

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Aboubekr Belkaid Tlemcen
Faculté de Technologie
Département de Génie Civil



Mémoire pour l'Obtention du Diplôme
de Master en Génie Civil
Option : Infrastructure de base et géotechnique-Travaux Publics

Thème :

**ETUDE DE MODERNISATION, REHABILITATION ET DE
L'IMPACT SUR L'ENVERONNEMENT DE LA RN 02 SUR 3 KM**

Présenté le 23 juin 2013 par :

RAHMANI Hanane

KADDAR Fatima

Devant le jury composé de :

Mr : BOUKLI HACENE .M.A	Président
Mr : BENAMAR .A.	Encadreur
MR: MEKIDAD .K.	Encadreur
Mr : CHRIF BENMOUSSA .M.Y	Examineur
Mr : GHANNANI. B.	Examineur

Dédicace...



Au nom d'Allah, le tout miséricordieux, le très miséricordieux,

Tout d'abord je tiens à remercier le tout puissant de m'avoir donné le courage et la Patience pour arriver à ce stade afin de réaliser ce modeste travail que je le dédie à :

Mes très chers parents « Abdelkader et Mansoria » qui m'ont soutenu et encouragé durant toute ma vie.

*Mes sœurs « Djahida et Dalila »
A toute ma famille « Rahmani et Hamel »*

Mon binôme Fatima.

Tous mes amis, en particulier Belacheb Makhlouf, Djamel, Hamza, Grari fatima-zahra, Imen, Soussi Ikram, Barka Hanane fadia, Imen, Safir Assmaa, Taibi Zakj, youcef, younece, Ahmed, Mouhamed, Mohssin, Zin adin, younece, Omar, Abderahim

Toute la promotion IBG 2013.

Tous mes collègues sans exception.

Tous les habitants de Tlemcen, en particulier quartier Koudia.

A vous ... merci

HANANE

Dédicace...



Au nom d'Allah, le tout miséricordieux, le très miséricordieux,

Tout d'abord je tiens à remercier le tout puissant de m'avoir donné le courage et la Patience pour arriver à ce stade afin de réaliser ce modeste travail que je le dédie à :

Mes très chers parents « Lakhdar et Amaria » qui m'ont soutenu et encouragé durant toute ma vie.

Mes sœurs « Samiha, Soria et Youstra »

Mon frère « Mohamed »

A toute ma famille « KADDAR et MUSBAH »

Mon binôme Hanane.

Tous mes amis, en particulier : Belacheb Makhlouf, Djamel, Hamza Fatima-Zahra, Imane, Khadidja, Asmaa, Zakaria, Mohamed Sghir, Youcef, Younece, Ahmed, Mohssin, Zin addin, Omar et Kamel.

Les enfants : Akram, Saad Addin, Ayah et Merieme.

Toute la promotion IBG 2013.

Tous mes collègues sans exception.

Tous les habitants de Tlemcen, Remchi, Ain Témouchant et Beni-Saf.

A vous ... merci

FATIMA

Remerciement

Toute notre parfaite gratitude, grâce et remerciement à Allah le plus puissant qui nous a donné la force, le courage et la volonté pour élaborer ce travail.

Nous tenons à remercier chaleureusement notre promoteur Mr. Benamar pour son aide et son encadrement durant toute la période de préparation de ce mémoire.

Nous remercions les ingénieurs de la STP en particulier messieurs :

D.ALI DAHMANE , K.MEKDAD et A.BELIFFA de nous avoir aidés à effectuer ce travail.

Et également nos remerciements sont exprimés :

A tous les enseignants ABOUBEKR BELKAID qui nous ont enrichis de connaissances et de savoir, ainsi aux responsables de la bibliothèque, de l'administration qui nous ont beaucoup facilité notre recherche.

A tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin dans la réalisation de ce projet de fin d'étude.

*RAHMANI HANANE.
KADDAR FATIMA*

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 : coefficient d'équivalence P	7
Tableau 1.2 : coefficient lié à l'environnement.....	8
Tableau 1.3 : coefficient de réduction de capacité.....	8
Tableau 1.4 : Les capacités théoriques	9
Tableau 1.5 : Trafic moyen journalier annuel (v/j).....	10
Tableau 3.1 : Devers minimal et devers maximal	24
Tableau 3.2 : Temps de perception-réaction t1(s).....	24
Tableau 3.3 : Coefficient de frottement longitudinal Fl.....	25
Tableau 3.4 : Coefficient de frottement transversal Ft.....	25
Tableau 3.5 : choix de la vitesse de référence.....	27
Tableau 3.6 : Paramètres fondamental de la RN 02	27
Tableau 3.7 : valeur de la déclivité maximale.....	39
Tableau 3.8 : Rayons verticaux pour un angle saillant	41
Tableau 3.9 : Rayons verticaux pour un angle rentrant.....	42
Tableau 4.1 : les caractéristiques physiques, mécaniques et les résultats des essais.	67
Tableau 4.2 : coefficients d'équivalence des matériaux.....	73
Tableau 4.3 : La classe du trafic poids lourd.....	74
Tableau 4.4 : Classement de sole en fonction de l'indice de CBR	75
Tableau 4.5 : Tableau exprimé les classe de sol en fonction de la déflexion.....	78
Tableau 4.6 : Epaisseur de couche de fondation en fonction de la portance du sol.....	78
Tableau 4.7 : Les zones climatiques de l'Algérie	78
Tableau 4.8 : Récapitulatif des résultats du calcul	80
Tableau 5.1 : Modulation des lignes discontinues	104

LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : la trajectoire de la RN02	4
Figure 2.1 : les impacts de la route sur l'environnement.....	16
Figure 3.1 : les Éléments de la clothoïde	28
Figure 3.2 : Courbe en S.....	30
Figure 3.3 : Courbe à sommet	30
Figure 3.4 : Courbe en C	31
Figure 3.5 : Courbe en Ove	31
Figure 3.6 : raccordement avec clothoïde.	32
Figure 3.7 : courbe concave.	42
Figure 3.8 : courbe convexe.	44
Figure 3.9 : Éléments du profil en travers	47
Figure 3.10 : profil en travers type en remblai	48
Figure 3.11 : profil en travers type en déblai	48
Figure 3.12 : profil en travers type mixte.....	49
Figure 3.13 : profil en travers type en déverse en toi (trace neuf).....	49
Figure 3.14 : profil en travers type en déverse unique (trace neuf).....	49
Figure 3.15 : profil en travers type d'élargissement en alignement droit	50
Figure 3.16 : profil en travers type en courbe a droite (trace mixte).....	50
Figure 3.17 : Profil en travers mixte	51
Figure 3.18 : schéma explicatif de la méthode de la moyenne des aires.....	52
Figure 3.19 : Méthode de gulden	54
Figure 4.1: Teneur en eau	58
Figure 4.2: Analyses granulométriques.....	59
Figure 4.3 : Equivalent de sable.	60
Figure 4.4 : Limites d'Atterberg.	61
Figure 4.5 : valeur de bleu de méthylène	62
Figure 4.6 : Essai PROCTOR	63
Figure 4.7 : Essai C.B.R.	64
Figure 4.8 : essai los Angeles.....	65
Figure 4.9: Essai Micro Deval.....	65
Figure 4.10 : Les essais de plaque.....	66

LISTE DES FIGURES

Figure 4.11 : essai pénétrométrique.....	66
Figure 4.12 : Constitution des structures de chaussée.....	68
Figure 4.13 : Les niveaux de réseau principal.....	77
Figure 4.14: Récapitulatif des résultats de la méthode CBR.....	80
Figure 4.15: Récapitulatif des résultats de la méthode de SETRA	81
Figure 4.16: Récapitulatif des résultats de la méthode des chaussées neuves	82
Figure 5.1 : Réseau de crête de talus de déblai	87
Figure 5.2 : Réseau de crête de talus de remblai.....	87
Figure 5.3 : Réseau de terre-plein central. Alignement.....	88
Figure 5.4 : Réseau de pied de talus de remblai.....	88
Figure 5.5 : Schéma général des ouvrages de raccordement	89
Figure 5.6 : Captage des écoulements longitudinaux.....	90
Figure 5.7 : Dimensionnement de fossé	93
Figure 5.9 : Vue de face d'une buse de diamètre $\varnothing = 1000$ mm.....	95
Figure 5.10 : Résultat de dimensionnement du fossé.....	96
Figure 5.11 : Type de modulation	105
Figure 5.12 : dimension des flèches directionnelles.	105
Figure 5.13 : Panneaux de direction.....	107

Table des matières

INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 : Introduction générale	
1. Introduction :.....	3
2. Problématique :	3
3. Représentation de projet :.....	3
4. Le cadre d'étude :	4
5. Objectif de l'étude :	5
6. Etude de trafic :	5
6.1 Introduction :.....	5
6.2 Analyse du trafic :.....	5
6.2.1 Différents type de trafics :	6
6.2.2 Capacité de route :	6
6.2.3 Dimensionnement des chaussées :.....	6
6.3 Application au projet :	9
6.3.1 Calcule de TMJA horizon :	9
6.3.2 Calcule de trafic effectif :.....	11
6.3.3 Débit de pointe horaire normal :.....	11
6.3.4 Débit horaire admissible :.....	11
6.3.5 Détermination de nombre de voies :.....	12
6.3.6 La largeur de la chaussé :.....	12
7. Conclusions :.....	13
CHAPITRE 2 : ETUDE DE L'IMPACTE SUR L'ENVIRONNEMENT	
1. Introduction :.....	15
2. Cadre juridique:.....	15
3. Définitions :.....	15
3.1 Environnement :.....	15
3.2 Impact sur l'environnement:	15
4. Etude d'impact sur l'environnement :.....	16
4.1 Les ressources en eau :.....	17
4.2 La qualité de l'air :.....	17
4.3 La faune et la flore:	17
4.4 Le bruit :.....	18
4.5 La destruction :	18
4.6 La sécurité :.....	19
5. Conclusion :.....	19

CHAPITRE 03 : Géométrie de la route

Table des matières

1.	Introduction :	21
2.	Trace en plan :	21
2.1	Introduction :	21
2.2	Règles à respecter dans la trace en plan :	21
2.3	Modernisation du tracé en plan :	22
2.4	Projet : conception et approche :	22
2.5	Les éléments de la trace en plan :	22
2.5.1	Les alignements :	22
2.5.2	Arcs de cercle :	30
2.5.3	la clothdoïde :	30
2.6	Combinaison des éléments de trace en plan :	30
2.6.1	Courbe en S :	30
2.6.2	Courbe à sommet :	30
2.6.3	Courbe en C :	31
2.6.4	Courbe en Ove :	31
2.7	Calcul d'axe:	31
2.8	Application sur le projet :	32
3.	Profil en long :	38
3.1	Introduction :	38
3.2	Modernisation du profil en long :	38
3.3	Tracé de la ligne rouge :	38
3.4	Déclivités :	39
3.4.1	Définition de la déclivité :	39
3.4.2	Déclivité Minimum :	39
3.4.3	Déclivité Maximum :	40
3.5	Coordination du tracé en plan et du profil en long :	40
3.5.1	Raccordements convexes (angle saillant) :	40
3.5.2	Raccordement concave (rentrant) :	42
3.6	Application au projet :	42
3.6.1	Cas d'un rayon concave :	42
3.6.2	Cas d'un rayon convexes :	44
4.	Profil en travers :	45
4.1	Définition :	45
4.2	Modernisations du profil en travers :	46
4.3	Les éléments du profil en travers :	46
4.3.1	La chaussée :	46
4.3.2	La largeur rouable :	46

Table des matières

4.3.3	La plate forme :.....	46
4.3.4	L'assiette :	46
4.3.5	L'emprise :.....	46
4.3.6	Les accotements :.....	46
4.3.7	Le terre-plein central :	46
4.3.8	Le fossé :.....	47
4.4	Classification du profil en travers :.....	47
4.4.1	Le profil en travers type :	47
4.4.2	Le profil en travers courant :	47
4.5	Application au projet :	48
5.	Cubatures :.....	50
5.1	Généralités :.....	50
5.2	Définition :.....	51
5.3	Méthode de calcul des cubatures :	51
5.3.1	Formule de Mr SARRAUS :	52
5.3.2	Méthode linéaire :.....	53
5.3.3	Méthode de gulden :	53
6.	Conclusion :.....	54

CHAPITRE 04 : Dimensionnement du corps de chaussée

1.	Introduction :.....	56
2.	Etude géotechnique :.....	56
2.1	Introduction :.....	56
2.2	Réglementation algérienne en géotechnique :	57
2.3	Les différents essais en laboratoire :.....	57
2.3.1	Teneur en eau :.....	57
2.3.2	Analyses granulométriques :	58
2.3.3	L'essai d'équivalent de sable.....	59
2.3.4	Limites d'Atterberg :	60
2.3.5	Valeur de bleu de méthylène :	61
2.3.6	Essai PROCTOR :	63
2.3.7	Essai C.B.R (California Bearing Ratio) :	64
2.3.8	Essai Los Angeles :	64
2.3.9	Essai Micro Deval :	65
2.4	Les essais in situ :	66
2.4.1	Les essais de plaque :.....	66
2.4.2	Pénétrömètre statique ou dynamique :.....	66
2.5	Les résultats de laboratoire :	67

Table des matières

3.	Dimensionnement du corps de chaussée :	68
3.1	Principe de la constitution de la chaussée:.....	68
3.2	Les structures chaussées :	68
3.3	Différents types de chaussées :	69
3.3.1	Les chaussées souples :	69
3.3.2	Les chaussées bitumineuses épaisses :	69
3.3.3	Les chaussées à assise traitée aux liants hydrauliques :	70
3.3.4	Les chaussées à structure mixte :	70
3.3.5	Les chaussées à structure inverse :	70
3.3.6	Les chaussées à béton de ciment :	70
3.4	Facteurs pour les études de dimensionnement :.....	70
3.4.1	La nature des matériaux :.....	71
3.4.2	l'état du sol support :	71
3.4.3	la profondeur de la nappe :	71
3.4.4	l'évapotranspiration :	71
3.5	Les principales méthodes de dimensionnement :.....	72
3.5.1	Méthode C.B.R (Californian – Bearing – Ratio):.....	72
3.5.2	Méthode d' A.A.S.H.O:.....	73
3.5.3	Méthode d' ASPHALT INSTITUTE :	74
3.5.4	Méthode du catalogue des structures «SETRA» :.....	74
3.5.5	La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) :	75
3.5.6	Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :	76
3.6	Application au projet :	79
3.6.1	La méthode C.B.R :	79
3.6.2	Méthode de catalogue des structures «SETRA» :	81
3.6.3	Méthode du catalogue des chaussées neuves CTPP :.....	81
3.7	Renforcement :.....	82
4.	Conclusion :.....	84

Chapitre 04 : Equipements

1.	Introduction :.....	85
2.	Assainissements :	85
2.1	Introduction :.....	85
2.2	L'objectif de l'assainissement :	85
2.3	Types de dégradation :.....	86
2.3.1	Pour les chaussées :	86
2.3.2	Pour le talus :	86
2.4	Types de canalisations :	86

Table des matières

2.4.1	Réseaux longitudinaux :	86
2.4.2	Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordements :	89
2.4.3	Autres réseaux - réseaux particuliers :	90
2.5	Drainage des eaux souterraines :	91
2.6	Dimensionnement de réseau d'assainissement :	91
2.6.1	Choix des ouvrages d'assainissement :	91
2.6.2	Le débit d'apport :	93
2.7	Dimensionnement des buses :	93
2.8	Dimensionnement des fosses :	93
2.8.1	Calcul de la surface mouillée :	93
2.8.2	Calcul du périmètre mouillé :	94
2.8.3	Calcul le rayon hydraulique :	94
2.9	Application au projet :	94
2.9.1	Données hydrauliques :	94
2.9.2	Calcul hydraulique :	95
2.9.3	Dimensionnement des fossés :	96
2.10	CONCLUSION :	97
3.	Signalisation :	97
3.1	Introduction :	97
3.2	Le but de la signalisation routière :	98
3.3	Principes de base de la signalisation :	98
3.3.1	Principe de valorisation :	98
3.3.2	Principe de concentration :	98
3.3.3	Principe de lisibilité :	98
3.4	Dispositif de retenue :	99
3.4.1	Glissières de sécurité:	99
3.4.2	Les glissières de niveau 1 :	99
3.4.3	Les glissières de niveau 2 et 3 :	99
3.5	Catégories de signalisation:	100
3.5.1	Signaux d'avertissement de danger :	100
3.5.2	Signaux de réglementation :	100
3.5.3	Signaux d'indication :	100
3.6	Les panonceaux :	100
3.7	Types de signalisation:	101
3.7.1	Signalisation verticale :	101
3.7.2	Signaux de danger :	101
3.7.3	Signaux comportant une prescription absolue :	102

Table des matières

3.7.4	Signaux à simple indication :	102
3.7.5	Signaux de position des dangers :	102
3.8	Signalisation Horizontale :	102
3.8.1	Catégorie de marques :	102
3.8.2	Passage pour cycliste :	103
3.8.3	Caractéristiques générales des marques :	103
3.8.4	Flèche de sélection :	105
3.9	Application au projet :	106
3.9.1	Panneaux de signalisation de danger (type A) :	106
3.9.2	Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité (type B) :	107
3.9.3	Signaux d'indication (type c) :	107
3.9.4	Signalisation de direction (type E4) :	107
4.	Conclusion :	108
	CONCLUSION GENERALE:	109

Introduction

Le développement des voies de communication constitue un instrument incontournable de toute politique d'aménagement du territoire et de développement d'un pays. L'Algérie a connu une forte croissance de sa population depuis son indépendance, nécessitant davantage de développement des grandes infrastructures de base, surtout de transport, pour répondre aux besoins exprimés par la population. Le trafic routier représente plus de 85% du secteur de transport.

Ce projet passe par la ville de Tlemcen, en raison de l'importance économique et commerciale qu'il revêt, sa position géographique lui permettant d'être le trait d'union principal entre les autres villes de l'Algérie. Pour ce la il faut mettre en état la route nationale numéro deux RN02 qui relie la wilaya de Tlemcen avec Oran passant par la wilaya d'Ain temouchent.

Donc à cause de tous ses facteurs on a choisi notre projet de fin d'études, et au cours de ce travail nous sommes appelées à mettre en valeur les connaissances théoriques acquises pour faire face aux problèmes réels existants concernant l'étude des projets routiers.

1. Introduction :

Lors de la construction d'une chaussée, il faut assurer un niveau de service, car elle se dégrade avec le temps. Si aucune intervention d'entretien n'est réalisée, la chaussée continuera à se dégrader jusqu'à atteindre un état de ruine faisant chuter considérablement le niveau de service et mettant en danger la sécurité des usagers. Il s'agit des actions de réhabilitation et modernisation qui sont parmi les choix techniques et tiennent compte de l'état actuel du réseau sans oublier l'impact de ce dernier sur l'environnement.

2. Problématique :

La RN 02 a été réalisée à l'époque coloniale, sa géométrie est constituée de plusieurs virages à faibles rayons, suivant les sondages effectués il a été constaté que le corps de chaussée a été réalisé en **macadam**, les mesures de situation de chaussées ont donné un vieillissement de ce dernier, aussi la réalisation de l'autoroute est-ouest et l'échangeur interceptent cette route à augmenter le flux sur cette dernière pour ce là, la direction des travaux publics a lancé une étude de réhabilitation et modernisation de cette route .

3. présentation de projet :

La route nationale RN°02 est une infrastructure existante située dans la partie nord est de la wilaya de TLEMCEM, relie la wilaya de TLEMCEM avec la wilaya D'AIN-TEMOUCHENT passant par la ville de BENSEKRANE, elle constitue un axe très important sur les plans économiques et social.

Le projet faisant l'objet de cette étude consiste essentiellement à la réhabilitation et moderniser la RN02 ; route à une voie bidirectionnelle, et ce d'une manière à répondre aux attentes et aux aspirations du maître de l'ouvrage, il prend son origine (PK0+000) à son intersection avec la RN22C (carrefour desservant la wilaya AIN TEMOUCHENT) pour prendre fin (PK 25+233) aux limites de la wilaya de AIN TEMOUCHENT (entrée de la ville de BEN SEKRENE).(DTP 2010)

La chaussée existante ; néanmoins quelques exceptions avec de nettes améliorations en termes de géométrie et de gabarit, tout en respectant les différentes servitudes existantes. Le projet est élaboré sur 25KM et notre étude est faite sur les 3KM entre PK (point kilométrique) 12+600 et PK 15+600.

La vitesse de référence a été prise à 80Km/h, sauf que par endroit ou la vitesse a été réduite.(DTP 2010)

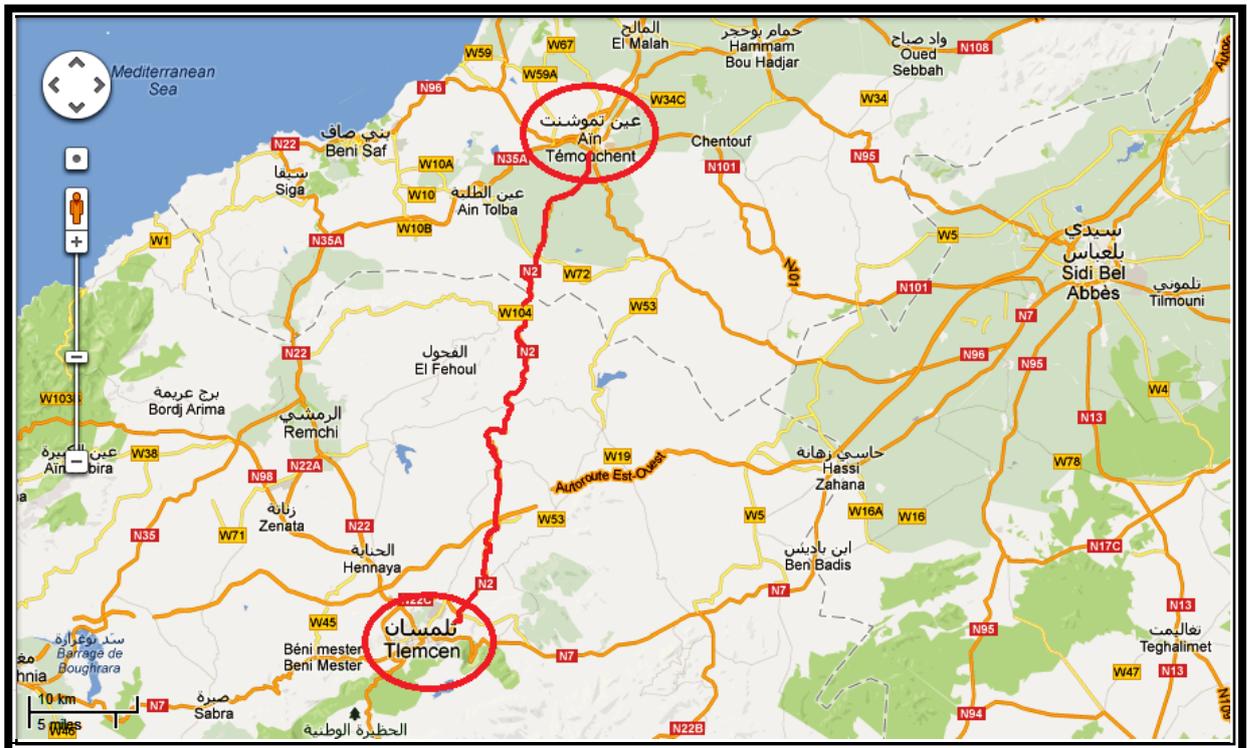


Figure 1.1 : le tracé de la RN02

4. Le cadre d'étude :

La RN02 est située dans un terrain assez plat, 50% de la terre de l'emprise du projet c'est de la terre végétale qui appartient à des agriculteurs.

70 % du tracé a gardé le même itinéraire de la chaussée existante avec un élargissement sur d'un côté (droite ou gauche).

Le coefficient de ruissellement annuel enregistré dans cette région est moyennement élevé.

Le sens d'écoulement des eaux pluviales de l'ensemble des bassins versants est vers la mer.

L'état actuel et le dimensionnement des ouvrages d'assainissement existant sur le tracé nécessitent soit un prolongement ou remplacement par des autres ouvrages pour les travaux d'assainissement.

5. Objectif de l'étude :

Notre objectif principal consiste à augmenter le niveau de service Pour but visé, notre travail a été structuré comme suit :

- L'amélioration du niveau de service de la route ;
- L'augmentation de la capacité de la route ;
- L'amélioration du système d'assainissement ;
- Doter la chaussée d'une structure adéquate capable de supporter le trafic à moyen et long terme ;
- Procéder a une réhabilitation pour la partie dégradé ;
- Rectification du tracé.

6. Etude de trafic :

6.1 Introduction :

Une étude de trafic est une phase fondamentale qui doit intervenir à l'amont d'un projet routier. Elle permet de déterminer l'intensité du trafic (poids lourds).

Le dimensionnement du corps de chaussée nécessite la connaissance du trafic journalier moyen annuel (TJMA) ainsi que sa répartition sur les différentes catégories de véhicules.

6.2 Analyse du trafic :

Afin de déterminer en un point et en un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procède à un comptage qui nécessite une logistique et une organisation approprier. Pour obtenir le trafic, on peut recourir à divers procédés qui sont :

- La statistique générale ;
- Le comptage sur route (manuel ou automatique) ;
- Une enquête de circulation.

6.2.1 Différents type de trafics :

On distingue quatre types de trafic :

- a. **Trafic normal** : C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau projet.
- b. **Trafic induit** : C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.
- c. **Trafic dévié** : C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. La déviation du trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.
- d. **Trafic total** : C'est la somme du trafic annuel et du trafic dévié.

6.2.2 Capacité de route :

On définit la capacité de la route par le nombre maximum des véhicules pouvant raisonnablement passer sur une section donnée d'une voie dans une direction (ou deux directions) avec des caractéristiques géométriques et de circulation pendant une période de temps bien déterminée. La capacité s'exprime sous forme d'un débit.

6.2.3 Dimensionnement des chaussées :

- a. **Trafic à horizon donné :**

$$\text{TMJA}_h = \text{TMJA}_o (1 + \tau)^n$$

1.1

Avec:

TJMA_h : le trafic à l'année horizon.

TJMA_o : le trafic à l'année de référence.

n : nombre d'année.

τ : taux d'accroissement du trafic (%).

b. Trafic effectif :

C'est le trafic par unité de véhicule, il est déterminé en fonction du type de route et de l'environnement.

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + PZ] \cdot TMJA_h \quad 1.2$$

Tel que :

Z : le pourcentage de poids lourds.

P : coefficient d'équivalence qui dépend des nombres de voies et de l'environnement.

Tableau 1.1 : coefficient d'équivalence P (ministère des travaux publics octobre 1977)

Environnement Routes	E1	E2	E3
2voies	3	6	12
3 voies	2.5	5	10
4 voies et plus	2	4	8

c. Evaluation de la demande :

C'est le nombre de véhicules susceptibles d'emprunter la route à l'année d'horizon.

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) T_{\text{eff}} \quad 1.3$$

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

Q : est exprimé en UVP/h.

d. Evaluation de l'offre :

C'est le débit admissible qu'il peut supporter

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

1.4

Tel que : C_{th} : La capacité théorique.

K_1 : Coefficient qui dépend de l'environnement.

K_2 : Coefficient tient compte de l'environnement et de la catégorie de la route.

Avec :

Valeurs de K_1 :

Tableau 1.2 : coefficient lié à l'environnement.

Environnement	E1	E2	E3
K_1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Valeurs de K_2 :

Tableau 1.3 : coefficient de réduction de capacité.

Environnement	1	2	3	4	5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Valeurs de C_{th} :

Tableau 1.4 : Les capacités théoriques

Nombre des voies de la route	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3,5 m	1500 à 2000 uvp/h
Route à 3 voies de 3,5 m	2400 à 3200 uvp/h
Route à chaussées séparées	1500 à 1800 uvp/h

e. Nombre de voie :

Chaussée bidirectionnelle : On compare Q a Qadm.

Chaussée unidirectionnelle : $N = S.Q/Q_{adm}$.

6.3 Application au projet :

Données de trafics :

- Le trafic à l'année 2010 $TJMA_{2010} = 1858v/J/2sens$;
- Taux d'accroissement annuel du trafic $t = 4\%$;
- La vitesse de base sur le tracé $VB = 80 Km/h$;
- Le pourcentage de poids lourds $PL = 17\%$;
- Celle ci est mise en service en l'année 2010 ;
- Le de poids lourd reste constante toute la durée de vie de la route (20 ans).

6.3.1 Calcule de TMJA horizon :

➤ **2015**

$$TMJA_h = TMJA_o (1 + \tau)^n$$

$$TMJA_{2015} = TMJA_{2010} (1 + \tau)^5$$

$$TMJA_{2015} = 1858 (1 + 0.04)^5$$

$$TMJA_{2015} = 2261 v/j.$$

➤ **2020**

$$TMJA_h = TMJA_o (1 + \tau)^n$$

$$TMJA_{2020} = TMJA_{2015} (1 + \tau)^5$$

$$TMJA_{2015} = 2261 (1 + 0.04)^5$$

$$TMJA_{2015} = 2751 \text{ v/j.}$$

➤ **2025**

$$TMJA_h = TMJA_o (1 + \tau)^n$$

$$TMJA_{2025} = TMJA_{2020} (1 + \tau)^5$$

$$TMJA_{2025} = 2751(1 + 0.04)^5$$

$$TMJA_{2025} = 3347 \text{ v/j.}$$

➤ **2030**

$$TMJA_h = TMJA_o (1 + \tau)^n$$

$$TMJA_{2030} = TMJA_{2025} (1 + \tau)^5$$

$$TMJA_{2030} = 3347 (1 + 0.04)^5$$

$$TMJA_{2030} = 4073 \text{ v/j.}$$

Le trafic moyen journalier annuel (TMJA) est résumé dans le tableau suivant :

Tableau 1.5 : Trafic moyen journalier annuel (v/j)

Année représentée	TMJA Trafic moyen journalier annuel (v/j)
2010	1858
2015	2261
2020	2751
2025	3347
2030	4073

6.3.2 Calcul de trafic effectif :

$$\text{Teff} = [(1 - Z) + P \times Z] \times \text{TJMA}_h$$

$$Z = 10\%$$

$$P = 6 \text{ (route de bonnes caractéristiques, E2).}$$

$$\text{Teff}_{2030} = [(1 - 0.17) + 6 \times 0.17] \times 1858$$

$$\text{Teff}_{2030} = 3438 \text{ UVP/J}$$

6.3.3 Débit de pointe horaire normal :

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) \text{Teff} = 0.12 \times \text{Teff}$$

$$Q = 0.12 \times 3438$$

$$Q = 413 \text{ UVP/h}$$

6.3.4 Débit horaire admissible :

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

Avec :

$$\left. \begin{array}{l} \text{Catégorie C1} \\ \text{Environnement E2} \end{array} \right\} \begin{array}{l} K1 = 0.85 \\ K2 = 0.99 \end{array}$$

$$C_{\text{th}} = 1800$$

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

$$Q_{\text{adm}} = 1514.7 \text{ UVP/h.}$$

6.3.5 Détermination de nombre de voies :

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

Avec :

n : nombre de voies.

Q_{adm} : débit admissible par voie.

S : coefficient dissymétrie, en général = 2/3.

$$n = (2/3) \times (Q/Q_{adm})$$

$$n = (2/3) \times (413/1514.7)$$

$$n = 0.18$$

Donc : on prend n=1 voie.

6.3.6 La largeur de la chaussé :

D'après le B40 en a une largeur de 3.5m pour chaque voie, mais notre tronçon les 3KM entre PK 12+600 et PK 15+600) caractérisé par sa sinuosité l'un suite l'autre la plupart de ses dernière son avec des rayons inférieure à 200 m pour ce là en ajouter un sur largeur sur tous cette 3 km en applique la relation suivante

$$S = \frac{50}{R}$$

1.5

Avec :

S : la surlargeur

R : les rayons des virages inférieure à 200 m

N : le nombre des virages ave un rayon inférieure à 200 m

En prendre :

$$R = \frac{\sum R}{N} = \frac{90+90+70+100+150+130+150+130+150+180+190}{11} = 128m$$

$$S = \frac{50}{R} \Rightarrow S = \frac{50}{128} = 0.37 \text{ en prendre } 0.3 \text{ m}$$

Donc la largeur de la chaussée est égale $3.5+0.3=3.8\text{m}$

7. Conclusions :

D'après le calcul de capacité de la route, on constate que son profil en travers est de :
Chaussée de 1 voie par sens (Chaussée bidirectionnel de 3.8 m par sens).

1. Introduction :

Le terme "environnement" est à prendre ici au sens large. Ce domaine rassemblera toutes les thématiques qui décrivent les lieux de vie des espèces animales et végétales.

Le code de l'environnement créé en 2000 a peu à peu défini des règles qui se sont imposées aux projets d'infrastructures routières. Ce code a rassemblé un ensemble de textes législatifs (BRUNEL 2007-2008)

Pour réaliser cette étude d'impact, il faut aborder l'ensemble des thématiques directement liées à l'environnement (eau, air, faune, flore), mais aussi sur l'environnement de l'être humain. Le code de l'environnement a été récemment introduit l'obligation d'y ajouter l'évaluation de l'impact du projet sur la santé de l'homme.(BRUNEL 2007-2008)

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, directes et indirectes, à court, moyen et long termes du projet sur l'environnement.

Les raisons et les justifications techniques et environnementales du choix du projet.

3. Définitions :

3.1 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.

3.2 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, dans quelque domaine que ce soit.

4. Etude d'impact sur l'environnement :

C'est l'identification de l'ensemble des effets ou impacts sur les milieux physiques, humains et sur l'environnement naturel d'un projet donné.

C'est une étude scientifique et technique multidisciplinaire (BRUNEL 2007-2008), qui permet d'analyser et d'évaluer les effets et les mesures par rapport à chacune des composantes environnementales d'un projet.

L'environnement est l'expression même des intersections homme – nature, l'homme vit dans le système complexe et fragile, et en faisant partie intégrante de ce système, il est dans son intérêt de la préserver.

On intervient dans cet environnement par la construction d'un aménagement routier, plusieurs paramètres physiques et naturels tels que l'eau, l'air, la faune, et la flore seront perturbés. L'altération des paysages et des nuisances dus au bruit peut être aussi les conséquences de cette intervention.

L'introduction de la procédure d'études d'impact a permis de contrôler et de minimiser les différents impacts.

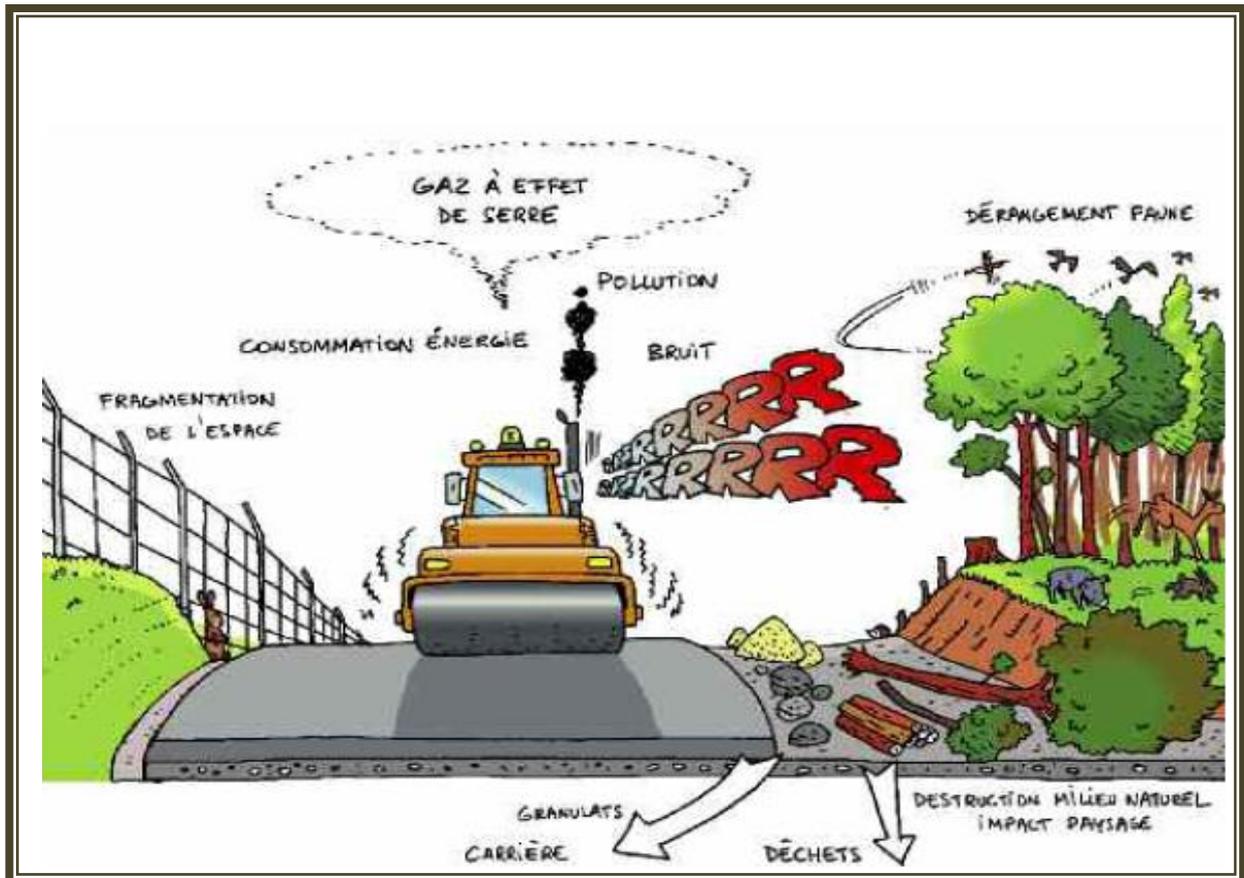


Figure 2.1 : les impactes de la route sur l'environnement.

4.1 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.

Pour prévenir la pollution accidentelle ou chronique des eaux superficielles et souterraines la conception de bassins antipollution ou de merlons anti-déversement est un moyen assez efficace de réduire ou de supprimer ce type de nuisances. Aussi le drainage des routes doit être conçu de façon à retenir l'eau dans des micros – bassins pour quelle soit utilisable par l'homme et la nature ou pour affaiblir les inondations et évacuer les eaux stagnantes.(HAZZI I 2007/2008)

4.2 La qualité de l'air :

La pollution de l'air due au trafic routier est essentiellement causée par les gaz d'échappement et la poussière. La réduction de ces effets exige une modification de la politique nationale dont les principaux objectifs devront veiller à :

- Limiter les rejets de gaz polluants tels que le CO₂ (gaz carbonique) grâce à l'amélioration de la carburation et des moteurs ;
- Utiliser d'autres modes de transport ;
- Rechercher les effets réels sur le climat de la pollution atmosphérique ;
- Utiliser d'autres sources d'énergie ;
- Régler le trafic ;
- Contrôler les véhicules et les vitesses ;
- Encourager des plantations dans les villes sujettes aux pollutions de l'air.

4.3 La faune et la flore:

L'impact sur les milieux naturels doit être apprécié sur l'ensemble d'un biotope ou d'une zone écologique dès lors que l'équilibre de la flore et de la faune est menacé(BRUNEL 2007-2008)Pour sa en prendre en compte les effets indirects et d'étudier les conséquences du projet sur l'écosystème dans son ensemble.

Le choix du tracé doit tenir compte des problèmes liés à l'environnement biologique. Des précautions peuvent être prises à un stade précoce de la planification du projet pour protéger le milieu naturel et faciliter le déplacement de la faune par l'implantation de passages pour faunes ou encore la conception de franchissements revêtus ou non. Ces

passages doivent être conçus de façon que leur entretien soit le plus simple possible et que leur gestion soit à la fois naturelle et écologique.

4.4 Le bruit :

C'est un des impacts les plus manifestes de la circulation routière et peut apparaître pendant la phase de la construction. Pour les travaux d'excavation ou d'emprunt dans les zones sensibles, une attention particulière doit être accordée aux normes applicables au niveau sonore des engins, aux horaires de travail, aux itinéraires de transport des matériaux et à tout autre aspect ayant trait à la gestion du chantier.

Concernant l'urbanisme, la voirie nouvelle et l'habitat, des progrès importants sont à attendre dans ce domaine qui demande à être davantage exploré.

Le niveau moyen du bruit diminue avec l'éloignement par rapport à la voie de circulation. Ceci montre que les possibilités d'amélioration en matière de protection contre le bruit peuvent être attendues :

- D'une part, de l'éloignement des habitations par rapport aux voies de circulation (éloignement qui peut jouer soit en surface soit en élévation).
- D'autre part, de l'orientation de l'habitation par rapport à ces voies ou au moins par rapport aux points singuliers de circulation, tels que les feux, les carrefours, les rampes.

Des résultats positifs peuvent également être atteints par une bonne insertion des voies nouvelles en tissu urbain, comportant notamment :

- La diminution de la réflexion due à l'existence de façades parallèles de murs ;
- La mise en tranchée ou en tunnel des voies de circulation ;
- La protection par des écrans pleins (béton, verre ...etc.) ;
- La réalisation de plantations (mais celles – ci n'ont d'efficacité que pour des épaisseurs importantes).

4.5 La destruction :

La destruction touche seulement les gens qui n'ont pas respecté le plan foncier établi par la commune ainsi que le plan directeur d'architecture et d'urbanisme (P.D.A.U), en plus la destruction de quelques clôtures d'établissement qui gênent le passage de la route.

4.6 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 tout le long de la route.

Pour assurer la sécurité des automobilistes on doit:

- Réduire la vitesse au niveau des intersections ;
- Des panneaux de signalisation seront implantés.

5. Conclusion :

La RN 02 localise dans une région très sensible à l'environnement et les incidences environnementales difficilement maîtrisables nous recommandons aux autorités concernées de mettre un accent particulier sur l'évaluation des conditions environnementales menée pendant les visites par la mise en œuvre des mesures appropriées et préconiser des solutions afin d'atténuer les impacts négatifs sur l'environnement.

1. Introduction :

La surface de roulement d'une route est une conception de l'espace, définie géométriquement par trois groupes d'éléments qui sont :

- Tracé de son axe en situation ou en plan ;
- Tracé de cet axe en élévation ou profil en long ;
- Profil en travers.

2. Trace en plan :

2.1 Introduction :

L'élaboration de tout projet routier commence par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus rationnelle à la configuration de terrain.

Le tracé en plan est la représentation sur un plan horizontal de l'axe de la route, il est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes ; il est caractérisé par la vitesse de référence appelé ainsi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires a tout aménagement routier.

Le raccordement entre les alignements droits et les courbes entre elles d'autre part ; elle se fait à l'aide de clothoïdes qui assurent un raccordement progressif nécessitant de sécurité et de confort des usagers de la route.

2.2 Règles à respecter dans la trace en plan :

Pour faire un bon tracé en plan dans les normes on doit respecter certaines recommandations :

- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants ;
- Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant ;
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières ;
- Eviter au maximum les propriétés privées ;
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques, si le franchissement est obligatoire essayer d'éviter les ouvrages biais ;
- Eviter les sites qui sont sujets a des problèmes géologiques ;
- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total de tracé.

2.3 Modernisation du tracé en plan :

Le tracé existant présente une chaussée rétrécie ainsi qu'une faible sinuosité sur la grande partie de l'itinéraire, ce dernier est caractérisé par des successions d'alignements et courbes de faibles rayons qui varient entre $R=30\text{m}$ et $R=80\text{m}$.

L'aménagement et la modernisation consistent à l'amélioration du tracé en augmentant les rayons des virages, élargissement de la plate forme (chaussée, accotement) tout ceci est pour garantir une vitesse de référence de 80km/h .

2.4 Projet : conception et approche :

Dans le cas où, le nouveau tracé coïncide avec le réseau existant et pour réduire les coûts du projet, il est impératif de sauvegarder et préserver la chaussée existante il est bien recommandé de suivre la démarche suivante :

- Élargir autant que possible d'un côté faisabilité dans la réalisation ;
- Adapter le nouvel axe à l'ancien ;
- Utiliser au maximum la plate forme existante en se collant sur l'ancienne.

2.5 Les éléments de la trace en plan :

2.5.1 Les alignements :

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

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

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

a. Longueur minimale :

Celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps T d'adaptation.

$$L_{\min} = T \times V_B \quad \text{avec } V_B : \text{vitesse de base en (m/s) et } T = 5 \text{ s}$$

$$\Rightarrow L_{\min} = 5 \times V_B .$$

b. Longueur maximale :

Pour réduire les effets de monotonie et d'éblouissement, la longueur maximale L_{\max} d'un alignement est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes à la vitesse V (m/s).

D'après B40 on a :

$$L_{\max} = T \times V_B \quad \text{avec } V_B \text{ en (m/s) et } T = 60 \text{ s}$$

$$\Rightarrow L_{\max} = 60 \times V_B .$$

La longueur des alignements dépend de :

- La vitesse de base, plus précisément de la durée du parcours rectiligne ;
- Des sinuosités précédentes et suivant l'alignement ;
- Du rayon de courbure de ces sinuosités.

2.5.2 Arcs de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

- Stabilité des véhicules en courbe ;
- Visibilité en courbe ;
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible ;
- Stabilité en courbe.

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

a. Devers minimal et devers maximal :

Le devers minimal nécessaire à l'écoulement des eaux en courbe est identique à celui préconisé en alignement droit.

Le devers maximal admissible dans les courbes est essentiellement limité par les conditions de stabilité des véhicules lents ou à l'arrêt, dans des conditions météorologiques exceptionnelles.

Tableau 3.1 : Devers minimal et devers maximal(ministre des travaux publique octobre1977)

Devers	Catégorie	Facile	Moyen	Difficile
Minimal	1-2	2.5 %	2.5 %	2.5 %
	3-4-5	3 %	3 %	3 %
Maximal	1-2	7 %	7 %	7 %
	3-4	8 %	8 %	7 %
	5	9 %	9 %	9 %

b. Temps de perception-réaction t_1 (s) :

Le temps de perception-réaction est le temps nécessaire pour la mise en œuvre du dispositif de freinage, lors d'une situation imprévue exigeant un ralentissement.

Tableau 3.2 : Temps de perception-réaction t_1 (s)(ministre des travaux publique octobre1977)

Catégorie	E1-E2	E3
1-2	t=1.8, pour V>80Km/h t=2s pour V<=80Km/h	t=1.8s, quelle que soit V
3-4-5	t=1.8s, pour V>80Km/h t=2s, pour V<=80Km/h	t=1.8s, pour V>80Km/h t=2s, pour V<=80Km/h

c. Coefficient de frottement longitudinal f_l :

Le coefficient de frottement longitudinal admissible f_l (V) variable avec la vitesse, sert à définir les valeurs minimales de la distance théorique de freinage et par conséquent des paramètres des proies qui y sont liés, comme la distance de visibilité, le rayon minimum en point haut du profil en long, et le dégagement latéral à l'intérieur des courbes du tracé en plan.

Tableau 3.3 : Coefficient de frottement longitudinal Fl(ministre des travaux publique octobre1977)

V (Km/h)	40	60	80	100	120	140
Catégorie 1-2	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33	0.30
Catégorie 3-4-5	0.49	0.46	0.43	0.40	0.36	-

d. Coefficient de frottement transversal Ft :

Le coefficient de frottement transversal Ft (V) variable avec la vitesse, est utilisé pour déterminer le rayon en tracé en plan associé à un devers donné ou inversement.

Le coefficient de frottement transversal et le coefficient de frottement longitudinal sont liés en ce sens que leur somme vectorielle doit rester à l'intérieur de l'ellipse de frottement.

Tableau 3.4 : Coefficient de frottement transversal Ft (ministre des travaux publique octobre1977)

V (Km/h)	40	60	80	100	120	140
Catégorie 1-2	0.20	0.16	0.13	0.11	0.10	0.09
Catégorie 3-4-5	0.22	0.18	0.15	0.125	0.11	-

e. Distance de freinage do(m):

La distance de freinage se calcul aisément en fonction de coefficient de frottement longitudinal.

$$do = \frac{4}{100} \cdot \frac{V^2}{Fl \cdot g} \quad 3.1$$

f. Distance d'arrêt d1(m):

La distance d'arrêt est la somme de la distance de freinage et la distance parcourue pendant le temps de réaction.

$$d1 = do + V \cdot t1 \quad 3.2$$

g. Rayon minimal absolu :

$$RH_{\min} = \frac{V_r^2}{127 (ft + d_{\max})} \quad 3.3$$

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

h. Rayon minimal normal :

$$RH_n = \frac{(V_r+20)^2}{127 (ft+d_{\max})} \quad 3.4$$

Le rayon minimal normal (RHN) doit permettre à des véhicules dépassant V_r de 20Km/h de rouler en sécurité.

i. Rayon au dévers minimal :

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

$$RH_d = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d_{\min}} \quad 3.5$$

j. Rayon minimal non déversé :

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toi 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 (RHnd).

$$RH_{nd} = \frac{V_r^2}{127 (f' - d_{\min})} \quad 3.6$$

k. La vitesse de référence :

La vitesse de référence (V_r) est une vitesse prise pour établir un projet de route, elle permet de définir les caractéristiques géométriques fondamentales intervenants dans l'élaboration du tracé, sont choix dépend de :

- Type de route ;
- Importance et genre de trafic ;
- Conditions économiques.

Tableau 3.5 : choix de la vitesse de référence (ministre des travaux publique octobre1977)

	Cat 1	Cat 2	Cat 3	Cat 4	Cat 5
Environnement moyen	100/80/60	100/80/60	100/80/60	80/60	60/40

Pour notre projet qui situé dans un environnement (E2), classé en catégorie (C1) avec une vitesse de base 80 km/h (DTP 2010)et à partir du règlement Algérien B40 on peut déterminer le tableau suivant :

Tableau3.6 : Paramètres fondamental de la RN 02(ministre des travaux publique octobre1977)

PARAMETRES	Vitesse (km/h) Symbole	80
Longueur minimale	$L_{min}(m)$	400
Longueur maximale	$L_{max}(m)$	4800
Dévers minimal.	$d_{min} (\%)$	2.5
Dévers maximal.	$d_{max} (\%)$	7
Temps de perception-réaction.	$t_1 (s)$	2
Frottement longitudinal.	F_l	0.39
Frottement transversal.	f_t	0.13
Distance de freinage.	$d_0 (m)$	65.64
Distance d'arrêt.	$d_1 (m)$	225.64

Rayon minimum Absolu	R_{Hm}	250
Rayon minimum Normal	R_{HN}	450
Rayon au dévers Minimal	R_{Hd}	1000
Rayon non déversé	R_{Hnd}	1400

2.5.3 la clothoïde :

Les éléments de la clothoïde sont :

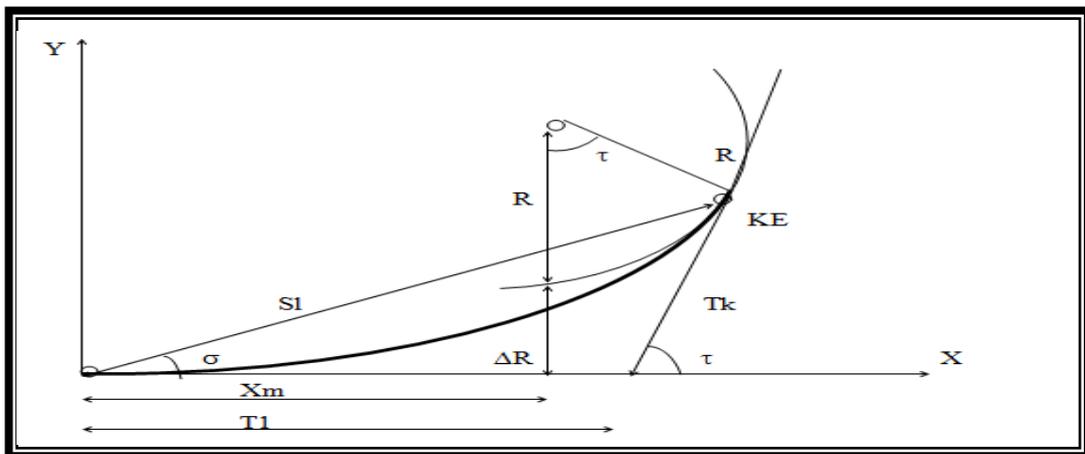


Figure 3.1 : les Éléments de la clothoïde

R : rayon du cercle.

L : longueur de la branche de clothoïde.

Par(A) : paramètre de la clothoïde.

KA : origine de la clothoïde.

KE : extrémité de la clothoïde.

ΔR : ripage.

τ : Angle des tangentes.

TC : tangente courte.

TL : tangente longue

σ : Angle polaire.

SL : corde KE –KA.

M : centre du cercle d'abscisse X_m .

X_m : abscisse du centre du cercle M à partir de KA.

Y_m : ordonnée du centre du cercle M à partir de KA.

Le choix d'une clothoïde doit respecter les conditions suivantes :

a. Condition optique :

La clothoïde doit aider à la lisibilité de la route on amorce le virage, la rotation de la tangente doit être $\geq 3^\circ$ pour être perceptible à l'œil.

$$R > A \geq R/3$$

REGLE GENERALE (B40):

$$R \leq 1500\text{m} \quad \Delta R = 1\text{m} \quad (\text{éventuellement } 0.5\text{m})$$

$$L = \sqrt{24R\Delta R}$$

$$1500 < R \leq 5000\text{m} \quad L \geq R/9$$

$$R > 5000\text{m} \quad \Delta R = 2.5\text{m}$$

$$L = 7.75 \sqrt{R}$$

b. Condition confort dynamique :

Cette condition Consiste à limiter pendant le temps de parcours Δt du raccordement, la variation, par unité de temps, de l'accélération transversale.

$$L = \frac{V_r^2}{18} \left(\frac{V_r^2}{127R} - \Delta d \right) \quad 3.7$$

V_r : vitesse de référence en (Km /h).

R : rayon en (m).

Δd : variation de dévers.

c. condition de gauchissement :

Cette condition à pour objet d'assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation des dévers. Elle s'explique par :

$$L \geq l \times \Delta d \times V_R \quad 3.8$$

L : longueur de raccordement.

l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers.

Remarque :

La vérification des deux conditions relatives au gauchissement et au confort dynamique, peut se faire à l'aide d'une seule condition qui sert à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation par unité de temps, du dévers de la demie - chaussée extérieure au virage. Cette variation est limitée à 2%.

2.6 Combinaison des éléments de trace en plan :

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

2.6.1 Courbe en S :

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

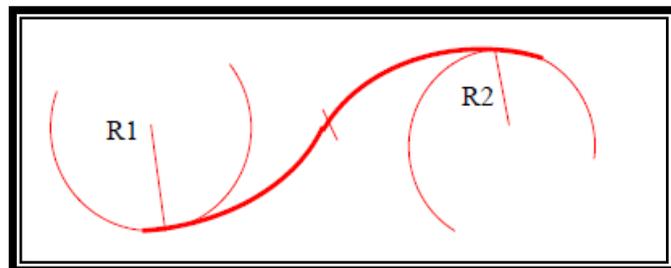


Figure 3.2 : Courbe en S

2.6.2 Courbe à sommet :

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

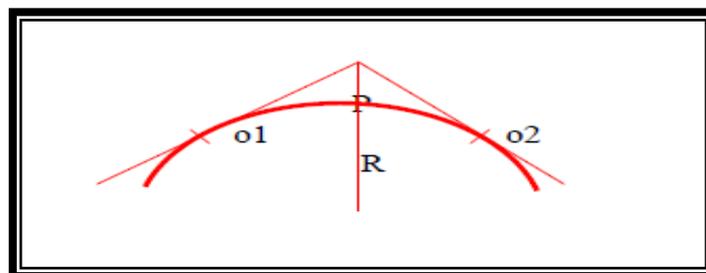


Figure 3.3 : Courbe à sommet

2.6.3 Courbe en C :

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

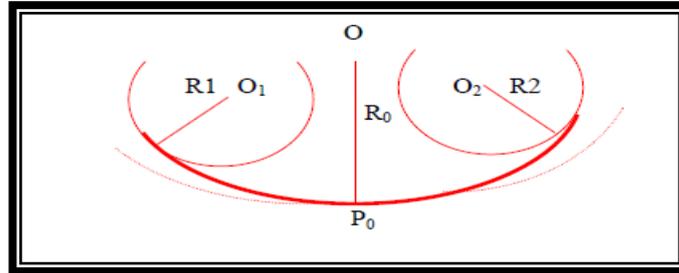


Figure 3.4 : Courbe en C

2.6.4 Courbe en Ove :

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

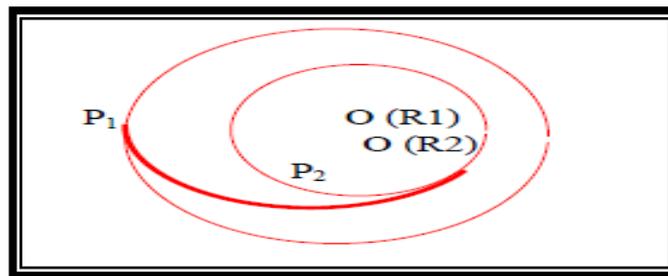


Figure 3.5 : Courbe en Ove

2.7 Calcul d'axe:

Le calcul d'axe est l'opération de base par laquelle toute étude d'un projet routier doit commencer, elle consiste au calcul d'axe point par point du début du tronçon à sa fin.

On a le tableau des coordonnées (x, y) des sommets qui sont déterminés par simple lecture à partir de la carte topographique et les rayons choisis pour les différentes directions.

Le calcul d'axe se faire à partir d'un point fixe dont on connaît ses coordonnées; et il doit suivre les étapes suivantes :

- Détermination longueur de clothoïde L ;
- calcul le paramètre A ;

- Calcul des gisements ;
- Calcul de l'angle de comprime entre les alignements ;
- Calcul de la tangente T ;
- Vérification de non- chevauchement ;
- Calcul de l'arc en cercle ;
- Calcul de des coordonnées de points particuliers.

2.8 Application sur le projet :

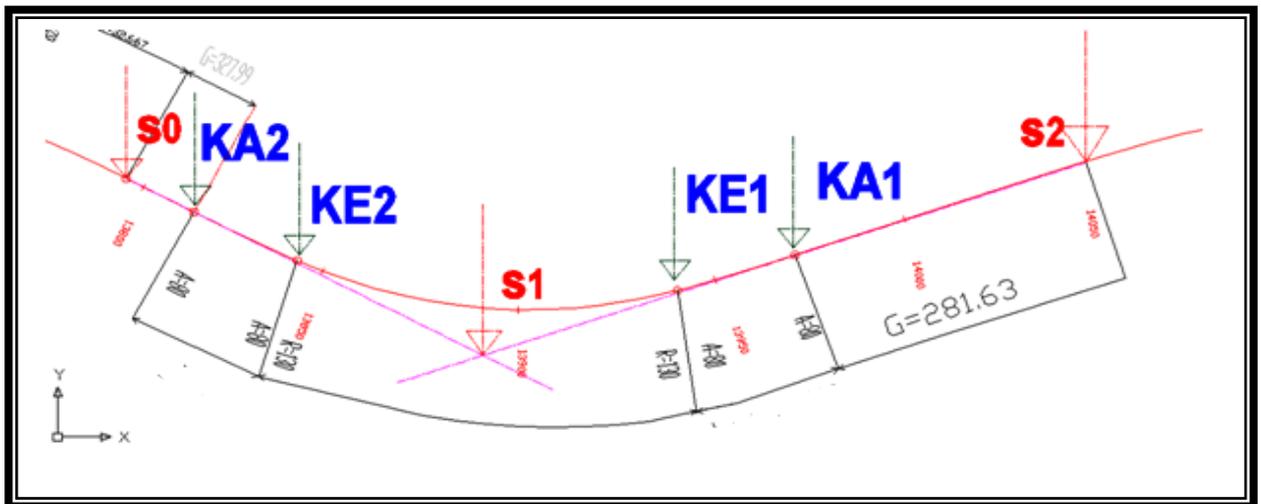


Figure 3.6 : raccordement avec clothoïde.

On a le Rayon $R = 130m < R_{hnd}$ (Raccordement avec Clothoïde).

$$S0 \begin{cases} X0= 59039.0779 \\ Y0= 55959.9204 \end{cases}$$

$$S1 \begin{cases} X1= 59135.8512 \\ Y1= 55989.4885 \end{cases}$$

$$S2 \begin{cases} X2= 59203.9438 \\ Y2= 56131.6141 \end{cases}$$

➤ Détermination de A :

Selon le règlement B40 on à :

$$R < R_{hnd}$$

$$R = 130m < 1400m \Rightarrow R/3 < A < R$$

$$\Rightarrow 130/3 < A < 130$$

$$\Rightarrow 43.33 < A < 130$$

On prendre A=102

➤ Détermination de la valeur minimale de L (longueur de la clothoïde) :

➤ Condition optique :

$$R \leq 1500m$$

$$\Delta R = 1m \text{ (éventuellement 0.5m)}$$

$$L = \sqrt{24R\Delta R} \quad 3.9$$

$$L = \sqrt{24 \times 130 \times 0.5}$$

$$L = 39.49m \dots \dots \dots (1)$$

➤ Condition de confort dynamique :

$$L = \frac{Vr^2}{18} \left(\frac{Vr^2}{127R} - \Delta d \right) \quad 3.10$$

$$\Delta d = d + 2.5\%$$

$$\Delta d = 7 + 2.5 = 9.5\%$$

$$L = (80^2 / 18) \times [(80^2 / 127 \times 130) - 0.095]$$

$$L = 104.05 m \dots \dots \dots (2)$$

➤ Condition de gauchissement :

$$L \geq l \times \Delta d \times VR \quad 3.11$$

$$L \geq 7.6 \times 0.095 \times 80$$

$$L \geq 57.76 \text{ m} \dots\dots\dots (3)$$

De (1), (2) et (3) on aura: $L = 104.05 \text{ m}$

➤ Calcul des gisements :

La relation suivante permet de calculer le gisement :

$$\boxed{\text{gis} = \arctg (\Delta X/ \Delta Y)} \qquad 3.12$$

Sauf des cas exceptionnels sont comme suite :

- $(\Delta X > 0 \text{ et } \Delta Y > 0)$ \implies GIS = gis
- $(\Delta X > 0 \text{ et } \Delta Y < 0)$ \implies GIS = 200 + gis (avec gis < 0)
- $(\Delta X < 0 \text{ et } \Delta Y < 0)$ \implies GIS = 200 + gis (avec gis > 0)
- $(\Delta X < 0 \text{ et } \Delta Y > 0)$ \implies GIS = 400 + gis (avec gis < 0).

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta X1 = X1 - X0 = 29.568 \text{ m} \\ \Delta Y 1= Y1 - Y0 = 96.773 \text{ m} \end{array} \right. \qquad \left\{ \begin{array}{l} \Delta X2 = X2 - X1 = 142.1265\text{m} \\ \Delta Y2 = Y2 - Y1 = 68.0928 \text{ m} \end{array} \right.$$

$$\text{GIS 1} = \text{arc tg} (96.773/ 29.568) \qquad \text{GIS 2} = \text{arc tg} = (68.0928 /142.1265)$$

$\left\{ \begin{array}{l} \text{Gis 1} = 81.122 \\ \text{Avec:} \\ \text{GIS 1} = \text{gis 1} \\ \text{GIS 1} = 81.122\text{grade} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{GIS 2} = 28.443 \\ \text{Avec:} \\ \text{GIS 2} = \text{gis 2} \\ \text{GIS 2} = 28.443\text{grade} \end{array} \right.$
--	--

➤ calcul l'angle des tangentes τ :

$$\boxed{\tau = [(\text{par})^2 / 2R^2] \times 200 / \pi} \qquad 3.13$$

Avec (par) c'est le paramètre :

$$\text{Par} = A^2 / R \implies \text{Par} = (102)^2 / 130$$

Par = 80

➤ calcul le ripage Δ

$$\Delta R = L^2 / (24 \times R) \implies \Delta R = (104.05)^2 / 24 \times 130$$

$\Delta R = 3.33$

$$\tau = [(80)^2 / 2(130)^2] \times 200 / 3.14$$

$$\tau = 12.06 \text{ grade}$$

- Calcul de l'abscisse du centre du cercle :

$$X_m = \frac{par^2}{2 \times R} = L / 2 \quad \mathbf{3.14}$$

$$X_m = 104.05 / 2$$

$$X_m = 52.02$$

- Calcul de l'angle :

$$\gamma = |GIS\ 1 - GIS\ 2|$$

$$\gamma = |81.122 - 28.443|$$

$$\gamma = 52.679 \text{ grade}$$

- Calcul de la tangente :

$$T = X_m + (R + \Delta R) \operatorname{tg}\left(\frac{\gamma}{2}\right) \quad \mathbf{3.15}$$

$$T = 52.025 + (130 + 3.33) \operatorname{tg}\left(\frac{52.679}{2}\right)$$

$$T = 110.568 \text{ m}$$

- Calcul des distances :

$$\overline{S_2S_1} = \sqrt{(\Delta X_1)^2 + (\Delta Y_1)^2} = \sqrt{(29.568)^2 + (96.773)^2}$$

$$\overline{S_2S_1} = 101.189 \text{ m}$$

$$\overline{S_0S_1} = \sqrt{(\Delta X_2)^2 + (\Delta Y_2)^2} = \sqrt{(142.1265)^2 + (68.0928)^2}$$

$$\overline{S_0S_1} = 157.596 \text{ m}$$

- Vérification de non chevauchement :

$$\tau = 12.06 \text{ grade}$$

$$\gamma/2 = 52.679/2 = 26.34 \text{ grade.}$$

$\gamma/2 > \tau$ -----> 26.34 > 12.06 -----> pas de chevauchement.

➤ Abscisse de KE :

$$X = L \times \left(1 - \frac{L^2}{40 \times R^2}\right) \quad \mathbf{3.16}$$

$$X = 104.05 \times \left(1 - \frac{104.05^2}{40 \times 130^2}\right)$$

$$X = 102.38 \text{ m}$$

➤ Origine de KE :

$$Y = \frac{L^2}{6 \times R^2} \quad \mathbf{3.17}$$

$$Y = \frac{104.05^2}{6 \times 130^2}$$

$$Y = 13.88 \text{ m}$$

➤ Calcul des Coordonnées SL :

$$SL = \sqrt{X^2 + Y^2} \quad \mathbf{3.18}$$

$$SL = \sqrt{(102.38)^2 + (13.88)^2}$$

$$SL = 103.23 \text{ m}$$

5.1.1) Calcul de σ :

$$\sigma = \arctg\left(\frac{Y}{X}\right) \quad \mathbf{3.19}$$

$$\sigma = \arctg\left(\frac{102.38}{13.88}\right)$$

$$\sigma = 91.42 \text{ grade}$$

➤ Calcul de l'arc :

$$\alpha = \gamma - 2\tau \quad \mathbf{3.20}$$

$$\alpha = 52.679 - 2 \times 12.06$$

$$\alpha = 28.56 \text{ grade}$$

$$\widehat{KE_1KE_2} = \frac{R \times \pi \times \alpha}{200}$$

3.21

$$\widehat{KE_1KE_2} = \frac{130 \times 3.14 \times 28.56}{200}$$

$$\widehat{KE_1KE_2} = 58.29 \text{ m}$$

➤ Calcul des coordonnées des points singuliers :

➤ **Calcul des coordonnées des points singuliers :**

$$\begin{cases} X_{KA1} = X_{S2} - (\overline{S_2S_1} - T) \cos (300 - \text{GIS}_2) \\ X_{KA1} = 59203.9438 - (101.189 - 110.568) \cos (300 - 28.43) \end{cases}$$

$$X_{KA1} = 59199.8931 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} Y_{KA1} = Y_{S2} - (\overline{S_2S_1} - T) \sin (300 - \text{GIS}_2) \\ Y_{KA1} = 56131.6141 - (101.189 - 110.568) \sin (300 - 28.43) \end{cases}$$

$$Y_{KA1} = 56123.15489 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} X_{KA2} = X_{S1} - T \cos (300 - \text{GIS}_1) \\ X_{KA2} = 59135.8512 - 110.568 \cos (300 - 81.122) \end{cases}$$

$$X_{KA2} = 59241.59343 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} Y_{KA2} = Y_{S1} - T \sin (300 - \text{GIS}_1) \\ Y_{KA2} = 55989.4885 - 110.568 \sin (300 - 81.122) \end{cases}$$

$$Y_{KA2} = 56021.79736 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} - SL \cos (300 + \sigma - \text{GIS}_2) \\ X_{KE1} = 59199.8931 - 103.23 \cos (300 + 91.42 - 28.443) \end{cases}$$

$$X_{KE1} = 59298.13908 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} Y_{KE 1} = Y_{KA 1} - SL \sin (300 + \sigma - GIS2) \\ Y_{KE 1} = 56123.15489 - 103.23 \sin (300 + 91.42 - 28.443) \end{cases}$$

$$Y_{KE 1} = 56179.86168 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} X_{KE 2} = X_{KA 2} + SL \sin (GIS1 + \sigma - 200) \\ X_{KE 2} = 59241.59343 + 103.23 \sin (81.122 + 91.42 - 200) \end{cases}$$

$$X_{KE 2} = 59198.43704 \text{ m.}$$

$$\begin{cases} Y_{KE 2} = Y_{KA 2} + SL \cos (GIS1 + \sigma - 200) \\ Y_{KE 2} = 56021.79736 + 103.23 \cos (81.122 + 91.42 - 200) \end{cases}$$

$$Y_{KE 2} = 56115.57347 \text{ m.}$$

3. Profil en long :

3.1 Introduction :

Le but du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution de trace et une bonne perception des points singuliers.

Afin d'éviter des terrassements importants une correction de la ligne rouge sera exécutée tout en respectant les conditions technique d'aménagements des routes.

3.2 Modernisation du profil en long :

La route à l'état actuel comporte des déclivités moyennes localisées dans le major parti du tracé.

La modernisation du profil en long comportera, donc à adopter des déclivités régulières et à éliminer des éventuels sommets de cotes.

3.3 Tracé de la ligne rouge :

Le tracé de la ligne rouge qui constitue la ligne projet retenue n'est pas arbitraire, mais il doit répondre à certaines conditions concernant le confort, la stabilité, la sécurité et l'évacuation des eaux pluviales. Parmi ces conditions il a lieu :

- De ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les règlements ;
- D'adapter le terrain pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être coûteux ;
- De rechercher un équilibre entre le volume des déblais et le volume des remblais ;
- D'éviter de maintenir une forte déclivité sur de grandes distances ;
- D'éviter les hauteurs excessives des remblais ;
- D'assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long ;
- De prévoir le raccordement avec le réseau routier existant.

3.4 Déclivités :

3.4.1 Définition de la déclivité :

On appelle déclivité d'une route la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal .Elle prend le nom de Pente : pour les descentes et de Rampe : pour les montées. Le raccordement entre une pente et une rampe se fait par un arc de cercle dont la nature est fixée par la différence (m) des deux déclivités :

- Raccordement pente- rampe ($m < 0$): arc concave ;
- Raccordement rampe- pente ($m > 0$): arc convexe.

3.4.2 Déclivité Minimum :

La pente d'une route ne doit pas être au-dessous de 0.5 % et de préférence 1 %, dans les zones où le terrain est plat, afin d'assurer un écoulement aussi rapide des eaux de pluie le long de la route au bord de la chaussée.

Tableau 3.7 : valeur de la déclivité maximale

V _r (Km/h)	40	60	80	100	120	140
I _{max} (%)	8	7	6	5	4	4

Pour notre cas la vitesse $V_r = 80$ Km/h donc la pente maximale $I_{max} = 6\%$

D'après le B40 on peut la majorer à 2% maximal.

3.4.3 Déclivité Maximum :

- En pente c'est la condition d'adhérence (rugosité) qui sera prise en compte ;
- En rampe c'est la condition de vitesse minimale des poids lourds.

3.5 Coordination du tracé en plan et du profil en long :

Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long. Ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort.

On distingue deux types de raccordements :

3.5.1 Raccordements convexes (angle saillant) :

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

Leur conception doit satisfaire aux conditions suivantes :

- Condition de confort ;
- Condition de visibilité.

a. **Condition de confort :**

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à $(0.3\text{m/s}^2 \text{ soit } g/40)$, le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$$(V^2r/RV) \leq (g/40) \quad \text{donc} \quad RV \geq (40/g) \times V^2r \quad \text{pour (cat. 1-2).}$$

$$(V^2r/RV) \leq (g/30) \quad \text{donc} \quad RV \geq (30/g) \times V^2r \quad \text{pour (cat. 3-4-5).}$$

Avec : $v=V/3.6$ et $g=10\text{m/s}^2$ (accélération de la pesanteur)

RV : Étant le rayon de raccordement.

Donc :

$$R_{V\min} \geq 0.3 \times V_B^2 \quad (\text{cat 1-2}).$$

Pour notre cas le rayon vertical minimal correspondant à une vitesse de base

($V_B = 80\text{km/h}$) est de :

$$R_{V_{\min}} \geq 0.3 \times V_B^2$$

3.22

$$R_{V_{\min}} \geq 0.3 \times (80)^2 \text{ donc } R_{V_{\min}} \geq 1920 \text{ m.}$$

b. Condition de visibilité :

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme condition supplémentaire à celle de condition confort.

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

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_V = \frac{d^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \times \sqrt{h_0 h_1})}$$

3.23

d : distance d'arrêt (m).

h₀ : hauteur de l'œil (m).

h₁ : hauteur de l'obstacle (m).

Les rayons assurant ces deux conditions sont données pour les normes en fonction de la vitesse de base, l'environnement et la catégorie de la route, pour choix bidirectionnelle et pour une vitesse de base $V_B = 80$ Km/h, la catégorie **C1** et pour l'environnement **E2** on à :

Tableau 3.8 : Rayons verticaux pour un angle saillant

Catégorie		C1
Environnement		E2
Vitesses de base (Km/h)		80
Déclivité maximale I_{\max} (%)		6%
Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R_{vm}	4500
Min- normal	R_{vn}	10000
Dépassement	R_{vd}	11000

Remarque :

- Utiliser si possible, des rayons supérieurs aux valeurs minimales normales ;
- Éviter les successions de raccordements circulaires ;

- Mettre le P.L de préférence en léger remblai.

3.5.2 Raccordement concave (rentrant) :

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

$$R'_V = \frac{d_1^2}{(1.5+0.035d_1)} \quad 3.24$$

Tableau 3.9 : Rayons verticaux pour un angle rentrant

Catégorie		C1
Environnement		E2
Vitesses de base (Km/h)		80
Déclivité maximale I_{\max} (%)		6%
Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R_{vm}	2200
Min- normal	R_{vn}	3000
Dépassement	R_{vd}	11000

3.6 Application au projet

3.6.1 Cas d'un rayon concave :

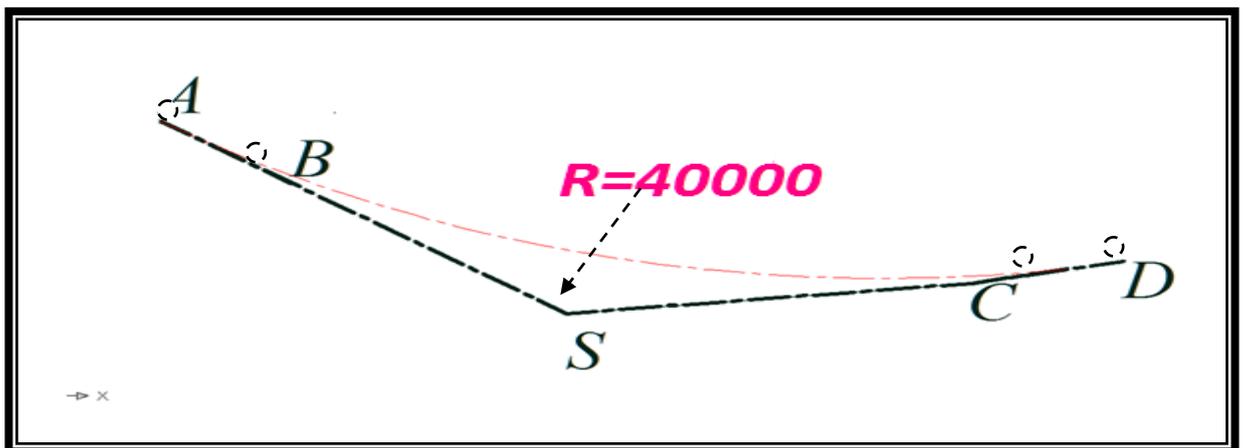


Figure 3.7 : courbe concave.

$$A \begin{cases} AK_0 = 13000 \text{ m} \\ Z_A = 790.38 \text{ m} \end{cases}$$

$$S \begin{cases} AK_0 = 13245.55 \text{ m} \\ Z_S = 786.579 \text{ m} \end{cases}$$

$$D \begin{cases} AK_0 = 13875 \text{ m} \\ Z_D = 777.36 \text{ m} \end{cases}$$

➤ **Calcul des pentes :**

$$P_1 = \frac{\Delta Z_1}{\Delta AK_1} \times 100$$

$$P_1 = \frac{786.579 - 790.38}{13245.55 - 13000} \times 100$$

$$P_1 = -1.55 \%$$

$$P_2 = \frac{\Delta Z_2}{\Delta PK_2} \times 100$$

$$P_2 = \frac{777.36 - 786.579}{13875 - 13245.55} \times 100$$

$$P_2 = -1.46 \%$$

➤ **calcul des tangentes :**

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

$$T = \frac{40000}{2} \times |0.0146 - 0.0155|$$

$$T = 18 \text{ m}$$

➤ **Calcul des flèches :**

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

$$H = \frac{18^2}{2 \times 40000}$$

$$H = 0.00405 \text{ m}$$

➤ Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$B \begin{cases} AK_B = AK_S - T = 13227.55 \text{ m} \\ Z_B = Z_S - T \times P_1 = 786.858 \text{ m} \end{cases}$$

$$C \begin{cases} AK_C = AK_S + T = 13263.55 \text{ m} \\ Z_C = Z_S + T \times P_2 = 786.31 \text{ m} \end{cases}$$

3.6.2 Cas d'un rayon convexe :

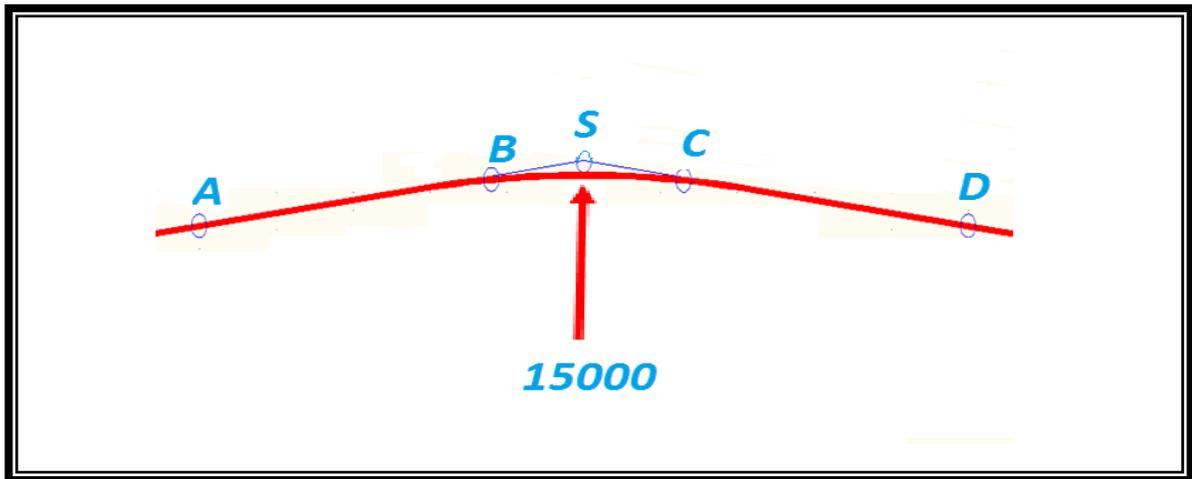


Figure 4.8 : courbe convexe.

$$A \begin{cases} AK_1 = 12693.24 \text{ m} \\ Z_A = 793.52 \text{ m} \end{cases}$$

$$S \begin{cases} AK_1 = 12947.93 \text{ m} \\ Z_S = 791.18 \text{ m} \end{cases}$$

$$D \begin{cases} AK_1 = 13263.55 \text{ m} \\ Z_D = 786.30 \text{ m} \end{cases}$$

➤ Calcul des pentes :

$$P_1 = \frac{\Delta Z_1}{\Delta AK_1} \times 100$$

$$P_1 = \frac{791.18 - 793.52}{12947.93 - 12693.24} \times 100$$

$$P_1 = -0.92 \%$$

$$P_2 = \frac{\Delta Z_2}{\Delta PK_2} \times 100$$

$$P_2 = \frac{786.30 - 791.18}{13263.55 - 12947.93} \times 100$$

$$P_2 = 1.55 \%$$

➤ **calcul des tangentes :**

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

$$T = \frac{15000}{2} \times |0.0092 - 0.0155|$$

$$T = 47.25 \text{ m.}$$

➤ **Calcul des flèches :**

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

$$H = \frac{47.25^2}{2 \times 15000}$$

$$H = 0.074$$

➤ **Calcul des coordonnées des points de tangentes :**

$$B \begin{cases} AK_B = AK_S - T = 12900.58 \text{ m} \\ Z_B = Z_S - T \times |P_1| = 790.74 \text{ m} \end{cases}$$

$$C \begin{cases} AK_C = AK_S + T = 12995.18 \text{ m} \\ Z_C = Z_S + T \times |P_2| = 790.44 \text{ m} \end{cases}$$

4. Profil en travers :

4.1 Définition :

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

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

4.2 Modernisations du profil en travers :

La route existante présente un profil en travers caractérisé par une chaussée de largeur variable. En effet La sortie sur site nous a permis, en premier de relevé que la largeur de la chaussée existante n est pas fixe le long de tracé elle est de 7.00m dans les sections courant avec des accotements de 2.00m (de part et d'autre) et de 7.60 et de 7.00m dans les sections urbaine avec des trottoirs variable

La modernisation du profil en travers du tronçon en question de RN 02 nécessite des solutions délicates d élargissement du profil en travers actuel.

4.3 Les éléments du profil en travers :

4.3.1 La chaussée :

C est la partie affectée à la circulation des véhicules.

4.3.2 La largeur roulable :

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

4.3.3 La plate forme :

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

4.3.4 L'assiette :

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

4.3.5 L'emprise :

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

4.3.6 Les accotements :

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

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

4.3.7 Le terre-plein central :

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

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

4.3.8 Le fossé :

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

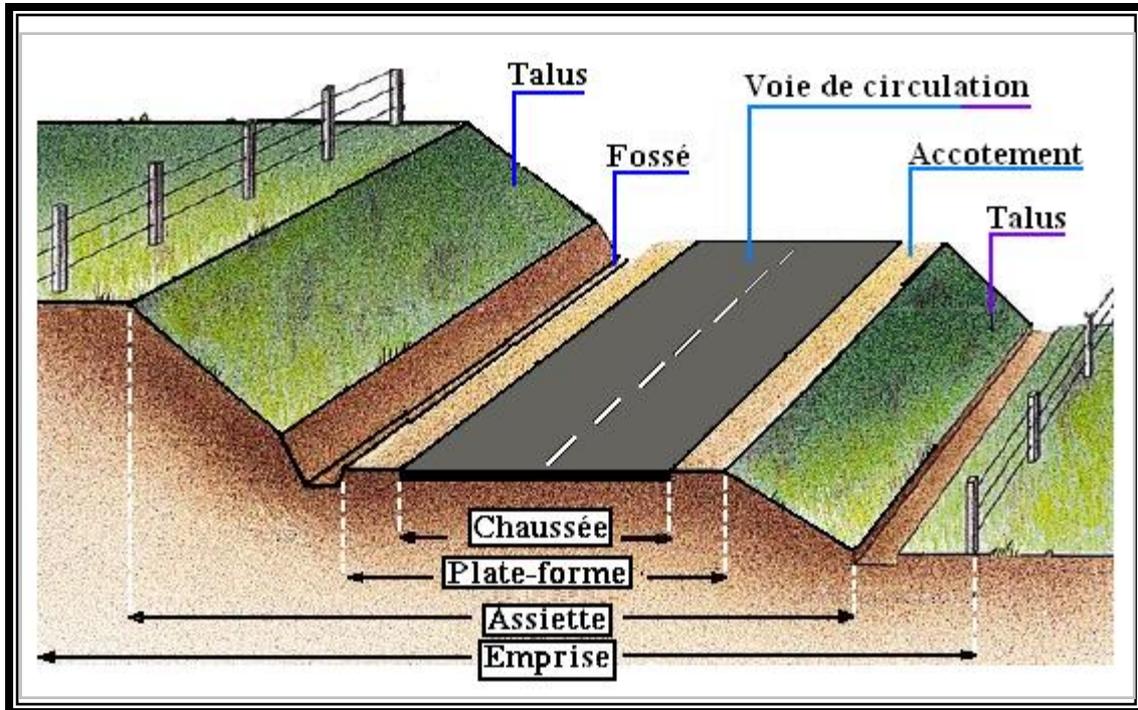


Figure 3.9 : Éléments du profil en travers

4.4 Classification du profil en travers :

Ils existent deux types de profil :

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

4.4.1 Le profil en travers type :

C'est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes.

Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (en remblais, déblais) ou mixte.

4.4.2 Le profil en travers courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à des distances régulières (10, 15, 20,25m).qui servent à calculer les cubatures.

4.5 Application au projet :

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour notre route sera composé d'une chaussée bidirectionnelle.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- Chaussée : $3.80 \times 2 = 7.60$ m ;
- Accotement : $2.00 \times 2 = 4.00$ m ;
- Plate forme : 11.60 m.

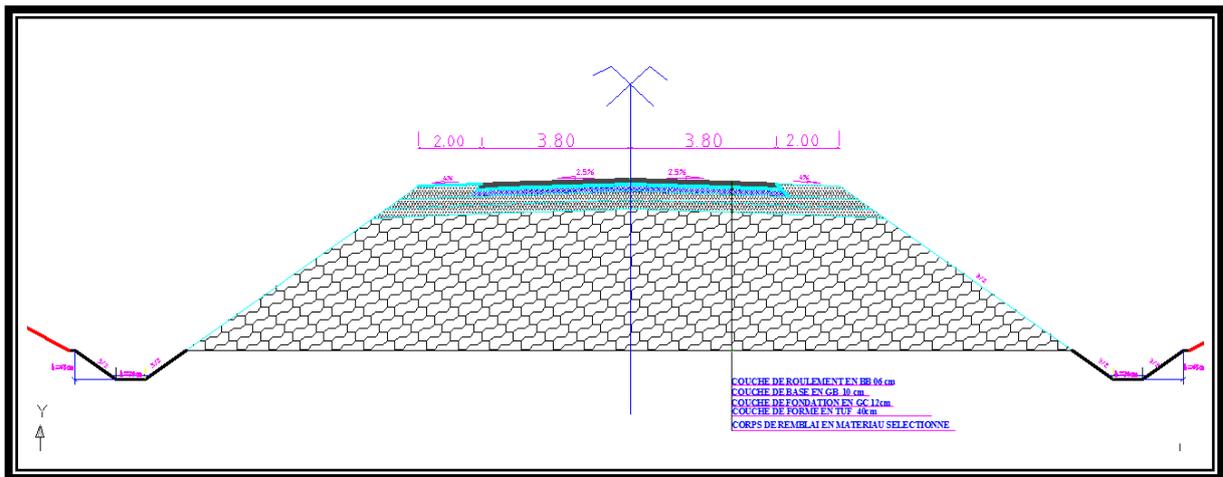


Figure 3.10 : profil en travers type en remblai

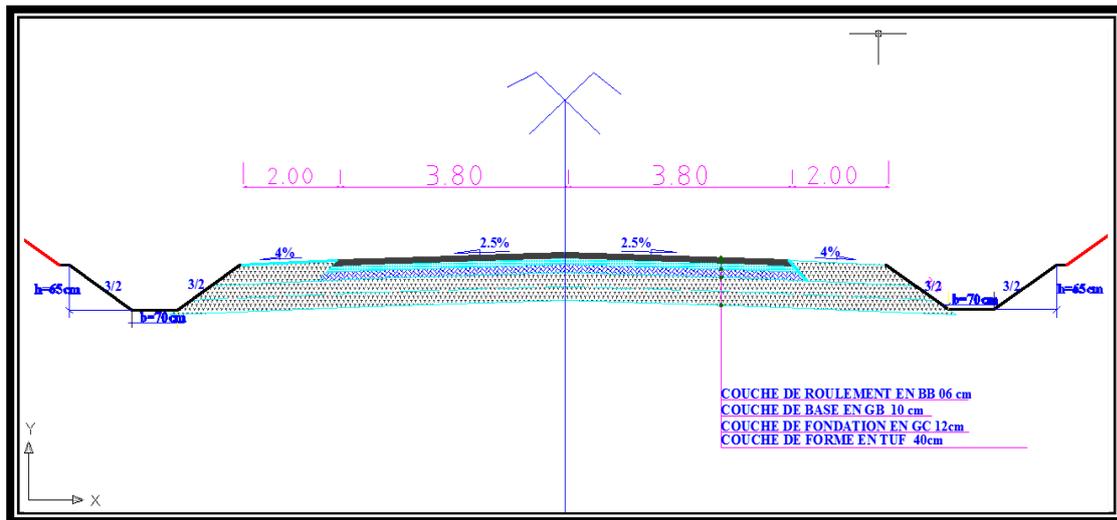


Figure 3.11 : profil en travers type en déblai

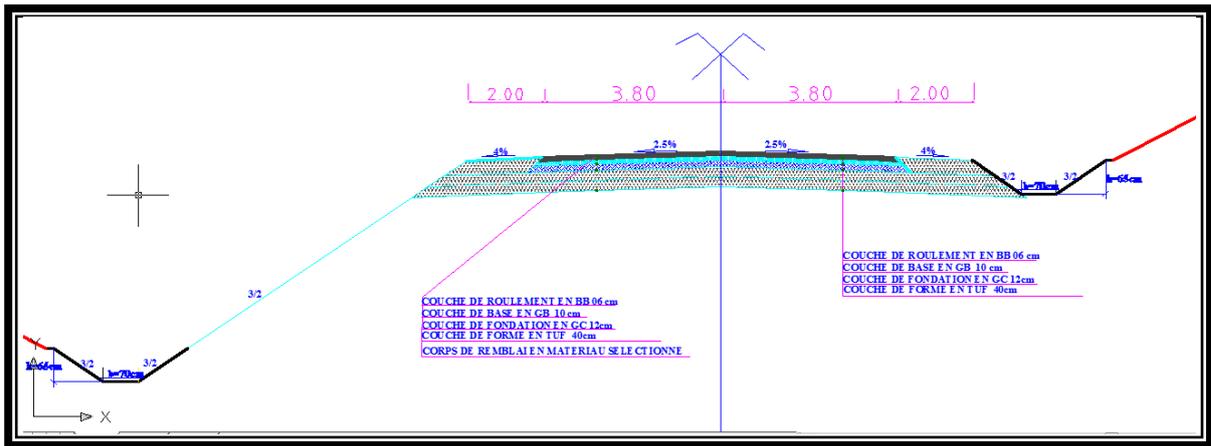


Figure 3.12 : profil en travers type mixte

Cas spéciale dans notre projet :

➤ cas de modernisation :

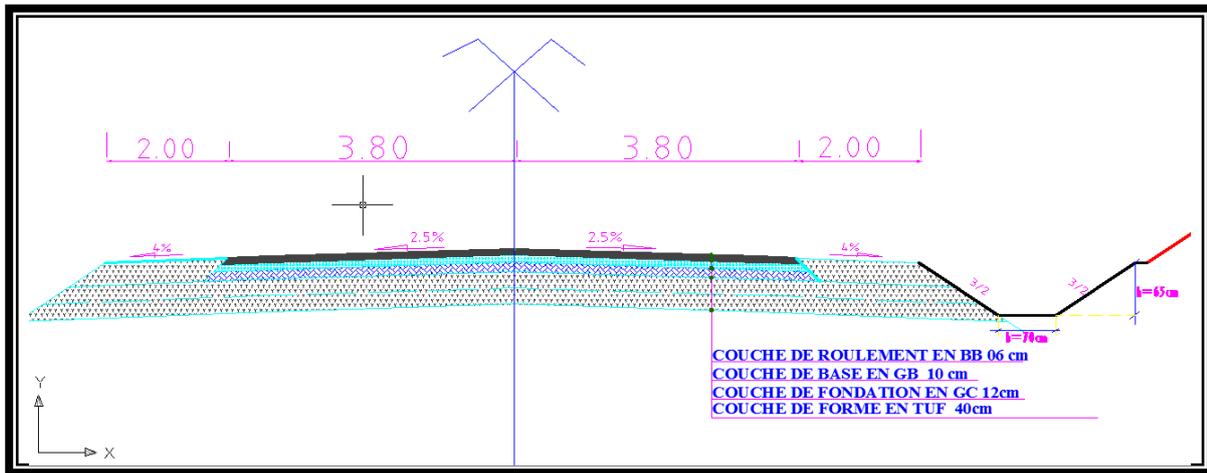


Figure 3.13 : profil en travers type en déverse en toi (trace neuf)

Dans cette cas en voir que en un profil en travers type en courbe à droite (trace neuf) avec un déverse en toit.

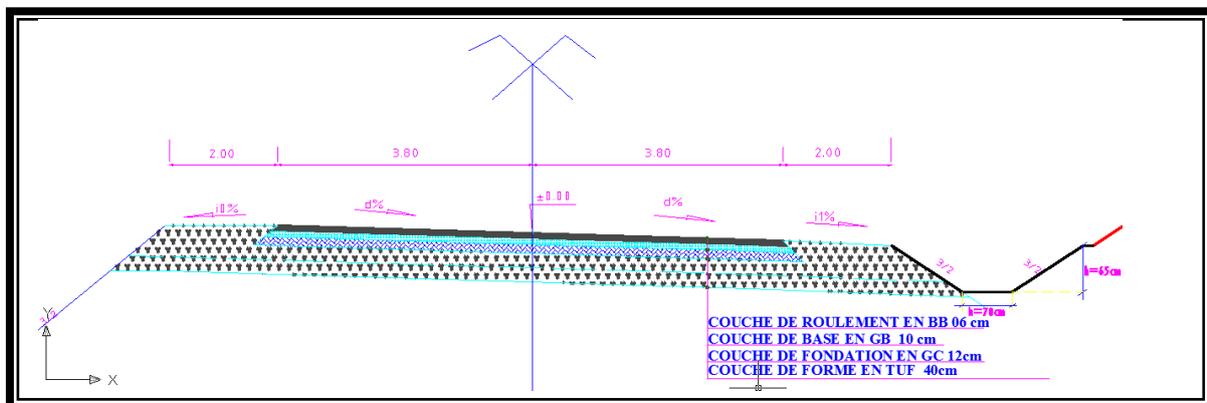


Figure 3.14 : profil en travers type en déverse unique (trace neuf)

Dans cette cas en voir que en un profil en travers type en courbe à droite (trace neuf) avec un déverse unique.

➤ Cas de réhabilitation :

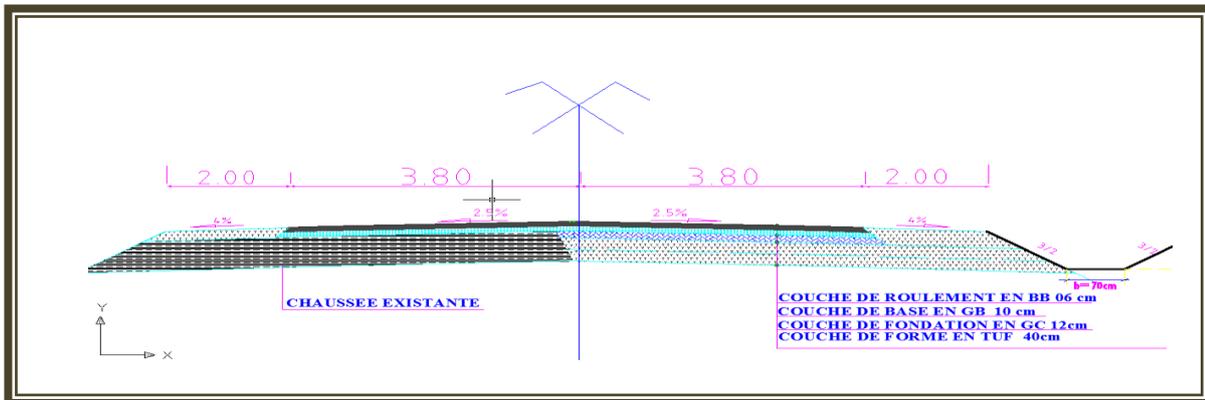


Figure 3.15: profil en travers type d'élargissement en alignement droit (trace mixte) cas d'élargissement)

La chaussée existe composé de macadam et l'élargissement se fait avec la nouvelle structure dans se cas en a un dévers en toit.

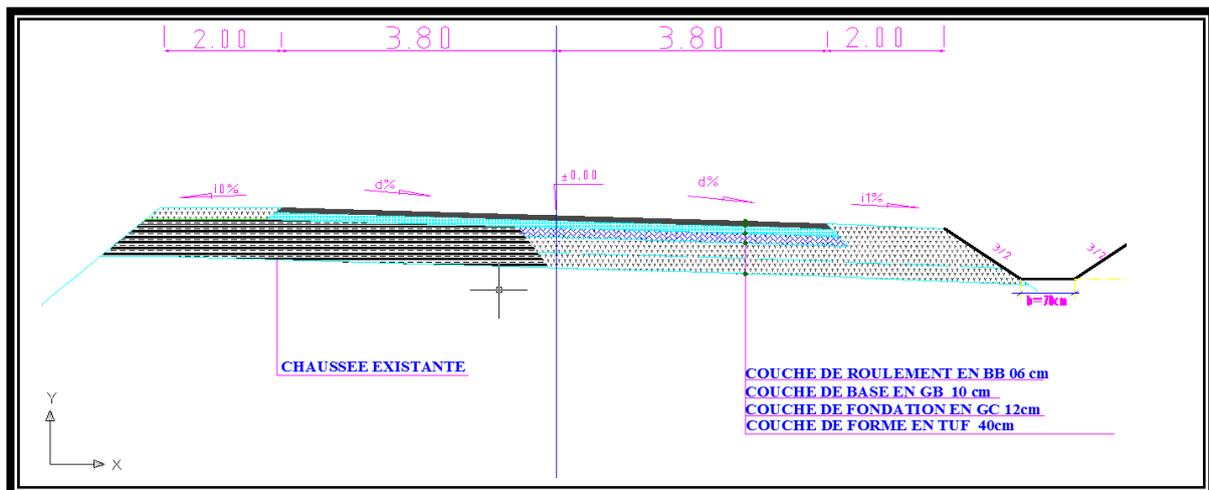


Figure 3.16 : profil en travers type en courbe à droite (trace mixte)

La chaussée existe composé de macadam et l'élargissement se fait avec la nouvelle structure dans se cas en a un dévers unique.

5. Cubatures :

5.1 Généralités :

La réalisation d'un projet routier ne peut en général se faire sans modifier la forme naturel du terrain, car il n'est pas possible que le projet suit exactement les ondulations du relief du terrain ; si l'on doit surélever le terrain, il faut apporter des terres qu'on appelle **Remblais** ; si l'on doit abaisser le niveau du terrain, il faut enlever des terres qu'on appelle **Déblais** ; l'ensemble de ces deux opérations constitue les terrassements.

Pour atteindre l'économie maximale du point de vue du coût des terrassements il faut bien :

- mettre en œuvre le minimum de matériau ;
- Equilibrer les mouvements des terres (déblais- remblais) ;
- Minimiser la distance de transport.

La finalisation d'un projet de route passe nécessairement par une optimisation du profil en long permettant d'atteindre ces objectifs.

5.2 Définition :

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais et remblais 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.

5.3 Méthode de calcul des cubatures :

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

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

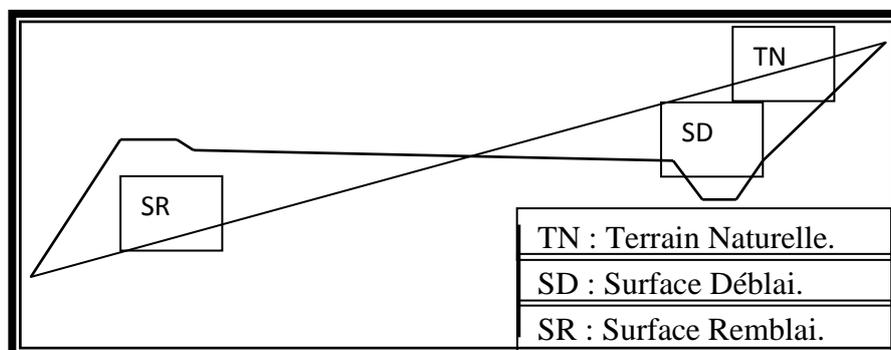


Figure3.17 : Profil en travers mixte

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

5.3.1 Formule de Mr SARRAUS :

Cette méthode « formule des trois niveaux » consiste à calculer le volume déblai ou remblai des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

$$V = \frac{L}{6} (S_1 + S_2 + 4 \times S_{MOY}) \quad 3.25$$

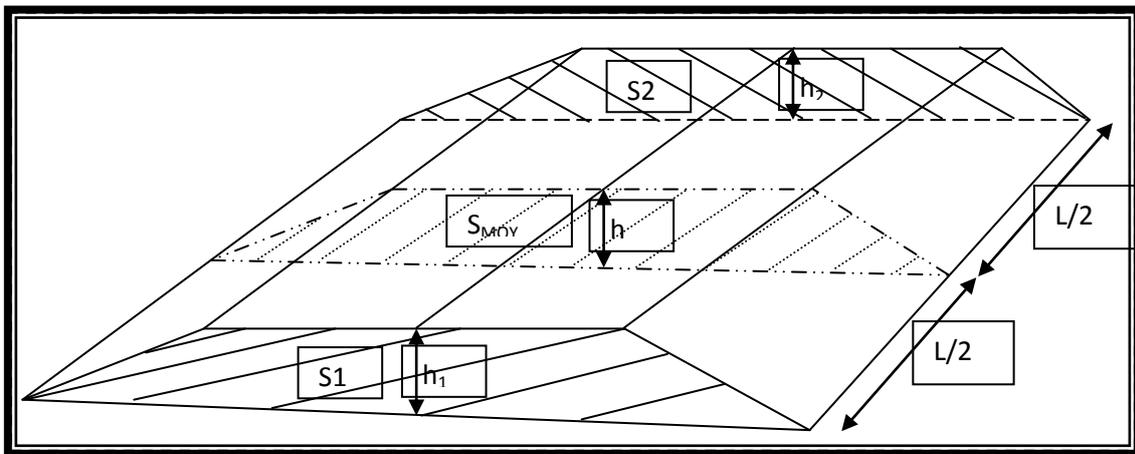


Figure 3.18: schéma explicatif de la méthode de la moyenne des aires

Avec :

S1 et S2 : les surfaces des sections parallèles.

h : la hauteur ou la distance entre ces deux sections.

S : la section équidistante des deux bases.

Le volume V sera soit totalement en déblai soit totalement en remblai.

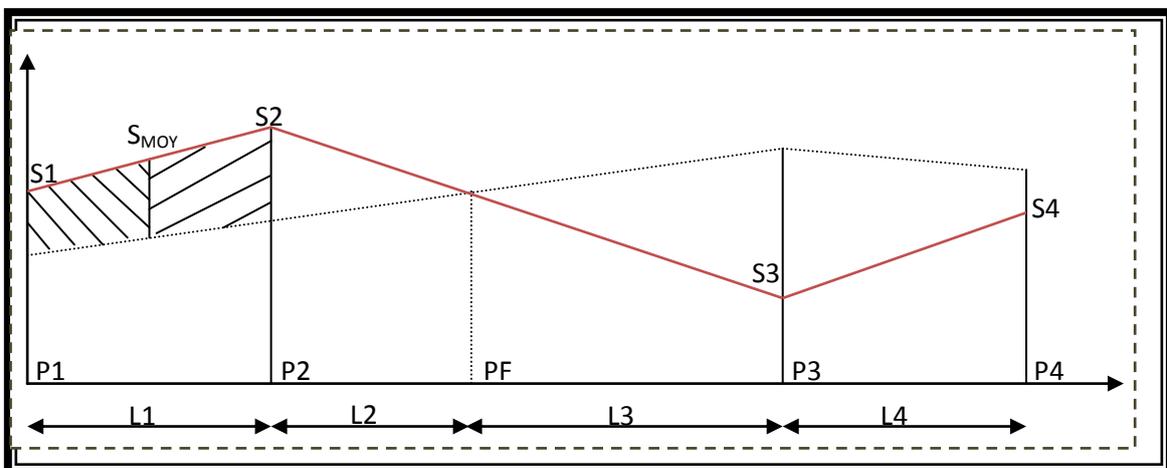


Figure 3.19: Profil en long type d'un tracé

- PF: profil fictive, surface nulle ;
- Si: surface de profil en travers Pi ;
- Li : distance entre ces deux profils,
- SMOY : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li).

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

$$\boxed{\text{SMOY et } \frac{(S_1+S_2)}{2}.} \quad 3.26$$

Ceci Donne:

$$\boxed{V_i = \frac{L_i}{2} \times (S_i + S_{i+1})} \quad 3.27$$

Donc les volumes seront :

$$V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2) \quad \text{Entre P1 et P2}$$

$$V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0) \quad \text{Entre P2 et PF}$$

$$V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3) \quad \text{Entre PF et P3}$$

$$V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4) \quad \text{Entre P3 et P4}$$

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

$$\boxed{V = \frac{L_1}{2} S_1 + \frac{L_1+L_2}{2} S_2 + \frac{L_2+L_3}{2} \times 0 + \frac{L_3+L_4}{2} S_3 + \frac{L_4}{2} S_4} \quad 3.28$$

5.3.2 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.

5.3.3 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.

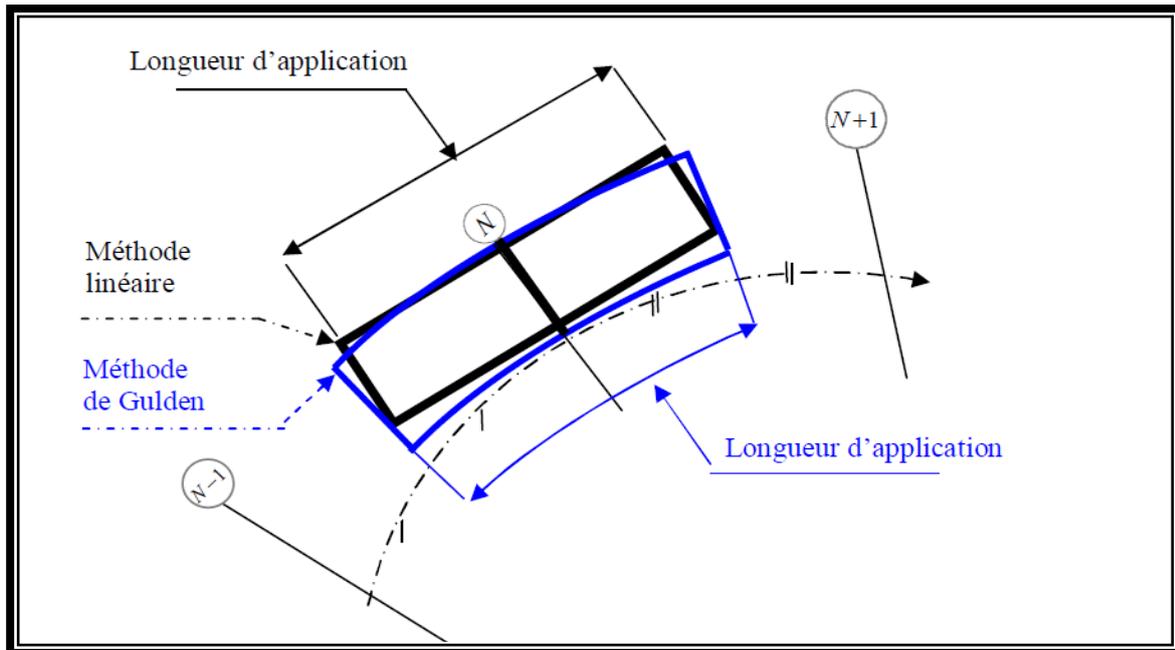


Figure 3.20 : Méthode de gulden

6. Conclusion :

Les tracés en plan des profils en long et Les profils en travers type sont dimensionnés à l'aide du logiciel covadix en remarque que le résultat manuel et proche au résultat obtenue par logicielle.

Tous les résultats du calcul sont joints en annexe.

Pour le calcul des cubatures La méthode qui a été utilisée pour notre projet c'est la méthode de la moyenne des aires.

En obtenue les résultats suivant :

- La Réutilisation des matériaux de déblai est comme suite :
142291,33m³
- Matériaux d'emprunt pour le remblai :
848,93m³

1. Introduction :

On entend par dimensionnement des chaussées l'épaisseur à donner à une chaussée. Elle doit être suffisante pour qu'elle ait une durée convenable, et non surabondante pour éviter les dépenses superflues.

Pour cela la qualité de la construction des chaussées, passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser, lui permettant de résister à l'agression des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation.

La chaussée doit permettre la circulation des véhicules dans les conditions de confort et de sécurité voulue. Si le corps de chaussée se repose sur un sous-sol présentant une portance insuffisante. On est donc amené à apporter sur le sol naturel une épaisseur quelque fois importante de matériaux choisis dont la qualité va croître au fur et à mesure qu'on se rapproche de la surface de la chaussée car les matériaux seront soumis à pression fort au fur et à mesure qu'il se rapproche de la surface de roulement.

Les données de base pour le dimensionnement des structures de chaussées
sont :(CCTP 2001)

- la durée de vie ;
- le risque de calcul considéré ;
- les données climatiques ;
- le trafic ;
- le sol support de chaussée ;
- les caractéristiques des matériaux.

2. Etude géotechnique :

2.1 Introduction :

La géotechnique routière a pour objectif de définir les caractéristiques des sols qui serviront d'assise pour la structure de chaussée.

Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs, appliquée aussi bien au sol que l'on rencontre dans la nature et qui supporte de construction d'une route et des massifs de terres artificiels (remblai).

Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol.

Pour cela en fait des essais en laboratoire qui permettent de déterminer les caractéristiques en place.

2.2 Réglementation algérienne en géotechnique :

La géotechnique couvre un grand champ qui va de la reconnaissance des sols au calcul et à l'exécution des ouvrages en passant par les essais de sols en laboratoire ou en place (in situ).

Les normes algériennes adoptées dans le domaine de la géotechnique sont relatives aux modes opératoires et des essais de sols couramment réalisés en laboratoire dans le cadre des Études géotechnique ; par exemple :

- les essais en place (essais pressiométrique, pénétromètre statique ou dynamique....etc.)
- les essais de laboratoire : essais d'identification et de classification.

2.3 Les différents essais en laboratoire :

Les essais réalisés en laboratoire sont :

- Analyse granulométrique ;
- Equivalent de sable ;
- Limites d'Atterberg ;
- Essai PROCTOR ;
- Essai CBR ;
- Essai Los Angeles ;
- Assai Micro Deval.

Le calcul de l'épaisseur des chaussées souples nécessitera des prélèvements destinés à des essais CBR en laboratoire.

Les essais seront fait à différentes teneurs en eau énergies de compactage, afin d'apprécier la stabilité du sol aux accidents lors des terrassements, ces essais seront précédés d'essai PROCTOR.

2.3.1 Teneur en eau :

La teneur en eau se détermine par deux pesées Une première pesée de l'échantillon l'état initial donne la masse m de l'échantillon humide et une deuxième pesée après passage à l'étuve à 105° pendant 24 heures (évaporation de l'eau libre et de l'eau capillaire) donne la masse sèche de l'échantillon M_s . (Léreau 2005/2006)



Figure 4.1: Teneur en eau

2.3.2 Analyses granulométriques :

Pour les sols grenus on utilise une série de passoire est de tamis.

Les trous des passoires sont un diamètre variant de 100 à 6,3 mm. L'ouverture intérieure.

Des mailles des tamis varient de 12,5 mm à 40 µm. Par définition le diamètre d'une particule t'égale à l'ouverture intérieure des mailles du plus petit tamis la laissant passer. Quand on se sert de passoire, il faut connaître les dimensions des tamis équivalents D. Etant le diamètre des trous de la passoire l'ouverture intérieure des mailles du tamisé équivalents t'égale à $D/1,25$

(Résultat de Féret) On utilise par exemple indifféremment tamis de 10 mm ou une passoire de 12,5 mm. (Léreau 2005/2006)

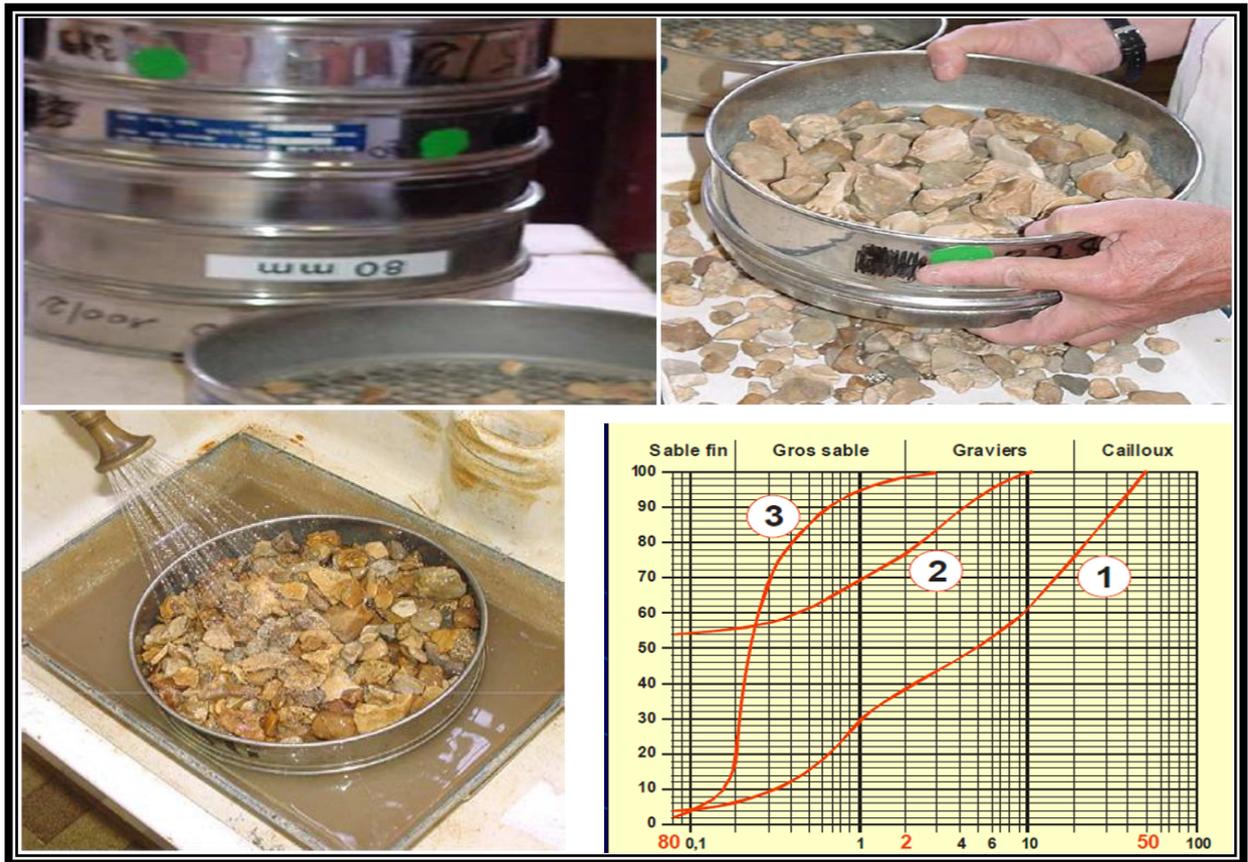


Figure 4.2: Analyses granulométriques

2.3.3 Equivalent de sable

L'essai d'équivalent de sable signé par le symbole E .S pour but d'évaluer la proportion

Relative d'éléments fins contenus dans le sol et dont la présence en quantité notable peut modifier le comportement mécanique.

C'est un essai empirique, simple, rapide et ne nécessitant qu'un appareillage très élémentaire.

Il permet de contrôler la constance de certaines qualités de matériaux mis en œuvre sur chantier à une cadence rapide. Il est très largement utilisé, en particulier en géotechnique routière.

L'essai consiste à opérer sur l'échantillon de sol (fraction du matériau dont les éléments

sont inférieurs à 5 mm) un lavage énergique de manière à le séparer de ses matières fines.

L'éprouvette contenant le sol et la solution lavante est soumise à 30 cycles de 20 cm

d'amplitude en 30 secondes La solution utilisée a un outre, pouvoir flocculant sur les argiles et les colloïdes.(Léreau 2005/2006)

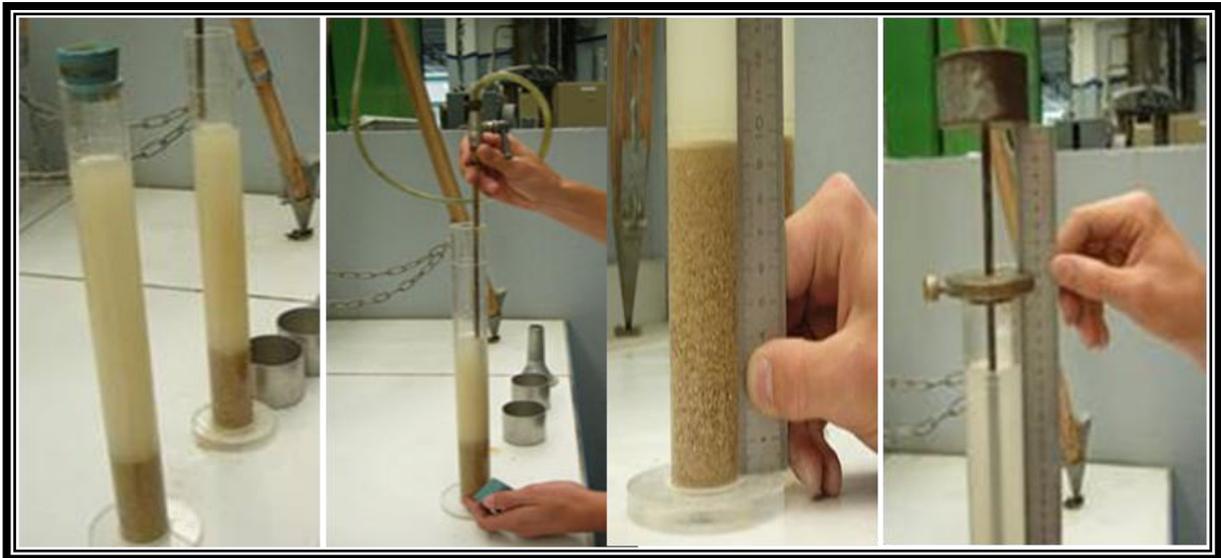


Figure 4.3 : Equivalent de sable.

2.3.4 Limites d'Atterberg :

C'est l'un des essais d'identification les plus importants.

Ces limites sont mesurées, avec un appareillage normalisé, sur le mortier, c'est à dire la fraction de sol qui passe au tamis de 0,40 mm.

On peut considérer quatre états caractérisant la consistance des sols fins. Pour des teneurs en eau décroissantes :

➤ l'état liquide : Le sol a une consistance très faible. Il a l'aspect d'un fluide, il tend à se niveler suivant une surface horizontale. Les particules glissent facilement les unes sur les autres.

➤ l'état plastique : Le sol a une consistance plus importante. Il ne tend plus à se niveler. Soumis à de faibles contraintes il se déforme largement sans se rompre. Il garde sa déformation après suppression des contraintes. Les particules ont mis en commun leurs couches adsorbées, lorsqu'il y a déformation les particules restent attachées les une aux autres sans s'éloigner .

➤ l'état solide (avec retrait) : Le sol retrouve sa forme initiale après suppression des .contraintes (petites déformations élastiques).

➤ l'état solide sans retrait; les particules arrivent au contact en quelques points en chassant l'eau adsorbée; le sol ne change plus de volume quand sa teneur en eau diminue .

La transition d'un état à un autre est très progressive, c'est pourquoi toute tentative pour fixer la limite entre deux états comporte une part d'arbitraire. Néanmoins, on utilise les limites définies par Atterberg et précisées ensuite par Casagrande.(Léreau 2005/2006)



Figure 4.4 : Limites d'Atterberg.

2.3.5 Valeur de bleu de méthylène :

Il s'agit aussi d'un paramètre permettant de caractériser l'argilosité d'un sol. Son application est récente.

Ce paramètre, noté VBS (valeur de bleu du sol), représente la quantité de bleu de méthylène pouvant s'adsorber sur les surfaces externes et internes des particules argileuses

contenues dans la fraction du sol considéré; c'est donc une grandeur directement liée à la surface spécifique du sol.

L'essai consiste à introduire progressivement du bleu de méthylène dans une suspension de sol maintenue en agitation. On prélève périodiquement une goutte de la suspension que l'on dépose sur un papier chromatographique. Dès qu'une auréole bleutée se développe autour de la tache ainsi formée on peut considérer que l'adsorption du bleu de méthylène sur les particules d'argile est terminée. En effet, c'est l'excès de bleu de méthylène qui apparaît dans l'auréole.

La VBS traduit globalement la quantité et la qualité (activité) de la fraction argileuse du sol. Elle s'exprime en grammes de bleu pour 100 g de sol.

.Ordres de grandeur :

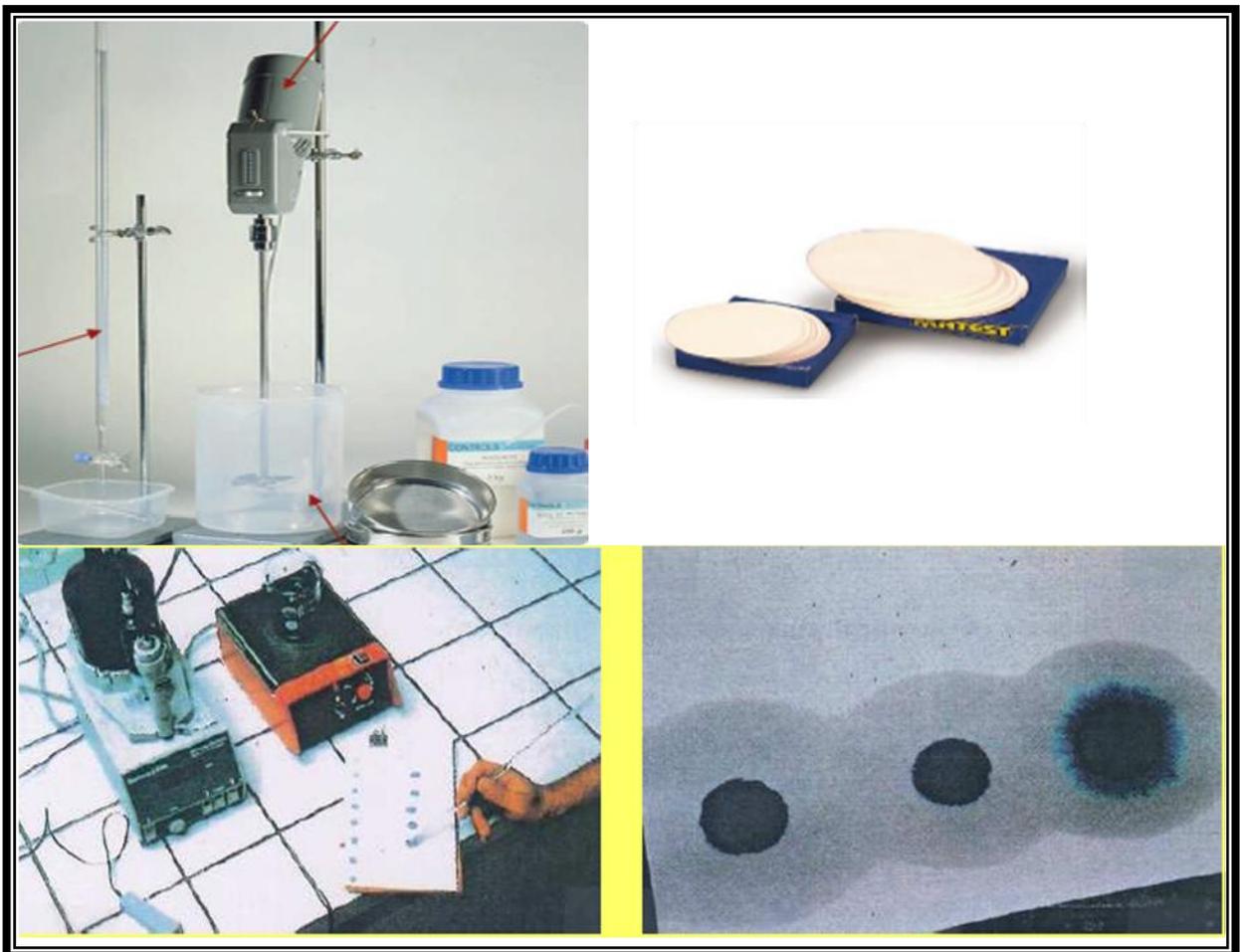


Figure 4.5 : valeur de bleu de méthylène

2.3.6 Essai PROCTOR :

L'essai Proctor, complètement normalisé, consiste à place dans un moule de dimensions déterminées, un échantillon humidifié de manière homogène à une teneur en eau donnée, peu élevée au début, et à compacter cet échantillon par couches au moyen d'une dame de poids standardisé tombant d'une hauteur standardisée.

Pour chacune des teneurs en eau considérée, on détermine le poids volumique sec du sol et on établit la courbe des variations de ce poids volumique en fonction de la teneur en eau. (KHEMAKHEM s.d.)

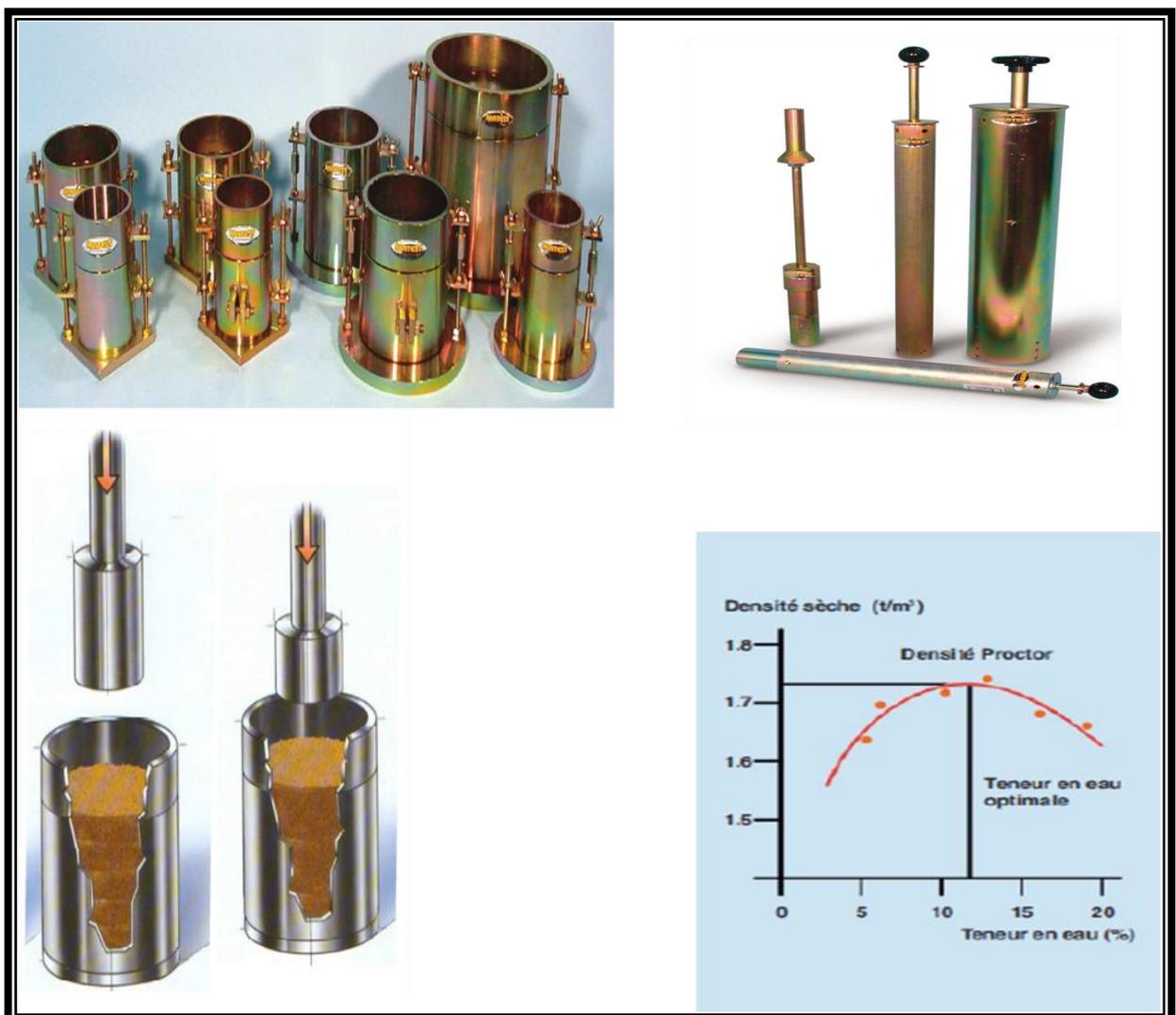


Figure 4.6 : Essai PROCTOR

2.3.7 Essai C.B.R (California Bearing Ratio) :

Cet essai a pour but d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner la 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 trois (3) énergies de compactage 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant quatre (4) jours. Il ne concerne que les sols cohérents.



Figure 4.7 : Essai C.B.R.

2.3.8 Essai Los Angeles :

Cet essai a pour but de mesurer la résistance à la fragmentation par chocs des granulats utilisés dans le domaine routier, et leur résistance par frottements réciproques dans la machine dite « Los Angeles ».

Plus le LA est élevé, moins le granulat est dur.



Figure 4.8 : essai los Angeles.

2.3.9 Essai Micro Deval :

L'essai a pour but d'apprécier la résistance à l'usure par frottements réciproques des granulats et leur sensibilité à l'eau, on parlera du microdeval humide.



Figure 4.9 : Essai Micro Deval.

2.4 Les essais in situ :

2.4.1 Les essais de plaque :

Ces essais permettront d'apprécier directement le module d'un sol par un essai sur le terrain, ils consistent à charger une plaque circulaire et à mesurer le déplacement vertical sous charge. On déduira ensuite un module de sol E en interprétant la valeur du déplacement mesuré à l'aide de la formule de Bossinesq qui relie Z , le déplacement, la pression q_0 le rayon de charge a et les caractéristiques du massif E_2 ,

Après plusieurs approches, on a abouti à l'approche suivante : $E = 5\text{CBR}$.



Figure 4.10 : Les essais de plaque.

2.4.2 Pénétromètre statique ou dynamique :

Le pénétromètre dynamique est un moyen simple, rapide et économique d'investigation des sols in situ. Il permet :

- d'apprécier de façon qualitative la résistance des terrains traversés, et de prévoir la réaction du sol à l'enfoncement de pieux ;
- de déterminer l'épaisseur et la profondeur des différentes couches de sol ;
- d'effectuer des contrôles de compactage.



Figure 4.11 : essai pénétrométrique.

2.5 Les résultats de laboratoire :

Les moyens de reconnaissance du sol pour l'étude 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.

Tableau 4.1 : les caractéristiques physiques, mécaniques et les résultats des essais.

N° de sondage		01	02	03	04	05	06	07	08
PK		4+960	7+760	9+000	12+000	17+000	16+000	21+000	24+000
structure		Limon marron	Marne verdâtre	Sol support	Tuf	Verdâtre	Verdâtre	Tuf rougeâtre	Tuf verdâtre
Granulo mètre	2 mm (%)	93.27	96.66	99.54	94.40	98.67	97.13	96.93	84.91
	0.08 mm (%)	69.60	55.24	82.27	42.28	79.52	83.96	61.06	51.04
Profondeur (m)		3.00	3.00	2.80	1.50	2.50	2.00	1.80	3.00
W _n (%)		16	11.61	13.64	11.86	6.38	6.38	5.93	15.21
W _{opn} (%)		/	11.00	/	10.71	/	/	7.34	/
p _d		/	1.98	/	1.97	/	/	2.10	/
ph	(g)	500	2000	2000	2000	500	2000	2000	2000
p _d		431	1792	1760	447	1880	1880	1888	1736
W _p (%)		20.05	19.22	24.19	19.05	17.70	14.52	18.96	23.28
W _l (%)		37.04	36.83	40.10	28.55	21.80	26.25	24.45	51.50
IP		16.08	17.83	16.01	9.5	14.10	11.73	5.49	28.22
I _c		1.299	1.420	1.780	1.750	1.090	1.690	3.370	1.280
VBS		1.80	2.05	4.60	3.62	1.20	4.17	1.11	1.39
CBR		/	15.92	/	2.29	/	/	7.74	/

Après l'étude géotechnique qui obtenue par LTPO, nous pouvons classés le sol en quatre groupes sont les suivants :

- Limon marron ;
- Marne verdâtre ;
- Tuf ;
- Verdâtre.

3. Dimensionnement du corps de chaussée :

3.1 Principe de la constitution de la chaussée:

La chaussée est essentiellement un ouvrage de répartition des charges roulantes sur le terrain de fondation. Pour que le roulage s'effectue rapidement, sûrement et sans usure exagérée du matériel, il faut que la surface de roulement ne se déforme pas sous l'effet :

- De la charge des véhicules ;
- Des chocs ;
- Des intempéries ;
- Des efforts tangentiels dus à l'accélération, au freinage et au dérapage.

3.2 Les structures chaussées :

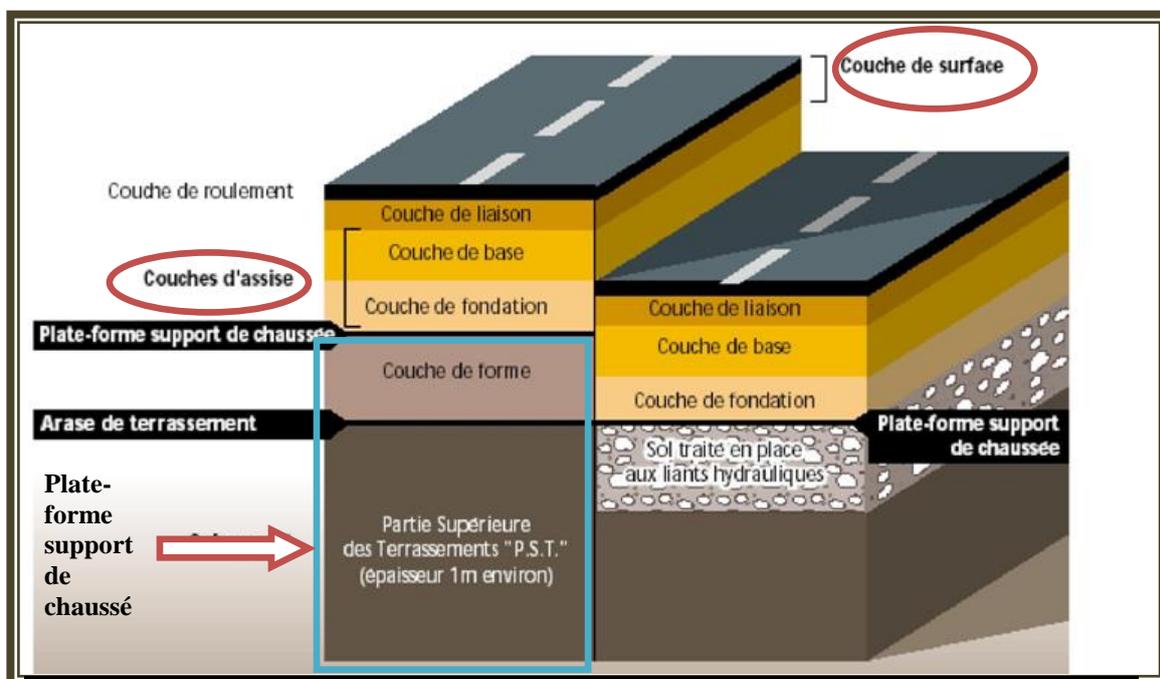


Figure 4.12: Constitution des structures de chaussée.

Les chaussées sont assimilables à une structure multicouche. Elles sont mises en œuvre sur une plateforme support, en général surmontée d'une couche de forme.

La couche de forme a plusieurs rôles : protection du sol support, homogénéisation et amélioration des caractéristiques et des performances de la plate-forme support, traficabilité des pistes de chantier pour la construction des chaussées.

L'assise de la chaussée peut être composée de 2 couches :

- la couche de fondation ;
- surmontée de la couche de base.

Elle apporte à la chaussée la résistance aux couches verticales et répartir les pressions sur la plateforme support.

Enfin la couche de surface est constituée de :

- la couche de roulement supportant les agressions du trafic et des variations climatiques ;
- la couche de liaison entre la couche de roulement et les couches d'assise.(BRUNEL 2007-2008)

3.3 Différents types de chaussées :

3.3.1 Les chaussées souples :

Couche de matériaux bitumineux inférieure à 15 cm, parfois limitée à un enduit, sur une assise composée d'une ou de plusieurs couches de matériaux granulaires non traitées (épaisseur de 30 à 60 cm). Les sollicitations dues au trafic se répercutent sur les couches d'assise avec une faible dispersion horizontale. Les efforts conduisent à la déformation de la couche d'assise non liée et à celle de la couche de roulement. Les conditions d'environnement pèsent sur l'intensité des déformations, en effet les variations hydriques d'assises mal drainées favorisent le gonflement en période humide et les fissures de retrait en période sèche.(BRUNEL 2007-2008)

3.3.2 les chaussées bitumineuses épaisses :

Couche de roulement bitumineuse sur des couches de chaussée composées de matériaux traités aux liants hydrocarbonés. L'épaisseur des couches facilitent la diffusion des efforts verticaux en les atténuant dans les couches d'assise.

Les efforts de traction-flexion sont repris dans les couches d'assise liées.

Le collage des couches y est très important, en effet il permet la transmission des efforts et les allongements maximaux à la base des couches les plus profondes de la chaussée. Une absence ou un mauvais collage des couches conduit à une sollicitation de chacune de celles-ci en traction et à une usure très prématurée de la chaussée.(BRUNEL 2007-2008)

3.3.3 les chaussées à assise traitée aux liants hydrauliques :

Assise traitée aux liants hydrauliques de 20 à 50 cm avec une couche de roulement en matériaux hydrocarbonés, ces chaussées sont qualifiées de semi-rigide. La grande rigidité des couches d'assise traitée limite les contraintes transmises aux couches de chaussée, elles sont par contre soumises à des contraintes de traction-flexion déterminantes pour leur dimensionnement.(BRUNEL 2007-2008)

3.3.4 les chaussées à structure mixte :

Couche de roulement et couche de base en matériaux hydrocarbonés (10 à 20 cm), couche de fondation traitée aux liants hydrauliques (20 à 40 cm). La couche de matériau traité aux liants hydrauliques placée en fondation, diffuse et atténue, du fait de sa raideur élevée, les efforts transmis au sol support. Elle constitue un support de faible déformabilité pour les couches supérieures de matériaux bitumineux. La faiblesse de ces structures tient dans la sensibilité des interfaces à la dilatation différentielle, les couches peuvent alors se détacher et les couches supérieures supporter des contraintes qui produisent leur destruction.(BRUNEL 2007-2008)

3.3.5 les chaussées à structure inverse :

Couche de matériaux bitumineux (environ 15 cm) sur une couche de matériaux granulaires non traités (d'environ 12 cm) reposant sur une couche de matériaux traités aux liants hydrauliques (épaisseur totale de la structure 60 à 80 cm). La couche intermédiaire en matériaux granulaires non traités est relativement déformable dans le sens horizontal, elle a pour fonction de limiter les fissures. Ces structures se déforment dans le temps par des ornièrages limités et des fissures transversales de fatigue. La mise en œuvre est plus sensible aux imperfections que celles pourvues de couche collées, elles sont particulièrement sensibles à l'eau. En effet, la circulation de l'eau dans la couche intermédiaire conduit rapidement à la ruine des couches supérieures.(BRUNEL 2007-2008)

3.3.6 les chaussées à béton de ciment :

Ces structures comportent une couche de béton de 15 à 40 cm, éventuellement recouverte d'une couche d'enrobés mince. La couche de béton peut être continue avec un renforcement longitudinal (béton armé continu) ou discontinue avec ou sans éléments de liaison aux joints. Au regard du module d'élasticité élevé du béton armé, les sollicitations

déterminantes sont celles de traction par flexion dans la dalle. Ces structures sont sensibles à la fissuration produite essentiellement par retrait. Elles supportent mal les conséquences de l'évolution des points d'appui aux angles et au droit des fissures qui produisent, à terme, des effets de pompage. La dalle se déséquilibre et bouge au passage du trafic, ce qui amplifie le phénomène.(BRUNEL 2007-2008)

3.4 Facteurs pour les études de dimensionnement :

On trouvera au tableau 3 les épaisseurs prévisionnelles de matériaux à mettre en œuvre sur les sols supports .

Ces épaisseurs varient suivant :(LILLE Métropole 2000)

3.4.1 La nature des matériaux :

D'apport les valeurs ont été obtenues à partir d'expérimentations in situ ou, en l'absence de ces dernières, par des estimations.

3.4.2 l'état du sol support :

La plupart des sols intéressés par les travaux courants de voirie sont situés dans la frange superficielle 0- 1,5m et seront représentés par des limons à tendance sablonneuse ou argileuse (classés A1- A2 dans la GTR). S'agissant de sols fins dits "sensibles à l'eau", leur portance varie en fonction de leur état hydrique (teneur en eau).

3.4.3 la profondeur de la nappe :

(Ennoyage des sols et remontées capillaires), dont les variations saisonnières (Crue hivernale et étiage estival) peuvent être plus ou moins proches de la surface du sol en fonction du contexte hydrogéologique.

3.4.4 l'évapotranspiration :

(Nulle l'hiver, maximale l'été) qui tend à l'inverse à dessécher les sols. La profondeur de cette influence varie également en fonction de la profondeur de la nappe (de l'ordre du mètre en zone de nappe proche de la surface, de 1,5 à 3m en zone de nappe profonde) et bien entendu, en fonction de l'intensité des phénomènes climatiques.

3.5 Les principales méthodes de dimensionnement :

On distingue deux familles des méthodes :

Les méthodes empiriques : dans cette approche on observe le comportement sous trafic des chaussées réelles ou expérimentales.(R.SAUTEREY 1991)

- Les méthodes dites « rationnelles » basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.
- Les méthodes du dimensionnement de corps de chaussée les plus utilisées sont :
 - ✓ La méthode de C.B.R (California -Bearing - Ratio).
 - ✓ Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.
 - ✓ Méthode du catalogue des structures.
 - ✓ La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées).

Pour cela on passera en revue les méthodes empiriques les plus utilisées.

3.5.1 Méthode C.B.R (Californian – Bearing – Ratio):

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau moins de 15cm.

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

$$E_{eq} = \frac{100+(\sqrt{P}) \times (75+50 \log_{10} \frac{N}{10})}{I_{CBR}+5} \quad 4.1$$

Avec:

E_{eq} : épaisseur équivalente

I_{CBR} : indice CBR (sol support)

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

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

Log: logarithm decimal.

$$N = T_H \times \%PL \quad 4.2$$

$$T_H = \frac{T_0}{2} (1 + \tau)^m \quad 4.3$$

Avec:

T_H : trafics prévus pour une durée de vie de 20 ans.

T_0 : trafics actuel (v/j).

m : année de prévision.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

$$E_{eq} = C_1 \times e_1 + C_2 \times e_2 + C_3 \times e_3 \quad 4.4$$

$C_1 \times e_1$: couche de roulement.

$C_2 \times e_2$: couche de base.

$C_3 \times e_3$: couche de fondation.

Où:

C_1, C_2, C_3 : coefficients d'équivalence et e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches

➤ **Le coefficient d'équivalence :**

Tableau 4.2 : coefficients d'équivalence des matériaux

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence 'C'
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Grave bitume	1.20 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.6

3.5.2 Méthode d' A.A.S.H.O: (American Association of State Highway Officials)

Cette méthode empirique est basée sur des observations du comportement, sous trafic des chaussées réelles ou expérimentales.(R.SAUTEREY 1991)

Chaque section reçoit l'application d'environ un million des charges roulantes qui permet de préciser les différents facteurs : (LILLE Métropole 2000)

➤ L'état de la chaussée et l'évolution de son comportement dans le temps ;

- L'équivalence entre les différentes couches de matériaux ;
- L'équivalence entre les différents types de charge par essai ;
- L'influence des charges et de leur répétition.

3.5.3 Méthode d'ASPHALT INSTITUTE :

Elle est basée sur les résultats obtenus des essais «AASHO », on prend en considération le trafic composite par échelle de facteur d'équivalence et utilise un indice de structure tenant compte de la nature des diverses couches.

L'épaisseur sera déterminée en utilisant l'abaque de l'asphalte institue.

3.5.4 Méthode du catalogue des structures «SETRA» :

Le catalogue des structures type neuves et établi par «SETRA »

Il distingue les structures de chaussées suivant les matériaux employés (GNT, SL, GC, SB).

- Il classe le trafic selon leur importance, allant de 200 à 1500 PL/J/sens ;
- Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation ;
- Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de donnée.
- ✓ Trafic cumulé de poids lourds à la 20ème année T_j ;
- ✓ Les caractéristiques de sol (S_j).

a. Détermination de la classe de trafic :

La classe de trafic (TPLi) est déterminée à partir du trafic poids lourd par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

Les classes de trafics adoptées sont dans le tableau suivant :

Tableau 4.3 : La classe du trafic poids lourd (R.SAUTEREY 1991)

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumulé sur 20 ans
T_1	$T < 7.3 \times 10^5$
T_2	$7.3 \times 10^5 < T < 2 \times 10^6$
T_3	$2 \times 10^6 < T < 7.3 \times 10^6$
T_4	$7.3 \times 10^6 < T < 4 \times 10^7$
T_5	$T > 4 \times 10^7$

Le trafic cumulé «T_c »est donné par la formule ci-après :

$$T_C = T_{PL} \left[1 + \frac{(1+\tau)^{n+1} - 1}{\tau} \right] 365 \quad 4.5$$

Avec :

T_{PL} : trafic poids lourds à l'année de mise en service.

n : durée de vie (n = 20 ans).

τ: Taux d'accroissement.

b. Détermination de la classe du sol :

Le classement des sols se fait en fonction de l'indice CBR mesuré sur éprouvette compactée à la teneur en eau optimale de Proctor modifié et à la densité maximale correspondante. Après immersion de quatre jours, le classement sera fait d'après le tableau suivant :

Tableau 4.4 : Classement de sole en fonction de l'indice de CBR

Classe de sol	Indice C.B.R
S1	25-40
S2	10-25
S3	05-10
S4	<05

3.5.5 La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) :

Cette méthode est dérivée des essais A.A.S.H.O, elle est basée sur la détermination du trafic équivalent donnée par l'expression : (LCPC 1966)

$$T_{eq} = TJMA \times a \times 0.75 \times p \times 365 \times \frac{[(1+Z)^n - 1]}{[(1+Z) - 1]} \quad 4.6$$

Avec:

T_{eq} : trafic équivalent par essieu de 13t.

TJMA : trafic à la mise en service de la route.

a : coefficient qui dépend du nombre de voies.

Z : taux d'accroissement annuel.

n : durée de vie de la route.

p : pourcentage de poids lourds.

Une fois la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de l'épaisseur équivalente 'e' (en fonction de T_{eq} et I_{CBR}) à partir de l'abaque L.C.P.C. (LCPC, Sétra décembre 1994) L'abaque L.C.P.C est découpé en un certain nombre de zones pour lesquelles, il est recommandé en fonction de la nature et la qualité de la couche de base. (LCPC .Sétra 1998)

3.5.6 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement. (LCPC .Sétra 1998)

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

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

- Approche théorique ;
- Approche empirique.

a. Trafic

C'est le trafic poids lourds (véhicules de charge supérieure à 3.5 tonnes).

Le réseau routier national algérien décompose comme suit :

Le réseau principal RP :

Il se compose de route reliant :

- Les chefs lieux de wilaya ;
- Les ports, les aérodromes et les postes frontaliers ;
- Les principales agglomérations et important zone industrielles.(BELKIDAR s.d.)

Ce réseau principal se décompose en deux niveaux.

➤ **Réseau principal de niveau 1 (RP1)**

Il s'agit essentiellement d'un réseau composé de routes nationales (RN), il se compose de : (BELKIDAR s.d.)

- Liaisons supportant un trafic > 1500 v/j ;
- Liaisons reliant deux chefs –lieux de wilaya ;
- Liaisons présentant un intérêt économique et stratégique.

➤ **Réseau principal de niveau 2 (RP2)**

Il est constitué de liaisons supportant un trafic < 1500 v/j. Ce réseau est composé de routes nationales (RN), de chemins de wilaya (CW) et de liaisons reliant l'Algérie aux pays riverains. (BELKIDAR s.d.)

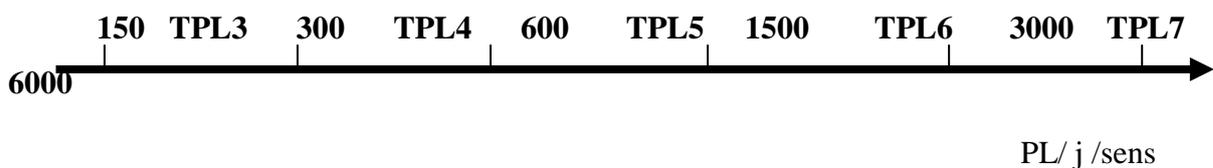
Réseau secondaire RS :

Il se compose du reste des routes qui ne sont pas classées en RP

➤ **Détermination de la classe de trafic TPL_i**

Les classes sont données pour chaque niveau de réseau principal (RP1 et RP2), en nombre de PL/J/sens à l'année de mise en service.

RP1:



RP2:

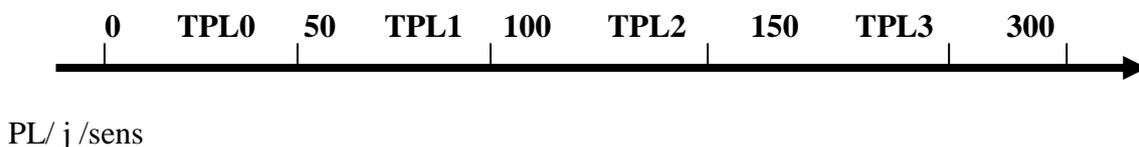


Figure 4.13 : Les niveaux de réseau principal.

➤ **Détermination des classes de portance de sols**

Le tableau 06 regroupe les classes des sols par ordre croissant de S4 à S0.(LCPC-SET RA 1992)

➤ **Détermination des classes de portance de sols support**

Les différentes expériences ont fait ressortir la relation :

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

4.7

Tableau 4.5 : Tableau exprimé les classe de sol en fonction de la déflexion

CLASSE	S3	S2	S1	S0
E (MPA)	25-50	50-125	125-200	>200

Il existe différents type de couches de forme suivant le cas de portance du sol terrassé (Si) et la classe du sol support visée (Sj).

Tableau 5.6 : Epaisseur de couche de fondation en fonction de la portance du sol

Classe portance du sol terrassé (Si)	Matériaux de C.F	Epaisseur de C.F	Classe portance du sol support visée (Sj)
< S4	Matériau NT	50 cm (en 2c)	S3
S4	Matériau NT	35 cm	S3
S4	Matériau NT	60 cm (en 2c)	S2
S3	Matériau NT	40 cm (en 2c)	S2
S3	Matériau NT	70 cm (en 2c)	S2

b. Les zones climatiques

Les zones climatiques de l'Algérie sont mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau 5.7 : Les zones climatiques de l'Algérie

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	Climat	Teq	Région
I	> 600	Très humide	20	Nord
II	350-600	Humide	20	Nord, hauts plateaux
III	100-350	Semi-aride	25	Hauts plateaux
IV	< 100	aride	30	sud

3.6 Application au projet :

3.6.1 La méthode C.B.R :

On a :

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

Avec:

E_{eq} : Épaisseur équivalente en (cm)

P : La charge maximale par roue (6.5 t).

N : Nombre moyen journalier des véhicules >1.5t à l'année horizon.

I_{CBR} : Indice CBR.

\log : Logarithme décimal.

Avant le dimensionnement il faut faire le sur-classement de notre sol pour améliorer sa portance.

On a : $I_{CBR} = 8.65$ ce sol appartient à la classe (S3)

Remarque :

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée, on fixe « e_1 », « e_2 » et on calcule « e_3 » généralement les épaisseurs adoptées sont :

BB = 6 - 8 cm.

GB = 8 - 15 cm.

GC = 15 - 25 cm.

TVO = 20cm et plus.

Pour notre route on a :

$Z = \% PL = 17 \% ; I_{CBR} = 8.65 ; TJMA_{2030} = 4073 \text{ V/j} ; P = 6.5$

$$N_{PL2030} = \% PL \times \frac{1}{2} \times TJMA_{2030} \Rightarrow N_{PL2030} = 0.17 \times \frac{4073}{2} = 347 \text{ PL/j/sens}$$

$$E_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{6.5}) \times [75 + 50 \log(\frac{347}{10})]}{8.65 + 5} \Rightarrow E_{eq} = 36 \text{ cm}$$

Avec :

$$E_{eq} = C_1 \times e_1 + C_2 \times e_2 + C_3 \times e_3$$

e_1 : épaisseur réelle de la couche de roulement.

e_2 : épaisseur réelle de la couche de base.

e_3 : épaisseur réelle de la couche de fondation.

C_1, C_2, C_3 : Coefficients d'équivalence respectivement des matériaux des couches e_1, e_2, e_3 .

Pour déterminer la structure définitive on fixe les épaisseurs e_1 , e_2 et on calcule l'épaisseur e_3 :

$$e_1 = 6 \text{ cm en béton bitumineux (BB)} \Rightarrow C_1 = 2.0$$

$$e_2 = 10 \text{ cm en grave bitume (GB)} \Rightarrow C_2 = 1.2$$

$$e_3 = \text{épaisseur en grave concassé (GC)} \Rightarrow C_3 = 1$$

$$E_{eq} = C_1 \cdot e_1 + C_2 \cdot e_2 + C_3 \cdot e_3 \Rightarrow e_3 = \frac{E_{eq} - (C_1 \times e_1 + C_2 \times e_2)}{C_3}$$

$$e_3 = \frac{36 - (2 \times 6 + 1.2 \times 10)}{1} \quad \text{D'où : } e_3 = 12 \text{ cm}$$

Donc la structure proposée est : **6BB + 10GB + 12GC + 40 Tuf**

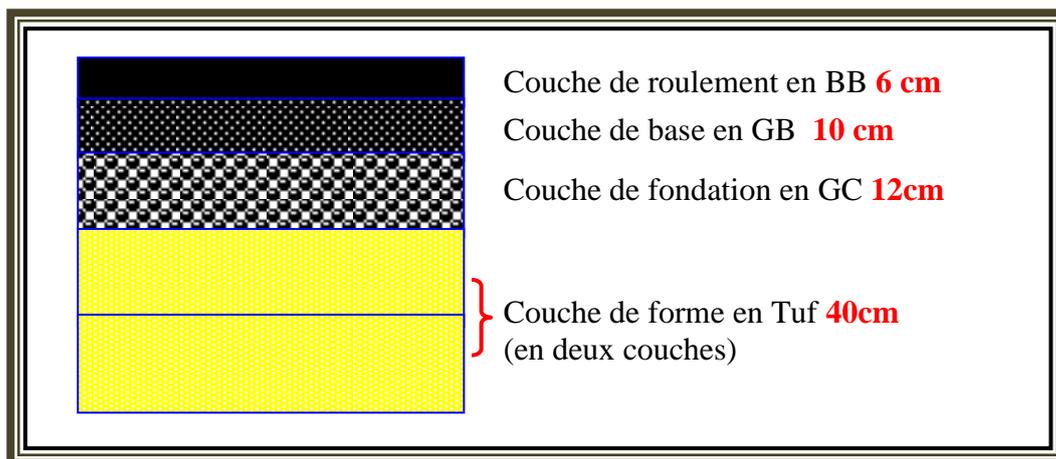


Figure 4.14: Récapitulatif des résultats de la méthode CBR

Les résultats des calculs sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 4.8 : Récapitulatif des résultats du calcul

Couches	Épaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence (c_i)	Épaisseur équivalente (cm)
BB	6	2	12
GB	10	1.2	12
GC	12	1	12
Total	28		36

3.6.2 Méthode de catalogue des structures «SETRA» :

Le calcul du trafic poids lourds à l'année de mise en service :

$$T_{JMA_{2014}} = 2174 \text{ v/j} \Rightarrow T_{PL_{2014}} = 2174 \times 0.17/2 = 185 \text{ PL/J/sens.}$$

$$T_{PL_{2030}} = 185 \times (1 + 0.04)^{16} = 347 \text{ PL/j/sens.}$$

$$T_c = T_{PL} \times \left[1 + \frac{(1 + \tau)^{n+1} - 1}{\tau} \right] \times 365 \Rightarrow T_c = 347 \left[1 + \frac{(1 + 0.04)^{16+1} - 1}{0.04} \right] \times 365$$

$$\Rightarrow T_c = 4 \times 10^6 \text{ PL/J/sens.}$$

Selon les Tableaux 6.2 et 6.3, notre trafic est classé en T3 et le sol en S3

Par conséquent d'après le règlement on obtient la structure suivante:

8BB + 20GB + 50 Tuf (en deux couches).

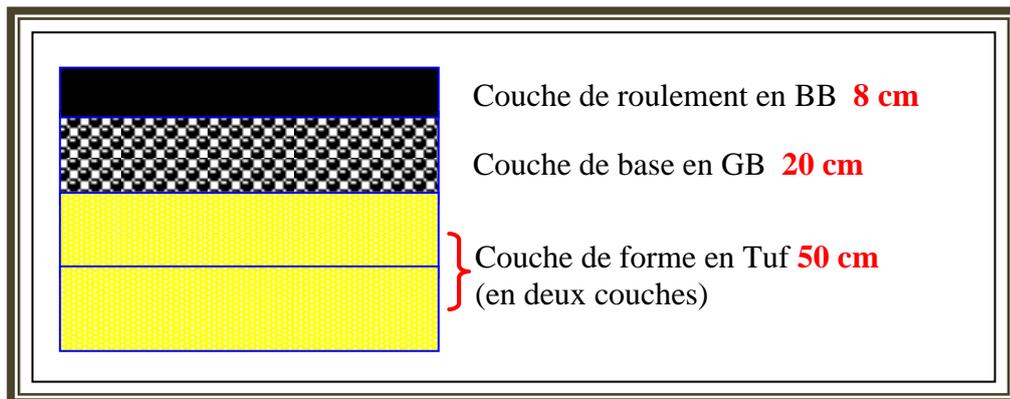


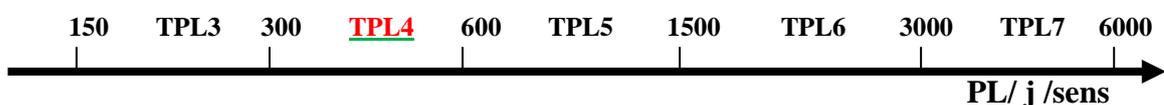
Figure 4.15: Récapitulatif des résultats de la méthode de SETRA

3.6.3 Méthode du catalogue des chaussées neuves CTPP :

a. Détermination de la classe de trafic TPLi

$$T_{JMA_{2014}} = 2813 \text{ v/j} \Rightarrow T_{PL} = \frac{2813 \times 0.25}{2} = 352 \text{ PL/J/sens.}$$

Classe TPLi pour RP1:



Pour RP1 : $300 < 352 < 600$

D'après le classement donné par le catalogue des structures, notre trafic est classé en TPL4.

b. Classe de sol support

$E = K \cdot I_{\text{CBR}}$ avec $K = 5$ (le LCPC France)

$E = 5 \times 9.38 = 46.90 \text{ MPA.}$

Selon les Tableau 06 et 07 notre sol est classé en **S3**.

c. La zone climatique

Selon la carte climatique de l'Algérie, notre projet est situé dans la zone climatique II, et par conséquent d'après les fiches structures pour le RP1 on obtient la structure suivante :

6BB + 15GB + 35GNT + 40 TUT ou TVO (en deux couches).

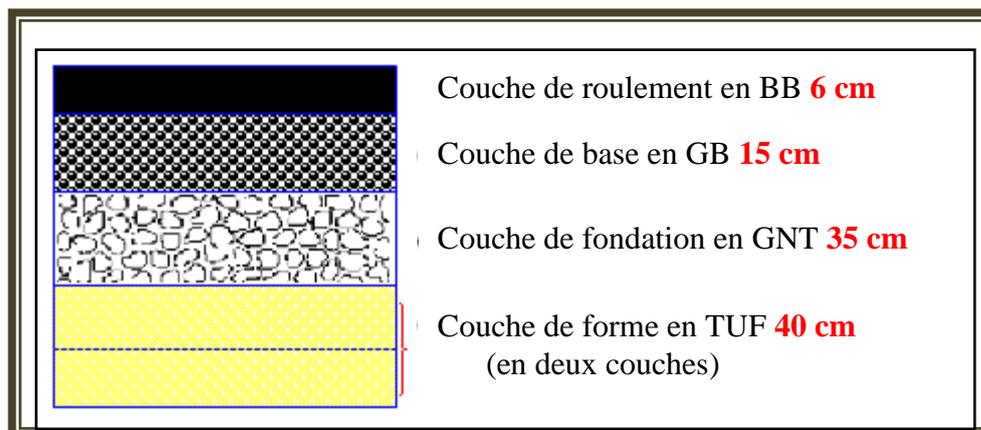


Figure 4.16: Récapitulatif des résultats de la méthode des chaussées neuves

Remarque :

Tenant compte de l'aspect pratique et économique, la structure retenue est celle de la méthode de l'indice **CBR**.

3.7 Renforcement :

dans notre projet la DTP a déjà réalisé un renforcement en 2010

La circulation n'est généralement pas interrompue pendant les travaux de renforcement. Il en résulte une influence sur le choix de type de renforcement, des

matériaux employés et sur la manière de conduire le chantier. Les renforcements doivent aussi tenir compte d'autres contraintes imposées par la liste et l'état actuel de la chaussée par exemple la surface d'une chaussée fortement déformée nécessite un reprofilage avant de recevoir un rechargement. Les caractéristiques géométriques de la route influencent également le choix entre un renforcement par rechargement et une reconstruction partielle et elles ont aussi une action sur l'importance des pertes de temps sur les routes à trafic élevé et peuvent imposer la méthode de construction.

Vu la grande diversité des pratiques de construction et de drainage dans les différents pays ainsi que la grande diversité des types de projet il existe plusieurs méthodes de renforcement des chaussées. Ces méthodes sont basées sur des hypothèses, souvent, propres à chaque pays ou région et suivant le type du sol, le trafic et du climat.

Les méthodes de renforcement utilisées en Algérie sont :

- méthode du catalogue des structures type de renforcement ;
- méthode stra-lcpc type de renforcement ;
- méthode issue de la généralisation des méthodes de dimensionnement.

En ce qui concerne notre projet, le dimensionnement de structure de renforcement s'opère moyennant à la méthode du catalogue des structures type de renforcement .la formule est donnée ci après.

$$\text{On a } T = T_{ms} \times 365 \cdot \frac{[(1+i)^m]}{i}$$

$$T_{ms} = T_0 (1+i)^n - 1$$

T_{ms} = trafic à la mise en service

i : taux de croissance

m : année de prévision (15 au 20ans)

n : année de mise en service

Application

$$T_{ms} = T_0 (1+i)^n - 1$$

$$= 347(1+0.04)^2 - 1 = 375 \text{ PL}$$

$$T_c = T_{ms} \times 365 \cdot \frac{[(1+i)^m]}{i}$$

$$T_c = 375 \times 365 \cdot \frac{[(1+0.04)^{18}]}{0.04} = 6.93 \times 10^6 \text{ pl/j/s}$$

La classe de trafic est T3

Le type de renforcement est lourd

D'après les catalogues des renforcements on trouve la structure suivante.

5BB+12GB

4 Conclusion :

La chaussée est une structure plane et imperméable, conçue et dimensionnée pour assurer son rôle sur une période de service minimale fixée au stade d'élaboration du projet.

Durant cette période, la route est soumise à une série d'agressions causées par les véhicules et les agents atmosphériques. Pour empêcher une détérioration irréversible de la chaussée, le maître d'ouvrage est conduit à faire effectuer une série d'opérations d'entretien et de renforcement dont l'importance est fonction de la technique adoptée, des conditions climatiques, du trafic, etc.

Ces opérations peuvent constituer un souci permanent et des charges importantes pour la collectivité locale.

Par conséquent, pour évaluer la répercussion économique du choix d'un type déterminé de chaussée, il faut tenir compte, non seulement du coût de construction, mais aussi des coûts d'entretien et de renforcement répartis sur la période de service adoptée pour l'ouvrage.

D'autres paramètres peuvent avoir une influence dans le choix de la technique de construction mais qui sont difficiles à quantifier, comme le coût social et le coût de la sécurité.

1. Introduction :

L'exploitation de la route nécessite l'utilisation d'équipements de natures et de fonctions diverses tels que le recueil de données de trafic, la mise en sécurité de l'usager, l'assainissement ou encore la signalisation.

Ces équipements de la route font l'objet de nombreux textes réglementaires et de normes. Ils sont par ailleurs soumis à des procédures de qualification. De plus, ce contexte est en constante évolution, en particulier du fait de la mise en place des normes Algérienne et du marquage CE.

2. Assainissements :

2.1 Introduction :

L'assainissement routier est une composante essentielle de la conception, de la réalisation et de l'exploitation des infrastructures linéaires.

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

L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et réaliser pour récolter et évacuer toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines, c'est à dire :

- L'assèchement de la surface de circulation par des pentes transversale et longitudinale, par des fossés, caniveaux, cunettes, rigoles, gondoles, etc.... ;
- les drainages : Ouvrages enterrés récoltant et évacuant les eaux souterraines (tranchées drainantes et canalisations drainantes) ;
- les canalisations : ensemble des ouvrages destinés à l'écoulement des eaux superficielles (conduites, chambre, cheminées, sacs, ...).

2.2 L'objectif de l'assainissement :

L'assainissement routier concerne les volets suivants :(Sétra octobre 2006)

- le rétablissement des écoulements naturels
- la collecte et l'évacuation des eaux superficielles dans l'emprise de la route.
- la collecte et l'évacuation des eaux internes c'est-à dire le drainage.
- la lutte contre la pollution routière.

2.3 Types de dégradation :

Les ruissellements des eaux en surfaces de la route engendrent de graves dégâts à cause de mauvais drainage et entretien.

Ces dégradations présentent sous forme de :

2.3.1 Pour les chaussées :(Sétra octobre 2006) :

- les eaux infiltrées dans une chaussée (absence de drainage ou défaut d'assainissement) provoquent une détérioration rapide des ouvrages ;
- l'effet de « pompage » pendant les cycles gel-dégel détériore les performances des matériaux et, à terme, est responsable de la ruine de l'ouvrage ;
- les chaussées souples sont particulièrement vulnérables à la teneur en eau notamment celles traitées avec des GNT ;
- les couches de roulement en béton bitumineux ne sont pas étanches, les défauts d'entretien courant et le vieillissement des enrobés accroissent la perméabilité ;
- les interfaces des matériaux et les rives des chaussées sont des zones critiques ;
- les variations de la teneur en eau des matériaux constituant le corps de chaussée influent considérablement sur ses caractéristiques mécaniques.

2.3.2 Pour le talus :

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

2.4 Types de canalisations : (le laboratoire central des ponts et chaussées 1982)

2.4.1 Réseaux longitudinaux :

a. Réseau de pied de talus de déblai :

En ce qui concerne les eaux superficielles, ce réseau récupère les eaux issues de la chaussée, de l'accotement et du talus. Il est constitué d'un fossé peu profond (cunette), engazonné ou revêtu et aux formes douces pour améliorer la sécurité.

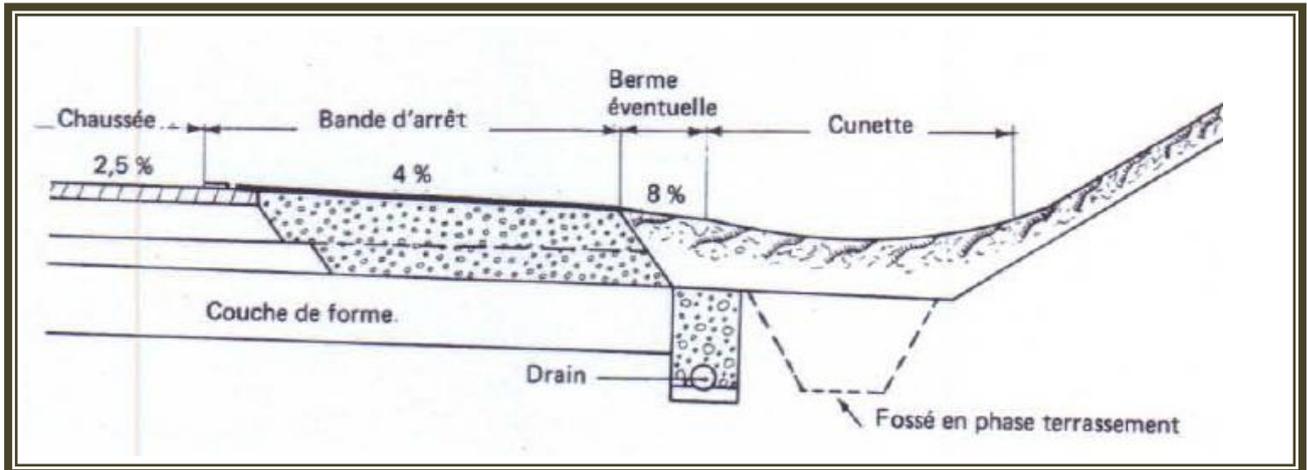


Figure 5.1 : Réseau de crête de talus de déblai

b. Réseau de crête de talus de remblai :

Il a pour rôle d'éviter l'érosion du talus lorsque la chaussée est déversée vers l'extérieur. Le risque d'érosion augmente avec la hauteur et la pente des talus; il dépend également de la pluviosité locale, de la cohésion du sol et de la présence ou de l'état de la végétation.

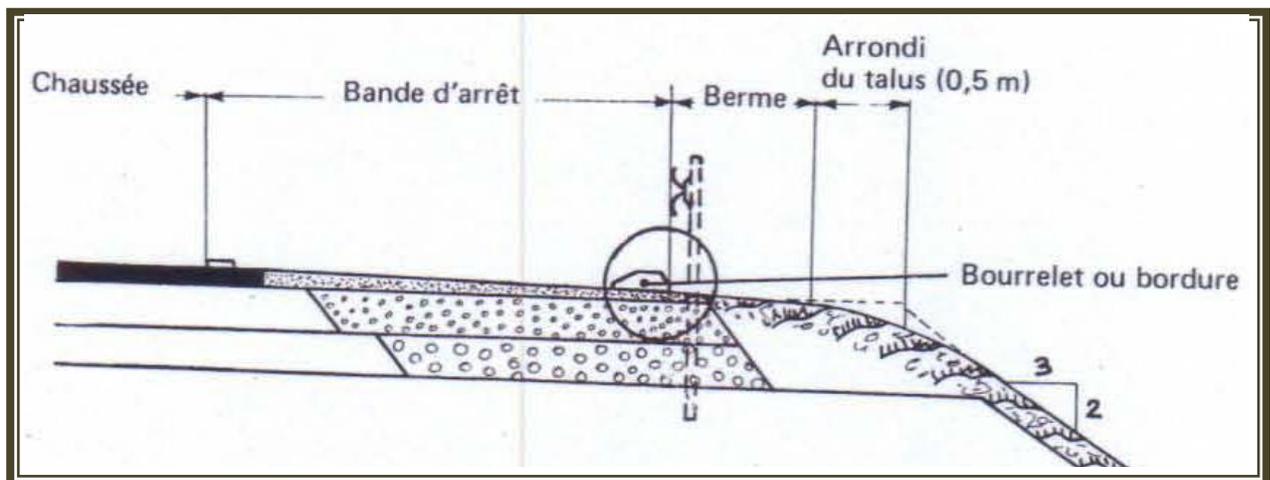


Figure 5.2 : Réseau de crête de talus de remblai.

c. Réseau de terre-plein central (TPC) :

En alignement ce type de réseau est nécessaire sous les TPC non revêtus afin de protéger chaussées et plates-formes des infiltrations. Il est constitué d'un drain longitudinal ; celui-ci est souvent décalé par rapport à l'axe du TPC pour tenir compte de la présence des glissières ou de zones plantées.

En déblai, quand la plate-forme est large, une tranchée drainante (plus profonde) peut contribuer à un rabattement de nappe.

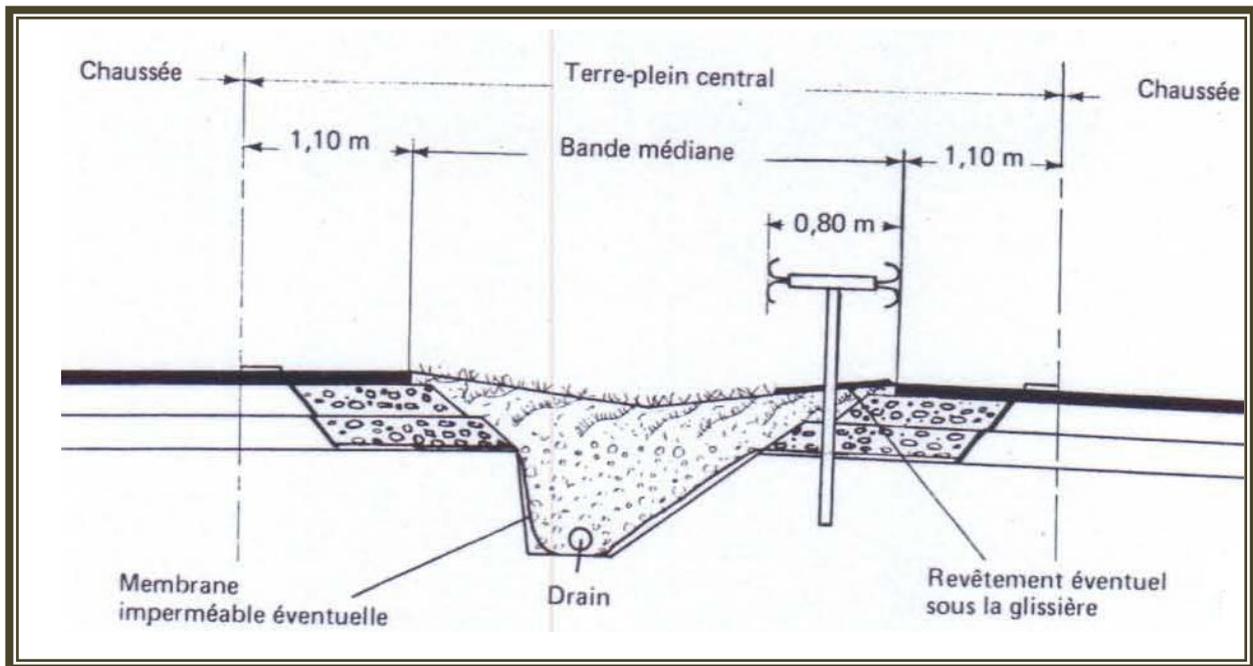


Figure 5.3 : Réseau de terre-plein central. Alignement.

d. Réseau de pied de talus de remblai :

Ce type de réseau peut avoir les deux fonctions suivantes :

- canaliser les eaux issues de la plate-forme jusqu'à un exutoire lorsque les débits sont trop ;
- importants pour être évacués librement sans dommages ou préjudices pour les riverains.

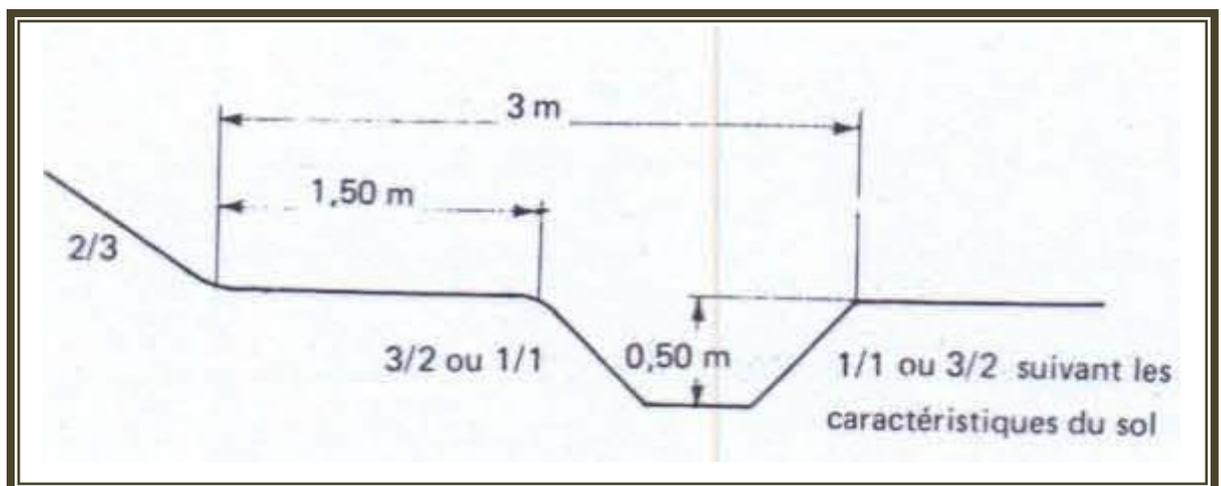


Figure 5.4 : Réseau de pied de talus de remblai

e. Réseau de crête de talus de déblai :

Ce réseau ne se justifie que si le terrain naturel constitue, par sa pente et son étendue, un bassin versant dont l'apport d'eau risque de provoquer l'érosion du talus.

Mal réalisés ou peu entretenus, ces ouvrages peuvent en effet compromettre la stabilité des talus. Leur réalisation doit donc rester exceptionnelle. Ce réseau doit être constitué d'un ouvrage entièrement revêtu, afin d'éviter les infiltrations dans le talus, et être implanté en léger retrait (1 à 2 m) par rapport à la crête du talus.

2.4.2 Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordements :

Ce sont les ouvrages permettant le transfert des eaux vers un autre réseau.

Leur emplacement est déterminé par la géométrie du tracé (point bas, changement de dévers, ouvrage d'art, etc.).

- les descentes d'eau (ouvrages généralement superficiels) ;
- les traversées sous chaussées.

Les ouvrages de raccordements sont situés à chaque point de ramification, de rejet, ou de changement de nature d'ouvrage.

- les regards ;
- les ouvrages de raccordement ;
- les têtes de collecteur.

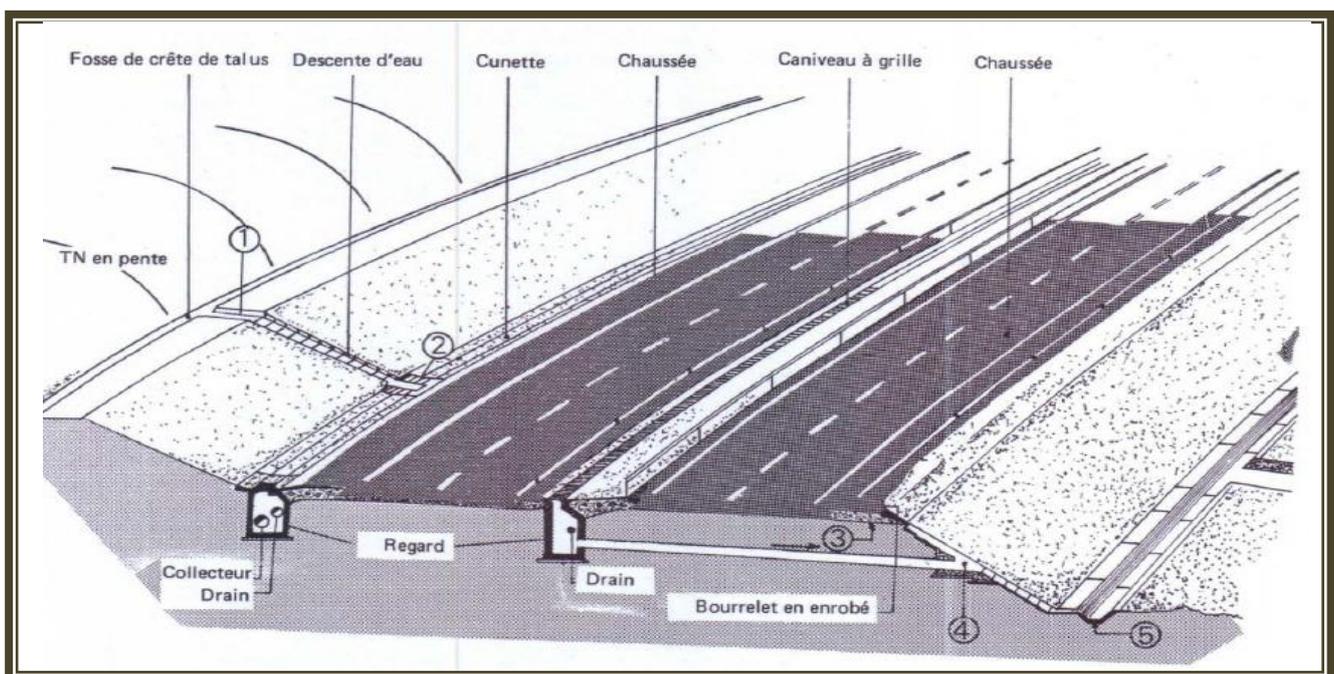


Figure 5.4 : Schéma général des ouvrages de raccordement

1. D'un fossé de crête de talus à une descente d'eau ;
2. D'une descente d'eau à un fossé plat ;
3. D'un bourrelet à une descente d'eau ;
4. D'une traversée sous chaussée à une descente d'eau ;
5. D'une descente d'eau à un fossé profond.

2.4.3 Autres réseaux - réseaux particuliers :

Les circulations d'eau, superficielles ou internes, qui ont lieu dans le profil en travers de la route sont généralement prises en compte dans les projets, mais on oublie fréquemment les circulations d'eau qui se produisent longitudinalement, notamment sous chaussée. Une chaussée n'est en effet jamais imperméable même si l'on fait (et il le faut) tout pour qu'elle le soit.

Si le profil en long en déblai présente une pente importante, la couche de forme, ou une couche de chaussée peu compacte peut être alimentée en eau par les infiltrations à travers la chaussée, la bande d'arrêt, le terre-plein central ou des résurgences. Un écoulement longitudinal se produit alors sous la chaussée et des dégradations apparaissent vite aux endroits où l'eau s'accumule (passage déblai-remblai ou obstacles divers).

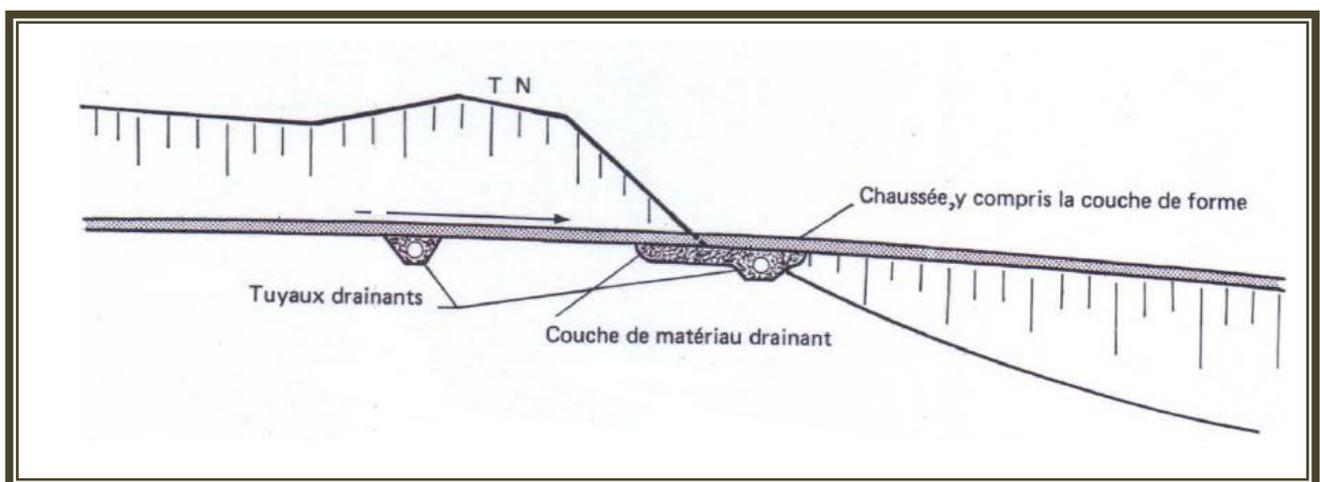


Figure 5.5 : Captage des écoulements longitudinaux.

2.5 Drainage des eaux souterraines :

Les eaux souterraines comprennent d'une part, les eaux de la nappe phréatique et d'autre part, les eaux d'infiltrations. Leurs effets sont nocifs si ces eaux détrempe la plate-forme, ce qui peut entraîner une baisse considérable de la portance du sol. (le laboratoire central des ponts et chaussées 1982)

Il faut donc veiller à éviter :

- La stagnation sur le fond de forme des eaux d'infiltration à travers la chaussée ;
- La remontée des eaux de la nappe phréatique ou de sa frange capillaire jusqu'au niveau de la fondation.

La construction d'une chaussée modifie la teneur en eau du sol sous-jacent, car le revêtement diminue l'infiltration et l'évaporation.

Si la portance du sol est faible, on pourra :

- Soit dimensionner la chaussée en conséquence.
- Soit augmenter les caractéristiques de portance du sol en abaissant le niveau de la nappe phréatique ou en mettant la chaussée en remblai.

Le choix de l'une ou l'autre de ces solutions dépend :

- Des possibilités de drainage du sol (coefficient de perméabilité).
- De l'importance des problèmes de gel.
- De leurs coûts respectifs.

Il n'est pas nécessaire, en général, d'assurer le drainage profond d'une grande surface car un bon nivellement et un réseau de drainage superficiel convenablement conçu suffisent à garantir un comportement acceptable des accotements.

2.6 Dimensionnement de réseau d'assainissement :

Le réseau d'assainissement doit collecter les eaux de ruissellement provenant des bassins versants routiers et des talus pour les évacuer vers la mer. Son architecture se développe principalement tout le long de l'infrastructure suivant une logique hydraulique gravitaire (entre un point haut et un point bas) par assemblage d'ouvrages élémentaires (linéaires ou ponctuels, enterrés ou superficiels). (Sétra octobre 2006).

2.6.1 Choix des ouvrages d'assainissement :

Il n'existe a priori aucune solution toute faite et reproductible à tous les projets routiers. Toutefois, le choix d'un ouvrage d'assainissement doit principalement reposer sur quatre critères : (Sétra octobre 2006)

- sa capacité hydraulique ;
- son insertion dans le profil en long et le profil en travers du projet routier, donc sa géométrie qui prend en compte l'aspect sécurité de l'usager également ;
- son niveau de protection au regard de la vulnérabilité des eaux ;
- sa facilité d'entretien et d'exploitation des ouvrages.

Le dimensionnement de différents types d'ouvrage d'assainissement résulte de la comparaison du débit d'apport et le débit de saturation de chaque type d'ouvrage.

$$Q_a = Q_s$$

5.1**2.6.2 Le débit d'apport :**

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

$$Q_a = C \times I_t \times A$$

5.2

Avec:

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

A : l'aire du bassin versant (ha ou Km²).

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

Remarque importante :

D'après SETRA: la formule **Q_a = C×I_t×A** est empirique, elle a été faite pour les unités suivantes :

Q_a en (m³/s) valable pour : **I_t** en (mm/h) ; **A** en (Ha) ; **C** : sans unité .

2.7 Dimensionnement des buses :

Le dimensionnement d'une buse résulte de la comparaison entre le débit d'apport et le débit de saturation de cette buse, c'est-à-dire il faut que Q_a = Q_s.

Donc le principe consiste à chercher le rayon de la buse qui vérifie cette condition. (BRUNEL 2007-2008)

$$Q_s = S_m \times K_{st} \times R_h^{2/3} \times J^{1/2} \quad \text{avec } v = K_{st} \times R_h^{2/3} \times J^{1/2} \text{ donc } Q_s = v \times S_m; \quad Q_a = C \times I_t \times A$$

Avec

$$C = 0.9$$

$$i = 54 \text{ mm/h} = 166.7 \times 54 / 60 = 166.7 \times 0.9 = 150.03 \text{ l/s ha}$$

2.8 Dimensionnement des fosses :

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

2.8.1 Calcul de la surface mouillée :

$$S_m = (b \times h) + 2 \times \left(\frac{e \times h}{2} \right) \quad \text{5.13}$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \quad \text{D'où:}$$

$$S_m = (b \times h) + (n \times h^2) = h \times [b + (n \times h)]$$

$$e = n \times h$$

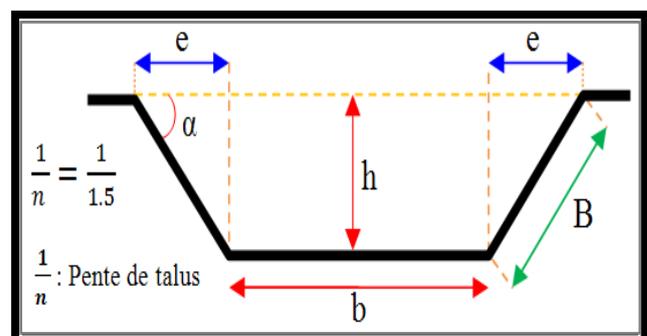


Figure 5.7 : Dimensionnement de fossé
(BRUNEL 2007-2008)

2.8.2 Calcul du périmètre mouillé :

$$P_m = b + 2B$$

Avec:

$$B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + (h^2 \times n^2)} = h \times \sqrt{1+n^2}$$

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

5.14

2.8.3 Calcul le rayon hydraulique :

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{h \times [b + (n \times h)]}{b + 2 h \times \sqrt{1+n^2}}$$

5.15

Pou le dimensionnement, le calcul se fera par itération, on fixe le paramètre n et on fait varier b et h. on calcul à chaque fois le débit de saturation qui doit être supérieur ou égal au débit d'apport : $Q_s \geq Q_a$

$$Q_s \geq Q_a \Rightarrow K_{ST} \times S_m \times R_H^{2/3} \times J^{1/2} \geq K \times C \times I_t \times A$$

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

5.16

2.9 Application au projet :**2.9.1 Données hydrauliques :**

La zone de notre projet présente un climat méditerranéen avec une pluviométrie moyenne de l'ordre de 350 à 400 mm /an et de 500mm/an les meilleures années. La période la plus arrosée s'étale de Novembre à Avril avec 80% des précipitations totales et 48 jours de pluies.

Les données nécessaires aux calculs concernent sont :

$$i=54\text{mm/h}$$

$$c=0.9$$

$$v=4\text{m/s}$$

2.9.2 Calcul hydraulique :

a. Calcul de surface du bassin versant :

$$S_m = A \times L$$

A : la largeur de chaussé

L : la longueur de projet

$$S_m = 25000 \times 7.6$$

$$S_m = 19.00 \text{ Ha}$$

$$Q_a = C \times i \times S_m \text{ (cherifbenmoussa 2012)}$$

On a $C=0.9$

$$i = 166.7 \times \frac{54}{60} = 166.7 \times 0.9$$

$$i = 150.03 \text{ l/s ha}$$

$$Q_a = 0.9 \times 150.03 \times 19.0 = 2.565.513 \text{ m}^3/\text{s}$$

Calcul du diamètre de la buse \emptyset

$$Q_s = V \times S \text{ Avec}$$

V : la vitesse d'écoulement donné 4m/s

$$\text{Donc } Q_s = v \frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 Q}{\pi V}} \text{ (cherifbenmoussa 2012)}$$

$$D = \sqrt{\frac{2.565.513}{3.14}} = 0.90\text{m} \approx 1000 \text{ mm}$$

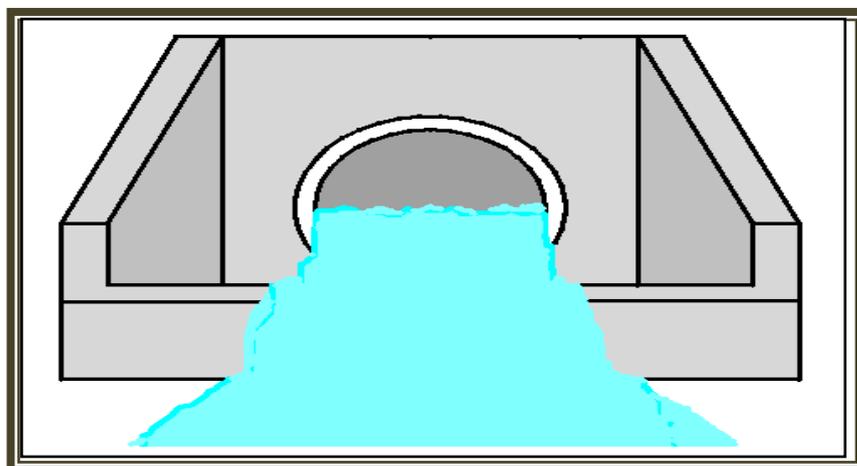


Figure 5.9 : Vue de face d'une buse de diamètre $\emptyset = 1000 \text{ mm}$

2.9.3 Dimensionnement des fossés :

Le calcul se fera par itération, on fixe le paramètre **n** et on fait varier **b** et **h**. on calcul à chaque fois le débit de saturation qui doit être supérieur ou égal au débit d'apport :

$$Q_s \geq Q_a$$

A partir des résultats obtenus précédemment

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

en prendre $b=50$ et $h=60$ cm et calculé Q_s :

danc en à

$$K_{ST} = 70;$$

$$b = 0.7\text{m};$$

$$h = 0.65\text{m};$$

$$n = 1.5;$$

$$J = 3 \%$$

$$Q_s = 70 \times 0.65 \times [0.7 + (1.5 \times 0.65)] \times \left[\frac{0.65 \times [0.7 + (1.5 \times 0.65)]}{0.7 + 2 \times 0.65 \times \sqrt{1 + 1.5^2}} \right]^{2/3} \times 0.03^{1/2}$$

$Q_s = 2.82914 \text{ m}^3/\text{s}$ Ce débit est sensiblement supérieur à $Q_a = 2.63302 \text{ m}^3/\text{s}$

Donc les dimensions retenues du fossé sont : $b = 50$ cm et $h = 60$ cm.

Avec :

$$\text{tg} \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \Rightarrow e = n \times h \Rightarrow e = 1.5 \times 0.65 = 0.975 \text{ m}$$

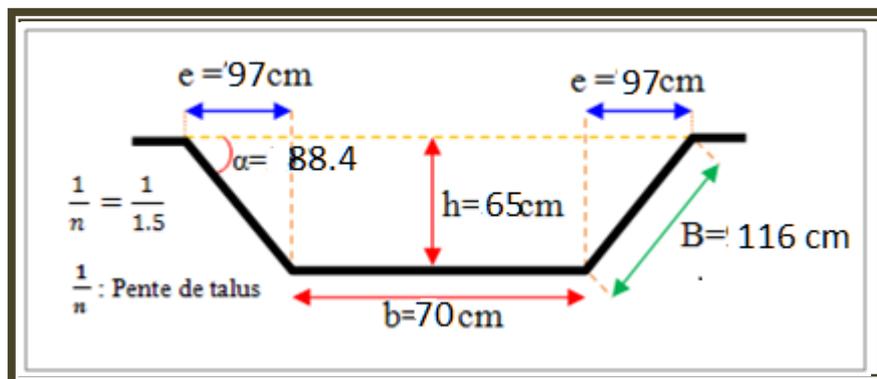


Figure 5.10 : Résultat de dimensionnement du fossé

2.10 Conclusion :

La plupart des ouvrages d'assainissement existant sont dégradés et obstrués.

Afin de faciliter leur curage et éviter toute éventuelle obstruction tout en donnant à la route un assainissement normalisé

PK	EXISTANT		NOUVEAU			CARACTÉRISTIQUE
	TYPES	DIMENSION	LINIAIRE	DIMENSION	COTE D'ENTREE	COTE SORTIE
12+722	DALOT	0,60*0,50	14,5	Ø1000	791,153	790,723
13+475	BUS		24	Ø1000	781,432	780,717
13+810	BUS	Ø800	17	Ø1000	776,498	776,162
14,3	BUS	Ø1000	22	Ø1000	769,571	769,134
14+693	BUS	Ø1000	17	Ø1000	765,088	764,754

3. SIGNALISATION :**3.1 Introduction :**

Compte tenu de l'importance du développement du trafic et l'augmentation de la vitesse des véhicules, la circulation devra être guidée et disciplinée par des signaux simples susceptibles d'être compris par tous les intéressés.

Les équipements de signalisation et de sécurité routière constituent un langage visuel destiné à sécuriser et faciliter la tâche des conducteurs grâce à l'instauration d'une véritable communication codifiée entre l'utilisateur et la route.

3.2 Le but de la signalisation routière :

La signalisation routière a pour objet :

(Instruction interministérielle sur la signalisation routière journal officiel du 13 août)

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

3.3 Principes de base de la signalisation :

Dans la conception et l'implantation de la signalisation routière, on ne doit jamais perdre de vue les conditions de sa perception par l'usager qui se déplace souvent à grande vitesse et dont l'attention est sollicitée par les exigences de la conduite. (Instruction interministérielle sur la signalisation routière journal officiel du 13 août).

Pour être utile, la signalisation doit être efficace, ce qui implique le respect des trois principes suivants : (Instruction interministérielle sur la signalisation routière journal officiel du 13 août)

3.3.1 Principe de valorisation :

L'inflation des signaux nuit à leur efficacité. Il ne faut donc en placer que s'ils sont jugés utiles.

3.3.2 Principe de concentration :

Lorsqu'il est indispensable que plusieurs signaux soient vus en même temps ou à peu près en même temps, on doit les implanter de façon que l'usager puisse les percevoir d'un seul coup d'œil, de nuit comme de jour.

Il y a intérêt à grouper deux signaux sur un même support lorsque les deux indications se rapportant au même point se complètent l'une l'autre (par exemple passage à niveau et cassis, ou encore feux de circulation et passage de piétons).

Cette concentration trouve toutefois une limite dans le principe suivant.

3.3.3 Principe de lisibilité :

Il ne faut pas demander à l'automobiliste un effort de lecture ou de mémoire excessif.

On doit donc réduire et simplifier les indications au maximum et le cas échéant répartir les signaux sur plusieurs supports échelonnés.

Des expériences ont montré que l'observateur moyen ne peut d'un seul coup d'œil percevoir et comprendre plus de deux symboles. Pour les inscriptions, des indications sont données plus loin. (Instruction interministérielle sur la signalisation routière journal officiel du 13 août).

3.4 Dispositif de retenue :

Les dispositifs de retenue constituent eux même des obstacles, ils ne doivent Être implantés que si le risque en leur absence le justifie.

Les dispositifs de retenue implantés sont :

3.4.1 Glissières de sécurité:

Elles sont classées en trois niveaux, suivent leurs performances de retenue.

3.4.2 Les glissières de niveau 1 :

Sont particulièrement adoptées pour les routes principales.

3.4.3 Les glissières de niveau 2 et 3 :

Sont envisageable lorsque les vitesses pratiquées, à Leurs endroits, sont faibles (de l'ordre de 60 Km/h).

Concernant les autres types de routes, des glissières doivent être prévues dans Les cas suivants :

➤ **Sur accotement :**

En présence d'obstacles durs ou autres configurations agressives. Lorsque la hauteur des remblais dépasse 4 mètre, ou en présence d'une dénivellation brutale de plus de 1 m (cas des ouvrages d'arts par exemple).

➤ **Pour les autres cas :**

Des glissières peuvent être implantées en cas de problèmes spécifiques. Il est à noter cependant que les glissières doivent être implantées à distance des voies de façon à respecter les dégagements de sécurité nécessaires. Qu'il faut vérifier qu'elles n'entravent pas la visibilité.

3.5 Catégories de signalisation:

On distingue :

(Instruction interministérielle sur la signalisation routière journal officiel du 13 août).

- La signalisation par panneaux ;
- La signalisation par feux ;
- La signalisation par marquage des chaussées ;
- La signalisation par balisage ;
- La signalisation par bornage.

Les différentes signalisations se repartie en trois catégories : (M.GHANANI 2013).

3.5.1 Signaux d'avertissement de danger : (type A)

3.5.2 Signaux de réglementation :

- Signaux de priorités (type B) ;
- Signaux d'interdiction ou de restriction (type C) ;
- Signaux d'obligation (type D).

3.5.3 Signaux d'indication :

- Signaux d'identification des routes (type E) ;
- Signaux de pré-signalisation (type E) ;
- Signaux de direction (type E) ;
- Signaux de localisation (type E) ;
- Signaux de confirmation (type E) ;
- Autre signaux donnons des indications utiles pour la conduite des véhicules (type E) ;
- Autre signaux indiquant des installations qui peuvent être utile pour les usagers de la route (type F).

3.6 Les panonceaux :

Les panneaux additionnels désignés dans la présente instruction sous le nom de panonceaux sont destinés à donner aux usagers des indications complémentaires à celles du panneau qu'ils complètent. Ces indications peuvent préciser la portée du panneau. Ils ont la

forme d'un rectangle ou d'un carré. (Instruction interministérielle sur la signalisation routière journal officiel du 13 août)

Le panonceau est utilisé chaque fois qu'il est nécessaire de donner une ou des informations supplémentaires à celles du panneau.

Suivant la nature des informations, les panonceaux se répartissent en plusieurs catégories :(Instruction interministérielle sur la signalisation routière journal officiel du 13 août).

Type M1 : Panonceau de distance.

Type M2 : Panonceau d'étendue.

Type M3 : Panonceau de position ou directionnel.

Type M4 : Panonceau de catégorie.

Type M5 : Panonceau relatif au STOP.

Type M6 : Panonceau complémentaire aux panneaux de stationnement et d'arrêt.

Type M7 : Panonceau schéma.

Type M8 : Panonceau d'application des prescriptions concernant le stationnement et l'arrêt.

Type M9 : Panonceau d'indications diverses.

Type M10 : Panonceaux d'identification.

Type M11 : Panonceaux signalant des dérogations ou des prescriptions.

3.7 Types de signalisation:

3.7.1 Signalisation verticale :

Elle se fait à l'aide de 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 en quatre:

3.7.2 Signaux de danger :

Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150 m en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).

3.7.3 Signaux comportant une prescription absolue :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

- L'interdiction ;
- L'obligation ;
- La fin de prescription.

3.7.4 Signaux à simple indication :

Panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminés en pointe de flèche :

- Signaux d'indication ;
- Signaux de direction ;
- Signaux de localisation ;
- Signaux divers.

3.7.5 Signaux de position des dangers :

Toujours implantés en pré signalisation, ils sont d'un emploi peu fréquent en milieu urbain.

3.8 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 :

3.8.1 Catégorie de marques :**a. Lignes longitudinale :**

- **Lignes continue :** les lignes continues sont annoncées à ceux des conducteurs auxquels il est interdit de les franchir par une ligne discontinue éventuellement complétée par des flèches de rabattement ;
- **Lignes discontinue :** 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.

- ✓ Lignes axiales ou lignes de délimitation de voie pour les quelles la longueur des trait est environ égale ou tiers de leur intervalles ;
- ✓ Lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération et de décélération ou d'entrecroisement pour les quelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leur intervalles ;
- ✓ Ligne d'avertissement de ligne continue, les lignes délimitant les bandes d arrêt d urgence, dont le largueur des traits est le triple de celle de leurs intervalles.

b. Marquage transversale : (M.GHANANI 2013)

- Ligne STOP : C'est une ligne continue qui oblige les usagers de marquer un arrêt ;
- Ligne cédez le passage ;
- Ligne d'effet des signaux.

c. Autres marques :

➤ **Les flèches de rabattement :**

Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située du coté qu'elles indiquent.

➤ **Les flèches de sélection :**

Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'il doive suivre la direction indiquée.

➤ **Passage pour piéton :**

Forme rectangulaire de longueur **L = 2.50m** pour $V \leq 60\text{Km/h}$ et **L = 4.00m** pour $V \geq 60\text{Km/h}$ avec largeur de 0.5m et leur distance est de 0.5 à 0.8m (M.GHANANI 2013)

3.8.2 Passage pour cycliste :

Signalé par deux lignes discontinus, formé de carrée blanche de 0.5m de côté séparé par des intervalles de 0.5 à 0.8m. (M.GHANANI 2013).

3.8.3 Caractéristiques générales des marques :

a. Couleur des marques :

Le blanc est le couleur utilisé pour les marques de chaussée. Pour certain marques spéciaux, on utilise d'autres couleurs dans les conditions des obstacles.

b. Largeur des lignes :

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « **u** » différente suivant le type de route : (M.GHANANI 2013)

u = 7,5 cm sur les autoroutes est voies rapides urbaines.

u = 6 cm sur les routes et voies urbaines dont le trafic dépasse 300 v/j

u = 5 cm pour les autres routes.

c. Modulation des lignes discontinues :

Elles sont basées sur une longueur parodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :

Tableau 5.1 : Modulation des lignes discontinues (Alain s.d.)

Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre deux traits successifs (m)	Rapport pleins-vides
T₁	3,00	10,00	$\cong 1/3$
T'₁	1,50	5,00	
T₂	3,00	3,50	$\cong 1$
T'₂	0,50	0,50	
T₃	3,00	1,33	$\cong 3$
T'₃	20,00	6,00	

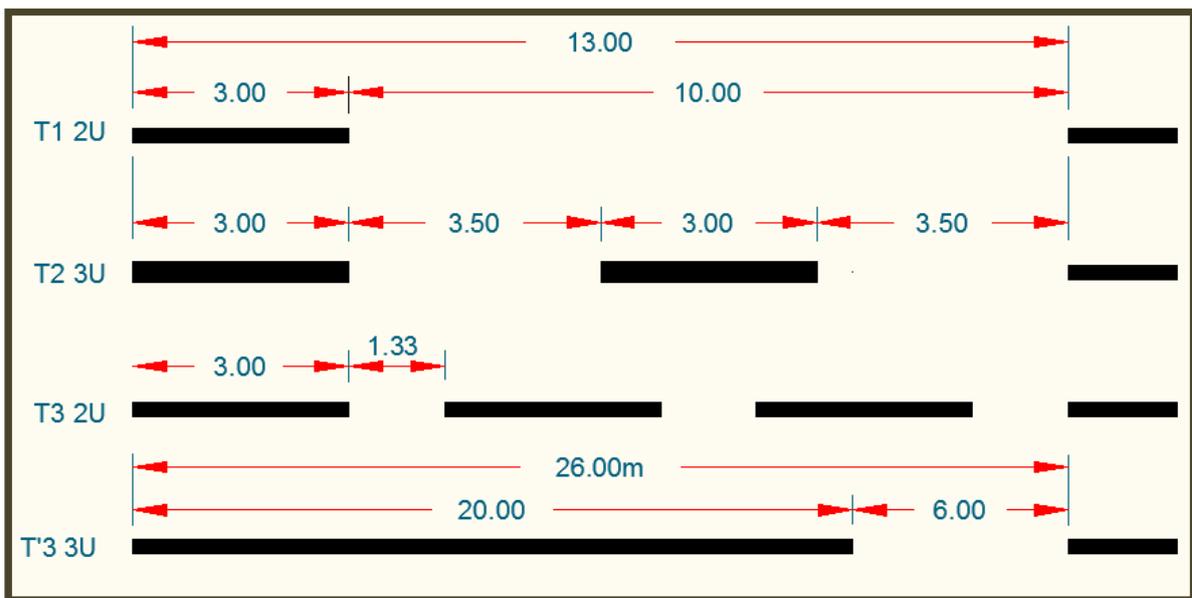


Figure 5.11 : Type de modulation

3.8.4 Flèche de sélection :

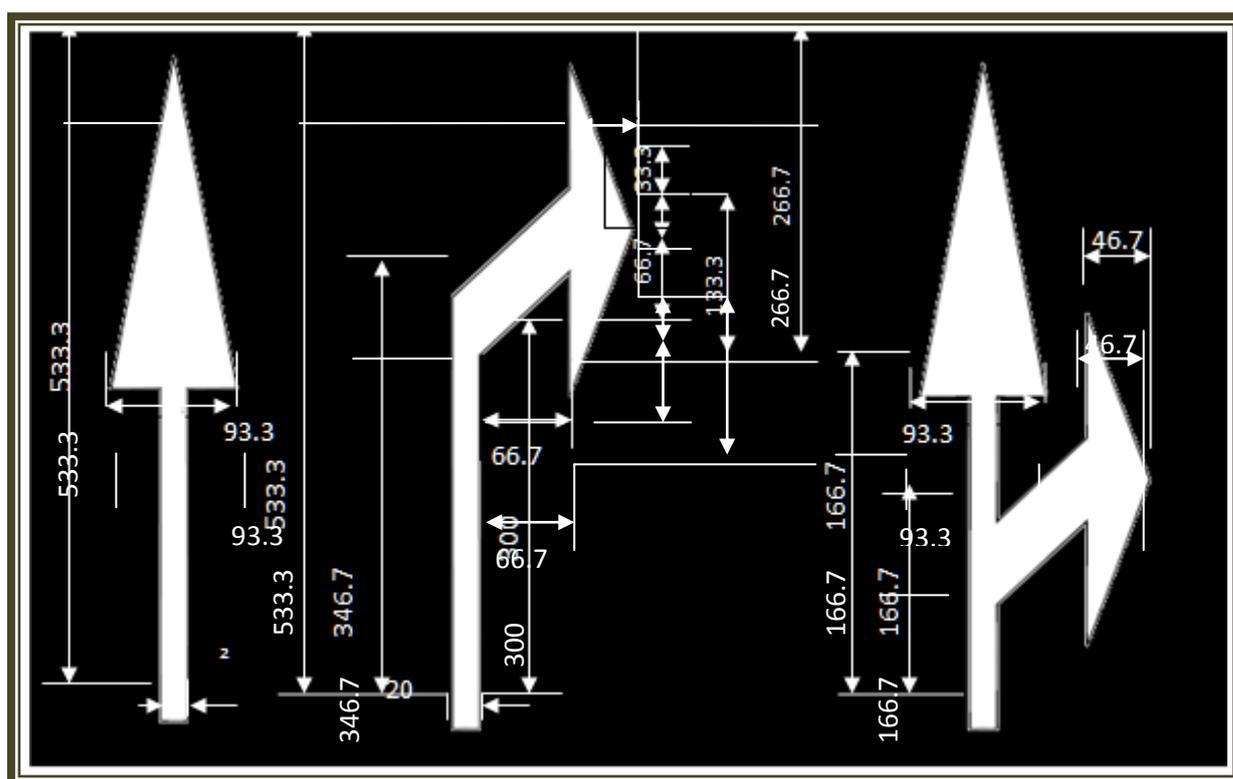


Figure 5.12 : dimension des flèches directionnelles. (LCPC .Sétra 1998)

3.9 Application au projet :

Dans le cadre de notre étude, tout en respectant les critères énoncés précédemment ainsi que la réglementation routière Algérienne « l'instruction interministérielle sur la signalisation routière, l'arrête du 14 juillet 1974 », on mentionne sur le plan de signalisation que la codification des panneaux et l'unité de largeur des lignes de marquage.

Les différents types de panneaux de signalisation dans notre projet sont :

3.9.1 Panneaux de signalisation de danger (type A) :

Nom des panneaux	Schema
Panneau (A1a) : virage dangereux à droite.	
Panneau (A1b) : virage dangereux à gauche.	
Panneau (A1c + M2) : succession de virages dont le premier à droite.	
Panneau (A1d) : succession de virages dont le premier à gauche.	
Panneau (A14) : Autres dangers. La nature du danger pouvant ou non être précisée par un panneau.	
Panneau (A15a2) : passage d'animaux domestiques.	
Panneau (A15d) : Passage d'animaux sauvages.	

3.9.2 Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité (type B) :

<p>Panneau (B3) : Interdiction de dépasser tous les véhicules à moteur autres que ceux a deux roues sans side-car.</p>	
<p>Panneau (B14) : Limitation de vitesse. Ce panneau notifié l'interdiction dépasser la vitesse indiquée.</p>	
<p>Panneau (B14) : Limitation de vitesse. Ce panneau notifié l'interdiction dépasser la vitesse indiquée.</p>	
<p>Panneau (B14) : Limitation de vitesse. Ce panneau notifié l'interdiction dépasser la vitesse indiquée.</p>	

3.9.3 Signaux d'indication (type c) :

<p>Panneau (C3) : Risque d'incendie.</p>	
--	---

3.9.4 Signalisation de direction (type E4) :

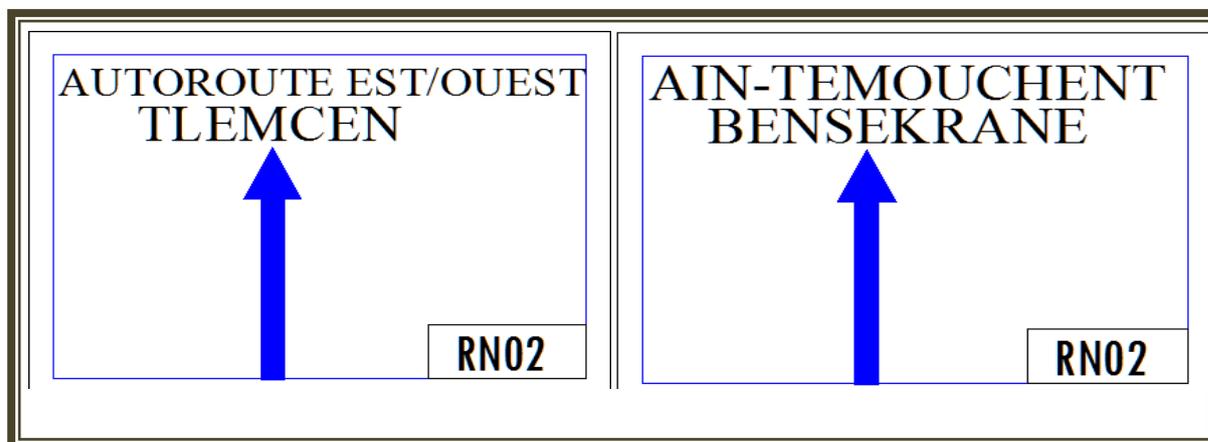


Figure 5.13 : Panneaux de confirmation

4. Conclusion :

Nous avons choisi les équipements de notre projet comme suit :

les résultats de calcul donnent des buses de diamètres de 900mm, et pour notre projet on prend des buses de 1000mm de diamètre pour faciliter l'opération de curage.

Les signalisations sont bien choisi selon le trafic et les caractéristiques géométriques.

CONCLUSION

CONCLUSION GENERALE:

Ce projet a été une opportunité pour concrétiser nos connaissances théoriques et techniques acquises pendant notre cycle de formation à l'université Abou Bakr BELKAID de TLEMCEM.

Ce projet nous a permis aussi d'être en face des problèmes techniques et administratifs qui peuvent se présenter dans un projet routier. Il était aussi une grande occasion pour savoir le déroulement d'un projet des travaux publics en général et un projet routier en particulier et par conséquent l'utilisation des logiciels autocad et covadis ainsi la maîtrise de nouvelles technologies dans le domaine des travaux publics.

En fin, l'élaboration de ce travail a été bénéfique pour nous et elle nous a ouvert les portes du monde professionnel.

CARACTERISTIQUES DE L'AXE EN PLAN

ELEM	CARACTERISTIQUES	LONGUEUR	ABSCISSE	X	Y
			12530.570	58238.209	55079.613
D617	GIS = 67.347g	136.545			
			12667.115	58357.182	55146.619
CCCG1	A = 60.000				
	Rf= 90.000				
	L = 40.000				
			12707.115	58390.414	55168.724
	XC= 58330.052				
	YC= 55235.480				
	R = 90.000				
	L = 56.975				
			12764.090	58418.211	55217.370
	Rd= 90.000				
	A = 60.000				
	L = 40.000	136.975			
			12804.090	58420.382	55257.224
D31	GIS = 398.751g	17.290			
			12821.380	58420.043	55274.510
CCCS2	A = 60.000				
	Rf= -90.000				
	L = 40.000				
			12861.380	58422.214	55314.363
	XC= 58510.373				
	YC= 55296.254				
	R = -90.000				
	L = 57.922				
			12919.302	58450.717	55363.642
	Rd= -90.000				
	A = 60.000				
	L = 40.000	137.922			
			12959.302	58484.180	55385.395
DF	GIS = 68.017g	119.994			
			13079.296	58589.347	55443.175
CCCD2	A = 40.000				
	Rf= 70.000				
	L = 22.857				
			13102.154	58608.729	55455.240
	XC= 58565.499				
	YC= 55510.296				
	R = 70.000				

	L = 40.926				
			13143.079	58631.935	55488.244
	Rd= 70.000				
	A = 40.000				
	L = 22.857	86.640			
			13165.936	58636.730	55510.565
D32	GIS = 10.009g	74.232			
			13240.169	58648.353	55583.882
CCC145	A = 60.000				
	Rf= -100.000				
	L = 36.000				
			13276.169	58656.100	55618.985
	XC= 58750.468				
	YC= 55585.898				
	R = -100.000				
	L = 42.076				
			13318.245	58677.845	55654.644
	Rd= -100.000				
	A = 60.000				
	L = 36.000	114.076			
			13354.245	58705.506	55677.604
D33	GIS = 59.714g	37.075			
			13391.319	58735.402	55699.530
CCC146	A = 60.000				
	Rf= 250.000				
	L = 14.400				
			13405.719	58746.931	55708.158
	XC= 58593.333				
	YC= 55905.408				
	R = 250.000				
	L = 22.530				
			13428.249	58764.060	55722.782
	Rd= 250.000				
	A = 60.000				
	L = 14.400	51.330			
			13442.649	58774.388	55732.815
D34	GIS = 50.310g	247.126			
			13689.775	58949.981	55906.708
CCCV2	A = 70.000				
	Rf= -150.000				
	L = 32.667				
			13722.442	58973.998	55928.825
	XC= 59067.339				
	YC= 55811.405				
	R = -150.000				

	L = 39.977				
			13762.419	59008.218	55949.262
	Rd= -150.000				
	A = 70.000				
	L = 32.667	105.310			
			13795.086	59039.079	55959.921
D620	GIS = 81.141g	19.132			
			13814.218	59057.378	55965.506
CCC140	A = 80.000				
	Rf= 130.000				
	L = 49.231				
			13863.449	59103.391	55982.791
	XC= 59042.716				
	YC= 56097.762				
	R = 130.000				
	L = 58.380				
			13921.829	59147.288	56020.531
	Rd= 130.000				
	A = 80.000				
	L = 49.231	156.841			
			13971.060	59171.278	56063.432
DM12	GIS = 28.443g	75.604			
			14046.664	59203.944	56131.615
CCC148	A = 60.000				
	Rf= -200.000				
	L = 18.000				
			14064.664	59211.963	56147.728
	XC= 59388.261				
	YC= 56053.289				
	R = -200.000				
	L = 19.553				
			14084.217	59222.023	56164.486
	Rd= -200.000				
	A = 60.000				
	L = 18.000	55.553			
			14102.217	59232.474	56179.139
D126	GIS = 40.396g	70.094			
			14172.311	59274.026	56235.588
CCC149	A = 40.000				
	Rf= 240.000				
	L = 6.667				
			14178.978	59277.953	56240.976
	XC= 59082.714				
	YC= 56380.552				
	R = 240.000				

	L = 13.146				
			14192.124	59285.302	56251.874
	Rd= 240.000				
	A = 40.000				
	L = 6.667	26.480			
			14198.790	59288.824	56257.534
D37	GIS = 35.141g	267.897			
			14466.687	59429.305	56485.644
CCCV3	A = 60.000				
	Rf= -150.000				
	L = 24.000				
			14490.687	59442.427	56505.731
	XC= 59563.455				
	YC= 56417.118				
	R = -150.000				
	L = 26.597				
			14517.284	59459.954	56525.689
	Rd= -150.000				
	A = 60.000				
	L = 24.000	74.597			
			14541.284	59478.178	56541.295
D619	GIS = 56.615g	141.507			
			14682.795	59588.078	56630.438
CCC161	A = 80.000				
	Rf= -250.000				
	L = 25.600				
			14708.395	59608.229	56646.221
	XC= 59755.575				
	YC= 56444.257				
	R = -250.000				
	L = 29.156				
			14737.551	59632.731	56661.994
	Rd= -250.000				
	A = 80.000				
	L = 25.600	80.356			
			14763.151	59655.441	56673.804
D39	GIS = 70.558g	57.314			
			14820.465	59706.734	56699.375
CCC150	A = 70.000				
	Rf= 250.000				
	L = 19.600				
			14840.065	59724.158	56708.348
	XC= 59603.936				
	YC= 56927.543				
	R = 250.000				

	L = 21.935				
			14862.001	59742.904	56719.726
	Rd= 250.000				
	A = 70.000				
	L = 19.600	61.135			
			14881.601	59758.905	56731.042
D40	GIS = 59.981g	207.755			
			15089.356	59926.947	56853.207
CCC138	A = 120.000				
	Rf= 350.000				
	L = 41.143				
			15130.499	59959.740	56878.043
	XC= 59737.659				
	YC= 57148.561				
	R = 350.000				
	L = 42.419				
			15172.918	59990.817	56906.877
	Rd= 350.000				
	A = 120.000				
	L = 41.143	124.705			
			15214.061	60018.036	56937.722
D623	GIS = 44.782g	69.180			
			15283.241	60062.784	56990.480
CCCF1	A = 50.000				
	Rf= 130.000				
	L = 19.231				
			15302.472	60074.855	57005.444
	XC= 59969.771				
	YC= 57081.978				
	R = 130.000				
	L = 23.896				
			15326.368	60087.074	57025.941
	Rd= 130.000				
	A = 50.000				
	L = 19.231	62.358			
			15345.599	60094.496	57043.677
D631	GIS = 23.662g	51.068			
			15396.667	60113.044	57091.258
CCC17	A = 90.000				
	Rf= -180.000				
	L = 45.000				
			15441.667	60131.107	57132.440
	XC= 60289.357				
	YC= 57046.666				
	R = -180.000				

	L = 51.783				
			15493.450	60161.947	57173.815
	Rd= -180.000				
	A = 90.000				
	L = 45.000	141.783			
			15538.450	60196.251	57202.891
D43	GIS = 57.892g	2.191			
			15540.642	60197.980	57204.237
CCC18	A = 75.000				
	Rf= 190.000				
	L = 29.605				
			15570.247	60220.856	57223.017
	XC= 60092.835				
	YC= 57363.411				
	R = 190.000				
	L = 35.347				
			15605.593	60244.615	57249.119
	Rd= 190.000				
	A = 75.000				
	L = 29.605	94.557			
			15635.199	60261.167	57273.655
D42	GIS = 36.129g	328.507			
			15963.705	60437.753	57550.663

Calcul des remblais et déblais

N° de profil	PK	Remblai (M ³)	Déblai (M ³)
505	12600	7,9	20,1
506	12625	2,2	68,1
507	12650	0,9	124
508	12675	0,3	74,9
509	12700	3,2	34,7
510	12725	63,5	28,4
511	12750	21,4	132
512	12775	64,7	17,2
513	12800	38,6	13,6
514	12825	8,7	28,7
515	12850	11,1	694,3
516	12875	24,3	1689,8
517	12900	20	17737
518	12925	10,8	1452
519	12950	0	2535
520	12975	0	1934,6
521	13000	0	654,6
522	13025	0	1086,5
523	13050	0	3961,4
524	13075	2,3	1653,6
525	13100	0,1	493,6
526	13125	3,8	58,6
527	13150	0,5	400,2
528	13175	0,4	2007,8
529	13200	0,6	1554,5
530	13225	0,5	974,7
531	13250	1	609,9
532	13275	1,9	300,6
533	13300	2,6	949,1
534	13325	12,8	1174,5
535	13350	1,8	1489,3
536	13375	0	940,6
537	13400	0,5	181,8
538	13425	0,1	655,6
539	13450	0	657,6
540	13475	2,1	168,7
541	13500	0,5	1992
542	13525	0,6	1087,9
543	13550	0,5	666,4

544	13575	0,5	468,6
545	13600	2,2	225
546	13625	2,3	49,5
547	13650	16,6	26,1
548	13675	23,6	277,2
549	13700	12,8	1049,7
550	13725	48,3	474,2
551	13750	64,8	121
552	13775	12,1	106,3
553	13800	2,2	108,2
554	13825	2	192,4
555	13850	3,1	166,1
556	13875	5	155,3
557	13900	2,2	217,1
558	13925	0,4	206,6
559	13950	1,9	577,8
560	13975	2,3	319,4
561	14000	0,6	439,8
562	14025	0,5	1470,3
563	14050	0,1	3743,4
564	14075	0	5317,7
565	14100	0	3861,5
566	14125	0,1	2794,7
567	14150	1,2	2555,2
568	14175	3,1	2800,8
569	14200	1,3	1710,7
570	14225	2,5	1063
571	14250	0,5	1681,7
572	14275	0,4	2011,5
573	14300	6,9	762,9
574	14325	7,7	533,2
575	14350	0,4	1472,3
576	14375	0	2104,4
577	14400	0	2552,2
578	14425	0	2728,1
579	14450	1,9	2374,4
580	14475	0,3	1387,9
581	14500	22,7	302,1
582	14525	6,9	164,1
583	14550	3,4	71,5
584	14575	2,2	148,2
585	14600	1,2	73,4
586	14625	2,5	473,7
587	14650	3,6	852,5
588	14675	2,8	491,6

589	14700	4,39	182,2
590	14725	80,5	149,8
591	14750	37	985,4
592	14775	11,3	2130,8
593	14800	1,6	2459,5
594	14825	53,5	1249
595	14850	5,75	2242,4
596	14875	0	2756,2
597	14900	0	2360,8
598	14925	2	78,5
599	14950	0	25,23
600	14975	0,2	3330,6
601	15000	0,3	4047
602	15025	0,1	4973,5
603	15050	0,2	3540
604	15075	0,8	1201,5
605	15100	0,3	243,4
606	15125	9,89	65,8
607	15150	4,7	121,3
608	15175	2,9	88,9
609	15200	1,8	64,2
610	15225	3	125,3
611	15250	3,8	217,3
612	15275	1,9	244,6
613	15300	0,8	218,1
614	15325	2,5	93,8
615	15350	2,4	132,3
616	15375	2,3	226,8
617	15400	3,6	36,3
618	15425	2,3	65,3
619	15450	3,6	215,6
620	15475	2,3	654,2
621	15500	7,2	1161,3
622	15525	1,5	1292,9
623	15550	1,7	509
624	15575	1,9	1398,5
625	15600	2,7	509,4
626	15625	0,1	1398
627	15650	2,8	509,4
		848,93	142291,33

Bibliographie

BIBLIOGRAPHIE

- Alain, FRERET. *Guide pratique pour la conception géométrique des routes et autoroutes*.1981.
.http://search.4shared.com/postDownload/8eAauKge/Guide pratique_concep_gom_rout.html.
(accès le 03 15, 2013).
- BELKIDAR, Katia. *Contribution à la notion d'adhérence sur les chaussées du réseau Algérien*. Mémoire de magistère en génie civil: Département de génie civil, Faculté du génie de la construction, Université M. Mammeri, Tizi-ouzou.
- BRUNEL. «COURS DE ROUTE.» UNIVERSITE D'ORLEANS, 2007-2008.
- CCTP. *hypothèse et données de dimensionnement*. 2001.
- cherifbenmoussa. *cour VRD*. tlemcen, 2012.
- DTP. «avant projet détaille.» Tlemcen, octobre 2010.
- HAZZI I, HOUCINI F. ENTP, 2007/2008.
- Instruction interministérielle sur la signalisation routière. «Arrête du 7 juin 1977 relatif à la signalisation des routes et autoroutes.» journal officiel du 13 août .
- KHEMAKHEM, Mehrez. *Essais de Géotechnique Routière*.
- LCPC .Sétra. *Catalogue des structures, types des chaussées neuves*. 1998.
- LCPC. *Lessai AASHO*. PARIS, bulletin de liaison des laboratoire des pont et de chaussée , 1966.
- LCPC,Sétra. *guide technique ;conception et dimensionnement des structure de chaussée* . paris, décembre 1994.
- LCPC-SET RA. *GTR 92 : Guide des Terrassements Routiers, Réalisation des remblais et des couches de forme*. 1992.
- le laboratoire central des ponts et chaussés. *Recommandation pour l'assainissement routier&sétre*. 1982.
- Léreau, Jacques. *GÉOTECHNIQUE 1*. 2005/2006.
- LILLE Métropole. *Dimensionnement des chaussées*. 2000.
- M.GHANANI. «Note de cours de la signalisation routière de 2eme année master.» 2013.
- ministre des travaux publique. *B40 normes technique d'aménagement dec routes*. algérie, octobre1977.
- R.SAUTEREY, G.JEUFFROY et. *dimensionnement des chaussés*. ENPC, 1991.
- Sétra. *Guide technique Assainissement routier*. octobre 2006.

Résumé

La route joue un rôle moteur très important dans l'aménagement du territoire, elle favorise l'implantation d'activités économiques et industrielles et réduit les coûts de transport et donc la production.

L'état actuel de la plupart des routes en Algérie, nécessite des opérations de réhabilitation, modernisation et des réaménagements.

Cette mémoire présente une étude détaillée de modernisation et d'élargissement de la Route notionnel entre TLEMCEN et AIN TEMOCHENT sur 3Km avec des caractéristiques d'une route nationale.

Cette étude se compose de deux parties :

La première : présentation de notre projet et un aperçu sur l'étude de l'environnement.

La deuxième : comprend le dessin du tracé en plan, profil en long et les profils en travers ensuite le dimensionnement de la chaussée, des fossés et des ouvrages transversaux.

Mots clés :

Modernisation, Réhabilitation, Route notionnel (RN), clothoïde, dévers, vitesse de basse, environnement, aménagement routière, trafic, tracé routier.

ملخص:

تلعب الطرق دورا فعالا وجد هام في نظام المقاطعات، حيث تشجع النشاطات الاقتصادية والصناعية وتخفف تكلفة النقل إذا الإنتاج.

الوضعية الحالية لمعظم الطرق في الجزائر، تحتاج إلى عمليات ترميم، تحديث وإعادة التهيئة.

هذه المذكرة عبارة عن دراسة مفصلة لإعادة تهيئة وتوسيع الطريق الوطني الرابط بين تلمسان وعين تموشنت على طول 3 كيلومتر ، بمعايير طريق وطني.

هذه الدراسة تتألف من مرحلتين:

المرحلة الأولى: تقوم بوصف عام للمشروع مع تقديم نبذة حول محيط.

المرحلة الثانية: تحتوي على مخططات المقطع العلوي ، المقطع الطولي وكذا المقاطع العرضية ثم بعد ذلك حساب أبعاد طبقات الطريق المعبد، الخنادق والمنشطات العرضية.

الكلمات المفتاحية:

إعادة التهيئة، الطريق الوطني، المنحنيات الدائرية، السرعة المنخفضة، الميل، تطوير الطرق، حجم المرور ، مخطط الطريق.

Summary

The current state of most roads in Algerian requires rehabilitation operations, modernization and redevelopment.

This these is presents a detailed study of modemization and enlargement of the path of wilaya between TLEMCEN and AIN TEMOCHENT of 3 Km, with the characteristics of a road national.

This study consists of two parts:

The first: presentation of our project and an overview of the study of the environment.

The second: includes the design of horizontal alignment, vertical alignment and cross sections follows the design of the pavement, ditches and transverse structures.

Keywords:

Modernization, path of wilaya (RN02), clothoid, cant, low speed, environment, land road traffic, road alignment

CHAPITRE I

Introduction générale

CHAPITRE II

**Etude de l'impacte sur
l'environnement**

CHAPITRE III

Géométrie de la route

CHAPITRE IV

Dimensionnement du corps de chaussée

CHAPITRE V

Equipements

INTRODUCTION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

ANNEXE