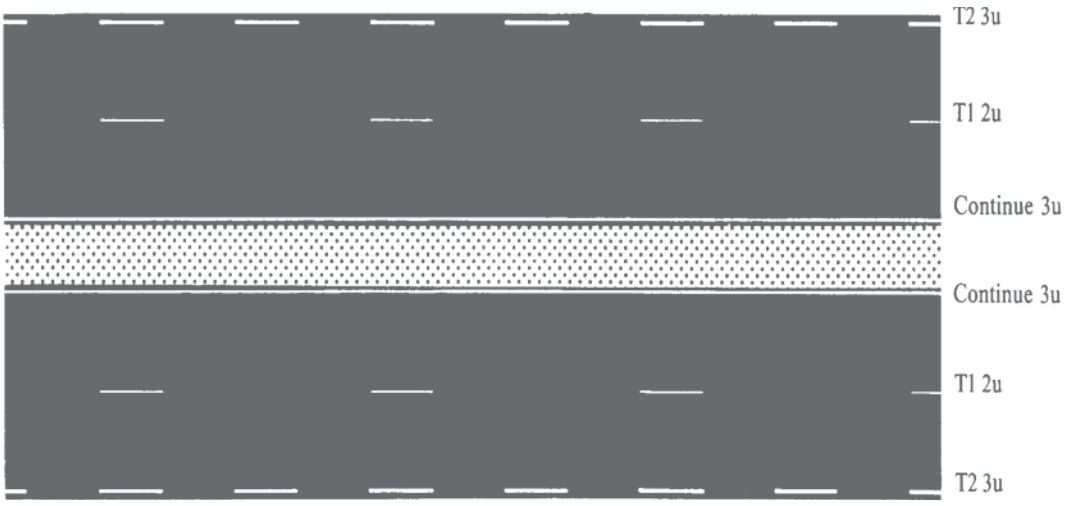


Figure XII.1: Caractéristiques des lignes.

Tableau XII.2 : Modulation des lignes discontinues.

type de marquage	type de modulation	largeur de trait (en cm)	intervalle entre 2 traits successifs (m)	rapports pleins vides
axial	t_1	30	10	1/3
longitudinal	t'_1	15	5	1/3
rive	t_3	30	1,33	3
	t_2	30	3,5	1
	t'_3	20	6	3
transversal	t'_2	50	0,5	1

b) Marques transversales :

• Ligne continue d'arrêt.

• Ligne discontinue de « Cédez le passage » ;

• Ligne discontinue d'effet des feux de circulation.

Application au projet

Signalisation verticale

Signaux d'avertissement de danger :



Figure XII.2 : Signaux d'avertissement de danger :

1) Virage à droite.

2) Virage à gauche.

3) Succession de virage le 1er à droite.

4) Succession de virage le 1er à gauche.

5) descente dangereuse.

Signaux de priorité :

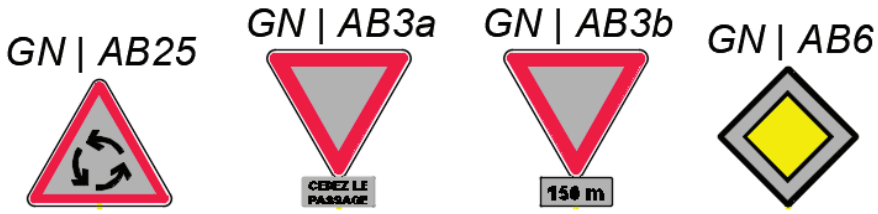


Figure XII.3 : Signaux de priorité :

1) Carrefour à sens giratoire
2) Céder le passage
3) Arrêt à 150 m
4) Route prioritaire

Signaux d'interdiction et d'obligation :



Figure XII.4 : Signaux d'interdiction et d'obligation

1) interdit de dépasser la vitesse 80 Km/h.
2) interdiction des signaux sonores.
3) fin d'interdiction des signaux sonores.
4) Sens obligatoire.
5) Interdit de tourner à gauche.
6) Interdit le passage des camions.

Signaux de directions



Figure XII.5 : Signaux de directions

Pour le système d'éclairage adopté à notre projet, uniquement certain points particuliers seront traité par un éclairage composé par des lampadaires disposé selon un espacement des supports variant entre 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de notre route.

XII.2 Éclairage

XII.2.1 Introduction

L'éclairage public englobe tous les dispositifs d'éclairage installés dans les espaces publics, à la fois à l'intérieur et à l'extérieur des villes, principalement le long des routes et des places. Son objectif est d'assurer la sécurité et le confort des êtres humains**.**

Pour les routes, on distingue quatre catégories :

• Catégorie A: éclairage général d'une route ou une autoroute.
• Catégorie B: éclairage urbain (voirie artérielle et de distribution).
• Catégorie C: éclairage des voies de cercle.
• Catégorie D: éclairage d'un point singulier (carrefour, virage…) situé sur un itinéraire non éclairé.

Paramètres de l'implantation des luminaires

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

• La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et par fois 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.

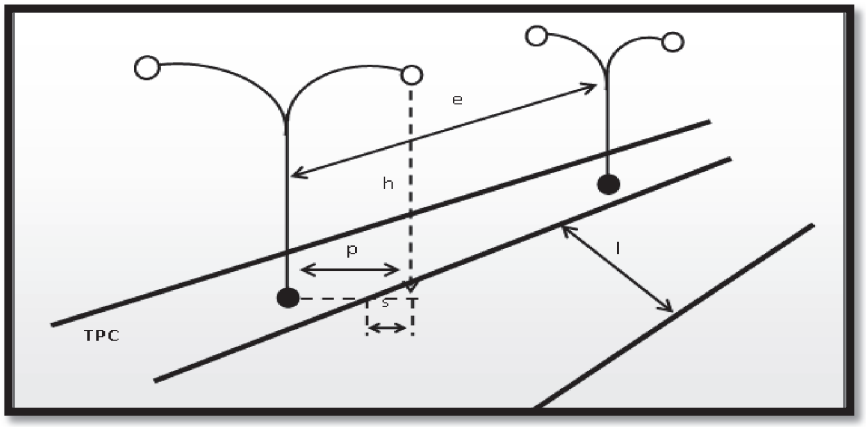


Figure XII.6: paramètres de l'implantation des luminaires

Application au projet

Nous avons choisi d'utiliser des luminaires de type LED 180w.

• Éclairage de la voie (le long de la RN5A)

Les lampadaires sont implantés au centre du TPC avec un espacement de 30m avec deux foyers chacun éclaire une voie.

• Éclairage des carrefours

Pour les carrefours, on place les lampadaires de part et d'autre de la chaussée avec un espacement de 15m pour assurer une bonne visibilité du carrefour.

Chapitre XIII :
Ouvrage d’art

Chapitre XIII: Ouvrage d'art

XIII.1 Introduction

On appelle pont tout ouvrage permettant à une voie de circulation de franchir un obstacle naturel ou une voie de circulation terrestre, fluviale ou maritime. Le souci de l'ingénieur est comment le construire, en assurant parfaitement son service avec un coût optimal.

Le dimensionnement d'un pont constitue un travail de synthèse de discipline, telles que la statique, la dynamique, la résistance des matériaux, et le calcul des fondations.

XIII.2. Présentation de l'ouvrage

XIII.2.1 Ouvrage existant

Il s'agit d'un ancien pont en bon état, il permet de franchir oued Rhumel au PK12+050 au PK 12+183.6.



Figure XIII.1: la figure illustre l'ouvrage existant au pk 12+050

Le pont est en béton précontraint, constitué de 4 travées de 33.4m, avec une longueur totale de 134 m et de 15 m.

L'ouvrage possède un largeur roulable de 7 m 2 voies de 3.5 m de largeur avec deux trottoirs de 1 m de largeur pour chacund'ou une largeur total de 9 m.

Le tablier est constitué de 5 poutres en béton précontraint sur lesquelles se repose une dalle en béton armé.

Les culées sont construites en béton armé sur des pieux de 15m de profondeur.

Vu que le pont est en bon état et que la largeur roulable est suffisante il nous reste que la construction d'un nouvel ouvrage parallèle à l'ancien ouvrage.

XIII.2.2 Ouvrage a réalisé :

La conception d'un ouvrage comprend trois étapes :

- le recueil des données fonctionnelles et naturelles relatives à l'ouvrage et à l'obstacle franchi.
- le choix d'une structure répondant aux exigences techniques, esthétiques et économiques.
- l'étude de détail de la solution retenue.

Le but est de faire la conception de l'ouvrage d'art situé entre le PK 12+050 et le PK 12+200

2x2 Voies. L'ouvrage d'art assure le franchissement d'Oued Rhumel sur une hauteur de15m.

XIII.3. Données fonctionnelles

XIII.3.1 Tracé en plan

Le tracé en plan est la ligne définissant la géométrie de l'axe de la voie portée, dessinée sur un plan de situation et repérée par les coordonnées de ces point caractéristique. En plan, l'ouvrage est droit, situé entre le PK 12+050 et le PK 12+200 sur la nouvelle voies à construire.

XIII.3.2 profile en long

En profil on long, l'ouvrage s'insère dans une pente de 4.7%.

XIII.3.3 profile en travers

En profil en travers, l'ouvrage d'art est préparé pour accommoder une chaussée de 1x2 voies, comprennent une chaussées de 7 m de largeur et une bande d'arrêt d'urgence de 2.5m, des trottoirs de 1.25 m pour assurer le passage des piétons. Le dévers transversal de la chaussée est en pente de 2.5%.

XIII.4. choix de type de l'ouvrage

Notre but est de déterminer du point de vue technique et économique le type d'ouvrage le plus adéquat et de satisfaire le mieux possible toutes les conditions qui impose le type d'ouvrage.

- La portée de l'ouvrage.
- Le profile en long de la chaussée.
- Nature du sol support.
- Position possible d'appui.
- Le gabarit a respecté.

XIII.4.1 Solution proposée :

Pont à poutres précontraintes par post-tension à travées indépendantes :

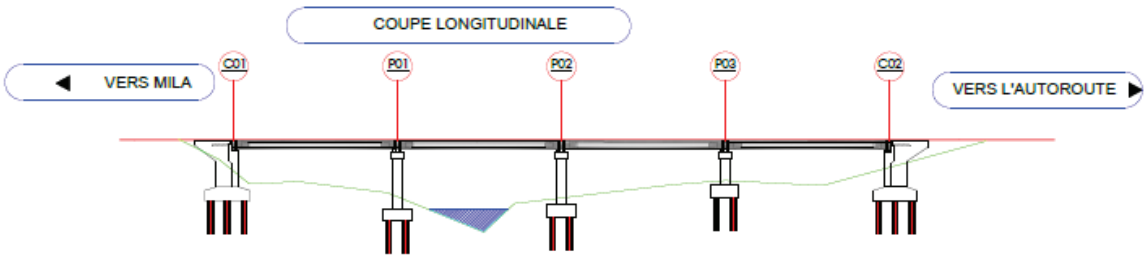
Le pont à poutres est un pont dont le tablier est constitué de poutres longitudinales de hauteur constante, qui sont solidarisées entre elle par des entretoises et un hourdis de faible épaisseur supportant la chaussée.

Les ponts à poutres préfabriquées en béton précontraint par post-tension sont souvent très économiques, pour des portées comprises entre 30 et 50 m.

XIII.4.2 Conception longitudinale

Pour cette variante on a choisi 04 travées de longueur L=35m

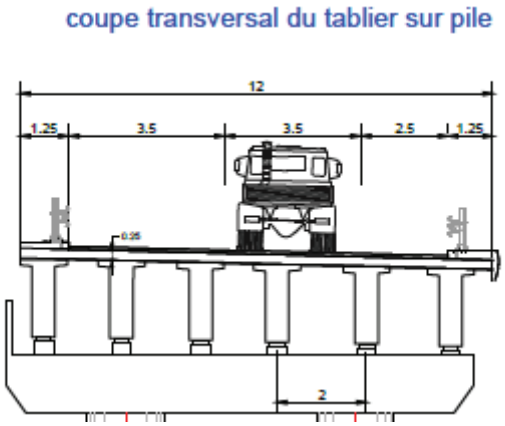
Figure XIII.2 : coupe longitudinal de l'ouvrage a réalisé



XIII.4.3 Conception transversale

Les dévers transversaux de la chaussée sont en pente de 2.5%.On a opté de projeter un tablier de 12 m pour supporter la chaussée.

Figure XIII.3 : coupe transversal du tablier



XIII.5. Conclusion

On a choisi de projeter un pont à poutre précontrainte par post-tension à travées indépendantes à cause des avantages suivants :

- Pour des raisons esthétiques on a conservé la similarité entre l'ancien pont et le nouvel pont à construire.
- Cout relativement réduit par rapport aux autres types d'ouvrage.
- Simplicité et rapidité d'exécution, ce qui réduit les délais et le coût.
- Les délais de réalisation sont généralement moins importants que dans les autres types de ponts.
- L'entretien n'est pas trop recommandé dans ce type d'ouvrage.
- Les coffrages peuvent être utilisés plusieurs fois.

Chapitre XIV : Etude de l'environnement

Chapitre XIV : Étude de l'environnement

XIV.1 Introduction

L'étude de l'impact d'un projet sur l'environnement se définit comme la mise en exergue de l'effet de la réalisation d'un projet sur

XIV.2.Cadre juridique

XIV.3.Objectifs d'une étude d'impact sur l'environnement

XIV.4.Impacts du projet sur l'environnement

Les impacts d'un projet sur l'environnement peuvent être classés en deux catégories : des impacts positifs et des impacts négatifs.

XIV.4.1 Impacts positifs

XIV.4.1.1 Impacts positifs directs

- Gain du temps. Les voyageurs traversent la distance entre l'autoroute et le chef-lieu de la wilaya de Mila en peu de temps.

- Confort et facilité de déplacement.

- Résolution du problème de la circulation lente due au poids lourd et assurer la fluidité du trafic dans les conditions optimales.

- Amélioration de la sécurité routière et diminution des accidents mortels relatifs aux routes à deux voies.

- Augmenter la capacité routière suite à l'élargissement de la route.

- Résoudre les soucis d'insuffisance et d'inadaptation du réseau actuel par rapport aux besoins actuels et futurs de la wilaya.

XIV.1.2 Impacts positifs indirects

- Facilité d'accès aux zones touristiques et développement de ce type d'activités.

- Amélioration des échanges commerciaux internes et externes.

- Attraction des activités commerciales qui se déroulent en dehors de la capitale de la wilaya.

XIV.4.2Impacts négatifs

XIV.4.2.1 Au cours des travaux

Milieu physique

- Pollution aérienne à cause des poussières émises lors des travaux.

- Pollutions sonores liées à l'utilisation des différents engins.

- Risques potentiels de contamination du barrage de Sidi Khalifa suite aux éventuels accidents de travail.

- Dégradation de sols et de flore relatives à l'exploitation des gisements.

- Risque d'obstruction temporaire des ruissellements des oueds au cours des travaux (construction d'un dalot au niveau de pk 5+200).

Milieu biologique

- Les perturbations causées par l'installation d'une barrière terrestre.

- La destruction ou la perturbation des habitats propices à différentes espèces.

- Le risque accru d'incendie**.**

- Plusieurs arbres devront être abattus au niveau de pk 5+220 jusqu'à pk 5+400 et donc une diminution de la végétation.

Milieu humain :

- Expropriation des propriétés privées telles que les hangars et les terrains agricoles le long du projet.

- Les agriculteurs dont les terrains sont concernés par les travaux subiront une perte de revenus.

- Les bruits, les vibrations et les émissions provenant des travaux peuvent avoir des conséquences sur la santé des habitants qui vivent à proximité de la route.

- La circulation des camions et des engins de chantier peut également entraîner des accidents.

- Les chantiers et les bases de vie ont un mauvais impact visuel sur l'environnement.

- Coupures temporaires d'électricité dues au déplacement des piliers.

XIV.4.2.1- En mise en service

Milieu physique :

- L'érosion et le décapage des sols le long de l'emplacement du tracé.

- Risques potentiels de pollution chronique causée par les eaux de ruissellement provenant de la chaussée, ainsi que des risques de pollution accidentelle liés aux accidents éventuels.

- Les cours d'eau seront recalibrés et artificialisés, ce qui modifiera les bassins versants.

Milieu biologique

- Pertes d'équilibre du système écologique relevant de la limitation des zones naturelles de l'espèce animale et végétale.

- Effets négatifs provoqués par le trafic routier.

- Accroissement du risque d'incendie

Milieu humain

- Difficultés de traversée du dédoublement RN5A par les agglomérations au niveau pk 6+800 sur les deux côtés.

- Inconvénients pour les résidents vivant à proximité de la route, tels que le bruit et les problèmes respiratoires.

- Perte de revenus pour les agriculteurs dont les terres ont été morcelées ou réduites en raison de la construction de la route.

- Augmentation de la distance parcourue par les agriculteurs.

- Impact visuel indésirable.

XIV.5 Mesures prises pour minimiser les impacts

Il est nécessaire d'élaborer des mesures visant à prévenir ou atténuer les impacts négatifs du projet sur l'environnement

Mesures à prendre au cours des travaux

Les effets négatifs sur l'environnement mentionnés lors de la phase des travaux peuvent être atténués ou éliminés en respectant et en appliquant plusieurs mesures. En voici quelques exemples :

- Sélectionner avec soin les emplacements des zones de chantier et des routes d'accès, en les éloignant autant que possible des zones sensibles et des habitations.

- Mettre en place des dispositifs stricts et spécifiques pour le stockage des produits dangereux, afin de réduire au maximum les risques pour l'environnement.

- Réserver et aménager des zones spécifiques pour l'entretien, le ravitaillement et le nettoyage des engins utilisés, afin de limiter les risques de contamination et de dégradation de la qualité des eaux.

- Utiliser des engins conformes aux normes en matière de bruit ; surveiller le réglage des moteurs des engins pour limiter les émissions de fumées, de gaz ou d'odeurs désagréables, par exemple.

-Évacuer régulièrement les déchets du chantier vers un site de traitement ; récupérer et évacuer régulièrement les déchets générés par le chantier.

- Indemniser les propriétaires fonciers et les propriétaires de bâtiments détruits en cas d'expropriation pour cause d'utilité publique.

- Mettre en place un plan d'aménagement paysager incluant des mesures de reboisement pour compenser la déforestation, qui devrait être strictement limitée aux emplacements nécessaires au projet, en particulier aux carrefours et aux zones de remblais et de déblais.

- Privilégier l'utilisation de carrières abandonnées et de carrières existantes pour le dépôt des matériaux excédentaires, plutôt que de créer de nouveaux sites.

- Assurer une signalisation claire des chantiers et des voies d'accès ainsi que les zones particulièrement sensibles dans lesquelles les risques d'accidents sont élevés. A titre d'exemple la présence d'un virage incliné dangereux au niveau de pk 5+000 à côté de l'ANBT qui nécessite une signalisation appropriée.

- Optimiser autant que possible les perturbations pour les autres services tels que l'approvisionnement en eau et en électricité, en coordonnant efficacement les acteurs concernés et en menant une campagne de communication adéquate pour informer le public touché ou concerné.

Mesure en phase d'exploitation

- Assurer le suivi de la remise en état des principales zones de stockage des chantiers et des bases de vie.

- Maintenir les véhicules dans les limites de la route afin d'éviter tout déversement en dehors de celle-ci.

- Étanchéifier les accotements et les réseaux d'assainissement pour prévenir toute infiltration de substances polluantes.

- Assurer l'entretien des plantations, y compris le terre-plein central, les talus, etc.

- Minimiser les risques de pollution chronique des oueds et la pollution accidentelle (déversement de produits dangereux sur la chaussée) par la limitation et le contrôle de vitesses des poids lourds.

- Effectuer des contrôles réguliers des clôtures en bordure de route afin de prévenir l'accès du bétail itinérant (comme les moutons, les chèvres, etc.) ou d'animaux sauvages qui vivent à proximité (tels que les cochons, les loups, etc.), et prévoir des passages aménagés sur certains tronçons.

- Marquer et signaler les sites remarquables, notamment la cascade de Guerrouz, pour attirer l'attention des usagers de la route.

- Élaborer et mettre en œuvre un programme de suivi de la qualité d'air et des niveaux de bruit sur des tronçons sensibles.

XIV.6 Conclusion

La réalisation de tout projet routier entraîne inévitablement des impacts néfastes sur l'environnement pendant la phase de construction et pendant son exploitation. Cependant, ces effets sont relativement minimes par rapport aux avantages que cette route apportera.

Notre étude vise à réduire au maximum l'impact négatif sur l'environnement de la région, en mettant en place un contrôle continu de cet impact dans les années à venir, lorsque le trafic automobile sera plus important et la pollution plus préoccupante. L'objectif est de garantir que les effets néfastes sur l'environnement soient maintenus à un niveau minimal tout en permettant une circulation fluide et efficace sur la route.

Chapitre XV

Devis

N°	Désignation des Travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (Da)	Prix Total DA
1	Installation du chantier				
1.1	Installation du chantier	Forfait	1	3% (3+4+5)	6 440 210
	Total (1) :				**6 440 210,00**
2	Acquisition de terrain				
	Acquisition de terrain	m ^{2}	92250	1 000	92 250 000
	Total (2) :				**92 250 000,00**
3	Travaux préparatoire				
3.1	Abattage d'arbres	U	53	4 000	2 120 000
	Total (3) :				**2 120 000,00**
4	Terrassement				
4.1	Décapage de la terre végétale e = 20cm.	m3	30817.9	400	12 327 160
4.2	Remblai en provenance y compris transport	m3	32 201,6	600	19 320 960
4.3	Déblai mise en dépôt	m3	336 580,2	300	100 974 060
	Total (4) :				**132 622 180,00**
5	Chaussée				
5.1	Fourniture, Transport et Mise en Ouvre du (GNT 0.315) pour la couche de fondation	m3	49178.2	3 000	147 534 600
5.2	Fourniture, Transport et Mise en Ouvre du GB (2.2t/m3) pour la couche de base	T	29335.4	7 100	208 281 340
5.3	Fourniture, Transport et Mise en Ouvre pour la couche de roulement en BB (2.3t/m3)	T	10533.9	7 000	73 737 300
5.4	Fourniture, Transport et Mise en Ouvre du matériau pour les accotements en (TVC)	M3	47213.8	1 200	56 656 560
5.5	Fourniture, Transport et Mise en Ouvre des matériaux pour la couche de forme (tuf)	M3	105572.9	1500	15 836 850
	Total (5) :				**451 055 750,00**
6	Assainissement				
6.1	Fossés trapézoïdaux en béton	Ml	9000	7 000	63 000 000
	Buse Φ 1000 y compris Tête de buse	Ml	26.4	12 000	316 800
	Buse Φ 1200 y compris Tête de buse + mise en ouvre	Ml	43	18 000	774 000

6.2	Buse Φ 1500 y compris Tête de buse+ mise en ouvre	Ml	54.8	24 000	1 315 200
6.3	Dalots en béton armé+ mise en ouvre	M3	180.1	50 000	9 040 500
	Total (6) :				**11 509 500,00**
7	Ouvrage d'art				
7.1	pont	m2	1560	200 000	312 000 000
	Total				**312 000 000,00**
8	Equipement				
8.1	Séparation en béton double (DBA)	ML	15 000	6500	97 500 000
8.2	L'éclairage public	ML	7500	4200	31 500 000
	Totale(9)				**412 500 000,00**
		Total			**1 420 497 640**
		TVA (19%)			**269 894 551.6**
		Totale général (TTC)			**1 690 392 192,00**

Le montant de ce projet est de : un milliard six cent quatre-vingt-dix million trois cent quatre-vingt-douze mille cent quatre-vingt-douze de dinar.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le projet de dédoublement nous a permis de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine et d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet des travaux publics.

Dans notre projet de dédoublement de la RN5A, on a :

• Bien suivi le tracé de la route existante et récupéré la majorité de la chaussée (cette route présente de bonnes caractéristiques géométriques sauf dans quelques tançons).

• Bien respecté les normes imposées par le B40 pour assurer la sécurité et le confort de l'usager.

• Évité au maximum les contraintes existantes : les arbres, les constructions, les réseaux divers … tenant compte de l'aspect économique du projet.

Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour nous de bien maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels : AUTOCAD, COVADIS, AUTO-PISTE, ALIZE.

Références

- B40: Normes techniques d'aménagement des routes.1975.
- Manuel de projet de route de Mr GOUMETRE AHMED & Mme KALLI FATIMA.
- Catalogue Algérien de dimensionnement des chaussées neuves. Ministère des Travaux Publics /«CTTP». 2001.
- Guide des terrassements routiers GTR. SETRA – 1994.
- Cours Enstp 1ère et 2èmeannée de route de Mr KARA BENCHOHRA.
- Cours Enstp 2ème année de géotechnique routière Mm DERRICHE FATIMA ZOHRA.
- Cours Enstp 2ème année d'hydraulique de Mr RAHMANI.
- Aménagement des carrefours interurbains sur les routes principales – Carrefours plans, SETRA, décembre 1998.
- VSS Klothoidentafeln : Table de clothoïde Schweizerischer Vermand der Strassen- und Verkehrsfachleute association suisse des professionnels de la route et des transports.
- Étude d'impact sur l'environnement du projet de construction de l'autoroute Fès-Oujda Résumé non technique Novembre 2006.
- : Rapport géotechnique tiré par la SETS.
- Rapport hydraulique tiré par SETS.
- Site Web : ornikar.com/code/cours/signalisation.
- Site Web: genie-civil.blogspot.com
- Aménagement des Carrefour interurbains sur les routes principales, carrefours plans SETRA 1998.

Annexes

Axe En Plan

Nom du dessin RN5A.dwg
Nom de l'axe PFE - Axe RN5A
Table associée Aucune...
Date du listing 11/06/2023 à 10:24:53

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	218.74gr	21,788	6+000.000	255403,738	4021517,652
Clothoïde 1	Paramètre	158,114	150,000	6+021.788	255397,417	4021496,801
Arc 1	Rayon	500.000 m	57,611	6+071.788	255383,711	4021448,723
	Centre X	255868.855 m				
	Centre Y	4021327.747 m				
Clothoïde 2	Paramètre	-158,114	150,000	6+129.399	255373,019	4021392,144
Droite 2	Gisement	205.04gr	89,375	6+179.399	255368,236	4021342,379
Clothoïde 3	Paramètre	132,288	150,000	6+268.774	255361,169	4021253,284
Arc 2	Rayon	350.000 m	15,487	6+318.774	255358,404	4021203,372
	Centre X	255708.393 m				
	Centre Y	4021200.668 m				
Clothoïde 4	Paramètre	-132,288	150,000	6+334.261	255358,627	4021187,888
Droite 3	Gisement	193.13gr	801,338	6+384.261	255362,828	4021138,076
Clothoïde 5	Paramètre	-158,114	150,000	7+185.599	255449,165	4020341,403
Arc 3	Rayon	-500.000 m	147,087	7+235.599	255453,722	4020291,616
	Centre X	254954.562 m				
	Centre Y	4020262.657 m				
Clothoïde 6	Paramètre	158,114	150,000	7+382.686	255440,676	4020145,641
Droite 4	Gisement	218.22gr	415,760	7+432.686	255427,362	4020097,452
Clothoïde 7	Paramètre	165,831	50,000	7+848.446	255309,980	4019698,607
Arc 4	Rayon	550.000 m	142,366	7+898.446	255296,593	4019650,437
	Centre X	255830.729 m				
	Centre Y	4019519.290 m				
Clothoïde 8	Paramètre	-165,831	150,000	8+040.812	255280,819	4019509,347
Droite 5	Gisement	195.96gr	380,358	8+090.812	255283,236	4019459,410
Clothoïde 9	Paramètre	-150,000	150,000	8+471.170	255307,386	4019079,819
Arc 5	Rayon	-450.000 m	84,825	8+521.170	255309,635	4019029,877
	Centre X	254859.650 m				
	Centre Y	4019026.287 m				
Clothoïde 10	Paramètre	150,000	150,000	8+605.995	255302,337	4018945,493
Droite 6	Gisement	215.03gr	308,026	8+655.995	255291,546	4018896,678
Clothoïde 11	Paramètre	180,278	150,000	8+964.021	255219,502	4018597,195
Arc 6	Rayon	650.000 m	233,767	9+014.021	255208,432	4018548,439
	Centre X	255845.782 m				
	Centre Y	4018420.824 m				
Clothoïde 12	Paramètre	-180,278	150,000	9+247.788	255204,295	4018315,967
Droite 7	Gisement	187.24gr	221,075	9+297.788	255213,623	4018266,848
Clothoïde 13	Paramètre	134,164	150,000	9+518.864	255257,650	4018050,201
Arc 7	Rayon	360.000 m	104,973	9+568.864	255268,736	4018001,456
	Centre X	255615.700 m				
	Centre Y	4018097.456 m				
Clothoïde 14	Paramètre	-134,164	150,000	9+673.837	255310,980	4017905,765
Droite 8	Gisement	159.83gr	254,875	9+723.837	255339,528	4017864,729

Clothoïde 15	Paramètre	122,474	150,000	9+978.711	255489,886	4017658,929
Arc 8	Rayon	300.000 m	46,670	10+028.711	255520,482	4017619,403
	Centre X	255747.148 m				
	Centre Y	4017815.930 m				
Clothoïde 16	Paramètre	-122,474	150,000	10+075.381	255553,670	4017586,656
Droite 9	Gisement	139.32gr	82,112	10+125.381	255593,601	4017556,591
Clothoïde 17	Paramètre	-223,607	150,000	10+207.493	255660,545	4017509,042
Arc 9	Rayon	-1000.000 m	68,891	10+257.493	255701,065	4017479,750
	Centre X	255101.791 m				
	Centre Y	4016679.206 m				
Clothoïde 18	Paramètre	223,607	150,000	10+326.384	255754,750	4017436,600
Droite 10	Gisement	146.89gr	46,988	10+376.384	255792,069	4017403,326
Clothoïde 19	Paramètre	-141,421	150,000	10+423.372	255826,879	4017371,765
Arc 10	Rayon	-400.000 m	24,950	10+473.372	255863,207	4017337,422
	Centre X	255576.548 m				
	Centre Y	4017058.448 m				
Clothoïde 20	Paramètre	141,421	150,000	10+498.322	255880,039	4017319,011
Droite 11	Gisement	158.81gr	261,555	10+548.322	255910,996	4017279,757
Clothoïde 21	Paramètre	-111,803	150,000	10+809.877	256068,647	4017071,053
Arc 11	Rayon	-250.000 m	37,317	10+859.877	256097,425	4017030,193
	Centre X	255883.894 m				
	Centre Y	4016900.175 m				
Clothoïde 22	Paramètre	111,803	150,000	10+897.194	256114,386	4016996,992
Droite 12	Gisement	181.05gr	293,712	10+947.194	256130,628	4016949,727
Clothoïde 23	Paramètre	77,460	150,000	11+240.907	256216,771	4016668,931
Arc 12	Rayon	120.000 m	81,640	11+290.907	256234,681	4016622,352
	Centre X	256339.644 m				
	Centre Y	4016680.514 m				
Clothoïde 24	Paramètre	-77,460	150,000	11+372.547	256294,637	4016569,274
Droite 13	Gisement	111.21gr	402,360	11+422.547	256343,044	4016557,143
Clothoïde 25	Paramètre	-167,332	150,000	11+824.907	256739,180	4016486,643
Arc 13	Rayon	-560.000 m	48,064	11+874.907	256788,266	4016477,152
	Centre X	256665.638 m				
	Centre Y	4015930.743 m				
Clothoïde 26	Paramètre	167,332	137,000	11+922.971	256834,655	4016464,628
Droite 14	Gisement	122.36gr	87,861	11+972.971	256881,849	4016448,127
Clothoïde 27	Paramètre	-122,474	150,000	12+060.832	256964,346	4016417,898
Arc 14	Rayon	-300.000 m	29,509	12+110.832	257010,783	4016399,403
	Centre X	256884.476 m				
	Centre Y	4016127.288 m				
Clothoïde 28	Paramètre	122,474	130,000	12+140.342	257036,896	4016385,684
Droite 15	Gisement	139.23gr	83,407	12+190.342	257078,472	4016357,937
Clothoïde 29	Paramètre	-141,421	150,000	12+273.749	257146,535	4016309,728
Arc 15	Rayon	-400.000 m	48,508	12+323.749	257186,719	4016279,990
	Centre X	256935.584 m				
	Centre Y	4015968.651 m				
Clothoïde 30	Paramètre	141,421	160,000	12+372.257	257222,538	4016247,322
Droite 16	Gisement	154.91gr	43,608	12+422.257	257255,842	4016210,040
Clothoïde 31	Paramètre	-165,831	150,000	12+465.865	257284,210	4016176,920
Arc 16	Rayon	-550.000 m	43,997	12+515.865	257316,153	4016138,460
	Centre X	256882.604 m				
	Centre Y	4015800.030 m				
Clothoïde 32	Paramètre	165,831	163,000	12+559.862	257341,810	4016102,733

Droite 17	Gisement	165.79gr	3,914	12+609.862	257368,049	4016060,176
Clothoïde 33	Paramètre	-158,114	150,000	12+613.776	257370,052	4016056,813
Arc 17	Rayon	-500.000 m	4,023	12+663.776	257394,923	4016013,444
	Centre X	256953.135 m				
	Centre Y	4015779.301 m				
Clothoïde 34	Paramètre	158,114	150,000	12+667.799	257396,793	4016009,882
Droite 18	Gisement	172.67gr	66,363	12+717.799	257418,357	4015964,778
Clothoïde 35	Paramètre	223,607	140,000	12+784.162	257445,980	4015904,437
Arc 18	Rayon	1000.000 m	483,053	12+834.162	257467,170	4015859,150
	Centre X	258365.736 m				
	Centre Y	4016297.989 m				
Clothoïde 36	Paramètre	-223,607	130,000	13+317.215	257773,817	4015491,991
Droite 19	Gisement	138.73gr	352,741	13+367.215	257814,603	4015463,072
Clothoïde 37	Paramètre	158,114	150,000	13+719.956	258104,042	4015261,450
Arc 19	Rayon	500.000 m	287,041	13+769.956	258145,535	4015233,562
	Centre X	258410.466 m				
	Centre Y	4015657.604 m				
Clothoïde 38	Paramètre	-158,114	136,000	14+056.997	258418,288	4015157,665
Droite 20	Gisement	95.82gr	186,689	14+106.997	258468,222	4015160,113
Clothoïde 39	Paramètre	-141,421	150,000	14+293.686	258654,509	4015172,359
Arc 20	Rayon	-400.000 m	267,685	14+343.686	258704,450	4015174,598
	Centre X	258705.708 m				
	Centre Y	4014774.600 m				
Clothoïde 40	Paramètre	141,421	150,000	14+611.371	258952,868	4015089,103
Droite 21	Gisement	146.38gr	295,435	14+661.371	258990,853	4015056,603
				14+956.806	259211,285	4014859,902
Longueur totale de l'axe 8956.806 mètre(s)						

Profil En Long Projet

Nom du dessin	RN5A.dwg
Nom de l'axe	PFE - Axe RN5A
Table associée	Aucune...
Date du listing	11/06/2023 à 10:24:53

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	-1.16 %	8,387	6+000.000	806,859
Pente 2	Pente	-0.80 %	83,110	6+008.387	806,762
Parabole 1	Rayon	-6000.000 m	26,682	6+091.497	806,101
	Sommet Absc.	6+043.744 m			
	Sommet Alt.	806.291 m			
Pente 3	Pente	-1.24 %	91,824	6+118.179	805,829
Parabole 2	Rayon	3000.000 m	32,403	6+210.003	804,690
	Sommet Absc.	6+247.220 m			
	Sommet Alt.	804.459 m			
Pente 4	Pente	-0.56 %	86,473	6+242.406	804,463
Parabole 3	Rayon	-3200 m	0,310	6+328.879	804,324
	Sommet Absc.	6+328.828 m			
	Sommet Alt.	804.324 m			
Pente 5	Pente	-1.13 %	250,731	6+329.189	804,322
Parabole 4	Rayon	-8000.000 m	119,737	6+579.920	801,501
	Sommet Absc.	6+489.911 m			
	Sommet Alt.	802.008 m			
Pente 6	Pente	-2.62 %	83,445	6+699.657	799,258
Parabole 5	Rayon	3000.000 m	10,450	6+783.102	797,070
	Sommet Absc.	6+861.757 m			
	Sommet Alt.	796.039 m			
Pente 7	Pente	-2.27 %	37,052	6+793.552	796,814
Parabole 6	Rayon	6000.000 m	25,789	6+830.604	795,972
	Sommet Absc.	6+967.014 m			
	Sommet Alt.	794.421 m			
Pente 8	Pente	-1.84 %	82,363	6+856.393	795,441
Parabole 7	Rayon	38852.622 m	122,482	6+938.756	793,923
	Sommet Absc.	7+655.079 m			
	Sommet Alt.	787.319 m			
Pente 9	Pente	-1.53 %	289,128	7+061.237	791,857
Parabole 8	Rayon	-6000.000 m	23,937	7+350.365	787,438
	Sommet Absc.	7+258.658 m			
	Sommet Alt.	788.139 m			
Pente 10	Pente	-1.93 %	299,340	7+374.302	787,025
Parabole 9	Rayon	6025.787 m	42,916	7+673.642	781,255
	Sommet Absc.	7+789.783 m			
	Sommet Alt.	780.136 m			
Pente 11	Pente	-1.22 %	682,906	7+716.559	780,581
Parabole 10	Rayon	12000.000 m	51,197	8+399.465	772,282
	Sommet Absc.	8+545.288 m			
	Sommet Alt.	771.396 m			
Pente 12	Pente	-0.79 %	289,624	8+450.662	771,769
Parabole 11	Rayon	-6000.000 m	22,935	8+740.286	769,486
	Sommet Absc.	8+692.973 m			
	Sommet Alt.	769.672 m			

Pente 13	Pente	-1.17 %	40,510	8+763.221	769,261
Parabole 12	Rayon	1068.107 m	14,521	8+803.731	768,787
	Sommet Absc.	8+816.237 m			
	Sommet Alt.	768.713 m			
Pente 14	Pente	0.79 %	65,151	8+818.252	768,715
Parabole 13	Rayon	3000.000 m	69,722	8+883.403	768,838
	Sommet Absc.	8+877.743 m			
	Sommet Alt.	768.833 m			
Pente 15	Pente	2.51 %	54,241	8+953.125	769,780
Parabole 14	Rayon	-4000.000 m	90,556	9+007.366	771,143
	Sommet Absc.	9+107.876 m			
	Sommet Alt.	772.406 m			
Pente 16	Pente	0.85 %	208,786	9+097.922	772,393
Parabole 15	Rayon	3000.000 m	86,212	9+306.708	772,913
	Sommet Absc.	9+299.242 m			
	Sommet Alt.	772.904 m			
Pente 17	Pente	3.12 %	649,419	9+392.920	774,366
Parabole 16	Rayon	-6000.000 m	217,786	10+042.339	794,645
	Sommet Absc.	10+229.694 m			
	Sommet Alt.	797.570 m			
Pente 18	Pente	-0.51 %	86,477	10+260.125	797,493
Parabole 17	Rayon	3000.000 m	56,788	10+346.603	797,054
	Sommet Absc.	10+361.818 m			
	Sommet Alt.	797.016 m			
Pente 19	Pente	1.39 %	210,489	10+403.390	797,304
Parabole 18	Rayon	-1034.714 m	22,234	10+613.879	800,221
	Sommet Absc.	10+628.218 m			
	Sommet Alt.	800.320 m			
Pente 20	Pente	-0.76 %	426,305	10+636.114	800,290
Parabole 19	Rayon	-6000.000 m	125,156	11+062.418	797,037
	Sommet Absc.	11+016.634 m			
	Sommet Alt.	797.211 m			
Pente 21	Pente	-2.85 %	101,810	11+187.575	794,776
Parabole 20	Rayon	-6000.000 m	82,779	11+289.385	791,876
	Sommet Absc.	11+118.444 m			
	Sommet Alt.	794.311 m			
Pente 22	Pente	-4.23 %	63,622	11+372.164	788,946
Parabole 21	Rayon	-7000.000 m	178,421	11+435.786	786,256
	Sommet Absc.	11+139.779 m			
	Sommet Alt.	792.515 m			
Pente 23	Pente	5 %	290,428	11+614.207	776,437
Parabole 22	Rayon	3000.000 m	62,271	11+904.635	756,753
	Sommet Absc.	12+107.961 m			
	Sommet Alt.	749.863 m			
Pente 24	Pente	-4.70 %	208,607	11+966.906	753,179
Parabole 23	Rayon	4000.000 m	162,549	12+175.512	743,371
	Sommet Absc.	12+363.586 m			
	Sommet Alt.	738.949 m			
Pente 25	Pente	-0.64 %	468,396	12+338.061	739,031
Parabole 24	Rayon	100000.000 m	136,918	12+806.457	736,042
	Sommet Absc.	13+444.574 m			
	Sommet Alt.	734.006 m			
Pente 26	Pente	-0.50 %	174,926	12+943.375	735,262

Parabole 25	Rayon	-3000.000 m	2,378	13+118.300	734,385
	Sommet Absc.	13+103.264 m			
	Sommet Alt.	734.423 m			
Pente 27	Pente	-0.58 %	177,360	13+120.678	734,372
Parabole 26	Rayon	6000.000 m	3,916	13+298.038	733,343
	Sommet Absc.	13+332.866 m			
	Sommet Alt.	733.242 m			
Pente 28	Pente	-0.52 %	275,371	13+301.955	733,321
Parabole 27	Rayon	-3000.000 m	2,009	13+577.325	731,903
	Sommet Absc.	13+561.870 m			
	Sommet Alt.	731.943 m			
Pente 29	Pente	-0.58 %	134,550	13+579.335	731,892
Parabole 28	Rayon	3000.000 m	9,245	13+713.884	731,108
	Sommet Absc.	13+731.349 m			
	Sommet Alt.	731.058 m			
Pente 30	Pente	-0.57 %	81,910	13+723.130	731,069
Parabole 29	Rayon	7283.980 m	89,914	13+805.039	730,844
	Sommet Absc.	13+824.996 m			
	Sommet Alt.	730.817 m			
Pente 31	Pente	0.96 %	230,010	13+894.954	731,153
Parabole 30	Rayon	-6000.000 m	107,984	14+124.964	733,362
	Sommet Absc.	14+182.589 m			
	Sommet Alt.	733.639 m			
Pente 32	Pente	-0.84 %	185,588	14+232.948	733,428
Parabole 31	Rayon	27413.759 m	46,106	14+418.536	731,870
	Sommet Absc.	14+648.624 m			
	Sommet Alt.	730.904 m			
Pente 33	Pente	-0.67 %	73,530	14+464.643	731,522
Parabole 32	Rayon	6000.000 m	7,641	14+538.173	731,028
	Sommet Absc.	14+578.440 m			
	Sommet Alt.	730.893 m			
Pente 34	Pente	-0.54 %	146,563	14+545.814	730,982
Parabole 33	Rayon	-6000.000 m	22,673	14+692.377	730,185
	Sommet Absc.	14+659.751 m			
	Sommet Alt.	730.274 m			
Pente 35	Pente	-0.92 %	241,756	14+715.050	730,019
				14+956.806	727,791
Longueur totale de l'axe 8956.806 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 8959.111 mètre(s)					

Cubatures Déblai Remblai (Gulden)

Nom du dessin RN5A.dwg
Nom de l'axe PFE - Axe RN5A
Table associée Aucune...
Date du listing 11/06/2023 à 10:24:53

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P01	6+000.000	12,500	69,14	0,00	864,3	0,1	864,3	0,1
P02	6+025.000	25,000	62,36	0,00	1560,6	0,1	2424,9	0,2
P03	6+050.000	25,000	47,85	0,00	1200,5	0,1	3625,3	0,3
P04	6+075.000	25,000	39,53	0,00	990,3	0,1	4615,6	0,4
P05	6+100.000	25,000	34,55	0,00	863,3	0,1	5478,9	0,5
P06	6+125.000	25,000	32,95	0,00	823,6	0,1	6302,6	0,6
P07	6+150.000	25,000	38,50	0,00	964,1	0,1	7266,6	0,7
P08	6+175.000	25,000	43,59	0,00	1090,5	0,1	8357,1	0,8
P09	6+200.000	25,000	47,38	0,00	1184,5	0,1	9541,7	0,9
P10	6+225.000	25,000	47,93	0,00	1198,3	0,1	10739,9	1,0
P11	6+250.000	25,000	44,02	0,00	1100,4	0,1	11840,3	1,2
P12	6+275.000	25,000	40,27	0,00	1007,6	0,1	12848,0	1,3
P13	6+300.000	25,000	39,07	0,00	979,3	0,1	13827,3	1,4
P14	6+325.000	25,000	36,35	0,00	910,2	0,1	14737,5	1,5
P15	6+350.000	25,000	38,24	0,00	960,4	0,1	15697,9	1,6
P16	6+375.000	25,000	35,67	0,00	892,7	0,1	16590,6	1,7
P17	6+400.000	25,000	30,52	0,40	763,1	9,9	17353,6	11,6
P18	6+425.000	25,000	25,60	0,69	639,9	17,2	17993,6	28,8
P19	6+450.000	25,000	24,67	0,70	616,8	17,6	18610,4	46,4
P20	6+475.000	25,000	23,80	0,15	595,0	3,7	19205,4	50,1
P21	6+500.000	25,000	25,87	0,06	646,8	1,6	19852,2	51,7
P22	6+525.000	25,000	31,84	0,00	796,1	0,1	20648,3	51,8
P23	6+550.000	25,000	47,88	0,00	1197,1	0,1	21845,3	51,9
P24	6+575.000	25,000	49,88	0,00	1246,9	0,1	23092,3	52,0
P25	6+600.000	25,000	43,49	0,00	1087,3	0,1	24179,5	52,1
P26	6+625.000	25,000	54,00	0,00	1350,1	0,1	25529,6	52,2
P27	6+650.000	25,000	39,10	0,00	977,5	0,1	26507,0	52,3
P28	6+675.000	25,000	46,79	0,00	1169,7	0,1	27676,7	52,4
P29	6+700.000	25,000	40,65	0,00	1016,2	0,1	28692,9	52,5
P30	6+725.000	25,000	39,83	0,00	995,8	0,1	29688,6	52,6
P31	6+750.000	25,000	34,35	0,00	858,8	0,1	30547,4	52,7
P32	6+775.000	25,000	34,82	0,19	870,6	4,8	31418,0	57,5
P33	6+800.000	25,000	41,47	0,00	1036,7	0,1	32454,7	57,6
P34	6+825.000	25,000	39,87	0,00	996,6	0,1	33451,3	57,8
P35	6+850.000	25,000	38,39	0,00	959,7	0,1	34411,0	57,9
P36	6+875.000	25,000	42,53	0,00	1063,3	0,1	35474,3	58,0
P37	6+900.000	25,000	47,87	0,00	1196,7	0,1	36671,0	58,1
P38	6+925.000	25,000	47,79	0,00	1194,7	0,1	37865,6	58,2
P39	6+950.000	25,000	51,56	0,00	1289,0	0,1	39154,6	58,3
P40	6+975.000	25,000	47,66	0,00	1191,6	0,1	40346,1	58,4
P41	7+000.000	25,000	46,59	0,00	1164,7	0,1	41510,8	58,5
P42	7+025.000	25,000	45,37	0,00	1134,4	0,1	42645,2	58,6

P43	7+050.000	25,000	32,28	0,00	806,9	0,1	43452,0	58,7
P44	7+075.000	25,000	42,32	0,00	1058,0	0,1	44510,1	58,8
P45	7+100.000	25,000	41,89	0,00	1047,3	0,1	45557,4	58,9
P46	7+125.000	25,000	32,57	0,00	814,2	0,1	46371,6	59,1
P47	7+150.000	25,000	38,99	0,00	974,8	0,1	47346,4	59,2
P48	7+175.000	25,000	46,15	0,00	1153,8	0,1	48500,2	59,3
P49	7+200.000	25,000	47,33	0,00	1181,2	0,1	49681,4	59,4
P50	7+225.000	25,000	44,97	0,00	1118,0	0,1	50799,4	59,5
P51	7+250.000	25,000	47,57	0,00	1178,2	0,1	51977,6	59,6
P52	7+275.000	25,000	49,87	0,00	1234,3	0,1	53212,0	59,7
P53	7+300.000	25,000	42,86	0,00	1062,9	0,1	54274,9	59,8
P54	7+325.000	25,000	49,49	0,00	1224,8	0,1	55499,7	59,9
P55	7+350.000	25,000	52,39	0,01	1295,4	0,3	56795,1	60,2
P56	7+375.000	25,000	52,08	0,00	1288,7	0,1	58083,8	60,3
P57	7+400.000	25,000	52,30	0,00	1299,4	0,1	59383,1	60,4
P58	7+425.000	25,000	54,92	0,00	1371,0	0,1	60754,1	60,5
P59	7+450.000	25,000	55,45	0,00	1386,2	0,1	62140,4	60,6
P60	7+475.000	25,000	55,19	0,00	1379,8	0,1	63520,1	60,7
P61	7+499.000	25,000	51,52	0,00	1288,1	0,1	64808,2	60,8
P62	7+525.000	25,000	49,89	0,00	1247,4	0,1	66055,6	60,9
P63	7+550.000	25,000	47,84	0,00	1196,1	0,1	67251,7	61,0
P64	7+575.000	25,000	44,80	0,00	1120,1	0,1	68371,7	61,1
P65	7+600.000	25,000	47,91	0,00	1197,8	0,1	69569,5	61,2
P66	7+625.000	25,000	45,53	0,00	1138,2	0,1	70707,7	61,3
P67	7+650.000	25,000	42,34	0,00	1058,4	0,1	71766,1	61,5
P68	7+675.000	25,000	39,92	0,00	998,1	0,1	72764,2	61,6
P69	7+700.000	25,000	40,71	0,00	1017,7	0,1	73781,9	61,7
P70	7+725.000	25,000	34,70	0,00	867,6	0,1	74649,5	61,8
P71	7+750.000	25,000	28,61	0,00	715,2	0,1	75364,7	61,9
P72	7+775.000	25,000	33,92	0,00	848,1	0,1	76212,8	62,0
P73	7+800.000	25,000	28,30	0,00	707,6	0,1	76920,4	62,1
P74	7+825.000	25,000	29,21	0,00	730,2	0,1	77650,5	62,2
P75	7+850.000	25,000	27,20	0,02	679,9	0,5	78330,5	62,7
P76	7+875.000	25,000	22,91	0,02	570,4	0,5	78900,8	63,2
P77	7+900.000	25,000	21,61	0,66	534,6	17,0	79435,4	80,2
P78	7+925.000	25,000	19,23	1,09	476,1	27,9	79911,5	108,1
P79	7+950.000	25,000	19,83	0,66	490,9	16,8	80402,4	124,9
P80	7+975.000	25,000	21,76	0,02	540,1	0,5	80942,5	125,4
P81	8+000.000	25,000	25,37	0,02	630,7	0,5	81573,2	126,0
P82	8+025.000	25,000	27,60	0,02	686,9	0,5	82260,0	126,5
P83	8+050.000	25,000	30,20	0,02	754,0	0,5	83014,0	127,0
P84	8+075.000	25,000	29,17	0,00	728,6	0,1	83742,6	127,1
P85	8+100.000	25,000	31,99	0,00	799,8	0,1	84542,4	127,2
P86	8+125.000	25,000	33,66	0,00	841,5	0,1	85383,9	127,3
P87	8+150.000	25,000	33,33	0,00	833,3	0,1	86217,2	127,4
P88	8+175.000	25,000	33,29	0,00	832,1	0,1	87049,3	127,6
P89	8+200.000	25,000	33,84	0,00	846,1	0,1	87895,4	127,7
P90	8+225.000	25,000	37,70	0,00	942,5	0,1	88837,8	127,8
P91	8+250.000	25,000	37,43	0,00	935,8	0,1	89773,6	127,9
P92	8+275.000	25,000	35,26	0,00	881,5	0,1	90655,1	128,0
P93	8+300.000	25,000	35,61	0,00	890,3	0,1	91545,4	128,1
P94	8+325.000	25,000	37,55	0,00	938,7	0,1	92484,1	128,2

P95	8+350.000	25,000	39,68	0,00	992,1	0,1	93476,2	128,3
P96	8+375.000	25,000	42,12	0,00	1053,0	0,1	94529,3	128,4
P97	8+400.000	25,000	45,64	0,00	1140,9	0,1	95670,2	128,5
P98	8+425.000	25,000	46,10	0,00	1152,4	0,1	96822,6	128,6
P99	8+450.000	25,000	44,42	0,00	1110,6	0,1	97933,1	128,8
P100	8+475.000	25,000	41,75	0,00	1043,1	0,1	98976,2	128,9
P101	8+500.000	25,000	40,52	0,00	1008,2	0,1	99984,4	129,0
P102	8+525.000	25,000	42,33	0,00	1047,4	0,1	101031,8	129,1
P103	8+550.000	25,000	42,40	0,00	1050,0	0,1	102081,8	129,2
P104	8+575.000	25,000	41,02	0,00	1017,1	0,1	103098,9	129,3
P105	8+600.000	25,000	38,28	0,00	951,0	0,1	104049,8	129,4
P106	8+625.000	25,000	39,79	0,00	992,2	0,1	105042,1	129,5
P107	8+650.000	25,000	39,41	0,00	984,9	0,1	106027,0	129,6
P108	8+675.000	25,000	35,54	0,00	888,5	0,1	106915,5	129,7
P109	8+700.000	25,000	32,22	0,00	805,5	0,1	107721,0	129,8
P110	8+724.000	25,000	31,79	0,00	794,8	0,0	108515,8	129,8
P111	8+750.000	25,000	30,59	0,02	764,8	0,5	109280,6	130,3
P112	8+775.000	25,000	30,50	0,00	762,4	0,1	110043,0	130,4
P113	8+800.000	25,000	32,71	0,00	817,8	0,1	110860,8	130,5
P114	8+825.000	25,000	30,55	0,00	763,8	0,1	111624,6	130,7
P115	8+850.000	25,000	28,36	0,00	708,9	0,1	112333,5	130,8
P116	8+875.000	25,000	29,90	0,02	747,6	0,5	113081,1	131,3
P117	8+900.000	25,000	28,57	0,02	714,1	0,5	113795,2	131,8
P118	8+925.000	25,000	20,99	0,19	524,8	4,8	114320,0	136,6
P119	8+950.000	25,000	20,37	0,02	509,2	0,5	114829,2	137,0
P120	8+975.000	25,000	13,28	0,02	331,6	0,5	115160,8	137,5
P121	9+000.000	25,000	9,02	0,02	224,2	0,5	115385,0	138,0
P122	9+025.000	25,000	20,39	0,02	505,9	0,5	115890,9	138,5
P123	9+050.000	25,000	34,48	0,02	860,7	0,5	116751,7	139,1
P124	9+075.000	25,000	36,30	0,00	906,6	0,1	117658,2	139,2
P125	9+100.000	25,000	36,25	0,00	907,0	0,1	118565,2	139,3
P126	9+125.000	25,000	37,81	0,00	946,3	0,1	119511,5	139,4
P127	9+150.000	25,000	30,28	0,00	756,0	0,1	120267,5	139,5
P128	9+175.000	25,000	26,66	0,00	665,6	0,1	120933,1	139,6
P129	9+200.000	25,000	17,31	0,00	434,0	0,1	121367,0	139,7
P130	9+225.000	25,000	14,78	0,45	371,6	11,0	121738,6	150,7
P131	9+250.000	25,000	6,27	17,45	155,0	441,5	121893,6	592,2
P132	9+275.000	25,000	8,51	5,50	211,7	138,5	122105,3	730,7
P133	9+300.000	25,000	19,51	1,95	487,5	48,7	122592,9	779,4
P134	9+325.000	25,000	26,36	1,09	659,1	27,3	123252,0	806,7
P135	9+350.000	25,000	34,37	0,74	859,4	18,4	124111,4	825,1
P136	9+375.000	25,000	36,07	1,85	901,9	46,4	125013,2	871,4
P137	9+400.000	25,000	33,35	3,81	833,8	95,2	125847,0	966,7
P138	9+425.000	25,000	33,92	5,86	847,9	146,5	126694,9	1113,1
P139	9+450.000	25,000	35,39	6,78	884,7	169,4	127579,6	1282,6
P140	9+475.000	25,000	32,02	6,77	800,4	169,2	128380,0	1451,8
P141	9+500.000	25,000	19,09	6,60	477,2	164,9	128857,1	1616,8
P142	9+525.000	25,000	26,61	8,65	663,4	217,1	129520,5	1833,9
P143	9+550.000	25,000	35,52	10,46	874,7	266,6	130395,2	2100,5
P144	9+575.000	25,000	42,61	11,16	1038,2	287,5	131433,5	2387,9
P145	9+600.000	25,000	52,94	7,49	1288,7	193,3	132722,1	2581,2
P146	9+625.000	25,000	53,80	6,81	1311,7	175,8	134033,8	2757,0

P147	9+650.000	25,000	53,52	7,98	1307,8	206,1	135341,6	2963,1
P148	9+675.000	25,000	56,04	7,79	1371,3	200,6	136712,9	3163,7
P149	9+700.000	25,000	78,99	4,14	1946,2	105,2	138659,1	3268,9
P150	9+725.000	25,000	70,91	1,44	1770,1	36,1	140429,2	3305,0
P151	9+750.000	25,000	42,44	2,75	1061,1	68,7	141490,3	3373,6
P152	9+775.000	25,000	30,61	5,41	765,1	135,2	142255,4	3508,9
P153	9+800.000	25,000	22,43	6,78	560,7	169,4	142816,1	3678,3
P154	9+825.000	25,000	19,83	7,57	495,8	189,3	143311,8	3867,6
P155	9+850.000	25,000	15,56	7,76	388,9	194,1	143700,8	4061,7
P156	9+875.000	25,000	18,42	6,02	460,5	150,6	144161,3	4212,3
P157	9+900.000	25,000	23,12	3,40	578,0	85,0	144739,3	4297,3
P158	9+925.000	25,000	30,91	0,02	772,7	0,5	145512,1	4297,8
P159	9+950.000	25,000	57,95	0,02	1448,7	0,5	146960,8	4298,2
P160	9+975.000	25,000	92,29	0,00	2305,9	0,1	149266,7	4298,3
P161	10+000.000	25,000	173,90	0,00	4299,4	0,1	153566,1	4298,4
P162	10+025.000	25,000	196,94	0,00	4767,5	0,1	158333,6	4298,5
P163	10+050.000	25,000	226,74	0,00	5509,4	0,1	163843,0	4298,7
P164	10+075.000	25,000	220,34	0,34	5386,9	7,4	169229,9	4306,1
P165	10+100.000	25,000	235,45	0,04	5844,4	1,1	175074,3	4307,2
P166	10+125.000	25,000	169,67	0,00	4240,9	0,0	179315,2	4307,3
P167	10+150.000	25,000	109,17	0,05	2729,2	1,2	182044,4	4308,4
P168	10+175.000	25,000	76,04	0,00	1901,1	0,1	183945,4	4308,5
P169	10+200.000	25,000	53,99	0,00	1349,8	0,1	185295,3	4308,7
P170	10+225.000	25,000	36,98	0,00	922,9	0,1	186218,2	4308,8
P171	10+250.000	25,000	36,86	0,00	916,5	0,1	187134,6	4308,9
P172	10+275.000	25,000	44,33	0,70	1099,5	17,7	188234,1	4326,6
P173	10+300.000	25,000	55,68	0,00	1381,4	0,1	189615,5	4326,7
P174	10+325.000	25,000	61,00	0,06	1511,2	1,5	191126,7	4328,2
P175	10+350.000	25,000	55,22	0,01	1376,4	0,1	192503,1	4328,3
P176	10+375.000	25,000	56,28	0,00	1406,5	0,1	193909,6	4328,5
P177	10+400.000	25,000	62,02	0,07	1550,4	1,8	195460,0	4330,3
P178	10+425.000	25,000	63,55	2,41	1585,4	60,3	197045,5	4390,5
P179	10+450.000	25,000	48,45	2,13	1196,6	54,3	198242,0	4444,8
P180	10+475.000	25,000	55,74	2,28	1363,1	58,8	199605,1	4503,6
P181	10+500.000	25,000	59,28	0,30	1455,7	7,8	201060,8	4511,5
P182	10+525.000	25,000	41,41	0,00	1028,7	0,1	202089,5	4511,6

P183	10+550.000	25,000	54,15	0,00	1353,3	0,1	203442,8	4511,7
P184	10+575.000	25,000	55,92	0,00	1398,0	0,1	204840,8	4511,8
P185	10+600.000	25,000	44,71	0,00	1117,7	0,1	205958,6	4511,9
P186	10+625.000	25,000	41,71	0,00	1042,8	0,1	207001,3	4512,0
P187	10+650.000	25,000	44,86	0,00	1121,6	0,1	208122,9	4512,1
P188	10+675.000	25,000	49,00	0,00	1224,9	0,1	209347,9	4512,2
P189	10+700.000	25,000	42,93	0,00	1073,3	0,1	210421,2	4512,3
P190	10+725.000	25,000	41,15	0,00	1028,8	0,1	211450,0	4512,4
P191	10+750.000	25,000	23,75	0,00	593,9	0,1	212043,8	4512,5
P192	10+775.000	25,000	50,58	0,00	1264,5	0,1	213308,4	4512,7
P193	10+800.000	25,000	124,09	0,06	3101,9	1,5	216410,3	4514,1
P194	10+825.000	25,000	151,00	0,03	3709,5	0,7	220119,7	4514,8
P195	10+850.000	25,000	110,87	0,05	2680,7	1,2	222800,4	4516,0
P196	10+875.000	25,000	99,57	0,05	2380,1	1,1	225180,5	4517,2
P197	10+899.000	25,000	93,03	0,33	2230,2	8,4	227410,7	4525,6
P198	10+925.000	25,000	89,11	0,74	2180,2	18,7	229590,9	4544,3
P199	10+950.000	25,000	82,58	1,13	2061,5	28,3	231652,4	4572,6
P200	10+975.000	25,000	61,28	3,10	1531,9	77,5	233184,2	4650,1
P201	11+000.000	25,000	39,92	1,92	998,1	47,9	234182,4	4698,1
P202	11+025.000	25,000	49,04	0,99	1225,9	24,8	235408,3	4722,8
P203	11+050.000	25,000	68,94	0,00	1723,4	0,1	237131,7	4723,0
P204	11+075.000	25,000	88,14	0,00	2203,4	0,1	239335,1	4723,1
P205	11+100.000	25,000	89,66	0,00	2241,6	0,1	241576,6	4723,2
P206	11+125.000	25,000	71,57	0,00	1789,2	0,1	243365,9	4723,3
P207	11+150.000	25,000	51,47	0,00	1286,7	0,1	244652,5	4723,4
P208	11+175.000	25,000	26,52	0,30	663,1	7,5	245315,6	4730,9
P209	11+200.000	25,000	19,67	0,71	491,7	17,7	245807,3	4748,6
P210	11+225.000	25,000	18,42	2,03	460,4	50,8	246267,7	4799,5
P211	11+250.000	25,000	18,52	0,10	465,6	2,3	246733,3	4801,8
P212	11+275.000	25,000	19,74	0,05	499,5	1,5	247232,8	4803,3

P213	11+300.000	25,000	17,64	0,02	430,8	0,6	247663,7	4803,9
P214	11+325.000	25,000	26,26	2,16	668,4	48,5	248332,1	4852,3
P215	11+350.000	25,000	34,17	0,00	851,4	0,0	249183,5	4852,3
P216	11+375.000	25,000	25,19	0,14	643,7	3,1	249827,2	4855,5
P217	11+400.000	25,000	29,76	8,18	750,9	194,4	250578,1	5049,9
P218	11+425.000	25,000	32,62	3,65	815,7	90,9	251393,8	5140,7
P219	11+450.000	25,000	35,11	0,89	877,7	22,3	252271,5	5163,0
P220	11+475.000	25,000	43,57	0,00	1089,2	0,1	253360,7	5163,1
P221	11+500.000	25,000	48,80	0,06	1220,0	1,4	254580,7	5164,5
P222	11+525.000	25,000	41,82	0,02	1045,6	0,6	255626,3	5165,1
P223	11+550.000	25,000	53,94	0,12	1348,5	3,0	256974,8	5168,2
P224	11+575.000	25,000	30,34	5,10	758,6	127,5	257733,3	5295,7
P225	11+600.000	25,000	27,97	2,66	699,3	66,6	258432,7	5362,3
P226	11+625.000	25,000	37,70	0,00	942,5	0,1	259375,2	5362,4
P227	11+650.000	25,000	26,31	10,92	657,8	272,9	260032,9	5635,3
P228	11+675.000	25,000	29,83	1,13	745,7	28,4	260778,7	5663,7
P229	11+700.000	25,000	51,57	0,00	1289,3	0,1	262068,0	5663,8
P230	11+725.000	25,000	54,96	0,00	1374,0	0,1	263441,9	5663,9
P231	11+750.000	25,000	47,86	0,00	1196,6	0,1	264638,5	5664,0
P232	11+775.000	25,000	36,33	0,00	908,3	0,1	265546,8	5664,1
P233	11+800.000	25,000	17,18	0,10	429,6	2,4	265976,5	5666,5
P234	11+825.000	25,000	30,88	0,00	771,9	0,1	266748,3	5666,6
P235	11+850.000	25,000	18,67	0,02	467,7	0,5	267216,1	5667,1
P236	11+875.000	25,000	14,68	4,59	369,0	112,4	267585,1	5779,5
P237	11+900.000	25,000	1,22	33,19	30,8	823,8	267615,8	6603,3
P238	11+925.000	25,000	20,41	25,58	513,8	627,4	268129,6	7230,8
P239	11+950.000	25,000	0,87	77,38	21,7	1911,6	268151,4	9142,4
P240	11+975.000	25,000	0,82	17,51	20,5	437,6	268171,8	9580,0
P241	12+000.000	25,000	0,00	26,77	0,0	669,2	268171,8	10249,2
P242	12+025.000	25,000	0,00	55,78	0,0	1394,5	268171,8	11643,7

P243	12+050.000	25,000	0,00	24,99	0,0	624,7	268171,8	12268,4
P244	12+075.000	25,000	0,00	23,72	0,0	591,4	268171,8	12859,8
P245	12+100.000	25,000	4,62	41,90	119,9	1031,0	268291,7	13890,8
P246	12+125.000	25,000	3,32	31,53	82,9	789,1	268374,6	14679,9
P247	12+150.000	25,000	5,42	23,86	135,4	591,9	268510,1	15271,8
P248	12+175.000	25,000	9,19	22,53	230,8	556,1	268740,8	15827,9
P249	12+200.000	25,000	23,16	25,17	579,1	629,2	269320,0	16457,1
P250	12+225.000	25,000	23,95	21,55	598,8	538,8	269918,7	16995,9
P251	12+250.000	25,000	27,74	14,74	693,4	368,5	270612,1	17364,4
P252	12+275.000	25,000	28,10	8,91	703,2	222,2	271315,3	17586,6
P253	12+300.000	25,000	28,92	3,01	726,0	74,0	272041,2	17660,6
P254	12+325.000	25,000	32,03	0,02	800,0	0,5	272841,2	17661,1
P255	12+350.000	25,000	22,43	0,14	561,5	3,5	273402,7	17664,5
P256	12+375.000	25,000	13,89	5,16	347,4	128,8	273750,1	17793,3
P257	12+400.000	25,000	10,80	7,24	271,4	178,7	274021,4	17971,9
P258	12+425.000	25,000	16,42	5,49	410,7	137,1	274432,2	18109,1
P259	12+450.000	25,000	15,70	2,10	392,4	52,5	274824,6	18161,6
P260	12+475.000	25,000	10,26	0,02	257,0	0,5	275081,6	18162,0
P261	12+500.000	25,000	14,47	0,02	361,6	0,5	275443,2	18162,5
P262	12+525.000	25,000	16,41	0,00	408,0	0,1	275851,2	18162,6
P263	12+550.000	25,000	17,04	0,02	424,0	0,4	276275,2	18163,1
P264	12+575.000	25,000	14,31	0,02	358,4	0,5	276633,6	18163,5
P265	12+600.000	25,000	13,33	1,58	333,7	39,3	276967,3	18202,9
P266	12+625.000	25,000	18,70	1,96	468,4	48,7	277435,7	18251,6
P267	12+650.000	25,000	20,88	2,35	525,7	57,9	277961,4	18309,5
P268	12+675.000	25,000	20,84	2,36	525,0	58,0	278486,4	18367,5
P269	12+699.000	25,000	20,30	2,75	509,2	68,4	278995,5	18435,9
P270	12+725.000	25,000	22,39	3,25	559,7	81,1	279555,2	18517,0
P271	12+750.000	25,000	23,36	1,98	584,0	49,6	280139,2	18566,6
P272	12+775.000	25,000	23,68	2,79	592,0	69,7	280731,2	18636,3

P273	12+800.000	25,000	21,45	3,03	535,7	75,9	281266,9	18712,2
P274	12+825.000	25,000	21,58	1,74	537,7	43,9	281804,6	18756,1
P275	12+850.000	25,000	16,04	2,30	400,0	57,5	282204,6	18813,7
P276	12+875.000	25,000	18,71	2,85	466,6	71,4	282671,2	18885,1
P277	12+900.000	25,000	19,54	2,92	487,0	73,1	283158,2	18958,1
P278	12+925.000	25,000	15,86	2,71	395,3	68,0	283553,5	19026,2
P279	12+950.000	25,000	15,33	2,81	382,2	70,6	283935,7	19096,8
P280	12+975.000	25,000	14,63	3,26	364,9	81,9	284300,6	19178,6
P281	13+000.000	25,000	14,76	3,53	367,6	89,1	284668,1	19267,8
P282	13+025.000	25,000	14,46	0,60	360,7	14,8	285028,8	19282,6
P283	13+050.000	25,000	13,92	3,53	347,0	89,0	285375,9	19371,6
P284	13+075.000	25,000	13,48	3,37	335,7	84,9	285711,5	19456,5
P285	13+100.000	25,000	12,84	4,16	319,8	104,8	286031,3	19561,2
P286	13+125.000	25,000	10,30	4,83	256,9	121,5	286288,2	19682,7
P287	13+150.000	25,000	12,09	3,68	301,1	92,9	286589,2	19775,7
P288	13+175.000	25,000	11,66	3,74	290,1	94,3	286879,3	19870,0
P289	13+200.000	25,000	11,10	4,33	276,5	109,0	287155,8	19979,0
P290	13+225.000	25,000	12,87	4,01	320,3	101,2	287476,1	20080,2
P291	13+250.000	25,000	10,76	3,55	268,4	89,4	287744,5	20169,6
P292	13+275.000	25,000	10,87	4,00	270,4	100,9	288014,9	20270,4
P293	13+300.000	25,000	11,21	4,21	279,2	106,0	288294,1	20376,4
P294	13+325.000	25,000	14,23	3,34	354,6	84,1	288648,7	20460,5
P295	13+350.000	25,000	19,84	2,87	495,1	72,1	289143,9	20532,6
P296	13+375.000	25,000	23,69	4,75	592,3	118,6	289736,2	20651,3
P297	13+400.000	25,000	24,64	0,44	616,1	11,0	290352,3	20662,3
P298	13+425.000	25,000	22,48	3,19	562,1	79,8	290914,4	20742,1
P299	13+450.000	25,000	22,47	2,62	561,8	65,5	291476,2	20807,6
P300	13+475.000	25,000	26,95	0,02	673,7	0,5	292149,9	20808,1
P301	13+500.000	25,000	22,35	2,03	558,7	50,8	292708,6	20858,9
P302	13+525.000	25,000	22,08	1,89	552,1	47,3	293260,7	20906,2

P303	13+550.000	25,000	21,61	1,39	540,3	34,8	293801,0	20941,0
P304	13+575.000	25,000	20,90	1,95	522,6	48,7	294323,6	20989,7
P305	13+600.000	25,000	21,51	1,83	537,8	45,8	294861,3	21035,6
P306	13+625.000	25,000	22,20	0,62	554,9	15,4	295416,3	21051,0
P307	13+650.000	25,000	22,08	0,07	552,0	1,8	295968,2	21052,7
P308	13+675.000	25,000	23,75	0,02	593,7	0,5	296561,9	21053,2
P309	13+700.000	25,000	27,64	0,02	691,1	0,5	297253,0	21053,7
P310	13+725.000	25,000	23,69	0,02	591,6	0,5	297844,6	21054,2
P311	13+750.000	25,000	21,65	1,93	537,8	48,9	298382,4	21103,1
P312	13+775.000	25,000	19,51	4,50	482,7	114,7	298865,1	21217,9
P313	13+800.000	25,000	19,96	4,33	493,9	110,6	299359,0	21328,4
P314	13+825.000	25,000	20,26	4,49	501,5	114,7	299860,5	21443,1
P315	13+850.000	25,000	19,87	5,54	491,8	141,3	300352,2	21584,4
P316	13+875.000	25,000	19,04	7,44	471,3	189,7	300823,5	21774,0
P317	13+900.000	25,000	17,32	12,53	428,6	319,3	301252,1	22093,3
P318	13+925.000	25,000	13,71	14,44	339,2	368,4	301591,3	22461,7
P319	13+950.000	25,000	17,30	15,10	428,3	385,2	302019,6	22846,9
P320	13+975.000	25,000	18,50	17,30	457,6	441,4	302477,2	23288,3
P321	14+000.000	25,000	19,43	16,43	480,8	419,5	302958,0	23707,8
P322	14+025.000	25,000	21,40	11,91	529,5	303,9	303487,5	24011,7
P323	14+050.000	25,000	21,55	4,78	533,5	122,2	304021,0	24134,0
P324	14+075.000	25,000	30,31	1,43	751,0	36,3	304772,0	24170,2
P325	14+100.000	25,000	38,67	0,02	964,8	0,6	305736,8	24170,8
P326	14+125.000	25,000	42,98	0,02	1074,5	0,5	306811,4	24171,3
P327	14+150.000	25,000	38,84	0,02	971,0	0,5	307782,4	24171,8
P328	14+174.000	25,000	32,36	0,02	809,0	0,5	308591,3	24172,3
P329	14+200.000	25,000	28,55	0,02	713,7	0,4	309305,0	24172,7
P330	14+225.000	25,000	24,04	0,42	601,1	10,6	309906,1	24183,2
P331	14+250.000	25,000	23,67	1,17	591,9	29,3	310498,0	24212,5
P332	14+275.000	25,000	23,00	4,15	575,1	103,7	311073,1	24316,2

P333	14+300.000	25,000	21,65	16,87	542,4	420,1	311615,5	24736,3
P334	14+325.000	25,000	23,90	27,87	603,4	685,2	312218,8	25421,5
P335	14+350.000	25,000	23,90	27,38	606,7	666,7	312825,5	26088,2
P336	14+375.000	25,000	23,37	13,13	593,6	318,4	313419,1	26406,6
P337	14+400.000	25,000	24,83	22,49	630,4	547,3	314049,5	26953,9
P338	14+425.000	25,000	25,64	23,16	651,4	563,9	314700,9	27517,8
P339	14+450.000	25,000	28,24	22,85	717,8	556,4	315418,8	28074,2
P340	14+475.000	25,000	27,85	21,69	708,0	528,2	316126,8	28602,4
P341	14+500.000	25,000	27,32	19,64	694,9	478,6	316821,7	29081,0
P342	14+525.000	25,000	27,56	16,50	700,8	402,2	317522,5	29483,2
P343	14+550.000	25,000	26,42	16,96	672,6	413,6	318195,1	29896,8
P344	14+575.000	25,000	26,16	17,18	665,2	419,2	318860,3	30316,0
P345	14+600.000	25,000	24,21	22,55	615,4	549,8	319475,6	30865,7
P346	14+625.000	25,000	23,34	23,60	590,6	579,5	320066,2	31445,2
P347	14+650.000	25,000	20,94	9,51	525,5	236,3	320591,8	31681,5
P348	14+675.000	25,000	19,04	14,77	476,0	369,3	321067,7	32050,8
P349	14+700.000	25,000	20,25	5,98	506,1	149,5	321573,9	32200,3
P350	14+725.000	25,000	30,30	0,02	757,5	0,5	322331,4	32200,7
P351	14+750.000	25,000	35,60	0,00	890,1	0,0	323221,5	32200,8
P352	14+775.000	25,000	51,71	0,00	1292,8	0,1	324514,4	32200,9
P353	14+800.000	25,000	76,58	0,00	1914,5	0,1	326428,8	32201,0
P354	14+825.000	25,000	72,51	0,00	1812,7	0,1	328241,6	32201,1
P355	14+850.000	25,000	59,70	0,00	1492,5	0,1	329734,1	32201,2
P356	14+875.000	25,000	116,26	0,00	2906,6	0,1	332640,7	32201,3
P357	14+900.000	25,000	88,04	0,00	2201,0	0,1	334841,6	32201,4
P358	14+925.000	25,000	42,79	0,00	1069,8	0,1	335911,4	32201,5
P359	14+950.000	15,903	34,77	0,00	552,9	0,1	336464,3	32201,6
P360	14+956.806	3,403	34,05	0,00	115,9	0,0	336580,2	32201,6

Détail des dalots

Dimensions du dalot	Surface (m2)	Longueur (m)	Volume (m3)
4.5 x 2.3	2.13	13.5	28.76
2.3 x 2.3	1.47	17.5	25.27
2 x 2	1.29	29.5	38.00
3 x 3	1 .89	29.5	55.77
4.5 x 2.3	2.13	15.5	33.025