

République Algérienne Démocratique et Populaire  
*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*  
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou  
Faculté du Génie de la Construction  
Département des Travaux Publics



# Memoire de Fin d'études

En vue de l'Obtention du Diplôme de Master en Travaux publics  
Option : Voies et Ouvrages d'Arts(V.O.A) -

**Thème** : Etude du lot N°01 allant du PK00+000 au PK 02+260 du projet de dédoublement du chemin de wilaya (CW) N°133, sur un linéaire de 6.50 km, section située entre le CW N°142 et CW N°233



**Présenté par**

- Slamani Nadia
- Mesli Smail

**Encadreur**

Mme KHAL Nassima

**Promotion :2023/2024**



## Remerciements

*Nous tenons à remercier ALLAH le tout puissant qui nous a donné la bonne santé, le courage, la volonté et la patience pour mener à bien et accomplir ce modeste travail.*

*Nous remercions nos parents, pour leur amour et soutien moral et matériel durant notre cursus d'études.*

*Nous profitons à saisir cette occasion et adresser nos remerciements et reconnaissances à Mme KHAL, pour son encadrement de qualité, ses conseils et critiques constructives, ses corrections, ainsi pour le temps qu'elle a consacré pour réussir notre travail. Nous avons eu l'honneur et la chance de bénéficier de ses connaissances et compétences.*

*Nos remerciements vont également à Mr SAAD Achène de la DTP d'Alger, pour nous avoir fourni les données nécessaires pour l'élaboration de notre projet ainsi que, pour ses conseils et orientations.*

*Nous tenons aussi à remercier aussi, les membres du jury, pour l'intérêt qu'elles ont porté à notre manuscrit et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Enfin, sans oublier nos chers frères et sœurs camarades, pour leurs aides et motivations, leur patience et soutien pour mener à terme notre travail.*



### Dédicaces

*J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail aux :  
Les deux personnes les plus chères au monde, mon père, ma mère  
qui*

*m'ont soutenu et aidé pour arriver là où je suis aujourd'hui.*

*A mes très chères sœurs : Yasmine et Samia*

*A mes chers amis et cousins Lotfi, Habibou, adel, Oualid et Karim  
Abdeslam*

*A tous mes camarades de ma promotion des travaux publics.*

*Mesli smail*





### Dédicaces

*J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail aux :*

*Les deux personnes les plus chères au monde, mon père, ma mère  
qui*

*m'ont soutenu et aidé pour arriver là où je suis aujourd'hui.*

*A mes très chères sœurs : Radia et Kahina et mon frère Lyes.*

*A mes chères amies*

*A tous mes camarades de ma promotion de travaux publics.*

*Slamani Nadia*



## **Résumé**

Le présent mémoire de master porte sur l'étude du lot N°01 allant du point kilométrique PK00+000 au PK02+260 du projet de dédoublement de chemin de wilaya (CW) N°133, sur un linéaire de 6.50 km, section située entre le CW N°142 et CW N° 233, qui démarre à partir d'Ouled Fayet vers Souidania. L'objectif visé par ce projet de dédoublement, étant de fluidifier le trafic sur cet axe, en le débarrassant de toutes les entraves et lui offrir une liaison rapide vers les chemins communaux.

On a commencé ce projet par sa présentation du projet, puis, l'étude du trafic a été élaborée. Par la suite, l'étude géotechnique a été abordée, afin de connaître toutes les caractéristiques nécessaires du sol support, servant dans le dimensionnement du corps de la chaussée de la route projetée. Après, l'étude géométrique a été faite, qui a abouti à la détermination du tracé en plan, profil en long, ainsi que le profil en travers. Enfin, les parties portant sur le calcul des cubatures, l'étude de l'assainissement, les équipements de la route et l'impact sur l'environnement, ont été étudiées. La présente étude a été faite en respectant les différents règlements et normes à savoir la B40, et en utilisant aussi des logiciels tels que Piste 5, Alizé, AutoCad...etc

**Mots clés :** CW N°133, trafic, autoroute, dimensionnement, géométrie, Piste 5.

## **Abstract**

This master's thesis concerns the study of lot No. 01 going from kilometer point PK00+000 to PK02+260 of the wilaya road doubling project (WR) No. 133, over a length of 6.50 km, section located between WR N°142 and WR N° 233, which starts from Ouled Fayet towards Souidania. The objective of this duplication project is to streamline traffic on this axis, by removing all obstacles and providing it with a quick connection to municipal roads.

We started this project with his presentation of the project, and then the traffic study was developed. Subsequently, the geotechnical study was undertaken, in order to know all the necessary characteristics of the supporting soil, used in the dimensioning of the pavement body of the planned road. Afterwards, the geometric study was carried out, which resulted in the determination of the layout in plan, longitudinal profile, as well as the cross section. Finally, the parts relating to the calculation of cubature's, the sanitation study, road equipment and the impact on the environment were studied. This study was carried out in compliance with the various regulations and standards, and using the software Piste 5, Alizé, AutoCad, etc.

**Keywords:** WR No. 133, traffic, highway, dimensioning, geometry, Piste 5.

# Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Listes des figures

Liste des tableaux

**Introduction générale** ..... 22

## **Chapitre I : Présentation du projet**

I.1. Introduction ..... 25

I.2. Situation de la wilaya d'Alger ..... 25

I.2.1. Relief ..... 26

I.2.2. Climat ..... 26

I.2.3. Hydrographie ..... 26

I.3. Présentation du projet ..... 26

I.3.1 Localisation ..... 26

I.3.2 Aperçu géographique ..... 27

I.4. Objectif de l'étude ..... 28

I.5. Conclusion ..... 28

## **Chapitre II : Etude du trafic**

II.1. Introduction ..... 30

II.2. Analyse du trafic ..... 30

II.3. Différents types de trafic ..... 31

II.4. Modèles de présentation du trafic ..... 31

II.4.1. Prolongement de l'évolution passée ..... 31

II.4.2. Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques ..... 31

II.4.3. Modèle gravitaire ..... 32

II.4.4. Modèle des facteurs de croissance ..... 32

II.5. Calcul de la capacité ..... 32

II.5.1. Définition de la capacité ..... 32

II.5.1.1Projection future du trafic.....	32
II.6. Calcul du trafic effectif .....	33
II.6.1. Environnement de route.....	33
II.6.2. Débit de pointe horaire normale .....	34
II.6.2.1 Débit horaire admissible.....	34
II.6.3. Nombre de voies du profil en travers.....	36
II.7. Application au projet .....	36
II.7.1. Données du projet .....	36
II.7.2. Projection future du projet .....	37
II.7.3Calcul du trafic effectif.....	37
II.7.4. Débit de pointe horaire normale.....	37
II.7.5. Débit horaire admissible.....	38
II.7.6. Résultats de calculs .....	38
II.8. Conclusion.....	39

### **Chapitre III : Etude géotechnique**

III.1. Introduction.....	41
III.2. Objectifs de l'étude géotechnique.....	41
III.3. Réglementation algérienne en géotechnique.....	41
III.4. Moyens de la reconnaissance.....	41
III.5. Différents essais au laboratoire.....	42
III.5.1. Essais d'identification.....	42
III.5.1.1 paramètres d'état.....	42
III.5.1.2 Analyse granulométrique par tamisage.....	43
III.5.1.3 Limites d'Atterberg.....	45
III. 5.2 Essais mécaniques.....	46
III.5.2.1Essai PROCTOR : (norme NF P 94-093).....	46
III.5.2.2 Essai CBR : (norme NF P 94-078) .....	47
III.5.2.3 Essai pressiométriqueMénard.....	48
III.6 Condition d'utilisation des sols en remblais.....	48
III.7 Application au projet.....	48

III.7.1 Essais in situ.....	49
III.7.2 Essais au laboratoire.....	51
III.7.2.1 Essais d'édification.....	51
III.7.2.2 Essais mécaniques.....	52
III.8 Conclusion.....	53

## **Chapitre IV : Dimensionnement du corps de chaussée**

IV.1. Introduction.....	55
IV.2. Facteurs considérés dans le dimensionnement.....	55
IV.2.1. Trafic.....	55
IV.2.2. Environnement de la route.....	56
IV.2.3 Sol support.....	56
IV.2.4. Les matériaux.....	56
IV.3. La chaussée.....	56
IV.3.1. Définition.....	56
IV.3.2. Les différents types de chaussées.....	57
IV.3.2.1. Chaussées souples.....	57
IV.3.2.2. Chaussées semi-rigides.....	59
IV.3.2.3. Chaussées rigides.....	59
IV.4. Méthodes de dimensionnement des chaussées.....	59
IV.4.1. Méthode C.B.R (Californian – Bearing – Ratio).....	60
IV.4.2 Méthode des catalogues des structures.....	61
IV.4.3 Détermination de la classe de trafic.....	62
IV.4.4 Type de réseaux routiers.....	62
IV.4.5. Les classe du trafic TPLi.....	63
IV.4.6 Calcul du trafic cumulé de PL (TCi).....	64
IV.4.7 Calcul du trafic cumulé équivalent TCEi.....	64
IV.4.8 Classes de sols supports par niveau de réseau principal (RPi).....	65
IV.4.9 Amélioration de la portance du sol support.....	65
IV.5 Méthode de dimensionnement des chaussées neuves CTPP.....	67
IV.6. Application au projet.....	68
IV.6.1. Méthode CBR Améliorée.....	68

IV.6.2. Méthode des catalogues des structures.....	70
IV.7. Conclusion.....	77

## **Chapitre V : Caractéristiques géométriques**

V.1. Introduction.....	79
V.2. Présentation brève du logiciel PISTE.....	79
V.3. Tracé en plan.....	79
V.3.1. Introduction.....	79
V.3.2. Règles à respecter dans le tracé en plan.....	79
V.3.3. Eléments du tracé en plan.....	80
V.3.3.1. Alignements (droites).....	80
V.3.3.2. Arcs du cercle.....	80
V.3.3.2.1. Stabilité de véhicules en courbe.....	81
V.3.3.2.2. Visibilité en courbe.....	83
V.3.3.3. Courbe de raccordement progressif (clothoïdes).....	84
V.3.4. Normes pratiques du tracé du tracé en plan.....	86
V.3.5. Construction du terrain.....	86
V.3.5.1 Fond de Plan (TEP).....	86
V.4. Profil en long (PEL).....	90
V.4.1. Introduction.....	90
V.4.2 Coordination du tracé en plan et du profil en long.....	90
V.4.3. Règles à respecter dans le tracé du profil en long.....	91
V.4.4. Eléments constitutifs de la ligne rouge.....	91
V.4.5 Raccordements du profil en long.....	92
V.4.5.1. Raccordements convexes (angle saillants).....	92
V.4.5.2. Raccordement concave (angles rentrants).....	93
V.4.6. Normes pratiques du profil en long.....	94
V.4.7. Conception longitudinale.....	94
V.4.7.1. Création du profil en long.....	94
V.4.7.2. Conception des éléments du profil en long.....	95
V.5. Profil en travers (PET).....	97
V.5.1. Introduction.....	97

V.5.2 Classification des profils en travers.....	97
V.5.3 Eléments constituant le profil en travers.....	98
V.5.4 Profil en travers type de notre projet.....	99
V.6. Conclusion.....	101

### **Chapitre VI : Cubatures**

VI.1. Généralités.....	103
VI.2. Définition.....	103
VI.3. Méthodes de calcul.....	103
VI.3.1. Formule de SARRAUS.....	104
VI.3.2. Méthode linéaire.....	105
VI.3.3. Méthode de GULDEN.....	105
VI.4. Application à notre projet.....	106

### **Chapitre VII : Hydraulique et assainissement**

VII.1. Introduction .....	108
VII.2. Objectif De L'assainissements.....	108
VII.3. Assainissement de la chaussée.....	108
VII.3.1. Réseaux de collectes longitudinaux.....	108
VII.3.2. Liaison transversales.....	109
VII.3.3. Les ouvrages raccordement.....	109
VII.3.4. Ouvrage de contenance et de dépollution .....	109
VII.3.5. Exutoires .....	109
VII.4. Détermination des bassins versants.....	110
VII.5. Dimensionnement des ouvrages d'évacuation.....	111
VII.5.1 Débit d'apport.....	111
VII.5.2 Débit de saturation (Qs).....	114
VII.5.3 Dimensionnement des fossés.....	115
VII.5.4 Dimensionnement des dalots.....	115
VII.5.5 Dimensionnement d'une buse.....	116
VII.6. Application au projet.....	117
VII.6.1. Données pluviométriques.....	117

VII.6.2. Bassins versants et leur caractéristique.....	117
VII.6.3 Exemple de calcul de débit d'apport du bassin versant N°1 avec une période de retour de 10 ans.....	118
VII.6.4 Calcul de débit d'apport du bassin versant N°2 avec une période de retour de 50 ans.....	120
VII.6.5 Calcul des Dimensions des ouvrages hydrauliques.....	122
VII. 8. Conclusion.....	125

### **Chapitre VIII : Equipements de la route**

VIII.1. Introduction.....	127
VIII.2. Sécurité.....	127
VIII.2.1. Introduction.....	127
VIII.2.2. Dispositifs retenus.....	127
VIII.2.3. Application au projet.....	129
VIII.3. Signalisation routière.....	129
VIII.3.1. Introduction.....	129
VIII.3.2. Définition de la signalisation.....	130
VIII.3.3. Types de signalisation.....	130
VIII.3.4. Application au projet.....	134
VIII.4. Eclairage.....	135
VIII.4.1. Introduction.....	135
VIII.4.2. Catégories d'éclairage.....	135
VIII.4.3. Paramètres d'implantation des luminaires.....	135
VIII.4.4. Application au projet.....	136
VIII.5 Conclusion.....	136

### **Chapitre IX : Impact sur l'environnement**

IX.1. Introduction.....	138
IX.2. Cadre juridique.....	138
IX.3. Définitions.....	138
IX.4. Etude d'impact sur l'environnement.....	138
IX.4.1. Impacts négatifs.....	138
IX.4.1.1. Impact sur La qualité de l'air.....	139

IX.4.1.2. Impact sur les ressources en eau.....	139
IX.4.1.3. Impact sur la faune.....	139
IX.4.1.4. Impact sur La flore.....	139
IX.4.1.5. Impact sur l’agriculture.....	139
IX.4.1.6. Impact sur le paysage.....	140
IX.4.1.7. L’impact sur les habitants .....	140
IX.4.2 Impacts positifs.....	140
IX.5. Méthodologie du choix du type de plantes .....	141
IX.6. Intérêt de la végétation .....	141
IX.7 Conclusion.....	141
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>144</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>146</b>
<b>Annexes</b>	

## Liste des figures

Figure I. 1 : Carte de découpage administratif de la wilaya d'Alger.....	25
Figure I.2 : Situation de la zone du présent projet .....	27
Figure I.3 : Localisation de notre projet (nouveau CW 133).....	27
Figure III.1 : Essai de la teneur en eau.....	42
Figure III.2 : Analyses granulométriques.....	44
Figure III .3 : Appareil de CASAGRANDE.....	45
Figure III .4 : Expression des résultats des limites d'Atterberg et les seuils pris par GTR..	45
Figure III.5 : Différents états de consistance.....	46
Figure III.6 : Essai PROCTOR.....	47
Figure III.7 : Essai CBR.....	47
Figure III.8 : schéma d'plotassions des essais in situ.....	49
Figure III.9 : Emplacement du SP01.....	50
Figure III.10 : diagraphie de forage SP 01.....	50
Figure III.11 : Extrait de la carte géologique du terrain du projet.....	51
Figure IV.1 : Schéma de fonctionnement d'une structure de chaussée sous l'application d'une charge roulante.....	56
Figure IV.2 : Les différentes catégories de chaussée.....	57
Figure IV.3 : Structure type d'une chaussée souple.....	57
Figure IV.4 : Différentes couches constituant la chaussée souple.....	58
Figure IV.5 : Structure type d'une chaussée semi-rigide.....	59
Figure IV.6 : Structure type d'une chaussée rigide.....	59
Figure IV.7 : Carte climatique de l'Algérie.....	66
Figure IV.8 : Application de la méthode du catalogue au dimensionnement du corps de Chaussée.....	67
Figure IV.9 : Structure du corps de chaussée par la méthode CBR.....	69
Figure IV.10 : Classes de TPLi pour RP1. (Source : C.T.T.P).....	71
Figure IV.11 : Structure de chaussée de notre projet d'après le CTTP-fascicule3.....	72
Figure IV.12 : Résultats de la simulation à l'aide d'Alizé LCPC.....	76
Figure V .1 : Eléments du tracé en plan.....	80
Figure V. 2 : Schématisation de la force centrifuge.....	81

Figure V. 3 : Les éléments de la clothoïde.....	84
Figure V.4 : nuage des points.....	86
Figure V.5 : triangulation du terrain.....	87
Figure V.6 : Eléments du tracé en plan.....	88
Figure V.7 : Axe en plan.....	89
Figure V.8 : Interpolation de l'axe en plan.....	90
Figure V.9 :Schématisation de raccordement concave et convexe .....	92
Figure V.10 : Profil en long.....	95
Figure V.11 : Paraboles du profil en long.....	96
Figure V.12 : Axe du profil en long.....	97
Figure V.13 : différents types de profil.....	98
Figure V.14 : Eléments du profil en travers.....	98
Figure V.15 : Profil en travers type du présent projet.....	99
Figure V.16 : vue en perspective.....	100
Figure V.17 : profil en travers.....	101
Figure VI. 1 : Coupe en travers pour les profils des terrassements.....	104
FigureVI.2 : profil en long d'un tracé donne.....	104
Figure VI.3 : schéma explication de la méthode de Golden.....	106
Figure VII .1 : Principaux types d'ouvrages d'assainissements.....	110
Figure VII.2 : Profil en travers d'un fossé.....	115
Figure VII.3 : Représentation d'une buse.....	116
Figure VII. 4 : Délimitation des bassins versants de notre projet.....	117
Figure VII.5 : Représentation d'un dalot.....	124
Figure VIII.1 : Exemple de séparateur en béton GBA et DBA.....	128
Figure VIII.2 : Exemple de murette en béton de plus de 2m.....	128
Figure VIII.3 : Glissières métalliques au TPC, et sur accotement.....	129
Figure VIII.4 :Plaque de signalisation de priorité.....	130
Figure VIII.5 : Plaque de signalisation de danger.....	131
Figure VIII.6 : Modèle de plaque de signalisation d'interdiction.....	131
Figure VIII.7 : Modèle de plaque de direction.....	132

Figure VIII.8 : Lignes longitudinales comportant différents types de modulation .....	133
Figure VIII .9 : Signaux d'avertissement de danger.....	133
Figure VIII .10 : Signaux d'interdiction.....	134
Figure VIII 11 : Flèches de sélection.....	134
Figure VIII.12 : Exemple de signalisation horizontale.....	134
Figure VIII.13 : paramètres d'implantation des luminaires.....	135

## Liste des tableaux

Tableau II.1 : Valeurs des coefficients d'équivalence (B40).....	33
Tableau II.2 : Types d'environnements(B40).....	34
Tableau II.3 : Coefficient K1 lié à l'environnement(B40).....	35
Tableau II.4.: Coefficient de réduction de capacité K2(B40).....	35
Tableau II.5 : Valeurs de la capacité théorique Cth(B40).....	36
Tableau II.6: Résultats de calcul.....	38
Tableau III.1 : Valeurs usuelles des teneurs en eau.....	43
Tableau III. 2 : Qualificatif du sol en fonction de sa masse volumique sèche (densité sèche).43	
Tableau III.3 : Classification des sols selon le diamètre des grains.....	44
Tableau III.4 : Classe de portance des sols par ordre croissant.....	47
Tableau III.5 : Analyse granulométrique par tamisage.....	51
Tableau III.6 : Limite d'Atterberg.....	51
Tableau III.7 : Valeurs des pressions limites et modules pressiométriques.....	52
Tableau III.8 : Récapitulation des résultats des essais physiques.....	52
Tableau III.9 : Résultats des essais l'indice CBR.....	52
Tableau III.10 : Résultats d'essai Proctor.....	53
Tableau IV.1 : Valeurs des Coefficients d'équivalence neuves (CTTP).....	61
Tableau IV.2 : Classe du trafic. (Fascicule1 CTTP).....	62
Tableau IV.3 : Classe de trafic TPLi.....	63
Tableau IV.4 : Valeur du coefficient d'agressivité A.....	64
Tableau IV.5 : Classes de portance à long terme du sol support (fascicule1, CTTP1).....	65
Tableau IV.6 : Pluviométrie selon les Zones climatiques.....	66
Tableau IV.7 : Tableau récapitulatif.....	69
Tableau IV.8 : Classification des réseaux principaux.....	70
Tableau IV.9 : Classes des sols.....	71
Tableau IV.10 : les résultats des différentes épaisseurs de la couche de forme. (Source : fascicule 1).....	71
Tableau IV. 11 : Classification du trafic suivant le Catalogue Algérien de Dimensionnement des Chaussée Neuves.....	74
Tableau IV.12 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux.....	75

Tableau IV.13 : Risques adoptés pour le réseau RP1 (selon CTTP fascicule2)	75
Tableau IV.14 : Valeurs de t en fonction de r% (selon CTTP fascicule2)	76
Tableau IV.15 : Comparaison des déformations admissibles	77
Tableau V.1 : Paramètres fondamentaux	81
Tableau V.2 : Valeurs du coefficient de frottement transversal	82
Tableau V. 3 : Valeurs et symboles des paramètres de calcul de stabilité des véhicules en courbe	86
Tableau V.4 : Valeurs de déclivité maximale selon B-40	92
Tableau V.5 : Valeurs de limite d'accélération verticale et rayon de raccordement par catégorie	93
Tableau V.6 : Paramètres fondamentaux du profil en long	94
Tableau V.7 : Valeurs appliquées à notre projet	100
Tableau VI.1 : Récapitulation des cubatures	106
Tableau VII.1 : Variable de GAUSS en fonction de la période de retour	112
Tableau VII.2 : Valeurs du coefficient C1	112
Tableau VII.3 : Valeurs du coefficient C2	112
Tableau VII.4 : Valeurs du coefficient C3	113
Tableau VII.5 : Caractéristiques des bassins versants	117
Tableau VII.6 : Valeurs des coefficients de ruissellement C	119
Tableau VII.7 : Caractéristiques et débit d'apport du BV N°1 pour une période de retour de 10 ans	120
Tableau VII.6 : Caractéristiques et débit d'apport du BV N°2 pour une période de retour de 50 ans	121
Tableau VIII.1 : Caractérisation des lignes discontinues	132

# Liste des abréviations

## Acronymes :

- **CW** : Chemin de wilaya
- **PK** : Point kilométrique.
- **DTP** : Direction des Travaux Publics.
- **B TN** : Terrain Naturel.
- **B B-40** : Normes Algériennes routières.
- **BB** :béton bitumineux.
- **C.B.R**: Californian-Bearing-Ratio.
- **CDF** : Couche de forme.
- **CS** : Couche de surface.
- **GB** : Grave bitume.
- **G.N.T** : grave non traité.
- **SETRA** : Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements.
- **GTR** : Guide des terrassements routiers.
- **IP** : Indice de plasticité.
- **LCPC** : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.
- **TN** : Terrains Naturel.
- **TPC** : Terre-plein central.
- **T.J.M.A** : Trafic journalier moyen annuel.
- **PFi**: classe de plateforme.
- **PL** : poids lourds.
- **TPLi** : Classe de trafic de poids lourds.
- **U.V.P** : Unité de véhicules particuliers.
- **PS** : Passage supérieur.
- **PI** : Passage inférieur.
- **CTTP** : Méthode de dimensionnement des chaussées neuves

## **Symboles :**

- **n** : Nombre d'années.
- **$\tau$**  : Taux d'accroissement du trafic (%).
- **TCi** : Trafic cumulé de poids lourds.
- **Teff** : Trafic effectif à l'année d'horizon (U.V.P/J).
- **Z** : Pourcentage de poids lourds(%).
- **P** : Coefficient d'équivalence pour le poids lourd.
- **Q** : Débit de pointe horaire, exprimée (UVP/h).
- **1/n** : Coefficient de pointe.
- **K1** : Coefficient lié à l'environnement.
- **K2** : Coefficient de réduction de la capacité.
- **N** : Nombre de voies.
- **Qadm** : Débit admissible par voie.
- **$\epsilon_z$**  : Déformation verticale.
- **$\epsilon_t$**  : Déformation horizontale.
- **Vb** : Vitesse de base (km/h).
- **RM** : Rayon minimal.
- **Rnd** : Rayon non déversé.
- **Rdn** : Rayon minimal au divers normal.
- **dmin** : Dévers minimal.
- **dmax** : Dévers maximal.
- **Imax, min** : Déclivité maximale, minimale.
- **L** : Longueur de raccordement.
- **$\Delta d$**  : Variation des devers.
- **l** : Largeur de la chaussée.
- **Wp** : Limite de plasticité.
- **Wl** : Limite de liquidité.
- **Ip** : Indice de plasticité.
- **A** : Facteur d'agressivité globale du trafic.
- **C** : Facteur décumul.

- **E<sub>eq</sub>**:Epaisseur équivalente.
- **BV**:Bassin versant.
- **H<sub>max</sub>**:Altitude maximale(m).
- **H<sub>min</sub>**:altitude minimale(m).
- **l<sub>c.e</sub>**:Longueur du thalweg (km).
- **I** :Pente longitudinale du thalweg.
- **T<sub>c</sub>**:temps de concentration.
- **L** : Longueur du bassin (km).
- **I**:Pente moyenne du BassinVersant (m/m).
- **H**:Dfférence entre l'altitude maximale et minimale du bassin (m).
- **Q<sub>a</sub>** :Débit d'apport.
- **Q<sub>s</sub>**: Débit de saturation.
- **I<sub>t</sub>** :Intensité de la pluie, mm/h.
- **C** :Coefficient de ruissellement.
- **K** :Coefficientde conservation.
- **S** :Superficie du bassin versant, Km<sup>2</sup>
- **SBV** : Section de bassin versant.
- **a(t)** :Coefficient de Montana.
- **b** :Exposant climatique.
- **P<sub>m</sub>** :Périmètre mouillé.
- **S<sub>m</sub>** :Surface emouillée.
- **Q<sub>ps</sub>** :Débit àpleinesection.
- **V<sub>ps</sub>** : Vitesse àpleinesection.
- **V<sub>e</sub>** :Vitesse d'écoulement.
- **R<sub>h</sub>** :Rayon hydraulique.
- **K<sub>st</sub>**: Coefficient de Maning Strickler.

# **Introduction générale**

Les voies de communication sont la source du développement d'un pays. À cet effet, les recherches et les études sur les tracés routiers ont pris une ampleur considérable à travers le monde.

En Algérie, l'évolution conjuguée, de l'accroissement démographique et la forte urbanisation qu'a connus le pays dans les différentes wilayas, ont entraîné un flux important. Bien que des études de tracés routiers aient été faites à travers le pays, afin de renouveler l'état actuel des infrastructures de transport, la problématique à la base des ces projets d'infrastructures, est souvent liée à l'insuffisance du réseau existant par saturation.

Par la volonté de l'état, le ministère des travaux publics a choisi d'investir pour la réalisation de nouveaux tracés routiers, afin d'augmenter la capacité des chaussées existantes.

Ainsi, notre projet de fin d'études portant sur l'étude du lot N°01 allant du PK00+000 au PK 02+260 du projet de dédoublement du chemin de wilaya (CW) N°133, sur un linéaire de 6.50 km, section située entre le CW N°142 et CW N°233 qui démarre à partir d'Ouled Fayette vers Souidania, a pris une place importante pour l'extension de cet axe.

L'objectif visé par ce projet de dédoublement, étant de fluidifier en premier lieu, le trafic sur cet axe, en le débarrassant de toutes les entraves et en second lieu, lui offrir une liaison rapide vers les chemins communaux (CW).

Notre mémoire de fin d'études comprend les parties suivantes :

Une introduction générale ;

Le premier chapitre, consiste en une présentation générale, ainsi que les données de base relatives à notre projet.

Le deuxième chapitre porte sur l'étude du trafic ainsi que le dimensionnement du projet (nombre de voies, largeur de chacune de ces voies,...etc)

Quant au troisième chapitre, il cerne une l'étude géotechnique, qui permet de connaître les caractéristiques mécaniques et physiques du sol, afin de le classer et pouvoir tirer l'essentiel pour le dimensionnement du corps de chaussée.

Pour le quatrième chapitre, il porte sur la présentation des différents types de chaussées ainsi que le dimensionnement du corps de notre chaussée, en utilisant la méthode CBR et la méthode des catalogues de dimensionnement des chassées neuves (CTTP), afin de retenir le dimensionnement approprié.

Dans le cinquième chapitre, une étude géométrique a été faite, afin d'avoir les trois principales représentations graphiques de la route : tracé en plan, profil en long et profil en travers.

Le sixième chapitre, consiste à calculer les volumes des remblais et déblais, appelés les cubatures des terrassements.

Dans le septième chapitre, une étude hydraulique et assainissement a été faite, afin de prévoir un système de récolte et d'évacuation des eaux superficielles et souterraines (buses, dalots et fossés).

Le chapitre huit consiste à étudier la sécurité routière, tout en présentant les différents types d'équipements nécessaires.

Dans le neuvième et dernier chapitre, une présentation des différents impacts du projet, sur l'environnement et sur les habitants, ainsi les solutions apportées, a été faite.

Et enfin, une conclusion générale.

# **Chapitre I : Présentation du projet**

## I.1. Introduction

La wilaya d'Alger, située sur le littoral au centre-nord de l'Algérie, est une région dynamique et stratégique. Elle s'étend sur une superficie de 363 km<sup>2</sup> et possède une façade maritime de 70 km, s'étirant de la commune d'Aïn Taya à celle de Zeralda. Cette position géographique privilégiée confère à la wilaya d'Alger un rôle essentiel dans le développement économique et social du pays. Sa proximité avec la mer et sa densité urbaine font de cette région un carrefour d'échanges et de flux de transport importants. Le projet de dédoublement du chemin de wilaya N°133 (CW133) s'inscrit donc dans cette dynamique régionale, visant à améliorer la connectivité et la mobilité au sein de cette zone stratégique. En renforçant l'infrastructure routière, ce projet contribue à soutenir le développement économique, à réduire la congestion et à améliorer la qualité de vie des résidents et des visiteurs.

## I.2. Situation de la wilaya d'Alger

La wilaya d'Alger est la plus peuplée d'Algérie avec 3 154 792 habitants. Elle est également la moins étendue, avec une superficie de 363 km<sup>2</sup>.

La wilaya d'Alger est limitée :

- Au Nord : Mer Méditerranée.
- Au Sud : Blida.
- A L'EST : Bomerdes.
- A L'OUEST : Tipaza.

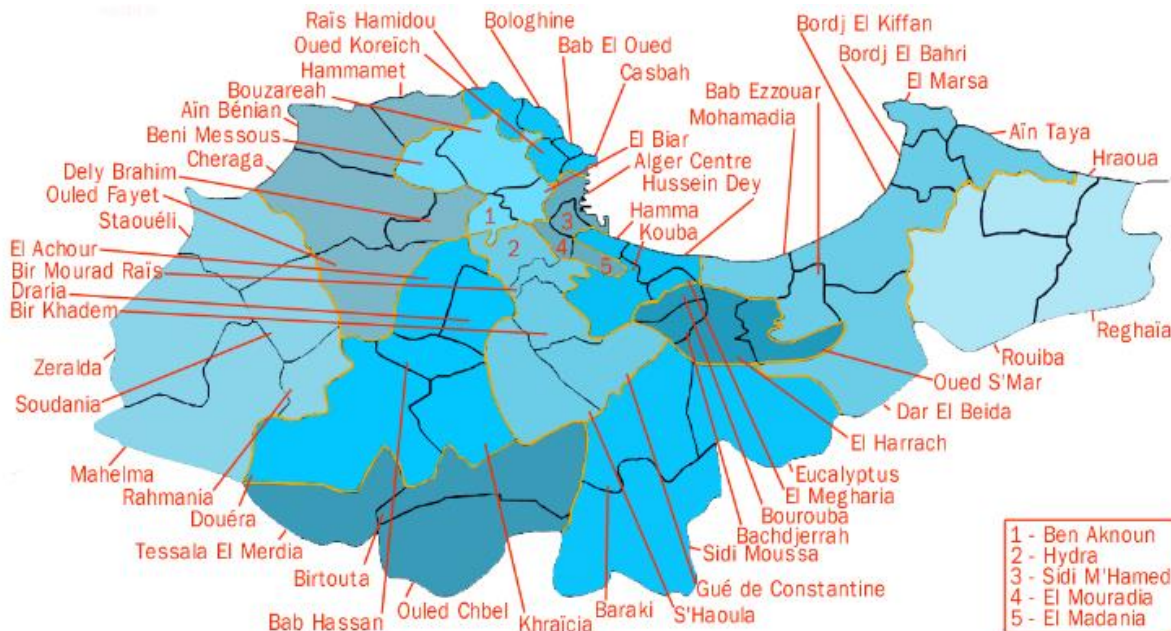


Figure I. 1 : Carte découpage administratif de la wilaya d'Alger.

([www.dcalger.dz](http://www.dcalger.dz))

### I.2.1. Relief

La Wilaya d'Alger est la capitale de l'Algérie et est située sur la côte méditerranéenne du pays. Le relief de la Wilaya d'Alger est principalement caractérisé par une topographie mixte, comprenant des zones montagneuses, des plaines côtières et une portion du Sahara au sud.

- **Montagnes** : Au nord de la Wilaya d'Alger, on trouve la chaîne de l'Atlas Tellien, qui traverse la région. Ces montagnes présentent un relief escarpé et sont souvent recouvertes de végétation. Elles offrent des vues panoramiques sur la mer Méditerranée.

- **Plaine côtière** : La Wilaya d'Alger comprend également une vaste plaine côtière le long de la mer Méditerranée. Cette zone est caractérisée par des terres relativement plates et fertiles, propices à l'agriculture.

- **Sahara** : La partie sud de la Wilaya d'Alger s'étend dans le désert du Sahara. Cette région est caractérisée par des paysages désertiques, avec des dunes de sable, des plateaux rocheux et des étendues arides.

- **Le relief varié** de la Wilaya d'Alger contribue à la diversité de son environnement naturel, offrant à la fois des zones montagneuses attrayantes, des plaines fertiles et des paysages désertiques typiques du Sahara.

### I.2.2. Climat

Le climat de la Wilaya d'Alger est méditerranéen, avec des étés chauds et secs, des hivers doux et pluvieux. Les températures estivales dépassent souvent les 30°C, tandis que les hivers restent modérés, rarement en dessous de 10°C. Les saisons intermédiaires, automne et printemps, offrent des températures agréables. Les précipitations sont plus fréquentes en hiver, contribuant à la fertilité des sols.

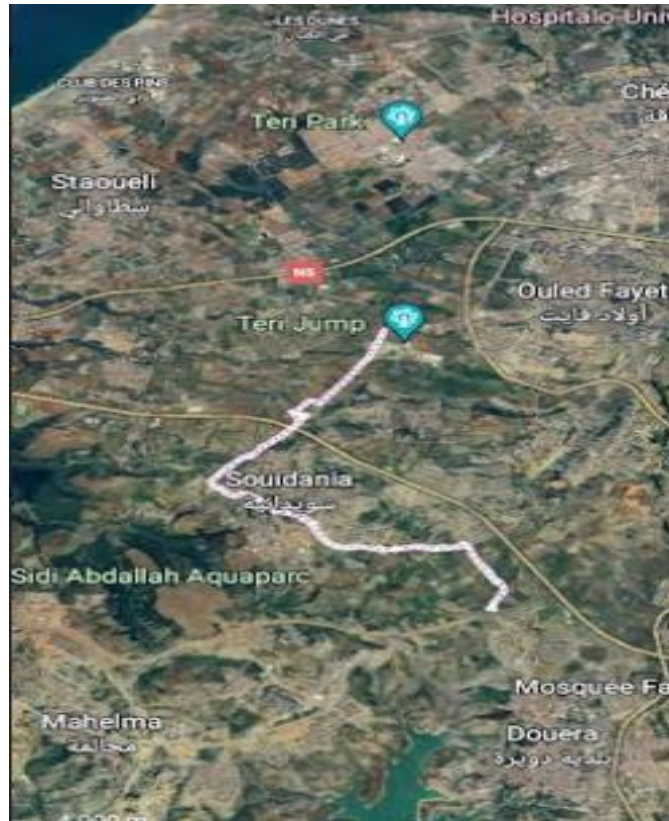
### I.2.3. Hydrographie

L'hydrographie de la Wilaya d'Alger est influencée par sa situation côtière le long de la mer Méditerranée. On y trouve des oueds intermittents qui drainent les eaux de pluie, ainsi que des barrages pour la gestion de l'eau. La mer Méditerranée et les cours d'eau contribuent à l'activité économique et à l'approvisionnement en eau de la région.

## I.3. Présentation du projet

### I.3.1. Localisation

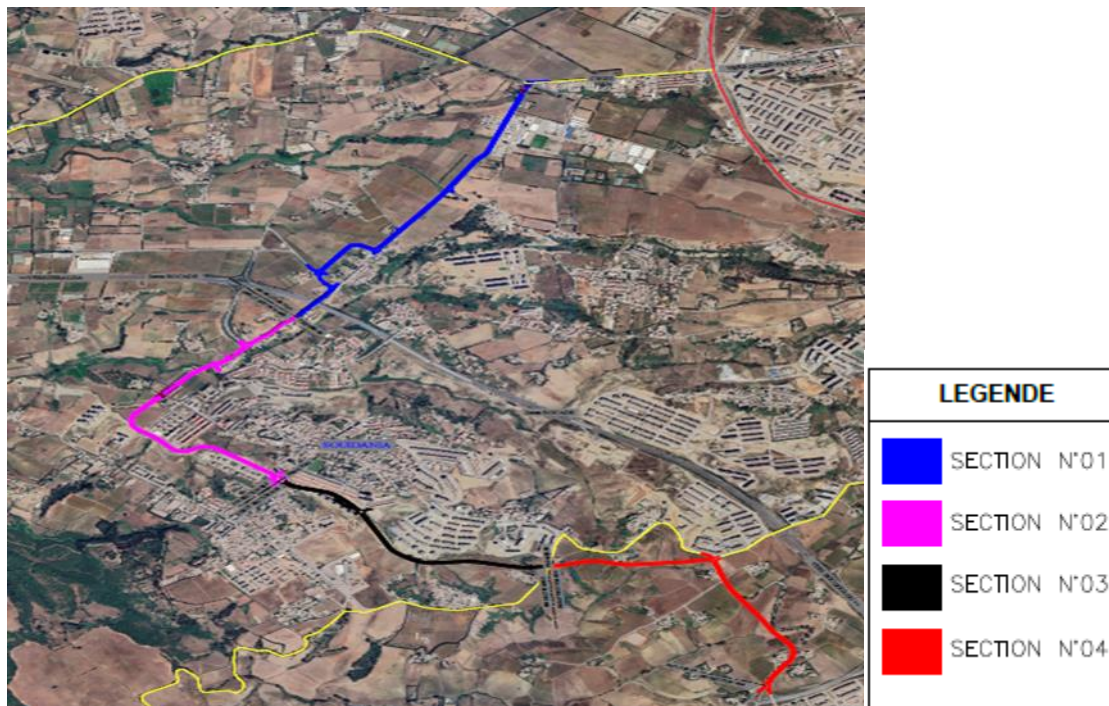
Notre projet porte sur l'étude **du lot N°01**, allant du point kilométrique PK00+000 au PK02+260 du projet de dédoublement du chemin de wilaya (CW) N°133, sur un linéaire de 6.50 Km, section située entre le CW N°142 et CW N°233 qui démarre à partir d'Ouled Fayet vers Soudania.



**Figure I.2 :** Situation géographique de la zone du présent projet.

### I.3.2. Aperçu géographique

La figure ci-dessous, illustre la localisation de notre projet.



**Figure I.3 :** localisation de notre projet (nouveau CW 133).

## I.4. Objectifs de l'étude

Le projet vise à répondre à la demande croissante de transport et à désengorger les routes régionales. Il cherche à valoriser les richesses locales, à renforcer la sécurité des déplacements, et à optimiser le temps de trajet pour les usagers. Il s'inscrit dans une vision d'aménagement territorial équilibré et rationnel. De plus, il aspire à créer une zone socio-économique dynamique et attrayante pour l'investissement dans les secteurs commercial, industriel et touristique. Enfin, il générera des emplois significatifs pendant sa phase de construction.

## I.5. Conclusion

Dans ce chapitre, les caractéristiques générales de la wilaya d'Alger ainsi que le site de notre projet ont été présentés. Pour la conception du lot N°01 du tronçon de dédoublement du CW 133, objet de notre étude, les données géotechniques, hydrologiques et hydrauliques, ainsi que le relevé topographique, seront pris en compte, et ce, afin d'éviter les contraintes techniques et économiques qui pourraient entraver la réalisation du projet. Cette phase de conception sera détaillée dans les chapitres suivants.

## **Chapitre II : Etude du trafic**

## II.1. Introduction

L'étude du trafic revêt une importance cruciale pour appréhender les importants flux de circulation à travers un pays ou une région. Elle constitue une composante essentielle des études sur les transports et joue un rôle fondamental dans la conception des réseaux routiers. Cette démarche vise à évaluer l'intensité actuelle du trafic tout en anticipant son évolution sur une période allant de 10 à 20 ans, voire plus. Une estimation précise du trafic présent et futur revêt une importance capitale pour déterminer la classification des voies et éviter un sous-dimensionnement préjudiciable, tant pour la fluidité de la circulation que pour la durée de vie prévue de la chaussée.

## II.2. Analyse du trafic

L'analyse du trafic constitue une étape cruciale dans le développement d'un projet routier, visant à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route, incluant le volume, la composition, les conditions de circulation, la saturation, ainsi que l'origine et la destination du trafic. Cette démarche débute par la collecte de données, pour laquelle diverses méthodes sont disponibles, adaptées aux besoins spécifiques. La nécessité de maîtriser les coûts conduit à restreindre les investigations à ce qui est essentiel, tout en garantissant la disponibilité de toutes les informations nécessaires pour des décisions éclairées. De plus, il est possible de procéder par étapes, affinant progressivement l'étude du trafic au fur et à mesure de l'avancement global du projet. Ces méthodes peuvent être regroupées en deux catégories : celles qui permettent une quantification du trafic, à travers des comptages, et celles qui, en plus, fournissent des informations qualitatives grâce à des enquêtes

### ➤ Comptage

La phase de comptage constitue la mesure du nombre de véhicules ainsi que de la composition du trafic routier, représentant un élément fondamental de l'analyse du trafic. On distingue principalement deux types de comptages :

- **Comptages automatiques** : Ils peuvent être permanents ou temporaires. Les comptages permanents se déroulent à des emplacements soigneusement sélectionnés en raison de leur représentativité sur les voies les plus importantes, telles que le réseau autoroutier, le réseau routier national, et les routes départementales les plus fréquentées. Les comptages temporaires, quant à eux, ont lieu une fois par an pendant un mois, pendant la période de trafic intense, en utilisant des postes de comptages mobiles.

- **Comptages manuels** : Ces opérations sont réalisées par des enquêteurs qui enregistrent la composition du trafic afin de compléter les informations fournies par les comptages automatiques. Cela inclut des détails essentiels tels que les parts relatives du trafic lourd, des données souvent indispensables sur le transport en commun, et la présence des deux-roues, entre autres.

### ➤ Enquête (la connaissance des flux)

Il est plus souvent avantageux de compléter les informations recueillies à travers des comptages, par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux. Cette méthode permet en particulier, de recenser les flux de trafic inter zonaux, en définissant leurs origines et destinations.

### II.3. Différents types de trafic

Trafic existant : Il s'agit du flux de circulation déjà présent sur l'ancien aménagement, indépendamment de toute modification apportée par le nouveau projet.

- **Trafic dévié** : Ce type de trafic se manifeste par le déplacement de personnes vers d'autres itinéraires en raison des nouvelles déviations introduites par le projet.

- **Trafic induit** : Il découle de deux sources principales :

- ✓ Nouveaux déplacements vers d'autres itinéraires.
- ✓ Une augmentation de la production et des ventes résultant de la réduction des coûts liés à la production et à la vente, facilitée par le nouvel aménagement routier.

- **Trafic total** : Il représente la somme du trafic induit et du trafic dévié, englobant ainsi l'ensemble des flux générés par le projet.

### II.4. Modèles de présentation du trafic

Lors de l'analyse des projections de trafic, la première étape implique la définition de plusieurs flux de trafic, formant des ensembles homogènes en termes d'évolution ou d'affectation. Diverses méthodes sont alors employées pour estimer le trafic à venir.

- Prolongement de l'évolution passée.
- Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques.
- Modèle gravitaire.
- Modèle des facteurs de croissance.

#### II.4.1. Prolongement de l'évolution passée

La méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir, l'évolution des trafics observée dans le passé. On établit en général un modèle de croissance du type exponentiel.

Le trafic  $T_n$  à l'année  $n$  sera :

$$T_n = T_0(1 + \tau)^n$$

Où :

$T_0$  : Est le trafic à l'arrivée pour l'origine.

$\tau$  : est le taux de croissance annuel.

#### II.4.2. Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques

Elle consiste à rechercher dans le passé une corrélation entre le niveau du trafic d'une part et certains indicateurs macro-économiques :

- Produit national brut (PNB).

### II.4.3. Modèle gravitaire

Il est nécessaire pour la résolution des problèmes concernant les trafics actuels au futur proche, mais il se prête mal à la projection.

### II.4.4. Modèle des facteurs de croissance

Ce type de modèle nous permet de projeter une matrice origine - destination. La méthode la plus utilisée est celle de FRATAR, qui prend en considération les facteurs suivants:

- Le taux de motorisation des véhicules légers.
- Le nombre d'emploi.
- La population de la zone.

Cette méthode nécessite des statistiques précises et une recherche approfondie de la zone à étudier.

## II.5. Calcul de la capacité de la route

### II.5.1. Définition de la capacité de la route

La capacité d'une route est le flux horaire maximum des véhicules qui peuvent raisonnablement passer en un point, ou s'écouler sur une section de route uniforme (ou deux directions), avec les caractéristiques géométriques et la circulation qui lui sont propres durant une période bien déterminée.

La capacité dépend :

- Des conditions de trafic.
- Des conditions météorologiques.
- Du type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire.
- Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs variables d'une route à une autre).
- Des caractéristiques géométriques de la section considérée (nombre et largeur des voies).
- 

#### II.5.1.1. Projection future du trafic

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

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

Avec :

$TJMA_h$  : Trafic à l'année horizon.

$TJMA_0$  : Trafic à l'année référence.

$\tau$  : Taux d'accroissement annuel du trafic(%).

$n$  : Nombre d'années.

## II.6. Calcul du trafic effectif

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particuliers (U.V.P) en fonction des classes de routes et de l'environnement.

Pour cela, on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL (poids lourds) en (U.V.P). Le trafic effectif est donné par la relation :

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

Avec

$T_{eff}$  : Trafic effectif à horizon en (U.V.P/j).

$z$  : Pourcentage de poids lourds (%).

$p$  : Coefficient d'équivalence pour les poids lourds, il dépend de la route.

$TJMA_h$  : Le trafic à l'année horizon.

Le tableau ci-dessous nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence, pour les poids lourds, en fonction de l'environnement et les caractéristiques de la route.

**Tableau II.1** : Valeurs des coefficients d'équivalence (B40)

Environnement	E1	E2	E3
Routes à bonne caractéristiques	2-3	4-6	8-12
Route étroite	3-6	8-12	16-24

### II.6.1. Environnement de route

Trois classes d'environnement (E1, E2 et E3) ont été proposées dans le rapport B40. Les deux indicateurs adoptés pour caractériser chaque classe d'environnement sont :

- La dénivelée cumulée moyenne au kilomètre :  $\frac{h}{L}$

- La sinuosité.

➤ **Dénivelée cumulée moyenne au kilomètre**

C'est la somme des dénivelées cumulées, le long de l'itinéraire existant, rapportée à la longueur de cet itinéraire. Elle permet de mesurer la variation longitudinale du relief.

Elle est donnée par la formule ci-dessous :

$$\frac{h}{L} = \frac{\text{dénivelée cumulée totale}}{\text{longueur de l'itinéraire}}$$

Avec

$$\frac{h}{L} < 1.5\% \quad : \quad \text{Terrain plat.}$$

$1.5 < \frac{h}{L} > 4\%$  : Terrain vallonné.

$\frac{h}{L} > 4$  : Terrain montagneux.

➤ **Sinuosité**

La sinuosité  $\sigma$  d'un itinéraire, est égale au rapport de la longueur sinueuse  $L_s$  sur la longueur totale de l'itinéraire  $L$ . Elle est donnée par la formule ci-dessous :

$$\sigma = \frac{L_s}{L} = \frac{\text{Longueursinueuse}}{\text{Longueur totale de l'itinéraire}}$$

Avec

$\frac{L_s}{L} \leq 0.1$  : Sinuosité faible.

$0.1 \leq \frac{L_s}{L} \leq 0.3$  : Sinuosité moyenne.

$\frac{L_s}{L} \geq 0.4$  : Sinuosité forte.

**Tableau II.2. : Types d'environnements(B40).**

Sinuosité relief	Faible	Moyenne	Forte
Plat	E1	E2	-
Vallonné	E2	E2	E3
Montagneux	-	E3	E3

**II.6.2. Débit de pointe horaire normale**

Le débit de pointe horaire normale, est une traction du trafic effectif à l'horizon, il est donné par la formule

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

Avec

**Q** : Débit de pointe horaire normale, exprimé en (UVP/h).

$\frac{1}{n}$  : Coefficient de pointe pris égale à 0,12(en général).

**II.6.2.1 Débit horaire admissible**

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

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

Avec

$Q_{adm}$  : Débit horaire maximal accepté par voie, compte tenu du niveau de service visé.

$K_1$  : Coefficient lié à l'environnement.

$K_2$  : Coefficient lié à la catégorie de la route et de son environnement.

$C_{th}$  : Capacité théorique par voie, en U.V.P qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Les coefficients  $K_1$  et  $K_2$ , dépendent de l'environnement, de la largeur initiale de la chaussée et de la valeur du temps.

- **Valeur de  $K_1$**  : les valeurs des coefficients  $K_1$  sont données par le tableau ci-dessous :

**Tableau II.3** : Valeurs de  $K_1$  liés à l'environnement(B40).

Environnement	E1	E2	E3
<b>K1</b>	0.75	0.85	0.90 - 095

- **Valeur de  $K_2$**  : les valeurs des coefficients  $K_2$ , sont données par le tableau ci-dessous :

**Tableau II.4** : Valeurs de  $K_2$  liés de réduction de capacité (B40).

$K_2$		Catégorie de la route				
		1	2	3	4	5
Environnement	E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
	E3	0.91	0.95	0.97	0.98	0.98

Les valeurs de la capacité théorique ( $C_{th}$ ) selon la B40 sont citées dans le tableau ci-dessous :

Tableau II.5 : Valeurs de la capacité théorique Cth(B40).

Capacité théorique des routes en uvp/h									
Dégagement latérale ou largeur des accotements	4m	Largeur de chaussée unique							2 Chaussée Autoroute ou route express (2)
		2 voies			3 voies		4 voies (1)		
		5m	6m	7m	9m	10.5m	12m	14m	
1.80 et plus	1100	1300	1600	2000	2600	3200	3000 4500*	3400 5100*	1800 5400*
1.20	1000	1200	1500	1900	2400	3000	2950 4400*	3300 5000*	1750 5300*
0.60	(x)	1100	1350	1700	2200	2700	2900 4300*	3200 4800*	1700 5100*
0.00	(x)	(x)	1200	1500	2000	2400	2650 4000*	3000 4500*	1500 4500*

(1) : pour un sens de la circulation sur route à 2×2 voies

(2) : capacité pour une seule de 3,50m ;

Valeur avec\* : capacité pour les deux sens réunis.

(x) : capacité non applicable.

### II.6.3. Nombre de voies du profil en travers

- Cas d'une chaussée bidirectionnelle :  
On compare  $Q$  et  $Q_{adm}$  et on opte le profil auquel correspond la valeur de  $Q_{adm}$  la plus proche à  $Q$  :

$$Q \leq Q_{adm}$$

- Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

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

Avec :

$S$  : étant un coefficient traduisant la dissymétrie dans la répartition du trafic, en générale  
Égale à 2/3.

$Q$  : débit admissible par voie.

## II.7. Application au projet

### II.7.1. Données du projet

D'après les résultats d'analyse du trafic, nous avons :

- Le trafic à l'année 2022 : 10000 v/j

- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté :  $t = 4\%$ .
- Le pourcentage de poids lourds :  $Z=15\%$ .
- L'année de mise en service sera en : 2024.
- La durée de vie : 20 ans.
- Catégorie : C2.
- Environnement : E2.
- Le coefficient d'équivalence du poids lourds, pour une route à bonne caractéristiques et un environnement E2 on a :  $P=4$ .
- $K1 = 0,85$  environnement E2,  $K2 = 0,99$  environnement E2 et catégorie C2.

### II.7.2. Projection future du trafic

L'année de mise en service en (2024)

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

$TJMA_n$  : le trafic à l'année horizon (année de mise en service 2024.)

$TJMA_0$  : le trafic à l'année de référence (origine 2022).

$$TJMA_n = (1+\tau)^n TJMA_{2022} \Leftrightarrow TJMA_{2024} = TJMA_{2022} (1+\tau)^2 = 10\,000 (1+0,04)^2$$

$$TJMA_{2024} = 10816 \text{ (v/j).}$$

Trafic à l'année (2044) pour une durée de vie de 20 ans.

$$TJMA_{2044} = 10816 \times (1+0,04)^{20} = 23699 \text{ v/j}$$

### II.7.3. Calcul du trafic effectif

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

$$T_{eff} = [(1 - 0,15) + 4 \times 0,15] 23699$$

$$T_{eff} = 34364 \text{ UVP/j}$$

### II.7.4. débit de pointe horaire normale

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

$\left(\frac{1}{n}\right)$  : Coefficient de pointe pris égale à 0.12 (en général)

$$Q = 0,12 \times 34364$$

$$Q = 4124 \text{ UVP/h}$$

**II.7.5. débit horaire admissible**

Le débit que supporte une section donnée :

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

K1 : coefficient correcteur pris égal à 0,85 pour E2.

K2 : coefficient correcteur pris égal à 0.99 pour l’environnement (E2) et V B = 80Km/h.

C th : capacité théorique par voie.

Ce débit prévisible doit être inférieur au débit maximal que notre route peut offrir, c’est le débit admissible.

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

**S’agissant d’un dédoublement, on est donc dans le cas de chaussées séparées.**

Par conséquent, la capacité théorique est de Cth= 1800 (d’après la B40 pour une route regroupant deux chaussées

$$Q \leq K_1 \times K_2 \times C_{th} = (0,85 \times 0.99) \times 1800 = 1514 \text{ UVP/h/ sens}$$

**Nombre de voies**

Les deux chaussées sont unidirectionnelles ; Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport :

$$n = S \cdot Q / Q_{adm}$$

Avec :

S : coefficient dissymétrie en général = 2/3

$$n = (S \times Q) / Q_{adm}$$

$$n = \left(\frac{2}{3}\right) \times \frac{4124}{1514} = 1,82 \cong 2 / \text{sens}$$

**Donc :** Le nombre de voies  $n = 2 \frac{\text{voies}}{\text{sens}}$ , le profil de notre tronçon est de 2 × 2 voies de 3.5 m de largeur chacune.

**II.7.6. Résultats de calcul**

Le tableau ci-dessous récapitule les résultats de calcul du profil en travers

**Tableau II.6:**Résultats de calcul.

TJMA <sub>2024</sub> (v/j)	TJMA <sub>2044</sub> (v/j)	T <sub>eff</sub> (uvp/h)	Q (uvp/h)	Q <sub>adm</sub> (uvp/h)	Nombre de voies (voies /sens)
10816	23699	34364	4124	1514	2

## II.8. Conclusion

La capacité théorique de notre projet étant de  $C_{th} = 1800 \text{ uvp/h}$ . D'après la B40 on opte pour :

- Route bidirectionnelle de deux voies par sens.
- La largeur utile de la voie est de 3.5 m.
- Largeur totale de la route 14m.

# **Chapitre III : Etude géotechnique**

### III.1. Introduction

L'étude géotechnique est une étape fondamentale dans la planification et la réalisation de tout projet d'infrastructure. Cette étude permet d'analyser les caractéristiques du sol et du sous-sol d'une zone donnée afin d'évaluer sa capacité portante, sa perméabilité et les éventuels risques géotechniques. En fournissant des informations précieuses sur la nature du sol, ses propriétés mécaniques et sa structure géologique, l'étude géotechnique guide les choix de conception, les techniques de construction et les mesures de stabilisation nécessaires pour assurer la sécurité et la durabilité des ouvrages.

### III.2. Objectifs de l'étude géotechnique

L'étude géotechnique du projet est basée essentiellement sur des campagnes de reconnaissance effectuées sur terrain, par l'exécution des sondages sous accotement par puits de reconnaissance et d'autres, sous chaussée, en suite, prélèvement d'échantillons remaniés pour faire des essais au laboratoire. Ces dernières ont pour but de :

- Connaître l'épaisseur et l'état des différentes couches constituant le corps de chaussée actuel, ainsi identifier et évaluer la portance du sol support de la chaussée, par des essais physico-mécaniques ;
- Le bénéfice apporté sur les travaux de terrassement ;
- La sécurité, en indiquant la stabilité des talus et des remblais ;
- L'identification des sources d'emprunt des matériaux et la capacité de ses gisements.
- Préserver l'environnement et les ressources naturelles.

### III.3. Réglementation algérienne en géotechnique

En Algérie, la bonne exécution des projets routiers nécessite une étude géotechnique approfondie et adéquate à la réglementation en vigueur. Pour cela, les maîtres d'œuvres se réfèrent à diverses normes, dont le choix est parfois imposé par le maître d'ouvrage. La quasi-totalité de ces normes étant internationales (ISO), Françaises (NF) ou Anglo-Saxonnes (EN). Il y a environ 108 normes adoptées dans le domaine des travaux publics, dont près de la moitié concerne la géotechnique routière. Les certifications ISO 9000/9001/9004 de la gestion de qualité, la norme NF P 94-500 relative aux marchés et l'accréditation ISO/CEI 17025 relatives à la compétence des laboratoires d'essais, sont requises pour l'obtention de rapports qualité/prix très satisfaisants.

L'utilisation des nomenclatures GTR – SETRA et du LCPC aidera à déterminer les caractéristiques des matériaux et de définir leurs conditions de mise en œuvre.

Ajouter une liste des abréviations

### III.4. Moyens de la reconnaissance

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

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

### III.5. Différents essais au laboratoire

Les essais géotechniques au laboratoire sont des procédures utilisées pour étudier les propriétés mécaniques, hydrauliques et physiques des sols. Ces essais permettent d'évaluer le comportement des sols sous différentes conditions de contraintes, d'humidité et de chargement, ce qui est essentiel pour la conception et l'exécution de projets de construction et d'étude géotechnique.

#### III.5.1. Essais d'identification

L'objectif de ces essais est de :

- Classer les sols en fonction de leur granularité, plasticité, argilosité, état hydrique, etc.
- Calculer les indices des vides, le degré de saturation, la porosité, etc.

Parmi ces essais on cite :

- Analyse granulométrique par tamisage.
- Limites d'Atterberg.
- Teneur en eau et masses volumiques.
- Mesure des densités sèches ( $\gamma_s$ ) et humide ( $\gamma_h$ ) et du degré de saturation ( $S_r$ )
- Equivalent de sable ES.
- Essai au bleu de méthylène (VBS).
- Analyse chimique sur quelques échantillons pour l'évaluation du degré d'agressivité du sol.

##### III.5.1.1 paramètres d'état

###### ✓ Teneur en eau naturelle

L'essai de teneur en eau définit le rapport en pourcentage (%) du poids de l'eau :  $W_w$  que le sol contient, au poids de ses éléments secs :  $W_s$ , on a :

$$W_n(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

$W_w$  : Poids de l'eau dans l'échantillon

$W_s$  : Poids des grains solides dans l'échantillon.



Figure III.1 : Essai de la teneur en eau.

**Tableau III.1** : Valeurs usuelles des teneurs en eau

Teneur en eau %	Etat
01-25 %	Légèrement humide
25-50 %	Humide
50-75 %	Mouillé
75-90 %	Détrempé
100 %	Saturé

✓ **Densité**

Cet essai permet d'obtenir l'une des plus importantes caractéristiques physiques d'un sol sous plusieurs formes, on site parmi ces formes :

❖ **Densité humide**

C'est le poids volumique apparent du sol humide ; elle est obtenue par la relation suivante :

$$\gamma_h = \frac{W}{V}$$

Avec :

W : poids de l'échantillon humide.

V : volume total.

❖ **Densité sèche**

C'est le poids volumique apparent du sol sec ; elle est obtenue par la relation suivant :

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V}$$

Avec :

W<sub>s</sub> : poids de l'échantillon sec

V : volume total.

**Tableau III.2** : Qualificatif du sol en fonction de sa masse volumique sèche (densité sèche).

Etat	Densité sèche (KN/m <sup>3</sup> )
Peu dense	≤ 16
Dense	16 < γ <sub>s</sub> ≤ 18
Très dense	> 18

**III.5.1.2 Analyse granulométrique par tamisage**

La granularité est un paramètre qui permet de distinguer les sols grâce à la dimension de leurs grains.

Une première analyse consiste à mesurer la répartition des quantités selon la dimension des grains. Les deux méthodes complémentaires sont le tamisage pour les sols grossiers (ou grenus) et la sédimentométrie pour les sols fins. Il s'agit de mesurer le pourcentage des grains de sol passant au travers d'un tamis donné (passant ou tamisât).

L'expression classique de cette analyse est la courbe granulométrique caractérisée par les indices suivants :

- Le coefficient d'uniformité (de Hazan) : permet d'exprimer l'étalement de la courbe granulométrique :  $C_U = D_{60} / D_{10}$  ( $C_U < 2$  uniforme,  $C_U > 2$  étalée)  
 $D_{60}$  : diamètre effectif des particules qui correspond à 60 % du passant.  
 $D_{10}$  : diamètre effectif des particules qui correspond à 10 % du passant.
- Le coefficient de courbure : permet de décrire la forme de la courbe granulométrique :  $C_c = D_{30}^2 / D_{60} \times D_{10}$  (bien gradué si  $C_c$  entre 1 et 3).  
 $D_{30}$  : diamètre effectif des particules qui correspond à 30 % du passant



Figure III.2 : Analyses granulométriques.

- ❖ **D<sub>max</sub>** : Dimension maximale des plus gros éléments contenus dans le sol.
- ❖ **Tamisât 0.08<mm** : Pourcentage en fines du sol.

Les fines sont sensibles à l'eau, selon leur proportion, elles vont donc influencer le comportement du sol.

✓ **Seuils retenus (par le GTR)**

> 35% : comportement du sol totalement régi par la fraction fine.

< 12% : seuil conventionnel pour dire si un sol est pauvre ou riche en fines

- ❖ **Tamisât 2mm** : distinction entre sols sableux et sols graveleux

**Seuil retenu (par le GTR) : 70%**

> 70% : sol tendance sableuse.

< 70 % : sol tendance graveleuse.

Tableau III.3 : Classification des sols selon le diamètre des grains.

Granulométrie	Classification
$d < 2\mu\text{m}$	Argile
$2\mu\text{m} \leq d < 20\mu\text{m}$	Limon
$20\mu\text{m} \leq d < 200\mu\text{m}$	Sable fin
$0,2\text{mm} \leq d < 2\text{mm}$	Sable grossier
$2\text{mm} \leq d < 20\text{mm}$	Gravier
$20\text{mm} \leq d < 50\text{mm}$	Cailloux
$d \geq 50\text{mm}$	Blocs

### III.5.1.3. Limites d'Atterberg

Les limites d'Atterberg sont déterminées uniquement pour les éléments fins d'un sol ( $<400\mu\text{m}$ ), car ce sont les seuls éléments sur lesquels l'eau agit en modifiant la consistance du sol.

L'essai consiste donc à faire varier la teneur en eau de cette fraction de sol et à en observer la consistance. Selon la teneur en eau, le sol se comportera comme un solide, un matériau plastique (capable de se déformer beaucoup sans se casser) ou liquide.

- **Limite de liquidité notée  $W_L$**  : La limite de liquidité est déterminée en utilisant l'appareil de CASAGRANDE, elle correspond à la teneur en eau qui caractérise le passage de l'état liquide à l'état plastique.



Figure III.3 : Appareil de CASAGRANDE.

- **Limite de plasticité notée  $W_P$**  : Caractérisant le passage du sol de l'état solide à l'état plastique Elle varie de 0% à 100%, mais elle demeure généralement inférieure à 40%.
- **Indice de plasticité  $I_p$**  : est défini comme étant la différence des deux paramètres précédents, soit :  $I_p = W_L - W_P$ , le diagramme de CASAGRANDE permet la classification des sols fins à partir de ces paramètres

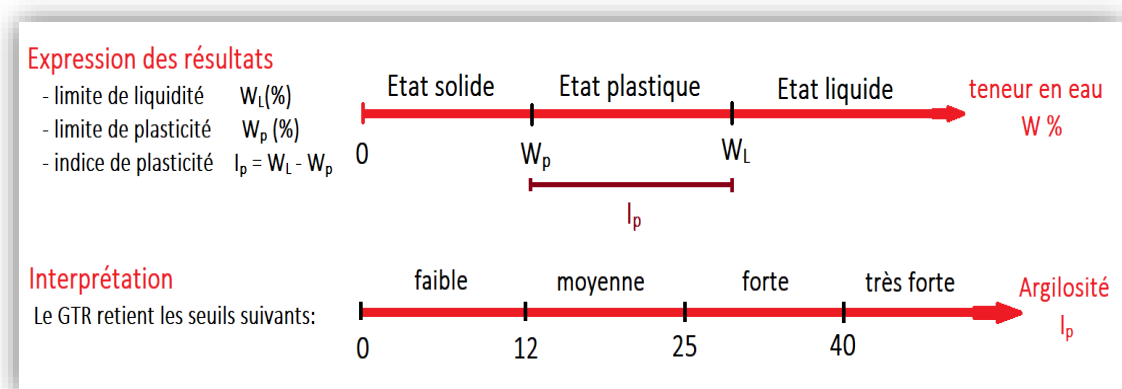


Figure III.4: Expression des résultats des limites d'Atterberg et les seuils pris par GTR.

### ➤ Indice de consistance $I_c$

Les limites d'Atterberg permettent de calculer l'indice de consistance qui caractérise l'état hydrique d'un sol (80 à 90 % d'éléments < 400 $\mu$ m) et se calcul par la formule suivante :

$$I_c = \frac{(W_L - W_N)}{I_p}$$

Avec :

$W_N$  : teneur en eau naturelle.

\*Si  $I_c < 0$ ,  $W > W_L$  : le sol est dans un état liquide.

\*Si  $0 < I_c < 1$  :  $W_p < W < W_L$  : le sol est dans un état plastique.

\*Si  $I_c > 1$  :  $W < W_p$  : le sol est dans un état solide

Le schéma ci-dessous résume l'ensemble de ces notions :

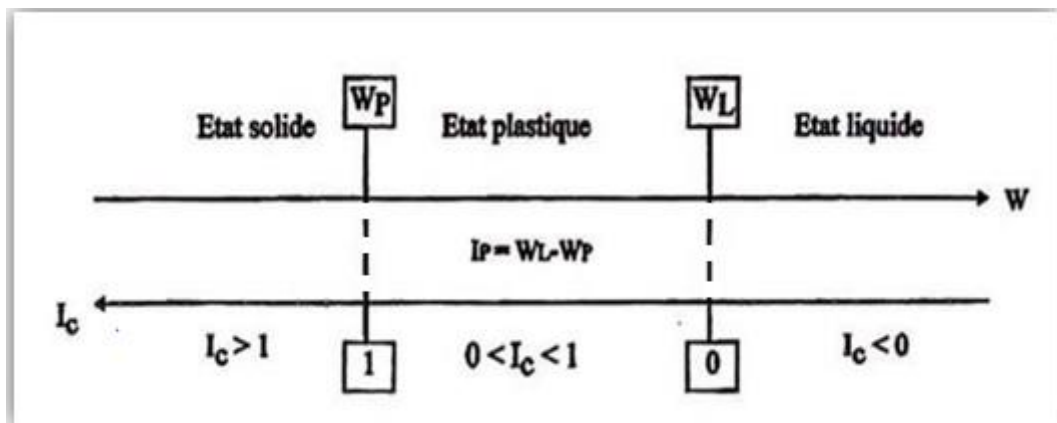


Figure III.5 : Différents états de consistance.

### III.5.2. Essais mécaniques

Parmi ces essais on cite :

- Essai CBR.
- Essai de cisaillement.
- Essai PROCTOR.
- essai pressiométrique.
- Essais de compression (Essai triaxial, Essai de compression simple ...)
- Essai Micro Deval.
- Essai Los Angeles.
- Essai de compressibilité à l'œdomètre.

#### III.5.2.1. Essai PROCTOR : (norme NF P 94-093)

Le but d'un essai PROCTOR est d'étudier le comportement d'un sol en fonction de sa teneur en eau pour une énergie de compactage donnée.

Cette énergie est caractérisée par :

- La dame définie par sa masse et sa hauteur de chute
- Le nombre de chutes appliquées au sol

En géotechnique routière, on distingue 2 types d'essais PROCTOR :

- L'essai PROCTOR Normal réservé à l'étude des matériaux de remblais,
- L'essai PROCTOR Modifié destiné aux couches de forme et de chaussées.



Figure III.6 : Appareillage des essais PROCTOR normal et modifié.

### III.5.2.2. Essai CBR : (norme NF P 94-078)

L'essai CBR (Californian Bearing Ratio) est un essai qui a pour but d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner le corps de chaussée et orienter les travaux de terrassements.

L'essai consiste à soumettre des échantillons d'un même sol au poinçonnement, les échantillons sont compactés dans des moules à la teneur en eau optimum (PROCTOR modifié) avec 3 énergies de compactage 25 coups/couche ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant 4 jour.

Tableau III.4 : Classes de portance des sols par ordre croissant

Portance (Si)	CBR	Interprétation
S4	<5	Très mauvaise portance
S3	5-10	Mauvaise portance
S2	10-25	Portance moyenne
S1	25-40	Bonne portance
S0	>40	Très bonne portance

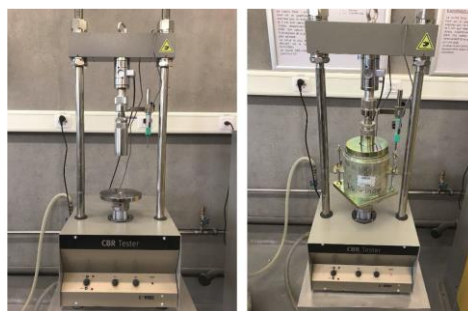


Figure III.7 : Appareillage de l'essai CBR.

### III.5.2.3. Essai pressiométrique Ménard (NF P 94-110-1)

Il s'agit d'un essai de chargement statique du terrain en place, effectuée grâce à une Sonde cylindrique dilatable radialement introduit dans un forage. Les informations recueillies grâce au forage ainsi que les caractéristiques mécaniques obtenues lors des essais permettent :

- D'apprécier la succession des couches de sol et éventuellement leur nature ;
- De définir l'aptitude des terrains à recevoir certains types de constructions et d'orienter le choix des fondations d'ouvrages
- De dimensionner les fondations ;
- D'évaluer les déplacements des structures en fonction des sollicitations auxquelles elles sont soumises.

L'essai permet d'obtenir une courbe "pression appliquée-volume injecte », représentative de la relation contrainte-déformation jusqu'à la rupture du sol en place. Pour cela on injecte de l'eau sous pression dans la sonde de mesure qui vient déformer le sol. Le volume injecté et la pression appliquée sont mesurés. Le volume d'eau injecté nous renseigne sur la déformation du sol, et la pression de l'eau nous renseigne sur la contrainte reprise par le sol. L'exploitation des résultats permettra de connaître deux caractéristiques pressiométriques importantes du sol :

- **PL** : pression limite du sol (caractéristique de rupture du sol) ;
- **EM** : module pressiométrique Menard (caractéristique de déformabilité du sol).

### III.6. Conditions d'utilisation des sols en remblais

Le remblai doit être constitué de matériaux provenant de déblais ou d'emprunts éventuels.

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- Pierres de dimension  $> 80$  mm ;
- Matériaux plastiques  $I_p > 20\%$  ou organique ;
- Matériaux gélifs ;

Les remblais seront réglés et soigneusement compactés sur la surface pour laquelle seront exécutées. Également les matériaux de remblais seront réalisés par couche de 30 cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage. Une couche ne devra pas être mise en place et compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée après vérification de son compactage.

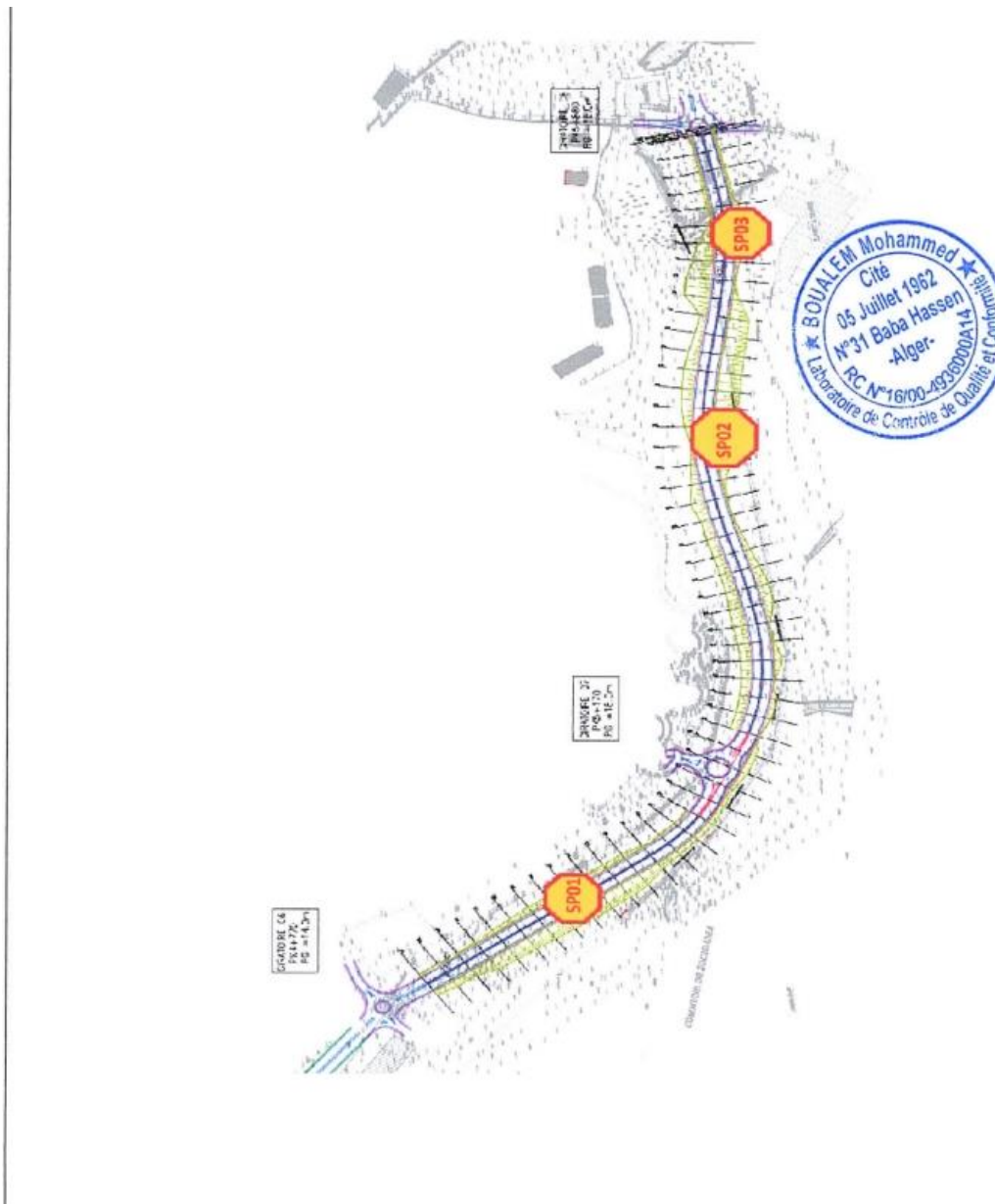
### III.7. Application au projet

Les résultats des différents essais effectués à notre projet, sont récapitulés comme suit :

#### III.7.1 Essais in situ

➤ **Reconnaissance du sol**

Compte tenu de l'entendu du terrain et du type de projet à réaliser, un programme de reconnaissance a été exécuté. Il consiste en la réalisation de (03) sondages pressiométriques de 10m de profondeur pour les trois lots du projet, en vue de reconnaître le sol en profondeur, et de prélever des échantillons pour permettre l'exécution des essais au laboratoire.



**Figure III.8: schéma d'implantation des sondages in situ**

**Le lot N°01, objet de notre projet routier, concerne le sondage N°01.**



➤ **Synthèse de la description lithologique**

D'après la coupe de sondage N°01, la lithologie du terrain en profondeur se compose de :

**SP N (01) :**

0.0 ➔ 1.5 m : Remblais.

1.5 ➔ 10 m : Argile marneuse verdâtre



**Figure III.11 : Extrait de la carte géologique du terrain du projet**

➤ **Résultats de l'essai pressiométrique**

Les valeurs de pressions limites et modules pressiométriques sont insérés dans le tableau suivant :

**Tableau III.5 : Valeurs des pressions limites et modules pressiométriques.**

N° SONDAGE	Profondeur (m)	PL (bar)	EM (bar)
SP01	2	3.96	48.16
	4	5.41	84.18
	6	5.61	85.84
	8	5.40	98.18
	10	7.20	94.62

**III.7.2. Essais au laboratoire**

**III.7.2.1. Essais d'identification**

➤ **Analyse granulométrique par tamisage**

Les résultats des essais granulométriques effectués sur les échantillons issus des puits de reconnaissance, ont révélés les caractéristiques granulométriques suivantes :

Le tamisât à 80µm est dans le puits N°01 est de 30.02%, il s'agit de sol fin. D'après le guide des terrassements routiers (GTR), ces sols appartiennent à la classe (A).

**Tableau III.6 : Analyse granulométrique par tamisage.**

N° DE PUIIS	Profondeur (m)	Granulats < 80µ
PUIT N°01	0.80 – 1.50	30.02%

Selon la classification GTR, on trouve les classes et les sous-classes suivantes :

Classe A : sols fins

Classe B : sols sableux et graveleux avec fines

Sous classe A1 : sable fin limono-argileux.

Sous classe B2 : sable peu argileux

Sous classe B4 : grave peu argileuse

Sous classe B6 : sables et graves argileux

➤ **Limites d'Atterberg**

Les limites d'Atterberg du puits N°01 sont récapitulées dans le tableau ci-dessous

**Tableau III.7 : Limite d'Atterberg.**

N° DE PUIT	Profondeur (m)	WL (%)	Ip (%)
PUIT N°01	0.80 – 1.50	39.99	19.24

➤ **Densités, teneur en eau et degré de saturation**

Les mesures au laboratoire ont donné des valeurs de teneur de 21%, avec des degrés de saturation supérieure à 95%. Ce qui dénote que le sol se trouve dans un état hydrique très humide.

**Tableau III.8 :Récapitulation des teneurs en eau et degré de saturation.**

Sondage		SP01
Profondeur (m)		2,0-3,0
Densité sèche	yd (t/m <sup>3</sup> )	1.65
Teneur en eau pondérable	W (%)	21.80
Degré de saturation	Sr (%)	97.16
Densité humide	yh (t/m <sup>3</sup> )	2.01

**III.7.2.2. Essais mécaniques**

➤ **Essai CBR**

Les valeurs de l'indice CBR imbibé à 98% de l'optimum indiquent des sols de très faibles portances, (ICBR<5).

**Tableau III.9:Résultats des essais l'indice CBR.**

N° DE PUIT	Profondeur (m)	ICBR
PUIT N°01	0.80 – 1.50	4.29

➤ **Essai Proctor modifié**

Les résultats de l'essai Proctor modifié sont récapitulés dans le tableau III.10 ci-dessous

**Tableau III.10** :Résultats d'essai Proctor.

N° DE PUITS	Profondeur (m)	Proctor Modifie	
		W (%)	$\gamma_d(t/m^3)$
<b>PUIT N°01</b>	<b>0.80 – 1.50</b>	<b>10.30</b>	<b>1.84</b>

### III.8 Conclusion

Il est essentiel d'avoir une compréhension approfondie de la nature et de la résistance mécanique du sol pour choisir les méthodes de terrassement appropriées et dimensionner correctement la chaussée. C'est pourquoi la réalisation d'une étude géotechnique du terrain d'implantation du projet est nécessaire.

A l'issu de ce chapitre, on a pu classer le sol d'implantation de notre projet, tout en se basant sur la classification du GTR : il appartient à la classe A (sol fin) et d'après les résultats des essais effectués, on a affaire à un sol de classe de portance S4 avec la valeur de l'indice CBR égale à 4.29.

# **Chapitre IV : Dimensionnement du corps de chaussée**

## IV.1. Introduction

Le dimensionnement des structures de chaussée pour les projets routiers est une étape cruciale. Il implique la sélection minutieuse des matériaux et des épaisseurs des différentes couches de la chaussée, en prenant en compte des facteurs tels que le trafic, la qualité des sols, le climat local et les contraintes budgétaires. et ce, afin de créer une chaussée capable de supporter les charges des véhicules, de résister aux conditions environnementales et d'assurer la sécurité des usagers de la route.

## IV.2. Facteurs considérés dans le dimensionnement

Dans la conception des chaussées, il est essentiel de prendre en compte les facteurs déterminants mentionnés ci-dessous :

### IV.2.1. Trafic

Le trafic principalement les poids lourds est l'un des paramètres prépondérants dans la conception des structures, il intervient en fait d'abord dans le choix des matériaux, puis, dans le dimensionnement proprement dit, de façon plus détaillée, le trafic gouverne les choix suivants :

- Choix d'un niveau de service qui se traduira notamment par le choix de la couche de surface.
- Choix de l'épaisseur des structures qui implique la fixation d'un niveau de risque. Il est apparu nécessaire de caractériser le trafic à partir de deux paramètres :
  - De trafic poids lourds « **T** » à la mise en service, résultat d'une étude de trafic et de comptages sur les voies existantes,
  - De trafic cumulé sur la période considérée qui est donnée par :

$$N = T . A . C$$

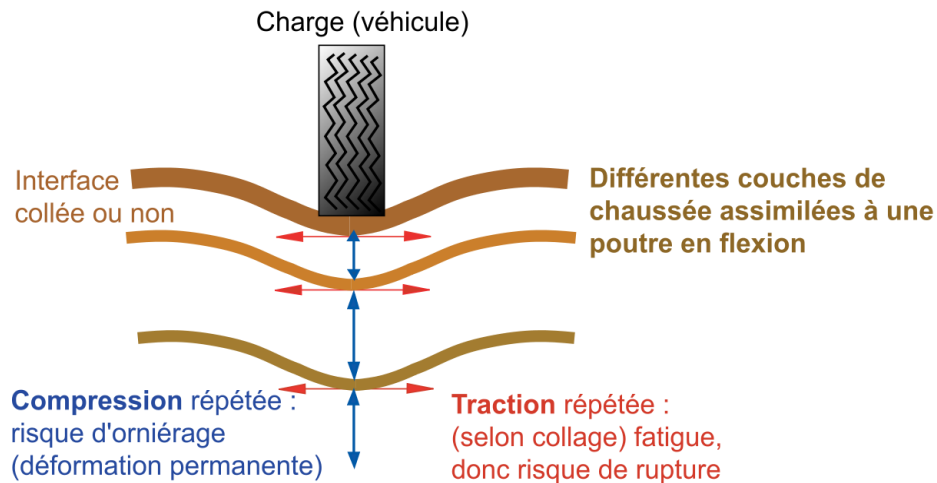
Avec :

- **N** : trafic cumulé.
- **A** : facteur d'agressivité globale du trafic.
- **C** : facteur de cumule.

Et :

$$C = [(1 + \tau)^{\rho} - 1] / \tau$$

- $\tau$  = Taux de croissance du trafic.
- $\rho$  = Nombre d'années de service (duré de vie) de la chaussée.



**Figure IV.1:** Schéma de fonctionnement d'une structure de chaussée sous l'application d'une charge roulante

#### IV.2.2. Environnement de la route

L'environnement extérieur de la chaussée est l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement, la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, la température a une influence marquée sur les propriétés des matériaux bitumineux et conditionne la fissuration des matériaux traités par des liants hydrauliques.

#### IV.2.3. Sol support

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate-forme support de chaussée » constitué du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme. Les plates-formes sont définies à partir :

- De la nature et de l'état du sol.
- De la nature et de l'épaisseur de la couche de forme.

#### IV.2.4. Les matériaux

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

### IV.3. La chaussée

#### IV.3.1. Définition

- **Au sens géométrique :** la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules. Elle est constituée d'une ou plusieurs voies de circulation.
- **Au sens structurel :** l'ensemble des couches des matériaux superposées qui permettent la reprise des charges.

Le rôle principal de la chaussée est de résister aux effets nocifs qu'ils soient agents atmosphériques, déformation du sol support et ceux liés à la circulation.

### IV.3.2. Différents types de chaussées

Selon le fonctionnement mécanique de la chaussée, on distingue généralement les trois différents types des structures suivantes :

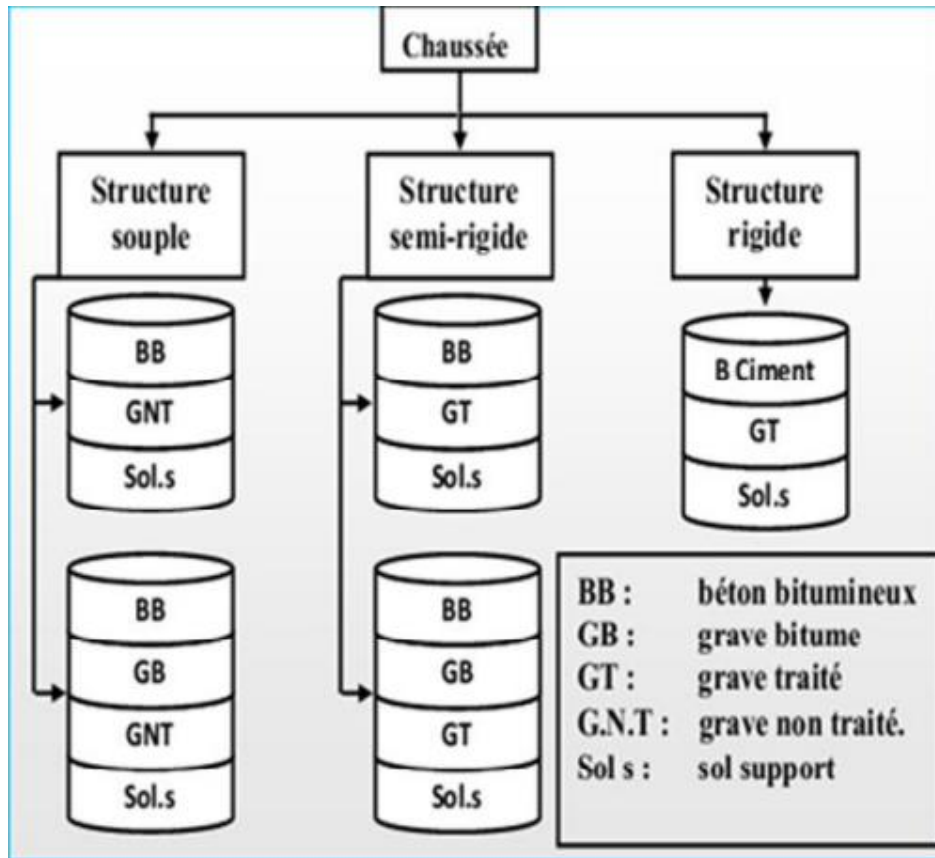


Figure IV.2 : Les différentes catégories de chaussées.

#### IV.3.2.1. Chaussées souples

Ce sont les chaussées les plus fréquente actuellement sur la majorité des routes, elles sont composées de couches superposées de matériaux différents, de granulométries croissantes de haut vers le bas. La couche de surface est en béton bitumineux.

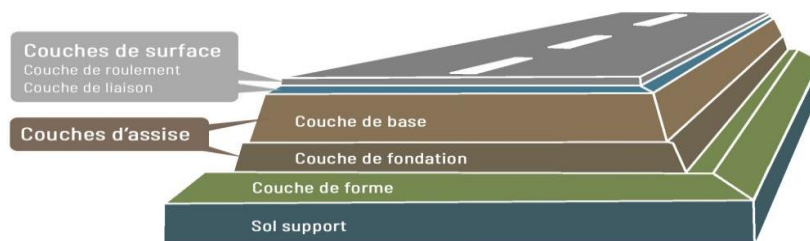


Figure IV.3 : Structure type d'une chaussée souple.

La chaussée souple se compose généralement de trois couches différentes :

✚ Couche de surface :

Elle est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoqué par la circulation et s'opposer à la pénétration de l'eau. Elle est généralement composée de :

- **Couche de roulement** : qui est la couche supérieure de la structure de chaussée sur laquelle s'exercent directement les agressions conjuguées du trafic et du climat, son rôle est :
  - ✓ Assurer la sécurité : la couche doit posséder des propriétés antidérapantes c'est-à-dire. Une bonne rugosité.
  - ✓ Le confort : qui consiste à ne pas ressentir de la vibration excessive ni des secousses brutales ; il est conditionné par la suspension des véhicules et l'uni de la chaussée.
  - ✓ Imperméabiliser la surface de chaussées ; faire obstacle à la pénétration d'eau.
- **Couche de liaison** : se trouve entre les couches d'assise et la couche de roulement, son rôle est d'assurer une transition avec les couches inférieures les plus rigides.

✚ Couche de base :

Pour résister aux déformations permanentes sous l'effet du trafic ainsi lâche du sol, Elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes. L'épaisseur de la couche de base varie de 10 à 25 cm.

✚ Couche de fondation :

Elle assure un bon uni et bonne portance de la chaussée finie et elle a aussi, le même rôle que celui de la couche de base.

✚ Couche de forme :

A court terme, la couche de forme doit assurer la traficabilité quasi tout temps des engins approvisionnant les matériaux de la couche de fondation, permettre le compactage efficace de la couche de fondation, satisfaire les exigences de nivellement de la plate-forme support de chaussée et assurer la protection de l'arase de terrassement vis-à-vis des agents climatiques, dans l'attente de la réalisation de la chaussée.

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

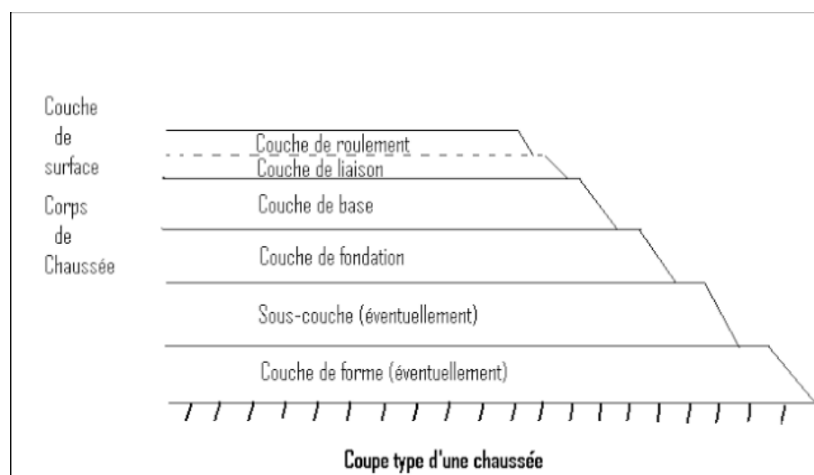


Figure IV.4 : Différentes couches constituant la chaussée souple

### IV.3.2.2. Chaussées semi-rigides

Ce sont des chaussées à faible déformabilité. Ces chaussées comportent une couche de base et quelques fois une couche de fondation traitée aux liants hydrauliques (ciment, laitier...).

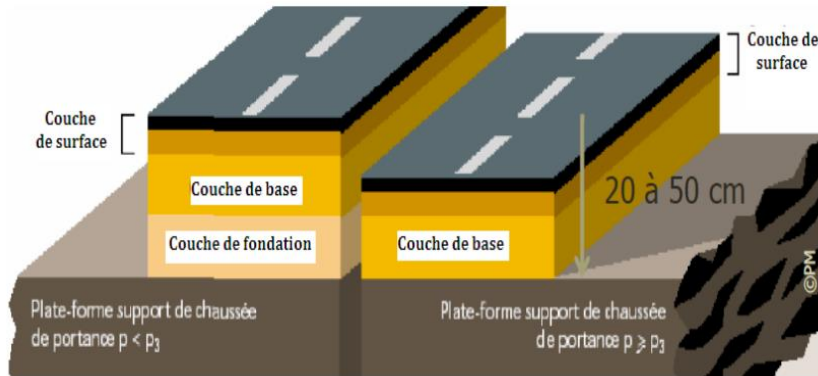


Figure IV.5 : Structure type d'une chaussée semi-rigide.

### IV.3.2.3. Chaussées rigides

Ce sont des chaussées constituées d'une dalle en béton à fort dosage en ciment, cette dalle correspond à la fois à la couche de base et à la couche de surface d'une chaussée souple. Les chaussées rigides sont utilisées pour des constructions très sollicitées, (cas d'une piste d'aérodrome ou station de service), peut être aussi utilisé dans les routes où le facteur gel-dégel intervient très fréquemment.

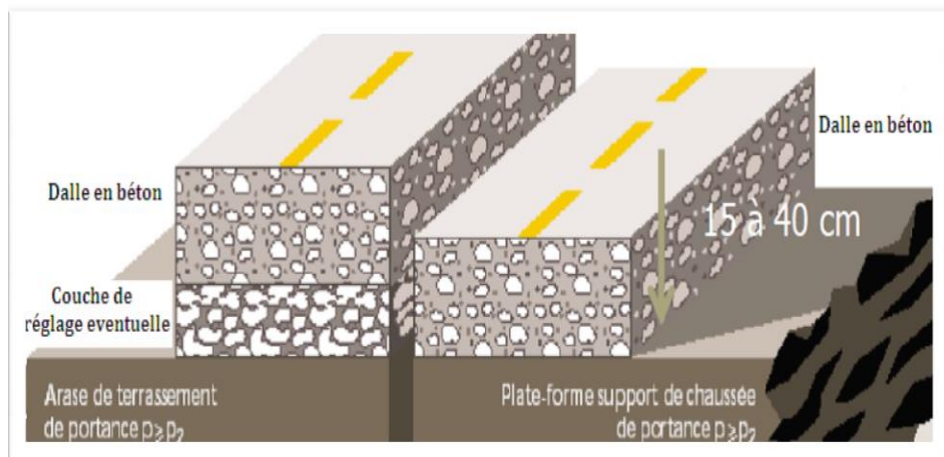


Figure IV.6 : Structure type d'une chaussée rigide.

#### IV.4. Méthodes de dimensionnement des chaussées

On distingue deux familles de méthodes :

- ✓ Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées.
- ✓ Les méthodes dites « rationnelles » basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

##### IV.4.1. Méthode C.B.R (Californian – Bearing – Ratio)

C'est une méthode (semi- empirique) qui est basée sur un essai de poinçonnement sur un échantillon de sol support, en compactant des éprouvettes à (90- 100 %) de l'optimum Proctor modifié, sur une épaisseur d'eau de moins de 15 cm.

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

$$e = \frac{100 + 150\sqrt{p}}{I_{CBR} + 5}$$

Avec

- $e$  : épaisseur totale équivalente de la chaussée (en cm) ;
- $P$  : Charge maximale par roue  $P=6.5t$  (essieu 13 t) ;
- $I_{CBR}$  : Indice de portance du sol support ;

En tenant compte de l'influence du trafic (méthode C.B.R améliorée), l'épaisseur est donnée par la formule

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

Avec

- $N$  : Trafic journalier moyen annuel des poids lourds à l'année horizon (véhicules > 1.5t).

##### ❖ Coefficient d'équivalence

La notion de l'épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte des qualités mécaniques des différentes couches de matériaux par la formule suivante :

$$e = \sum a_i e_i$$

Le tableau ci-dessous indique les coefficients d'équivalence pour chaque matériau

**Tableau IV.1:** Valeurs des Coefficients d'équivalence

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

L'épaisseur totale à donner à la chaussée est :

$$e = a1.e1 + a2.e2 + a3.e3$$

Talque :

**a1. e1** :Couche de roulement

**a2. e2** : Couche de base

**a3. e3** : Couche de fondation

Où :

**a1, a2, a3**: Coefficients d'équivalence.

**e1, e2, e3**: Épaisseurs réelles des couches.

**Remarque :**

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée, on fixe e1, e2, et on calcule e3 tel que:

**e1**: Couche de roulement (6-8cm) ;

**e2**: Couche de base (10-25cm) ;

**e3**: Couche de fondation (15-35cm).

#### IV.4.2. Méthode des catalogues des structures

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

- Approche théorique.

- Approche empirique.

Elle fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement des chaussées (trafic, matériaux, sol support et environnement...). Ces derniers constituent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée. (B60-B61).

#### IV.4.2.1. Détermination de la classe de trafic

Le trafic est caractérisé par le nombre de poids lourds de charge utile supérieure à 50 KN par jour sur la voie la plus chargée.

**Tableau IV.2** : Classes de trafics. (Fascicule1 CTTTP).

Classe du trafic	Trafic poids lourds cumulé sur 20
T1	$T < 7.3 \times 10^5$
T2	$7.3 \times 10^5 < T < 2 \times 10^6$
T3	$2 \times 10^6 < T < 7.3 \times 10^6$
T4	$7.3 \times 10^6 < T < 4 \times 10^7$
T5	$T > 4 \times 10^7$

On commence par la détermination du trafic de poids lourds cumulé sur 20 ans et le classer dans l'une des classes définies précédemment.

Le trafic cumulé est donné par la formule :

$$T_c = T_{PL} \times 365 \times \left[ 1 + \frac{(1 + \tau)^{n+1} - 1}{\tau} \right]$$

$T_{PL}$ : Trafic des poids lourds à l'année de mise en service ;

$\tau$  : Taux d'accroissement annuel ;

$n$  : Durée de vie ( $n = 20$  ans).

#### IV.4.2.2. Types de réseaux routiers

Selon le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (fascicule 01), Le réseau routier national est décomposé comme suit :

1. Le Réseau principal, noté RP, se décompose en deux niveaux :

- **RP1** : ce type de réseau comporte :

- Liaisons supportant un trafic supérieur à 1500 véhicules 1jour ;
  - Liaisons reliant deux chefs-lieux de wilaya ;
  - Liaisons présentant un intérêt économique et /ou stratégique.
- **RP2** : Il est constitué de :
- Liaisons supportant un trafic inférieur à 1500 véhicules/jours.

Ce réseau est composé de routes nationales (RN), de chemins de wilaya (CW) et de liaisons reliant l'Algérie aux pays riverains.

2. Le réseau secondaire noté RS : Il se compose du reste des routes qui ne sont pas classées en RP.

#### Répartition transversale du trafic PL

En l'absence d'informations précises sur la répartition des poids lourds sur les différentes voies de circulation, on adoptera les valeurs suivantes :

- Chaussées unidirectionnelles à 2 voies : 90% du trafic PL sur la voie lente de droite ;
- Chaussées unidirectionnelles à 3 voies : 80 % du trafic PL sur la voie lente de droite ;
- Chaussées bidirectionnelles à 2 voies : 50% du trafic PL ;
- Chaussées bidirectionnelles à 3 voies : 50% du trafic PL.

#### IV.4.2.3. Classes de trafic TPLi

Pour chaque niveau de réseau principal (RP1 et RP2), les classes de trafic (TPLi) utilisées dans les fiches structures de dimensionnement sont exprimées en nombre de PL par jour et par sens (PL/j/s) de la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

**Tableau IV.3** : Classes de trafic TPLi.

Classe de Trafic (TPLi) (PL/J/sens)	TPL0	TPL1	TPL2	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
PL/J/sens	-	-	-	150	300	600	1 500	3 000
Pour (RP1)				à 300	à 600	à 1 500	à 3 000	à 6 000
PL/J/sens	0	50	100	150	-	-	-	-
Pour (RP2)	à 50	à 100	à 150	à 300				

**IV.4.2.4. Calcul du trafic cumulé de PL (TCi)**

Le trafic cumulé est donné par la formule suivante Avec :

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

$\tau$  = taux d'accroissement géométrique, pris égal à 0.04 ;

n = durée de vie considérée.

**IV.4.2.5 Calcul du trafic cumulé équivalent TCEi**

Le TCEi correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes (6.5) sur la durée de vie considérée.

$$TCEi = TCi \times A = TPLi ((1+\tau)^n - 1) \times A$$

Avec :

A : Coefficient d'agressivité des PL par rapport à l'essieu de référence de 13 tonne (6.5).

**Tableau IV.4 : Valeurs du coefficient d'agressivité A.**

	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
<b>RP1</b>	<b>Chaussées à matériaux traités au bitume :</b> GB/GB, GB/TUF, GB/SG...	<b>0.6</b>
	<b>Chaussées à matériaux traités aux liants</b> Hydrauliques : GL/GL, Bcg/GC	<b>1</b>
<b>RP2</b>	<b>Chaussées à matériaux non traités :</b> GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG	<b>0.6</b>
	<b>Chaussées à matériaux traits au bitume :</b> SB/SG	<b>0.4</b>
<b>RP1 et RP2</b>	<b>Sol support</b>	<b>0.6</b>

**Avec :**

**GB** : grave bitume, **GL** : grave laitier, **BCG** : béton de ciment goujonné, **SB** : sable bitume, **GNT** : grave non traité, **SG** : sable gypseux, **AG** : arène granitique, **TUF** : encroutement calcaire.

#### IV.4.2.6 Sol support

Pour le calcul des sollicitations dans le corps de chaussée sous l'essieu de référence (13t), le sol support est généralement assimilé à un milieu élastique décrit par : un module d'Young E un coefficient de Poisson  $\nu$  ( $\nu = 0.35$ )

Ces deux paramètres sont représentatifs du comportement dit à long terme pour la partie supérieure des terrassements, PST.

Le module d'Young E est calculé par la formule

$$E(\text{MPa}) = 5\text{CBR}$$

**Tableau IV.5** : Classes de portance de sol support (fascicule1, CTTp1).

Classes de sol-support	S4	S3	S2	S1	S0
Module (MPa)	15-25	25-50	50-125	125-200	> 200

#### IV.4.2.7 Classes de sols supports par niveau de réseau principal (RPi)

Les classes de sol support considérées sont les suivantes :

- Pour le réseau principal RP1 : S0, S1, S2 ;

#### IV.4.2.8 Amélioration de la portance du sol support

- La couche de forme a pour but d'améliorer la portance du sol support, Le (CTTP) a fait des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de la couche de forme, le mode de sa mise en place (nombre de couches) et la nature du matériau utilisé (les plus répandus en Algérie) pour la réalisation de la couche de forme.

#### IV.4.2.9 Détermination de la zone climatique

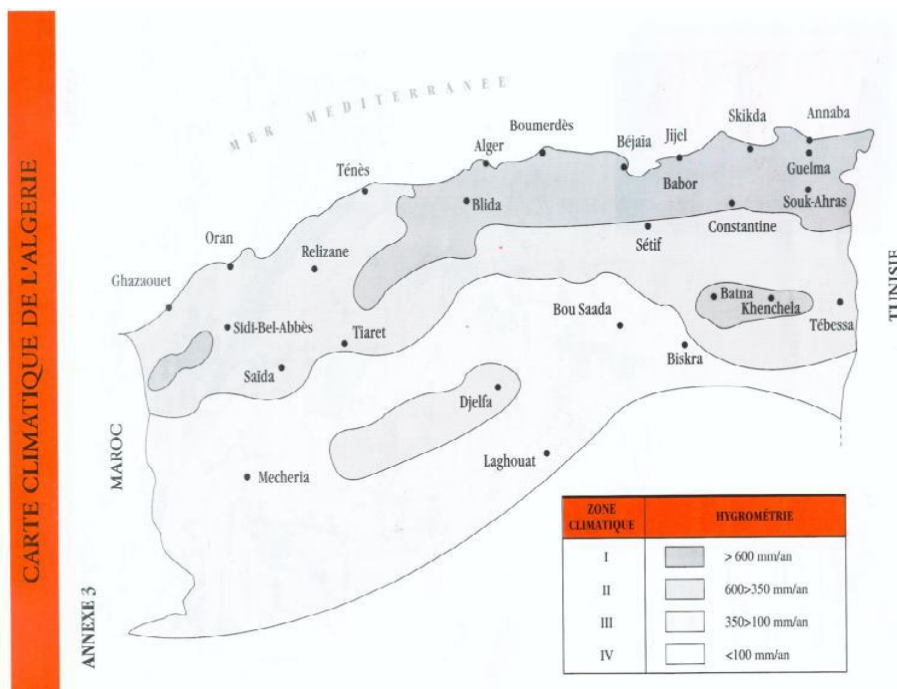
Le dimensionnement de corps de chaussée est effectivement réalisé en prenant en compte la température consistance ou température équivalente  $\theta_{eq}$ . Cette température est calculée en tenant compte des variations de température annuelles pour s'assurer que le corps

de chaussée est dimensionné pour résister aux contraintes thermiques. Pour le réseau principal RP2 : S0, S1, S2, S3.

Le tableau ci-dessous présente la zone climatique et la température équivalente :

**Tableau IV.6 : Pluviométrie selon les zones climatiques.**

Zone climatique	Température équivalente E <sub>éq</sub> (C°)	Pluviométrie (mm/an)	Climat	Région
<b>Zone I</b>	<b>20</b>	<b>&gt; 600</b>	<b>Très humide</b>	<b>Nord</b>
<b>Zone II</b>	<b>20</b>	<b>350 à 600</b>	<b>Humide</b>	<b>Nord, hauts-plateaux</b>
<b>Zone III</b>	<b>25</b>	<b>100 à 350</b>	<b>Semi-aride</b>	<b>Hauts-plateaux</b>
<b>Zone IV</b>	<b>30</b>	<b>&lt; 100</b>	<b>Aride</b>	<b>Sud</b>

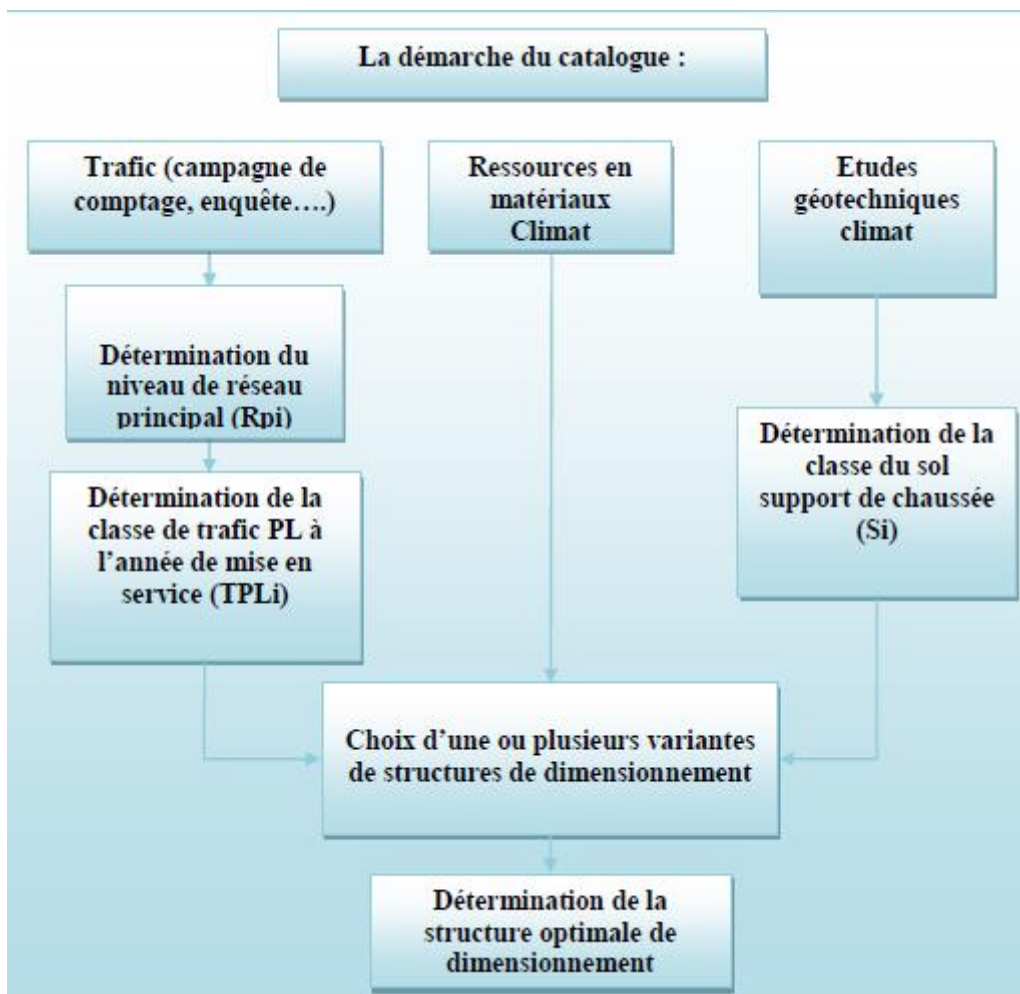


**Figure IV.7 : Carte climatique de l'Algérie**

### IV.5 Méthode de dimensionnement des chaussées neuves CTTTP

Le catalogue de dimensionnement des chaussées se présente sous forme de fiches de dimensionnement dans lesquelles les structures sont déjà précalculées.

- Principes du dimensionnement du catalogue :
  - Le trafic (solllicitation) : charge de référence 13t ;
  - Le sol support ;
  - La zone climatique ;
  - La durée de service ;
  - Les matériaux et les types de structure.
- La réalisation et la vérification de stabilité de la structure :



**Figure IV.8 :** Application de la méthode du catalogue au dimensionnement du corps de chaussée.

## IV.6. Application au projet

Pour le dimensionnement du corps de chaussée de notre projet, on va utiliser les méthodes CBR et la méthode de C.T.T.P.

### IV.6.1. Méthode CBR Améliorée

Les structures de chaussées reposent sur la « plate-forme support de chaussée » constituée du sol naturel terrassé ou éventuellement surmontée en cas de besoin d'une couche de forme.

Le catalogue de dimensionnement a divisé les classes de portance des sols par ordre croissant de S4 à S0. La valeur du CBR étant de 4,29 (notre sol est de mauvaise portance), donc la portance du sol support est de S4.

On a :

- $\tau = 4\%$  ;
- Pourcentage de poids lourds est :  $Z=15\%$
- On prend  $CBR = 4,29$  : donc notre sol est de faible portance de classe S4
- $TJMA_{2024} = 10816$ véhicules/jour
- $TJMA_{2044} = 23699$ Véhicules/jour ;
- *Durée de vie* : 20ans ;
- Charge maximale par roue  $P = 6.5t$  (essieu 13 t) ;

Calcul de l'épaisseur équivalente :

$$N_{PL2024} = (TJMA \ h/2) \times PL\% = (10816/2) \times 0.15 = 812 PL/j/sens$$

$$N_{PL(2044)} = 812(1+0.04)^{20} = 1780 \text{ PL/j/sens}$$

$$E_{éq} = \frac{100 + \sqrt{P} \times \left(75 + 50 \cdot \log\left(\frac{N}{10}\right)\right)}{I_{CBR} + 5}$$

$$E_{éq} = \frac{100 + \sqrt{6.5} \times \left(75 + 50 \log\left(\frac{1780}{10}\right)\right)}{4.29 + 5}$$

On prend  $E_{éq} \approx 63 \text{ cm}$ .

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

On prend :

Couche de roulement en béton bitumineux ( $a_1 = 2, e_1 = 8 \text{ cm}$ ):  $a_1 \times e_1 = 8 \times 2 = 16 \text{ cm}$ .

Couche de base en grave bitume  $a_2 = 1.2, e_2 = 15 \text{ cm}$ ):  $a_2 \times e_2 = 15 \times 1.2 = 18 \text{ cm}$

Donc L'épaisseur de la couche de fondation ( $a_3 = 1, e_3 = ?$ ) en grave concassé (G.C) est de :

$$E_{\text{éq}} = 2 \times 8 + 1.5 \times 15 + 1 \times e_3 = 63 \text{ cm}$$

$$e_3 = 63 - (2 \times 8 + 1.5 \times 15) \approx 30 \text{ cm}$$

$$a_3 \times e_3 = 29 \times 1 = 30 \text{ cm}$$

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

Tableau IV.7 : Tableau récapitulatif.

Couches	Epaisseur réelle (cm)	Epaisseur équivalente (cm)
Couche de roulement	8	16
Couche de base	15	18
Couche de base	30	30
Total	52	64

La structure du corps de chaussée par la méthode CBR est comme suit :

8 BB+15 GB+30 GC

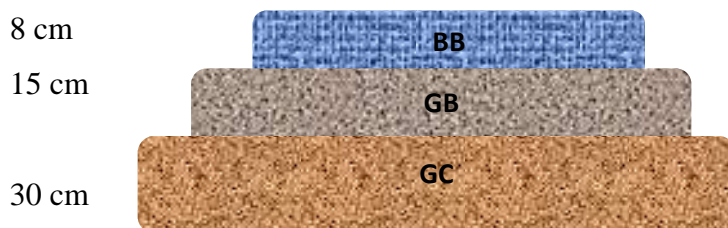


Figure IV.9 : Structure du corps de chaussée par la méthode CBR améliorée.

#### IV.6.2. Méthode des catalogues des structures :

##### ✚ Choix du réseau principal :

D'après le catalogue C.T.T.P, le réseau principal se décompose en deux niveaux (voir le tableau IV.6) :

Tableau IV.8 : Classification des réseaux principaux.

Réseau principal	Trafic (véhicule/jour/sens)
RP1	>1500
RP2	<1500

Dans notre cas, on a :

TJMA2024=10816 v/j>1500 v/j ; Donc : le réseau principal est **RP1**.

**✚ Détermination de la classe du trafic (TPLi) :**

TJMA2024 = 10816 v/j.

TJMA2024 = 10816/2= 5408 v/j/sens.

TPL2024 = 5408\*0,15 = 812 PL/j/sens

Chaussée unidirectionnelle à 2 voies : 90% du trafic PL sur la voie lente de droite.

TPL2024 = 812x0.9 = **731** Pl/j/sens de poids lourds par jour par sens sur la voie la plus chargée(VPC).

✓ Classe TPLi pour RP1 :

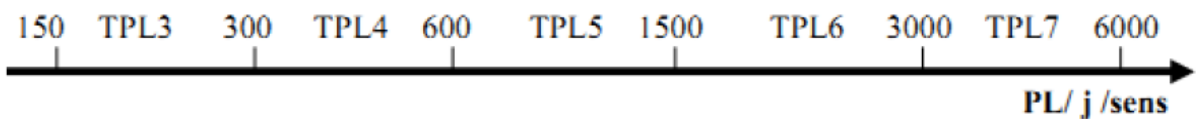


Figure IV.10 : Classes de TPLi pour RP1. (Source : C.T.T.P).

D'après les résultats trouvés, notre trafic est classé en **TPL5**.

**✚ Détermination de la portance de sol-support de la chaussée :**

**a) Présentation des classes de portance des sols :**

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S4 à S0.

Tableau IV.9 : Classes de portance des sols (C.T.T.P).

Portance (si)	CBR	Interprétation
<b>S4</b>	<b>&lt;5</b>	<b>Très mauvaise portance</b>
<b>S3</b>	<b>5-10</b>	<b>Mauvaise portance</b>
<b>S2</b>	<b>10-25</b>	<b>Portance moyenne</b>
<b>S1</b>	<b>25-40</b>	<b>Bonne portance</b>
<b>S0</b>	<b>&gt;40</b>	<b>Très bonne portance</b>

Pour notre cas, on a une mauvaise portance du sol (CBR=4,29), donc doit être amélioré

Tableau IV.10 : Epaisseurs de la couche de forme. (C.T.T.P).

Portance de sol	Matériau de CF	Epaisseur de CF $E_{cf}$	Portance visée
<S4	Non Traité	50cm (2 couches)	S3
S4	Non traité	35 cm	S3
<b>S4</b>	<b>Non traité</b>	<b>60cm (2couches)</b>	<b>S2</b>
S3	Non traité	40 cm (2 couches)	S2
S3	Non traité	70 cm (2 couches)	S2

Selon le tableau ci-dessus, est proposée une couche de forme d'épaisseur de 60 cm

La classe de portance de notre sol-support est **S4**:

$$E = 5 \times \text{ICBR} = 5 \times 10 = 50\text{MPa.}$$

La portance du sol support doit être au moins de **50 MPA**, la classe de portance visée est **S2** (CBR 10-25), le passage de **S4** à **S2** nécessite la mise en place d'une couche de forme en TVO ou en TUF de 60 cm (en deux couches).

Donc nous optons pour une **couche de forme de 60cm d'épaisseur en 2 couches de TUF**, ce qui nous permet de passer à une portance du sol d'une classe **S2**.

Le catalogue Algérien (fascicule 3) nous propose la structure suivante :

TPLi PL./j/sens	Si	S2	S1	S0
		50 MPa	125 MPa	200 MPa
6000				
TPL7				
3000				
TPL6				
1500				
1500				
TPL5				
600				
TPL4				
300				
TPL3				
300				
TPL3				
150				

Figure IV.11 : Structure de chaussée de notre projet d'après le CTTT-fascicule3.

Les résultats déduits de la méthode de dimensionnement des chaussées neuves, sont comme suit :

- Couche de roulement en béton bitumineux : BB = 6 cm ;
- Couche de base en grave bitume : GB = 20 cm ;
- Couche de fondation en grave non traité : GNT = 30 cm ;
- Couche de forme en Tuf de 60cm d'épaisseur (en 2 couches).

$$6BB + 20GB + 30GNT + 60 TUF$$

**✚ Vérification à la fatigue de la structure et de la déformation du sol support :**

Il faut vérifier que les déformations  $\epsilon_t$  et  $\epsilon_z$  calculées à l'aide du logiciel Alizé LCPC, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées respectivement à  $\epsilon_t, adm$  et  $\epsilon_z, adm$  par la méthode du catalogue.

$\epsilon_t$  : étant la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume.

$\epsilon_z$ : (sol) étant la déformation verticale sur le sol support.

**▪ Calcul du trafic cumulé équivalent TCEi :**

Le TCi est le trafic cumulé de PL sur la période considérée pour le dimensionnement (durée de vie). Il est donné par la formule suivante :

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

▪ A : Coefficient d'agressivité des PL par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes A=0.6.

▪ n : durée de vie de la route 20 ans.

▪  $\tau$  : Taux de croissance du trafic  $\tau=4\%$ .

$$TCEi = A \times TPLi \times 365 \times \frac{(1 + \tau)^n - 1}{\tau} \rightarrow TCEi = 0.6 \times 731 \times 365 \times \frac{(1 + 0.04)^{20} - 1}{0.04}$$

$$TCEi = 2,86 \times 10^6 \text{ PL/J/sens sur VPC (essiaux 13t).}$$

**✚ Calcul de la déformation admissible ( $\epsilon_z, adm$ ) sur le sol support :**

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

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times TCEi^{-0.235}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (2,86 \times 10^6)^{-0.235}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 5.54 \times 10^{-6}$$

**✚ Calcul des déformations admissibles :**

Pour les matériaux traités au bitume, le calcul de la déformation admissible de traction à la base des couches bitumineuses  $\epsilon_t, adm$  est donné par la relation suivante :

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

Avec :

- $\epsilon_6 10^{-6}(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz})$  : Déformation limitée à 106 cycles
- $Kne$ : Facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée
- $K\theta$ : Facteur lié à la température ;
- $Kr$  : Facteur lié au risque et aux dispersions ;
- $Kc$ : Facteur lié au calage=1.3.

On a:

- $Kne = \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b$ .
- $K\theta = \left(\frac{E(10^\circ\text{c}, 25\text{HZ})}{E(\theta\text{eq}, 10\text{HZ})}\right)^{0.5}$ .
- $Kr = 10^{-tb\delta}$  Avec :  $\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} \times Sh\right)^2}$

**✚ Caractéristiques mécaniques des matériaux :**

Les performances mécaniques sont données dans le tableau 13 (fascicule 2) :

**Tableau IV.11 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux.**

Matériau	E(20°,10HZ) (MPa)	E(10°,10HZ) (MPa)	$\epsilon_6(10^\circ, 25\text{HZ})$ (MPa)	b	SN	Sh (Cm)	v	Kc Calage
BB	4000	-	-	-	-	-	0.35	-
GB	7000	12500	100	0.146	0.45	3	0.35	1.3

- **b** : pente de la droite de fatigue ( $b < 0$ ) égale à **-0.146**.
- **E (10°c)** : module complexe du matériau bitumineux à 10°C.
- **E ( $\theta\text{eq}$ )** : module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée.
- **SN** : dispersion sur la loi de fatigue.
- **Sh** : dispersion sur les épaisseurs.
- **C** : coefficient égale à 0.02.

**✚ Risque de calcul :**

Le risque de calcul est fonction de la classe de trafic TPL (TPLi) et du type de structure de chaussée. Pour un réseau RP1 de classe TPL5 et pour une structure GB/GB, d'après le tableau 12(fascicule 2) on a :  $r=10\%$ .

On a **t** : fractale de la loi normale qui est en fonction du risque adopté r (%), d'après le

tableau 16(fascicule 2), on trouve  $t = -1.282$ .

**Tableau IV.12 :** Risques adoptés pour le réseau RP1 (selon CTTP fascicule2).

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

Avec :

**GB** : grave bitume, **GL** : grave laitier, **BCG** : béton de ciment goujonné, **SB** : sable bitume, **GNT** : grave non traité, **SG** : sable gypseux, **AG** : arène granitique, **TUF** : encroutement calcaire.

**Tableau IV.13:** Valeurs de t en fonction de r% ( selon CTTP fascicule2).

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

✚ Application numérique à notre projet :

$$\bullet Kne = \left(\frac{10^6}{TCEI}\right)^b = \left(\frac{10^6}{2.86 \times 10^6}\right)^{-0.146} = 1,165$$

Donc :

$$Kne = 1,165$$

$$\bullet K\theta = \left(\frac{12500}{7000}\right)^{0.5} = 0,119$$

$$\rightarrow K\theta = 0,119$$

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\left(\frac{C}{b}\right) \times sh\right)^2} = \sqrt{0.45^2 + \left(\left(\frac{0.02}{0.146}\right) \times 3\right)^2} = 0.609$$

$$Kr = 10^{-(-1.282)(-0.146)(0.609)} = 0,68$$

$$\rightarrow Kr = 0,68$$

$$\varepsilon t, ad = \varepsilon_6 (10^\circ C, 25Hz) \times Kne \times K\theta \times Kr \times Kc$$

$$\epsilon_{t, ad} = 100 \times 10^{-6} \times 1,165 \times 0,119 \times 0,68 \times 1,3$$

$$\rightarrow \epsilon_{t, ad} = 101,9 \times 10^{-6}$$

✚ Calcul des déformations par Alizé LCPC :

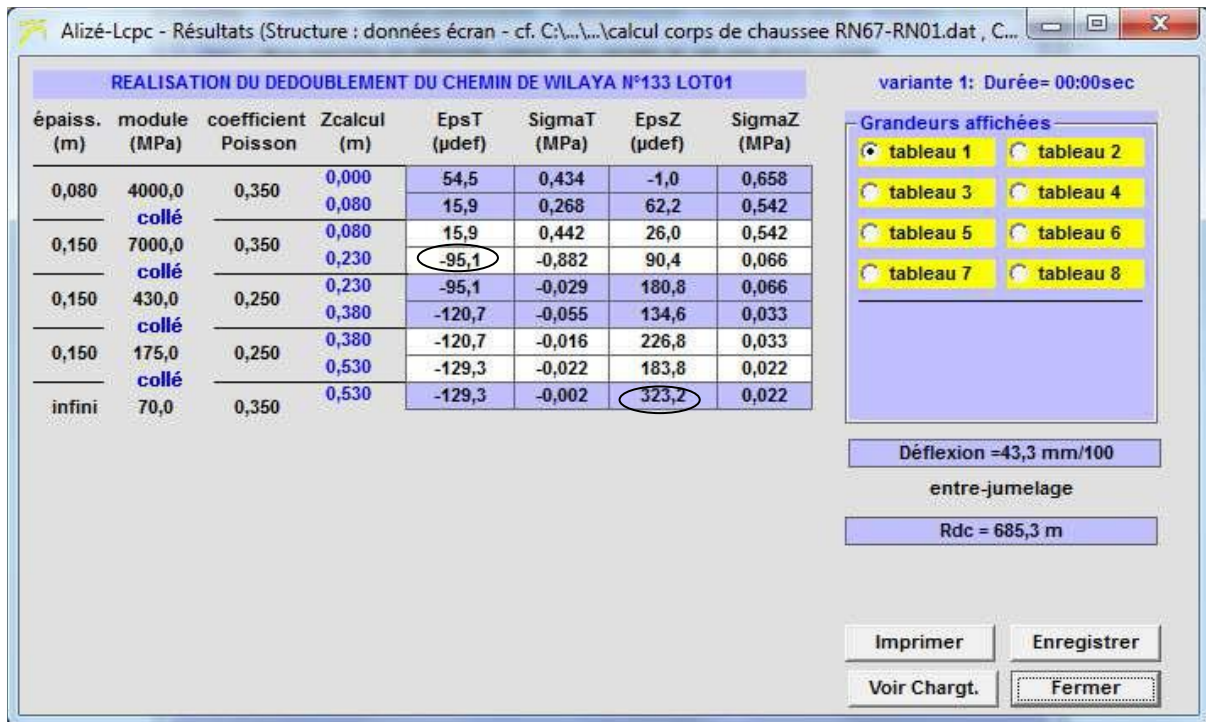


Figure IV.12 : Résultats de la simulation à l'aide d'Alizé LCPC.

Tableau IV.14 : Comparaison des déformations.

	Déformations calculées	Déformations admissibles
$\epsilon_z$ (Sol support)	$323,2 \times 10^{-6}$	$554 \times 10^{-6}$
$\epsilon_t$ (à la base de GB)	$95,1 \times 10^{-6}$	$101,9 \times 10^{-6}$

D'après le tableau 14 de comparaison des déformations, on remarque que :

$\epsilon_z < \epsilon_{z, adm}$  → Condition Vérifiée.

$\epsilon_t < \epsilon_{t, adm}$  → Condition Vérifiée.

Donc notre structure est vérifiée.

## IV.7.Conclusion

Le dimensionnement de la chaussée avec les méthodes CBR améliorée et CTTP, nous donnent les résultats suivants :

**Tableau IV.15:** Résultats de dimensionnement.

Méthode CBR Améliorée	Méthode CTTP
8 BB + 15 GB + 30 GC	6 BB + 20 GB + 30 GNT + 60 TUF

Le choix de la structure de chaussée doit d'abord résulter de la prise en considération des contraintes techniques, mais il doit aussi prendre en compte les contraintes économiques imposées au projet.

On remarque que l'épaisseur du corps de chaussée, obtenue avec la méthode CBR améliorée est moins importante que la méthode CTTP. Ceci fait que la méthode CBR améliorée nous donne le corps de chaussée le plus économique, donc on la choisit pour le dimensionnement du corps de chaussée de notre projet.

# **Chapitre V : Caractéristiques géométriques**

## V.1. Introduction

La géométrie de la route est un aspect crucial de la planification des routes. Elle implique la conception et la disposition des routes dans l'espace en fonction de divers éléments géométriques pour assurer la sécurité, l'efficacité et le confort des usagers de la route.

Est définie géométriquement par trois groupes d'éléments qui sont

- Trace de son axe en situation où en plan
- Profil en long
- Profil en travers

## V.2. Présentation brève du logiciel PISTE

Parmi les logiciels existants dans le domaine des travaux publics adapté à la conception des ouvrages linéaires tel que les tracés routiers, on trouve le logiciel PISTE.

C'est un outil de base pour les bureaux d'études devant concevoir des projets linéaires de génie civil, depuis le simple chemin de remembrement jusqu'au projet autoroutier, en passant par les projets de renforcement de chaussées existantes. Sa souplesse lui permet en outre, de pouvoir traiter toutes les études modélisables par profils en travers (canaux, digues, barrages, voies ferrées, travaux aéroportuaires, tranchées...).

## V.3. Tracé en plan

### V.3.1.Introduction

Le tracé en plan est la représentation sur un plan horizontal de l'axe de la route, ce plan est en général soit ; une carte topographique, une image satellitaire, un plan de situation, ou une carte du relief du terrain, représentée par des courbes de niveaux. Ce tracé est caractérisé par une vitesse de base à partir de laquelle on pourra déterminer les caractéristiques géométriques de la route

### V.3.2.Règles à respecter dans le tracé en plan

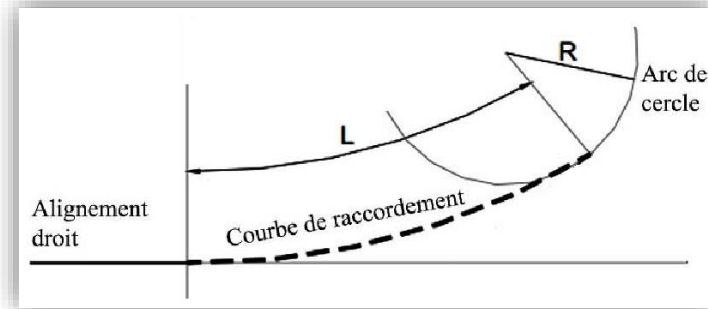
Pour faire une bonne conception de tracé en plan dans les normes, il est recommandé de:

- Eviter les franchissements des oueds, afin d'éviter la construction des ouvrages d'art pour des raisons économiques.
  - Appliquer les normes de conception, par exemple les normes de la B-40. L'adaptation du tracé en plan au terrain naturel, en cherchant un équilibre entre le volume des remblais et celui des déblais.
  - Eviter de passer sur des terrains agricoles, des zones forestières et les propriétés privées.
  - Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Construire 60% des alignements au plus de la longueur totale du trajet.

### V.3.3.Éléments du tracé en plan

Les éléments du tracé en plan sont les suivants :

- Des droites (alignements).
- Des arcs de cercle.
- Courbes de raccordement de courbures progressives (clothoïdes).



**Figure V.1** :Éléments du tracé en plan.

#### V.3.3.1.Alignements (droites)

La longueur des alignements dépend de la vitesse de base ( $V_b$ ).

- **La longueur minimale  $L_{min}$**  : est celle qui sépare deux courbes circulaires de même sens, elle correspond à un chemin parcouru durant un temps de 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon de deux arcs de cercles.

$$L_{min} = T \times \frac{V_b}{3.6}$$

$V_b$  : vitesse de base (km/h).

$T$  : temps égal à 5 secondes.

- **La longueur maximale  $L_{max}$**  : prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes.

$$L_{max} = T \times \frac{V_b}{3.6}$$

#### V.3.3.2.Arcs du cercle

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe tels que ; stabilités des véhicules en courbe : visibilité en courbe et inscription des véhicules longs dans les rayons faibles.

Le dimensionnement du rayon du tracé en plan et des dévers correspondant est lié à :

- La dynamique des véhicules.
- Conditions de contact pneu/chaussée (stabilité).
- Confort de l'utilisateur.

**Paramètres fondamentaux** : Ce projet est une route de catégorie **C2**, dans un environnement E2, avec une vitesse de base de  $V_b=80$  km/h. Ces données nous aident à tirer les caractéristiques suivantes qui sont inspirées des normes de la B 40 :

**Tableau V. 1** : Paramètres fondamentaux

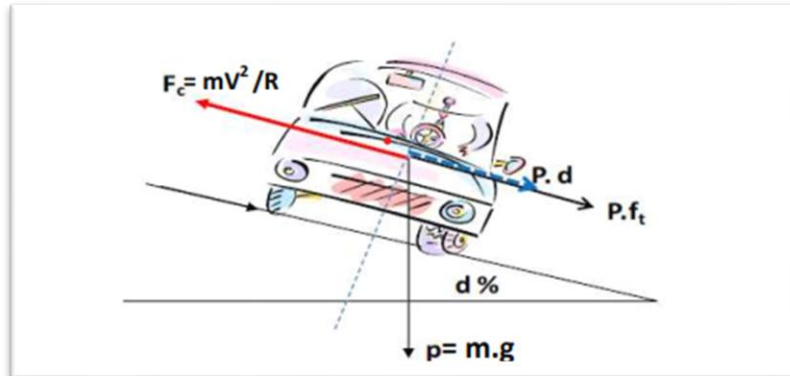
Paramètres	symbole	valeur
Temps de perception réaction (s)	t	2
Frottement longitudinal	f <sub>L</sub>	0.39
Distance de freinage (m)	d <sub>0</sub>	65
Distance d'arrêt (m)	d <sub>l</sub>	109
Distance de visibilité de dépassement min (m)	d <sub>m</sub>	325
Distance de visibilité de dépassement normal (m)	d <sub>n</sub>	500
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	d <sub>md</sub>	200

### V.3.3.2.1. Stabilité de véhicules en courbe

Dans une courbe de rayon R, de dévers d, un véhicule de masse m circulant à la vitesse v, est sollicité par une force centrifuge donnée par la formule ci-dessous :

$$F_c = \frac{mv^2}{R}$$

Afin de réduire l'effet de cette force (éviter le phénomène de dérapage), la chaussée est inclinée transversalement (dévers) vers l'intérieur du virage (exprimé par sa tangente).



**Figure V.2:** Schématisation de la force centrifuge.

**d** : dévers, selon la B-40 :

**F** : force centrifuge.

**P** : poids de véhicule.

**f<sub>t</sub>** : coefficient de frottement transversale :

**Tableau V.2:** Valeurs du coefficient de frottement transversal (B-40 ).

Vitesse de base $V_b$ (km/h)	40	60	80	100	120
$f_t$	0.20	0.16	0.13	0.11	0.10

**Remarque**

- Le devers « d » ne doit pas être trop grand (risque de glissement à faible vitesse par temps Pluvieux ou verglas)
- Le devers « d » ne doit pas être trop faible pour assurer un bon écoulement des eaux. Ceci nous conduit à la série de couples (Catégorie, d).

Au devers maximum correspond le rayon minimum absolu  $R_{Hm}$  (B40) avec :

- $d_{max} = 7\%$  pour les catégories (1– 2) ;
- $d_{max} = 8\%$  pour les catégories (3– 4) ;
- $d_{max} = 9\%$  pour la catégorie 5.

**a. Rayon minimal admissible**

$$R = \frac{V_b^2}{127(d + f_t)}$$

**b. Rayon minimum absolu ( $R_{Hm}$ )**

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal comme suit :

$$R_{Hm} = \frac{V_b^2}{127 \times (d_{max} + f_t)}$$

$f_t$  : coefficient de frottement transversal.

$d_{max}$ : devers maximal

**c. Rayon minimal normal ( $R_{HN}$ )**

Le rayon minimal normal sert de sécurité aux véhicules roulant à une vitesse qui dépasse la vitesse de basse de 20 km/h.

$$R_{HN} = R_{Hm}(v_b + 20)$$

$$R_{HN} = \frac{(v_b + 20)^2}{127 \times (d_N + f_t)}$$

**d. Rayon au dévers minimum ( $R_{Ha}$ )**

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse de basse  $V_B$  serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit. Le dévers associé  $d_{min} = 2,5\%$  en **catégorie 1 et 2** de la route et  $d_{min} = 3\%$  en **catégorie 3 et 4** de la route.

$$R_{Hd} = \frac{v_b^2}{127 \times 2 \times d_{min}}$$

#### e. Rayon non déversé ( $R_{Hnd}$ )

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toit et le devers est négatif pour l'un des sens de circulation, le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non déversé.

$f'=0.06$  catégorie de la route 1-2

$f'=0.07$  catégorie de la route 3

$f'=0.075$  catégorie de la route 4-5

$$R_{Hnd} = \frac{v_b^2}{127 \times (f' - d_{min})}$$

#### f. Règles pour l'utilisation des rayons en plan

- Il n'y a aucun rayon  $\leq R_{Hm}$ . On utilise autant que possible des rayons  $> R_{HN}$ .
- Les rayons compris entre  $R_{Hmet}$   $R_{HN}$  sont au  $d_{min}$ , mais des rayons supérieurs à  $R_{Hnd}$  peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.
- Tous les rayons déversés (compris entre  $R_{Hmet}$   $R_{Hnd}$ ) sont munis de courbes de raccordement progressif.

#### V.3.3.2.2. Visibilité en courbe

Pour avoir une bonne visibilité dans les courbes, on essaie de choisir des rayons les plus grands que possibles afin d'éviter de descendre en dessous du rayon minimum. Un véhicule long à 2 essieux, circulant dans un virage, balaye en plan une bande de chaussée plus large que celle qui correspond à la largeur de son propre gabarit. Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, on donne à la voie parcourue par ce véhicule une sur-largeur par rapport à sa largeur normale en alignement.

La sur-largeur est calculée par la formule ci-après :

$$S = \frac{L^2}{2 \times R^2}$$

**L** : la longueur du véhicule (valeur standard de 10 m).

**R** : rayon inférieur à 200 m.

Donc la formule de calcul de la sur-largeur est confort à :  $S = \frac{50}{R^2}$

**V.3.3.3. Courbe de raccordement progressif (clothoïdes)**

Le fait que le tracé soit constitué d'alignements et d'arcs ne suffit pas, il faut donc prévoir des raccordements à courbure progressif, qui permettent d'éviter la variation brusque de la courbe lors du passage d'un alignement à un cercle ou entre deux courbes circulaires et cela, pour assurer :

- ✓ La stabilité transversale du véhicule.
- ✓ Confort des passagers du véhicule.
- ✓ Transition de la forme de la chaussée.
- ✓ Un tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

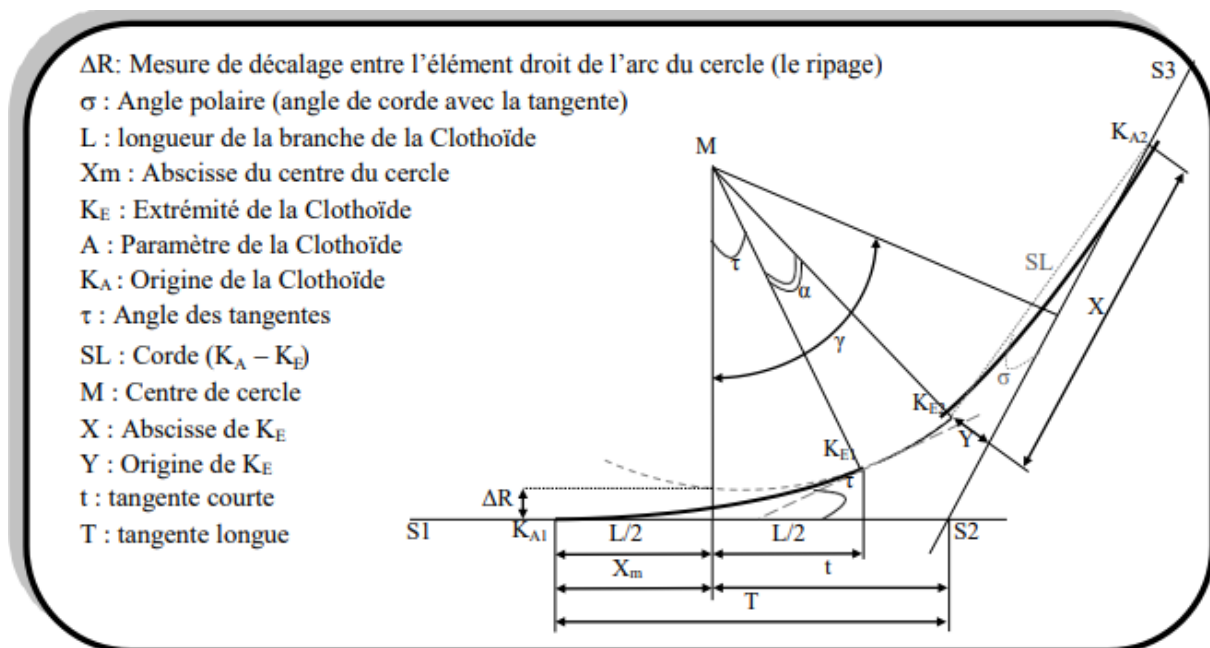
La courbe de raccordement la plus couramment utilisée est la clothoïde, en raison de sa particularité.

- a. Expression de la clothoïde : Une clothoïde est une courbe plane dont la courbure en un point est proportionnelle à l'abscisse curviligne du point. Elle est définie par :

$$A = \sqrt{RL}$$

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

- b. Eléments de la clothoïde :



**Figure V .3 : Les éléments de la clothoïde.**

**c. Conditions de raccordement**

Le choix du paramètre **A** de la clothoïde doit respecter les trois conditions, qui nous permet de fixer la longueur minimale de raccordement, qui sont :

- ❖ Condition de confort optique.
- ❖ Condition de gauchissement.
- ❖ Condition de confort dynamique.

**✚ Condition de confort optique**

C'est une condition qui permet d'assurer à l'utilisateur une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels. Selon la B-40 on distingue :

$$\frac{R}{3} < A < R \quad \text{D'où } A = \sqrt{R \times L}$$

- **$R \leq 1500 \text{ m}$**                       alors :  $\Delta R = 0.5 \text{ m}$  et  $L = \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$
- **$1500 < R < 5000 \text{ m}$**               alors :  $L > R/9$
- **$R > 5000 \text{ m}$**                       alors  **$R = 2.5 \text{ m}$**  et  $L = \sqrt{7.75 \times R}$

**✚ Condition de confort dynamique**

Cette condition consiste à éviter la variation trop brutale de l'accélération transversale, et imposer une variation limitée.

$$\text{D'où : } L > \left[ \frac{Vr^2}{18} \times \left( \frac{Vr^2}{127 \times R} - \Delta d \right) \right]$$

Avec :

- **Vr** : vitesse de référence (vitesse de base) en (km/h).
- **R** : rayon (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.

$$L \geq Vr \times \Delta d \times l$$

- **L** : longueur de raccordement.
- **Vr** : vitesse de référence (vitesse de base) en (km/h).
- **l** : largeur de la chaussée.
- **Δd** : variation de dévers.

### V.3.4. Application au projet

Tableau V.1: Valeurs et symboles des paramètres de calcul de stabilité des véhicules en courbe.

paramètres	symboles	Valeurs
Vitesse de base (km/h)	$V_b$	80
Dévers min (%) pour C2	$d_{min}$	2.5
Dévers max (%) pour C2	$d_{max}$	7
Longueur min (m)	$L_{min}$	44
Longueur max (m)	$L_{max}$	1333
Rayon min absolu (m)	$R_{Hm}$	251.96
Rayon min normal (m)	$R_{HN}$	393.70
Rayon au dévers min (m)	$R_{Hd}$	1007.87
Rayon min non déversé (m)	$R_{Hnd}$	1439.82

### V.3.5. Construction du terrain

#### V.3.5.1 Tracé en plan (TEP)

##### a. Le nuage des points du terrain

- ✓ Ouvrir le logiciel piste5  $\Rightarrow$  fichier  $\Rightarrow$  nouveau  $\Rightarrow$  fond de plan (TPL)  
 $\Rightarrow$  ok  $\Rightarrow$  nommé le fichier  $\Rightarrow$  ok.
- ✓ Fichier  $\Rightarrow$  lire  $\Rightarrow$  levé topo  $\Rightarrow$  ok.

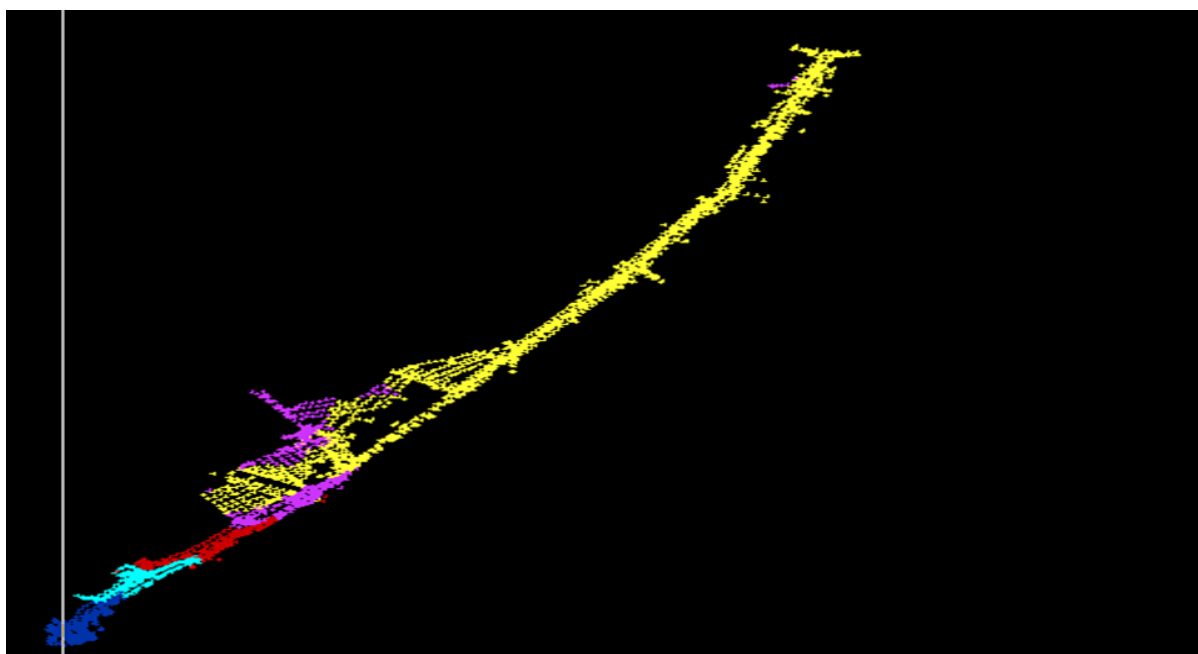


Figure V.4 : nuage des points

##### b. triangulation du terrain

- ✓ Calcul  $\Rightarrow$  trianguler  $\Rightarrow$  ok  $\Rightarrow$  ok.



**Figure V.5** : triangulation du terrain.

**c. courbe de niveau**

- ✓ Calcul  $\Rightarrow$  courbe de niveau  $\Rightarrow$  ok  $\Rightarrow$  ok.

**d. point haut et bas**

- ✓ Calcul  $\Rightarrow$  point haut et bas  $\Rightarrow$  ok.
  - **Axe en plan**
- ✓ Fichier  $\Rightarrow$  nouveau  $\Rightarrow$  conception plane  $\Rightarrow$  ouvrir  $\Rightarrow$  ok.
- ✓ Fichier  $\Rightarrow$  fond de plan  $\Rightarrow$  ouvrir  $\Rightarrow$  bouton droit  $\Rightarrow$  zoom tout.

**a. les points**

- ✓ Élément  $\Rightarrow$  point  $\Rightarrow$  nom d'élément : en bas de la page de terrain on écrit (POI P1)  $\Rightarrow$  Graphiquement, on sélectionne le premier point sur le

Graphique exécuté.

- ✓ Élément  $\Rightarrow$  point  $\Rightarrow$  nom d'élément : en bas de la page de terrain  $\Rightarrow$  (POI P2)  $\Rightarrow$  graphiquement, on sélectionne le deuxième point sur le graphe, exécuté.
- ✓ Même chose pour les autres points

**b. droites : (liaison entre deux points)**

- ✓ Élément  $\Rightarrow$  droite  $\Rightarrow$  nom d'élément : on donne un nom pour la droite en bas du graphe (DRO D1 P1P2)  $\Rightarrow$  Entrer.
- ✓ Élément  $\Rightarrow$  droite  $\Rightarrow$  nom d'élément : on donne un nom pour la droite en bas du graphe (DRO D2 P2 P3)  $\Rightarrow$  Entrer.

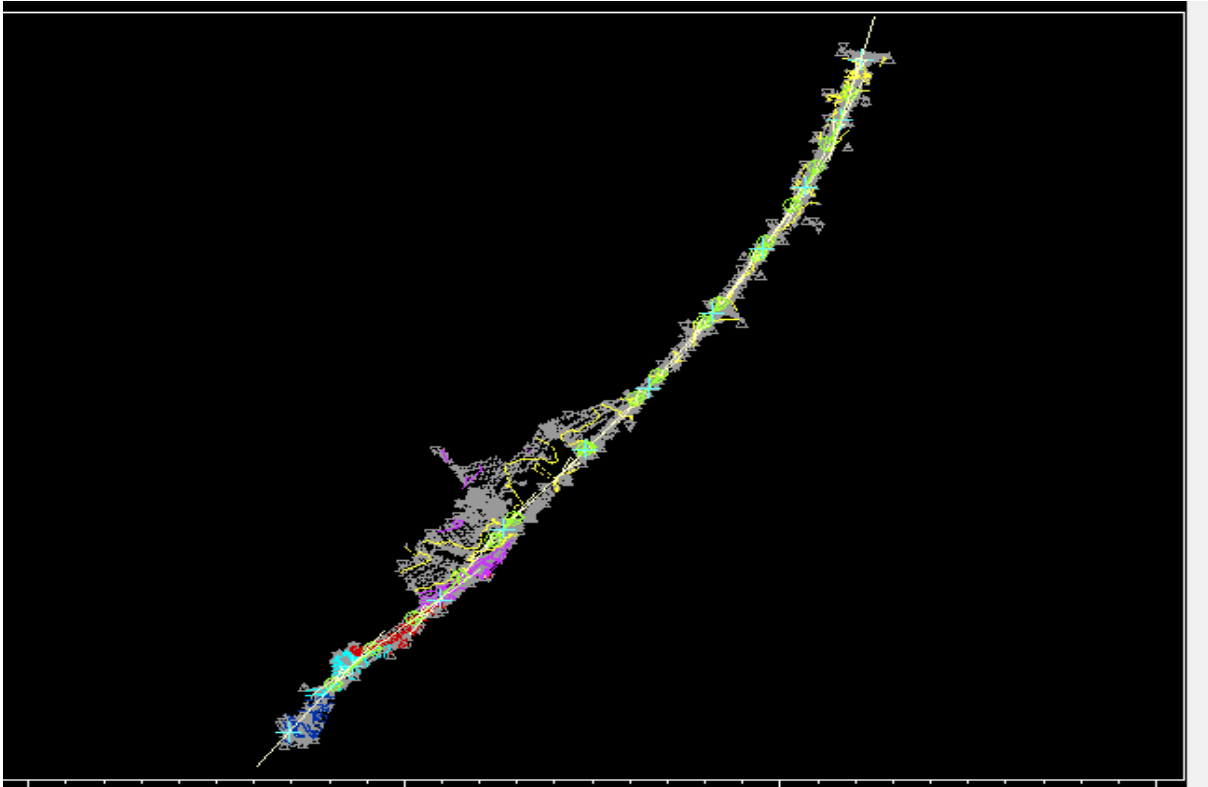
- ✓ Même chose pour les autres droites.

### c. Cercles (deux droites et un rayon)

- ✓ On détermine d'abord le rayon

### d. Le rayon

- ✓ Élément  $\Rightarrow$  distance en bas du graphe : Dis R1 (ex : +40  $\Rightarrow$  Entrer)
- ✓ On détermine un autre rayon s'il existe en tenant compte le signe.
- ✓ Et on passe au cercle.
- ✓ Élément  $\Rightarrow$  cercle : on écrit bas du graphe CER C1 D1 D2 R1  $\Rightarrow$  Exécuter
- ✓ Même chose pour les autres cercles



**Figure V.6** :Eléments du tracé en plan.

### e. Construction de l'axe

- ✓ Élément  $\Rightarrow$  Axe  $\Rightarrow$  nom d'élément (axe1)  $\Rightarrow$  Point (on clique sur le point P1)  $\Rightarrow$  fin automatique  $\Rightarrow$  Exécuter : on aura notre axe rouge

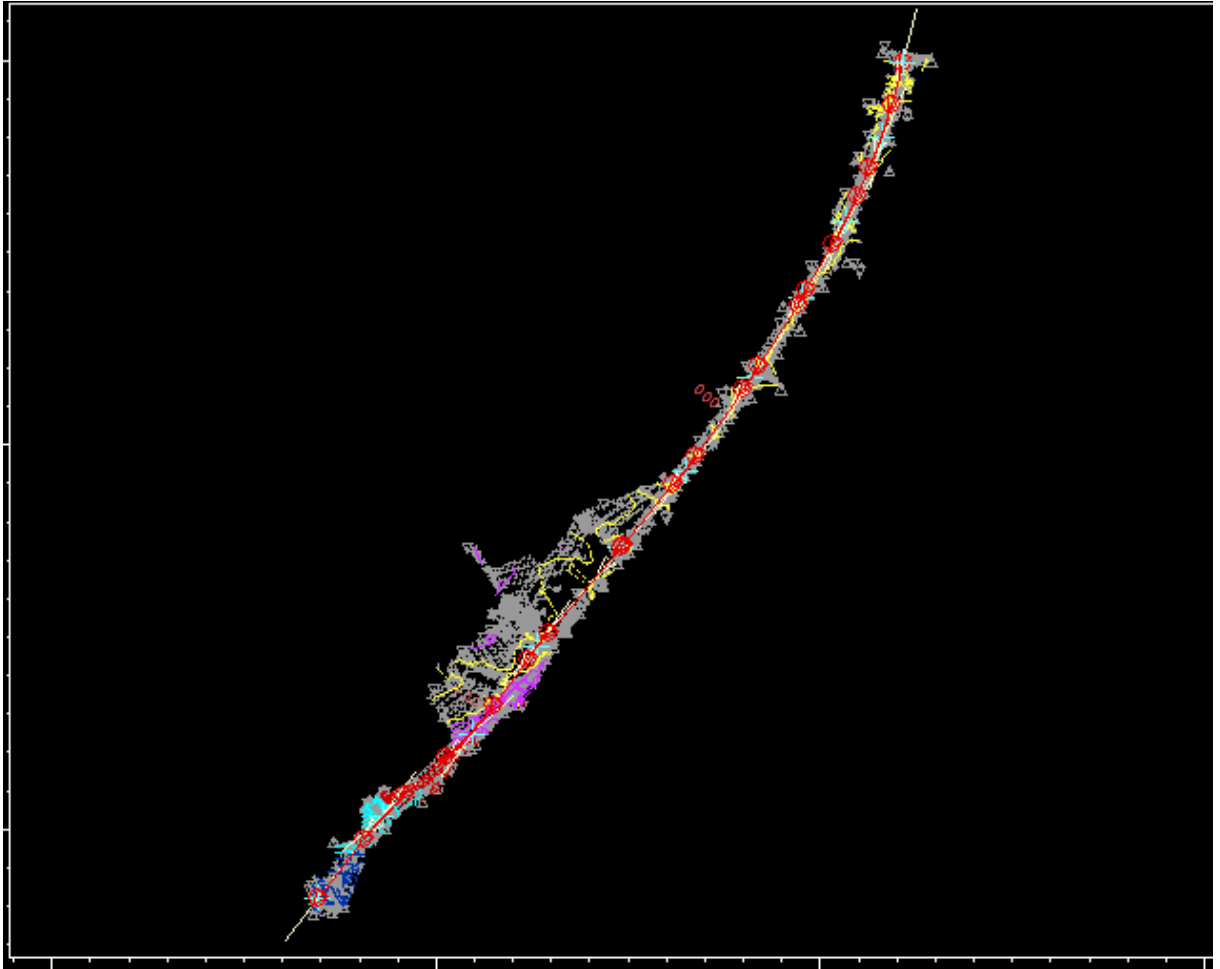


Figure V.7: Axe en plan

**f. Interpolation de l'axe en plan**

- ✓ Fichier  $\Rightarrow$  ouvrir  $\Rightarrow$  fond de plan TPL  $\Rightarrow$  ok.
- ✓ Calcul  $\Rightarrow$  interpoler  $\Rightarrow$  ouvrir  $\Rightarrow$  ok.

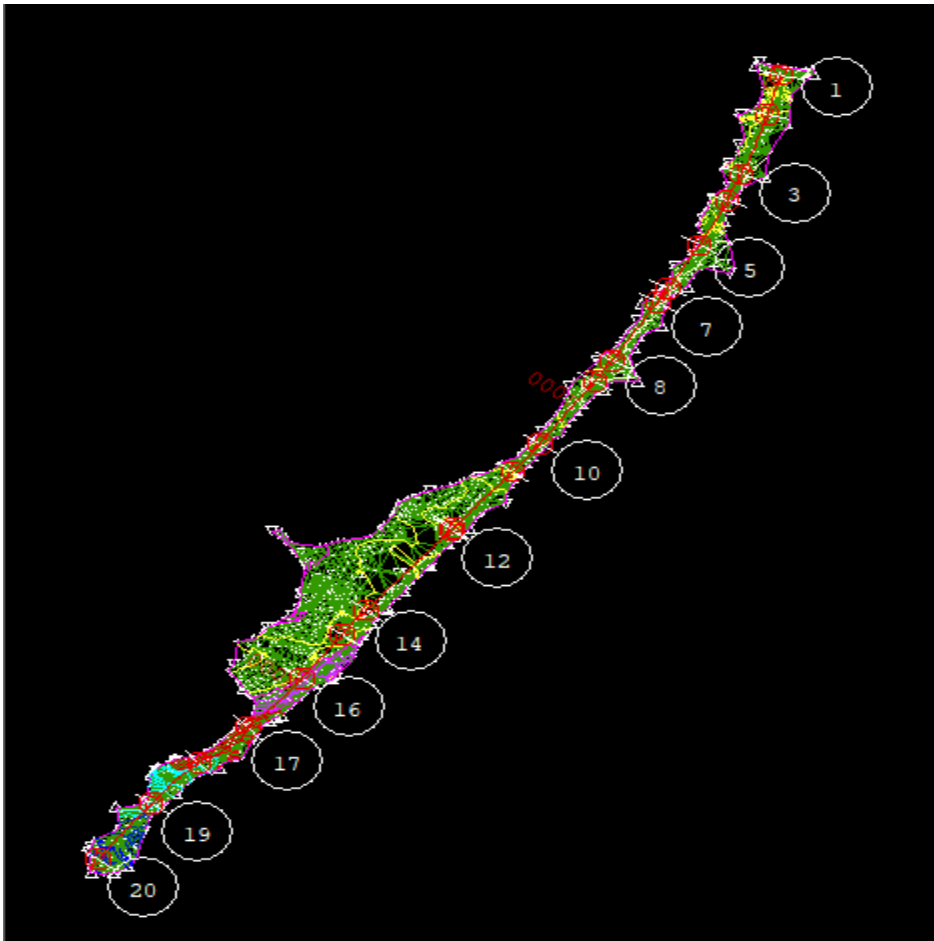


Figure V.8: Interpolation de l'axe en plan

## V.4. Profil en long (PEL)

### V.4.1.Introduction

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développée et représentée sur un plan à une certaine échelle. C'est en général une succession d'alignements droits (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires.

Dans un profil en long on définit les éléments de base suivants :

- L'altitude du terrain.
- L'altitude du projet.
- La distance partielle et cumulée.
- La déclivité du projet.

### V.4.2 Coordination du tracé en plan et du profil en long

Il est 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 de :

- Avoir une vie satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.
- Envisager de loin l'évolution du tracé

-Distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefour, échangeur) pour éviter les défauts résultant d'une mauvaise coordination du tracé en plan et profil en long.

- Décaler les courbes en plan des courbes à sommet du profil en long.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

### V.4.3. Règles à respecter dans le tracé du profil en long

L'élaboration du tracé de profil en long s'appuiera sur les règles suivantes :

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

### V.4.4.Éléments constitutifs du profil en long :

#### a. Déclivité :

La déclivité d'une ligne rouge est la tangente des segments de profil en long avec l'horizontal.

Elle prend le nom rampe pour les montée et pente pour les descentes.

#### b. Déclivité minimale :

Les tronçons de route absolument horizontaux, dits (palier) sont à éviter si c'est possible, pour

La raison de l'écoulement des eaux pluviales. La pente transversale seule de la chaussée ne

Suffit pas, il faut encore que l'eau accumulée latéralement s'évacue longitudinalement avec

Facilité par les fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante.

– déclivité min :  $I_{\min} = 0,5\%$ , de préférence 1%.

**c. Déclivité maximale :**

Elle dépend de :

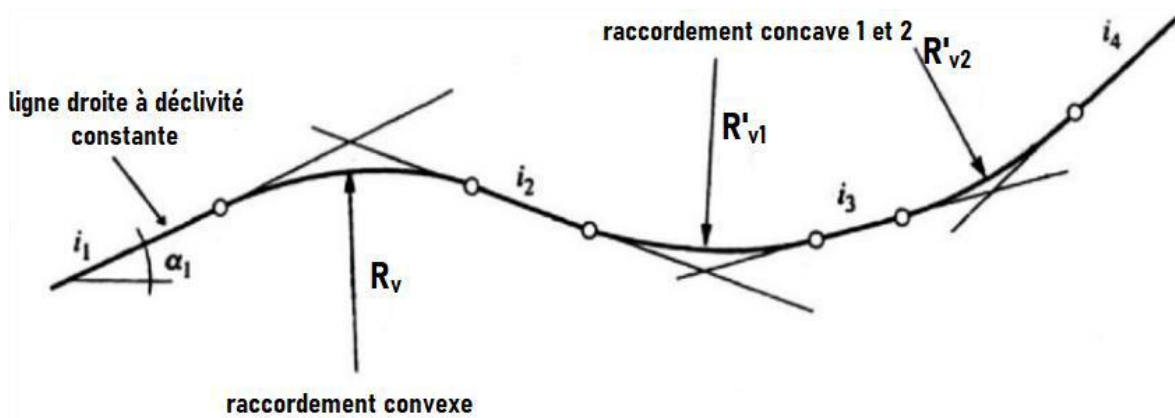
- Conditions d'adhérence entre pneus-chaussée.
- La réduction de vitesse que provoque le PEL.
- Elle doit être inférieure à une valeur maximale associée à  $V_b$ , selon la B-40.

**Tableau V.4 : Valeurs de déclivité maximale selon B-40.**

Environnement Catégorie	facile	moyen	Difficile
Cat 1-2	4%	5%	6%
Cat 3	5%	6%	7%
Cat 4-5	6%	7%	8%

**V.4.5 Raccordements du profil en long**

Le changement des déclivités constitue des points particuliers au niveau du profil en long. A cet effet, le passage d'une déclivité à une autre doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire, ou leur conception est subordonnée à la prise en considération de la visibilité et du confort.



**Figure V.9 :** Schématisation de raccords concave et convexe.

On distingue donc deux types de raccords :

**V.4.5.1. Raccordements convexes (angles saillants)**

Le rayon minimum en raccords des angles saillants (sommets) noté  $R_v$  est déterminé en fonction des conditions de visibilité et de confort. Leur condition doit satisfaire aux :

- **Condition de confort**

Elle consiste à limiter l'accélération verticale à laquelle sera soumis le véhicule lorsque le profil en long comporte une forte courbure convexe.

**Tableau V.5 :** Valeurs de limite d'accélération verticale et rayon de raccordement par catégorie.

Catégorie	Limite d'accélération verticale	Rayon de raccordement
1-2	$g/40$	$R_v \geq 0.3v_b^2$
3-4-5	$g/30$	$R_v \geq 0.23v_b^2$

$R_v$  : rayon vertical (m).

• **Condition de visibilité :**

La visibilité doit être suffisante. Un conducteur dont les rayons visuels ras le sommet doit voir de l'autre cote de la courbe soit un obstacle, soit un véhicule suffisamment tôt pour s'arrêter, soit pour dépasser. Le rayon est donné par la formule suivante :

$$R_v = \frac{d_1^2}{2(h_0 + h_1 + 2\sqrt{h_0 \times h_1})}$$

$D_1$  : distance d'arrêt (m)

$h_0$  : hauteur de l'œil (m)  $h_0 = 1.1$  m

$h_1$  : hauteur de l'obstacle (m),  $h_1 = 0.15$  m

On trouve :  $R_v = 0.24 \times d_1^2$

**V.4.5.2. Raccordement concave (angles rentrants)**

Dans le cas de raccordement dans les point bas la visibilité du jour net pas déterminante, plutôt c'est pendant la nuit qu'on doit s'assurer que les phares du véhicule devront éclairer un tronçon suffisamment long pur que le conducteur puisse percevoir un obstacle , la visibilité est assurée pour un rayon note  $R'_v$  est détermine en fonction de la condition de phare.

$$R'_v = \frac{d_1^2}{1.5 + 0.035 \times d_1}$$

$d_1$  : distance d'arrêt(m)

**Condition esthétique**

Une grande route moderne doit être conçue et réalisée de façon à procurer à l'utilisateur une impression d'harmonie, d'équilibre et de beauté. Pour cela, il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale, en changeant le sens de déclivités sur des distances courtes.

Pour éviter cet effet, on imposera une longueur de raccordement minimale égale à 50m pour des dévers  $d < 10$  (spéciale échangeur) :

$$R_{vmin} = 100 \times \frac{50}{\Delta d\%}$$

Avec :

$\Delta d$  : Changement de dévers (%).

$R_v \min$  : rayon vertical minimum.

#### V.4.6. Normes pratiques du profil en long

Les paramètres géométriques utilisés pour le tracé de la ligne rouge de notre projet, sont pris du règlement B-40 et donnés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau V.6** : Paramètres fondamentaux du profil en long.

catégorie		C 2
environnement		E2
Vitesse de base (km /h)		80
Rayon en angle saillant $R_v$	RVm1 (minimal absolu) en m	4.500
	RVn1 (minimal normal) en m	10.000
Rayon en angle rentrant $R'_v$	R'Vm1 (minimal absolu) en m	2.400
	R''Vn1 (minimal normal) en m	3.000
Déclivité maximale	Imax(%)	6%

#### V.4.7. Conception longitudinale

Le fichier est déjà ouvert et interpole

##### V.4.7.1. Création du profil en long

- ✓ Fichier  $\Rightarrow$  nouveau  $\Rightarrow$  conception longitudinale  $\Rightarrow$  ok (Donner un nom exp : profil en long)  $\Rightarrow$  ouvrir  $\Rightarrow$  ok
- ✓ Bouton droit  $\Rightarrow$  zoom tout
- ✓ Fichier  $\Rightarrow$  projet piste : on cherche notre axe « axe projeté »  $\Rightarrow$  ouvrir

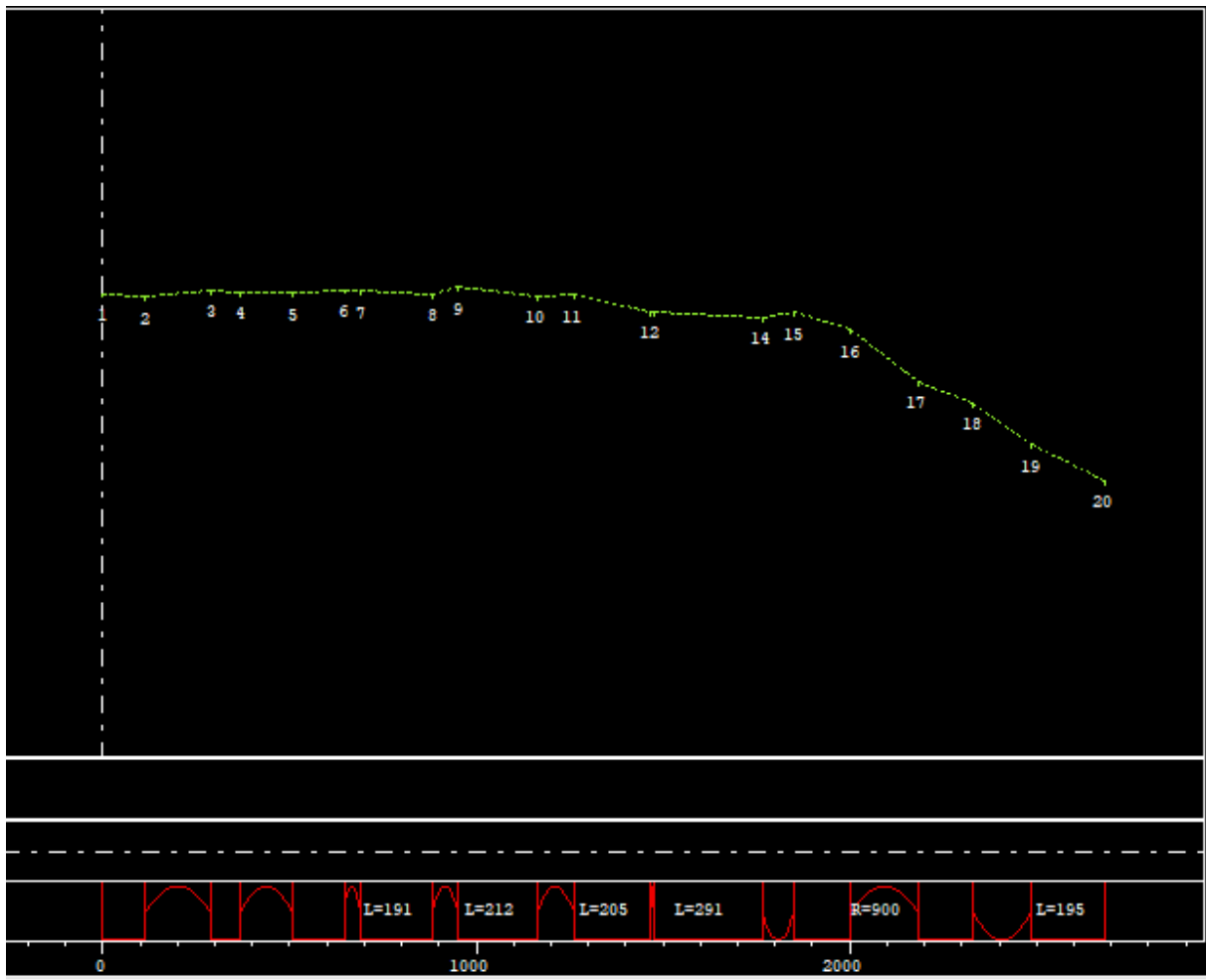


Figure V.10 : Profil en long

#### V.4.7.2. Conception des éléments du profil en long

- **Les points**
  - ✓ Élément  $\Rightarrow$  point  $\Rightarrow$  nom de l'élément  $\Rightarrow$  graphiquement  $\Rightarrow$  on sélectionne sur le graphe  $\Rightarrow$  exécuter.
  - Même chose avec les autres points.
- **Les droites**
  - ✓ Élément  $\Rightarrow$  droite  $\Rightarrow$  on écrit D1 P1 P2  $\Rightarrow$  exécuté.
  - La même chose pour les autres droites.
- **Les paraboles**
  - ✓ Élément  $\Rightarrow$  Distance  $\Rightarrow$  on écrit Dis R1 et on donne une valeur du rayon avec Considération du signe.
  - Même chose pour les autres rayons.
  - ✓ Élément  $\Rightarrow$  paraboles  $\Rightarrow$  on écrit PARA1 D1 D2 R1  $\Rightarrow$  exécuter.

Même chose pour les autres paraboles

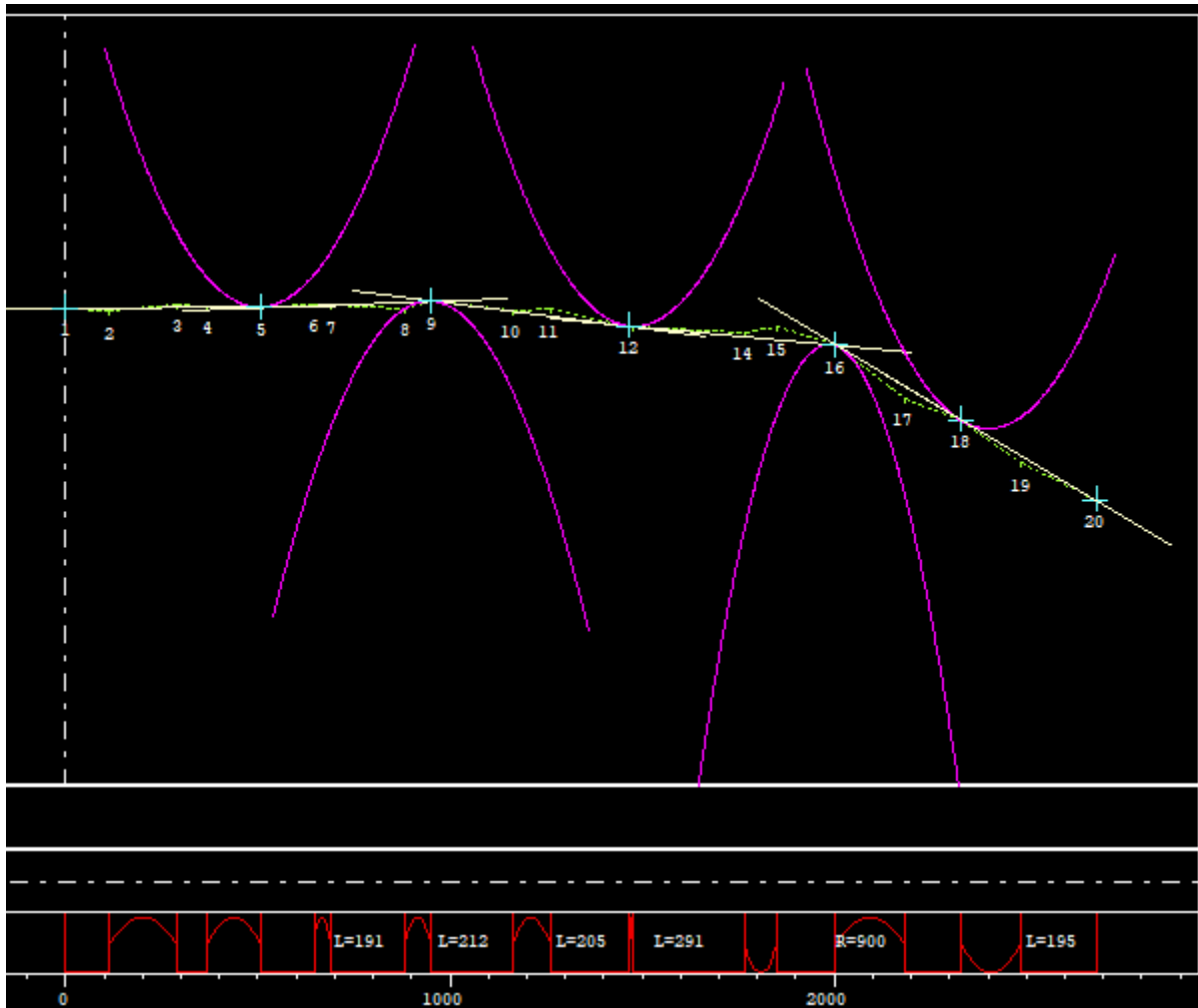


Figure V.11 : Paraboles du profil en long.

- **L'axe**

Elément  $\Rightarrow$  axe  $\Rightarrow$  nom d'élément  $\Rightarrow$  on écrit Axe1 P1 Auto  $\Rightarrow$  exécuter.

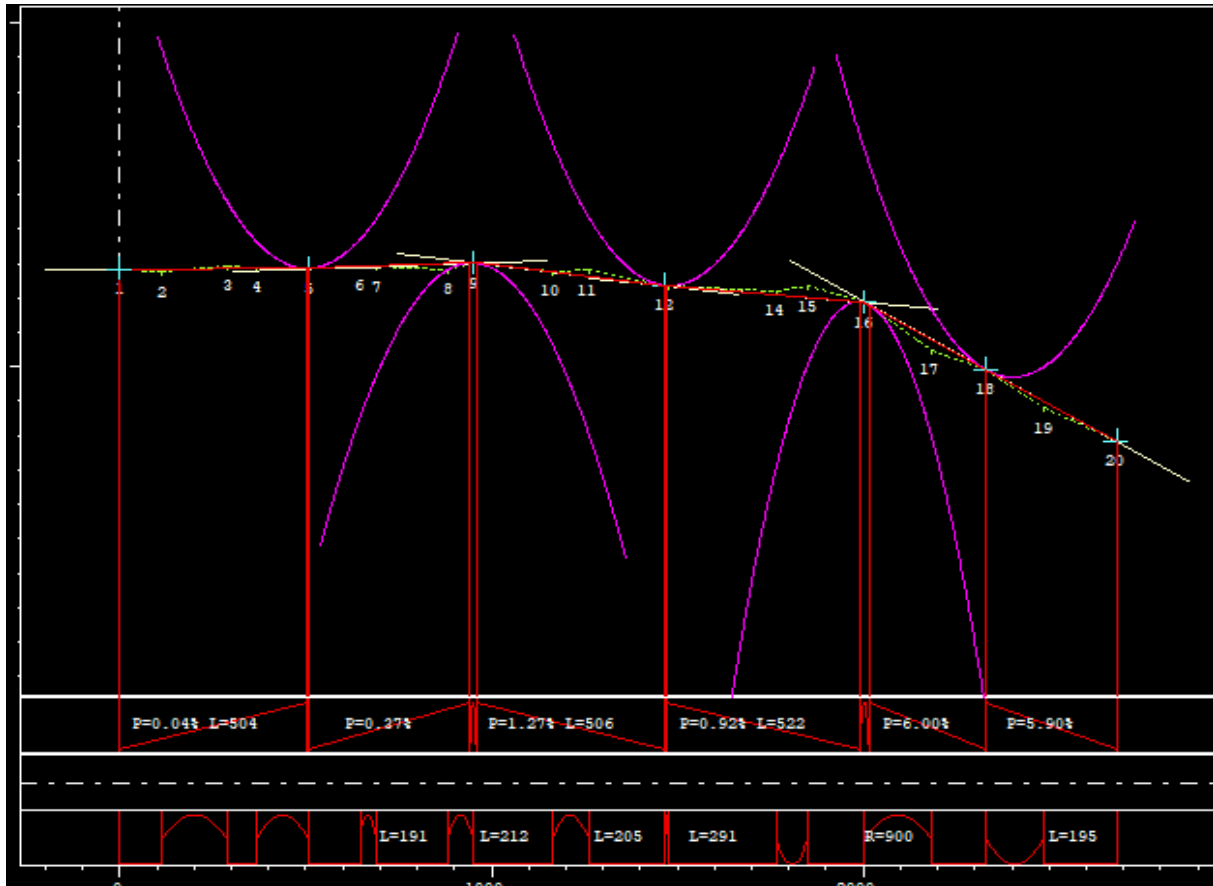


Figure V.12 : Axe du profil en long.

## V.5. Profil en travers (PET)

### V.5.1. introduction

Le profil en travers est une coupe perpendiculaire de l'axe de la route, il nous permet de visualiser la configuration du terrain. Les profils en travers permettent de calculer les paramètres suivants :

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

### V.5.2 Classification des profils en travers

Dans une étude d'un projet routier, l'ingénieur doit faire la conception de deux types de profil en travers :

- **Profil en travers type** : il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (en remblais, déblais, ou mixtes).
- **Profil en travers courants** : Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à distance de Chaque 20m. Selon le terrain naturel il existe trois types de profil en travers : les profils en déblais, en remblais et ou bien les profils mixtes

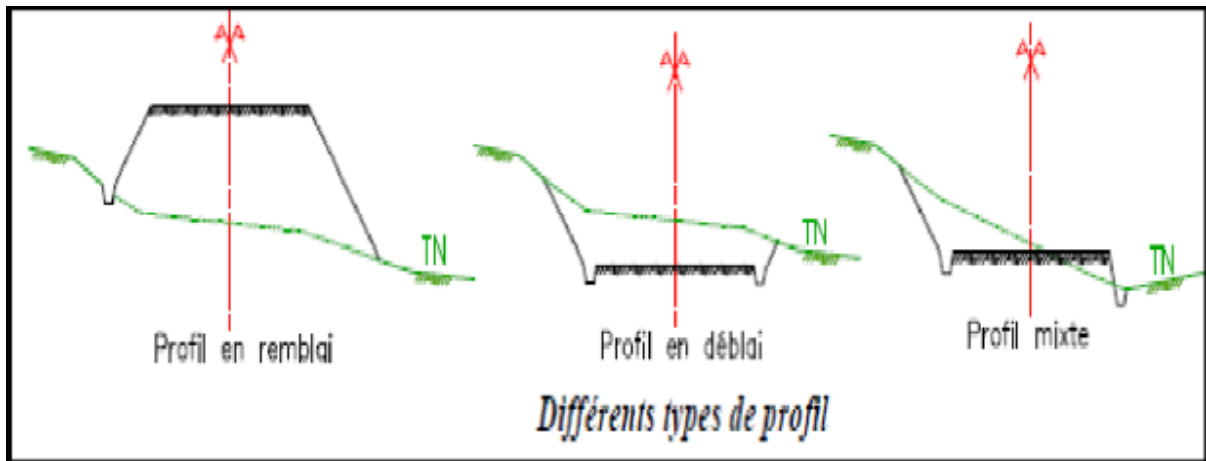


Figure V.13 : différents types de profil

### V.5.3 Éléments constituant le profil en travers

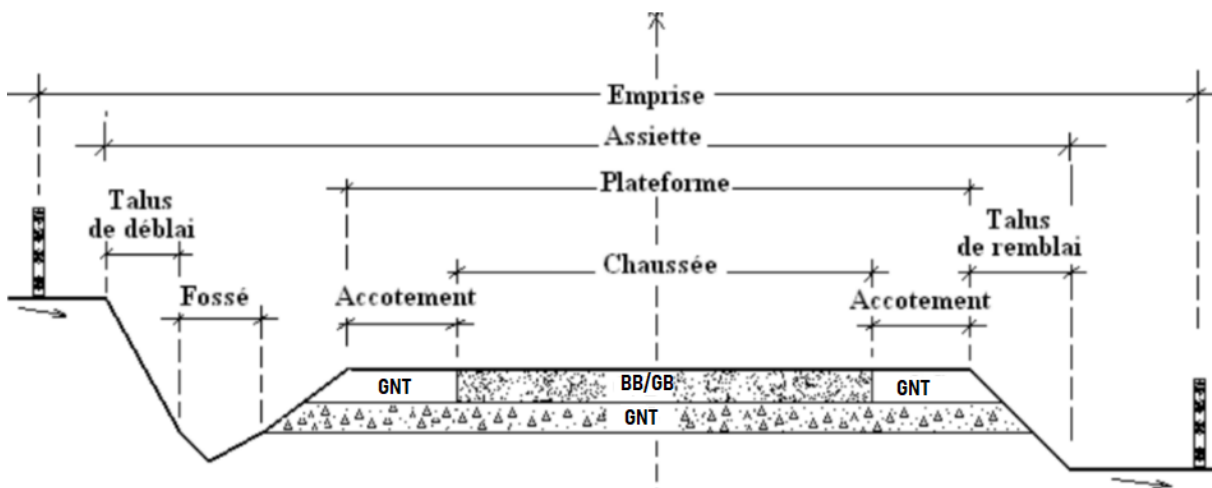


Figure V.14 : Éléments du profil en travers.

- **Emprise** : La surface occupée par la route et toute la dépendance indispensable à sa tenue. L'emprise est la surface du terrain nécessaire à occuper pour construire une route.
- **Assiette** : la surface du terrain réellement construite pour créer la route, c'est-à-dire les limites des terrassements (distance entre limites de terrassements).
- **Plateforme** : C'est la surface de la route qui comprend les chaussées, les accotements et éventuellement les terres pleines.
- **Chaussée** : C'est la partie d'une voie de communication affectée à la circulation des véhicules, elle assure les déplacements et le transport des usagers dans des conditions de sécurité et de confort
- **Accotement** : Comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) bordée à l'extérieur d'une berme.
- **Arrondi de talus** : En remblai, l'arrondi de talus constitue le raccordement entre la berme de droite et le talus.

- Visualisation du profil en travers
    - ✓ Fichier ⇒ ouvrir ⇒ conception transversale ⇒ calcule ⇒ terrain Outils ⇒ Interpoler ⇒ semi TPL ⇒ ok ⇒ fermé.
    - ✓ Calcul ⇒ devers ⇒ calculer ⇒ recherche auto ⇒ ok ⇒ R80 2× 2 voies.
    - ✓ Calculer ⇒ ok ⇒ fermé.
  
  - Conception du profil type
    - ✓ Fichier ⇒ nouveau ⇒ profil type ⇒ nommer le fichier ⇒ ok ⇒ Créer ⇒ nouveau ⇒ ok.
    - ✓ Calcul ⇒ projet ⇒ on écrit 1 T T fin T T ⇒ Calcule tout ⇒ ok ⇒ ok.
- Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour la pénétrante sera composé d'une route de 2×2 voies.

#### V.5.4 Profil en travers type de notre projet

La figure ci-dessous représente le profil type coté remblais et coté déblais de notre tracé.

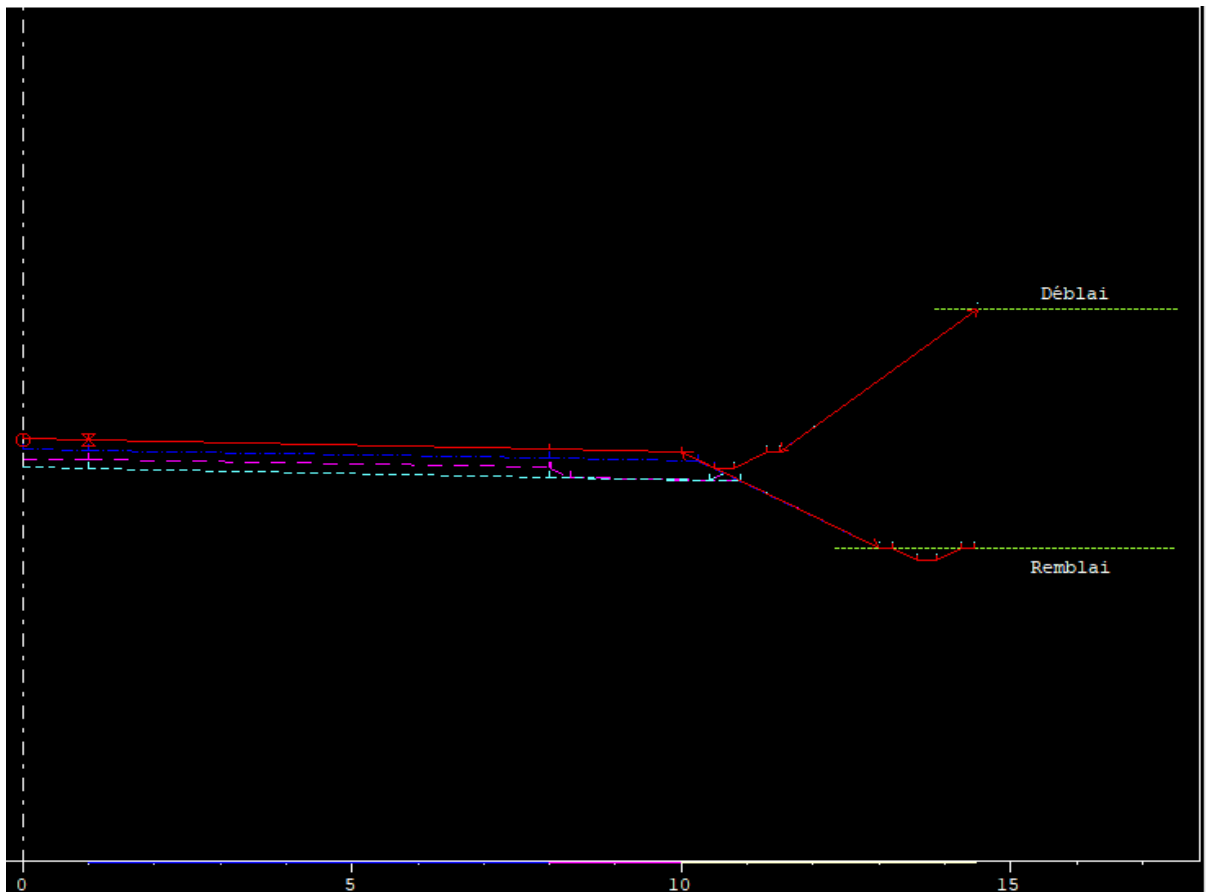


Figure V.15 : Profil en travers type du présent projet.

Tableau V.7 : Valeurs appliquées à notre projet

description		Largeur(m)	Nombre	Largeur totale (m)
Voie de circulation		3.5	4	14
accotement	Bonde d'arrêt d'urgence	1.5	2	3
TPC		2		
Plateforme(m)		19		

➤ Calcul des perspectives

- ✓ Calcul  $\Rightarrow$  perspective  $\Rightarrow$  On donne les valeurs implicites  $\Rightarrow$  visualisation de la perspective.

Chaque perspective visualisée correspond à un profil en travers donne, on peut faire alors un défilement avec la touche défilement, on peut ainsi désigner un profil en travers en cliquant sur un numéro du profil et cliquer sur OK

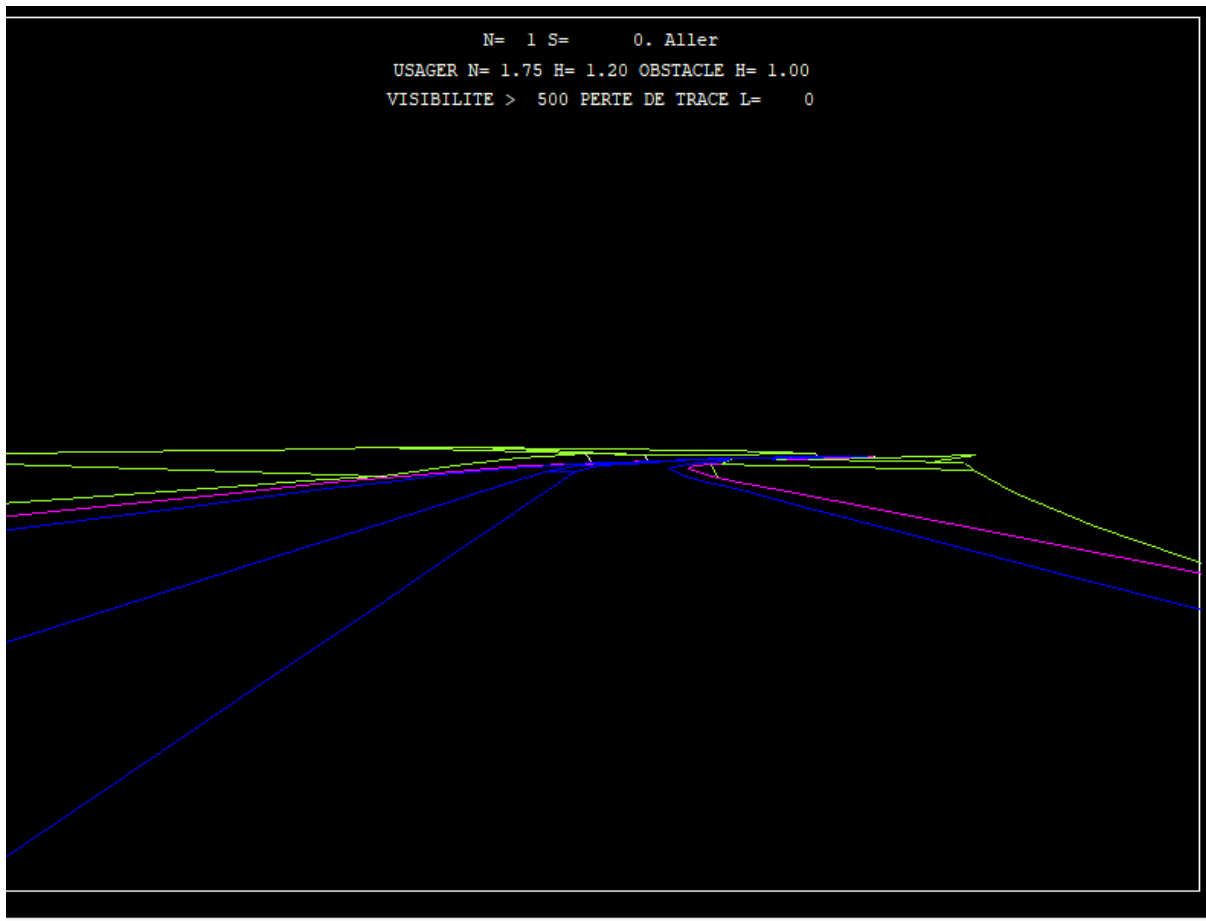


Figure V.16 : vue en perspective.

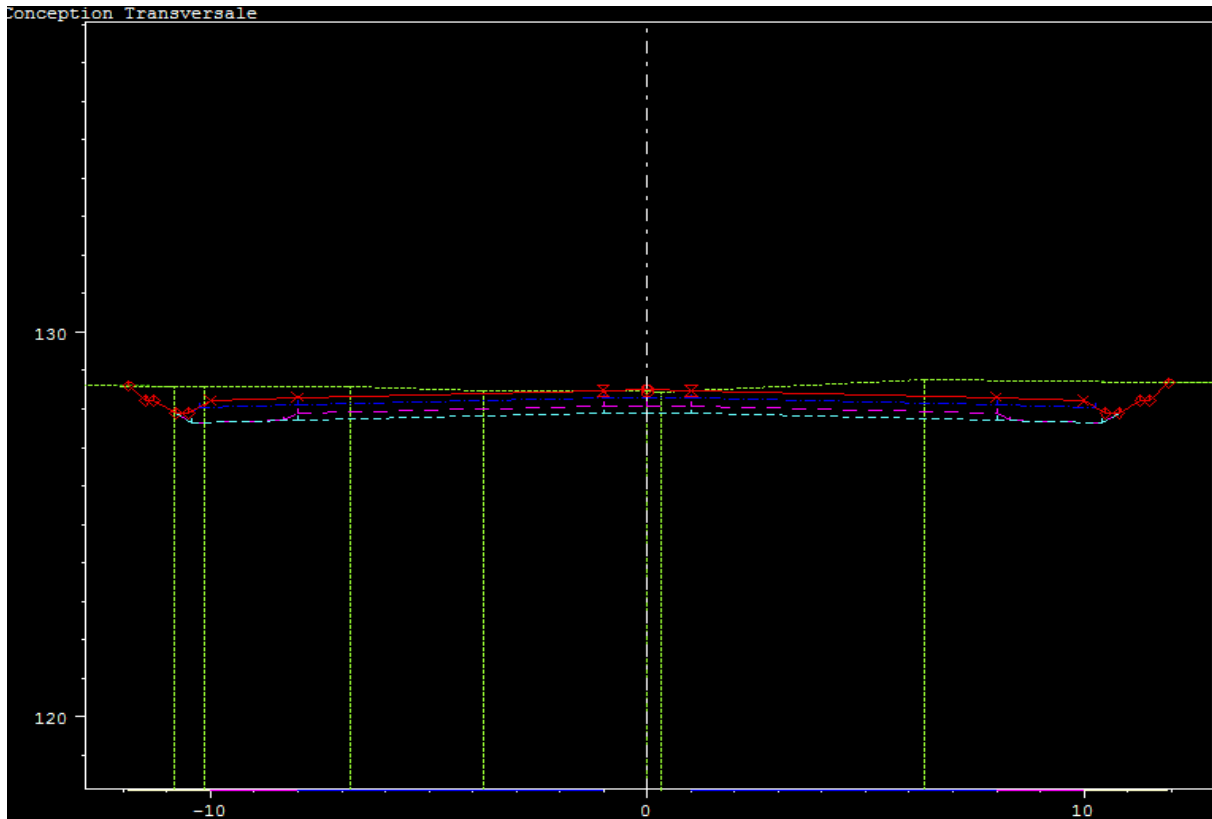


Figure V.17 : profil en travers.

## V.6. Conclusion

La géométrie de la route, incluant le profil en long, le profil en travers, les courbes horizontales et les intersections, est essentielle pour garantir la sécurité, le confort et l'efficacité des déplacements. Une conception soignée réduit les accidents, améliore la fluidité du trafic et prolonge la durée de vie des infrastructures. En respectant les normes techniques et les conditions locales, elle favorise une mobilité durable et minimise les impacts environnementaux. En somme, la géométrie routière est cruciale pour des routes sûres, confortables et performantes.

# Chapitre VI : Cubatures

## VI.1. Généralités :

La cubature est en général, c'est le calcul des volumes déblais- remblais à déplacer pour respecter les profils en long et travers fixés auparavant et d'établir ainsi le métré des travaux. On cherche toujours à équilibrer entre les volumes de remblais – déblais, vu que notre sol est réutilisable. Les éléments de calcul nécessaires sont :

- Les aires des profils en travers (plans verticaux)
- Longueur entre profils en travers (distances horizontaux)

La surface du profil en travers est la partie comprise entre la ligne rouge du projet et la ligne noire du terrain naturel. L'aire respective des déblais et remblais est évalués séparément en chacun des profils.

## VI.2. Définition :

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

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

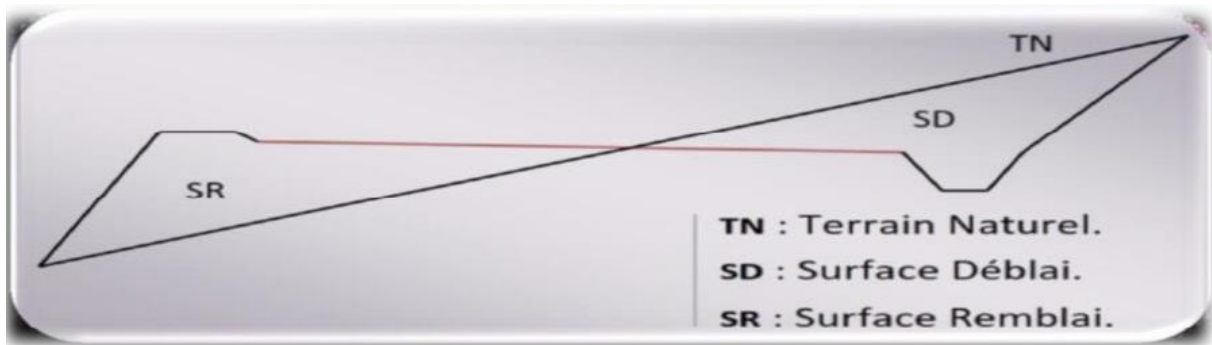
## VI.3. Méthodes de calcul :

Les cubatures sont des calculs effectués pour avoir les volumes de terrassements existants dans le projet. Il existe plusieurs méthodes de calcul des volumes de remblais et de déblais, parmi lesquelles on peut citer :

- Méthode de SARRAUS.
- Méthode linéaire.
- Méthode de GULDEN.

Le travail consiste à calculer les surfaces des remblais et des déblais pour chaque profil en travers, ensuite les soustraire pour trouver la section pour notre projet (figure 1).

Pour calculer un volume, nous utilisons la méthode de la moyenne des aires qui est une méthode simple mais qui présente l'inconvénient de donner des résultats avec une marge d'erreur, donc pour être proche des résultats exacts on doit majorer les résultats trouvés par un coefficient de 10 % et ceci dans le but d'être en sécurité.



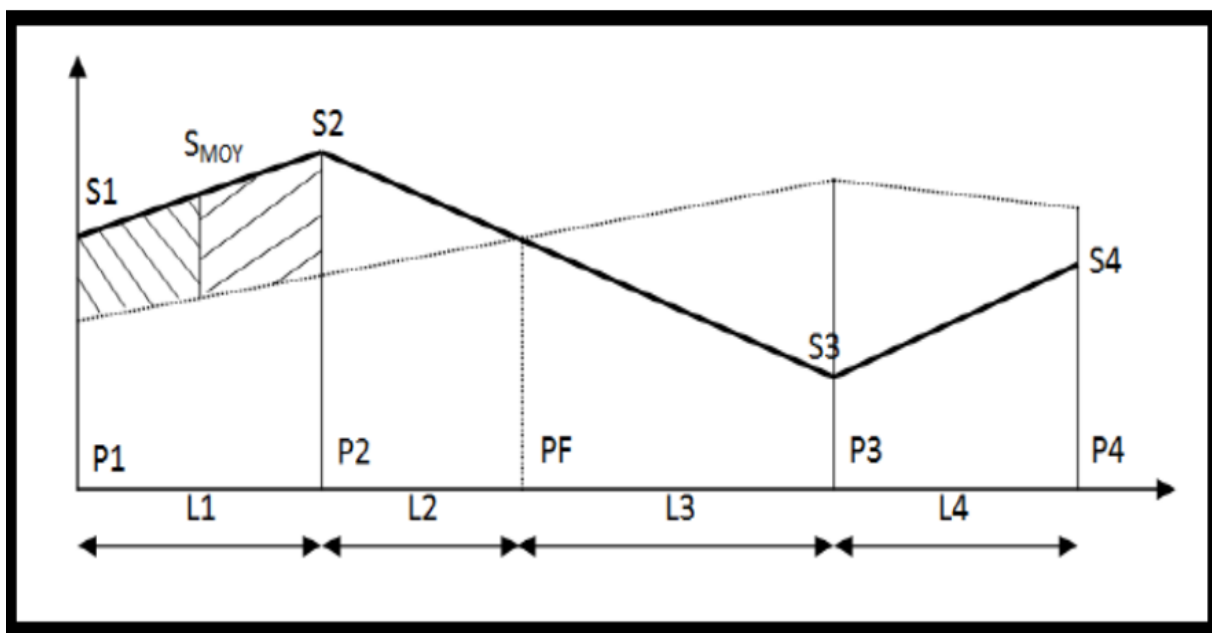
**Figure VI. 1 :** Coupe en travers pour les profils des terrassements.

Nous calculons les surfaces SD et SR de déblai et de remblai pour chaque profil en travers.

### VI.3.1. Formule de SARRAUS :

On calcule séparément les valeurs des traçons compris entre deux profils en traves successifs en utilisant des trois niveaux au prismoïde :

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



**Figure VI.2 :** profil en long d'un tracé donne.

- $S_{MOY}$ : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance  $L_i$ ). Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions  $S_{MOY}$  et  $(S_1 + S_2) / 2$  ; Ceci donne :

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

Donc les volumes seront :

$$\text{Entre P1 et P2 : } V_1 = \frac{L1}{2} \times (S_1 + S_2)$$

$$\text{Entre P2 et PF : } V_2 = \frac{L2}{2} \times (S_2 + 0)$$

$$\text{Entre PF et P3 : } V_3 = \frac{L3}{2} \times (0 + S_3)$$

$$\text{Entre P3 et P4 : } V_4 = \frac{L4}{2} \times (S_3 + S_4)$$

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

$$V = \frac{L1}{L2} S_1 + \frac{L1 + L2}{2} S_2 + \frac{L3 + L4}{2} S_3 + \frac{L4}{2} S_4$$

C'est la méthode de la moyenne des aires la plus utilisées en travaux publics. Elle est utilisée avec la moyenne des distances partielles.

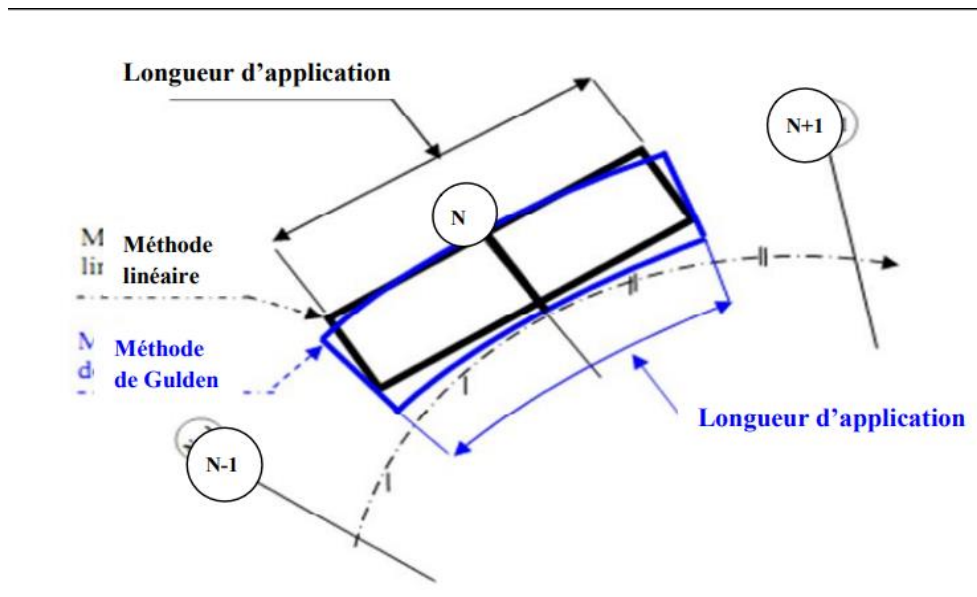
### VI.3.2. Méthode linéaire :

C'est la méthode classique. Les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir les volumes et les surfaces.

Cette méthode ne prend pas en compte la courbure du projet, donc les résultats sont identiques quel que soit le tracé en plan.

### VI.3.3. Méthode de GULDEN :

Dans cette méthode les sections et les largeurs des profils sont calculées de façon classique mais la distance du barycentre de chacune des valeurs à l'axe est calculée pour obtenir les volumes et les surfaces. Ces valeurs sont multipliées par le déplacement du barycentre en fonction de la courbure au droit du profil concerné. Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée. Si on utilise la méthode de GULDEN, la quantité (longueur d'application) n'a plus de sens.



**Figure VI.3 :** schéma explication de la méthode de Golden.

#### VI.4. Application à notre projet :

Les calculs sont effectués à l'aide du logiciel PISTE 5. Les résultats sont joints en annexes.

Les volumes totaux des remblais et déblais calculés dans notre projet sont indiqués sur le tableau suivant :

**Tableau VI.1:** Récapitulation sur les volumes des cubatures.

<b>Volume totale des déblais (m<sup>3</sup>)</b>	<b>67569</b>
<b>Volume totale des remblais (m<sup>3</sup>)</b>	<b>23642</b>

## **Chapitre VII : Hydraulique et assainissement**

## VII.1. Introduction

L'écoulement des eaux de pluie représente une préoccupation majeure dans le domaine des infrastructures routières. En effet, la présence d'eau peut entraîner divers problèmes tels que des inondations, des glissements de terrain, l'érosion, l'instabilité des pentes et la dégradation des chaussées en raison d'une portance insuffisante du sol.

Ainsi, il est essentiel d'évaluer et de corriger ces impacts grâce à des mesures appropriées regroupées sous le terme "Hydraulique et assainissement routier". Ce concept englobe toutes les structures et dispositifs visant à assainir les routes, notamment :

- La restauration des écoulements naturels.
- La collecte et le drainage des eaux de surface à l'intérieur des limites de la route.
- La collecte et le drainage des eaux internes à la route (systèmes de drainage).

## VII.2. Objectifs de l'assainissement

L'assainissement des routes doit répondre aux objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux pluviales et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- Le maintien de bonnes conditions de viabilité.
- Réduction du coût d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosion.
- La sauvegarde de l'ouvrage routier (l'eau accélère la dégradation de la surface, augmente la teneur en eau du sol support, entraîne par la suite, des variations de portance et diminue la qualité mécanique de la chaussée).
- Garantir la stabilité de l'ouvrage pour toute sa durée de vie.

## VII.3. Assainissement de la chaussée

L'architecture d'un réseau d'assainissement peut être décomposée conventionnellement en cinq (5) grandes parties :

- Les réseaux de collecte longitudinaux.
- Les ouvrages transversaux.
- Les ouvrages de raccordement.
- Les ouvrages de contenance et de dépollution.
- Les exutoires.

### VII.3.1. Réseaux de collectes longitudinaux

-  Réseaux longitudinaux sur la plate-forme : on distingue :

- **Le réseau de terre-plein central** : a pour fonction de collecter et d'évacuer les eaux issues du TPC et de la demi-chaussée déversée.
- Le réseau de pied de talus de déblai : ce réseau a pour fonction de collecter les eaux issues du ruissèlement du talus de déblai, de la chaussée, de la bande d'arrêt d'urgence et de la berme, en général on réalise une cunette ou un fossé de faible profondeur enherbée ou revêtue.
- **Le réseau de crête de talus de remblai** : a pour fonction de canaliser l'eau issue du ruissèlement de la chaussée pour éviter son déversement en rive sur le talus de remblai. Il protège le talus routier contre toute altération, en général, on prévoit ce type d'ouvrages dès que la hauteur du talus de remblai dépasse 4m ou 2 m pour les régions exposées à une intensité pluvieuse importante. En section courante l'ouvrage peut être constitué de caniveaux rectangulaires en béton, de bourrelets ou de bordures.
- ✚ **Réseaux longitudinaux en dehors de la plate-forme** : on distingue
  - Réseau de crête de talus de déblai : son rôle est d'éviter l'érosion du talus et les infiltrations susceptibles de compromettre la stabilité du talus. Il intercepte les eaux de ruissèlement du bassin versant naturel modifié par le tracé routier ; les ouvrages utilisés peuvent être des fossés trapézoïdaux, fossés triangulaires ou des 1/2 buses.
- ✚ **Réseau de pied de talus de remblai** : ce réseau doit collecter toutes les eaux de l'impluvium routier, gravitairement pour les diriger vers l'exutoire. L'ouvrage est généralement un fossé trapézoïdal enherbé ou un fossé revêtu en béton lorsque les risques d'érosion sont à craindre.

### VII.3.2. Liaison transversales

Comprennent les ouvrages assurant un transfert des écoulements d'un réseau longitudinal vers un autre comme les descentes d'eau superficielles et les descentes d'eau enterrées.

### VII.3.3. Les ouvrage raccordement

Il s'agit des regards et des différents raccordements des liaisons transversales avec le réseau longitudinal. Leur bonne exécution dépend du bon fonctionnement du système d'assainissement et de sa pérennité. Le plus souvent, ces ouvrages sont préfabriqués et plus rarement coulés sur place. Il s'agit des :

- **Regards de visite** : nécessaires pour l'entretien et le contrôle des collecteurs enterrés.
- **Regards avaloirs** : servant à l'engouffrement des eaux.

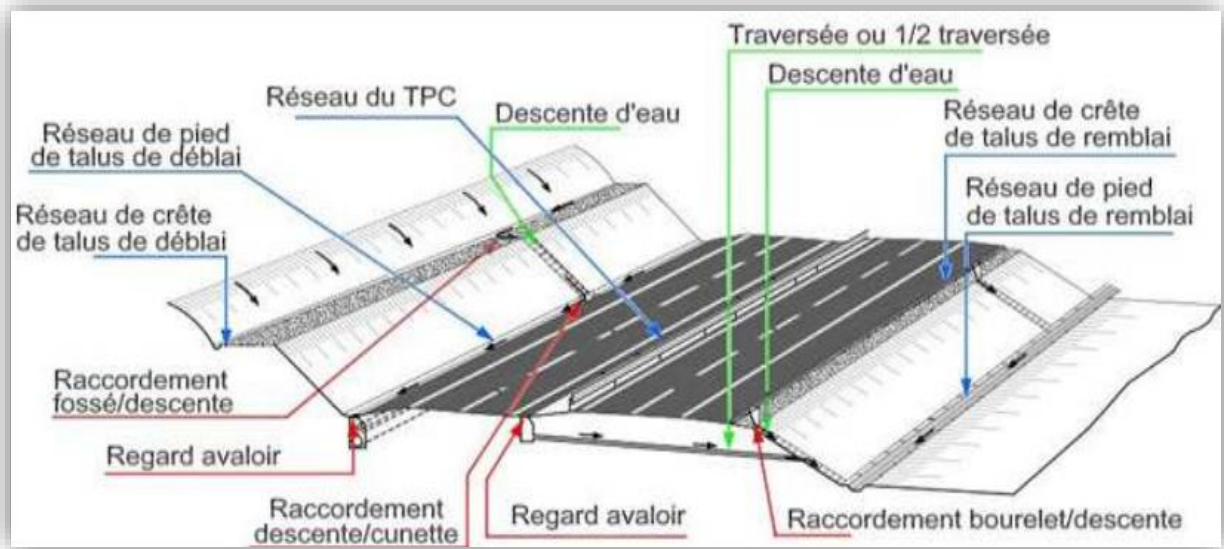
### VII.3.4. Ouvrage de contenance et de dépollution

Il y a plusieurs types d'ouvrages comme fossés enherbés, bassins secs et fossés subhorizontaux enherbés.

### VII.3.5. Exutoires

L'exutoire est considéré comme le point de sortie d'un réseau d'assainissement ou d'un bassin versant. On en a plusieurs types :

- **Exutoires naturels** : comme les cours d'eaux et les canaux...
- **Exutoires artificiels** : comme canalisation d'un réseau d'assainissement existant, fossé bassin d'infiltration....



**Figure VII.1 : Principaux types d'ouvrages d'assainissements.**

#### VII.4. Détermination des bassins versants (BV)

Un bassin versant (également appelé bassin hydrographique ou bassin de drainage), est une zone géographique délimitée par des lignes de crête, où toutes les eaux de surface s'écoulent vers un point commun, généralement un cours d'eau principal, un lac ou un océan. Il est délimité par les reliefs topographiques environnants, qui déterminent la direction d'écoulement des eaux.

Il est constitué d'une rivière principale, qui prend sa source sur les hauteurs en amont (la tête d'un bassin). Cette rivière s'écoule dans le fond de la vallée pour se jeter dans un fleuve, ou rejoindre la mer en aval, à l'exutoire du bassin versant.

Durant son parcours, la rivière collecte l'eau qui vient de tous les points du bassin versant : affluents, pluie, glaciers, eau souterraine.

En amont du bassin, la pente étant plus forte, la force d'eau emporte de petites particules de terre : c'est le phénomène d'érosion.

En aval, dans les zones plus calmes, avec une pente et un courant plus faible, les particules de terre se déposent : c'est la sédimentation.

Chaque bassin versant est unique : par sa taille, sa forme, son orientation, sa densité du réseau hydrographique, relief, géologie, paysage de cultures, haies, forêts ou plans d'eau..., climat, urbanisation et activités humaines. Tout cela va influencer la qualité des cours d'eau qui le traversent.

## VII.5. Dimensionnement des ouvrages d'évacuation

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

$$Q_a < Q_s$$

Avec :

**Q<sub>a</sub>** : Débit d'apport en provenance du bassin versant (m<sup>3</sup> /s).

**Q<sub>s</sub>** : Débit d'écoulement au point de saturation (m<sup>3</sup> /s).

### VII.5.1 Débit d'apport

Le débit d'un bassin, également appelé débit d'apport, fait référence à la quantité totale d'eau qui entre dans un bassin versant sur une période donnée, généralement exprimée en mètres cubes par unité de temps. Ce paramètre est essentiel pour évaluer les ressources en eau disponibles dans une région spécifique et est crucial pour la gestion des ressources en eau et la prévision des crues.

Le débit d'apport est calculé en appliquons la méthode Rationnelle :

$$Q_a = K. I. C. A$$

Avec :

**K** : coefficient qui permet la conversion des unités (les mm/h en l/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 (Km).

Cette formule est empirique, elle a été faite pour les unités suivantes : **Q<sub>a</sub>** en (m<sup>3</sup> /s) valable pour : **I** en (mm/h) ; **A** en (Km<sup>2</sup>) ; **K**= 0.278.

#### ❖ Calcul des précipitations :

La précipitation P<sub>j</sub> (%) est obtenue par la formule suivante :

$$P_j(\%) = \frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \times e^{u\sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

Avec :

**P<sub>j</sub>moy** : hauteur de la pluie journalière moyenne (mm).

**C<sub>v</sub>** : coefficient de variation.

**U** : variable de Gauss (en fonction de la période de retour).

La pluie de référence pour le calcul de dimensionnement des ouvrages correspond à une durée de pluie t minute et une période de retour de 10 ans, 50 ans, 100 ans. Soit le tableau suivant qui donne les valeurs des variables gaussiennes en fonction de la fréquence :

**Tableau VII.1:** Variable de GAUSS en fonction de la période de retour.

<b>Fréquence</b>	<b>50</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>Période de retour (ans)</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
<b>Variable de GAUSS (U)</b>	<b>0.00</b>	<b>0.84</b>	<b>1.287</b>	<b>2.05</b>	<b>2.327</b>

❖ **Coefficient de ruissellement « C » :**

Le coefficient de ruissellement « Cr », qui est un indicatif du pourcentage de l'eau ruisselant sur un sol saturé par les précipitations antérieures par rapport à la totalité de l'averse, sera estimé à partir de la méthode de KENESSEY où Cr est la somme de trois coefficients partiels :

$$Cr=C1+C2+C3$$

C1 : Dépend de la pente P du thalweg principal estimée comme étant égal au rapport de la dénivelée du thalweg (falaises exclues) par sa longueur développée. Ces informations sont obtenues généralement à partir des cartes topographiques disponibles.

**Tableau VII.2 :** Valeurs du coefficient C1.

<b>Pente</b>	<b>C1</b>
<b>≤ 3,5 %</b>	<b>0,01 -0.05</b>
<b>Entre 3,5 et 11 %</b>	<b>0,06</b>
<b>Entre 11 et 35 %</b>	<b>0,12</b>
<b>&gt; à 35 %</b>	<b>0,22</b>

C2 : Dépend de la perméabilité du sol, déterminée à partir des informations concernant la nature du sol et ses caractéristiques.

**Tableau VII.3 :** Valeurs du coefficient C2.

<b>Nature du sol</b>	<b>C2</b>
<b>Imperméable</b>	<b>0.30</b>
<b>Peu perméable</b>	<b>0.20</b>
<b>Perméable</b>	<b>0.10</b>
<b>Très perméable</b>	<b>0.05</b>

C3 : Dépend de la couverture végétale du bassin versant. Ces informations seront obtenues à partir d'une inspection visuelle des bassins versants, des photos prises du site et des photos aériennes.

Tableau VII.4: Valeurs du coefficient C3.

Couverture végétale	C3
Rocheux	0.30
Prairie	0.25
Labours champs	0.15
Forêt et territoire sableux	0.05

Pour notre cas :  $C_r = 0.12 + 0.20 + 0.15 = 0.47$

❖ **Intensité de l'averse « It »**

L'intensité de l'averse  $I_t$ , est donnée par la formule suivante :

$$I_t = I \times \left( \frac{T_c}{24} \right)^B$$

Avec :

**I** : intensité de l'averse pour une durée de 1h.

**T<sub>c</sub>** : temps de concentration (heure).

**B** : b-1,

Où **b** : exposant climatique.

❖ **Fréquence de l'averse « Pt (%) »**

Pour une durée de temps spécifié, la fréquence d'averse est donnée par la formule suivante :

$$P_t (\%) = P_j (\%) \left( \frac{T_c}{24} \right)^b$$

Avec :

**P<sub>t</sub>** : hauteur de pluie de durée t (mm)

**P<sub>j</sub>**: pluie journalière maximale annuelle

**b**: l'exposant climatique de la région.

**T<sub>c</sub>** : temps de concentration (temps nécessaire à l'eau pour s'écouler depuis le point le plus éloigné du bassin versant jusqu' à son exutoire ou le point de calcul).

❖ **Temps de concentration « Tc »**

La durée « t » de l'averse qui produit le débit maximum Q étant prise égale au temps déconcentration. Dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé respectivement d'après **Ventura, Passini, Giandothi**, comme suit :

- **La formule de VENTURA**

Lorsqu' $A < 5 \text{ Km}^2$  : 
$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}}$$

- **La formule de PASSINI**

Lorsque  $5 \text{ Km}^2 \leq A \leq 25 \text{ Km}^2$  : 
$$T_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{AI}}{\sqrt{P}}$$

- **La formule de GIADOTTI**

Lorsque  $25 \text{ Km}^2 \leq A < 200 \text{ Km}^2$  : 
$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}}$$

Avec :

**T<sub>c</sub>** : temps de concentration (heure).

**A** : superficie du bassin versant ( $\text{Km}^2$ ).

**L** : longueur du bassin versant (Km).

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

### VII.5.2 Débit de saturation (Q<sub>s</sub>)

Le débit de saturation de l'ouvrage d'assainissement est calculé par la formule de MAMING STICKLER :

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

Avec :

**Q<sub>s</sub>** : Débit de saturation.

**J** : Pente de l'ouvrage d'évacuation.

**S<sub>m</sub>** : Section mouillée.

**RH** : Rayon hydraulique, avec :  $R_h = \text{section de profil mouillé} / \text{périmètre du profil mouillé}$ .

**K<sub>st</sub>** : Coefficient de rugosité (MAMING STICKLER).

- Parois en terre : KST = 30
- En buses métalliques : KST = 40
- Maçonneries : KST = 50
- Béton : KST = 70
- Buses préfabriquées : KST = 80

### VII.5.3 Dimensionnement des fossés

Le profil en travers du fossé est donné par la figure ci-dessous :

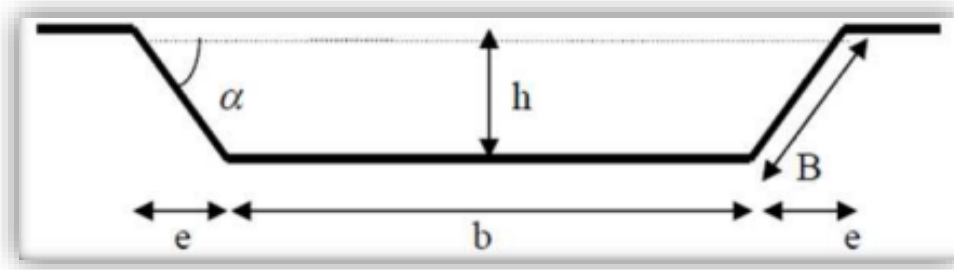


Figure VII.2 : Profil en travers d'un fossé.

Le dimensionnement des fossés doit satisfaire l'égalité, entre le débit d'apport et son débit de saturation :

$$Q_a = Q_s$$

$$K \cdot I \cdot C \cdot A = K_{st} \times R H^{2/3} \times J^{1/2} \times S_m$$

Avec :

$$S_m : \text{surface mouillée} : S_m = h \times (b + n \cdot h)$$

$$P_m : \text{périmètre mouillé} : P_m = b + 2h\sqrt{1 + n^2}$$

$$R_h : \text{rayon hydraulique} : R_h = S_m / P_m$$

**P** : pente du talus.

**n** : coefficient de Manning, (pris égal à 1.5)

L'égalité entre le débit d'apport et le débit de saturation s'écrira alors :

$$Q_a = Q_s = K_{st} \times \left[ \frac{h \times (b + n \cdot h)}{b + 2h\sqrt{1 + n^2}} \right]^{2/3} \times J^{1/2} \times h \times (b + n \cdot h)$$

### VII.5.4 Dimensionnement des dalots

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

La section d'un dalot est calculée comme pour le fossé, seulement on change la hauteur de remplissage et la hauteur du dalot.

En considérant une période de retour de 50 ans :

On a :

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

On aura :

$$Q_a = Q_s = K_{st} \times \left( \frac{0.8 H \times B}{1.6 H + B} \right)^{2/3} \times J^{1/2} \times 0.8 H \times B$$

Périmètre mouillé :  $P_m = 1.6 H + B$

Section mouillée :  $S_m = 0.8 H \times B$

Rayon mouillé :  $R_m = S_m / P_m = 0.8 H + L / (1.6 H + L)$

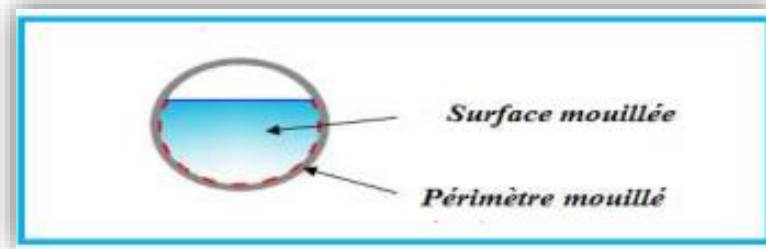
**J** : Pente de l'ouvrage

### VII.5.5 Dimensionnement d'une buse

Les buses sont des Ouvrage hydraulique en béton utilisé pour le rétablissement des écoulements naturels.

On dimensionne les buses par rapport au débit :  $Q_a = Q_{\text{chaussée}} + Q_{\text{talus}} + Q_{\text{BV}}$ .

En considérant une période de retour de 10 ans.



**Figure VII.3** : Représentation d'une buse.

Le dimensionnement des buses s'effectue avec la formule de **Manning-Strickler** :

On a :

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

On aura :

$$Q_a = Q_s = K_{st} \times \left( \frac{R}{2} \right)^{2/3} \times J^{1/2} \times \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot R^2$$

D'où :

$$R H^{8/3} = \frac{2^{2/3} \times Q_a}{K_{st} \times J^{1/2} \times \frac{1}{2} \cdot \pi}$$

Avec :

**S<sub>m</sub>** : surface mouillée =  $\frac{1}{2} \cdot \pi \cdot R^2$

**P<sub>m</sub>** : périmètre mouillé =  $\pi \cdot R$

**Rh** : rayon hydraulique =  $S_m / P_m = R/2$

**Kst** = 80 (buses préfabriquées).

**J** : la pente de pose qui vérifie la condition de limitation de la vitesse maximale d'écoulement à 4 m/s, soit 25%.

## VII.6. Application au projet

### VII.6.1. Données pluviométriques

Les données nécessaires aux calculs concernent :

- La pluie journalière moyenne :  $P_{24} = P_{jmoy} = 60 \text{ mm}$
- Le coefficient de variation de la région considérée :  $C_v = 0.41$
- L'exposant climatique de la région :  $b = 0.69$

### VII.6.2. bassins versants et leur caractéristique

La figure ci-dessous, illustre les délimitations des deux bassins versants qui concernent notre tronçon d'étude.

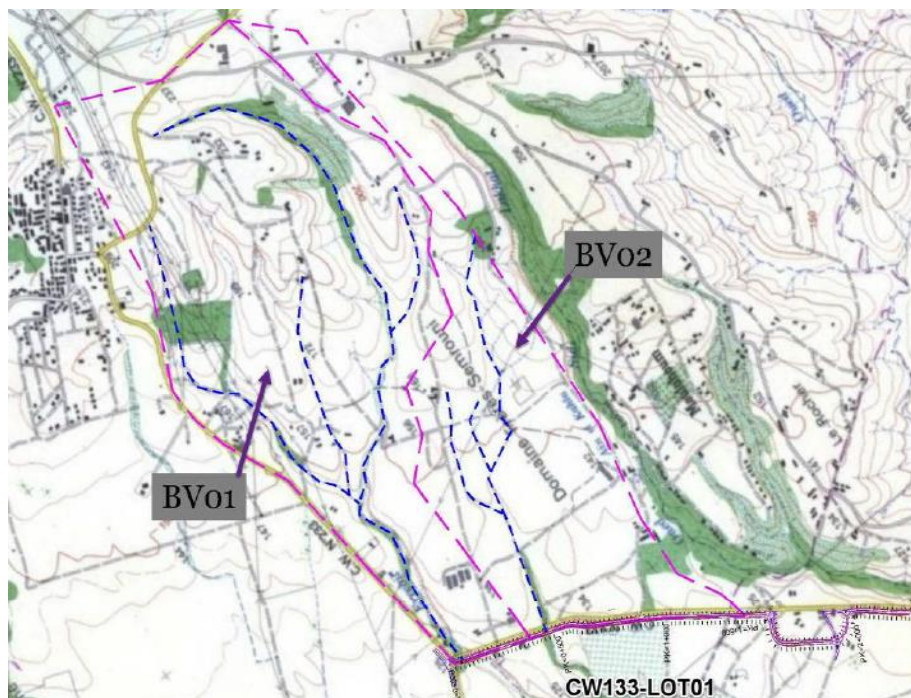


Figure VII. 4 : Délimitation des bassins versants de notre projet.

Tableau VII.5 : Caractéristiques des bassins versants.

N°BV	PK	Surface de BV(Km <sup>2</sup> )	Périmètre (Km)	H <sub>max</sub> (m)	H <sub>min</sub> (m)	P %
01	0+060	2.50	7.70	230.0	125.00	3.15
02	0+445	1.30	7.90	185.0	126.00	3.28

Tel que :

$$P_m = \frac{\Delta H(0.5l_1 + l_2 + \dots + 0.5l_n)}{A}$$

**P<sub>m</sub>** : Pente moyenne du bassin versant (m/m).

**ΔH** : Dénivelée entre deux courbes (m).

**L** : Longueur du cheminement hydraulique.

**A** : Surface du bassin versant(Km<sup>2</sup>).

On considère la présence de 3 éléments (chaussée, talus et bassin versant), en calculant le débit d'apport pour chaque élément de la route et le débit total.

Une largeur de talus a été prise défavorable égale à 10m.

### VII.6.3 Exemple de calcul de débit d'apport du bassin versant N°1 avec une période de retour de 10 ans

#### ✚ Calcul de précipitation

$$P_j(10\%) = \frac{P_{moy}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \times e^{u\sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

Avec :

$$U = 1.287$$

$$C_v = 0.41$$

$$P_j(10\%) = \frac{60}{\sqrt{0.41^2 + 1}} \times e^{1.287\sqrt{\ln(0.41^2 + 1)}}$$

$$P_j(10\%) = 92.20 \text{ mm}$$

#### ✚ Temps de concentration

$$A < 5 \text{ km}^2 \text{ donc } T_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}}$$

✓ Bassin versant: N°1 :

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{8.25}{0.0315}} = 2.055 \text{ h}$$

$$\text{Avec : } P = 3.15 \% = 0.0315$$

✓ Le talus  $T_c = 0.028 \text{ h}$

✓ La chaussée :  $T_c = 0.150 \text{ h}$

✚ La fréquence de l'averse :

$$Pt (10\%) = 92.20 \left( \frac{1.131}{24} \right)^{0.69} = 11.20 \text{ mm}$$

✚ L'intensité de l'averse :

$$\checkmark \text{ Pour chaussée } I = \frac{92.20}{24} = 3.84 \text{ mm/h}$$

$$B = b - 1 = 0.69 - 1 = -0.31$$

$$Tc = 0.150 \text{ h}$$

$$It = 3.84 \times \left( \frac{0.150}{24} \right)^{-0.31} = 18.51 \text{ mm/h}$$

✓ Pour le talus :  $It = 31.15 \text{ mm/h}$

✓ Pour le BV :  $It = 8.22 \text{ mm/h}$

✚ Calcul du débit d'apport  $Qa$  :

On calcule le débit d'apport du bassin versant N°1 pour une période de retour de 10ans.

On a:

$$Qa = QBv + Qc + Qt$$

Avec :

$$QBv = K. I. Ctn. A = 0.278 \times 8.22 \times 0.20 \times 8.25 = 3.77 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Qc = K. I. Cc. Ac = 0.278 \times 18.51 \times 0.95 \times 0.0463 = 0.226 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Qt = K. I. Ct. At = 0.278 \times 31.15 \times 0.3 \times 0.033 = 0.085 \text{ m}^3/\text{s}$$

D'où :  $Qa = 3.77 + 0.226 + 0.085 = 4.081 \text{ m}^3/\text{s}$

**Tableau VII.6 :** Valeurs des coefficients de ruissellement C.

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtue en enrobée	0.80 à 0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 à 0.40	0.40
Talus	0.10 à 0.30	0.30
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

Le tableau suivant représente les résultats de calculs pour le débit d'apport du bassin versant N°1 et une période de retour de 10ans.

**Tableau VII.7:**Caractéristiques et débit d'apport du BV N°1 pour une période de retour de 10 ans.

BV	Type	K	A (km <sup>2</sup> )	Tc(h)	It (mm/h)	C	Pente	Qi (10%)	Qa m <sup>3</sup> /s
BV N°1	BV	0.278	8.25	2.05	8.22	0.2	3.15	3.77	4.081
	Chaussé		0.0463	0.150	18.51	0.95	3.28	0.226	
	Talus		0.033	0.028	31.15	0.3	67	0.085	

**VII.6.4. Calcul de débit d'apport du bassin versant N°2 avec une période de retour de 50 ans**
**+ Calcul de précipitation**

Avec :

$$U = 2.057$$

$$Cv = 0.41$$

$$Pj(2\%) = \frac{60}{\sqrt{0.41^2 + 1}} \times e^{2.057\sqrt{\ln(0.41^2 + 1)}}$$

$$Pj(2\%) = 132.43 \text{ mm}$$

**+ Temps de concentration :**

$$A < 5 \text{ km}^2 \text{ donc : } Tc = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}}$$

✓ Bassin versant N°2 :

$$Tc = 0.127 \sqrt{\frac{2.34}{0.0315}} = 1.094 \text{ h}$$

Avec : P= 0.0315

✓ La chaussée : Tc = 0.111 h

✓ Le talus : Tc = 0.020 h

**+ La fréquence de l'averse :**

$$Pt(2\%) = 132.43 \left(\frac{1.28}{24}\right)^{0.69} = 17.52 \text{ mm}$$

✚ L'intensité de l'averse :

$$\checkmark \quad \text{Pour BV : } \begin{cases} I = \frac{132.43}{24} = 5.51 \text{ mm/h} \\ B = b - 1 = -0.31 \\ T_c = 1.09 \text{ h} \end{cases}$$

$$I_t = 5.51 \times \left(\frac{1.09}{24}\right)^{-0.31} = 14.36 \text{ mm/h}$$

✓ Pour la chaussée :  $I_t = 29.25 \text{ mm/h}$

✓ Pour le talus :  $I_t = 49.26 \text{ mm/h}$

✚ Calcul du débit d'apport  $Q_a$  :

On a :

$$Q_a = Q_{Bv} + Q_c + Q_t$$

Avec :

$$Q_{Bv} = K \cdot I \cdot C_{tn} \cdot A = 0.278 \times 14.36 \times 0.2 \times 2.34 = 1.86 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_c = K \cdot I \cdot C_c \cdot A_c = 0.278 \times 29.25 \times 0.95 \times 0.0252 = 0.194 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_t = K \cdot I \cdot C_t \cdot A_t = 0.278 \times 49.26 \times 0.3 \times 0.018 = 0.0739 \text{ m}^3/\text{s}$$

D'où :

$$Q_a = 2.127 \text{ m}^3/\text{s}$$

Le tableau suivant représente les résultats de calculs pour le débit d'apport du bassin versant N°2 et une période de retour de 50 ans.

**Tableau VII.8:** Caractéristiques et débit d'apport du BV N°2 pour une période de retour de 50 ans.

BV	Type	K	A (km <sup>2</sup> )	Tc(h)	It (mm/h)	C	Pente	Qi	Qa m <sup>3</sup> /s
BV N°2	BV	0.278	2.34	1.094	14.36	0.2	3.15	1.86	2.12
	Chaussée		0.0252	0.111	29.25	0.95	3.28	0.194	
	Talus		0.018	0.020	49.62	0.3	67	0.073	

### VII.6.5 Calcul des Dimensions des ouvrages hydrauliques

#### 1) Dimensionnement des fossés

On dimensionne les fossés par rapport aux débits de calcul, en considérant une période de retour de 10 ans.

Pour le dimensionnement, on a pris le bassin versant N°1, avec un  $Q_a = 4.081 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et du débit d'écoulement au point de saturation.

$$Q_a = Q_s = K_{st} \times \left[ \frac{h \times (b + n \cdot h)}{b + 2h\sqrt{1 + n^2}} \right]^{2/3} \times I^{1/2} \times h \times (b + n \cdot h)$$

**Données :**

$$Q_a = 4.081 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$K_{st} = 70 \text{ (béton)}$$

$$I = 25\%$$

**On fixe :**

$$n = 1.5$$

$$b = 0.5 \text{ m}$$

Et on calcule  $Q_s$  pour les différentes valeurs de  $h$ .

#### ❖ Application numérique

On prend  $h = 0.4 \text{ m}$

Vérification :

$$Q_s = 70 \times \left[ \frac{h \times (0,5 + 1,5 \cdot h)}{1,5 + 2h\sqrt{1 + 1,5^2}} \right]^{2/3} \times 0,25^{1/2} \times h \times (0,5 + 1,5 \cdot h)$$

Donc :

$$Q_s = 4.39 \text{ m}^3/\text{s} > Q_a = 4.081 \text{ m}^3/\text{s} \implies \text{c'est vérifié}$$

Pour  $h = 0.4 \text{ m}$ , on trouve  $Q_s > Q_a$ , Donc le débit d'apport est nettement inférieur à celui de saturation, ce qui signifie que les dimensions du fossé proposées sont largement suffisantes pour faire passer les apports du bassin versant.

Donc pour assurer la sécurité et faciliter l'entretien de notre infrastructure, On propose des fossés de dimensions : ( $b = 50 \text{ cm}$ ,  $h = 40 \text{ cm}$ ).

## 2) Dimensionnement des buses

- **Exemple de calcul : calcul du diamètre de la buse :**

Pour le dimensionnement des buses, on prend :  $Q_a = Q_s$  ;

Donc la formule de **Manning - Strickler** deviendra :

$$Q_a = Q_s = S_m \times K_{st} \times R H^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$S_m = \pi \cdot R^2; P_m = 2 \cdot \pi \cdot R; \quad R H = \frac{S_m}{P_m} = \frac{R}{2}$$

Avec :  $R$  : rayon de la buse.

**Donc la formule de débit de saturation devient :**

$$Q_s = K_s \times \pi \times R^2 \times \left(\frac{R}{2}\right)^{2/3} \times I^{1/2}$$

Donc on aura cette formule pour tirer  $R$  :

$$Q_s = Q_a = (\pi \cdot R^2) \cdot K_{st} \cdot (R/2)^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

On prend pour exemple le bassin versant N°1, avec une période de retour de 10 ans.

$$Q_a = 4.081 \text{ m}^3/\text{s}$$

$K_{st} = 80$  (pour les buses préfabriquées).

On prend la pente de pose de l'ouvrage hydraulique à  $I = 1.5 \%$  ;

Une fois le diamètre est calculé, on adoptera un diamètre normalisé et commercialisé, tel que : **Φ 400, Φ500, Φ800, Φ1000, Φ1200, Φ 1500...etc**

**A.N:**

$$R = \left( \frac{Q_a}{K_{st} \cdot \pi \cdot 0.5^{2/3} \cdot I^{1/2}} \right) = \left( \frac{4.081}{80 \cdot \pi \cdot 0.5^{2/3} \cdot 0.015^{1/2}} \right)^{3/8} \cong 0.50 \text{ m} = \mathbf{500 \text{ mm.}}$$

Le débit est assuré pour un diamètre :  $\emptyset = 2R = 1000 \text{ mm}$ .

Donc pour le BV N°=1, on prend une buse de diamètre  **$\emptyset = 1000 \text{ mm}$** .

Pour notre projet, les diamètres des buses seront : **Φ800 et Φ1000**

### 3) Dimensionnement des dalots

La section transversale des dalots peut avoir diverses formes, les plus utilisées en Algérie sont de forme rectangulaire. Les dimensions des dalots sont en fonction du débit maximum des eaux de ruissellement captées.

#### Exemple de calcul :

On prend pour exemple le bassin versant N°2, avec une période de retour de 50 ans.

Pour le dimensionnement des dalots, on prend :

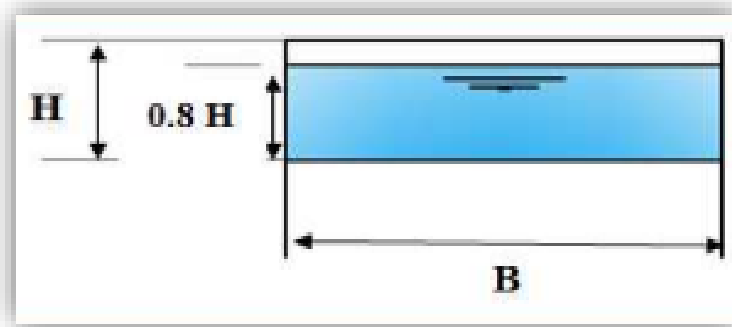
$$Q_a = Q_s;$$

Donc la formule de Manning - Strickler deviendra :

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

$$S_m = 0.8 \times H \times B;$$

$$P_m = 1.6 \times H \times B;$$



**Figure VII.5:** Représentation d'un dalot.

On a:

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

$$Q_a = Q_s = K_{st} \times \left( \frac{0.8 H \times B}{1.6 H + B} \right)^{2/3} \times J^{1/2} \times 0.8 H \times B$$

Avec :

$K_{st} = 70$  (béton)

$J = 3\%$

Le calcul se fera par itération, on fixe le paramètre B et on calcule le paramètre H.

On fixe  $B = 2m$  et par calcul itératif, on trouve :  $H = 1.5 m$ ; Alors on prend un dalot de 1.5m de hauteur et 2m de largeur ( $1.5 \times 2m$ ).

**Vérification :**

$$Q_s = 70 \times \left( \frac{0.8 \times 1.5 \times 2}{1.6 \times 1.5 + 2} \right)^{2/3} \times 0.03^{1/2} \times 0.8 \times 1.5 \times 2 = 19.50 \text{ m}^3/\text{s}$$

- **Vérifications**

$$Q_s = 19.50 \text{ m}^3/\text{s} > Q_a = 2.12 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow \text{vérifié}$$

$$V = \frac{Q}{Sm} = \frac{2.12}{2.4} = 0.88 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s} \rightarrow \text{Vérifié.}$$

## VII. 8. Conclusion

Les ouvrages hydrauliques permettent la collecte et l'acheminement des eaux de ruissellement de la plateforme jusqu'à leur point d'évacuation. Les différents ouvrages transversaux et longitudinaux ont été dimensionnés en fonction du débit et de la période de retour pour évacuer ces eaux vers des exutoires et ainsi assurer la pérennité de l'infrastructure.

Parmi les ouvrages d'évacuation des eaux dimensionnés pour notre projet, on cite:

- Buses :  $\Phi 800$  et  $\Phi 1000$
- Fossés :  $0.5 \times 0.4 \text{ m}^2$
- Dalots rectangulaires :  $2 \times 1,5 \text{ m}^2$

# **Chapitre VIII : Equipements de la route**

## VIII.1. Introduction

L'équipement de la route comprend l'ensemble des installations et dispositifs qui, en tant qu'accessoires permanents de l'emprise, concourent à la fluidité et à la sécurité du trafic, à l'information et au confort des usagers.

Toute amélioration de l'équipement de la route, implique également la suppression de tout ce qui, dans l'environnement immédiat de la voie est une source de risques pour la circulation.

Cette définition exclut les opérations d'investissement et d'entretien qui affectent le réseau dans son tracé, sa structure et ses caractéristiques ; elle exclut aussi les mesures d'exploitation qui ressortissent à l'administration du domaine (conservation, autorisations de voiries, service hivernale.....)

## VIII.2. Sécurité

### VIII.2.1. Introduction

La sécurité de la route est cruciale pour protéger les usagers et réduire les accidents. Elle comprend des mesures, stratégies et technologies pour prévenir les collisions, minimiser leurs conséquences et améliorer la circulation.

### VIII.2.2. Dispositifs retenus

- **Glissière de sécurité**

Elles sont classées en trois (03) niveaux, suivant leurs performances de retenus.

- **Les glissières de niveau 1** : sont particulièrement adoptées pour les routes principales.
- **Les glissières de niveau 2 et 3** : sont envisageables, lorsque les vitesses pratiquées à leurs endroits, sont faibles (de l'ordre de 60 km/h).

Concernant les autres types de routes, les glissières doivent être prévues, dans les cas suivants :

- **Sur le terre-plein-central TPC**

Des barrières de sécurité équipent systématiquement le TPC.

Le choix du type de barrière est en fonction du volume et de la composition du trafic, du risque à couvrir (obstacle, dénivelé ...), des contraintes de visibilité, d'exploitations et de la largeur du TPC.

On utilise les séparateurs en béton de type **GBA** (glissière en béton adhérent) ou **DBA** (double en béton adhérent) sont constitués d'un muret continu en béton faiblement armé coulé sur place et qui présente un profil spécifique. Ils sont capables de retenir les poids lourds de 12 t et entrent donc dans la classe des barrières normales de sécurité. Pour les voitures légères, le profil, par sa forme particulière, limite le frottement de la carrosserie sur le dispositif.

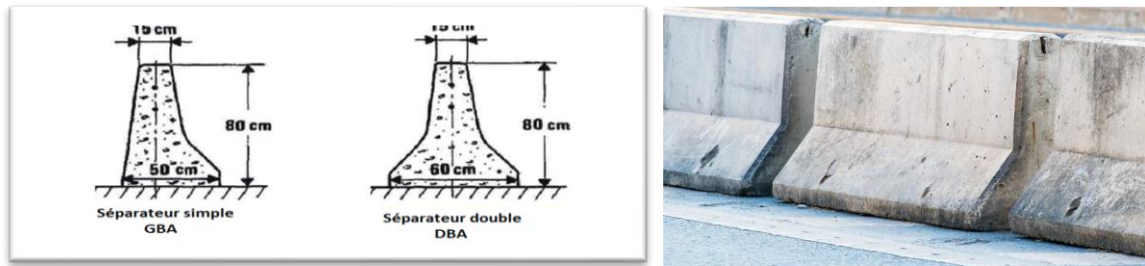


Figure VIII.1 : Exemple de séparateur en béton GBA et DBA.

### ➤ Sur accotement

On met les séparateurs en béton, soit en présence d'obstacles durs ou autres configurations agressives, soit lorsque la hauteur des remblais dépasse 4 m, ou en présence d'une dénivellation brutale de plus de 1 m (cas des ouvrages d'arts par exemple).

#### ▪ Murettes de protection en béton armé

L'implantation de ce type d'ouvrage nécessite des prescriptions spéciales dont il faut tenir compte dès la conception des projets. Leurs dimensions diffèrent par rapport aux glissières simples qui sont envisagées lorsque le danger potentiel représenté par la sortie des véhicules lourds de la chaussée, notamment le nombre des véhicules de transports en commun, est important, en particulier dans les cas ci-contre :

- Les sections où la route surplombe directement sur la mer.
- Lorsque la hauteur de la dénivellation est supérieure à 10 m.



Figure VIII.2: Exemple de murette en béton de plus de 2m.

#### ▪ Glissières métalliques

Les glissières métalliques se qualifient comme les plus performantes des glissières existantes. Ces dispositifs de sécurité en métal viennent amortir les chocs (elles sont définies comme douces).

Ces modèles assurent leurs sécurités comme suit :

- Absorber le choc en cas d'accident.
- Rediriger et adresser le véhicule qui risque la sortie de la voie.
- Elles ont la faculté de protéger les bardages des bâtiments.
- Servent à aménager les parkings automobiles.

- Elles protègent les sorties des grands axes.

Les glissières métalliques ont les avantages dont, elles sont faciles à implanter, et à entretenir en cas de choc. Malgré l'usure et l'aspect de l'acier changeant, une glissière en acier a une durée de vie estimée entre **30 et 50** ans.

L'implantation de ces séparateurs peut être sur le TPC, comme il peut être sur l'accotement.



**Figure VIII.3** : Glissières métalliques sur TPC, et sur accotement.

### VIII.2.3. Application au projet

Pour notre cas, des glissières de sécurité rigides sont prévues tout le long de l'itinéraire, elles sont implantées sur le terre-plein central TPC et en présence d'un TPC de 2m, il convient d'adopter un dispositif de retenue constitué d'une glissière en béton. On doit prévoir des sections revêtues et protégée dans le TPC, qui seront utilisées en cas d'urgences ou d'accidents, pour permettre aux éléments de la protection civile d'évacuer les blessés vers l'hôpital le plus proche.

## VIII.3. Signalisation routière

### VIII.3.1.Introduction

Le respect des indications fournies par les signaux, les panneaux de signalisation et les marquages au sol sur la chaussée est crucial pour assurer la sécurité des véhicules, des cyclistes et des piétons sur les routes. Ces éléments sont conçus pour être identifiables même dans des conditions de faible luminosité. Avec l'augmentation du trafic à grande vitesse, une signalisation impeccable est nécessaire pour déclencher des réactions instantanées chez les conducteurs. L'objectif principal de la signalisation routière est de rendre la circulation plus sûre et plus facile, en assurant une sécurité totale aux usagers. Elle doit être uniforme, continue et homogène pour éviter de surcharger l'attention des conducteurs avec une utilisation excessive de signaux.

### VIII.3.2. Définition de la signalisation

La signalisation routière est un ensemble de dispositifs et de règles conçus pour guider et informer les usagers de la route, y compris les conducteurs, les piétons et les cyclistes. Elle est déployée sur divers types de routes pour assurer la sécurité et la fluidité du trafic.

Cette signalisation prend différentes formes telles que des panneaux, des marquages au sol, des feux de signalisation et des barrières. Les panneaux fournissent des informations sur les limitations de vitesse, les dangers, les directions à suivre et les interdictions. Les marquages au sol indiquent les voies de circulation, les passages piétons et les emplacements de stationnement. Les feux de signalisation régulent le trafic et assurent la sécurité des usagers.

Respecter la signalisation routière est essentiel pour éviter les accidents et les infractions, faisant de la signalisation un élément clé de la sécurité routière.

### VIII.3.3. Types de signalisation

On distingue deux types de signalisation :

#### ✓ Signalisation verticale

Elle se fait à l'aide des panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunté par l'utilisateur à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme. Elles peuvent être classées dans quatre classes :

- **Type A** : Signaux de danger, ce sont des panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150 m en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).



**Figure VIII.4** : Plaque de signalisation de danger.

- **Type B** : la Signalisation de priorité sur les routes concerne les panneaux et marquages au sol qui indiquent les règles de priorité de passage entre les différents usagers de la route. cette signalisation est essentielle pour assurer la sécurité et la fluidité du trafic.

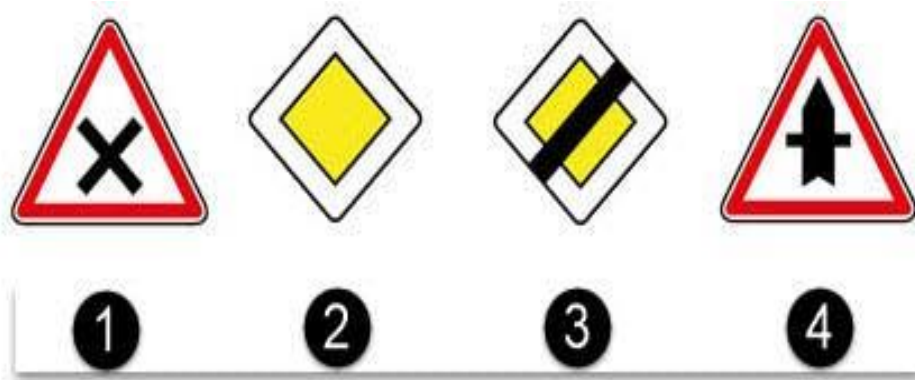


Figure VIII.5 : Plaque de signalisation de priorité.

➤ **Signaux comportant une prescription absolue :**

On trouve :

- **Type C :** Signaux d'interdiction, de forme circulaire comportant un périmètre rouge de fond blanc.

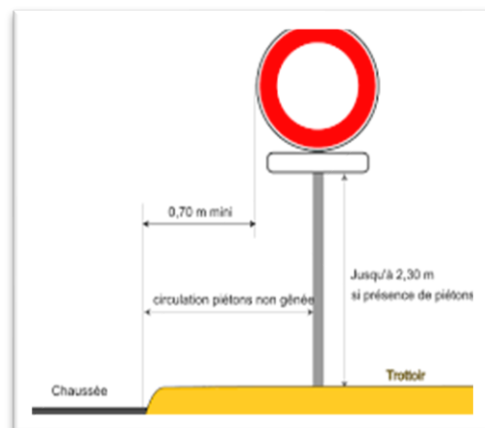


Figure VIII.6: Modèle de plaque de signalisation d'interdiction.

- **Type D :** Signaux d'obligation, de forme aussi circulaire, panneaux au fond bleu.
- Signaux de fin de prescription.

➤ **Signaux à simple indication**

**Type E : Panneaux** en général de forme rectangulaire, des fois terminés en pointe de flèche :

- Signaux d'indication.
- Signaux de direction.
- Signaux de localisation.
- Signaux divers.

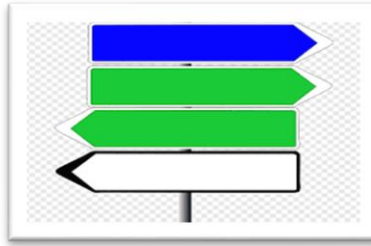


Figure VIII.7: Modèle de plaque de direction.

➤ **Signaux de position des dangers**

Toujours implantés en pré signalisation, ils sont d'un emploi peu fréquent en milieu urbain.

✓ **Signalisation horizontale**

Ces signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation. Elle se divise en trois types :

✚ **Marquage longitudinal**

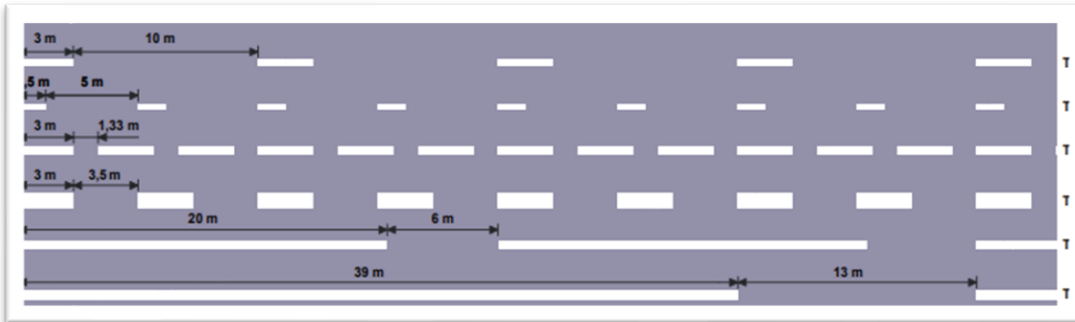
- **Lignes continues** : Les lignes continues annoncent aux conducteurs qu'il est interdit de les franchir.
- **Lignes discontinues** : les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir, elles se différencient par leur module, qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle.

➤ **Modulation des lignes discontinues** : elles sont basées sur une longueur parodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :

Tableau VIII.1 : Caractérisation des lignes discontinues.

Type de marquage	Type de modulation	Longueur du trait (cm)	Intervalle entre deux traits successifs (m)	Rapport plein vide
Axiale longitudinal	T1	3.00	10.00	1/3
	T'1	1.50	5.00	1/3
	T3	3.00	1.33	3
Rive	T2	3.00	3.50	1
	T'3	20.00	6.00	3
Transversal	T'2	0.50	0.50	1

- **Type T1, T'1** : lignes discontinues axiales ou de délimitation des voies, à forte prédominance des vides entre les traits (pleins).
- **Type T2, T'2** : lignes discontinues pour délimitation de la chaussée, dont les vides et les pleins sont approximativement équilibrés.
- **Type T3, T'3** : Discontinues d'annonce d'une ligne continue ou de dissuasion remplaçant une ligne continue ou de délimitation des voies dans certains cas en agglomération, à forte prédominance des pleins sur les vides.



**Figure VIII.8** : Lignes longitudinales comportant différents type de modulation.

#### **Marquage transversal**

- Lignes transversales continues : éventuellement tracées à la limite où les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt (ligne STOP).
- Lignes transversales discontinues : éventuellement tracées à la limite où les usagers devraient céder le passage aux intersections.
- Largeur des lignes : La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route :
  - ❖ U = 7.5cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.
  - ❖ U = 6 cm sur les routes et voies urbaines.
  - ❖ U = 5 cm sur les autres routes.

#### **Les flèches** : On distingue :

- Flèches de rabattement.
- Flèches de sélection unidirectionnelle.
- Flèches de sélection bidirectionnelle.



**Figure VIII.9**: Exemple de signalisation horizontale.

### VIII.3.4. Application au projet

Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre projet, sont les suivants :

- Panneaux de signalisation d'avertissement de danger types A.



**Figure VIII. 10 :** Exemple de signaux d'avertissement de danger.

- Panneaux de signalisation d'interdiction ou de restriction type C.

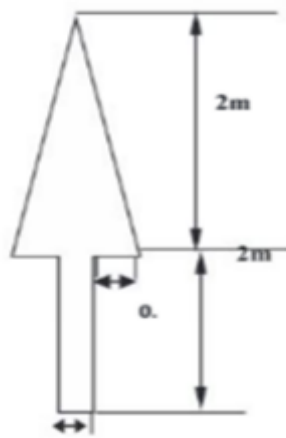


**Figure VIII .11 :** Exemple de signaux d'interdiction.

- Signalisation horizontale :



Ligne discontinue



**Figure VIII .12:** Flèches de sélection.

## VIII.4. Eclairage

### VIII.4.1. Introduction

L'éclairage routier est essentiel pour assurer la visibilité et la sécurité des conducteurs et des piétons la nuit ou dans des conditions de faible luminosité. Il comprend divers dispositifs tels que les lampadaires, les projecteurs et les feux de circulation. Son installation nécessite une planification minutieuse pour éviter l'éblouissement des conducteurs et réduire la pollution lumineuse. La couleur et la direction de la lumière doivent être choisies avec soin pour attirer l'attention sans distraire. En respectant des normes strictes, l'éclairage routier contribue à garantir la sécurité sur les routes.

### VIII.4.2. Catégories d'éclairages

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

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

### VIII.4.3. Paramètres d'implantation des luminaires

Les paramètres d'implantation des luminaires sont :

- **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 10m et parfois 12m pour les grandes largeurs de chaussées.
- **La largeur (L) de la chaussée.**
- **Le porte-à-faux (p) du foyer lumineux, et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée**

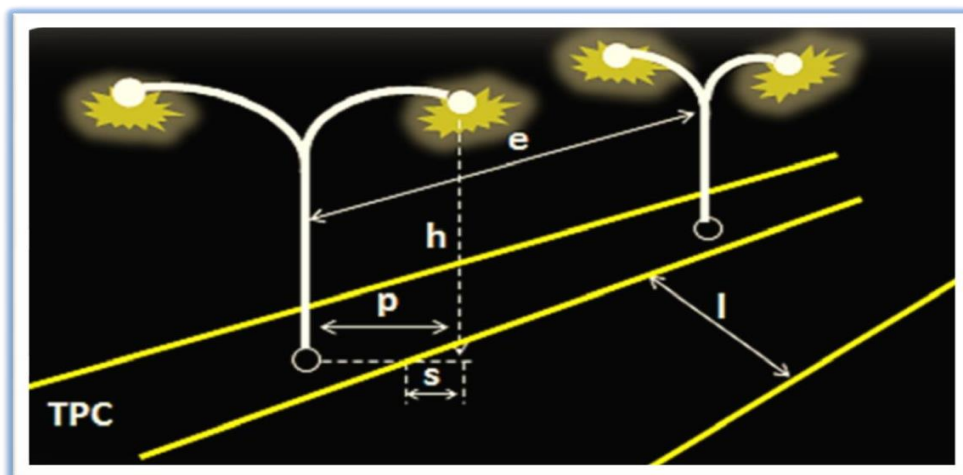


Figure VIII.12 : paramètres d'implantation des luminaires.

#### **VIII.4.4. Application au projet**

Dans le cas de notre projet, nous allons prévoir des poteaux d'éclairage LED, contenant des panneaux solaires. L'implantation des poteaux se fera à 30 m entre chacun.

#### **VIII.5 Conclusion**

La signalisation et l'éclairage routier sont indispensables dans notre société moderne. Ils assurent la sécurité et la fluidité du trafic, réduisent les risques d'accidents et facilitent l'orientation des conducteurs. L'éclairage des routes améliore la visibilité, garantissant une conduite plus sûre, surtout la nuit. Une signalisation claire aide à comprendre les règles de circulation et à éviter les infractions. Investir dans une signalisation et un éclairage routier de qualité est un investissement dans la sécurité de tous et dans la qualité de vie quotidienne.

## **Chapitre IX : Impact sur l'environnement**

## IX.1. Introduction

La construction des routes peut avoir des conséquences néfastes sur l'environnement, telles que la destruction des habitats naturels, la pollution de l'air et de l'eau, ainsi que la fragmentation des écosystèmes. Pour atténuer ces impacts, il est essentiel d'adopter des pratiques de construction écologiques, telles que la planification responsable, l'utilisation de matériaux durables et recyclés, la gestion efficace des déchets et des émissions, ainsi que la restauration écologique des zones affectées. En prenant ces mesures, nous pouvons construire et entretenir des infrastructures routières tout en préservant la biodiversité et en minimisant notre empreinte environnementale.

## IX.2. Cadre juridique

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n° 90-78 du 27 février 1990, stipulant qu'une telle étude doit comprendre :

- ✓ Une analyse détaillée du projet.
- ✓ Une analyse de l'état initial du site et de son environnement.
- ✓ Une analyse des conséquences prévisibles, directe et indirecte, à court, moyen et long terme du projet sur l'environnement.
- ✓ Les raisons, les justifications techniques et environnementales du choix du projet.
- ✓ L'estimation des coûts correspondants à l'étude de ces impacts.

## IX.3. Définitions

### ➤ Environnement :

C'est l'ensemble des facteurs biotiques et abiotiques de l'habitat susceptibles d'avoir des effets directs et indirects sur les êtres vivants, y compris sur l'homme.

### ➤ Impact sur l'environnement :

Un impact sur l'environnement constitue toute altération de l'état initial d'un site due à la construction, la modification et l'exploitation d'une installation, quoi qu'il soit le domaine.

## IX.4. Etude d'impact sur l'environnement

Dans cette étude d'impact sur l'environnement, l'accent sera mis sur la description des effets prévisibles, à la fois positifs et négatifs, directs ou indirects, sur les composantes de l'environnement pouvant être générés par les phases de construction et d'exploitation. L'identification des conséquences d'un projet sur son environnement constitue l'étape clé de cette étude. Ces conséquences, souvent appelées impacts, sont déduites de l'analyse par superposition du contenu du projet, tant en phase de construction qu'en phase d'exploitation, avec les composantes des domaines ou milieux affectés.

Durant la phase de réalisation, également connue sous le nom de phase de chantier, les impacts émaneront principalement des installations de chantier et des travaux d'exécution du projet. Parmi ces impacts, on peut distinguer deux types différents :

### IX.4.1. Impacts négatifs

Ils sont, en général, causés par la réalisation de l'ouvrage lui-même, les plus importants sont les suivants :

#### **IX.4.1.1. Impact sur la qualité de l'air**

Les risques d'impacts anticipés sont dus principalement aux envols de poussières, aux émissions de gaz d'échappement :

- Envols de poussière : émanant de la circulation des véhicules et engins utilisés pour les travaux de construction, des camions circulant avec des matériaux non couverts, vents soufflant sur les sols entassés et exposés, chargement et déchargement des matériaux sur le site, transport de matériaux, extrait des lieux d'emprunt.

- Emission de gaz d'échappement : des véhicules, des engins, et des équipements de construction.

#### **IX.4.1.2. Impact sur les ressources en eau**

Les routes peuvent contribuer à la modification des écoulements et à la qualité des eaux de surface et souterraines, entraînant parfois un risque accru d'inondation, d'érosion, de dépôts, ou une modification brutale de la dynamique de la nappe phréatique, et la pollution de cette dernière, par le déversement des sédiments et des matières polluantes (fuites d'hydrocarbures aux postes de distribution de carburant, les débris résultants de l'usure des plaquettes de freins et des pneus).

#### **IX.4.1.3. Impact sur la faune**

Au niveau des animaux, leur contamination par les métaux lourds accumulés dans la végétation des abords routiers, constitue le principal impact négatif important relié à la pollution générée par le transport routier. Le bruit et la lumière artificielle affectent également certaines formes de vie sauvage.

#### **IX.4.1.4. Impact sur La flore**

- Un projet aura un impact sur la végétation car il y a des espèces végétales sensibles ou protégés dans la zone.

- Les terrassements du sol conduit à un déséquilibre dans l'aération des racines et empêche ainsi leur développement.

- Désorganisation du territoire agricole.

- Diminution du couvert végétal.

#### **IX.4.1.5. Impact sur l'agriculture**

L'ensemble des impacts sur l'agriculture peuvent se regrouper en trois éléments qui sont:

- L'effet de la substitution du sol à vocation agricole, et la diminution des superficies exploitées.

- L'effet de coupure, entraînant la destruction d'une tranche de la parcelle agricole, et difficultés de travail et de circulation par des allongements de parcours (rupture de cheminements).

- L'effet de modification du régime agricole.

#### IX.4.1.6. Impact sur le paysage

L'infrastructure portera une défiguration au paysage naturel malgré les efforts de l'ingénieur à adapter le tracé géométrique à la topographie du site.

#### IX.4.1.7. L'impact sur les habitants

Les principaux impacts d'une infrastructure routière sur les habitants sont : la destruction, le bruit et la sécurité.

En outre à ces impacts qui sont difficiles, voire impossibles à évaluer, il existe d'autres effets qui leurs sont liés :

- L'effet de bornage d'une ville par projet.
- L'effet de barrière entre deux centres urbains.
- L'effet de destruction au sein des agglomérations.

##### **La destruction :**

Les projets d'aménagement routiers nécessitent parfois, la destruction de certaines habitations et le déplacement des populations du lieu de leur vie ou de travail, et leur réinstallation par la suite ailleurs, ce qui peut provoquer un bouleversement sur le plan économique et culturel de la vie des individus affectés.

Ces impacts sont d'ordre :

- Economique : modification des systèmes de production.
- Socioculturel : désorganisation des communautés, et modification culturelle.
- Naturel : modification dans l'exploitation des ressources naturelles.

##### **Le bruit :**

La construction d'une route au voisinage d'habitation a des conséquences sur la santé humaine, suite à la gêne due au bruit pouvant se manifester de plusieurs façons : perte de sommeil, fatigue, baisse de l'acuité auditive.

##### **La sécurité :**

- Pour assurer la sécurité des piétons on doit :
  - Implanter des passerelles au niveau des centres qui génèrent les populations de la ville.
  - Implanter des trottoirs.
- Pour assurer la sécurité des automobilistes on doit :
  - Réduire la vitesse au niveau des intersections et des zones urbaines.
  - Des panneaux de signalisation seront implantés.

#### IX.4.2 Impacts positifs

Ce sont généralement des impacts socio-économiques et peuvent être résumés comme suit :

- La fluidité de la circulation (gain de temps).
- Favoriser la découverte et la mise en valeur des régions traversées.
- La réduction des coûts de transport (gain de temps, sécurité, carburant ...).
- Désenclavement des régions limitrophes.
- La création des postes d'emplois temporaire (durant la phase de réalisation).
- Une réponse aux besoins de confort, et la sécurité des usagers.
- L'amélioration des conditions économiques de la population de la zone du projet. En effet, la mobilité des travailleurs sera nettement améliorée et l'activité de la population sera probablement développée.
- Attraction des activités agricoles, pastorales et touristiques.

### IX.5. Méthodologie du choix du type de plantes

La méthode adaptée afin de pouvoir porter un choix sur un type donné de plantes se résume comme suit :

- ✓ Choisir les espaces végétales disponibles localement.
- ✓ Les implantations doivent préserver la visibilité.

### IX.6. Intérêt de la végétation

Il faut prendre soin des plantes. A cet égard l'intérêt de la végétation se compose des points suivants :

- **Sur le plan technique :**
  - ✓ Elle réduit l'érosion superficielle des sols.
  - ✓ Elle régule les débits d'eau et draine les talus.
  - ✓ Les plantations de terre-plein central ont une fonction anti-éblouissement
  - ✓ Les plantations peuvent jouer un rôle dans la stabilisation des talus et de balisage.
- **Sur le plan sécuritaire :**  
Elle contribue à l'orientation des usagers et à la compréhension du trajet.
- **Sur le plan paysager :**  
Ces plantations autorisent une meilleure intégration de l'aménagement dans la nature
- **Sur le plan écologique :**  
Les implantations formeront un lieu de vie pour la faune et la flore, participeront au cycle biologique et serviront à atténuer certains polluants. Les plantations peuvent avoir un rôle de stabilisation des talus et de balisage.

## IX.7. Conclusion

Le développement et l'utilisation des routes ont un impact significatif sur l'environnement, engendrant la destruction des habitats naturels, la fragmentation des écosystèmes, et la pollution de l'air et de l'eau. Pour atténuer ces effets néfastes, il est essentiel d'adopter des pratiques durables à toutes les étapes, de la conception à l'exploitation des routes. Cela nécessite une évaluation minutieuse des impacts potentiels, l'utilisation de matériaux durables et recyclés, la gestion efficace des déchets et des émissions, ainsi que la restauration écologique des zones affectées. En intégrant ces mesures, nous pouvons construire et entretenir des infrastructures routières, tout en préservant la biodiversité et en réduisant notre empreinte environnementale.

# **Conclusion générale**

Dans notre projet de fin des études intitulé « étude du lot N°01 allant du PK00+000 au PK 02+260 du projet de dédoublement du chemin de wilaya (CW) N°133, sur un linéaire de 6.50 km, section située entre le CW N°142 et CW N°233 », nous avons essayé de respecter les normes de conception, en se conformant au règlement algérien, à savoir la B40, tout en prenant en considération le confort, la sécurité des usagers ainsi que l'économie et l'environnement. En effet, ce travail a été une occasion pour nous, de mettre en application les connaissances théoriques acquises pendant le cycle de notre formation,

Cette étude nous a permis également de chercher des solutions à tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter lors d'une étude d'un projet routier, auxquels nous avons proposé des approches et des solutions, les plus adéquates que possibles.

Il était pour nous, d'une part l'occasion de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine, et d'autre, d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet des travaux publics. De plus, une occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels de PISET 5 et AUTO-CAD.

Finalement, et après avoir jugé ce travail, on se permet de le prendre comme bagage préliminaire pour entamer une autre étape dans ce vaste domaine.

## **Références bibliographiques**

- B40 : normes techniques d'aménagement des routes 1977, Algérie.
- CTTTP, Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves : 2001, Algérie :
  - Fascicule 1
  - Fascicule 2
  - Fascicule 3
- Cours « routes 1 et 2», 2021/2022, L3, spécialité travaux publics, Mme Khial Nassima, UMMTO, Algérie.
- Cours « Routes », master1, 2022/2023, spécialité : Travaux publics, Mme GHANEM Fadhila, UMMTO, Algérie.
- Ouicher Sofiane, Saïdi Madjid, 2022 /2023 ; mémoire fin d'études « Etude de la déviation et de la modernisation de CW 128 dans la wilaya de Tizi-Ouzou sur un linéaire de 7.5 km», UMMTO, Algérie.
- Rihane Ranida, Saber Salma et Mounsi Taous 2019/2020 ; mémoire fin d'études « Etude d'un tronçon de la voie express reliant (DRAA EL MIZAN-AIN EL HAMMAM), sur un linéaire de PK 0+020 au PK 4+200 », UMMTO, Algérie.
- MOULOUDJ Sabrina, BOUKHEDIMI Ahlem 2022/2023 ; mémoire fin d'études «étude d'un avant-projet détaillé de la liaison autoroutière reliant le port de Cherchell à l'autoroute Est-Ouest du PK12+000 ou PK24+000», UMMTO, Algérie.
- Adoum Mahamat Youssouf, yaya ahmat allagami 2006/2007 ; mémoire fin d'études« étude APD du dédoublement de la RN 90A sur 2,8 Km LOT N°2 tronçon CW24-CW 13 BIS», Ecole nationale des travaux publics, Algérie.
- Betatache Ammar, Otman Mourad 2006/2007 ; mémoire fin d'études « Etude en APD du dédoublement de la RN 43 sur 8,124 km avec carrefours » Ecole nationale des travaux publics, Algérie.
- Code algérien de la route.

# **Annexes**

## AXE EN PLAN

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0.000	3215.057	2994.524
D1	GIS = 195.122°	113.719			
			113.719	3185.391	2884.743
L1	XC= 2026.943 YC= 3197.789 R = -1200.000	174.933			
			288.652	3127.630	2719.785
D2	GIS = 203.474°	80.291			
			368.943	3095.647	2646.139
L2	XC= 1994.960 YC= 3124.143 R = -1200.000	137.373			
			506.316	3033.842	2523.539
D3	GIS = 210.033°	139.701			
			646.017	2963.921	2402.595
L3	XC= 1925.040 YC= 3003.199 R = -1200.000	44.170			
			690.187	2941.115	2364.771
D4	GIS = 212.142°	191.074			
			881.261	2839.459	2202.983
L4	XC= 1823.384 YC= 2841.411 R = -1200.000	69.041			
			950.302	2801.067	2145.612
D5	GIS = 215.439°	212.350			
			1162.652	2677.939	1972.603
L5	XC= 1700.256 YC= 2668.402 R = -1200.000	98.011			
			1260.663	2617.913	1895.158
D6	GIS = 220.118°	205.492			
			1466.156	2485.500	1738.015
L6	XC= 1567.843 YC= 2511.259 R = -1200.000	7.901			
			1474.057	2480.389	1731.990
D7	GIS = 220.496°	290.903			
			1764.960	2291.479	1510.771
L7	XC= 3204.024 YC= 731.502 R = 1200.000	87.309			
			1852.270	2237.245	1442.374
D8	GIS = 216.327°	150.527			
			2002.797	2148.074	1321.102
L8	XC= 1422.990 YC= 1854.255 R = -900.000	179.826			
			2182.623	2027.828	1187.794
D9	GIS = 227.775°	147.439			

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			2330.061	1918.648	1088.709
L9	XC= 2523.486 YC= 422.248 R = 900.000	156.345			
			2486.406	1812.557	974.136
D10	GIS = 217.822°	195.138			
			2681.544	1692.897	819.992
LONGUEUR DE L'AXE 2681.5		44			

## PROFIL EN LONG

Elém	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0.000	128.480
D1	PENTE= 0.036 %	504.332		
			504.332	128.662
PARA1	S= 503.8998 Z= 128.6619 R = 1200.00	3.967		
			508.299	128.670
D2	PENTE= 0.367 %	433.808		
			942.107	130.260
PARA2	S= 945.7730 Z= 130.2671 R = -1000.00	16.391		
			958.498	130.186
D3	PENTE= -1.272 %	505.541		
			1464.039	123.753
PARA3	S= 1479.3086 Z= 123.6561 R = 1200.00	4.234		
			1468.273	123.707
D4	PENTE= -0.920 %	521.816		
			1990.088	118.908
PARA4	S= 1985.4901 Z= 118.9289 R = -500.00	25.416		
			2015.505	118.028
D5	PENTE= -6.003 %	313.958		
			2329.463	99.181
PARA5	S= 2401.4977 Z= 97.0194 R = 1200.00	1.197		
			2330.660	99.110
D6	PENTE= -5.903 %	350.884		
			2681.544	78.397
LONGUEUR DE L'AXE 2681.544				

## TABULATION

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	128.480	128.480	3215.057	2994.524	285.122°	2.50	-2.50
2	113.719	127.498	128.521	3185.391	2884.743	285.122°	2.50	-2.50
3	288.652	129.361	128.584	3127.630	2719.785	293.474°	2.50	-2.50
4	368.943	128.961	128.613	3095.647	2646.139	293.474°	2.50	-2.50
5	506.316	128.663	128.664	3033.842	2523.539	300.033°	2.50	-2.50
6	646.017	129.527	129.175	2963.921	2402.595	300.033°	2.50	-2.50
7	690.187	129.267	129.337	2941.115	2364.771	302.142°	2.50	-2.50
8	881.261	128.457	130.037	2839.459	2202.983	302.142°	2.50	-2.50
9	950.302	130.290	130.257	2801.067	2145.612	305.439°	2.50	-2.50
10	1162.652	127.795	127.588	2677.939	1972.603	305.439°	2.50	-2.50
11	1260.663	128.087	126.341	2617.913	1895.158	310.118°	2.50	-2.50
12	1466.156	123.726	123.728	2485.500	1738.015	310.118°	2.50	-2.50
13	1474.057	123.684	123.654	2480.389	1731.990	310.496°	2.50	-2.50
14	1764.960	122.171	120.978	2291.479	1510.771	310.496°	2.50	-2.50
15	1852.270	123.348	120.175	2237.245	1442.374	306.327°	2.50	-2.50
16	2002.797	118.791	118.629	2148.074	1321.102	306.327°	2.50	-2.50
17	2182.623	104.938	107.996	2027.828	1187.794	317.775°	2.50	-2.50
18	2330.061	99.146	99.146	1918.648	1088.709	317.775°	2.50	-2.50
19	2486.406	88.034	89.916	1812.557	974.136	307.822°	2.50	-2.50
20	2681.544	78.397	78.397	1692.897	819.992	307.822°	2.50	-2.50

## CUBATURES GEOLOGIQUES

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
1	0.000 113.719	0.0	0.0 0.0 0.0 0.0	0.0 0.0 0.0
2	288.652	3912.4	0.0 0.0 0.0 0.0	0.0 0.0 0.0
3	368.943	0.0 0.0	0.0 0.0 0.0 0.0	0.0 0.0 0.0
4	506.316	0.1	0.0 0.0 0.0 0.0	0.0 0.0 0.0
5	646.017	22.4	0.0 0.0 0.0	0.0 0.0 0.0
6	690.187	88.6	0.0	0.0 0.0 0.0
7	881.261	3274.9		0.0
8	950.302 1162.652	0.2 0.0 0.0		
9 10	1260.663	0.0 0.0 0.0		
11	1466.156	0.0		
12	1474.057	879.3 9634.3		
13	1764.960	1988.0		
14	1852.270	3841.5		
15	2002.797	0.0		
16	2182.623			
17	2330.061			
18	2486.406			
19	2681.544			
20				
		23642	0	0

## VOLUMES CHAUSSEE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
1	0.000 113.719	184.1	293.3	159.2	44.6 112.8	24.2
2	288.652	467.2	713.4	404.1	100.2	61.3
3	368.943	413.1	658.3	357.3	85.4	54.2
4	506.316	352.3	561.4	304.7	108.8	46.3
5	646.017	448.5	689.6	387.9	72.2	58.9
6	690.187	297.6	476.1	257.4	92.3 102.1	39.1
7	881.261	380.8	609.1	329.3	110.5	50.0
8	950.302	421.0	676.2	364.2	121.8	55.3
9 10	1162.652	455.5	720.7	393.9	119.1	59.8
11	1260.663	502.4	800.5	434.5	83.8 117.3	65.9
12	1466.156	491.3	782.8	424.9	148.5	64.5
13	1474.057	345.4	550.4	298.8	93.4 129.7	45.3
14	1764.960	483.7	770.7	418.3	128.5	63.5
15	1852.270	612.2	975.6	529.5	119.2	80.4
16	2002.797	385.0	613.5	333.0	138.0	50.5
17	2182.623	534.7	855.5	462.5	76.6	69.5
18	2330.061	529.7	836.6	458.2		64.6
19	2486.406	491.7	786.6	425.3		74.7
20	2681.544	568.9	910.1	492.1		41.5
		315.9	503.3	273.2		
		8681	13784	7508	2105	1140

## PROFIL TERAIN NATURAL

PROFIL N° 1 S= 0.00 Z TN = 128.48

### TERRAIN 23 POINTS

ABSC	-50.000	-42.069	-33.270	-31.753	-27.055	-26.018	-25.610	-23.927
COTE	129.813	129.658	129.545	129.479	129.105	129.057	128.942	128.679
ABSC	-18.942	-10.830	-10.143	-6.801	-3.756	0.008	0.321	6.363
COTE	128.685	128.589	128.593	128.570	128.462	128.480	128.449	128.757
ABSC	14.296	15.960	16.453	19.408	20.145	37.984	50.000	
COTE	128.640	128.596	128.574	128.513	128.519	128.187	128.428	

PROFIL N° 2 S= 113.72 Z TN = 127.50

### TERRAIN 30 POINTS

ABSC	-50.000	-45.878	-40.360	-37.780	-35.391	-26.873	-22.926	-21.792
COTE	129.419	129.497	129.260	129.203	129.144	128.803	128.647	128.631
ABSC	-16.946	-14.295	-11.646	-9.367	-8.448	-8.189	-8.080	-6.323
COTE	128.341	128.284	128.284	128.064	128.015	127.955	128.007	127.936
ABSC	-3.286	-1.777	5.551	6.154	6.292	7.442	11.742	14.738
COTE	127.863	127.806	126.538	126.501	126.487	126.105	124.655	123.624
ABSC	18.853	21.903	29.453	31.620	37.211	50.000		
COTE	122.124	121.714	120.897	120.631	120.582	120.033		

PROFIL N° 3 S= 288.65 Z TN = 129.36

### TERRAIN 31 POINTS

ABSC	-50.000	-29.345	-22.954	-17.374	-15.824	-10.446	-8.910	-8.542
COTE	130.836	130.442	130.264	130.115	130.033	129.606	129.479	129.478
ABSC	-5.905	-4.378	-4.012	-0.268	7.250	8.994	9.873	10.283
COTE	129.510	129.571	129.465	129.371	129.091	129.156	129.138	129.143
ABSC	10.976	11.679	12.817	14.096	14.432	16.676	24.689	25.605
COTE	129.175	129.100	129.135	129.093	129.068	128.950	128.585	128.441
ABSC	30.293	33.137	34.705	39.191	41.640	41.854	50.000	
COTE	128.494	128.596	128.683	128.851	128.830	128.830	128.317	

PROFIL N° 4 S= 368.94 Z TN = 128.96

### TERRAIN 16 POINTS

ABSC	-50.000	-10.333	-8.069	-5.565	0.353	2.645	5.270	5.552
COTE	131.301	129.430	129.274	129.080	128.953	128.978	128.943	128.945
ABSC	6.608	6.660	7.447	9.965	10.562	19.573	28.325	50.000
COTE	128.828	128.844	128.845	128.771	128.703	128.423	128.050	127.408

PROFIL N° 5 S= 506.32 Z TN = 128.66

### TERRAIN 16 POINTS

ABSC	-50.000	-35.681	-33.699	-31.859	-30.486	-24.742	-24.029	-18.964
COTE	130.297	130.363	130.360	130.253	130.229	130.136	130.112	129.692
ABSC	-16.721	-14.762	-10.055	-9.519	-3.663	-3.440	-1.234	50.000
COTE	129.194	129.148	129.120	129.133	128.830	128.839	128.714	126.564

PROFIL N° 6 S= 646.02 Z TN = 129.53

### TERRAIN 14 POINTS

ABSC	-50.000	-20.131	-19.413	-14.351	-9.079	-6.361	-2.973	-0.790
COTE	132.660	130.535	130.546	130.085	130.095	129.637	129.519	129.598

ABSC	2.089	3.098	4.641	6.643	9.208	50.000		
COTE	129.339	129.303	129.012	128.793	128.281	125.737		

PROFIL N° 7 S= 690.19 Z TN = 129.27

#### TERRAIN 15 POINTS

ABSC	-50.000	-15.670	-10.595	-8.739	-8.285	-7.536	-1.189	-0.323
COTE	131.519	130.507	130.547	130.562	130.172	130.120	129.257	129.253
ABSC	1.100	1.155	2.951	5.482	9.428	11.149	50.000	
COTE	129.314	129.318	129.364	128.891	128.219	128.269	129.754	

PROFIL N° 8 S= 881.26 Z TN = 128.46

#### TERRAIN 31 POINTS

ABSC	-50.000	-44.226	-42.786	-40.917	-36.030	-35.717	-31.356	-29.623
COTE	129.640	129.431	129.362	129.331	129.117	129.107	129.088	129.113
ABSC	-26.786	-25.117	-20.696	-20.187	-18.199	-18.172	-18.100	-17.954
COTE	129.105	129.134	128.938	128.916	128.958	128.957	128.967	128.953
ABSC	-14.782	-10.040	-9.630	-9.159	-4.602	-0.774	4.475	5.650
COTE	128.840	128.672	128.663	128.655	128.545	128.502	128.192	128.050
ABSC	6.739	8.384	13.589	20.503	22.078	22.276	50.000	
COTE	127.887	127.594	127.342	127.208	127.165	127.162	127.683	

PROFIL N° 9 S= 950.30 Z TN = 130.29

#### TERRAIN 17 POINTS

ABSC	-50.000	-25.593	-21.294	-14.432	-10.164	-8.610	-8.306	-4.752
COTE	131.975	131.689	131.518	130.904	130.582	130.456	130.439	130.307
ABSC	-3.452	-3.073	0.318	7.538	8.491	8.993	15.631	20.315
COTE	130.254	130.262	130.293	129.833	129.777	129.738	129.276	128.985
ABSC	50.000							
COTE	127.994							

PROFIL N° 10 S= 1162.65 Z TN = 127.79

#### TERRAIN 9 POINTS

ABSC	-50.000	-15.984	-2.584	-1.915	-1.200	6.848	12.387	14.976
COTE	127.276	128.580	127.823	127.741	127.745	128.075	127.575	127.571
ABSC	50.000							
COTE	125.656							

PROFIL N° 11 S= 1260.66 Z TN = 128.09 TERRAIN 21 POINTS

ABSC	-50.000	-13.174	-4.302	-3.641	-1.964	-0.669	3.299	4.418
COTE	126.967	128.175	128.095	128.112	128.019	128.092	128.063	128.081
ABSC	6.008	8.222	9.925	14.602	17.951	24.340	25.971	29.184
COTE	128.249	128.216	128.266	128.353	128.337	128.591	128.632	128.628
ABSC	30.051	32.968	35.425	36.143	50.000			
COTE	128.673	128.711	128.754	128.715	127.951			

PROFIL N° 12 S= 1466.16 Z TN = 123.73

#### TERRAIN 32 POINTS

ABSC	-50.000	-24.982	-24.804	-24.563	-23.682	-22.889	-22.115	-21.892
COTE	135.231	123.986	123.967	123.991	123.957	123.371	122.969	122.972
ABSC	-21.446	-8.093	-8.018	-6.873	-6.579	-4.672	-3.282	-2.753
COTE	123.774	123.635	123.633	123.680	123.719	123.720	123.751	123.730
ABSC	-1.657	-0.942	1.868	4.947	13.313	13.841	14.093	16.896
COTE	123.793	123.774	123.633	123.660	123.705	123.725	123.716	123.790

ABSC	28.074	28.481	30.323	33.731	45.802	45.984	47.031	50.000
COTE	123.876	123.861	123.877	124.026	124.270	124.264	124.284	124.299

PROFIL N° 13 S= 1474.06 Z TN = 123.68

#### TERRAIN 33 POINTS

ABSC	-50.000	-24.118	-23.695	-23.003	-22.618	-20.868	-20.178	-20.099
COTE	135.293	123.659	123.614	123.586	123.582	123.574	123.544	123.610
ABSC	-19.725	-14.794	-9.038	-8.139	-7.821	-7.534	-6.389	-5.330
COTE	123.521	123.471	123.521	123.524	123.521	123.514	123.536	123.498
ABSC	-2.586	-2.534	-1.440	0.890	13.652	14.412	14.783	15.144
COTE	123.704	123.701	123.663	123.697	123.645	123.676	123.659	123.645
ABSC	21.078	22.229	23.886	28.246	38.625	42.295	43.172	48.173
COTE	123.747	123.705	123.704	123.742	124.197	124.271	124.241	124.336
ABSC	50.000							
COTE	124.345							

PROFIL N° 14 S= 1764.96 Z TN = 122.17

#### TERRAIN 15 POINTS

ABSC	-50.000	-30.509	-30.354	-29.849	-27.731	-21.777	-20.646	-3.356
COTE	123.052	122.679	122.655	122.646	122.565	122.327	122.617	122.248
ABSC	24.557	28.954	29.105	36.670	40.395	48.062	50.000	
COTE	121.610	121.272	121.266	121.229	121.234	121.100	121.092	

PROFIL N° 15 S= 1852.27 Z TN = 123.35

#### TERRAIN 21 POINTS

ABSC	-50.000	-40.075	-38.565	-37.179	-33.385	-26.583	-20.549	-18.294	COTE	116.096	119.775	
	120.350	120.566	120.620	121.167	122.767	122.887						
ABSC	-17.383	-9.555	-6.250	1.954	24.253	30.407	39.567	43.372	COTE	122.988	123.104	123.342
	123.350	122.635	122.339	121.681	121.471							
ABSC	44.153	46.176	47.810	49.676	50.000							
COTE	121.394	121.408		121.341		121.273		121.267				

PROFIL N° 16 S= 2002.80 Z TN = 118.79

#### TERRAIN 32 POINTS

ABSC	-50.000	-35.946	-33.779	-31.841	-31.782	-31.648	-31.581	-30.559
COTE	110.526	112.616	112.729	112.827	112.826	112.833	112.845	112.930
ABSC	-29.017	-28.338	-27.501	-18.846	-17.690	-16.906	-14.929	-14.424
COTE	112.972	112.962	112.938	113.021	114.014	114.072	115.485	115.624
ABSC	-6.094	-4.526	-2.081	3.533	6.308	13.545	15.642	18.648
COTE	117.767	118.011	118.415	119.429	119.923	121.333	121.716	122.255
ABSC	20.441	25.048	26.639	30.858	34.041	40.551	42.935	50.000
COTE	122.794	123.158	123.316	123.849	123.892	123.749	123.800	123.727

PROFIL N° 17 S= 2182.62 Z TN = 104.94

#### TERRAIN 15 POINTS

ABSC	-50.000	-30.163	-30.129	-17.596	-17.568	-17.206	-11.447	-8.571
COTE	101.503	102.124	102.127	103.360	103.359	103.370	103.506	103.614
ABSC	-7.674	-5.371	-5.259	-4.815	1.930	7.952	50.000	
COTE	103.582	103.552	103.668	103.673	105.445	106.814	116.911	

PROFIL N° 18 S= 2330.06 Z TN = 99.15

## TERRAIN 16 POINTS

ABSC	-50.000	-28.082	-27.702	-25.859	-25.355	-23.980	-19.959	-10.120
COTE	100.508	96.344	96.321	96.087	96.116	96.457	96.409	96.241
ABSC	-9.679	-5.240	-3.833	2.842	7.631	7.662	8.774	50.000
COTE	96.206	97.673	98.053	99.955	101.792	101.798	102.004	110.525

PROFIL N° 19 S= 2486.41 Z TN = 88.03

## TERRAIN 18 POINTS

ABSC	-50.000	-21.271	-21.212	-20.074	-20.043	-18.714	-17.767	-7.773
COTE	94.345	88.014	88.011	88.065	88.062	87.957	87.932	87.793
ABSC	-7.110	-5.706	-4.913	-3.838	-3.326	-3.302	7.939	8.453
COTE	87.675	87.318	87.122	87.253	87.129	87.158	90.138	90.273
ABSC	14.328	50.000						
COTE	91.143	95.917						

PROFIL N° 20 S= 2681.54 Z TN = 78.40

## TERRAIN 26 POINTS

ABSC	-50.000	-48.990	-42.677	-40.603	-39.310	-30.208	-29.078	-27.577
COTE	79.047	79.096	79.079	79.051	78.995	78.618	78.551	78.429
ABSC	-26.474	-23.870	-20.413	-18.984	-13.532	-7.687	-6.178	-5.442
COTE	78.350	78.989	78.581	78.557	78.540	78.480	78.460	78.549
ABSC	-5.389	-3.706	0.000	8.023	8.373	15.106	17.812	18.784
COTE	78.523	78.511	78.397	78.744	78.749	78.304	78.035	77.940
ABSC	20.225	50.000						
COTE	77.973	77.931						

## VOLUMES TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
1	0.000	0.0	1049.5	0.0	0.0
2	113.719	3912.4	252.9	0.0	0.0
3	288.652	0.0	4409.8	0.0	0.0
4	368.943	0.0	2817.3	0.0	0.0
5	506.316	0.1	2267.1	0.0	0.0
6	646.017	22.4	1863.3	0.0	0.0
7	690.187	88.6	2224.5	0.0	0.0
8	881.261	3274.9	49.7	0.0	0.0
9	950.302	0.2	2014.7	0.0	0.0
10	1162.652	0.0	3848.2	0.0	0.0
11	1260.663	0.0	9370.6	0.0	0.0
12	1466.156	0.0	1587.3	0.0	0.0
13	1474.057	0.0	2261.8	0.0	0.0
14	1764.960	0.0	8566.7	0.0	0.0
15	1852.270	0.0	11414.9	0.0	0.0
16	2002.797	879.3	4554.1	0.0	0.0
17	2182.623	9634.3	53.3	0.0	0.0
18	2330.061	1988.0	5852.6	0.0	0.0
19	2486.406	3841.5	1236.5	0.0	0.0
20	2681.544	0.0	1874.1		
		23642	67569	0	0