

.....

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

Thème :

**REHABILITATION DE LA ROUTE NATIONALE N 97 ENTRE SIDI BEL
ABBES ET MASCARA SUR 19 KM**

Présenté le 10 juin 2014 par :

MEKADDEM Ali

GOURARI Abdessamie

Devant le jury composé de :

M^r : DJEMAOUNE ABDERRZEK

Président

M^r : CHERIF BENMOUSSA M. Y

Encadreur

M^r : GHENNANI. B

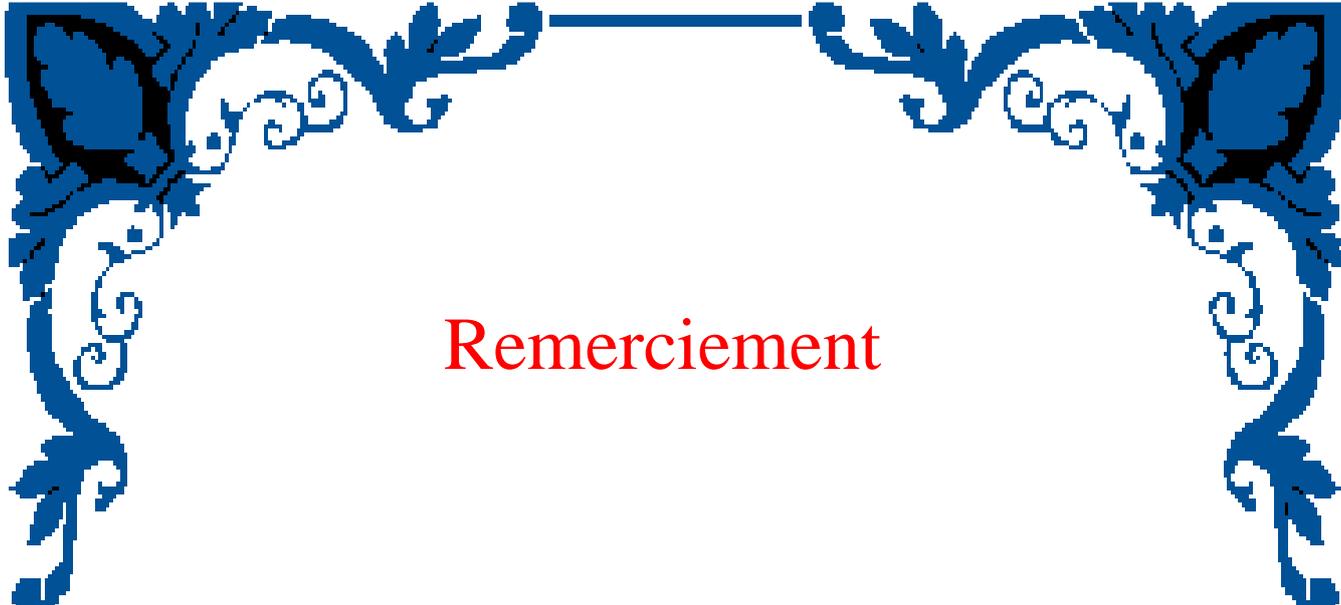
Examineur

M^{me} : SAIL LATIFA

Examinatrice

Année universitaire : 2013/2014

.....



Remerciement

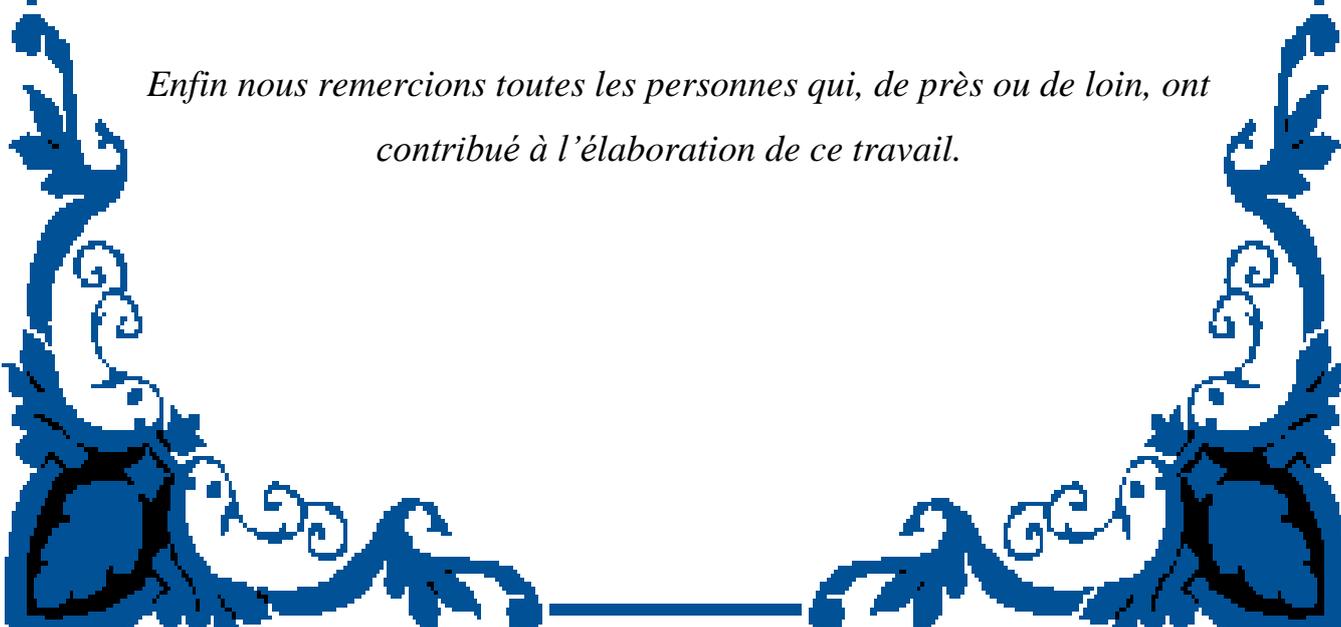
Nous remercions, en premier lieu, notre Dieu le plus Puissant qui a bien voulu nous donner la force et le courage Pour élaborer ce travail.

*En second lieu, Nous adressons nos vifs et chaleureux remerciements à notre encadreur **Mr : CHERIF BENMOUSSA M. Y** pour leurs précieux conseils et orientations.*

Nous remerciments s'adressent également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, et qui nous feront le plaisir d'apprécier .

*Nous remercions tous nos enseignants durant toute notre formation, et en particulier : **Mr AHMED** et **Mr MOHCIN** et **ABDELKADER** tout le personnel administratif de l'université, sans oublier les responsables de la bibliothèque qui nous ont beaucoup facilité notre recherche bibliographique.*

Enfin nous remercions toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce travail.



DEDICACES

Tous d'abord je remercie le bon dieu qui m'a donné le courage pour arriver à ce stade de fin ce projet

Je dédie ce travail à :

- *Mes très chers parents qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin, ma mère qui a été à mes côtés et m'a soutenu durant toute ma vie, et mon père qui a sacrifié toute sa vie afin de me voir devenir ce que je suis.*
- *Toute la promotion : IBG-TP 2014.*
- *Tous ce qui m'aime et que j'aime.*

MEKADDEM Ali

DEDICACES

Tous d'abord je remercie le bon dieu qui m'a donné le courage pour arriver à ce stade de fin ce projet

Je dédie ce travail à :

- *Mes très chers parents qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin, ma mère qui a été à mes côtés et m'a soutenu durant toute ma vie, et mon père qui a sacrifié toute sa vie afin de me voir devenir ce que je suis.*
- *Toute la promotion : IBG-TP 2014.*
- *Tous ce qui m'aime et que j'aime.*

GOURARI Abdessamie

RESUME

Notre projet de fin d'étude rentre dans le domaine des infrastructures de transport, et en particulier les routes.

La route est considérée un élément efficace reliant les différentes régions du pays et contribuer à son développement à travers différentes activités économiques et les échanges commerciaux.

Ce projet présente une étude détaillée d'une réhabilitation de la route nationale RN97 (SIDI BEL ABBES –MASKARA) sur un tronçon de 19Km.

Cette étude se compose de trois parties :

- ❖ La première partie : Présentation du projet et étude de trafic.
- ❖ La deuxième partie : Géométrie de la route (Tracé en plan ; Profil en long ; Profil en travers).
- ❖ La troisième partie : Etude géotechnique et dimensionnement de corps de chaussée.
- ❖ La Quatrièmement : Assainissement.

Mots clés :

Réhabilitation, trafic, route, géométrie de la route, tracé en plan.

SUMMARY

Our project of end of study returns in the field of the infrastructures of transport, and in particular the roads.

The road is considered an effective element linking the various regions of the country and to contribute its development through various economic activities and commercial exchanges. This project presents a detailed study of a rehabilitation of trunk road RN97 (SIDI BEL ABBÈS - MASKARA) on a section of 19Km.

This study is composed of three parts:

- ❖ The first part: Presentation of the project and study of traffic.
- ❖ The second part: Geometry of the road (Alignment; longitudinally Profile; Profile transversely).
- ❖ The third part: Cleansing.

Key words:

Rehabilitation , route, traffic , geometry of the road, alignment.

الملخص

تندرج هذه الدراسة في اطار البنى التحتية للنقل و بالخصوص مجال الطرقات تحت عنوان تهيئة الطريق الوطني رقم: 97 الرابط بين سيدي بلعباس و معسكر على مسافة 19 كلم .

فالطريق تعتبر عنصرا فعالا للربط بين مختلف مناطق الوطن و المساهمة في تنميتها عبر مختلف الأنشطة الاقتصادية و التبادلات التجارية.

هذه المذكرة احتوت دراسة مفصلة لتهيئة الطريق الوطني رقم 97 الرابط بين سيدي بلعباس و معسكر عبر ثلاثة مراحل:

المرحلة الاولى : وصف عام للمشروع بالإضافة الى حساب حجم المرور عبر الطريق .

المرحلة الثانية: تتضمن التصميم الهندسي للطريق المتمثل في مختلف المخططات (المخطط العلوي، المخطط الطولي، المخططات العرضية).

المرحلة الأخيرة: التطهير.

الكلمات المفتاحية:

تهيئة، حجم المرور، طريق، التصميم الهندسي، المخطط العلوي.

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : situation de projet.....	4
Figure 1.2 : Schéma explicatif d'une Coupe transversale de la chaussée prévue.	14
Figure 2.1 : les éléments de tracé en plan.....	17
Figure 2.2 : Force centrifuge.	18
Figure 2.3 : Courbe en S.....	22
Figure 2.4 : Courbe à sommet	22
Figure 2.5 : Courbe en C	23
Figure 2.6 : Courbe en ove	23
Figure 2.7 : courbe concave.....	28
Figure 2.8 : courbe convexe.	30
Figure 2.9 : profil en travers type en déblai.....	32
Figure 2.10 : profil en travers type en remblai	33
Figure 2.11 : profil en travers type mixte	33
Figure 2.12 : Les éléments du profil en travers.	34
Figure 3.1 : Analyses granulométriques.....	40
Figure 3.2 : Limites d'Atterberg.....	40
Figure 3.3 : Essai PROCTOR.....	41
Figure 3.4 : Essai C.B.R.	41
Figure 3.5: structure type d'une chaussée souple.	43
Figure 3.6 : structure type d'une chaussée rigide.	44
Figure 3.7 : Récapitulatif des résultats La méthode C.B.R.	55
Figure 3.8 : Récapitulatif des résultats La méthode du catalogue des chaussées neuves CTTP....	56
Figure 4.1: section transversale d'un ouvrage d'assainissement représente Sm et Pm.....	65
Figure 4.2 : Fossé	66
Figure 4.3 : vue de face d'une buse de diamètre $\varnothing = 1000$ mm.....	71
Figure 4.4 : Résultat de dimensionnement du fossé en terre	72
Figure 4.5 : Résultat de dimensionnement du fossé en béton	73

Liste des tableaux

Tableau 1.1 : Coefficient d'équivalence p	8
Tableau 1.2 : Type d'environnement.....	8
Tableau 1.3 : coefficient lié à l'environnement.....	9
Tableau 1.4 : coefficient de réduction de capacité.....	9
Tableau 1.5 : valeur de la capacité théorique	10
Tableau 1.6 : Récapitulatif des résultats du calcul.....	13
Tableau 2.1 : Rayons du tracé en plan	20
Tableau 2.2 : valeurs de la déclivité maximale.....	25
Tableau 2.3 : Rayons verticaux pour un angle saillant	27
Tableau 2.4 : Rayons verticaux pour un angle rentrant	28
Tableau 3.1 : Récapitulatif des résultats des sondages.....	38
Tableau 3.2: Récapitulatif des résultats des Différents Essais.....	42
Tableau 3.3: Classification des trafics en France.....	45
Tableau 3.4 : Classe de trafic en fonction CAM de poids lourd.....	46
Tableau 3.5 : Portance de sol en fonction de l'indice de CBR	46
Tableau 3.6 : Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau	48
Tableau 3.7 : La classe du trafic poids lourd	49
Tableau 3.8 : Classement de sole en fonction de l'indice de CBR	49
Tableau 3.9 : Tableau exprimé les classe de sol en fonction de la déflexion.....	52
Tableau 3.10 : Epaisseur de couche de fondation en fonction de la portance du sol.....	53
Tableau 3.11 : Les zones climatiques de l'Algérie.....	53
Tableau 3.12 : Récapitulatif des résultats du calcul.....	55
Tableau 4.1 :coefficient de ruissellement « C »	62
Tableau 4.2 : Variable de Gauss	64
Tableau 4.3 : Coefficient de rugosité Kst	65
Tableau 4.4 : Intensité-Durée-Fréquence.....	66
Tableau 4.5 : Récapitulatif des résultats	71

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE 1

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE PROJET ET ETUDE DE TRAFIC

1 LA PROBLEMATIQUE :.....3

2 PRESENTATION DE PROJET :.....4

3 L’OBJECTIF :.....4

4 ETUDE DE TRAFIC :5

4.1 Généralités : 5

4.2 l’analyse des trafics existants :..... 5

4.2.1 La mesure des trafics :..... 5

4.2.2 Les comptages :..... 5

4.2.2.1 Les comptages manuels :..... 5

4.2.2.2 Les comptages automatiques :..... 6

4.2.3 Les enquêtes origine destination : 6

4.3 Différents types de trafics :..... 6

4.3.1 Trafic normal :..... 6

4.3.2 Trafic dévie : 6

4.3.3 Trafic induit :..... 6

4.3.4 Trafic total :..... 6

4.4 Calcul de la capacité : 7

4.4.1 Définition de la capacité :..... 7

4.4.2 La procédure de détermination de nombre de voies : 7

4.5 Détermination du nombre des voies : 10

4.6 Application au projet : 10

4.6.1 Les données du trafic : 10

4.6.2 Calcul de TMJA à l’horizon :..... 11

4.6.3 Calcul de trafic effectif :..... 11

4.6.4 Débit de pointe horaire normal : 11

4.6.5	Débit horaire admissible :	12
4.6.6	Détermination du nombre des voies :.....	13
4.6.7	Calcul de l'année de saturation de 1 voies :.....	13
4.7	Conclusion :.....	14

CHAPITRE 2 : CARACTERISTIQUE GEOMETRIE DE LA ROUTE

1.	INTRODUCTION :	16
2.	TRACÉ EN PLAN :	16
2.1.	Définition :.....	16
2.2.	Règles à respecter dans le tracé en plan (cas général) :.....	16
2.3.	les éléments de tracé en plan :	16
2.3.1.	Les alignements :	17
2.3.2.	Arcs de cercle :	18
2.3.3.	Courbe de raccordement (CR) :.....	20
2.4.	Combinaison des éléments du tracé en plan :.....	22
2.4.1.	Courbe en (s) :.....	22
2.4.2.	Courbe à sommet :	22
2.4.3.	Courbe en C :	23
2.4.4.	Courbe en Ove :.....	23
3.	PROFIL EN LONG :	24
3.1.	Définition :	24
3.2.	Trace de la ligne rouge (ligne projet) :	24
3.3.	Les éléments constituant la ligne rouge :	25
3.3.1.	Les alignements :	25
3.3.2.	La Déclivité :	25
3.4.	Raccordement du profil en long :	26
3.4.1.	Raccordement convexe (saillants) :	26
3.4.2.	Raccordement concave (rentrant) :	27
3.5.	Calcul de profil en long :	28
3.5.1.	Cas d'un rayon concave	28
3.5.2.	Cas d'un rayon convexe:.....	30
4.	PROFIL EN TRAVERS :	32

4.1. Définition :	32
4.2. Les types de profil en travers :	32
4.2.1 Le profil en travers type :	32
4.2.2. Le profil en travers courant :	34
4.3. Les éléments constitutifs du profil en travers	34
5. CONCLUSION :	35

CHAPITRE 3 : ETUDE GEOTECHNIQUE ET DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

1. INTRODUCTION :	37
1.1. ETUDE GEOTECHNIQUE :	37
1.1.1. Les moyens de la reconnaissance :	37
1.2. LA CHAUSSÉE :	43
1.2.1 Définition :	43
1.2.2. Les différentes structures de chaussées :	43
1.2.3. Facteurs pour les études de dimensionnement :	44
1.2.4. Les principales méthodes de dimensionnement :	47
1.2.5. Application au projet :	54
1.2.6. Conclusion :	57

CHAPITRE 4 : ASSAINISSEMENT

1. INTRODUCTION :	59
2. OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT :	59
3. TYPE DES DÉGRADATIONS :	59
4. TYPE DES CANALISATIONS :	60
5. DRAINAGE DES EAUX SOUTERRAINES :	60
5.1. Nécessité du drainage des eaux souterraines :	60
5.2. Protection contre la nappe phréatique :	60
6. DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT :	61
6.1. Choix des ouvrages d'assainissement :	61
6.2. Le débit d'apport :	61
6.3. Coefficient de ruissellement « C » :	62
6.4. L'intensité de la pluie I_t :	62

6.5. Pluie journalière maximal annuelle P_j :	63
6.6. Le débit de saturation :	64
7. DIMENSIONNEMENT DES BUSES :	65
8. DIMENSIONNEMENT DES FOSSES :	66
8.1. Calcul de la surface mouillée :	67
8.2. Calcul du périmètre mouille :	67
8.3. Calcul le rayon hydraulique :	67
9. APPLICATION AU PROJET :	68
9.1. Données hydrauliques :	68
9.2. Calcul hydraulique :	68
9.2.1 Calcul de la pluie journalière maximale annuelle P_j :	68
9.2.2. L'intensité horaire I :	69
9.2.3. Calcul de la surface du bassin versant :	69
9.3. Dimensionnement des buses :	69
9.3.1. Calcul des débits d'apport:	69
9.3.2. Calcul de débit de saturation (Q_s) :	70
9.4. Dimensionnement des fossés :	72
9.4.1 Fosséen béton:	72
9.4.2. fossé en terre :	73
10. CONCLUSION :	73
CONCLUSION GENERALE	75
BIBLIOGRAPHIE	76

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

En Algérie, avec l'accroissement brusque du parc automobile au cours des dernières années entraînant alors un déphasage entre motorisation et infrastructures de transport. Ce secteur du transport connaît une véritable mutation. Un grand nombre de projets ont été réalisés ou sont en phase de réalisation, parce que Le transport représente un des piliers fondamentaux du développement économique de tout pays.

Afin de rendre ce secteur plus performant et plus efficace dans sa contribution dans la prospérité du pays. On a besoin a une politique de modernisation et réhabilitation du réseau routier à la demande de transport actuelle et future.

C'est dans ce sens que la DTP (Direction des Travaux Publics de SIDI BEL ABBES) a déclaré l'étude de réhabilitation de la route nationale n : 97 entre SIDI BEL ABBES et MASCARA Sur 19 km.

Dans ce cadre nous avons choisi le sujet de notre mémoire de fin des études pour l'obtention du diplôme de Master en Génie Civil et pour réaliser ce but notre plan de travail a est structuré comme suit :

Chapitre 1 : Présentation du projet et étude du trafic.

Chapitre 2 : Caractéristiques de la Géométrie de la route.

Chapitre 3 : Etude géotechnique et dimensionnement de corps de chaussée.

Chapitre 4 : Assainissement.

Et on termine ce travail par une conclusion générale.

CHAPITRE 1 :
PRÉSENTATION DE PROJET ET ÉTUDE
DE TRAFIC

1. LA PROBLEMATIQUE :

Les structures de chaussées en place non renouvelées à ce jour représentent une grande majorité du réseau qui supporte l'intense trafic actuel, c'est ce qui a poussé à mener des études de modernisation et de réhabilitation des chaussées dégradées selon l'intensité et l'importance du trafic supporté.

De plus l'accroissement du nombre de véhicules, la circulation routière connaît de plus en plus les problèmes d'ordre topologique posent les axes routiers à fortes densités de circulation automobiles.

Par conséquent, l'amélioration des conditions de circulation et le confort de l'utilisateur sur le réseau routier national résulte pour une grande partie de l'aménagement et réhabilitation.

Cette réhabilitation dont la consistance technique reste à définir en fonction :

- ❖ De la portance de la chaussée existante et du niveau de sa dégradation.
- ❖ Des données de trafic et de son évolution influant sur les largeurs de la chaussée et les structures de la chaussée.
- ❖ Des données géotechniques de la plate-forme et du sol support.
- ❖ Des conditions de sécurité routière le long de la route.
- ❖ Des caractéristiques et de l'état actuel de la route et ces dépendances (buses, caniveaux,...).

2. PRESENTATION DE PROJET :

Notre projet concerne la réhabilitation de la Route Nationale 97, qui prend son origine à partir de la wilaya de SIDI BEL ABBES (PK 0+000) et se termine à la limite de la wilaya de MASCARA (PK 19+000).

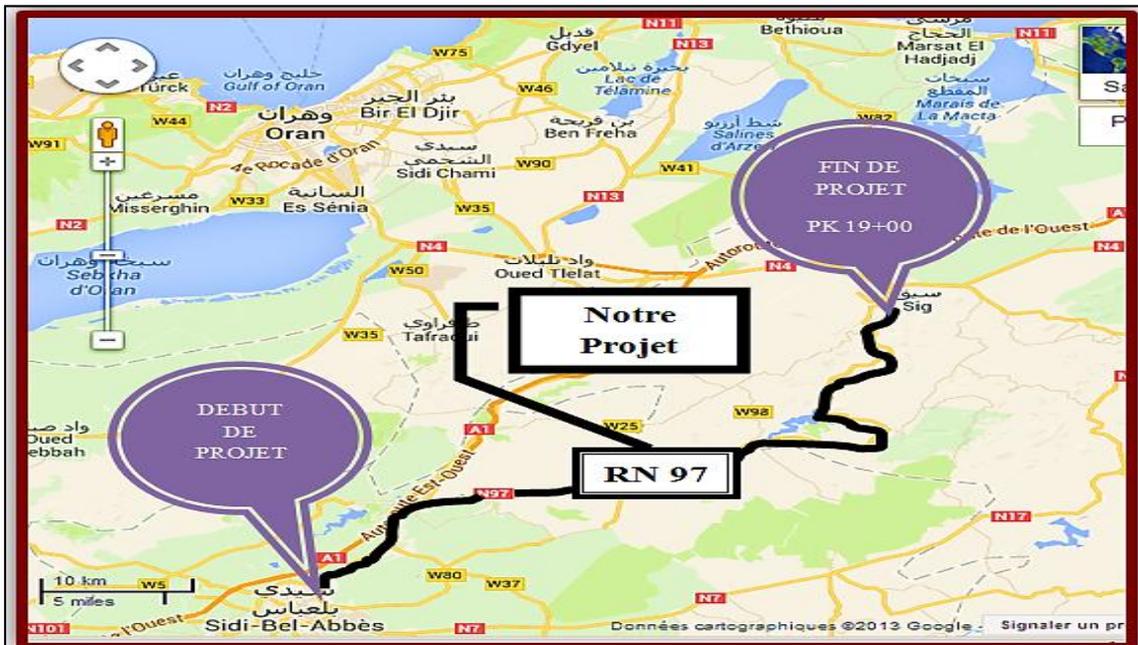


Figure 1.1 : situation de projet. [1]

3. L'OBJECTIF :

Notre objectif principal consiste à améliorer le niveau de service de la route existante par la réhabilitation, et la modernisation de la Route Nationale 97 pour :

- ❖ Assurer une fluidité de la circulation et de sécuriser les usagers sur ce tronçon où le trafic est en croissance permanente.
- ❖ Augmentation de la capacité de la route.
- ❖ Réduire le temps de parcours.
- ❖ Amélioration du système de drainage.

4. ETUDE DE TRAFIC :

4.1. Généralités :

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

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

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

4.2. l'analyse des trafics existants :

Tout projet d'étude d'infrastructure routière doit impérativement contenir une évaluation et une analyse précise de trafic supporté, car le dimensionnement de la chaussée est lié étroitement a cette sollicitation, la résolution de ce problème consiste à déterminer la largeur des voies et leur nombre, d'après le trafic prévisible à l'année de l'horizon. L'étude de trafic présente une approche essentielle dans la conception des réseaux routiers, l'analyse de trafic est un outil d'aide à la décision relative à la politique des transports. [2]

4.2.1. La mesure des trafics :

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires :

- ❖ Les comptages : sont permettent de quantifier le trafic.
- ❖ Les enquêtes : sont permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs. [2]

4.2.2. Les comptages :

C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, on distingue deux types de comptage : [2]

- ❖ Les comptages manuels.
- ❖ Les comptages automatiques.

4.2.2.1 Les comptages manuels :

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

Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (**T.M.J.A**). [2]

4.2.2.1 Les comptages automatiques :

Ils sont effectués à l'aide d'appareil enregistreur comportant une détection pneumatique réalisée par un tube en caoutchouc tendu en travers de la chaussée. On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires : [3]

4.2.3 Les enquêtes origine destination :

Il est plus souvent opportun de compléter les informations recueillies à travers des comptages par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux, on peut recourir en fonction du besoin, à diverse méthodes, lorsque l'enquête est effectuée sur tous les accès à une zone prédéterminée (une agglomération entière, une ville ou seulement un quartier) on parle d'enquête cordon.

Cette méthode permet en particulier de recenser les flux de trafic inter zonaux, en définissant leur origine et destination.

4.3 Différents types de trafics :**4.3.2 Trafic normal :**

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre compte du nouveau projet.[5]

4.3.3 Trafic dévie :

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. En d'autre terme la déviation de trafic n'est qu'un transfert entre les différentes routes qui atteignent le même point. [5]

4.3.4 Trafic induit :

C'est le trafic qui résulte de : [5]

- ❖ Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.
- ❖ Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due une facilité apportée par le nouvel aménagement routier

4.3.5 Trafic total :

C'est le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévie. [5]

4.4 Calcul de la capacité :

4.4.2 Définition de la capacité :

La capacité est le nombre des véhicule qui peuvent raisonnablement passer sur une direction de la route « ou deux directions » durant une période bien déterminée.

La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire, elle dépend : [6]

- ❖ Les conditions de trafic.
- ❖ Les conditions météorologiques.
- ❖ Des caractéristiques géométriques de la route (nombre et largeur des voies).
- ❖ Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs).

4.4.3 La procédure de détermination de nombre de voies :

Le choix du nombre de voie résulte de la comparaison entre l'offre et le demande, c'est-à-dire le débit admissible et le trafic prévisible à l'année d'horizon. Pour cela il est donc nécessaire d'évaluer le débit horaire à l'heure de pointe pour la vingtième année d'exploitation. [6]

- ❖ Calcul de TMJA à l'horizon :

La formule qui donne le trafic moyen journalier annuel à l'année horizon est : [6]

$$TMJA_h = TMJA_0 (1 + \tau)^n$$

Avec :

TMJA_h : le trafic à l'année horizon.

TMJA₀ : le trafic à l'année de référence.

n : nombre d'année.

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

4.4.3.1 Calcul de trafic effectif :

C'est le trafic traduit en **unité de véhicules particulier (UVP)**, en fonction de type de route et de l'environnement.

Pour cela on utilise des coefficients à d'équivalence pour convertir les PL en (UVP). Le trafic effectif est donné par la relation suivante : [6]

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

Avec :

T_{eff} : trafic effectif à l'année horizon en (UVP).

z : pourcentage de poids lourd.

p : coefficient d'équivalence pour le poids lourds.

Tableau 1.1 : Coefficient d'équivalence p . [6]

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

Tableau 1.2 : Type d'environnement. [6]

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

Notre projet est de l'environnement E1 puis qu'on a une sinuosité faible et un relief plat.

✚ **Catégorie de la route**

Les routes algériennes sont classées en cinq catégories fonctionnelles correspondant aux finalités économiques et administratives des itinéraires considérés ; cependant la route de notre projet appartient à la catégorie C3.

4.4.3.2 Débit de pointe horaire normal :

Le débit de pointe horaire normal est une fraction de trafic effectif à l'horizon, il est donné par la formule : [6]

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

Avec :

Q : débite de pointe horaire (UVP).

n : nombre d'heure, (en général $n = 8$ heure).

T_{eff} : trafic effectif.

4.4.3.3 Débit horaire admissible :

Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par application de la formule : [6]

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

Avec :

K₁ : coefficient lié à l'environnement.

K₂ : coefficient de réduction de capacité.

C_{th} : capacité théorique par voie qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

❖ Valeur de **K₁** :

Tableau 1.3 : coefficient lié à l'environnement. [6]

Environnement	E1	E2	E3
K1	<u>0.75</u>	0.85	0.90 à 0.95

❖ Valeur de **K₂** :

Tableau 1.4 : coefficient de réduction de capacité. [6]

Environnement	1	2	3	4
E1	<u>1.00</u>	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96

- ❖ Valeur de C_{th} :

Tableau 1.5 : valeur de la capacité théorique. [6]

Nombre des voies de la route	Capacité théorique (UVP/h)
Route à 2 voies de 3.5m	<u>1500 à 2000</u>
Route à 3 voies de 3.5m	2400 à 3200
Route à chaussée séparée	1500 à 1800

4.5 Détermination du nombre des voies :

- ❖ Cas d'une Chaussée Bidirectionnelle : On compare Q à Q_{adm} et on prend le profil permettant d'avoir : [6]

$$Q_{adm} \geq Q$$

- ❖ Cas d'une Chaussée Unidirectionnelle : Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport : [6]

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

Avec :

S : coefficient de dissymétrie, en général égal à 2/3.

Q_{adm} : débit admissible par voie.

4.6 Application au projet :

4.6.2 Les données du trafic :

D'après les résultats de trafic qui nous ont été fournis par DTP qui sont les suivants :

DTP : direction des travaux publics

- ❖ TMJA 2013 = 3500v/j
- ❖ Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 4\%$
- ❖ La vitesse de base sur le tracé $V_B = 80 \text{ Km/h}$
- ❖ Le pourcentage de poids lourds $Z = 30\%$
- ❖ L'année de mise en service 2015
- ❖ La durée de vie estimée de 20 ans

❖ Catégorie	C3
❖ L'environnement	E1

4.6.3 Calcul de TMJA à l'horizon :

$$TMJA_h = TMJA_0 (1 + \tau)^n$$

Avec :

$TMJA_h$: le trafic à l'année horizon l'année de mise en service (2015).

$TMJA_0$: le trafic à l'année de référence(2013).

$$TMJA_{2015} = 3500(1 + 0.04)^2 = 4790 \text{ v/j}$$

$$\text{Donc : } TMJA_{2015} = 4790 \text{ v/j}$$

Trafic à l'année (2035) pour une durée de vie de 20 ans

$$TMJA_{2035} = 4790 \times (1 + 0,04)^{20} = 10496 \text{ v/j}$$

$$\text{Donc : } TMJA_{2035} = 10496 \text{ v/j}$$

4.6.4 Calcul de trafic effectif :

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

Avec: z : pourcentage de poids lourd on a $z = 30\%$.

p : coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds pour une route à deux voies et un environnement E1 on a $P = 3$.

$$T_{\text{eff}2015} = 4790 \times [(1 - 0.30) + 3 \times 0.30] = 7664 \text{ UVP/j}$$

$$\text{Donc : } T_{\text{eff}2015} = 7664 \text{ UVP/j}$$

$$T_{\text{eff}2035} = 10496 \times [(1 - 0.30) + 3 \times 0.30] = 16794 \text{ UVP}$$

$$\text{Donc : } T_{\text{eff}2035} = 16794 \text{ UVP/j}$$

4.6.5 Débit de pointe horaire normal :

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

Avec :

$1/n$: coefficient de pointe horaire pris est égale à 0.12 ($n = 8$ heure).

❖ **Année de mise en service**

$$Q_{2015} = 0.12 \times T_{\text{eff}2015}$$

$$Q_{2015} = 0.12 \times 7664 = 920 \text{ UVP/h}$$

$$\text{Donc : } Q_{2015} = 920 \text{ UVP/h}$$

❖ **Année horizon**

$$Q_{2035} = 0.12 \times T_{\text{eff}2035}$$

$$Q_{2035} = 0.12 \times 16794 = 2016 \text{ UVP/h}$$

$$\text{Donc : } Q_{2035} = 2016 \text{ UVP/h}$$

Calculons tout d'abord la capacité théorique

$$\left. \begin{array}{l} Q_{\text{adm}} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{\text{th}} \\ Q_{\text{adm}} \geq Q \\ K_1 = 0.75 \\ K_2 = 1 \end{array} \right\} C_{\text{th}} = Q / (K_1 \cdot K_2 \cdot C_{\text{th}})$$

Avec :

Q : de l'année de mise en service

$$C_{\text{th}} \geq 920 / (0.75 \times 1)$$

$$\text{Donc : } C_{\text{th}} \geq 1227 \text{ UVP/h}$$

4.6.6 Débit horaire admissible :

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

Avec :

$$\left. \begin{array}{l} \text{Catégorie C3 } K_1 = 0.75 \\ \text{Environnement E1 } K_2 = 1 \end{array} \right\}$$

$$C_{\text{th}} = 1227$$

$$Q_{\text{adm}} = 0.75 \times 1 \times 1227$$

$$\text{Donc : } Q_{\text{adm}} = 920.25 \text{ UVP/h}$$

4.6.7 Détermination du nombre des voies :

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

Avec:

$$S = 2/3$$

$$n = (2/3) \times (920/920.25) = 0,67 \approx 1$$

Donc : $n = 1$ voies/sens

4.6.8 Calcul de l'année de saturation de 1voies :

$$T_{eff2015} = 7664 \text{ UVP/j}$$

$$Q_{2015} = 920 \text{ UVP/h}$$

$$Q_{adm} = 920.25 \text{ UVP/h}$$

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

$$Q_{saturation} = 4 \times 920.25 = 3681 \text{ UVP/h}$$

$$\text{Donc : } Q_{saturation} = 3681 \text{ UVP/h}$$

$$Q_{saturation} = (1 + \tau)^n \times Q_{2015} \Rightarrow n = \frac{\ln\left(\frac{Q_{sat}}{Q}\right)}{\ln(1+\tau)}$$

$$n = \frac{\ln\left(\frac{3681}{920}\right)}{\ln(1+0.04)} = 36 \text{ ans}$$

Donc : $n = 36$ ans

D'où notre route sera saturée 36 ans après la mise en service donc l'année de saturation est Année : 2041.

Tableau 1.6 : Récapitulatif des résultats du calcul.

Les calculs sont représentés dans le tableau suivant :

TJMA₂₀₀₇ (v/j)	TJMA₂₀₁₅ (v/j)	TJMA₂₀₃₅ (v/j)	T_{eff 2015} (uvp/j)	T_{eff 2035} (uvp/j)	Q₂₀₁₅ (uvp/h)	Q₂₀₃₅ (uvp/h)	n
3500	4790	10496	7664	16794	920	2016	1

4.7 Conclusion :

Le profil en travers retenu pour notre projet est défini comme suit :

Chaussée bidirectionnelle chaque sens de 3.80 m est des accotements de 1.70 m.

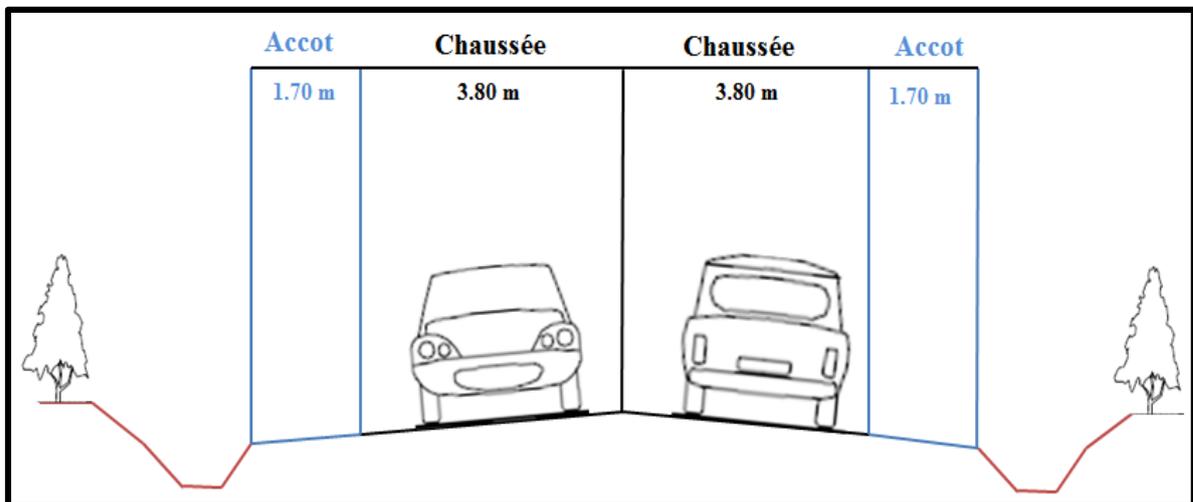


Figure 1.2 : Schéma explicatif d'une Coupe transversale de la chaussée prévue.

CHAPITRE 2 :
CARACTERISTIQUE GÉOMÉTRIE DE
LA ROUTE

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. De plus 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.
- ❖ Profil en long.
- ❖ Profil en travers.

2. TRACÉ EN PLAN :

2.1.Définition :

Le tracé en plan est une 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 et la vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier. [6]

2.2.Règles à respecter dans le tracé en plan (cas général) :

Pour obtenir un bon tracé dans les normes on essaie : [6]

Appliquer les normes de B40 si possible.

- ❖ Eviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour de raison économiques.
- ❖ Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- ❖ Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- ❖ Respecter la cote des plus hautes eaux.
- ❖ Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- ❖ Respecter la longueur minimale de l'alignement droit si c'est possible.
- ❖ Se raccorder sur les réseaux existants.

2.3.les éléments de tracé en plan :

Un tracé en plan est constitué de trois éléments (comme il est schématisé ci-dessous) : [6]

- ❖ Des droites (alignements)
- ❖ Des arcs de cercle
- ❖ Des courbes de raccordement progressives

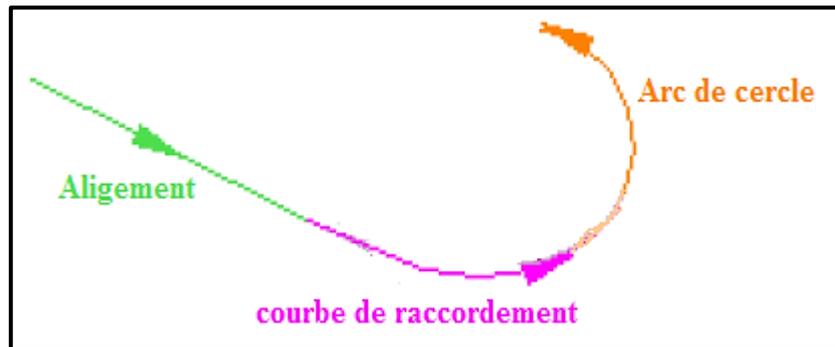


Figure 2.1 : les éléments de tracé en plan.

2.3.1. 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 sont raccordées par une courbe une C ou Ove. [6]

❖ Longueur minimale :

Celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps T d'adaptation. [6]

$$L_{\min} = T \times V_B$$

Avec V_B : vitesse de base en (m/s) et $T = 5$ s

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

❖ Longueur maximale :

Pour réduire les effets de la 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). [6]

D'après B40 on a : $L_{\max} = T \times V_B$

$$L_{\max} = T \times V_B$$

Avec V_B vitesse de base en (m/s) et $T = 60$ 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.

2.3.2. Arcs de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures : [6]

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

➤ Stabilité en courbe :

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

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

Les rayons en plans dépendent des facteurs suivants : [4]

- ❖ Force centrifuge F_c .
- ❖ Poids de véhicule P .
- ❖ Accélération de la pesanteur G .
- ❖ Dévers d .

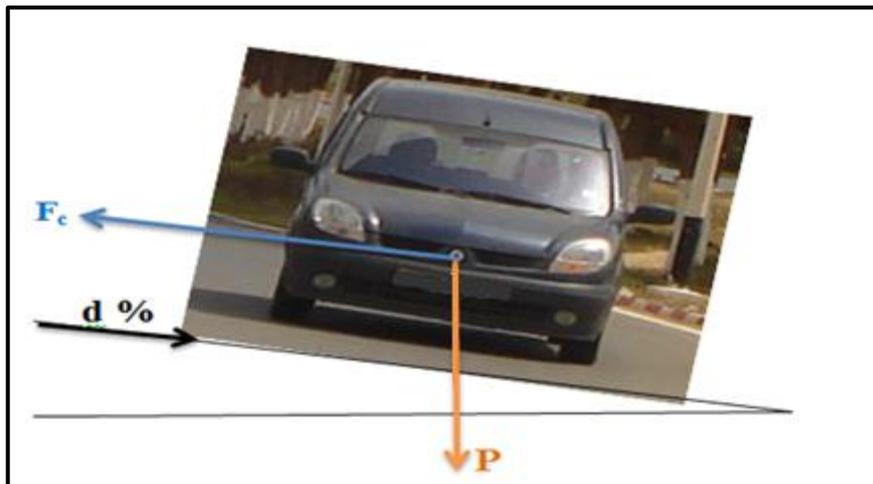


Figure 2.2 : Force centrifuge.

- ❖ Rayon horizontal minimal absolu (R_{Hmin}) :

Il est défini comme étant le rayon au dévers maximal : [6]

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

Avec :

f_t : coefficient de frottement transversal.

❖ **Rayon minimal normal (RHn) :**

Le rayon minimal normal (R_{Hn}) doit permettre à des véhicules dépassant V_{Bde} 20Km/h de rouler en sécurité. [6]

$$R_{Hn} = \frac{(V_r + 20)^2}{127 (f_t + d_{\max})}$$

❖ **Rayon au dévers minimal (RHd) :**

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et 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.

Dévers associé $d_{\min} = 2.5\%$ en catégorie 1-2. [6]

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

❖ **Rayon minimal non déversé (RHnd) :**

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toi et le dévers est négatif pour l'un des sens de circulation ; le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non déversé (R_{Hnd}). [6]

$$RH_{nd} = \frac{V_r^2}{127 \times 0.0035}$$

Pour notre projet qui situé dans un environnement (E1), classé en catégorie (C3) avec une vitesse de référence 80 km/h et à partir du règlement Algérien B40 on peut déterminer le tableau suivant :

Tableau 2.1 : Rayons du tracé en plan. [6]

Paramètre	symboles	valeurs
Vitesse de référence (Km/h)	V_r	80
Divers maximal (%)	D_{max}	7
Rayon horizontal minimal (m)	RH_m (7%)	250
Rayon horizontal normal (m)	RH_n (5%)	450
Rayon horizontal déversé (m)	RH_d (2.5%)	1000
Rayon horizontal non déversé (m)	RH_{nd} (- 2.5%)	1400

2.3.3. Courbe de raccordement (CR) :

Une trace rationnelle de route moderne comportera des alignements, des arcs de cercle ; et entre eux des tronçons de raccordement de courbure progressive, passant de la courbure ($R = \text{infini}$) à l'extrémité de l'alignement à la courbure $1/R$ au début du cercle du virage. [7]

➤ Rôle et nécessité des courbes de raccordement :

L'emploi du CR se justifie par les quatre conditions suivantes : [7]

- ❖ Stabilité transversale du véhicule.
- ❖ Confort des passagers du véhicule.
- ❖ Transition de la forme de la chaussée.
- ❖ Tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

➤ Type de courbe de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désiré d'une variation continue de la courbure, on a retenu les trois courbes suivantes : [7]

a. Parabole cubique :

Cette courbe est d'un emploi très limité vu le maximum de sa courbure vite atteint (utilisée dans les tracés de chemin de fer).

b. Lemniscate :

Courbe utilisée pour certains problèmes de tracés de routes « trèfle d'autoroute » sa courbure est proportionnelle à la longueur de rayon vecteur mesuré à partir du point d'inflexion.

c. Clothoïde :

La clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue des l'origine ou il est infini jusqu'au point asymptotique ou il est nul.

La courbure de la clothoïde, est linéaire par rapport à la longueur de l'arc ; parcourue à vitesse constante.

La clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

❖ Condition optique :

La Clothilde doit aider à la lisibilité de la route on a morçons le virage, la rotation de la tangente doit être $\geq 3^\circ$ pour être perceptible à l'œil. [6]

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

D'après les règles générales de (B40):

$$R \leq 1500\text{m} \quad \Delta R = 1\text{m} \quad (\text{éventuellement } 0.5\text{m}) \quad L = \sqrt{24R\Delta R}$$

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

$$R > 5000\text{m} \quad \Delta R = 2.5\text{m} \quad L = 7.75 \sqrt{R}$$

❖ Condition de confort dynamique :

Cette condition Consiste à limite pendant le temps de parcouru Δt du raccordement, la variation, par unité de temps, de l'accélération transversale. [6]

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

Avec :

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

R : rayon en (m).

Δd : variation de dévers.

❖ Condition de gauchissement :

Cette condition a pour objet d'assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation des dévers. Elle s'explique dans le rapport à son axe. [6]

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

Avec :

L : longueur de raccordement.

l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers.

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

2.4. Combinaison des éléments du tracé en plan :

La combinaison des éléments du tracé en plan donne plusieurs types de courbes, on cite. [6]

2.4.1. 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. [6]

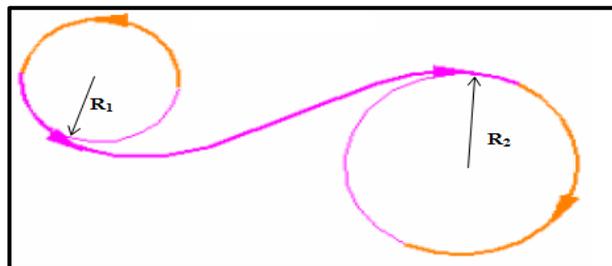


Figure 2.3 : Courbe en S

2.4.2. 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. [6]

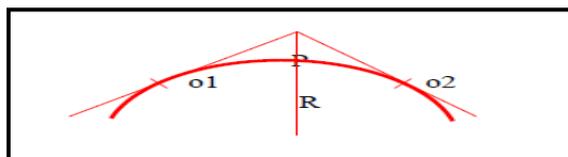


Figure 2.4 : Courbe à sommet

2.4.3. 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. [6]

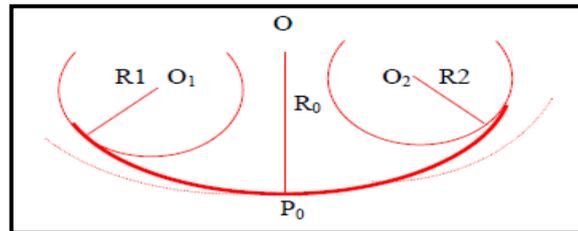


Figure 2.5 : Courbe en C

2.4.4. Courbe en Ove :

Un arc de clothoïde raccordant deux arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique. [6]

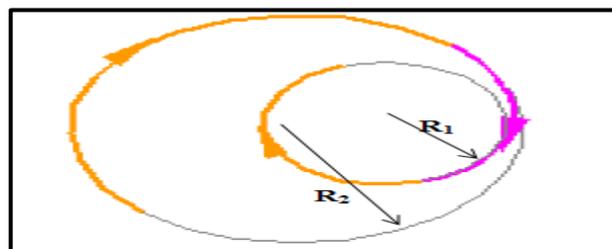


Figure 2.6 : Courbe en ove

3. PROFIL EN LONG :

3.1.Définition :

Un profil en long est la représentation d'une coupe verticale suivant l'axe d'un projet linéaire (route, voie ferrée, canalisation, etc.). Le profil en long est complété par des profils en travers qui sont des coupes verticales perpendiculaires à l'axe du projet.

Leur établissement permet en général le calcul des mouvements de terres (cubatures) et, par exemple, permet de définir le tracé idéal d'un projet de manière à rendre égaux les volumes de terres excavés avec les volumes de terre remblayés. (pas toujours facile !!)

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

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

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développée et représentée sur un plan à une échelle (n'est pas une projection horizontal).

Il est toujours composé des éléments de lignes droites inclinées (rampes et pentes) et arcs de cercle tangents aux droites, constituant les raccordements verticaux (convexes et concaves).

Le pourcentage de déclivité dans les rampes et pente est choisi de manière à : [6]

- ❖ Assurer une circulation sans gêne due au trafic de poids lourds en limitant les valeurs des rampes si possible aux valeurs des normes, ou en créant des voies supplémentaires pour les poids lourds.
- ❖ Assurer l'évacuation des eaux de la plateforme dans les sections longues en déblais ou dans les zones de devers nul par la création des pentes longitudinales.
- ❖ Le passage d'une déclivité à une déclivité suivante est adouci par l'aménagement de raccordement circulaire dont on distingue :
 - ✓ Rayon en angle saillant (ou convexe).
 - ✓ Rayon en angle rentrant (ou concave).

Pour le calcul des deux raccordements on tient compte du problème de visibilité pour le premier et le problème de confort pour le deuxième.

3.2.Trace de la ligne rouge (ligne projet) :

Le tracé de la ligne rouge représente la surface de roulement du nouvel aménagement retenu n'est pas arbitraire mais doit répondre aux exigences suivantes : [6]

- ❖ Minimiser les terrassements, en cherchant l'équilibre adéquat entre le volume de remblais et de déblais.
- ❖ Ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les normes.

- ❖ Eviter de maintenir une forte déclivité sur une grande distance.
- ❖ Eviter d'introduire un point bas du profil en long dans une partie en déblais.
- ❖ Au changement de déclivité (butte ou creux) on raccordera les alignements droits par des courbes paraboliques.
- ❖ Assurer une bonne coordination du tracé en plan et le profil en long.
- ❖ Opter pour une déclivité minimale de 0.5 % de préférence qui permettra d'éviter la stagnation des eaux pluviales.

3.3. Les éléments constituant la ligne rouge :

3.3.1. Les alignements :

Sont des segments droits caractérisés par leurs déclivités. [6]

3.3.2. La Déclivité :

On appelle déclivité d'une route, la tangente des segments de profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées. [6]

✓ Déclivité minimale :

Dans les tronçons de route absolument horizontaux ou le palier, pour la raison d'écoulement des eaux pluviales car la pente transversale seule ne suffit pas, donc les eaux vont s'évacuer longitudinalement à l'aide des canalisations ayant des déclivités suffisantes leur minimum vaut 0.5% et de préférence 1%. [6]

✓ Déclivité maximale :

Elle dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée qui concerne tous les véhicules, et aussi de la réduction de la vitesse qu'il provoque qui concerne le poids lourd doit. et selon (B40) elle doit être inférieure à une valeur maximale associée à la vitesse de base.

Tableau 2.2 : valeurs de la déclivité maximale : [6]

V_r (Km/h)	80
I_{max} (%)	6

3.4. Raccordement du profil en long :

Le changement de déclivité constituent des points particulier dans le profil en, ce changement est assurer par l'introduction de raccordement circulaire qui doit satisfaire aux conditions de confort et de visibilité.

Il y a deux types de raccordements : [6]

3.4.1. Raccordement convexe (saillants) :

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angle saillant sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain.

Les conceptions doivent satisfaire aux conditions suivantes : [6]

- ❖ de confort.
- ❖ de visibilité.

✓ Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte convexité, le véhicule subit une accélération verticale importante qui modifie sa stabilité et gêne les usagers.

La condition de confort consiste à limiter l'accélération verticale est représentée par la formule suivante :

$$(V_r^2/R_v) \leq (g/40) \iff R_v \geq (40/g) \times V_r^2 \quad \text{pour (cat. 1-2).}$$

$$(V_r^2/R_v) \leq (g/30) \iff R_v \geq (30/g)$$

$$\times V_r^2 \quad \text{pour (cat. 3-4-5).}$$

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

R_v : 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 :

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

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

✓ **Condition de visibilité :**

La visibilité est assurée lorsque l'œil d'un conducteur aperçoit la partie supérieure de la voiture qui vient à sa rencontre ou s'arrêter. Le rayon devrait assurer la visibilité d'un obstacle éventuel à une distance de manœuvre de dépassement d_1 déterminée par la relation :

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

Avec :

d : distance d'arrêt (m).

h_0 : hauteur de l'œil (m).

h_1 : hauteur de l'obstacle (m).

Les rayons assurant ces deux conditions sont données pour les normes en fonction de la vitesse de base, la catégorie de la route et l'environnement, pour choix bidirectionnelle et pour une vitesse de base $V_r = 80 \text{ Km/h}$, la catégorie **C3** et pour l'environnement **E1** on a :

Tableau 2.3: Rayons verticaux pour un angle saillant. [6]

Catégorie		C3
Environnement		E1
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

3.4.2. 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 : [6]

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

Pour une vitesse $V_B = 80 \text{ km/h}$ et catégorie **C3** et l'environnement **E1** on a le tableau suivant :

Tableau 2.4: Rayons verticaux pour un angle rentrant. [6]

Catégorie		C3
Environnement		E1
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

3.5. Calcul de profil en long :

3.5.1. Cas d'un rayon concave

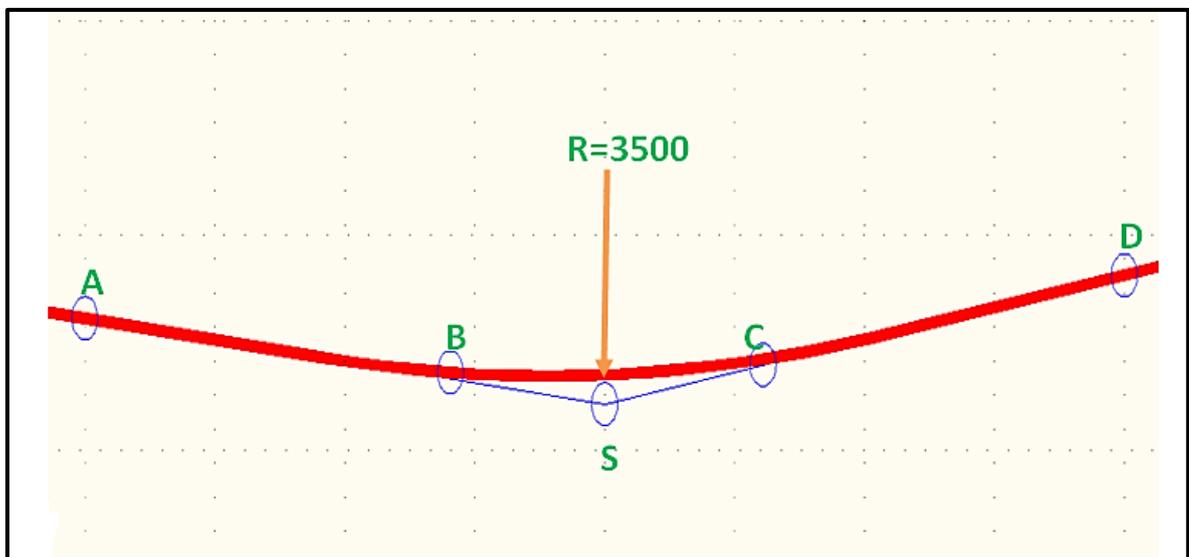


Figure 2.7 : courbe concave.

$$A \begin{cases} AK_0 = 93\text{m} \\ Z_A = 1572.20\text{m} \end{cases}$$

$$S \begin{cases} AK_0 = 500.6\text{m} \\ Z_S = 1092\text{ m} \end{cases}$$

$$D \begin{cases} AK_0 = 635.52\text{m} \\ Z_D = 1294\text{m} \end{cases}$$

❖ Calcul des pentes :

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

$$P_1 = \frac{1092 - 1572.20}{500.6 - 93} \times 100$$

$$P_1 = -1.179 \%$$

$$R_1 = \frac{\Delta Z_2}{\Delta PK_2} \times 100$$

$$R_1 = \frac{1294 - 1092}{635.52 - 500.6} \times 100$$

$$P_2 = 1.497 \%$$

❖ calcul des tangentes :

$$T = \frac{R}{2} |R_1 - P_1|$$

$$T = \frac{8000}{2} \times |0.01497 + 0.01179|$$

$$T = 107 \text{ m}$$

❖ Calcul des flèches :

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

$$H = \frac{107^2}{2 \times 8000}$$

$$H = 0.716 \text{ m}$$

❖ Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$B \begin{cases} AK_B = AK_S - T = 393.6 \text{ m} \\ Z_B = Z_S - T \times P_1 = 1218.153 \text{ m} \end{cases}$$

$$C \begin{cases} AK_C = AK_S + T = 607.6 \text{ m} \\ Z_C = Z_S + T \times P_2 = 1252.179 \text{ m} \end{cases}$$

3.5.2. Cas d'un rayon convexe:

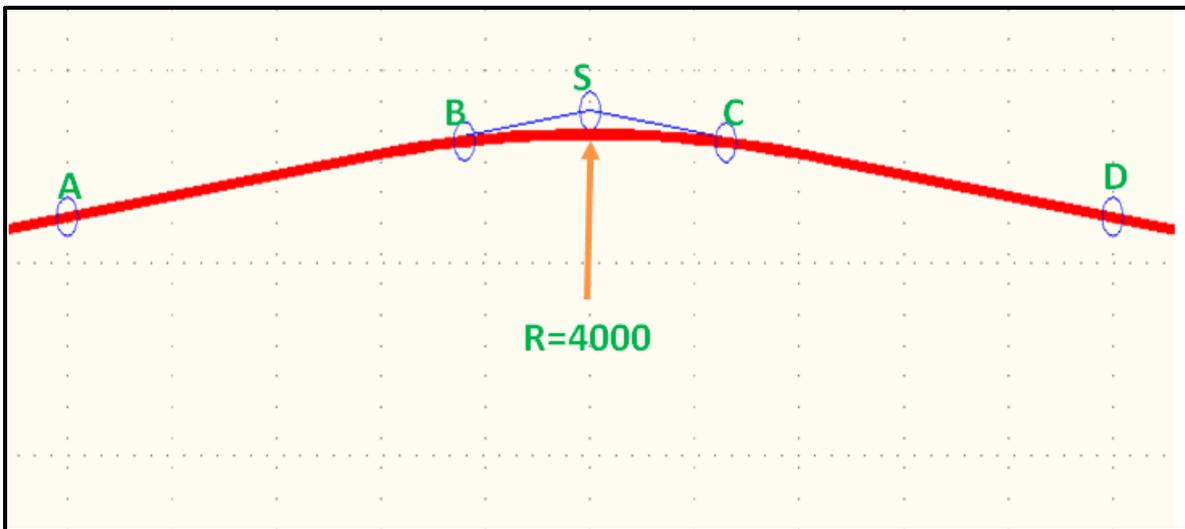


Figure 2.8 : courbe convexe.

$$A \begin{cases} AK_1 = 607.6 \text{ m} \\ Z_A = 1252.179 \text{ m} \end{cases}$$

$$S \begin{cases} AK_1 = 716.4 \text{ m} \\ Z_S = 1415 \text{ m} \end{cases}$$

$$D \begin{cases} AK_1 = 1000 \text{ m} \\ Z_D = 1075 \text{ m} \end{cases}$$

❖ Calcul des pentes :

$$R_2 = \frac{\Delta Z_1}{\Delta AK_1} \times 100$$

$$R_2 = \frac{1415 - 1252.179}{716.4 - 607.6} \times 100$$

$$R_2 = 1.497 \%$$

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

$$P_2 = \frac{1075 - 1415}{1000 - 716.4} \times 100$$

$$P_2 = -1.197 \%$$

❖ calcul des tangentes :

$$T = \frac{R}{2} |P_2 - R_2|$$

$$T = \frac{6000}{2} \times |-0.01197 - 0.01497|$$

$$T = 80.82 \text{ m.}$$

❖ Calcul des flèches :

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

$$H = \frac{80.82^2}{2 \times 4000}$$

$$H = 0.816 \text{ m}$$

❖ Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$B \begin{cases} AK_B = AK_S - T = 635.58 \text{ m} \\ Z_B = Z_S - T \times |R_2| = 1294 \text{ m} \end{cases}$$

$$C \begin{cases} AK_C = AK_S + T = 797.22 \text{ m} \\ Z_C = Z_S + T \times |P_2| = 1318.25 \text{ m} \end{cases}$$

4. PROFIL EN TRAVERS :

4.1.Définition :

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]

4.2.Les types de profil en travers :

4.2.1. Le profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes.

L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la cote du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements. [4]

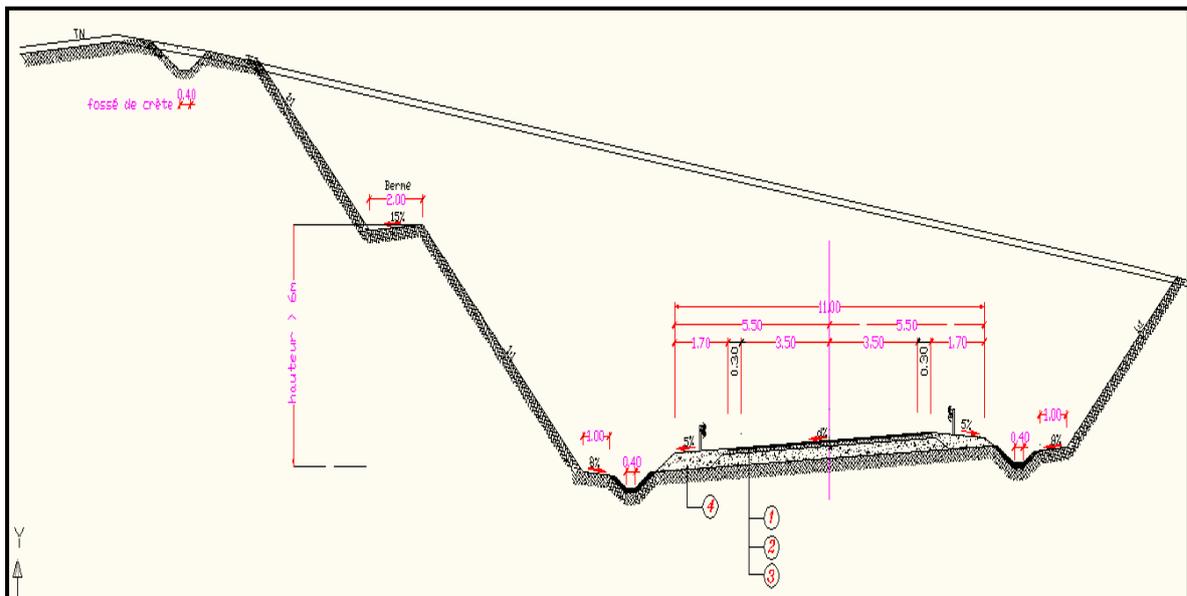


Figure 2.9: profil en travers type en déblai.

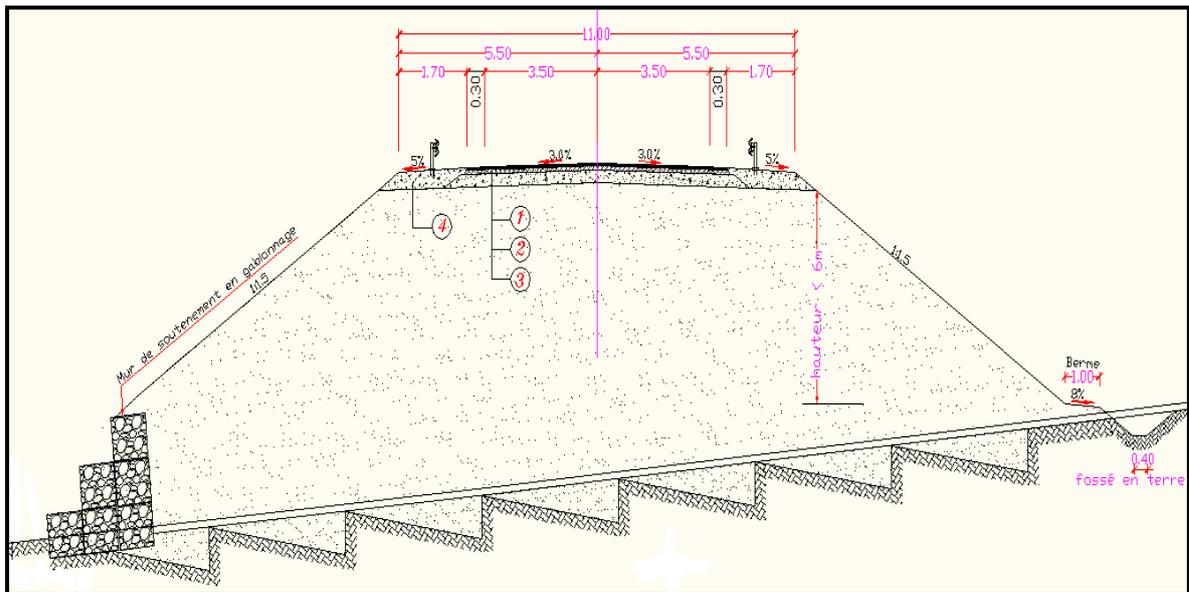


Figure 2.10 : profil en travers type en remblai.

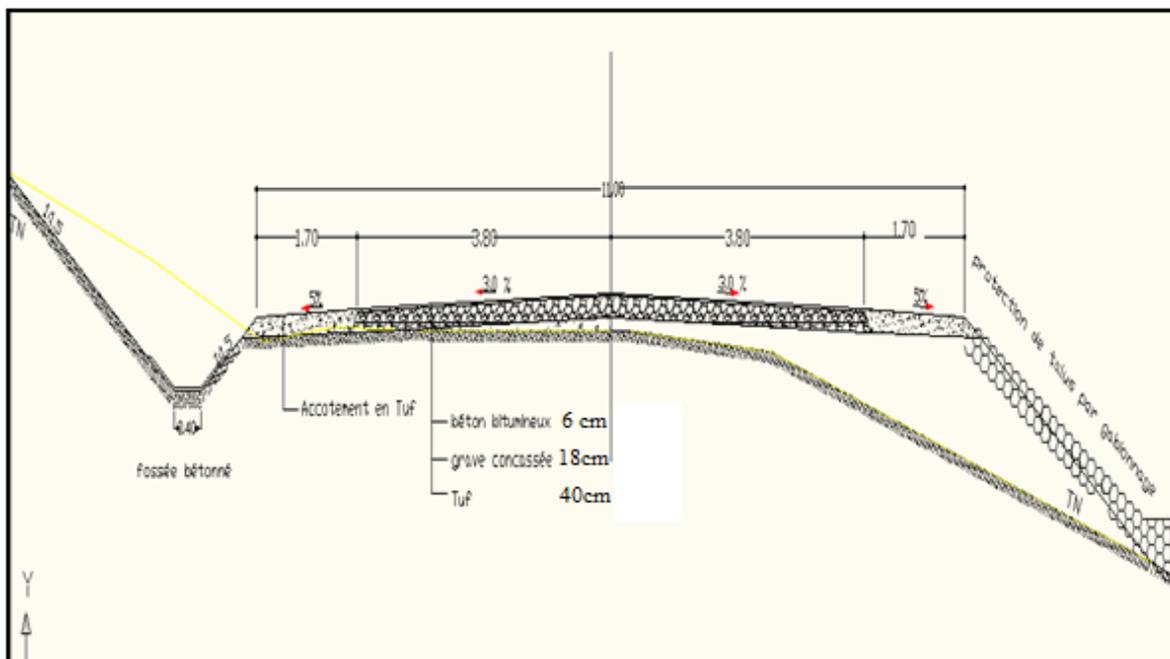


Figure 2.11 : profil en travers type mixte.

4.2.2. Le profil en travers courant :

Ce sont des profils dessinés à des distances régulières qui dépendent du terrain naturel (accidenté ou plat). [4]

4.3. Les éléments constitutifs du profil en travers

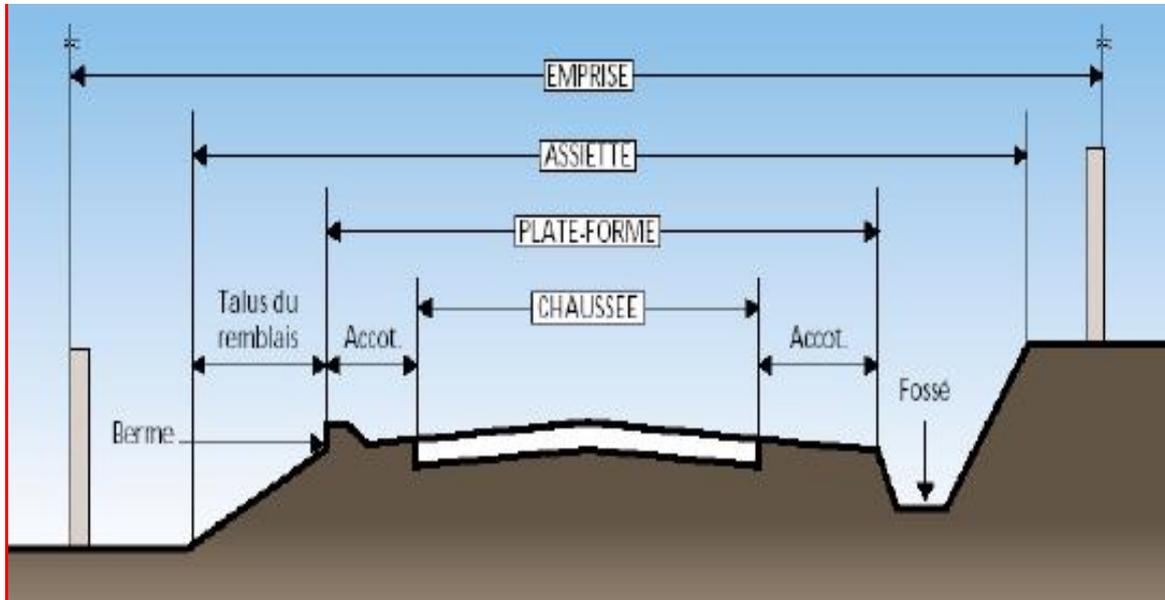


Figure 2.12: Les éléments du profil en travers.

Le profil en travers doit être constitué par les éléments suivants: [5], [6]

- ❖ **La chaussée** : Surface de la route aménagée pour la circulation des véhicules. Au sens structural c'est l'ensemble des couches de matériaux qui supportent le passage des véhicules.
- ❖ **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 terre-pleins et les bandes d'arrêts.
- ❖ **L'assiette** : Champ du terrain occupée par la chaussée, elle comprend les accotements ; les fossés et l'encombrement total des ouvrages.
- ❖ **L'emprise** : C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc....) limitée par le domaine public.
- ❖ **Les accotements** : Zones latérales qui bordent extérieurement la chaussée. Les accotements sont « dérasés » s'ils sont au même niveau que la chaussée. Ils sont « surélevés » dans le cas contraire.
- ❖ **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.

- ❖ **Berme** : Partie latérale non rouable de l'accotement, bordant une B.A.U ou une bande dérasée, et généralement engazonnée.
- ❖ **B.A.U** : Partie de l'accotement, contigu à la chaussée, dégagée de tout obstacle et revêtue, aménagée pour permettre l'arrêt d'urgence des véhicules hors de la chaussée, elle inclut la sur largeur structurelle de la chaussée.
- ❖ **Banquette** : Parapet de terre établi le long d'une route.
- ❖ **Caniveau** : Bordure extérieure de la chaussée aménagée pour l'écoulement de l'eau.

5. CONCLUSION :

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 :

- ❖ Deux chaussées de deux voies de 3,80m chacune : $(2 \times 3.80) = 7.60\text{m}$.
- ❖ Un accotement de 1.70m à chaque côté droit de la chaussée =1.70 m.

CHAPITRE 3 :

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE ET

DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE

CHAUSSÉE

1. INTRODUCTION :

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

Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs.

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.

L'exécution d'un projet routier nécessite une bonne connaissance des terrains traversés; Et qui s'exige des reconnaissances géotechniques.

1.1. Etude géotechnique : [8] et [20]

La géotechnique est une science qui permet d'étudier les propriétés des sols et des roches en fonction des projets et des constructions telles que les routes et les ouvrages d'arts. La géotechnique joue un rôle essentiel dans tous les travaux de génie civil et d'aménagements. On peut citer :

- ❖ les fondations des ouvrages : bâtiments, ponts, usines, silos...
- ❖ les ouvrages de soutènement
- ❖ la stabilité des pentes naturelles et des talus
- ❖ les terrassements : routes, autoroutes, voies ferrées...
- ❖ les V.R.D. et chaussées
- ❖ les tunnels et travaux souterrains
- ❖ les barrages et notamment digues et barrages en terre
- ❖ les ouvrages fluviaux, portuaires et maritimes
- ❖ l'hydrogéologie et la protection de l'environnement

1.1.1. Les moyens de la reconnaissance :

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

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

Les études antérieures effectuées au voisinage du tracé sont source précieuse D'informations préliminaires sur la nature des terrains traversés.

Les cartes géologiques et géotechniques de la région, lorsqu'elles existent, peuvent aussi apporter des indications assez sommaires mais tout aussi précieuses pour avoir une première idée de la nature géologiques et géotechniques des formations existantes.

➤ **Les visites sur site et les essais « in-situ » :**

Les visites sur site permettent de vérifier et de préciser les informations déjà recueillies sur les documents précédemment cités. Dépendant, la connaissance précise des caractéristiques des sols en présence nécessite des investigations «in-situ» permettant:

- ❖ Soit la mesure de certaines caractéristiques en place.
- ❖ Soit le prélèvement d'échantillons pour les besoins d'essais de laboratoire.

Pour ce projet ils sont basé à un seul type des essais :

a. Les sondages :

C'est le seul moyen précis pour reconnaître l'épaisseur et la nature des couches des sols en présence, on y prélève généralement des échantillons de sols remaniés ou intacts pour les besoins d'essais de laboratoire.

Les forages permettent aussi de reconnaître le niveau des nappes éventuelles et le suivi de leur niveau à l'aide de types piézométrique.

Les forages peuvent être réalisés:[9]

- ❖ **Manuellement:** ce sont des puits creusés à la main ou à la pelle mécanique, la profondeur ne dépasse pas 3 à 4m.

Ils permettent la reconnaissance visuelle directe des parois du puits et le prélèvement d'échantillons intacts et/ou remaniés.

Les puits de reconnaissance sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 3.1 : Récapitulatif des résultats des sondages. [10]

N ° DE PUIITS	POINT KILOMETRIQUE « P. K »	PROFONDEUR (M)	QUALITES DES SOLES
P07	12+000	0.30 à 2.30	Argile brunâtre concrétionnée, carbonatée par endroits.
P08	14+000	1.00 à 2.40	Argile brunâtre finement sableuse par endroits.
P09	16+000	0.90 à 2.40	Marnes brunâtre sombre à brunâtre finement sableuse par endroits légèrement concrétionnée
P10	18+025	0.30 à 2.30	Marnes brunâtre finement sableuse par endroits

P11	20+000	0.26 à 2.30	Marnes brunâtre
P12	22+000	0.70 à 2.50	Marnes brunâtre finement sableuse, graveleuse et renfermant des galets centimétriques à millimétriques
P13	24+150	0.26 à 2.90	Argile brunâtre finement sableuse à sableuse alterné de passées plus sableuse par endroits
P14	26+000	0.30 à 2.60	Marnes beige à brun verdâtre, finement sableuse et passées sableuse vers le sommet
P15	28+075	1 à 2.80	Marnes brunâtre finement sableuse par endroits

➤ **Les différents essais en laboratoire :**

Les différents essais réalisés en laboratoire sont:

a. Les essais physiques :

- ❖ **teneur en eau :** La teneur en eau d'un matériau est le rapport du poids d'eau contenu dans ce matériau au poids du même matériau sec. On peut aussi définir la teneur en eau comme le poids d'eau W contenu par unité de poids de matériau sec.

$$\omega = \frac{W_W}{W_S}$$

ω : La teneur en eau.

W_W : Poids d'eau.

W_S : Poids de matériau sec.

- ❖ **Analyses granulométriques :**

Il s'agit du tamisage (soit au passant de 2 mm, soit au passant de 80 mm) qui permet par exemple de distinguer sols fins, sols sableux (riches en fines) et sols graveleux (pauvres en fines) ; C'est un essai qui a pour objectif de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur. Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique et construite emportant sur un graphique cette analyse se fait en générale par un tamisage. [9]



Figure 3.1 : Analyses granulométriques.

❖ **Limites d'Atterberg :**

Limite de plasticité (WP) et limite de liquidité (WL), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol :

WP sépare l'état solide de l'état plastique et WL sépare l'état plastique de l'état liquide ; les sols qui présentent des limites d'Atterberg voisines, c'est à dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité ($IP = WL - WP$), sont donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau. [9]



Figure 3.2 : Limites d'Atterberg.

b. Les essais mécaniques :

❖ **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. [9]



Figure 3.3 : Essai PROCTOR.

❖ **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. [9]



Figure 3.4 : Essai C.B.R.

Tableau 3.2:Récapitulatif des résultats des Différents Essais. [10]

ESSAIS	PUITS	P.07	P.08	P.09	P.10	P.11	P.12	P.13	P.14	P.15	
		PK 12+000	PK 14+000	PK 16+000	PK 18+025	PK 20+000	PK 22+000	PK 24+150	PK 26+000	PK 28+07 5	
	Profondeur (m)	1,40/1, 60	1,30/1, 50	1,90/2 ,10	1,50/1 ,70	1,50/1 ,70	1,60/1 ,80	1,50/1 ,70	1,50/1 ,70	1,50/ 1,70	
PHYSIQUES	IPI (%)	3,40	8,30	8,30	7,50	6,70	8,20	3,00	7,10	11,20	
	γ_h (T/m ³)	1,64	1,60	1,6	1,71	1,71	1,81	1,59	1,69	1,52	
	γ_d In-situ (T/m ³)	1,39	1,38	1,38	1,46	1,45	1,57	1,36	1,36	1,28	
	W (%)	17,2	16,1	16,1	16,4	18	15,3	17,3	24,1	18,8	
	W _s (%)	34,90	35,4	35,4	31,5	31,9	26,7	36,5	36,5	41,1	
	S _r (%)	49	45	45	52	56	57	47	66	46	
	WL (%)	44,00	38,40	26,40	27,10	51,90	49,60	47,10	35,30	64,30	
	WP (%)	32,10	27,20	15,80	15,10	25,10	28,80	29,70	16,70	44,20	
	IP (%)	11,90	11,20	11,60	12,00	26,80	20,80	17,40	18,60	20,10	
	LR										
	E.S (%)	xxxx	xxxx	xxxx	Xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	
	CaCO ₃ (%)	27,00	32,20	50,00	75,00	45,00	55,00	27,00	45,00	64,00	
	Passant à (%)	5 mm	100	99	99	99	96	85	98	100	100
		1 mm	97	96	96	96	89	74	85	98	99
0.2 mm		94	91	90	88	83	61	61	84	95	
0.1 mm		82	83	81	78	79	56	56	60	94	
20 μ		44	49	50	46	61	30	34	33	74	
2 μ		9	9	8	8	14	6	7	6	18	
MECANIQUES	Proctor Modifié	γ_d OPM (T/m ³)	1,99	1,89	1,90	1,96	1,91	1,90	1,99	1,75	1,65
		W OPM (%)	12,70	15,00	10,00	12,20	17,10	14,90	12,50	19,00	20,70
	Proctor Normal	γ_d OPN (T/m ³)	xxxx	xxxx							
		W OPN (%)	xxxx	xxxx							
	CBR imbibe à 100 % de l'OPM		7,50	5,20	8,30	4,50	7,10	6,40	7,90	4,50	5,60
	CBR Immédiat		20,60	21,10	22,50	21,30	22,10	24,30	28,00	19,90	24,30

1.2. LA CHAUSSÉE :

1.2.1. Définition :

- ❖ **Au sens géométrique:** c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.
- ❖ **Au sens structurel:** c'est l'ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges. [11]

Une chaussée peut être définie comme une structure plane, conçue et dimensionnée pour garantir l'écoulement du trafic dans de bonnes conditions de visibilité, de sécurité et de confort pour les usagers et assurer une fonction pour une période de service minimale fixée au stade de l'élaboration du projet. [12]

1.2.2. Les différentes structures de chaussées :

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

- **Les chaussées souples :** [13]

C'est une structure de chaussée dans laquelle l'ensemble des couches liées qui la constituent, sont traitées aux liants hydrocarbonés.

La couche de fondation et/ou la couche de base peuvent être constituées de grave ne traitée

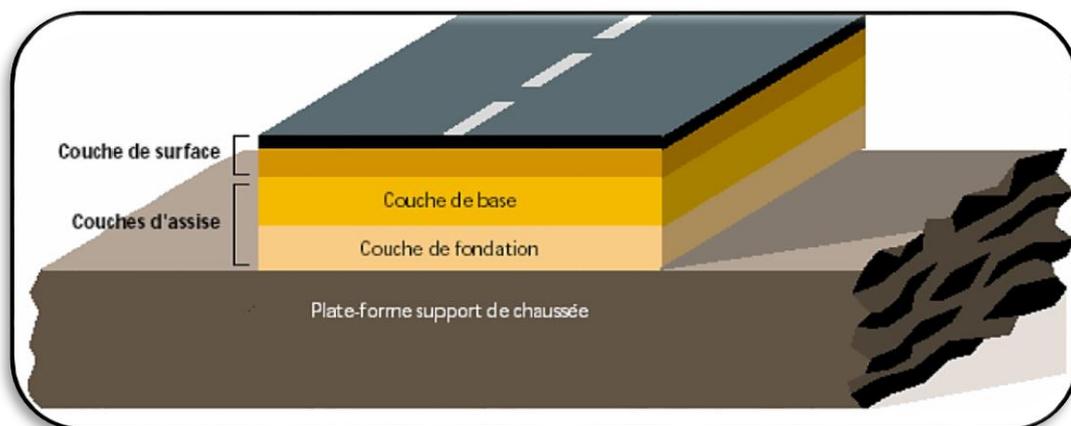


Figure 3.5: structure type d'une chaussée souple.

- **Les chaussées rigides :** [12]

Une chaussée rigide est constituée d'un revêtement en béton de ciment pervibré ou fluide. En règle générale, une chaussée en béton comporte, à partir du sol, les couches suivantes :

- ❖ Une couche de forme .

- ❖ Une couche de fondation.
- ❖ Une couche de roulement en béton de ciment.

Dans le cas d'une chaussée neuve à faible trafic, la couche de fondation n'est pas nécessaire.

La dalle en béton de ciment peut ainsi être réalisée directement sur l'arase terrassement ou sur la plate-forme support de chaussée.

Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.

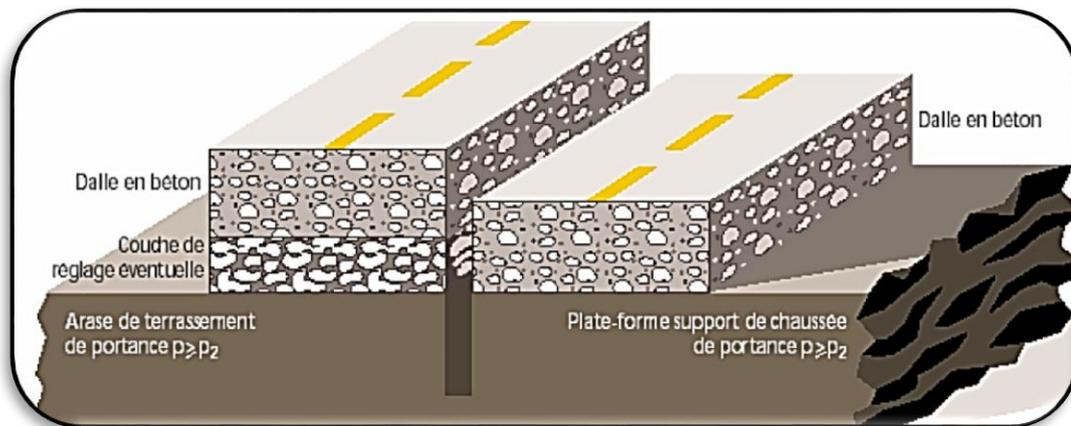


Figure 3.6 : structure type d'une chaussée rigide.

1.2.3. Facteurs pour les études de dimensionnement :

✚ Trafic :

La connaissance du trafic et, principalement du poids lourd, constitue un des éléments essentiels pour un bon dimensionnement de la structure de chaussée. Ce trafic s'exprime généralement par deux paramètres:

- ❖ Le TMJA à la mise en service qui permet de choisir les matériaux nécessaires pour la construction de la chaussée.
- ❖ Le nombre cumulé d'essieux de référence passant sur la chaussée tout au long de sa durée de vie et qui sert à faire le calcul de dimensionnement proprement dit.

Trafic «poids lourd» comprend tous les véhicules dont la charge utile est supérieure ou égale à 5 tonnes. [14]

a. Trafic à la mise en service :

Ce trafic compté sur la base du TJMA est estimé à partir du trafic PL par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service de la route.

On définit, en général, des classes de trafic en fonction du nombre moyen journalier annuel de $PL > 5t$.

Tableau 3.3: Classification des trafics en France. [14]

Classe de trafic	T ₅	T ₄	T ₃		T ₂		T ₁		T ₀		
			T ₃ ⁻	T ₃ ⁺	T ₂ ⁻	T ₂ ⁺	T ₁ ⁻	T ₁ ⁺	T ₀ ⁻	T ₀ ⁺	
MJA (PL/J)	0	25	50	85	150	200	300	500	750	1200	2000

b. Trafic cumulé équivalent (NE) :

Le trafic utilisé pour le dimensionnement est le nombre équivalent d'essieux de référence correspondant au trafic PL cumulé sur la durée de service retenue, il est donné par la relation suivante :

$$NE = N \times CAM$$

L'essieu de référence en vigueur en Algérie est l'essieu de 13 Tonnes.

N: est le nombre cumulé de PL pour la période de calcul de P années.

$$N = 365 \times MJA \times C$$

C: étant le facteur de cumul sur la période de calcul, tel que:

$$C = [(1 + \tau)^P - 1] / \tau$$

Avec:

P: durée de vie.

τ : Taux de croissance de trafic.

CAM: est le coefficient d'agressivité moyenne de PL par rapport à l'essieu de référence.

$$NE = 365 \times MJA \times CAM \times [(1 + \tau)^P - 1] / \tau$$

Tableau 3.4 : Classe de trafic en fonction CAM de poids lourd. [15]

Classe de trafic	T5	T4	T3 ⁻	T3 ⁺	Au-delà
CAM	0.4	0.5	0.7	0.8	0.8 si $e_{20} < 20\text{cm}$
					1.0 si $e > 20\text{cm}$

✚ Le climat et l'environnement :

Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et aux déformations.

L'amplitude des variations de température et la température maximum interviennent dans le choix du liant hydrocarboné.

Les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support et donc sa portance ainsi que les possibilités de réemploi des matériaux de déblai en remblai. [15]

✚ Le sol support :

Les sols support sont, en général, classés selon leur portance, elle même fonction de L'indice CBR.

Ce dernier est, en principe, mesuré à la teneur en eau d'équilibre à long terme du sol support.

Si ce dernier facteur n'est pas connu, on prendra comme paramètres une teneur en eau égale à la limite de plasticité et densité sèche égale à 95 % de la densité à l'O.P.M.

Tableau 3.5 : Portance de sol en fonction de l'indice de CBR. [8]

Portance	1	2	3	4
CBR	<3	3à6	6à10	10à20

✚ Les matériaux :

Les matériaux utilisés doivent être conformes aux exigences en fonction de la couche de chaussée concernée et du trafic PL. [15]

1.2.4. Les principales méthodes de dimensionnement :

✚ Méthode C.B.R «California -Bearing - Ratio»:

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

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre S'obtient par l'application de la formule présentée ci-après. [16]

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

Avec:

e: épaisseur équivalente.

I: indice CBR (sol support).

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

$$N = T_H \cdot \%PL$$

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

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

Avec:

T_0 : trafics actuel (v/j).

m : année de prévision.

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

Log: logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

$$e = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3$$

Avec :

$c_1 \times e_1$: 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.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

Tableau 3.6 : Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau. [8]

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
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	0.80 0.90

✚ Méthode du catalogue des structures «SETRA» :

C'est 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 considère également quatre classes de 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 données :

- ❖ Trafic cumulé de poids lourds à la 15^{ème} année T_j .
- ❖ Les caractéristiques de sol (S_j). [16]

a. Détermination de la classe de trafic :

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

Tableau 3.7 : La classe du trafic poids lourd. [17]

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumulé sur 20 ans
T ₀	<3.5 10 ⁵
T ₁	3.5 10 ⁵ <T<7.3 10 ⁵
T ₂	7.3 10 ⁵ <T<2 10 ⁶
T ₃	2 10 ⁶ <T<7.3 10 ⁶
T ₄	7.3 10 ⁶ <T<4 10 ⁷
T ₅	T>4 10 ⁷

Le trafic cumulé est donné par la formule:

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

Avec :

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

n : durée de vie.

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 en respectant les seuils suivants:

Tableau 3.8 : Classement de sole en fonction de l'indice de CBR. [8]

Classe de sol (Si)	Indice C.B.R
S0	>40
S1	25-40
S2	10-25
S3	05-10
S4	<05

✚ Méthode 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.

Chaque section reçoit l'application d'environ un million des charges roulantes qui permet de préciser les différents facteurs : [17]

- ❖ 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.

✚ La Méthode L.C.P.C «Laboratoire Central des Ponts et Chaussées» : [16]

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

$$T_{eq} = [TJMA \cdot a [(1+Z)^n - 1] \times 0.75 \times P \times 365] / [(1+z)-1]$$

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} , I_{CBR}) à partir de l'abaque L.C.P.C.

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.

✚ Méthode du catalogue des chaussées neuves « CTTTP » : [16]

Les paramètres utilisés dans la méthode du catalogue des chaussées sont: trafic, sol support, environnement et zone climatique.

a. Trafic :

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

Le réseau principal noté RP: il se compose de route reliant:

- ❖ Les chefs-lieux de wilaya tes.
- ❖ Les ports, les aérodromes et les postes frontaliers.
- ❖ Les principales agglomérations et important zone industrielles.

Ce réseau principal se décompose en deux niveaux.

RP1 ($T > 1500V/J$) \Rightarrow RN, Autoroute, CW.

RP2 ($T < 1500V/J$) \Rightarrow RN, CW,....

Le linéaire total du réseau principal RP est de l'ordre de 18.400Km.

Le réseau secondaire RS: Il se compose du reste des routes qui ne sont pas en RP, son linéaire total de 7.900 Km.

✓ **Répartition transversale du trafic :**

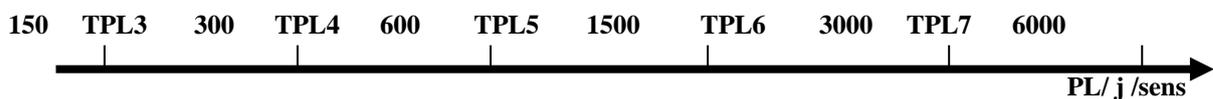
On adoptera les valeurs suivantes:

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

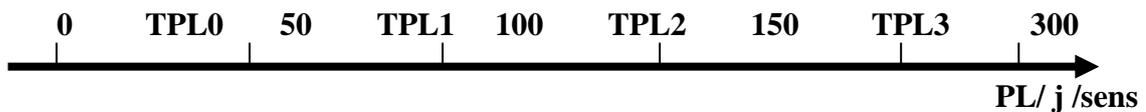
✓ **Détermination de la classe de trafic TPLi :**

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:



b. Détermination des classes de portance de sols :

Le tableau 6.6 regroupe les classes des sols par ordre croissant de S0 à S4.

c. Détermination des classes de portance de sols support :

✓ **Pour les sols sensibles à l'eau:** la portance du sol support est déterminée par:

- ❖ L'essai CBR imbibé à 4 jours pour les zones climatiques I et II.

- ❖ L'essai CBR immédiat pour les zones climatiques III et IV.
- ✓ **Pour les sols insensibles à l'eau:** sols grossiers contenant plus de 25 % d'éléments >20mm, la portance sera déterminée à partir des essais de chargement à la plaque ou des mesures de déflexions ($W_{nat} > W_{opm}$).
- ❖ L'essai de plaque \Rightarrow le module de sol EV2 la déflexion \Rightarrow dc (déformation).
- ❖ Les deux sont reliés par la relation empirique : $EV2 \times dc = 10340$.

Avec:

EV2 en(MPA).

dc en (1/100mm).

Les différentes expériences ont fait ressortir la relation:

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

Tableau 3.9 : Tableau exprimé les classe de sol en fonction de la déflexion. [6]

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 tassé (S_i) et la classe du sol support visée (S_j).

Tableau 3.10 : Epaisseur de couche de fondation en fonction de la portance du sol. [6]

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

d. Les zones climatiques :

Les zones climatiques de l'Algérie sont mentionnées dans le tableau suivant (B40) :

Tableau 3.11 : Les zones climatiques de l'Algérie. [6]

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

1.2.5. Application au projet :

✚ La méthode C.B.R :

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

Avec:

e: 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.

On a : **I_{CBR} = 8.43** ce sol appartient à la classe (**S3**)

Remarque :

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée, on fixe « **e1** », « **e2** » et on calcule « **e3** » généralement les épaisseurs adoptées sont :

BB = 6 - 8 cm.

GB = 8 - 15 cm.

GC = 15 - 25 cm.

TVO = 20cm et plus.

Pour notre projet on a :

Z = % PL = 30 % ; I_{CBR} = 8.43 ; TJMA₂₀₃₅ = 8099V/j ; P = 6.5

N_{PL2035} = % PL × 1/2 × TJMA₂₀₃₅

N_{PL2035} = 0.30 × 8099/2 = 1215 PL/j/sens

e = 42cm

Avec :

e = C₁ × **e1** + C₂ × **e2** + C₃ × **e3**

e1 : épaisseur réelle de la couche de surface.

e2 : épaisseur réelle de la couche de base.

e3 : épaisseur réelle de la couche de fondation.

C₁, C₂, C₃ : Coefficients d'équivalence respectivement des matériaux des couches **e1**, **e2**, **e3**.

Pour déterminer la structure définitive on fixe les épaisseurs **e1**, **e2** et on calcule l'épaisseur **e3**:

e1 = 6 cm en béton bitumineux (BB) ⇒ C₁ = 2.0

e2 = 10 cm en grave bitume (GB) ⇒ C₂ = 1.2

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

$e = C_1.e_1 + C_2.e_2 + C_3.e_3$ $e_3 = 18$ cm

Donc la structure proposée est : **6BB + 10GB + 18GC + 40 Tuf**

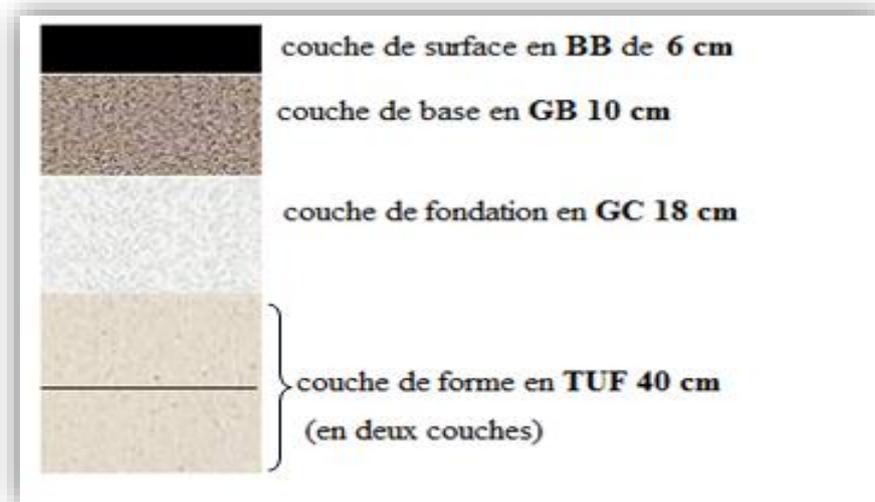


Figure 3.7 : Récapitulatif des résultats La méthode C.B.R.

Les résultats des calculs sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 3.12: Récapitulatif des résultats du calcul.

Couches	Épaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence (ci)	Épaisseur équivalente (cm)
BB	6	2	12
GB	10	1,2	12
GC	18	1	18
TOTAL	34		42

✚ Méthode de catalogue des structures «SETRA» :

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

$$T_{JMA2015} = 3696 \text{ v/j} \Rightarrow T_{PL2015} = 3696 \times 0.3/2 = 555 \text{ PL/J/sens.}$$

$$T_{PL2035} = 555 \times (1 + 0.04)^{20} = 1216 \text{ PL/j/sens.}$$

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

$$T_c = 1.86 * 10^6 \text{ PL/J/sens.}$$

Selon les Tableaux 05 et 06, notre trafic est classé en T2 et le sol en S3.

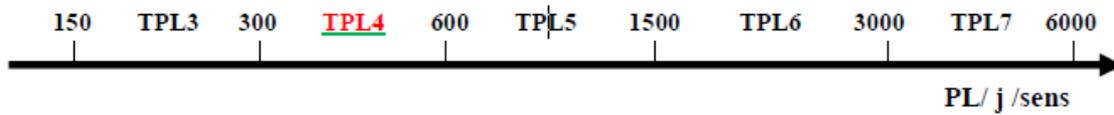
✚ Méthode du catalogue des chaussées neuves CTT :

a. Détermination de la classe de trafic TPLi

$$TJMA_{2015} = 3696 \text{ v/j}$$

$$T_{PL} = 3696 * 0.3 / 2 = 555$$

Classe TPLi pour RP1:



Pour RP1 : $300 < 555 < 600$

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

b. Classe de sol support

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

$$E = 5 \times 8,43 = 42,15 \text{ MPA.}$$

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 TUF ou TVO** (en deux couches).

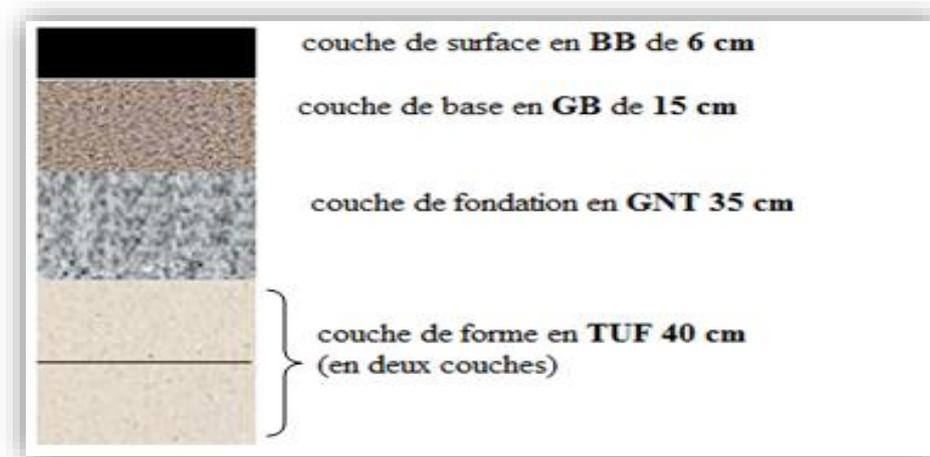


Figure 3.8 : Récapitulatif des résultats La méthode du catalogue des chaussées neuves CTT.

Remarque :

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

1.2.6. 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.

CHAPITRE 4 :
ASSAINISSEMENT

1. INTRODUCTION :

Les écoulements naturels et les eaux superficielles se font par des ouvrages busés ou maçonnés. Les écoulements franchissant la route proviennent des bassins versants et des eaux de pluie reçues sur la plate-forme de la route.

L'assainissement de la plate-forme est assuré par des fossés bétonnés trapézoïdaux selon les pentes des profils en long.

La présente étude d'assainissement consiste principalement à :

- ❖ Assurer l'assainissement existant au niveau de la route (ouvrage busés, ouvrage en maçonnerie, fossés en terre ou fossés bétonnés).
- ❖ Calcul des débits d'apport (naturels) et dimensionnement des ouvrages de franchissement.
- ❖ Assainissement de la plate-forme de la route.
- ❖ Solutions retenues

2. OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants: [18]

- ❖ Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- ❖ Le maintien de bonne condition de viabilité.
- ❖ Réduction du coût d'entretien.
- ❖ Eviter les problèmes d'érosions.
- ❖ Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée. (danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).
- ❖ Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et l'effet de gel).

3. TYPE DES DÉGRADATIONS :

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 :

- ✓ **Pour les chaussées :**
- ❖ Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées).
- ❖ Décollement des bords (affouillement des flancs).
- ❖ Dés enrobage.
- ❖ Nid de poule (dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée avec un important trafic).

- ✓ **Pour le talus :**
- ❖ Glissement.
- ❖ Érosion.
- ❖ Affouillements du pied de talus.

4. TYPE DES CANALISATIONS :

L'évacuation des eaux hors ouvrage s'effectue par le biais de dispositifs adéquats appelés «canalisations », son réseau est partagé en deux catégories :

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

5. DRAINAGE DES EAUX SOUTERRAINES :

5.1.Nécessité du 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. 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.

5.2.Protection contre la nappe phréatique :

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.

6. DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT :IO

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). [19]

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 les critères suivant : [19]

- ❖ 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.

$$Q_a = Q_s$$

6.2.Le débit d'apport : [21]

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

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

Avec:

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

K: coefficients de rugosité K= 0.2778

C : coefficient de ruissellement sans dimension.

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 :

D'après SETRA: la formule $Q_a = K \times C \times I_t \times A$ est empirique, elle a été faite pour les unités suivantes :

- ❖ Q_{aen} (m^3/s) valable pour : I_t en (mm/h) ; A en (km^2) ; $K= 0.2778$
- ❖ Q_{aen} (L/s) valable pour : I_t en (mm/h) ; A en (ha) ; $K= 2.778$

6.3.Coefficient de ruissellement « C » :

Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée. Sa valeur est obtenue en tenant compte des paramètres suivants : la pente et la couverture végétale du bassin versant, l'intensité de pluie et la perméabilité du terrain.

C'est le rapport de volume d'eau qui ruisselle sur cette surface au volume d'eau reçu sur elle. Il peut être choisi suivant le tableau ci-après: [18]

Tableau 4.1: Coefficient de ruissellement« C ». [18]

Type de chaussée	Coefficient « C »	Valeurs prise
Chaussée revêtue en enrobé	0.8 à 0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 à 0.40	0.35
Talus, sol perméable	0.10 à 0.30	0.25
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

6.4.L'intensité de la pluie I_t :

$$I_t = i \times \left(\frac{t_c}{24} \right)^\beta$$

Avec:

$$\beta = b - 1 \quad \text{avec: } b = 0.36$$

i : intensité horaire (mm/h).

t_c : temps de concentration (heure)

- ❖ **L'intensité horaire i :**

$$i = \left(\frac{P_i(\%)}{t} \right)$$

Avec : $t = 24h$

❖ Temps de concentration t_c :

La durée t de l'avers qui produite le débit maximum Q prise égale au temps de concentration. Dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé respectivement d'après VENTURA, PASSINI, GIADOTTI, comme suit :

❖ Si $A < 5 \text{ km}^2$, selon VENTURA :

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$$

❖ Si $5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$, selon GIANDOTTI:

$$t_c = 0,108 \times \frac{\sqrt[3]{A \times L}}{\sqrt{P}}$$

❖ Si $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$, selon PASSINI:

$$t_c = \frac{(4 \times \sqrt{A}) + (1,5 \times L)}{0,01 \times \sqrt{H}}$$

Avec:

A: aire du bassin versant (km^2).

P : Pente moyenne du bassin versant (m/m).

L : Longueur de bassin versant (km).

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

La pluie de fréquence pour le calcul du dimensionnement des ouvrages hydrauliques correspond à une durée de pluie 15minute = 0.25 heures ($t_c = 0.25 \text{ h}$).

6.5.Pluie journalière maximal annuelle P_j :

P_j est donné par la formule de GALTON :

$$P_j (\%) = \left[\frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \right] \times \left[e^{\left(\mu \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)} \right)} \right]$$

Avec :

$P_{j\text{moy}}$: pluie journalière moyenne (mm).

C_v : Coefficient de variation climatique.

\ln : Log Népérien.

μ : Variable de Gauss. (Fonction de la période de retour) dont les valeurs sont données par le tableau suivant :

Tableau 4.2 : Variable de Gauss. [18]

Fréquence au dépassement(%)	50	20	10	5	2	1
Période de retour (années)	2	5	10	20	50	100
Variable de GAUSS(μ)	0	0.84	1.28	1.64	2.05	2.3

Remarque :

- ❖ Les buses seront dimensionnées pour une période de retour 10 ans.
- ❖ Les dalots seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.
- ❖ Les ponts dimensionnés pour une période de retour 100 ans.

6.6. Le débit de saturation :

Le débit de saturation où le débit capable est calculé par le biais de la formule de MANNING STRICKLER sur un écoulement en régime uniforme.

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

Avec:

Q_s : Le débit de saturation. st : Section totale de l'ouvrage.

S_m : Surface mouillée (m²). K_{st} : coefficient de rugosité.

J : pente moyenne de l'ouvrage.

R_h : Rayon hydraulique(m). $R_h = \frac{S_m}{P_m}$

Avec :

$$S_m = \frac{\pi R^2}{2} \quad , \quad P_m = \pi R \quad \Rightarrow R_h = \frac{R}{2}$$

Tableau 4.3: Coefficient de rugosité K_{st} . [18]

Matériaux constituant la buse	Coefficient de rugosité K_{st}
En terre	30
En metal	40
En maçonnerie	50
En béton ordinaire (dalots)	70
En béton préfabriqué (buses)	80

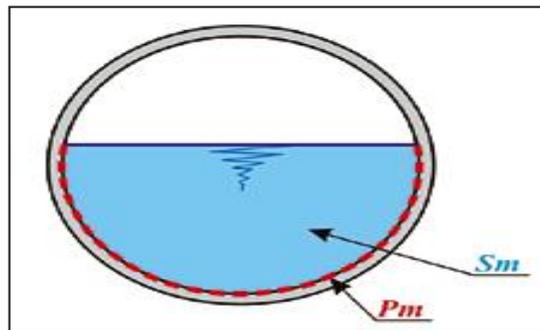


Figure 4.1: section transversale d'un ouvrage d'assainissement représente S_m et P_m . [19]

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. [18]

$$Q_s = S_m \times K_{st} \times R_h^{2/3} \times J^{1/2} ; Q_a = K \times C \times I_t \times A$$

Avec:

$$K_{st} = 80 \text{ (béton préfabriqué)}$$

J: la pente de pose (2.5%).

$$Q_s = \frac{\pi \times R^2}{2} \times K_{st} \times \left(\frac{R}{2}\right)^{2/3} \times \sqrt{J}$$

$$Q_s = Q_a \Rightarrow R = \left[\frac{Q_a \times 2\sqrt{2}}{\pi \times K_{st} \times \sqrt{J}} \right]^{3/8}$$

Une fois le rayon R est déterminé on prend le diamètre de la buse $\varnothing = 2R$. Pour le dimensionnement des buses on prend un temps de concentration égale à 15min. Alors $t_c = 0.25h$, et une période de retour de 10 ans.

Tableau 4.4 : Intensité-Durée-Fréquence. [5]

Période	15min	30min	1H	2H	3H	6H	12H	24H
5ans	38.29	27.2	19.33	13.73	11.24	7.986	5.674	4.031
10ans	54.81	31.83	22.62	16.07	13.16	9.346	6.64	4.717
50ans	61.06	36.28	25.77	18.31	14.99	10.65	7.566	5.375
100ans	75.22	46.33	32.92	23.39	19.15	13.6	9.664	6.866

D'après les données précédentes et le tableau « **Intensité-Durée-Fréquence** ». On a obtenu une intensité $I_t = 54.81 \text{ mm/h}$.

8. DIMENSIONNEMENT DES FOSSES :

Les fossés sont des ouvrages longitudinaux destinés à collecter les eaux superficielles qui ruissellent sur la chaussée, sur les accotements, les talus et sur les terrains avoisinants.

Le débit à évacuer est celui du secteur du bassin versant drainé par le fossé.

Nous prévoyons des fossés en forme de V de 50 cm d'ouverture et 50 cm de profondeur.

Les fossés doivent être en béton légèrement armé en treillis soudé afin d'éviter d'éventuels érosions. Le profil en travers hypothétique de fossé est donné dans la figure ci-dessous.

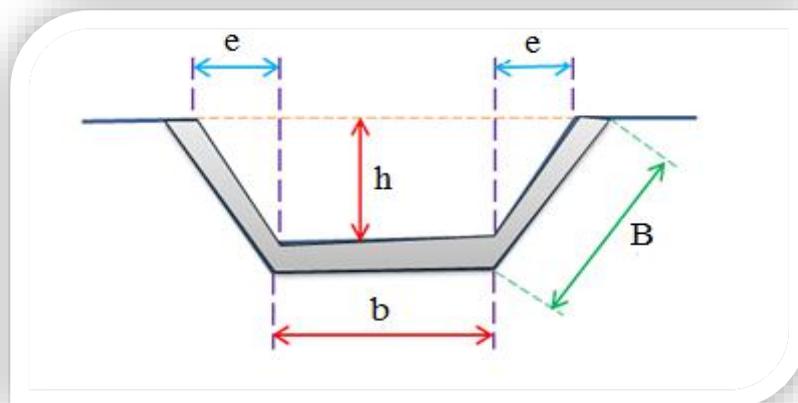


Figure 4.2 : Fossé.

8.1. Calcul de la surface mouillée :

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

$$\tan \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \Rightarrow e = n \times h$$

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

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

8.2. Calcul du périmètre mouillé :

$$P_m = b + 2B$$

Avec:

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

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

8.3. Calcul le rayon hydraulique :

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

Pour 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 :

$$Q_s \geq Q_a$$

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

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

9. APPLICATION AU PROJET :

9.1. Données hydrauliques :

Les données nécessaires aux calculs concernent :

- Les précipitations moyennes de 24h : $P_{24} = P_j = 65.4$
- Le coefficient de variation de la région considérée $C_v = 0.39$.
- L'exposant climatique de la région $b=0.42$

9.2. Calcul hydraulique :

9.2.1. Calcul de la pluie journalière maximale annuelle P_j :

$$P_j = \left[\frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \right] \times \left[e^{\left(\mu \times \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)} \right)} \right]$$

a. Pendant 10 ans (les buses):

$\mu = 1.28$, $C_v = 0.39$, $P_{j\text{moy}} = 65.4\text{mm}$.

$$P_j(10\%) = \left[\frac{65.4}{\sqrt{(0.39)^2 + 1}} \right] \times \left[e^{\left(1.28 \times \sqrt{\ln(0.39^2 + 1)} \right)} \right] = [60.9302] \times e^{(0.4816)}$$

$P_j(10\%) = 98.629 \text{ mm}$

b. Pendant 50ans:

$u = 2.05$, $C_v = 0.39$, $P_{j\text{moy}} = 65.4\text{mm}$.

$$P_j(2\%) = \left[\frac{65.4}{\sqrt{0.39^2 + 1}} \right] \times \left[e^{\left(2.05 \times \sqrt{\ln(0.39^2 + 1)} \right)} \right]$$

$P_j(2\%) = 131.69\text{mm}$

9.2.2. L'intensité horaire I :

$$I = \left(\frac{P_j}{24} \right)$$

Pour: $P_j (10\%) = 98.629 \text{ mm}$.

$$I(10\%) = \left(\frac{98.629}{24} \right) = 4.11 \text{ mm/h}$$

Pour: $P_j (2\%) = 131.69 \text{ mm}$.

$$I(2\%) = \left(\frac{131.69}{24} \right) = 5.48 \text{ mm/h}$$

9.2.3. Calcul de la surface du bassin versant :

Les buses ainsi que les fossés sont dimensionnés pour évacuer le débit apporté par l'ensemble des bassins versants de la chaussée et l'accotement et le talus.

$$A_C = 7.6 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0,076 \text{ ha (Surface de chaussée)}$$

$$A_A = 3.4 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0,034 \text{ ha (Surface d'accotement)}$$

$$A_T = 4 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0,04 \text{ ha (Surface de talus)}$$

$$A_{\text{total}} = A_C + A_A + A_T = 0.076 + 0.034 + 0.04 = 0.15 \text{ ha}$$

9.3. Dimensionnement des buses :

PK : 22+075KM

9.3.1. Calcul des débits d'apport:

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

a. Le débit apporté par la chaussée :

$C = 0.95$, $P = 3.0 \%$, $I(10\%) = 4.11 \text{ mm/h}$, $A_C = 0.076 \text{ ha}$.

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,076}{3.0}} \Rightarrow t_c = 0,0202 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24} \right)^{b-1} = 4.11 \times \left(\frac{0,0202}{24} \right)^{0,42-1} \Rightarrow I_t = 249.609 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = 2,778 \times 0,95 \times 249.609 \times 0,076 \Rightarrow (Q_a)_{\text{chaussée}} = 0,050 \text{ m}^3/\text{s}$$

b. Le débit apporté par l'accotement :

$C = 0,4$, $p = 5 \%$, $I (10\%) = 4,11 \text{ mm/h}$, $A_A = 0,034 \text{ ha}$.

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,034}{5}} \Rightarrow t_c = 0,0105 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4,11 \times \left(\frac{0,0105}{24}\right)^{0,42-1} \Rightarrow I_t = 364,816 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = 2,778 \times 0,4 \times 364,816 \times 0,034 \Rightarrow (Q_a)_{\text{accotement}} = 0,014 \text{ m}^3/\text{s}$$

c. Le débit apporté par le talus :

$C = 0,3$, $p = 100\%$, $I (10\%) = 4,11 \text{ mm/h}$, $A_T = 0,04 \text{ ha}$.

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,04}{100}} \Rightarrow t_c = 0,00254 \text{ h}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4,11 \times \left(\frac{0,00254}{24}\right)^{0,42-1} \Rightarrow I_t = 830,923 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{\text{talus}} = 2,778 \times 0,3 \times 830,923 \times 0,04 \Rightarrow (Q_a)_{\text{talus}} = 0,0277 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_a = 0,050 + 0,014 + 0,0277 \Rightarrow Q_a = 0,0917 \text{ m}^3/\text{s}$$

9.3.2. Calcul de débit de saturation (Qs) :

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

On a: $J = 2,5\%$, $K_{ST} = 80$, $R_h = \frac{R}{2}$, $S_m = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2$

$$Q_s = Q_a \Rightarrow 80 \times (R/2)^{2/3} \times \frac{\pi}{2} \times R^2 \times (0,025)^{1/2} = 0,0917 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$R^{8/3} = \frac{2^{5/3} \times Q_a}{80 \times \pi \times \sqrt{J}} = \frac{2^{5/3} \times 0,0917}{80 \times \pi \times \sqrt{0,025}} \Rightarrow R^{8/3} = 0,0073$$

$$\emptyset = 2R = 316 \text{ mm}$$

Remarque :

On propose : $\emptyset = 1000 \text{ mm}$; pour l'accès et les travaux de curage des buses.

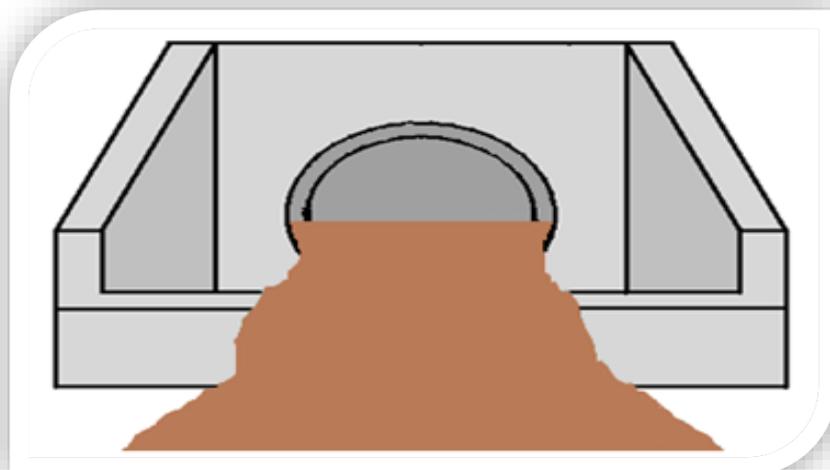


Figure 4.3 : vue de face d'une buse de diamètre $\varnothing = 1000$ mm.

Tableau 4.5 : Récapitulatif des résultats.

N°	Localisation par rapport au Projet (PK)	OUVRAGES
1	11+346.880	Busse ($\varnothing 1000$)
2	12+620.482	Busse ($\varnothing 600$)
3	13+443.61	Busse ($\varnothing 1000$)
4	15+162.389	Busse ($\varnothing 1000$)
5	15+162.459	Busse ($\varnothing 1000$)
6	15+466.671	Busse ($\varnothing 1000$)
7	16+432.519	Busse ($\varnothing 600$)
8	17+184.711	Busse ($\varnothing 800$)
9	17+981.966	2 Busse ($\varnothing 900$)
10	18+159.016	Busse ($\varnothing 1000$)
11	20+919.514	Busse ($\varnothing 1000$)
12	25+396.671	Busse ($\varnothing 1000$)
13	27+562.50	Busse ($\varnothing 1000$)
14	27+522.092	Busse ($\varnothing 1000$)
15	27+800	Busse ($\varnothing 1000$)
16	27+979.905	Busse ($\varnothing 1000$)
17	28+223.99	Busse ($\varnothing 1000$)

9.4. Dimensionnement des fossés :

Les fossés sont des ouvrages longitudinaux destinés à collecter les eaux superficielles qui Ruissellent sur la chaussée, sur les accotements, les talus et sur les terrains avoisinants.

Le débit à évacuer est celui du secteur du bassin versant drainé par le fossé ; il est déterminé par la Formule

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 :

$$Q_s \geq Q_a$$

9.4.1. Fossé en béton:

A partir des résultats obtenus précédemment:

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

J= 2 %, $K_{ST} = 70$, $b = 0,4$ m

$$0,0917 = 70 \times h \times [0,4 + (1,5 \times h)] \times \left[\frac{h \times [0,4 + (1,5 \times h)]}{0,4 + 2 h \times \sqrt{1 + 1,5^2}} \right]^{2/3} \times 0,02^{1/2}$$

D'Après le calcul itératif on trouve $h = 0,24$ m.

Donc les dimensions retenues du fossé sont : $b = 40$ cm $h = 25$ cm.

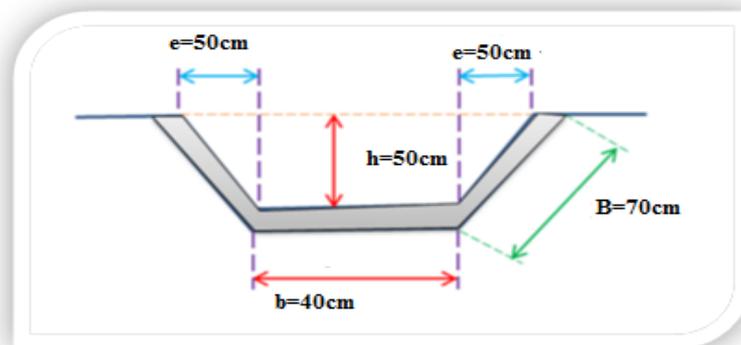


Figure 4.5 : Résultat de dimensionnement du fossé en béton.

9.4.2. fossé en terre :

A partir des résultats obtenus précédemment:

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

$J = 2 \%$, $K_{ST} = 30$, $b = 0,4 \text{ m}$

$$0,0917 = 30 \times h \times [0,4 + (1,5 \times h)] \times \left[\frac{h \times [0,4 + (1,5 \times h)]}{0,4 + 2 h \times \sqrt{1 + 1,5^2}} \right]^{2/3} \times 0,02^{1/2}$$

D'Après le calcul itératif on trouve $h = 0,46 \text{ m}$.

Donc les dimensions retenues du fossé sont : $b = 40 \text{ cm}$ $h = 50 \text{ cm}$.

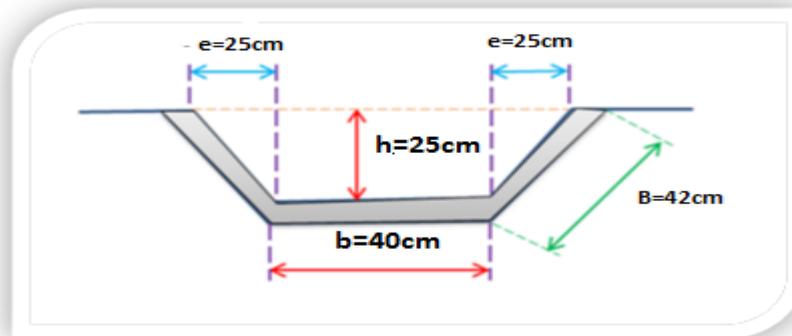


Figure 4.4 : Résultat de dimensionnement du fossé en terre.

10. CONCLUSION :

Les résultats de calcul donnent des buses de diamètres variante entre 300 mm et 900 mm, et pour notre projet on prend des buses de 1000 mm de diamètre pour faciliter l'opération de curage.

Pour assainir la partie existante, les ouvrages qui sont bien dimensionnés seront maintenus et prolongés du côté de la partie d'élargissement.

Pour les ouvrages sous dimensionnés, on doit les changer par des nouveaux.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE :

Le projet concerne «la réhabilitation de la route nationale 97 entre SIDI BEI ABBES et MASCARA». Il donne un nouveau souffle au développement durable de la région et permet d'assurer le confort et la sécurité des usagers.

De plus, cette étude nous a permis 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.

Pour notre étude nous avons appliqué rigoureusement toutes les normes, les directives et les recommandations liés au domaine routier pour contrecarrer les contraintes rencontrées sur le terrain. Par ailleurs, le souci primordial ayant guidé notre modeste travail a été dans un premier temps la prise en considération du confort et de la sécurité des usagers de la route et dans un second temps l'économie et l'aspect environnemental lié à l'impact de la réalisation de cette route.

En outre, ce travail de fin d'études nous a permis d'appliquer nos connaissances théoriques requises pendant le cycle de formation et de mieux maîtriser les logiciels tels que « AUTOCAD » et «COVADIS ».

Enfin, finalement, grâce à ce projet, on s'immerge dans le milieu professionnel dans lequel nous serons appelés à édifier notre pays et de contribuer à son développement.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] : <http://Map.Google.fr/map> consulté le 07/03/2014.
- [2] : Michel, Faure. Route les cours de L'ENTP.tome1.Lyon : ELEAS, 1997. p258.
- [3] : Roger, Coquand. Route circulation tracé et construction. Livre1. Paris: eyrolles, 1969.pp 15-199 p285.
- [4] : Roger, Coquand. Route circulation tracé et construction. Livre1. Paris: eyrolles, 1985.p291.
- [5]:LAMRI .Z ; LAAOUAR.D, Etude de modernisation de la RN 17 à SIDI BEL ABBES entre (SIDI ALI BEN YOUB et TENIRE) sur 18Km.mimoire d'ingénieur. Alger kouba : juillet2008.pp4.85.
- [6] : B40.Normes technique d'aménagement des routes. Algérie: ministre des travaux publics, octobre1977.
- [7] : LCPC ; SETRA. Catalogue des structures types de chaussées neuves. Paris : ministres de l'équipement des transports et du logement ; Bagneux, 1998.p297.
- [8] : LCPC ; SETRA. Réalisation des remblais et des couches de forme ; Guide technique fascicule 1et2. 2^{ème} édition. Paris: Bagneux, juillet 2000. p 102.
- [9] : SETRA-LCPC. Conception et réalisation des terrassements Fascicule 3 : méthodes d'essais, (juin 1986).
- [10] : Rapport d'étude géotechnique technique de la RN 101. Oran: laboratoire des travaux publics de l'ouest, août 2010.pp 4 -35 p38.
- [11] : AZZI .M, HADJ KOUIDER .M, Etude Géotechnique du la route de la rocade d'Alger entre Boudouaou et Zéralda. Mémoire d'ingénieur. ENTP Alger : juillet 2005.pp42.p105.
- [12] : TRIAW, Sandoumbé. Dimensionnement mécanistique-empirique des structures de chaussée. Projet de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception en génie civil.Dakar : 2006.
- [13]: SETRA-LCPC. Chapitre 2 caractéristiques générales des chaussées. Guide technique, Ministère de l'Équipement des Transports et du Tourisme, 1994.
- [14] : BABILOTTE, C. & SOULIE, C. Dimensionnement des structures de chaussées communautaires du Grand LYON : Guide technique communautaire. Parution initiale en 1994.
- [15] : LCPC ; SETRA. Catalogue des structures types de chaussée neuves. Paris : Bagneux, 1977.

Bibliographie

- [16] : LCPC ; SETRA. Guide technique ; dimensionnement des structures de chaussées. 2009. P63.
- [17] : G, Joeffroy ; R, Sauterey. Dimensionnement des chaussées. Paris : Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées ,1991. p244.
- [18] : LCPC ; SETRA. Guide Technique de l'Assainissement Routier, (SETRA – 2006). p188.
- [19] : LCPC - SETRA. Guide Technique de l'Assainissement Routier, 2006. p188.
- [20] [http://www.u-s-g.com/INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES](http://www.u-s-g.com/INSTITUT_NATIONAL_DES_SCIENCES_APPLIQUÉES) (INSA) TOULOUSE cours de géotechnique Département de Génie Civil
- [21] : LCPC ; SETRA. Guide Technique de l'Assainissement Routier et protection de la ressource en eau, (SETRA – 2009). P177.