

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique

جامعة غرداية

Université de Ghardaïa

Faculté des Sciences et Technologies

Département de Génie Civil



Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER

En Génie civil

Spécialité : structures

Par : TALHAOUI Abdelkhalek

Sujet

Etude De Dédoublément De La RN 01 Sur 2KM

Reliant EL MENIAA à HASSI GARA

Soutenue le 09/06/2022

AZZOUZ Fatima. Zohra

M.A.A

Université – Ghardaïa

Encadreur

SALHI Aimad

M.C.B

Université – Ghardaïa

Examineur

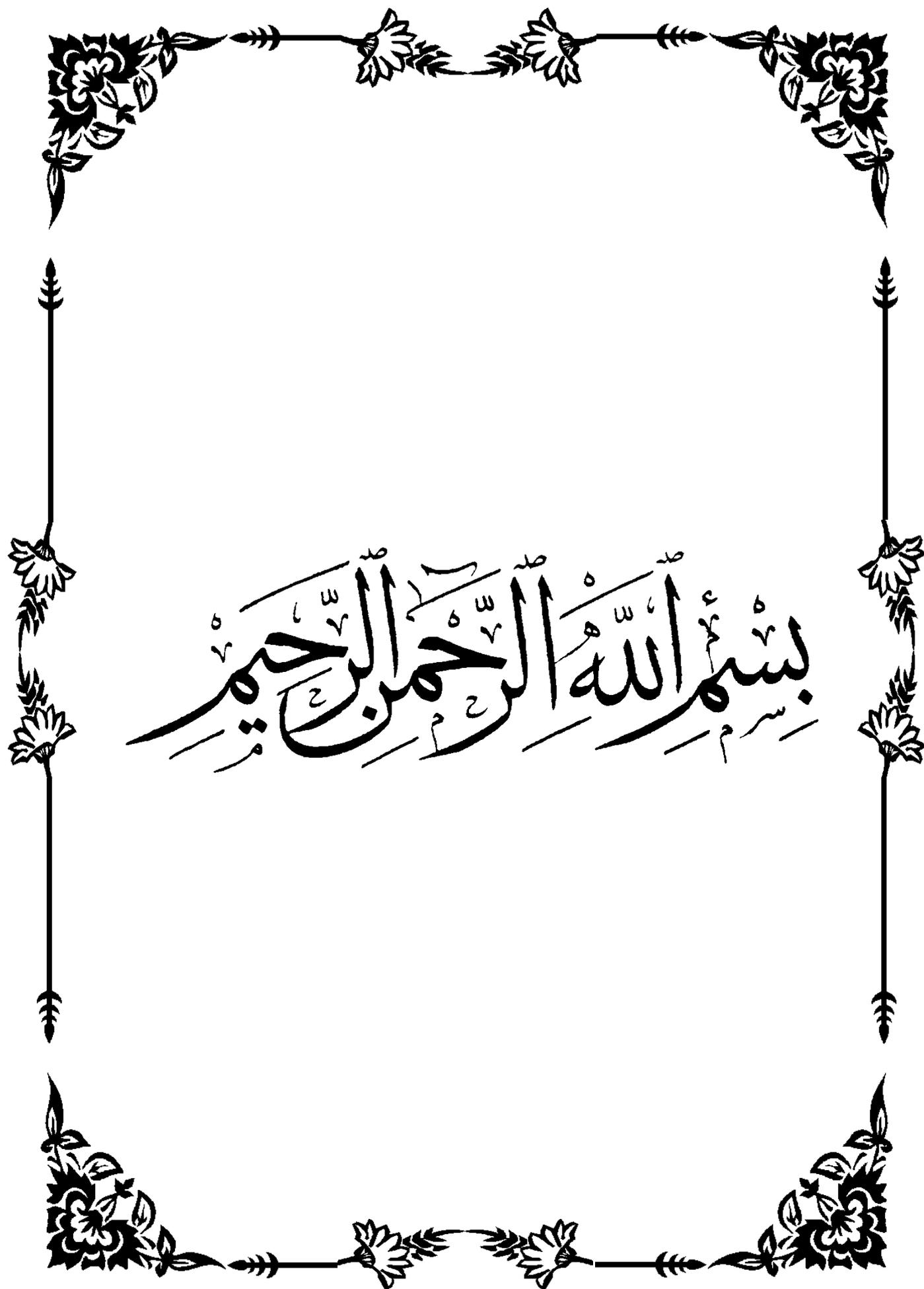
BOUCHEBBA Med

Docteur

LTPS

Examineur

Année universitaire 2021/2022



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

المخلص

يعتمد تصميم الطريق الجيد على مطابقة الميزات لمعايير الطريق. خصوصية مشروعنا هي الوضع في بيئة صحراوية حيث يجب علينا أيضًا أن نأخذ في الاعتبار التأثيرات المناخية وكذلك طبيعة التربة التي لها تأثير كبير على أبعاد جسم الطريق، من ناحية أخرى دراسة الصرف الصحي ليست جزءًا مهمًا من مشروعنا بسبب قلة هطول الأمطار في المناطق القاحلة

يلعب RN 01 دورًا رئيسيًا في ديناميكيات التبادلات الإقليمية وفيما بين الأقاليم. في المستقبل، يجب أن يشكل هذا الرابط أيضًا رابطًا مختصرًا بين الشمال والجنوب. في هذه الدراسة، اقترح متغيرين هما موضوع تكرار RN 01 وزيادة راحة المستخدمين لتحسين السلامة على الطرق. يجب أن يضمن الطريق الجديد للمستخدمين أفضل ظروف حركة المرور والراحة والأمان. حاولنا في عملية دراستنا احترام جميع القيود والمعايير الحالية التي لا يمكن إهمالها وأخذها في الاعتبار، راحة وسلامة المستخدمين.

لقد واجهنا أيضًا مشكلات في مشروعنا، مثل إزالة الجبال الصخرية وإزالة بعض أعمدة الكهرباء وأنابيب المياه والغاز، وبالتالي فإن هذه الأعمال تزيد من تكلفة المشروع.

خصوصية مشروعنا هي الوضع في بيئة صحراوية حيث يجب علينا أيضًا أن نأخذ في الاعتبار التأثيرات المناخية وكذلك طبيعة التربة التي لها تأثير كبير على أبعاد جسم الطريق، من ناحية أخرى دراسة الصرف الصحي ليست جزءًا مهمًا من مشروعنا بسبب قلة هطول الأمطار في المناطق القاحلة

كما يبدو من هذا العمل أن إنجاز مشروع طريق ليس بالأمر السهل. من خلال التوثيق الواسع للغاية يجب على المرء أن يوجه نفسه في تفكير أثناء استدعاء المعرفة النظرية

في النهاية ، كان تطوير هذا المشروع مفيدًا لنا وفتح المجال أبواب على عالم الاحتراف الذي سندعى فيه لبناء بلدنا و المساهمة في تطويره

Résumé

La bonne conception de la route s'appuie sur la conformation des caractéristiques à normes routières.

La spécificité de notre projet est la situation dans un milieu désertique ou on doit tenir en plus les effets climatique ainsi la nature du sol qui influent considérablement sur le dimensionnement du corps de chaussée, en revanche l'étude d'assainissement pas une partie importante de notre projet à cause de la faiblesse pluviométrique des zone arides.

La RN 01 joue un rôle capital dans la dynamique des échanges intra et inter régional. A l'avenir, cette liaison devra constituer aussi une pénétrante Nord-Sud. Dans cette étude, en proposé les deux variantes qui font l'objet de dédoublement de la RN 01 et augmenter le confort des usagers pour optimiser la sécurité routière. La nouvelle route devra garantir aux usagers les meilleures conditions de circulation, confort et sécurité. Dans notre démarche d'étude on a essayé de respecter toutes les contraintes et les normes existantes qu'on ne peut pas négliger et pris en considération, le confort la sécurité des usagers.

Nous avons également rencontré des problèmes dans notre projet, tels que l'enlèvement des montagnes rocheuses et l'enlèvement de certains poteaux électriques et conduites d'eau et de gaz, et donc ces travaux augmentent le coût du projet.

La spécificité de notre projet est la situation dans un milieu désertique ou on doit tenir en plus les effets climatique ainsi la nature du sol qui influent considérablement sur le dimensionnement du corps de chaussée, en revanche l'étude d'assainissement pas une partie importante de notre projet à cause de la faiblesse pluviométrique des zone arides

Il ressort de ce travail que la réalisation d'un projet routier n'est pas une chose aise. C'est par une documentation très ample qu'on doit s'orienter dans une réflexion tout en faisant appel à des connaissances théoriques

En fin, l'élaboration de ce projet a été bénéfique pour nous et elle nous a ouvert les Portes du monde professionnel dans lequel nous serons appelés à édifier notre pays et de Contribuer à son développement.

Summary

Good road design relies on conforming features to road standards.

The specificity of our project is the situation in a desert environment where we must also take into account the climatic effects as well as the nature of the soil which have a considerable influence on the dimensioning of the body of the roadway, on the other hand the sanitation study not an important part of our project because of the low rainfall in arid areas.

The RN 01 plays a capital role in the dynamics of intra and inter regional exchanges. In the future, this link should also constitute a penetrating North-South link. In this study, proposed the two variants which are the subject of duplication of the RN 01 and increase the comfort of the users to optimize the road safety. The new road will have to guarantee users the best traffic conditions, comfort and safety. In our study process we have tried to respect all the existing constraints and standards that cannot be neglected and taken into consideration, the comfort and safety of users.

We have also encountered issues in our project, such as the removal of rock mountains and the removal of some power poles and water and gas pipes, and therefore these works increase the cost of the project.

The specificity of our project is the situation in a desert environment where we must also take into account the climatic effects as well as the nature of the soil which have a considerable influence on the dimensioning of the body of the roadway, on the other hand the sanitation study not an important part of our project because of the low rainfall in arid areas

It appears from this work that the realization of a road project is not an easy thing. It is by a very ample documentation that one must orient oneself in a reflection while calling on theoretical knowledge

In the end, the development of this project was beneficial for us and it opened up the Doors to the professional world in which we will be called upon to build our country and Contribute to its development.

Remerciement

Au terme de ce projet de fin d'études, nous tenons à exprimer notre parfaite gratitude et remerciement à Allah le plus puissant qui nous a donné la force, le courage et la volonté pour élaborer ce travail.

C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que nous remercions notre promoteur **Mme : AZZOUZ F.Z** de nous avoir pris en charges, et pour sa disponibilité, son aide et ses précieux conseils.

Nous ne saurons oublier de remercier les honorables Membres du Jury qui nous ont fait l'immense honneur de présider et examiner ce modeste travail.

Nous portons avec gratitude de reconnaissance pour l'ensemble des professeurs du département de Génie Civil.

Enfin, nos pensées à tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste travail.

Table des matières

Remerciement	
Table des matières	
Listes des figures	
Listes tableaux	
Introduction	1
Chapitre I : Les routes sahariennes	
I.1 Introduction	3
I.2 Matériaux	3
I.3 Relief	4
I.4 Climat	4
I.5 Hydrologie	4
I.6 Caractéristiques Géométriques	4
I.7 Vitesse de base	5
I.8 Profil en long	6
I.9 Profil en travers	6
I.10 Dispositions spéciales pour la conception	6
I.11 Conclusion	7
Chapitre II : Présentation de projet	
II.1 Introduction	8
II.2.Généralités Sur La Wilaya D'El Meniaa	8
II.2.a) Le contexte générale	8
II.2.b) Situation géographique	8
II.2.c) Géologie	9
II.2.d) Climatologie	9
II.2.e) Transport	9
II.3.) Le contexte local	10
II.4) Le Contexte Général	10
II.5) Objectifs du projet	11
II.6) Présentation d variantes	11
II.7) Caractéristiques Géométriques Globales	11
II.8) Conclusion	12

Chapitre III : Etude de trafic

III.1 Introduction.....	13
III.2 Analyse Du Trafic	13
III.3 Différents Type De Trafics	13
III.4 Prolongation De L'évolution Passée:.....	14
III.5 Corrélation Entre Le Trafic Et Les Paramètres Economiques	14
III.6 Calcul De La Capacité	15
III.7 Calcul Du Nombre De Voies	17
III.8 Application Au Projet	18
III.9 Conclusion.....	20

Chapitre IV : Tracé En Plan

IV.1 Introduction	21
IV.2 Règles A Respecter Dans Le Trace En Plan	21
IV.3 Les Eléments Du Trace En Plan_	22
IV.4 Combinaison Des Eléments De Trace En Plan_	28
IV.5 Paramètres Fondamentaux	28
IV.6 La Vitesse De Reference (De Base).....	29
IV.7 Exemple De Calcul	30

Chapitre V : Profil En Long

V.1 Introduction	34
V.2 Règles A Respecter Dans Le Tracé Du Profil En Long_	34
V.3_ Coordination Du Tracé En Plan Et Profil En Long	35
V.4 Déclivités	35
V.5. Déclivité Minimum	37
V.6 Caractéristiques Du Sol Support	37
V.7. _Exemple De Calcul De Profil En Long	42
V.8 Conclusion	42

Chapitre VI : Profil En Travers

VI.1 Introduction	43
VI.2 Les Eléments Constitutifs Du Profil En Travers_	43
VI.3. Classification De Profil En Travers.....	44
VI.4_ Application Au Projet _	45

Chapitre VII : Cubature

VII.1 Introduction	46
VII.2 Cubature Des Terres_	46
VII.3 Mouvements Des Terres_	48
VII.4 Le Foisonnement D'un Sol	49

Chapitre VIII : Etude Géotechnique

VIII.1 Introduction	50
VIII.2_ Les Différents Essais En Laboratoire	50
VIII. 3 Les Essais D'identification (Physiques):.....	50
VIII. 4 Les essais mécaniques	51
VIII.5 Essais chimique	52
VIII.6 L'essai pressiométriques	52
VIII.7 Essais pénétrométriques	53
VIII.8 Conclusion	53

Chapitre IX : Dimensionnement Du Corps De Chaussées

IX .1 Introduction	54
IX .2 La chaussée	54
IX .3 Paramètres Pris En Compte Pour Le Dimensionnement	57
IX .4 Les Principales Méthodes De Dimensionnement	58
IX .5 Application Au Projet	61
IX .6 Conclusion_.....	65

Chapitre X : Assainissement

X .1 Introduction	66
X .2 Les Dégradations Provoquées Par Les Eaux	66
X .3 Objectif De L'assainissement	67
X .4 Assainissement De La Chaussée.....	67
X .5 Dimensionnement De Réseau D'assainissement A Projeter	70
X .6 Application Au Projet	70
X .7 Conclusion_.....	74

Chapitre XI : Signalisation & Eclairage

XI .1 Signalisation	75
XI .2 Eclairage	79
XI .3 Conclusion	80
Conclusion Général.....	81
Bibliographie	
Annexe	

Liste Des Figures

Figure	Titre	Page
Chapitre II : Présentation de projet		
Figure II.1	Position La Wilaya d'El Meniaa	8
Figure II.2	La Ville d'El Meniaa	8
Chapitre IV : Tracé En Plan		
Figure IV.1	Les éléments tracés en plan	22
Figure IV.2	Les éléments de la clothoïde	25
Figure IV.3	Condition De Gauchissement	27
Figure IV.4	courbe en S	28
Figure IV.5	courbe à sommet	28
Chapitre V : profil en long		
Figure V.1	Profil en Long	34
Figure V.2	visibilité en raccordement convexes	38
Figure V.3	visibilité en raccordement concaves	39
Figure V.4	Raccordement de 2 alignements par une parabole	40
Figure V.5	Exemple profile en long	42
Chapitre VI : Profil en travers		
Figure VI.1	Représenté les éléments de profile en travers	43
Figure VI.2	Le Fossé De Chaussée	44
Figure VI.3	Profil En Travers	45
Chapitre IX : Dimensionnement Du Corps De Chaussées		
Figure IX.1	schéma récapitulatif	54
Figure IX.2	Structure type d'une chaussée souple	55
Figure IX.3	Schémas de fonctionnement d'une structure de chaussée	56
Figure IX.4	Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves	60
Figure IX.5	Les couches de chaussée	62
Chapitre IX : Assainissement		
FigureX.1	Affaissement	66
FigureX.2	Désenrayage	66
FigureX.3	Glissement	67
FigureX.4	Présenté les éléments de l'assainissement de chaussée	68
Chapitre XI : Signalisation & Eclairage		
FigureXI.1	Représente un marquage longitudinal des lignes discontinues	77
FigureXI.2	Représente Paramètres de l'implantation des luminaires	79

Liste Des Tableaux

Tableau	Titre	Page
Chapitre II : Présentation de projet		
Tableau II.1	Caractéristique géométriques du tracé en plan	11
Tableau II.2	Caractéristiques géométriques de profil en long	12
Chapitre III : Etude de trafic		
Tableau III.1	Coefficient d'équivalence « P »	16
Tableau III.2	Coefficient « K₁ »	16
Tableau III.3	Coefficient « K₂ »	17
Tableau III.4	Capacité théorique « C_{th} »	17
Chapitre IV : Tracé en plan		
Tableau IV.1	Paramètres du tracé en plan	28
Chapitre V : profil en long		
Tableau V.1	Variation de la pente maximale en fonction de la vitesse de base	36
Tableau V.2	Condition de rayon	38
Tableau V.3	Condition de rayon catégorie 1	39
Tableau V.4		
Chapitre IX : Dimensionnement Du Corps De Chaussées		
Tableau IX.1	Coefficient d'équivalence	59
Tableau IX.2	Les classes de trafic	63
Tableau IX.3	La portance de sol-support de chaussée	63
Tableau IX.4	récapitulatif des épaisseurs de corps de chaussée selon les différentes méthodes	65
Chapitre X : Assainissement		
Tableau X.1	les valeurs de variable du gauss en Fonction de la fréquence	71
Tableau X.2	Coefficient de ruissellement	72
Tableau X.3	Représente les données hydrauliques de notre projet	73
Chapitre XI : Signalisation & Eclairage		
Tableau XI.1	Modulation des lignes discontinues	77

Introduction

Depuis la création de l'univers, Dieu a donné une grande richesse à l'homme en l'occurrence la terre c'est ainsi que le domaine de route constitue une partie très importante du patrimoine national d'un pays. Elle est alors un facteur très important de développement économique et social; entre les villes, les provinces, les pays et des civilisations

Le réseau routier constitue un élément primordial dans le développement du pays car il représente une base sur laquelle se fonde plusieurs secteurs tels que le transport (biens et personnes) et l'économie sociale.(1)

La réalisation d'une route exige des travaux laborieux très Importons et nécessite des matériaux différents par exemple des engins (bull, niveleuse, scraper,...) pour une correcte ou une bonne mise en œuvre soit ces travaux dirigés et suivis par des ingénieurs, techniciens et les topographes.

Pour atteindre cet objectif notre étude s'inscrit parfaitement dans le domaine des infrastructures de transport,

Ce présent projet de fin d'études consiste en l'étude d'dédoulement de la route nationale numéro une (01) reliant la ville d'EL MENIAA - à la Ville de HASSI GARA

Les Travaux De Réalisation:

- ✓ Décapage de l'ancienne chaussée;
- ✓ Régénération de la couche de base existante pour la considérer comme couche de fondation;
- ✓ Réalisation d'une couche de fondation en TUF;
- ✓ Réalisation d'une couche de base en Gravier Non Traitée (0/20);
- ✓ Réalisation d'une couche de roulement en Béton Bitumineux (0/14) ;
- ✓ Rechargement des accotements.

L'objectif visé dans ce projet est de faire cette étude tout en respectant les normes routières en général et celles correspondant aux milieux sahariens en particulier

La nouvelle structure ainsi obtenue devra permettre de reprendre correctement les efforts dus au trafic. Cela nécessite donc la connaissance préalable des caractéristiques résiduelles de la chaussée existante.(3)

Introduction

Structuration De La Mémoire :

Mon étude subdivisée en onze chapitres avec introduction générale et une conclusion.

- Généralité sur les routes saharienne
- Présentation de projet
- Etude de trafic
- Tracé en plan
- Profil en log
- Profil en traverse
- Cubature
- Etude géotechnique
- Dimensionnement du corps de chaussée
- Assainissement
- Signalisation et éclairage

Conclusion :

Le projet routier moderne apparaît comme un assemblage d'éléments de constructions répétitifs, agencés de telle sorte qu'elle réponde aux impératifs de confort et de sécurité cités. Cet assemblage dépend plus particulièrement du trafic et de ses variations, de l'importance des besoins d'échange à satisfaire et notamment de la longévité espérée de l'ouvrage à construire.(2)

Les Routes Sahariennes

I.1 Introduction :

Les routes sahariennes présentent des propriétés caractéristiques qui diffèrent de celles des routes en milieux humides ou semi-arides. En Algérie, la réalisation des premières routes sahariennes remontent aux années 50.

La conception de la route en général dépend essentiellement du climat et de la nature du sol support. Le présent chapitre a pour but de donner les caractéristiques d'un milieu désertique ainsi que les critères de choix dans la conception d'une route saharienne. (4)

I.2 Matériaux :

La couverture des zones sahariennes est constituée dans sa quasi-totalité de matériaux du quaternaire, l'éventail des matériaux n'est pas très large. On rencontre essentiellement des roches, des éboulis, des sables, des limons et des argiles.

Les roches sont anciennes ou récentes et composées, le plus souvent, de calcaires massifs, degrés, de tufs calcaires, de tufs gypseux,etc.

Elles comportent les massives montagnes et des hauts plateaux.

Les éboulis sont les matériaux accumulés au pied des montagnes, dans les gorges et dans les oueds formant les ergs. Ils sont constitués de fragments de roches ou de granulats de formes et de tailles variables, les sables des dunes mouvantes, sont composés de petites particules siliceuses pratiquement de même taille.

Les limons constituent, en alternance avec les loëss, la couverture en couches minces, la plus fréquente, dans les oueds, les argiles sont rencontrées principalement dans la dépression et constituent, très souvent, le support des marécages des sebkhas et des chotts. (5)

I.3 Relief :

Le sud algérien est caractérisé par un relief peu accidenté, constitué par de vastes pénéplaines. Les paysages sont généralement monotones à l'exception de quelques zones montagneuses ou passages d'ergs. (6)

I.4 Climat :

Le sud algérien est caractérisé par des étés très chauds (50° à l'ombre), et des hivers rudes avec d'important écarts de température (-5° le soir et 30° le jour). Les pluies sont rares et tombent généralement sous forme d'averse (précipitations annuellement moyennes inférieures à 50mm qui peuvent tomber en une ou deux averses). Les vents de sable y sont fréquents. (1)

I.5 Hydrologie :

Du point de vue hydrologique, on distingue deux zones :

- La partie secondaire et tertiaire constituant le nord de Sahara et renfermant diverses nappes souterraines dont l'une « Albiennaise » est particulièrement d'abondantes étendues.
- La partie primaire constituant l'extrême sud ou les seules ressources disponibles sont constituées par des nappes d'infiltration des oueds importants. (1)

I.6 Caractéristiques Géométriques :

Les caractéristiques géométriques des routes en zone désertique sont déterminées, comme celles des autres routes du pays, en appliquant à chaque catégorie une vitesse conventionnelle dite "vitesse de base" qui permet de définir les valeurs limites d'aménagement des points particuliers de l'itinéraire. Les règles couramment édictées à partir de ce principe ont été modulées pour tenir compte des spécificités inhérentes aux zones désertiques du sud algérien. Celles-ci se caractérisent, rappelons-le, par :

Un relief peu accidenté, dont l'altitude culmine à 672 mètres constitué d'une succession de vastes plateaux (hamadas) et de grandes dépressions (sebkhas) plus ou moins ensablées. L'immensité de la superficie à desservir et les grandes distances séparant l'agglomération dont l'ordre de grandeur dépasse les 200KM.

Une très faible pluviométrie dont la moyenne annuelle des précipitations n'excède pas 50mm.

L'omniprésence du sable éolien qui se manifeste sous forme de couloirs de dunes vives ou de dépôts affectant d'importantes zones du territoire. (7)

I.7 Vitesse de base :

Trois vitesses de base ont été retenues : 60, 80, 120 km par heure. Il n'est pas prévu de vitesse de base intermédiaire entre 80 et 120 km par heure, car il est estimé qu'en raison du risque d'inattention des conducteurs dans le contexte désertique, les catégories de routes doivent être dans un objectif de sécurité nettement contrastées. La vitesse de base de 80 km/h est un maximum en zones dunaire où des dépôts de sable sur les chaussées sont à craindre et où il ne faut donc pas encourager la vitesse.

En terrain plat et vallonné, non soumis au risque d'ensablement, et compte tenu des grandes distances à parcourir (dans un relief monotone), il est estimé qu'un effort financier doit être consenti pour donner à la route les caractéristiques géométriques correspondant à la vitesse de base 120km/h. Dans les zones où le relief est particulièrement difficile, la vitesse de base est réduite à 60km/h.

Continuité entre section de catégorie différente :

La variation du relief en un milieu désertique est souvent brusque. Elle entraîne des changements de vitesse de base qui nécessitent la mise en place de section transition dont le but est d'inciter l'utilisateur à adapter progressivement sa vitesse aux caractéristiques géométriques du tronçon qu'il va parcourir. Pour éviter les sections de transition très longues (imposées par l'instruction sur les caractéristiques géométriques des routes de rase campagne), dont la longueur pourrait dans certains cas être supérieure à la section annoncée, il est admis de passer d'une catégorie à une autre même non contiguë par une succession de virages qui respecte les rapports entre rayon minimum des catégories concernées, sous réserve d'assurer une bonne visibilité ainsi qu'une faible distance entre courbes. (1)

I.8 Profil en long :

Les déblais sont proscrits dans les zones à risque d'ensablement. Le profil en long doit suivre le terrain naturel en ménageant un léger remblai d'au moins 0.20m et inférieur à 0.50m autant que possible. Pour les raccordements en angle saillant, puisque, il est jugé contre indiqu de rechercher des économies au détriment de la visibilité, les rayons minimum normale et absolu sont identiques à ceux de l'instruction susvisée.

Pour les raccordements en angle rentrent, des normes réduits sont adoptées pour les passages de type radier submersibles. (8)

I.9 Profil en travers :

Les largeurs de plateforme et de chaussée sont modulées on fonction de la vitesse de base et de trafic .elle varient de **6,7m** a 11 m pour la plateforme et de 3,3m à **7m** pour la chaussée.

Dans les sections en déblai des sones comportent un risque d'ensablement, la pente des talus est réduite **1/10** sur une banquette d'une largeur de 8m pour faciliter l'écoulement du sable et maintenir les routes ouverte à la circulation. En règle générale il n'est pas creusé de fossé en limite de plateforme ceux- ci étant rapidement comblés par le sable. (8)

I.10 Dispositions spéciales pour la conception :

Les dispositions énumérées ci-dessous permettent de réduire les risques d'ensablement et les dangers qu'entraiment les points singuliers:

1. de concevoir un tracé en plan et un profil en long collant au terrain naturel, ce qui permet de réduire frottement les risques d'ensable.
2. Suivre le terrain en léger remblai, en évitant les dunes et en restant si faire ce peut parallèle à leur direction général.
3. Eviter les champs de dunes mobiles.

CHPITRE I : Routes Sahariennes

4. En zone de dune tracer la route, si possible, à une distance des dunes supérieure à deux ou trois fois leurs hauteurs de préférence près du côté au vent et loin du côté sous le vent.

5. Neutraliser autant que possible les dunes de part et d'autre tracé, en les déblayant ou en les utilisant en emprunt.

6. Prévoir de vastes sur largeurs de plateforme pour maintenir la circulation en cas d'ensablement partiel, particulièrement en zone dunaire et adopter une vitesse de base réduite à 80 km/h.

7. sur les remblais élevés proscrire les dévers uniques et prévoir des rayons en plan suffisamment grands.

8. consentir des terrassements importants mais acceptables pour les grands itinéraires, quand ces terrassements n'intéressent qu'une courte longueur.

9. Eviter les déblais et en cas de nécessité impérieuse, par exemple, pour franchir des falaises ou des crêtes, limiter la hauteur du déblai et prévoir des sur largeurs des accotements de 5 à 8 m et des talus très doux, de l'ordre de 1/10.

10. Pour franchir les falaises choisir des endroits libres de sable et exposés au vent.

11. Si cela s'avère nécessaire pour réduire l'importance des déblais, adopter de fortes pentes qui n'ont pas d'incidence grave en raison de leur courte distance. Ces pentes qui limitées pas des maximas suivant l'importance de l'itinéraire.

D'une manière générale, il faut s'efforcer de modifier le moins possible l'écoulement du vent. (8)

I.11 Conclusion :

Les routes désertiques dont nous traitons ici sont celles situées dans les pays riverains du Sahara, cet immense désert de 8 millions de km² situé entre l'Afrique du nord et l'Afrique noire. Il s'étend sur 11 pays dont 5 sont membres du Comité de liaison de la route transsaharienne : l'Algérie, le Mali, le Niger, la Tunisie et le Tchad. Les zones désertiques occupent en moyenne plus de 70% du territoire de ces pays et sont caractérisées par une sécheresse extrême (moins de 100 mm d'eau par an). (4)

Présentation de projet

CHPITRE II : Présentation de projet

II.1. Introduction :

L'oasis d'El Goléa – actuellement El Méniaa – et son ksar fortifié est un des lieux emblématiques du Sahara algérien. Objectif militaire lors de la prise de possession du territoire algérien par les troupes françaises dans le dernier quart du XIXe siècle, El Goléa est devenu un point de passage obligé pour de nombreux voyageurs et un haut-lieu de l'imaginaire saharien (9)



II.2. Généralités Sur La Wilaya D'El Meniaa :

II.2.a) Le contexte générale :

La wilaya d'El Meniaa est une wilaya algérienne créée en 2019 et officialisée en 2021, auparavant, une wilaya déléguée créée en 2015. Elle est située dans la Sahara algérien. se situe dans le Sud Est d'Algérie à 863 Km de la capitale (ALGER). (10)

Figure II.1 position la wilaya d'El Meniaa (10)

II.2.b) Situation géographique :



Figure II.2 La ville d'El Meniaa (10)

La wilaya d'El Meniaa est située dans le Sahara algérien, sa superficie est de 62 215 km².

Elle est délimitée :

- au nord par la wilaya de Ghardaïa ;
- à l'est par la wilaya d'Ouargla ;
- à l'ouest par la wilaya d'El Bayadh et celle de Timimoun ;
- et au sud par la wilaya d'In Salah. (10)

CHPITRE II : Présentation de projet

II.2.c) Géologie :

Litho-logiquement on rencontre :

- Les sables éoliens mobiles
- Les chotts.
- Les regs et terrasses.
- Les calcaires dolomitiques.
- Les marnes et argiles. (10)

II.2.d) Climatologie :

El Meniaa a un climat désertique chaud, avec des étés longs et extrêmement chauds et des hivers courts et chauds. Il y a très peu de pluie tout au long de l'année et les étés sont particulièrement secs. (11)

La wilaya d'El Meniaa se caractérise par un climat saharien :

Pluviométrie réduite, température élevée, très forte évaporation et des vents de sables.

❖ Température:

Les températures maximales dépassent souvent les 45°C ; à l'ombre, en été et descendent parfois au-dessous de 0°C en hiver. L'écart thermique entre le jour et la nuit est très important.

❖ Les précipitations (pluviométries):

Les précipitations sont rares et irrégulières et variant entre 50 mm et 350 mm par année exceptionnelle.

À El Meniaa, les précipitations totalisent 75 millimètres par an : elles sont donc au niveau désertique. Au mois le moins pluvieux (août) elles s'élèvent à 1 mm, dans le mois le plus pluvieux (mai) elles s'élèvent à 15 mm (11)

❖ Humidité et évaporation :

L'humidité relative varie de 20% en été à 67% en hiver(11)

❖ Les vents :

Les vents dominant sont généralement de direction N NE et S SW. Leur vitesse dépasse parfois les 25 m/s. Leur fréquence est maximale dans la période Mars à Avril. (11)

II.2.e) Transport :

El Meniaa est relié de 1440 km du réseau principal (dont 1030 Km de RN) et desservie par l'aéroport d'El Goléa situé à 1,5 km au sud-ouest de la ville. (11)

CHPITRE II : Présentation de projet

II. 3. Le Contexte Local:

La route nationale n°1 est l'épine dorsale du réseau routier principal en Algérie, qui relie le nord au sud. Et il traverse la zone d'Al-Meniaa en tant que principale zone de transit

Elle joue un rôle important sur le plan touristique, social et économique de la région et assure le regroupement local entre ces grandes villes

•Le Transport De Marchandises Par Route :

Le transport routier de marchandises est très important voir exceptionnelle surtout sur la RN3. En ne dispose pas de chiffre exact du transport par routes, vu l'existence de plusieurs intervenant s dans ce domaine.

Outre la SNTR, dont le tonnage transporté est connu par les services de la D.T.P , plusieurs opérateurs publics et privés font le transport soit au profit du secteur public soit au profit du secteur privé ou pour leur propre compte.(13)

•Choix De Couloires :

La phase Avant-projet sommaire, elle consiste à étudier plus profondément les deux variantes retenues de l'étude antérieure. L'échelle de la carte topographique et géologique, permettant de finir cette étape. On devra comparer entre ces deux dernières par l'ensemble des critères suivantes.

- Les contraintes remarquées dans le site.
- Le coût du projet.
- Les difficultés trouvées lors du choix des tracés (caractéristiques techniques).
- Comparaison des impacts sur l'environnement.

Finalement après cette analyse multicritère, une seule variante sera gardée pour entamer **la phase APD.**

II.4.Contexte Général :

Mon projet consiste à étudier le dédoublement de la RN01 sur un linéaire de 2km et occupe une zone géographique stratégique car il relie les communes D'El Maniaa et Hassi El Gara. L'axe de la route traverse des zones d'activités industrielles, agricoles et touristiques.

II.5. Objectifs du projet :

Les objectifs de l'étude du dédoublement de la route nationale (RN01) sont les suivants :

- Assurer le raccordement Chacune des communes d'El Meniaa et hassi gara
- Résoudre les problèmes de congestion du trafic routier, en assurant la fluidité de la circulation, la régularité du temps de parcours et la sécurité des usagers de la route.

CHPITRE II : Présentation de projet

- Améliorer les conditions de la déserte locale et le cadre de vie des habitants toute en préservant l'environnement.
- Offrir un axe routier, conçu en tenant compte des problèmes d'ensablement que connaît la région.
- Assurer une chaussée unidirectionnelle de largeur de 7 m, et largeur de 2m d'accotement.

II.6) Présentation des variantes :

Dans cette phase on va étudier deux variantes afin de trouver la meilleure solution adaptée pour la réalisation de notre projet ;

Le projet se résume en un simple dédoublement de la route existante.

Les deux variantes se présentent sont les suivantes

A) Un dédoublement à gauche de la chaussée existante (R.N 01).

B) Un dédoublement à droite de la chaussée existante (R.N 01).

Les tracés de ces deux variantes suivent parfaitement le tracé de la RN 01 parfaitement, en formant un profil en travers en 2x2 voies, avec un terre-plein central (TPC) de 1 mètre de largeur

II.7)Caractéristiques Géométriques Globales :

Tracé en plan :

Les caractéristiques géométriques adoptées visent à assurer des conditions de confort et de sécurité relativement homogènes et adaptées à la catégorie 1 et à la vitesse de base de 120km/h dans un environnement E1.(14)

En fonction de la vitesse de référence définie ci-dessus les caractéristiques du tracé en plan se décrivent comme suit

Vitesse de référence	120Km/h
Normes	B40
Rayon minimum absolu (RHm)	650
Rayon minimum normal (RHN)	1000
Rayon au devers minimum (RHd)	2200
Rayon non déversé (RHnd)	3200

Tableau-II.1- Caractéristique géométriques du tracé en plan (14)

CHPITRE II : Présentation de projet

- **Profil en long :**

Le profil en long est composé d'éléments rectilignes caractérisés par leurs pentes et de raccords paraboliques caractérisés par leurs rayons.

Les rayons en angles saillants influent sur la visibilité et le confort (accélération verticale), de ce fait c'est un la première condition qui est déterminante. Les rayons en angle rentrant sont eux fixés principalement par des conditions de confort.(14)

En fonction de la vitesse de référence définie, les caractéristiques de profil en long se décrivent comme suit :

Rayons en profils en long	
Déclivité maximum	4%
Déclivité minimum au devers nul	0.5 %
Rayon en angle saillant (m)	
Minimum absolu	12000
Minimum normal	18000
Rayon en angle entrant (m)	
Minimum absolu	4200
Minimum normal	6000

Tableau-II.2 Caractéristiques géométriques de profil en long (14)

- **profil en travers type :**

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

-deux chaussée à double voies : $2 \times (3.5 \times 2) = 2 \times 7.00\text{m}$

-Accotement : $2 \times 2\text{m}$

-terre-plein centrale (TPC) : 1m

-Plate-forme : 22m

II.8) Conclusion :

Après une analyse comparative des deux variables, nous choisissons celle qui présente les paramètres techniques et économiques les plus avantageux au moindre coût

Notre projet occupe une zone géographique stratégique qui relie la commune d'El Meniaa et la commune de Hassi El Gara (vers la Wilayat d'Ain Salah). L'axe de la route traverse des zones résidentielles et touristiques

Etude de trafic

III.1. Introduction:

L'étude de trafic est une étape primordiale dans toute réflexion relative à l'aménagement d'un projet routier. Cette étude permet de déterminer la virulence du trafic et son agressivité, et aussi le type d'aménagement à réaliser.(15)

Pour résoudre la plupart des problèmes d'aménagement ou d'exploitation routier, il ne suffit pas de connaître la circulation en un point donnée sur une route existante .Il est souvent nécessaire de connaître les différents courants de circulation, leurs formations, leurs aboutissements, en d'autres termes de connaître l'origine et la destination des différents véhicules.(16)

III.2. Analyse Du Trafic:

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

- La statique générale.
- Le comptage sur route (manuel et automatique).
- Une enquête de circulation

III.3. Différents Type De Trafics:

On distingue quatre types de trafic:

III.3.A) Trafic Normal:

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau projet.

III.3.B) Trafic Induit:

C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.

III.3.C) Trafic Dévié:

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée.

La déviation du trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.

III.3.D) Trafic Total:

C'est la somme du trafic induit et du trafic dévié.

La première étape de ce type d'étude est le recensement de l'existant. Ce recensement permettra de hiérarchiser le réseau routier par rapport aux fonctions qu'il assure, et de mettre en évidence les difficultés dans l'écoulement du trafic et de ses conséquences sur l'activité humaines

Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le futur sont:

- ✓ Prolongation de l'évolution passée.
- ✓ Corrélation entre le trafic et les paramètres économiques.
- ✓ Modèle gravitaire.
- ✓ Modèle de facteur de croissance

III.4. Prolongation De L'évolution Passée:

La méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir, l'évolution des trafics observés dans le passé. On établit en général un modèle de croissance du type exponentiel.(17)

Le trafic T_n à l'année n sera:

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

Tel que :

T_0 : est le trafic à l'arrivée pour l'origine.

τ : est le taux de croissance (17)

III.5. Corrélation Entre Le Trafic Et Les Paramètres Economiques:

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

- ✓ Produit national brut (PNB).
- ✓ Produits des carburants, d'autres part, si on pense que cette corrélation restera à vérifier dans le taux de croissance du trafic, mais cette méthode nécessite l'utilisation d'un modèle de simulation, ce qui sort du cadre de notre étude.(17)

Modèle Gravitaire:

Il est nécessaire pour la résolution des problèmes concernant les trafics actuels au futur proche, mais il se prête mal à la projection.(17)

Modèle de facteurs de croissance:

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

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

Cette méthode nécessite des statistiques précises et une recherche approfondie de la zone à étudier.(17)

III.6. .Calcul De La Capacité:

On définit la capacité de la route par le nombre maximale des véhicules pouvant raisonnablement passé sur une section donnée d'une voie dans une direction (ou deux directions) avec des caractéristiques géométriques et de circulation pendant une période de temps bien déterminée.(14)

La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

Trafic A Un Horizon Donné:

Du fait de la croissance annuelle du trafic

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

Tel que:

- ✓ **TJMA_n** : trafic journalier moyen à l'année n.
- ✓ **TJMA₀** : trafic journalier moyen à l'année 0.
- ✓ **τ** : taux d'accroissement annuel.

n : nombre d'année à partir de l'année d'origine. (14)

CHPITRE III : Etude De Trafic

Trafic effectif:



C'est le trafic par unité de véhicule, il est déterminé en fonction du type de route et de l'environnement. (14)

Tel que :

$$T_{\text{eff}} = [(1-Z) + PZ] T J M A_n$$

Z : le pourcentage de poids lourds.

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route. (14)

Le tableau ci-dessous nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence « **P** » pour poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristiques de notre route

Environnement	E1	E2	E3
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-12
Route étroite, ou à visibilité réduite	3-6	6-12	16-24

Tableau III.1 Coefficient d'équivalence « **P** » (14)

Evaluation De La Demande:

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

$$Q = 0.12 T_{\text{eff}} \quad (\text{UVP/h})$$

Evaluation De L'offre:

C'est le débit admissible que peut supporter une route :

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

Tel que :

C_{th} : la capacité théorique.

K_1 : coefficient qui dépend de l'environnement.

K_2 : coefficient tient compte de l'environnement et de la catégorie de la route. (14)

Environnement	E1	E2	E3
K_1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau III.2 Coefficient « K_1 » (14)

Environnement	Catégorie de la route				
	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau III.3 Coefficient « K_2 » (14)

	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3.5 m	1500 à 2000 uvp/h
Route à 3 voies de 3.5 m	2400 à 3200 uvp/h
Route à chaussées séparées	1500800 uvp/h/sens

Tableau III.4 Capacité théorique « C_{th} » (14)

III.7. Calcul Du Nombre De Voies :

- ✓ Chaussée bidirectionnelle :

On compare Q à Q_{adm} pour les divers types de routes et on prend le profil permettant d'avoir :

$$Q \leq Q_{adm}$$

(14)

- ✓ Chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voies par chaussée est le nombre le plus proche du « N » avec :

$$N = \frac{s \cdot Q}{Q_{adm}}$$

Tel que :

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

Q_{adm} : débit admissible par voie. (14)

III.8. Application Au Projet :

Les Données Sur Les Réseaux Routiers :

Le Réseau routier de la wilaya :

Le réseau routier de la Wilaya est long de 1440Km sans compter les pistes, les routes non classées, et la voirie urbaine .il se repartit comme suit :

- Routes nationales : 1030 Km
- Chemins de wilaya : 255 Km
- Chemins communaux : 155 Km

Données sur le trafic:

Selon les résultats des comptages et de prévisions, effectués par le service spécialisé de la DTP de la wilaya Ouargla, nous avons :

- La voie express : $TJMA_{2008} = 3800$ v/j.
- Année de mise en service : 2012.
- Le pourcentage des poids lourds : $Z = 43\%$.
- Taux de croissance annuelle de trafic : $\tau = 5\%$. pour la voie express
- La durée de vie: 20ans

Dimensionnement De La Voie Express :

On à :

- ✓ $P=3$ (Route à bonne caractéristique, environnement E_1)
- ✓ $K_1=0.75$ (environnement E_1) ; $K_2=1$ (environnement E_1 , catégorie C_1)

- **Trafic à l'année horizon:**

$$TJMA_{2032} = (1+\tau)^n TJMA_{2008}$$

$$TJMA_{2032} = (1+0.05)^{25} \cdot 3800$$

$$TJMA_{2032} = 12868 \text{ v/j}$$

➤ **Trafic effectif :**

$$T_{\text{eff}(2032)} = [(1-Z) + PZ] TJMA_{2032}$$

$$T_{\text{eff}(2032)} = [(1-0.43) + 3 \times 0.43] 12868$$

$$T_{\text{eff}(2032)} = 23935 \text{ uvp/j}$$

➤ **Capacité prévisible :**

$$Q_{2032} = 0.12 \cdot T_{\text{eff}(2032)}$$

$$Q_{2032} = 0.12 \cdot 23935$$

$$Q_{2032} = 2872 \text{ uvp/h}$$

➤ **Capacité théorique :**

$$Q_{2032} < Q_{\text{adm}} \Leftrightarrow Q_{2032} < K_1 \times K_2 \times C_{\text{th}}$$

$$C_{\text{th}} > \frac{Q_{2032}}{K_1 \times K_2}$$

$$C_{\text{th}} > 3830 \text{ uvp/h}$$

➤ **Capacité admissible :**

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

$$Q_{\text{adm}} = 0.75 \times 1 \times 1500 = 1125 \text{ uvp/h}$$

➤ **Nombre de voie :**

$$N = S.Q/Q_{adm} = 2/3(2872/1125)$$

$$N = 1.7 \text{ voies}$$

Donc la route est projetée en **2×2 voies**.

III.9. Conclusion :

Si se référant à l'enjeu économique et au développement des wilayas environnantes ; il est mieux indiquer de choisir un dédoublement de 2 X 2voies avec un séparateur

Tracé En Plan

IV.1. Introduction :

Le tracé en plan est une succession de droites reliées par des liaisons. Il représente la projection de l'axe routier sur un plan horizontal qui est soit une carte topographique ou un relief schématisé par des courbes de niveau.(18)

Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan faut les conditions de confort et de stabilité et qui sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et le frottement de la surface assuré par la couche de roulement. (18)

IV.2. Règles A Respecter Dans Le Trace En Plan :

Le tracé en plan doit assurer aux usagers de la voie express un trajet confortable et une bonne qualité de service dont le niveau est cependant fonction des difficultés du site.(19)

Les normes de conception géométriques de tracé et de directives opérationnelles ont été développées à partir des normes et directives Routières et Autoroutières en usage en Algérie plus particulièrement les normes techniques d'aménagement des routes « **B40** ».

Dans ce qui suit, seront à fées certaines exigences qu'elles nous semblent pertinentes.

- ✓ Toutes les courbes horizontales dont le rayon est inférieur à RHnd (rayon horizontale non déversé) devront être introduites avec des raccordements progressifs.
- ✓ L'adoption de rayon minimal absolu est à éviter dans la mesure du possible. En règle générale, on adopte, si cela n'augmente pas le coût de façon trop sensible des valeurs de rayons supérieur ou égal au rayon minimum normal.
- ✓ L'adapter de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- ✓ Raccorde le nouveau tracé au réseau routier existant
- ✓ Eviter au maximum les propriétés privées.
- ✓ Eviter le franchissement des oueds en minimise au maximum le nombre d'ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques.
- ✓ Eviter les sites qui sont sujets a des problèmes géologiques.
- ✓ Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total de tracé.
- ✓ Respecter les normes de techniques de construction de routes sahariennes.

Les Eléments Du Tracé En Plan :

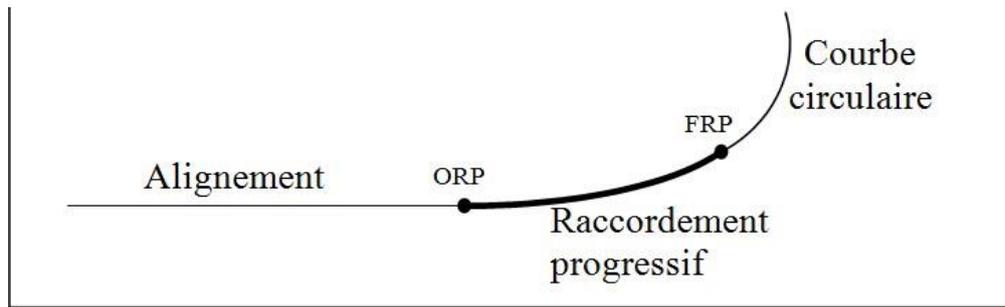


Figure IV.1 les éléments tracés en plan (20)

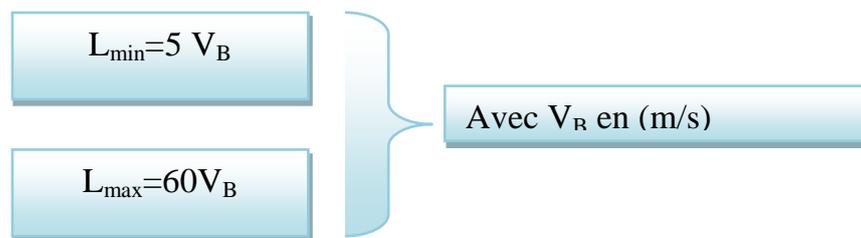
L'axe du tracé en plan est constitué par des alignements et des courbes circulaires, et parfois on utilise des raccordements progressifs schématisé ci-dessous (20)

Les Alignements :

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

Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes circulaires sont raccordées par une courbe en C ou Ove.(21)

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



IV.3.a) Arc De Cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

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

Stabilité en courbe

Le véhicule subit en courbe une instabilité à l'effet de la force centrifuge .Afin réduire de cet effet on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur, pour éviter le glissement des véhicules.

Rayon horizontal minimal absolu :

Ainsi pour chaque V_r on

définit une série de

couple (R, d).

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

(14)

Rayon minimal normal

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

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

(14)

Rayon au dévers minimal

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse V_r serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit. Dévers associé $d_{min} = 2.5\%$.

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

(14)

Rayon minimal non déversé

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

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127 \times 0.035}$$

Pour les catégories 1-2

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

Pour les catégories 3-4-5

Avec :

$f' = 0.07$ cat 3

$f' = 0.075$ cat 4 -5

(14)

Règles pour l'utilisation des rayons en plan

- ✓ Il n'y a aucun rayon inférieur à RHm, on utilise autant que possible des valeurs de rayon \geq à RHN.
- ✓ Les rayons compris entre RHm et RHd sont déversés avec un dévers interpolé linéairement en $1/R$ arrondi à 0,5% près.

Si $RHm < R < RHN$: (14)

$$d = d_{max} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHm} \right) \frac{d_{max} - d_{RHN}}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHN}}$$

Si $RHN < R < RHd$

$$d = d_{min} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd} \right) \frac{d_{min} - d_{RHN}}{\frac{1}{RHd} - \frac{1}{RHN}} \quad (14)$$

- ✓ Les rayons compris entre RHd et RHnd sont en dévers minimal d_{min} .
- ✓ Les rayons supérieurs à RHnd peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.
- ✓ Un rayon RHm doit être encadré par des RHn.

Remarque :

On essaye de choisir les plus grands rayons possibles en évitant de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.

IV.3.b) Les Raccordements Progressifs « CLOTHOÏDE » :

Le passage de l'alignement droit au cercle ne peut se faire brutalement, mais progressivement (courbe dont la courbure croît linéairement de $R=\infty$ jusqu'à $R=\text{constant}$), pour assurer :

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

Il y a beaucoup des courbes de raccordement Pour assurer ce confort. Mais la clothoïde est la seule courbe qui sera appliquée dans les projets de route. (14)

Expression de la clothoïde

La courbure est linéairement proportionnelle à l'abscisse curviligne L(ou longueur de la clothoïde).

$$\Rightarrow K = C.L ; K = \frac{1}{R} \quad L.R = \frac{1}{C}$$

On pose : $\frac{1}{C} = A^2 \Rightarrow$

$A^2 = L.R$

(14)

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

IV.3.c) Les éléments de la clothoïde

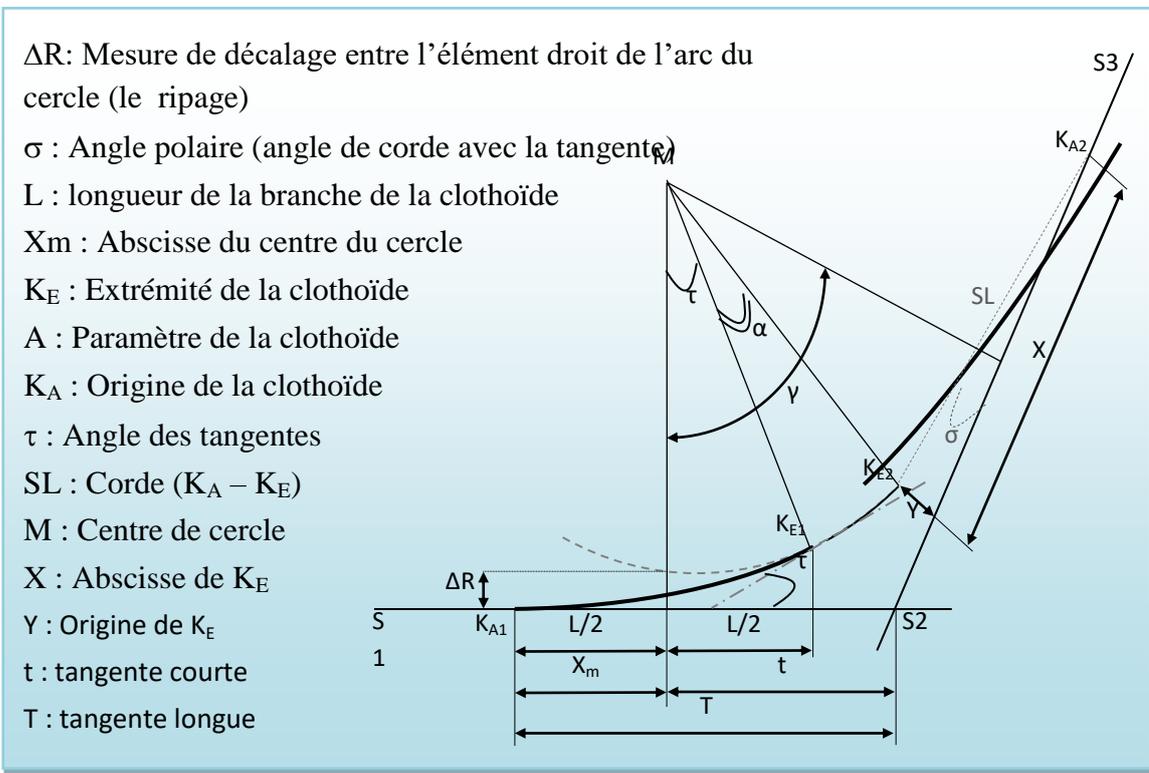


Figure IV.2 Les éléments de la clothoïde. (14)

Les Conditions De Raccordement :

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

❖ **Condition optique :**

C'est une condition qui permet d'assurer à l'utilisateur une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels (14)

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

$$\tau \geq 3^\circ \quad \text{soit} \quad \tau \geq 1/18 \text{ rad.}$$

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

$$R/3 \leq A \leq R$$

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

Pour $1500 < R < 5000 \text{ m}$ $\tau = 3^\circ$ c'est-à-dire $L = R/9$

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

❖ **Condition de confort dynamique :**

Cette condition consiste à limiter le temps de parcours d'un raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule. La variation de l'accélération transversale est : $(\frac{V^2}{R} - g \cdot \Delta d)$ Ce dernier est limité à une fraction de (14)

l'accélération de pesanteur $Kg = g/0.2V_B$

Avec une gravitation $g = 9.8\text{m/s}$ on opte :

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

V_B : vitesse de base (Km/h).

R : le rayon (m).

Δd : la variation de divers ($\Delta d = d_{\text{final}} - d_{\text{init}}$) (%). (14)

❖ Condition De Gauchissement :

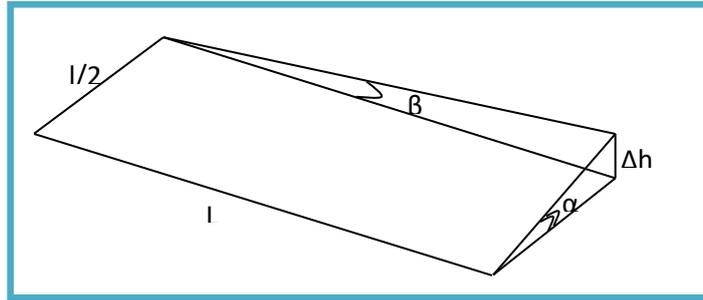


Figure IV. 3 Condition De Gauchissement (1)

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

A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversé et de son axe de telle sorte (14)
$$\Delta p \leq \frac{0.5}{V_B}$$

Nous avons :

$$L \geq l \cdot \Delta d \cdot V_B$$

l : largeur de chaussée (14)

La vérification des deux conditions gauchissement + confort dynamique peut se faire à l'aide d'une seule condition qui consiste à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation, par unité de temps, du dévers de la demi-chaussée extérieur au virage. Cette variation est limitée à 2%. (01)

Δd : exprimé en valeur réelle.

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

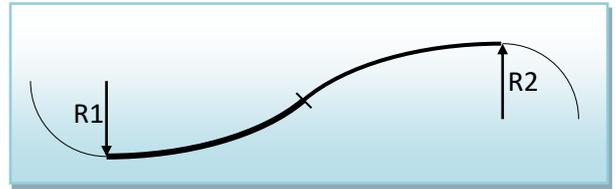
(14)

IV.3. Combinaison Des Eléments De Trace En Plan :

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

V.4.a) Courbe en S :

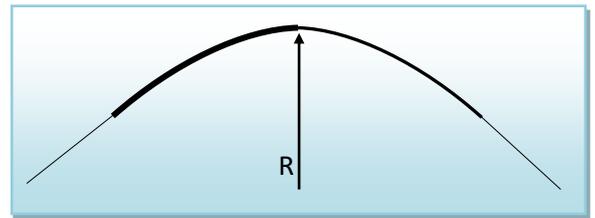
Une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de concavité opposée tangente en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle.(01)



FigureIV.4 courbe en S (1)

V.4.b) Courbe à sommet :

Une courbe constituée de deux arcs clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements. (01)



FigureIV.5 courbe à sommet (1)

IV.4. Paramètres Fondamentaux :

Mon projet s’agit d’une route de catégorie C1, dans un environnement E1 , avec une vitesse de base $V_B = 120$ km/h. (01)

Ces données nous aident à tirer les caractéristiques suivantes qui sont inspirées des normes B40 et ICTAAL.

Paramètres	Symboles	Valeurs	Unités
Vitesse	V	120	km/h
Longueur minimale	Lmin	167	m
Longueur maximale	Lmax	2000	m
Devers minimal	dmin	2.5	%
Devers maximal	dmax	7	%
Temps de perception réaction	t1	1.8	S
Frottement longitudinal	f_L	0.33	
Frottement transversal	f_t	0.10	
Distance de freinage	d0	175	m
Distance d’arrêt	d1	235	m
Distance de visibilité de dépassement minimale	dm	550	m
Distance de visibilité de dépassement normale	dN	790	m
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement	dMd	425	m
RHm	RHm	650 (7 %)	m
RHN	RHN	1000 (5 %)	m
RHd	RHd	2200(2.5 %)	m
RHnd	RHnd	3200(-2.5 %)	m

Tableau IV.1 Paramètres du tracé en plan (14)

IV.5. La Vitesse De Reference (De Base) :

La vitesse de référence (V_r) c'est le paramètre qui permet de déterminer les caractéristiques géométriques minimales d'aménagement des points singuliers.(19)

Choix de la vitesse de référence :

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

- ✓ Type de route.
- ✓ Importance et genre de trafic.
- ✓ Topographie.
- ✓ Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

Choix Des Eléments Géométrique :

Du point de vue géométrique, mon tracé est composée de deux tronçons, cette décomposition résulte des contraintes existantes dans la zone d'étude, tout en respectant les normes de conception concernant les longueurs maximales et minimales de tracé en plan sans oublier l'obligation de suivre la chaussée existante :

Exemple De Calcul D'axe :

Cette étape ne peut être effectuée parfaitement qu'après avoir déterminé le couloir par lequel passera la voie.

Le calcul d'axe consiste à déterminer tous les points de l'axe, en exprimant leurs coordonnées ou directions dans un repère fixe. Ce calcul se fait à partir d'un point fixe dont on connaît ses coordonnées, et il doit suivre les étapes suivantes:

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

IV.6. Exemple De Calcul :

Pour illustrer notre travail de calcul d'axe, il nous semble qu'il est intéressant de détailler au moins un calcul d'une liaison de notre axe.

La liaison que l'on a choisie se situe à la fin de notre projet. Les coordonnées des sommets et le rayon utilisé sont comme suit:

STB $x = 9985.6900, y = 20014.6680,$

STC $x = 9864.7230, y = 19483.6500$

STD $x = 9824.4070, y = 19147.4880$

Rayon $R = 1200m$ et $V_B = 120km/h$

Caractéristiques de la courbe de raccordement

❖ **Détermination de L :**

i. Condition de confort optique :

$R \leq 1500m \Rightarrow L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$

On prendre $\Delta R = 0.5m$

Donc $L \geq \sqrt{24 \times 1000 \times 0.5} = 120m.....1$

ii. Condition de (confort dynamique+ gauchissement) :

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

$L \geq \frac{5}{36} \cdot 6.66 \cdot 120$

$L \geq 111m$

$L = \max (111, 121.19).$

$L = 120m$

❖ **calcul du paramètre A**

$A^2 = L \cdot R$

$A = \sqrt{L \cdot R} = 379.47$

On prend : $A = 380$

La condition $\frac{R}{3} \leq A \leq R$ elle est vérifiée, ($408 \leq 390 \leq 1224$).

Alors $L = A^2/R = 126 \Rightarrow L = 120m$

❖ Calcul de ΔR

$$\Delta R = \frac{L^2}{24 \times R} = \frac{120^2}{24 \times 1200} = \mathbf{0,5m}$$

❖ Calcul des Gisements :

Le gisement d'une direction est l'angle fait par cette direction avec le nord géographique dans le sens des aiguilles d'une montre.

$$G_{STB}^{STC} = \arctg\left(\frac{|\Delta y|}{|\Delta x|}\right) \Rightarrow G_{STB}^{STC} = \arctg\left(\frac{|104669.7264 - 104253.6893|}{|160252.1466 - 158176.6808|}\right)$$

$$\mathbf{G_{STB}^{STC} = 4.39gr}$$

$$G_{STC}^{STD} = \arctg\left(\frac{|\Delta y|}{|\Delta x|}\right) \Rightarrow G_{STC}^{STD} = \arctg\left(\frac{|105531.7356 - 104669.7264|}{|162683.7039 - 160252.1466|}\right)$$

$$\mathbf{G_{STC}^{STD} = 8.33gr}$$

❖ Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = |G_{STB}^{STC} - G_{STC}^{STD}| = 3.94gr$$

❖ Calcul de l'angle τ :

$$\tau = \frac{120}{2.R} \times \frac{200}{\pi} = 3.18 \text{ gr}$$

❖ Vérification de non chevauchement :

$$2.\tau = 6.36gr. \quad \Rightarrow \quad 2.\tau \leq \gamma \Rightarrow \text{pas de chevauchement.}$$

$$\gamma = 3.94gr$$

❖ Calcul des distances :

$$\overline{sTB sTC} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = 517.06m.$$

$$\overline{sTC sTD} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = 333.38m.$$

❖ Abscisse de KE :

$$x = L \left(1 - \frac{L}{40.R^2}\right) \approx 120m .$$

❖ Origine de KE :

$$y = \frac{L^2}{6.R} = 2m.$$

Calcule de l'abscisse du centre du cercle :

$$X_m = \frac{L}{2} = 60\text{m.}$$

❖ **Calcule de la tangente :**

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

$$\bullet \frac{L}{R} = 0.1$$

$$\bullet \frac{X_m}{R} = 0.05 \quad \Rightarrow \quad X_m = 60 \text{ m.}$$

$$\bullet \frac{\Delta R}{R} = 0.0042 \quad \Rightarrow \quad \Delta R = 1.88$$

} *Tableau de clothoïde*

$$T = 60 + (1200 + 0.5) \operatorname{tg}\left(\frac{10}{2}\right)$$

$$T = 165.03\text{m}$$

❖ **Calcul des Coordonnées SL :**

$$SL = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{(120)^2 + (2)^2} = 120.01\text{m.}$$

❖ **Calcul de σ :**

$$\sigma = \operatorname{arctg}\left(\frac{Y}{X}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{2}{120}\right) = 0.95\text{gr.}$$

❖ **Calcul de l'arc :**

$$\alpha = \gamma - 2\tau = 3.94 - 2 \cdot 3.18 = 2.26.$$

$$\widehat{K_{E1}K_{E2}} = \frac{R \cdot \pi \cdot \alpha}{200} = \frac{1200 \times \pi \times 2.26}{200} = 42.60\text{m.}$$

❖ Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$\begin{cases} X_{KA1} = X_{STC} + T \sin(G_{STB}^{STC} + 200) = 9796.574\text{m.} \\ Y_{KA1} = Y_{STC} + T \cos(G_{STB}^{STC} + 200) = 19333.348\text{m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KA2} = X_{STC} + T \sin(G_{STC}^{STD}) = 9786.408\text{m.} \\ Y_{KA2} = Y_{STC} + T \cos(G_{STC}^{STD}) = 19338.386\text{m.} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} + SL \sin(G_{STB}^{STC} - \sigma) = 9803.775\text{m} \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} + SL \cos(G_{STB}^{STC} - \sigma) = 19453.142\text{m.} \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} - SL \sin(G_{STC}^{STD} + \sigma) = 9767.055\text{m.} \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} - SL \cos(G_{STC}^{STD} + \sigma) = 19219.947\text{m.} \end{cases}$$

Profil En Long

V.1. Introduction:

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

Le profil en long est toujours composé segments de droite raccordés par des paraboles caractérisés par leur rayon.

Pour les segments de droite, on parle de pente ou de rampe suivant que la route descend ou monte dans le sens de la marche (22)

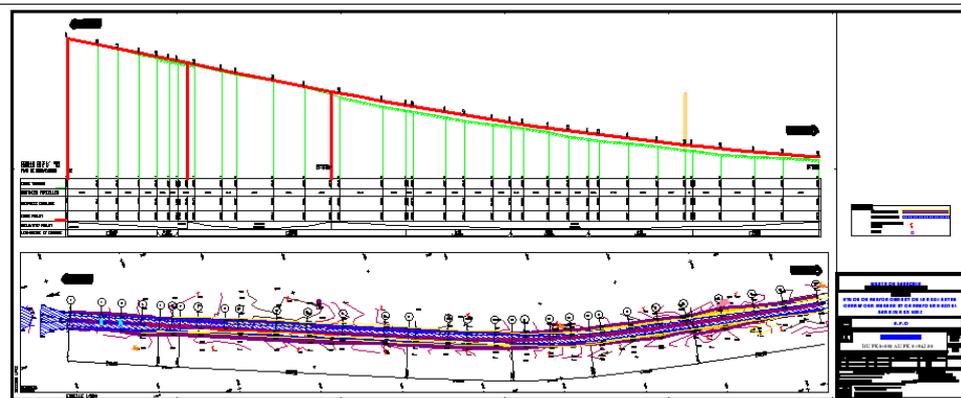


Figure V.1 Profil en Long (35)

V.2. Règles A Respecter Dans Le Tracé Du Profil En Long :

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

- ✓ Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- ✓ Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- ✓ Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- ✓ Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers nul dans une pente du profil en long.

- ✓ Recherche un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- ✓ Eviter une hauteur excessive en remblai.
- ✓ Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment.
- ✓ Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle ou une parabole unique, ou une combinaison de cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- ✓ Respecter les normes et des techniques de construction de routes sahariennes. (22)

V.3. Coordination Du Tracé En Plan Et Profil En Long :

Elle doit viser essentiellement à :

- Assurer les conditions minimales de visibilité,
- Favoriser la perception générale du tracé : rechercher la cohérence du tracé en plan, du profil en long et de la topographie générale du site.
- Il faut en outre éviter les combinaisons défavorables telles qu'une longue descente rapide suivie d'un point difficile de la trace en plan.
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs, etc.)

Pour assurer ces derniers objectifs on respecte les conditions suivantes :

- ✓ Associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important.
- ✓ Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :

$$R_{\text{vertical}} > 6 R_{\text{horizontal}} \text{ pour éviter un défaut d'inflexion.}$$

- ✓ Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de coût sensible, lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500 m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.(23)

V.4. Déclivités :

La construction du profil en long doit tenir compte de plusieurs contraintes. La pente doit être limitée pour des raisons de sécurité (freinage en descente) et de confort (puissance des véhicules en rampe).

Autrement dit la déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal .Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.(1)

VI.4.a) Déclivité Maximum :

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

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

La pente maximum du projet sera inférieure ou égale à ($i_{\max} = 4\%$) dans le franchissement de la côtère(14)

Nota :

Selon le B-40 on a :

V_r Km/h	80	100	120	140
I_{\max} %	6	5	4	4

(14)

Tableau V.1 Variation de la pente maximale en fonction de la vitesse de base.(24)

Pour notre cas la vitesse $V_r=120$ Km/h donc la pente maximale $I_{\max} = 4\%$.

VI.4.b) Voie Supplémentaire Pour Véhicule Lent :

Les déclivités importantes posent un problème pour les poids lourds. L'atténuation de ce problème de déclivité consiste à :

- **En rampe :**

Prévoir une voie supplémentaire pour poids lourds ‘‘ *VSPL* ‘‘ afin d'éviter davantage le ralentissement des véhicules et le développement des files d'attente. (24)

- **En pente :**

L'influence de la pente sur la vitesse des véhicules poids lourds est importante. En conséquence la vitesse doit être adaptée au véhicule et à la pente en utilisant convenablement les freins. (24)

Une voie supplémentaire sera envisagée si la longueur et la déclivité sont telles que la vitesse de poids lourds est réduite à moins de la vitesse critique(V_{cr}). (14)

$$V_{cr} = V_{\min} + 10 \text{ Km/h}$$

V.5. Déclivité Minimum :

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

V.6. Raccordements En Profil En Long :

Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long ; ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort, on distingue deux types raccordements (25)

V.6.a) Raccordements convexes (angle saillant) :

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants, sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain, des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité. (25)

Leur conception doit satisfaire à la condition :

- ✓ Condition de confort.
- ✓ Condition de visibilité.

• **Condition de confort :**

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à « g /40 (cat 1-2), le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$$v^2/R_v < g /40 \text{ avec } g = 10 \text{ m /s}^2 \text{ et } v = V/3.6.$$

D'ou :

$R_v \geq 0,3 V^2$	(cat 1-2)
--------------------	-----------

Tel que :

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

V : vitesse de référence (km /h). (25)

Condition de visibilité :

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

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

$R_v \geq \frac{d^2}{2(h_a + h_g + 2 \times \sqrt{h_a h_g})}$

(25)

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

d : Distance de visibilité nécessaire (m)

h_a : Hauteur de l'œil au dessus de la chaussée = 1.10 m

h_g : Hauteur de l'obstacle =1.20 m(25)

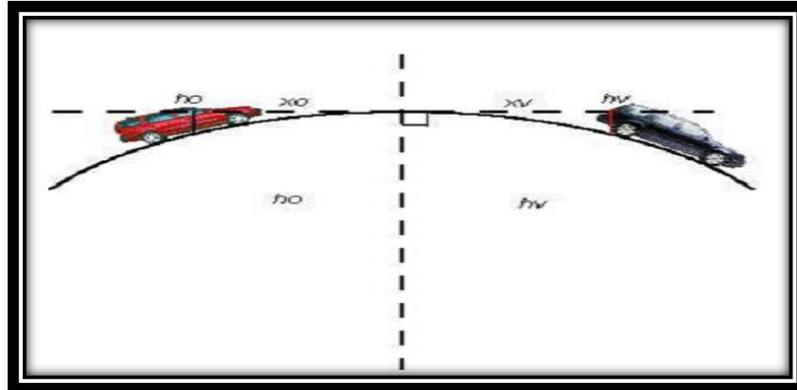


Figure V.2 visibilité en raccordement convexes

Les rayons assurant ces deux conditions sont données pour les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix unidirectionnelle et pour une vitesse de base $V_r=120\text{Km/h}$ et pour la catégorie 1 on a :

Rayon	symbole	Valeur
Min-absolu	R_{vm}	12000
Min- normal	R_{vN}	18000
Dépassement	R_{vd}	30000

Tableau V.2 Condition de rayon (14)

V.6.b) Raccordements concaves (angle rentrant) :

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

d_1 : distance de visibilité= distance d'arrêt (25)

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

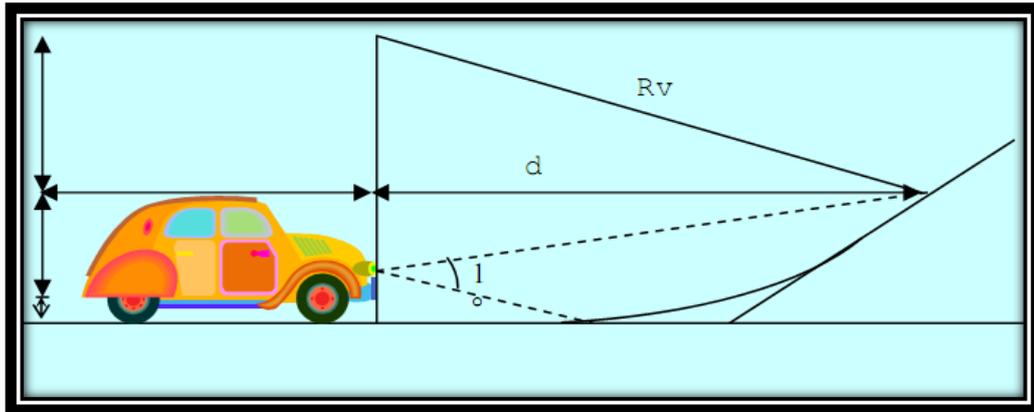


Figure V.3 visibilité en raccordement concaves

Pour une vitesse $V_r = 120 \text{ Km/h}$ et catégorie 1 on a le tableau suivant :

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R'_{vm}	4200
Min - normal	R'_{vn}	6000

Tableau V. 3 Condition de rayon catégorie 1

V.6.c) Détermination Pratique Du Profil En Long :

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

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

À l'équation de la parabole $X^2 - 2 RY = 0 \Rightarrow Y = \frac{x^2}{2R}$

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

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

V.6.d) Détermination De La Position Du Point De Rencontre (S) :

On a: $Z_{A'} = Z_A + L.P_2$, $m = Z_{A'} - Z_A$
 $Z_{D'} = Z_D + L.P_1$, $n = Z_{D'} - Z_D$

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

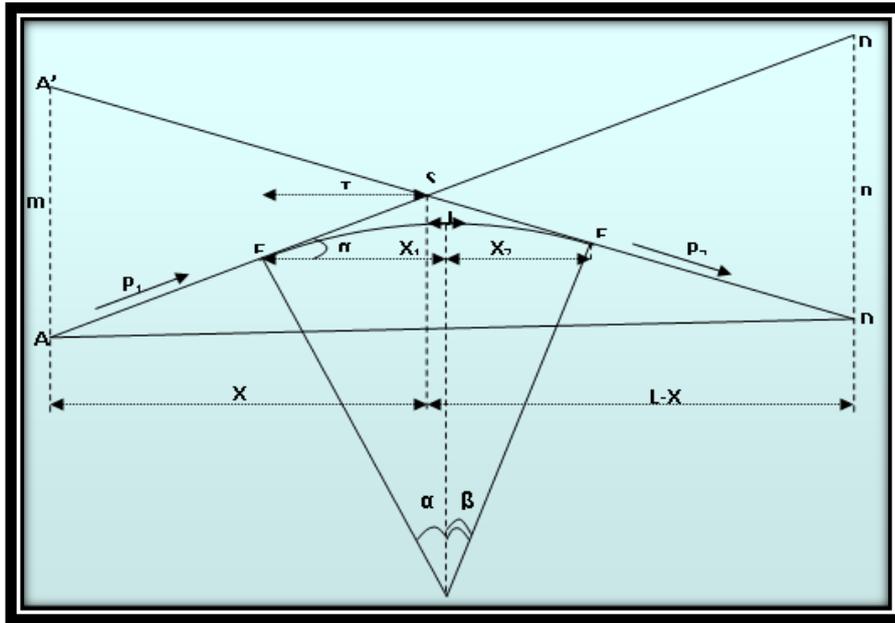


Figure V.4 Raccordement de 2 alignements par une parabole. (14)

$$\frac{m}{n} = \frac{x}{L-x} \Rightarrow x = \frac{mL}{m+n}$$

S	$X_S = x + x_A$
	$Z_S = P_1 \cdot x + z_A$

(14)

V.6.e) Calcul De La Tangente :

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

On prend (+) pour les rampes et (-) pour les pentes.

La tangente (T) permet de positionner les pentes de tangentes B et C.

E	$X_E = x_S - T$	F	$X_F = x_S + T$
	$Z_E = z_S - T \cdot P_1$		$Z_F = z_S - T \cdot P_2$

(14)

V.6.f) Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$L_R = 2T \quad (14)$$

V.6.g) Calcul de la flèche :

$$H = \frac{T^2}{2R} \quad (14)$$

V.6.h) Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant M sur la courbe :

$$H_x = \frac{X^2}{2R} \quad Z_M = Z_E + X \cdot P_1 - \frac{X^2}{2R} \quad (14)$$

V.6.i) Calcul des cordonnées du sommet de la courbe :

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

$$\begin{aligned} X_J &= X_E + R \cdot P_1 \\ Z_J &= Z_E + X_1 \cdot P_1 - \frac{X_1^2}{2R} \end{aligned}$$

Avec : $X_1 = R \cdot P_1$
 $X_2 = R \cdot P_2$

(14)

V.7. Exemple De Calcul De Profil En Long :

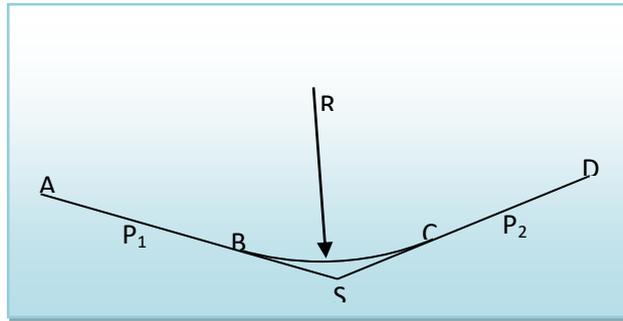


Figure V.5 exemple en long (14)

$$\begin{array}{l}
 A \left\{ \begin{array}{l} PK_A = 0.000m \\ Z_A = 243.730 \end{array} \right. \quad
 S \left\{ \begin{array}{l} PK_S = 1375.226m \\ Z_S = 236.226 \\ R = 12000m \end{array} \right. \quad
 D \left\{ \begin{array}{l} PK_D = 3138m \\ Z_D = 244.821 \end{array} \right.
 \end{array}$$

✓ **Calcul des pentes :**

$$P_1 = 100 \cdot \Delta Z_1 / \Delta PK_1 = -0.54 \%$$

$$P_2 = 100 \cdot \Delta Z_2 / \Delta PK_2 = 0.5 \%$$

✓ **calcul des tangentes :**

$$T = \frac{R}{2} |P_1 - P_2| = 240 \text{ m}$$

✓ **Calcul des flèches :** $H = \frac{T^2}{2R} = 2.4m$

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

$$\begin{array}{l}
 C \left\{ \begin{array}{l} PK_C = PK_S + T = 1375.226 + 240 = 1615.226m \\ 3325. === 3454m \\ Z_C = Z_S + T \cdot P_2 = 236.226 + 240 \times 0.005 = 237.426 \text{ m} \end{array} \right. \\
 J \left\{ \begin{array}{l} PK_J = PK_B + R \cdot P_1 = 1135.226 + 12000 \times 0.0054 = 1200.026 \text{ m} \\ Z_J = Z_B - R \cdot P_1 \cdot P_1 + \frac{(R \cdot P_1)^2}{2R} = 237.370 \text{ m} \end{array} \right. \\
 B \left\{ \begin{array}{l} PK_B = PK_S - T = 1375.226 - 240 = 1135.226m \\ Z_B = Z_S + T \cdot P_1 = 236.226 + 240 \times 0.0054 \\ = 237.52 \text{ m} \end{array} \right.
 \end{array}$$

V.8. Conclusion :

Selon de la norme B40, notre route ne contiendra aucun voie pour les véhicules lentes

Profil En Travers

VI.1. Introduction :

Le profil en travers d'une chaussée est une coupe perpendiculaire à l'axe de la route de l'ensemble des points définissant sa surface sur un plan vertical.

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 eauxetc.) (23)

VI.2. Les Eléments Constitutifs Du Profil En Travers :

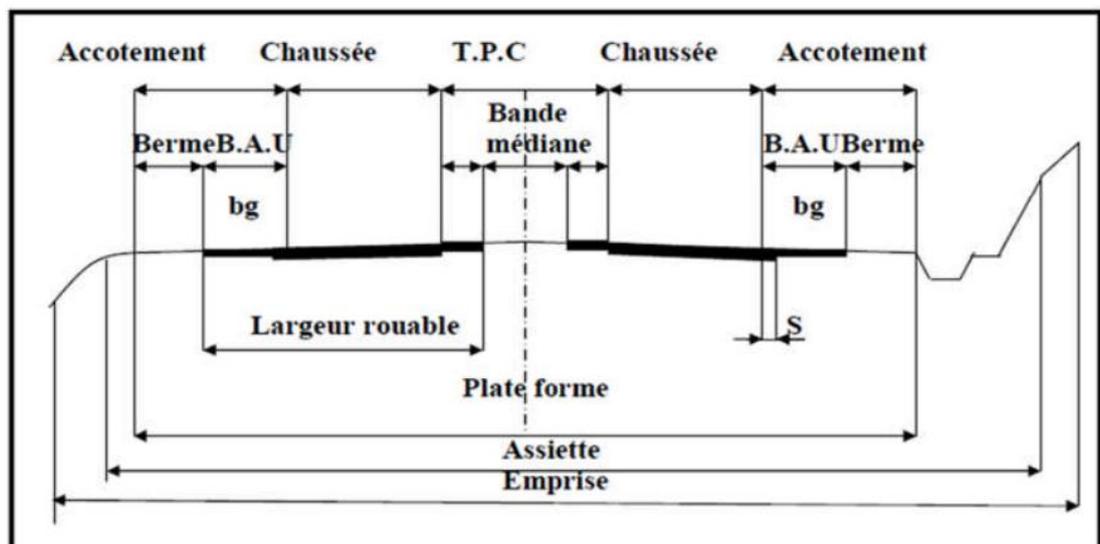


Figure VI .1 Représenté les éléments de profile en travers (24)

- **Emprise** : c'est la surface du terrain naturel affecté à la route ; limitée par le domaine public.
- **Assiette** : c'est la surface de la route délimité par les terrassements.
- **Plate-forme** : C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes des talus des remblais, comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêts.(28)
- **Chaussée** : Le profil de la chaussée est constitué par deux versants plans raccordés sur l'axe, sauf pour les chaussées unidirectionnelles qui comportent un seul versant plan dirigé vers l'extérieur.
- La pente transversale des versants de la chaussée est de 2,5 %, orientée vers l'extérieur de la route (26)

- **Terre- plein central (T.P.C)** : Les B.D.G. ont la même pente que les versants des chaussées adjacentes ; la bande médiane du T.P.C. présente un profil qui permet d'évacuer les eaux en dehors des chaussées. (26)
- **bande dérasée de gauche (B.D.G)** : Elle est destinée à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité, elle est dégagée de tous obstacles, revêtus et se raccorde à la chaussée. La bande dérasée revêtue présente une pente est de 4 % dans le même sens que le versant de la chaussée adjacente, mais peut être réduite à 2,5 % (pente du versant de la chaussée) pour en faciliter la construction. (26)
- **bande médiane** : La sur largeur de chaussée, qui supporte le marquage de rive, a la même pente que le versant de la chaussée qu'elle jouxte.
- **Accotement** : Comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) bordée à l'extérieure d'une berme.
- **Bande d'arrêt d'urgence** : Elle facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée et elle est revêtue.
- **la berme** : Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements Elle a une pente de 8 %, orientée vers l'extérieur de la route. (26)
- **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. (27)

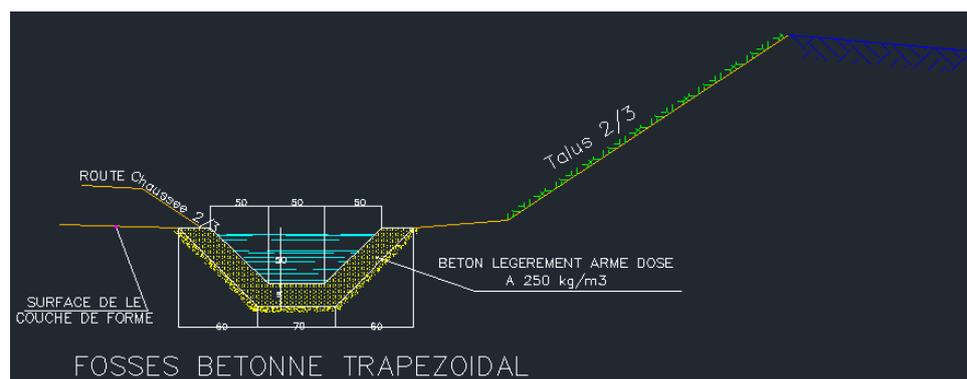


Figure VI.2 Le Fossé De Chaussée (35)

VI.3. Classification De Profil En Travers :

On distingue deux types de profils :

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

VI.3.a) Le profil en travers courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à des distances régulières (10, 15, 20,25m...).qui servent à calculer les cubatures.(1)

VI.3.b) Le profil en travers type :

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

Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (en remblais, déblais).ou mixte. (1)

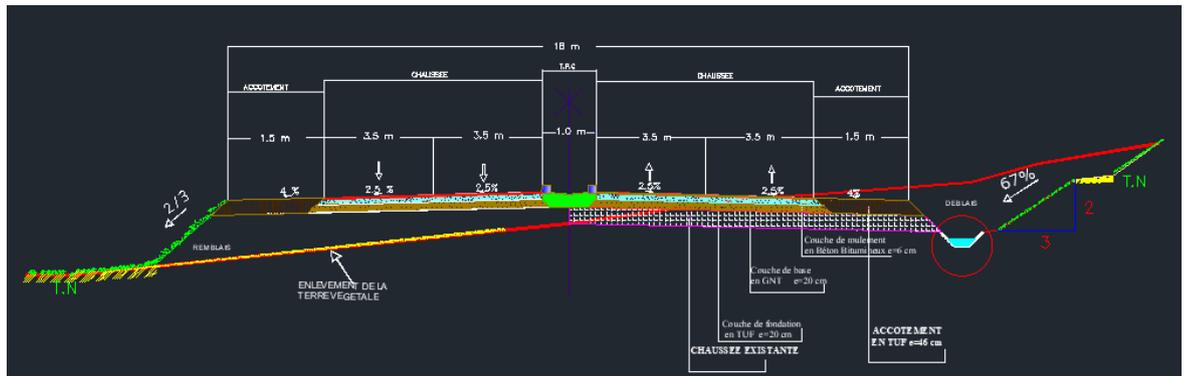


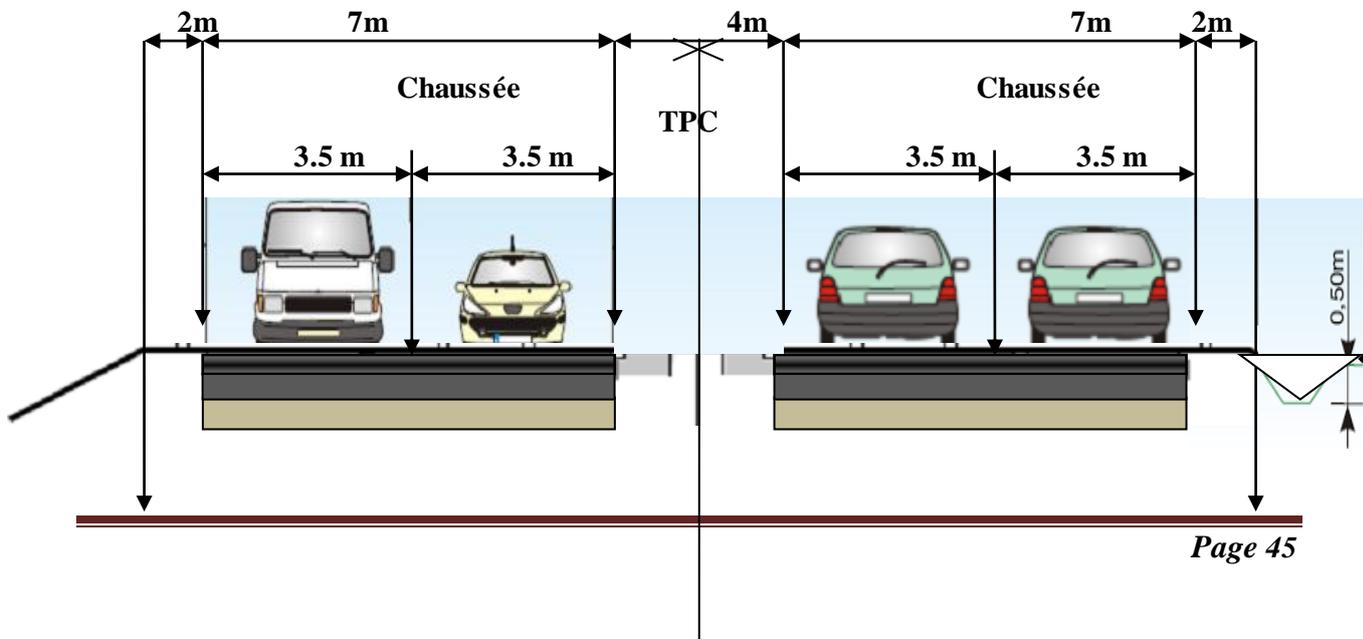
Figure VI.3 Profil En Travers (35)

VI. 4. Application Au Projet :

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour la RN 03 sera composé D'une chaussée de dédoublement.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- deux chaussée à double voies : $2 \times (3.5 \times 2) = 2 \times 7.00\text{m}$
- Accotement : $2 \times 2\text{m}$
- terre-plein centrale (TPC) : 4m
- Plate-forme : 22m



Cubature

VII.1. Introduction:

La réalisation d'un ouvrage nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lequel l'ouvrage va être implanté.

Dans le cas de la voirie à faible trafic, un tracé qui suit au maximum le terrain naturel est recommandé. Mais pour des considérations liées à la sécurité et au confort de l'utilisateur, ceci n'est malheureusement pas toujours possible. Des travaux de terrassements en déblai et en remblai sont donc nécessaires. Ces travaux comprennent l'abattage des arbres, le dessouchage, les démolitions diverses, les déplacements des réseaux, etc. (29)

Deux types de notions distinctes seront donc utiles pour satisfaire à ces impératifs :

- La notion du calcul de cubatures
- La notion des mouvements des terres

VII.2. Cubature Des Terres :

Avant de calculer le volume des terres compris dans une butte en déblai, ou dans un remblai, il faut déterminer au préalable les surfaces des différents profils en travers.

Deux types de profil en travers peuvent se rencontrer :

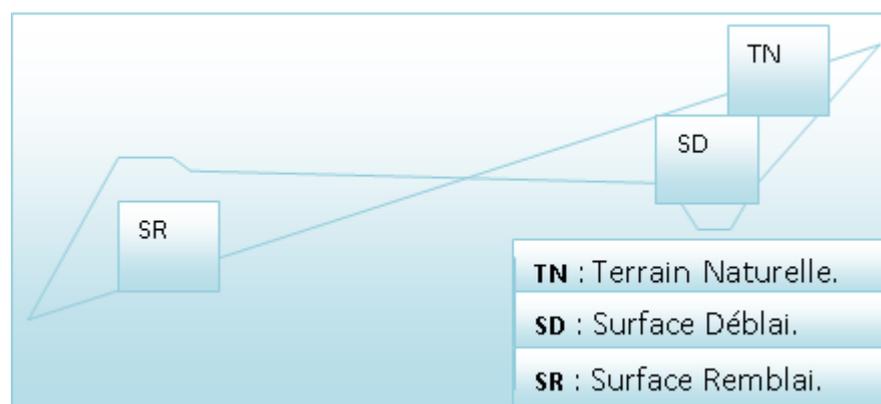
- **Profils homogènes** : ce sont des profils complètement en remblais ou complètement en déblai.
- **Profils mixtes** : ce sont des profils partiellement en remblais et complètement en déblai.

VII.2.a) Méthode De Calcul Des Cubatures :

Le calcul des cubatures est généralement difficile et compliqué mais il existe plusieurs méthodes qui le simplifient ;

La méthode SARRAUS est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs

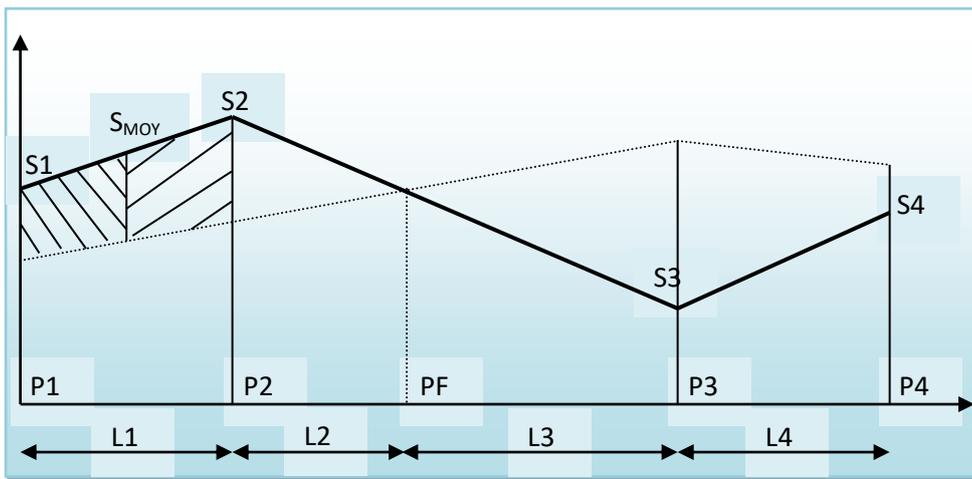
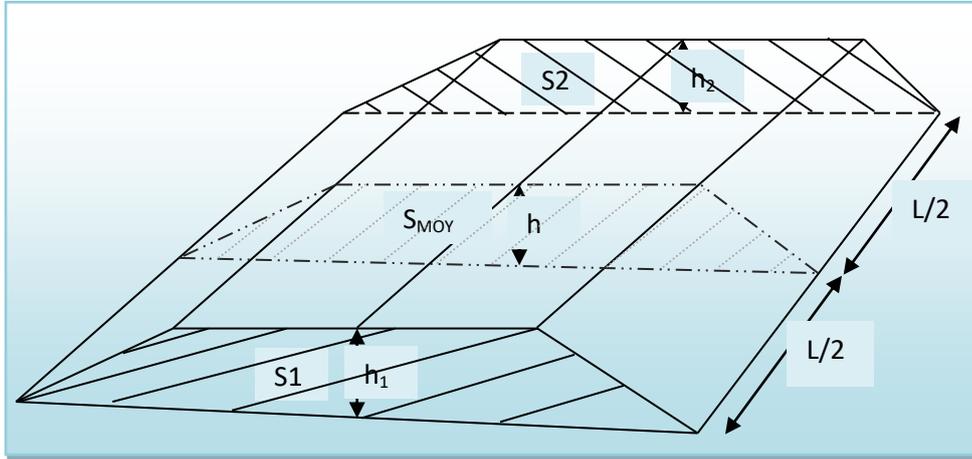
Le travail consiste à calculer les surfaces SD et SR pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.



Formule de Mr SARRAUS :

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

$$V = \frac{L}{6} (S_1 + S_2 + 4 \times S_{MOY}) \quad (14)$$



- ✓ PF: profil fictive, surface nulle
- ✓ Si: surface de profil en travers Pi
- ✓ Li : distance entre ces deux profils
- ✓ S_{MOY} : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li)

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions S_{MOY} et $\frac{(S_1+S_2)}{2}$.

Ceci donne :

$$V_i = \frac{L_i}{2} \times (S_i + S_{i+1}) \quad (14)$$

Donc les volumes seront :

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

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

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

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

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

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

VII.2.B) Calcul Des Cubatures De Terrassement :

Le calcul s'effectue à l'aide de logiciel « Piste 5.06 ».

Voir L'Annexe

VII.3. Mouvements Des Terres :

VII.3. 1. Définition :

L'opération qui consiste à transporter les terres de déblai ou d'emprunt en remblai ou en dépôt dite - mouvement des terres -(30)

Deux facteurs interviennent à cette opération :

- Les cubes de terre à transporter
- distance de transport

A cet effet, on cherche toujours la distance minimale de transport, en ramenant les terres des emprunts les plus proches.

VII.3. 2. Moment De Transport :

Ce le produit du volume transporté par la distance de transport :

$$M = V \times d$$

Avec : v : Volume transporté.

d : distance de transport.

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n V \times d}{2a \sum_{i=1}^n Vi}$$

(14)

Le but de l'étude de mouvement des terres est de trouver la distance moyenne minimale de transport pour minimiser le prix de ce dernier :

Avec D : distance moyenne de transport.

VII.4. Le Foisonnement D'un Sol

L'une des propriétés des sols est le changement de volume qui est une fonction directement liée à la densité du matériau sol. Dès les premiers instants de la manipulation des sols ces derniers augmentent de volume c'est se que l'on appelle foisonnement des sols.

Lors du foisonnement les sols passe par une décompression du matériau qui est pénétré par du vide entre les particules plus ou moins grosses et les cailloux ou gravillons présent dans le sol, souvent la teneur en eau joue un rôle assez important.(30)

Lorsque les sols après leurs remaniements sont remis en place ils occupent un volume beaucoup plus grand que celui qu'ils avaient précédemment. Cette augmentation de volume est appréciée par le coefficient de foisonnement Cf :

$$Cf = \frac{Vf}{Vi}$$

(14)

V_f volume après remaniement et V_i le volume avant remaniement. Cf dépend de la nature des sols. (30)

Etude Géotechnique

VIII .1. Introduction:

L'ingénieur concepteur doit définir un programme de reconnaissance géotechnique après avoir tracé son axe. Cette étude lui permettra d'avoir des descriptions lithologiques, hydrogéologiques et hydrauliques de la région.

Une interprétation physico-mécanique lui permettra d'appréhender le comportement géotechnique du sol support. L'étude géotechnique 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.(24)

VIII .2. Les Différents Essais En Laboratoire:

Les essais réalisés au laboratoire sont :

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

VIII .3. Les Essais D'identification (Physiques):

• **Masse volumique et teneur en eau:**

-Teneur en eau : s'exprime pour un volume de sol donné par le rapport du poids de l'eau sur le poids du sol sec, Soit :

$$\omega = W_w/W_s$$

-Masse volumique : (γ) est la masse d un volume par unité de sol :

$$\gamma = W/V.$$

On calcule aussi la masse volumique sèche : $\gamma_d = W_s/V$

Le but de cet essai, est de déterminer expérimentalement (au laboratoire) certaines caractéristiques physiques des sols.

• **Analyses granulométriques :**

C'est un essai qui a pour objet 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, cette analyse se fait en générale par un tamisage.

L'analyse granulométrique est réalisée par tamisage pour les particules de dimension supérieure à 80µm et par sédimentométrie pour les « fines » de dimension inférieure à 80µm. (31)

- **Limites d'Atterberg :**

Les limites de plasticité (W_p) et liquidité (W_L), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol. W_p sépare l'état solide de l'état plastique et W_L sépare les deux états plastique et liquide ; Les sols qui présentent des limites d'Atterberg voisines, c'est à dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité ($I_p = W_L - W_p$), sont donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau. (31)

- **Equivalent de sable :**

C'est un essai qui nous permet de mesurer la propreté d'un sable, c'est-à-dire déterminé la quantité d'impureté soit des éléments argileux ultra fins ou des limons.

L'essai équivalent de sables est défini par le coefficient ES : $ES = 100 \times h_2 / h_1$ (31)

VIII .4. les essais mécaniques :

- **Essai Proctor :**

L'essai Proctor est un essai routier, il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence du compactage et de la teneur en eau ; il a donc pour but de déterminer une teneur en eau optimale, afin d'obtenir une densité sèche maximale lors du compactage du sol. Cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée «W optimum Proctor ». (31)

- **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 10 c/c ; 25 c/c ; 55 c/c et imbibé pendant quatre (4) jours pour les zones aride à semi aride.

- **Essai Los Angeles :**

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

- **Essai Micro Deval :**

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

VIII .5. Essais chimique :

L'essai chimique (analyse chimique sommaire ou bien complète) permet de déterminer les constituants minéralogiques d'un sol ainsi que son agressivité.

Essais in situ :

- **Les forages :**

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.(32)

Les forages peuvent être réalisés :

Manuellement : ce sont des puits creusés par la main ou par 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. (32)

Par la tarière : la tarière est un outil hélicoïdal que l'on enfonce dans le sol et permettent de remonter en surface les terrains traversés à l'état remanié.

La profondeur de la reconnaissance est limitée à une dizaine de mètres et la nature de sols est identifiée visuellement. (32)

Par la sondeuse : on peut atteindre plusieurs dizaines de mètres de profondeur en utilisant des tubes carottiers et couronnes diamantées.

Les couches de sols sont identifiées visuellement, des échantillons intacts ou remaniés sont prélevés pour les essais de laboratoire. (32)

VIII .6. L'essai pressiométriques :

L'essai pressiométriques est un essai de chargement du terrain in situ de la paroi du forage, jusqu'à la rupture, il consiste à gonfler dans le sol une sonde cylindrique, dilatable radicalement, placée dans un forage préalable ; il permet par conséquence d'étudier la phase des petits déplacements du sol en déterminant un module de déformation du forage. (32)

VIII .7. Essais pénétrométriques :

- Pénétrromètre statique :

L'essai de pénétration statique consiste à foncer de manière continue dans le sol, à vitesse lente et constante, un pieu modèle réduit, dont le diamètre compris entre 30 et 100 mm. La résistance à l'enfoncement est mesurée de façon directe et continue, en fonction de la profondeur(33)

-Pénétrromètre dynamique :

L'enfoncement du train de tiges est provoqué par la chute d'un mouton tombant d'une hauteur normalisée. On mesure le nombre de coups nécessaires pour obtenir un enfoncement donné (10cm).On calcule alors la résistance de pointe en fonction de la profondeur.(33)

VIII .8. Conclusion :

Mon projet traverse une zone connu de part ces bonnes caractéristiques physico-mécaniques (voir tableau récapitulatifs ci-dessus), du point de vu géologique et hydrologique aucun incident notable n'est à signalé. Notre assiette du projet suit le niveau du terrain naturel qui est en majorité plat, les matériaux pour remblai et couche de fondation seront issues des carrières, abondantes dans la région et limitrophes au projet, constituées par du sable gypseux

Dimensionnement Du Corps De Chaussées

IX .1. Introduction :

L'estimation d'un projet routier ne se limite pas en un bon tracé en plan et d'un bon profil en long, en effet, une fois réalisé, il devra résister aux agressions des agents extérieurs et à la surcharge d'exploitation : action des essieux des véhicules lourds, effets des gradients thermiques pluie, neige, verglas,... Etc. Pour cela, il faudra non seulement assurer à la route de bonne caractéristique géométrique, mais aussi , de bonne caractéristique mécanique lui permettant de résister à toutes ces charges pendant sa durée de vie.

La qualité de la construction des chaussées joue à ce titre un rôle primordial, celle ci passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser, il est ensuite indispensable que la mise en œuvre de ces matériaux soit réalisée conformément aux exigences arrêtées. (24)

IX .2. La chaussée :

- Définition :

La chaussée se présente comme une structure multicouche mises en œuvre sur un ensemble appelé plate –forme support de chaussée constituée du sol terrassé, dit sol support, le plus souvent surmonté d'une couche de forme. (24)

- Les différents types de chaussée :

Du point de vue constructif les chaussées peuvent être groupées en trois grandes catégories :

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

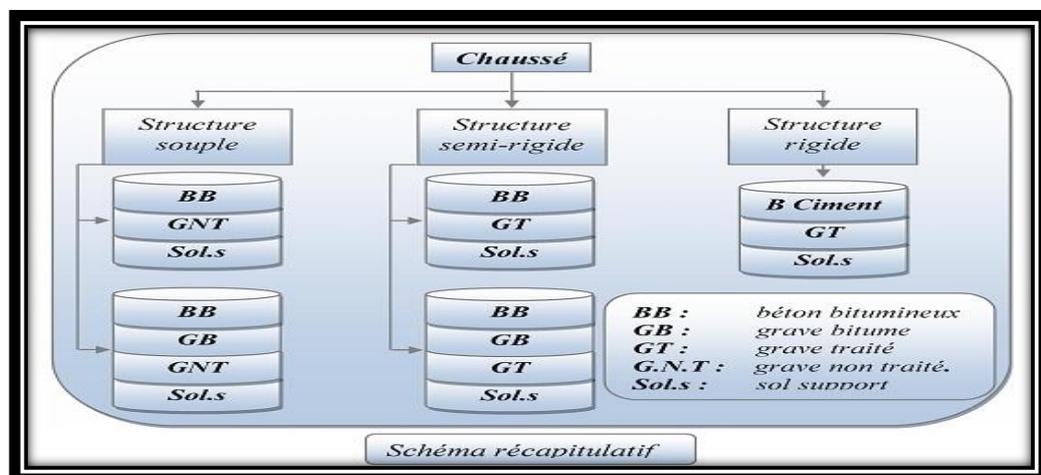


Figure IX.1 schéma récapitulatif (14)

➤ Chaussée souple :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

- les sols et matériaux pierreux granulométrie étalée ou serrée.
- les liants hydrocarbonés qui donnent de la cohésion en établissent des liaisons souples entre les grains de matériaux pierreux.

1- Constitution et rôle d'une chaussée :

Au sens structure une chaussée est l'ensemble des couches de matériaux superposées et mise en œuvre de façons à permettre la reprise des charges extérieures. Une coupe de chaussée est représentée par la figure ci-dessous (26)

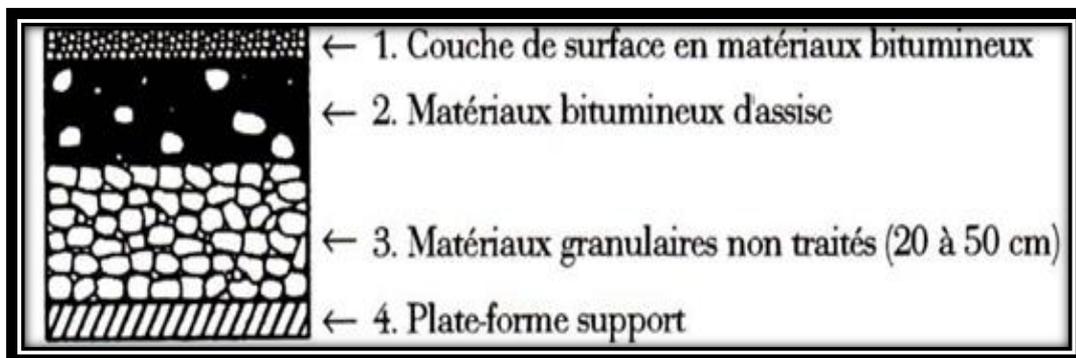


Figure IX.2 Structure type d'une chaussée souple (26)

➤ Couche de surface :

La couche de surface est constituée :

- de **la couche de roulement** qui est la couche supérieure de la chaussée sur laquelle s'exercent directement les agressions conjuguées du trafic et du climat
- et le cas échéant d'une **couche de liaison**, entre les couches d'assise et la couche de roulement.

Le choix de la couche de surface doit résulter de la prise en considération de plusieurs objectifs qu'on peut ranger en trois groupes :

- la sécurité et le confort des usagers, en relation avec les caractéristiques de surface ;
- le maintien de l'intégrité de la structure, par la protection des couches d'assise vis-à-vis des infiltrations des eaux pluviales ;
- l'impact sur l'environnement, avec notamment la recherche d'une réduction des bruits de roulement. (22)

➤ Les couches d'assise :

L'assise de chaussée est généralement composée de deux couches, la couche de fondation, surmonté de la couche de base.

Ces couches en matériaux élaborés, le plus souvent liés (bitume, liants hydrauliques), pour les forts trafics, apportent à la chaussée la résistance mécanique aux charges verticales induites par le trafic. Elles répartissent les pressions sur le support, afin de maintenir les déformations à ce niveau dans les limites admissibles. (22)

➤ Couche de forme :

Cette couche qui ne fait pas partie intégrante de la chaussée, a plusieurs fonctions :

- Pendant les travaux, elle protège le sol support, contribue au nivellement et permet la circulation des engins de chantier ;
- Elle permet de rendre plus homogènes les caractéristiques du sol tassé et de protéger ce dernier du gel. (22)

2- Principe de fonctionnement des chaussées souples :

Ces structures comportent une ouverture bitumineuse mince (moins de 15cm), parfois réduite à un simple enduit superficiel, repose sur une ou plusieurs couches de matériaux granulaires traités ou non traités. (26)

Leur fonctionnement est schématisé comme suite :

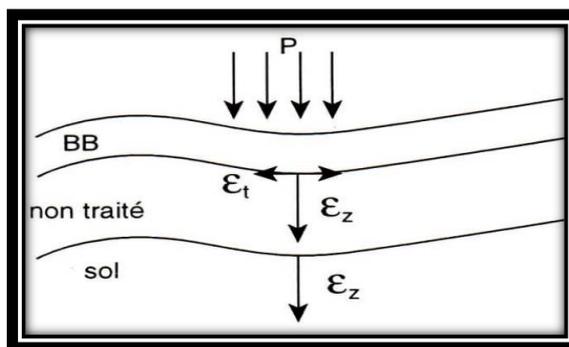


Figure IX. 3 Schémas de fonctionnement d'une structure de chaussée(26)

Les efforts verticaux dus au trafic sont transmis au support avec une faible diffusion, les contraintes verticales élevées engendrées par leur répartition des déformations plastiques qui se répercutent en déformations permanentes à la surface de la chaussée.

IX .3. Paramètres Pris En Compte Pour Le Dimensionnement :

Les critères pris en compte pour dimensionner une chaussée sont :

- Le trafic
- La durée de vie.
- La qualité de la plate forme support de chaussée.
- Les caractéristiques des matériaux de chaussées.
- la qualité de réalisation.
- Les conditions climatiques.

Trafic :

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourds (véhicules supérieur a 3.5tonnes) .il intervient comme paramètre d'entrée dans le dimensionnement des structures de chaussées et le choix des caractéristiques intrinsèques des matériaux pour la fabrication des matériaux de chaussée. (14)

Il est apparu nécessaire de caractériser le trafic à partir de deux paramètres :

De trafic poids lourds « T » à la mise en service, résultat d'une étude de trafic et de comptages sur les voies existantes ;

De trafic cumulé sur la période considérée qui est donnée par :

$$N = T . A . C$$

N : trafic cumulé.

A : facteur d'agressivité globale du trafic.

C : facteur de cumul :

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

\tau: Taux de croissance du trafic.

p : nombre d'années de service (durée de vie) de la chaussée. (14)

Conditions climatiques.

Les conditions climatiques sont du données utilisées dans le calcul de dimensionnement des chaussées se rapportent :

- La variation de la température intervient dans le choix du liant hydrocarboné,
- Les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support. (14)

La portance du sol Support :

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

Les plates formes sont définies à partir :

- ✓ De la nature et de l'état du sol .
- ✓ De la nature et de l'épaisseur de la couche de forme (24)

Matériaux :

Les matériaux utilisés doivent résister à des sollicitations répétées un très grand nombre de fois (le passage répété des véhicules lourds). (24)

IX .4. Les Principales Méthodes De Dimensionnement :

On distingue deux familles des méthodes :

Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées.

Les méthodes rationnelles, basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

Method C.B.R (California – Bearing – Ratio):

C'est une méthode **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. (14)

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

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

Avec:

e: épaisseur équivalente.

I: indice CBR (sol support).

N: désigne le nombre journalier de poids lourd par sens.

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

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

$$e = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3 \quad (14)$$

Où:

c_1, c_2, c_3 : coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

- Coefficient d'équivalence :

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

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

Tableau IX .1 Coefficient d'équivalence. (14)

Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelles qui se présente sous Forme de fiches de dimensionnement dans lesquelles les structures sont déjà pré-calculées.

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

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée. (34)

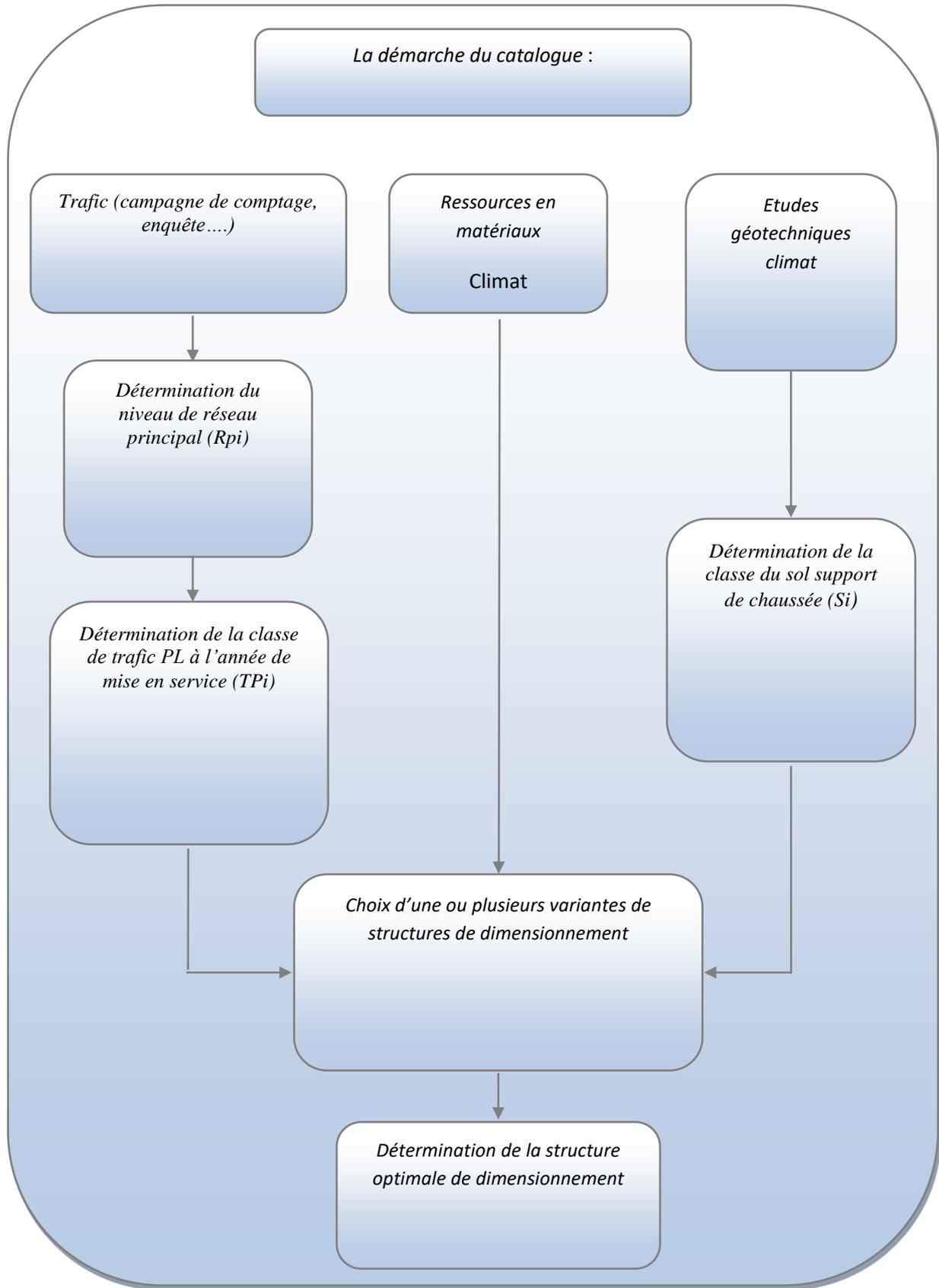


Figure IX.4 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (34)

IX .5. Application Au Projet :

Choix de la méthode de dimensionnement :

On note qu'il n'existe pas actuellement une méthode universellement acceptée pour le calcul des épaisseurs de chaussées, et leurs différentes couches c'est pour quoi lors d'un choix de la méthode à appliquer, il ne faudra pas oublier que la qualité réelle de la chaussée dépend :

- ✓ De la disposition constructive adaptée à la chaussée
- ✓ De la qualité des matériaux mise en place.
- ✓ Le soin apporté à l'élaboration et à la mise en œuvre des matériaux.

On va faire un pré-dimensionnement de différentes couches avec les méthodes empiriques telles que la méthode CBR. Après ça, on vérifiera si la structure choisie sera apte à supporter le trafic qu'on a, en utilisant le logiciel ALIZE et en basant sur les théories de la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.

Méthode C.B.R :

❖ **Données de l'étude :**

- Année de comptage : 2008.
- TJMA₂₀₀₇=3800 v/j
- Mise en service : 2012
- Durée de vie : 20 ans
- Taux d'accroissement : $\tau = 5 \%$
- Pourcentage de poids lourds : $Z = 43 \%$
- $I_{CBR}=10\%$

❖ **Détermination de N_{PL2032} :**

$$TJMA_{2032} = TJMA_{2008}(1 + \tau)^{25}$$

$$=12868 \text{ v/j}$$

$$N_{PL2032} = TJMA_{2032} \times 0.5 \times \%PL$$

$$=5533 \text{ PL/j/sens}$$

Donc :

$$N (PL) = 5533 \text{ PL/j/sens.}$$

$$e = \frac{100 + \sqrt{6,5(75 + 50 \log \frac{5533}{10})}}{10 + 5} = 43 \text{cm}$$

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

CHPITRE IX : Dimensionnement Du Corps De Chaussées

On suppose:

Nom du couch	Matériaux	Coefficient equivalence	L'épaisseur du couch
Roulement	BB	2	6
Base	GB	1,2	12
Fondation	SG	0.75	?

$$e = 2 \times 6 + 12 \times 1.2 + c_3 \times e_3 \quad \Longrightarrow \quad 0.75 \times e_3 = 43 - (2 \times 6 + 1.2 \times 12)$$

$$\quad \Longrightarrow \quad e_3 \approx 25 \text{cm}$$

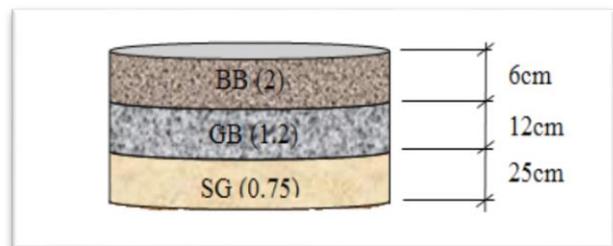


Figure IX.5 Les couches de chaussée (1)

IX.5.1 La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

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

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

$$TJMA_{2012} = 4850 \text{ (V/j)}.$$

$$4850 \text{ (V/j)} > 1500 \text{ (V/j)} \quad \longrightarrow \quad \text{le réseau principal est RP1.}$$

Notre axe a un $TJMA > 1500 \text{ v/j}$ ce qui implique que le réseau principal est **RP1**

On a choisi des matériaux traités au bitume en couche de base (MTB).

Classe du trafic :

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

- $TJMA_{2012} = 4850 \text{ v/j}$.
- $\tau = 5 \%$.
- $Z = 43\%$.
- $TPL = TJMA_{2012} \times Z \times (\text{répartition transversal } 0.9) \times 0.5 = 939 \text{ PL/ j/sens}$
- Classe TPL_i pour RP1 :

TPL _i	TPL ₃	TPL ₄	TPL ₅	TPL ₆	TPL ₇
PL/j/sens	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

Tableau IX.2 Les classes de trafic (14)

TPL= 939 PL/ j/sens. \implies La classe de trafic est TPL₅.

IX.5.2 détermination de la portance de sol-support de chaussée :

- Présentation des classes de portance des sols :

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S₄ à S₀. Cette classification sera également utilisée pour les sol-supports de chaussée. (34)

Portance (S _i)	CBR
S ₄	<5
S ₃	5-10
S ₂	10-25
S ₁	25-40
S ₀	>40

Tableau IX.3 La portance de sol-support de chaussée (14)

- ❖ Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement :

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 4 classes de sols support à savoir : S₃, S₂, S₁, S₀. Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

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

Classes de sol-support	S ₃	S ₂	S ₁	S ₀
Module (MPa)	25-50	50-125	125-200	>200

$E \text{ (MPa)} = 5 \times 10 = 50 \text{ (MPa)} \longrightarrow S_2$

IX.5.3 Choix le corps de la chaussée :

CHPITRE IX : Dimensionnement Du Corps De Chaussées

Dans le cadre de notre projet, nous avons proposé la structure suivante :

- Couche de roulement : BB.
- Couche de base : GB.
- Couche de fondation : SG.
- ❖ Détermination de la zone climatique :

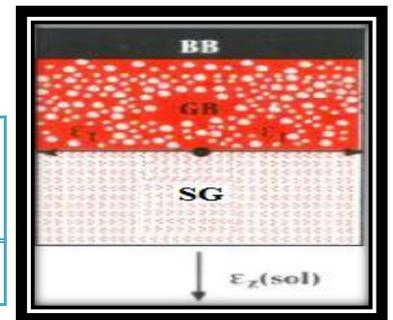
D'après la carte de la zone climatique de l'Algérie, notre projet est dans la zone climatique IV (<100 mm/an).

- ❖ Choix de dimensionnement :

Notre projet a un TJMA > 1500v/j ce qui implique que le réseau principal est **RP1**, durée de vie de 20 ans, taux d'accroissement (5%), portance de sol (S2) et une classe de trafic (TPL5).

Avec toutes ces données le catalogue Algérien (fascicule 3) propose la structure suivante :

T _{PL 2012} (PL/J/S)	TPL _i	S _i	Epaisseur convertie en cm+structure
939	5	S₂	8 BB + 20GB + 45SG



IX.5.4 Vérification en fatigue des structures (la déformation longitudinale et transversale) :

Il faudra vérifier que ϵ_t et ϵ_z calculées à l'aide d'Alize III, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées $\epsilon_{T,adm}$ et $\epsilon_{z,adm}$.

- ❖ Calcul de la déformation admissible sur le sol support :

- Coefficient d'agressivité : A= 0.6

$$E_{z.ad} = 22.10^{-3} \times TCEi^{-235}$$

$$TCEi = TPLi \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \times 365 \times A = 6.799716 \times 10^6 \text{ essieux équivalents de 13 tonnes}$$

$$\epsilon_{z.ad} = 22.10^{-3} \times TCEi^{-0.235} = 545.5.10^{-6}$$

IX .6. Conclusion :

Compte tenu de ce qui précède, et devant la disparité des résultats des deux méthodes, nous avons tenté de trouver une méthode médiane qui vérifie aussi bien la méthode CBR tels que

CHPITRE IX : Dimensionnement Du Corps De Chaussées

utilisé à ce jour dans la région et la méthode du catalogue de dimensionnement du corps de chaussée avec utilisation de l'indice $CBR_{\text{immédiat}}$, le corps de chaussée ainsi obtenu voir tableau récapitulatif (BB= 6 cm ; GB=14 cm et Sable gypseux= 30cm) nous semble être tout a fait indiqué par rapport aux épaisseurs minima requis pour une meilleure mise en œuvre.

	Les méthodes de dimensionnement de corps de chaussée		
Le corps de chaussée	La méthode de CBR	Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves	
	I_{CBR} imbibé à 4 jours	ICBR immédiat	ICBR imbibé à 4 jours
	10	32	10
BB	6 cm	6cm	8 cm
GB	12 cm	14 cm	20 cm
SG	25 cm	30 cm	45 cm

Tableau IX.4 récapitulatif des épaisseurs de corps de chaussée selon les différentes méthodes.(14)

Assainissement

X .1. Introduction :

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

L'eau est la première ennemie de la route car il pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, Ce qui met en jeu la sécurité de l'utilisateur (glissade, inondation diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par désenrayage des couches de surface, etc.) et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation.(27)

X .2. Les Dégradations Provoquées Par Les Eaux:

➤ Pour les chaussées :

- Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées).



Figure X.1 Affaissement

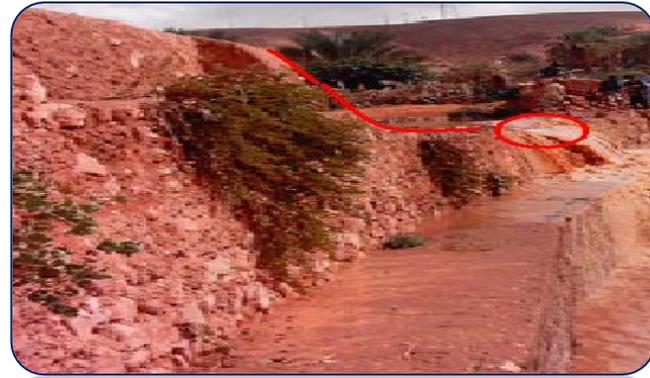
- Désenrayage.
- Décollement des bords (affouillement des flancs).



Figure X.2 Désenrayage

Pour les talus :

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



X.3. Objectif De L'assainissement :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

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

- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- Réduction du coût d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosions.
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers le corps de 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 effet de gel). (27)

X.4. Assainissement De La Chaussée :

La détermination du débouché a donné aux ouvrages tels que dalots, ponceaux, ponts, etc., dépend du débit de crue qui est calculé d'après les mêmes considérations.

Les ouvrages sous chaussée les plus courants utilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et buses à section circulaire.

Quand la hauteur du remblai est insuffisante, il est préférable de construire un dalot dont la dalle est en béton armé.

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

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

Figure X.3 Glissement

Les ouvrages d'assainissement doivent être conçus dans le but d'assainir la chaussée et l'emprise de la route dans les meilleures conditions possibles et avec le moindre coût. (27)

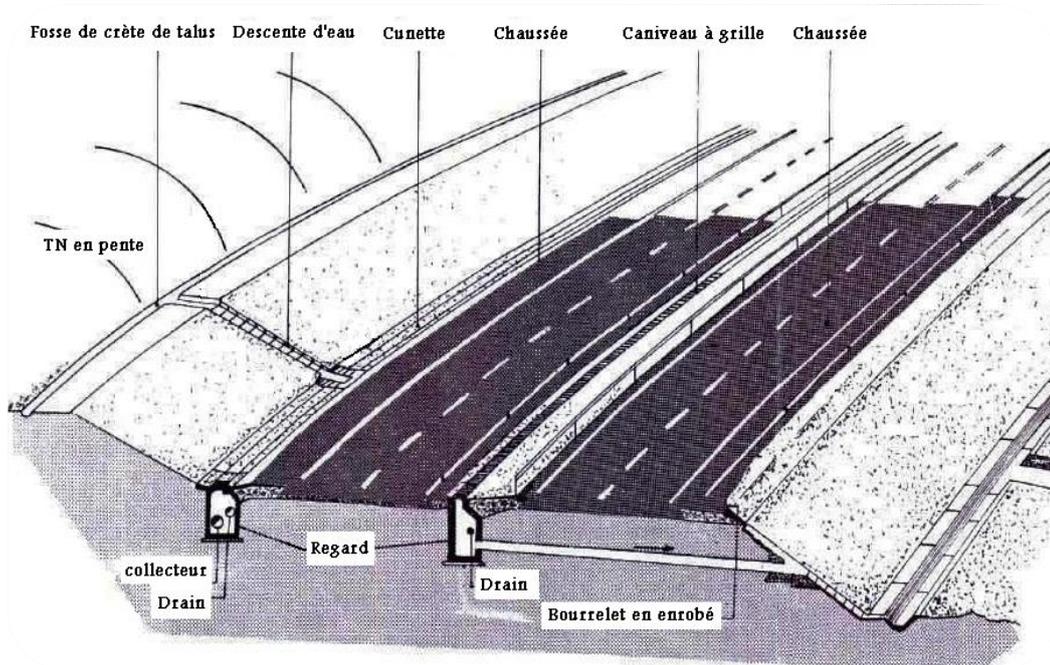


Figure X.4 Présenté les éléments de l'assainissement de chaussée (27)

Quelle que définition :

➤ Fossé de pied du talus de déblai :

Ces fossés sont prévus au pied du talus de déblai afin de drainer la plate-forme et les talus vers les exutoires.

Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale .ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse les 3 %. (1)

➤ Fossé de crête de déblai :

Ce type de fossé est toujours en béton. Il est prévu lorsque le terrain naturel de crête est penchée vers l'emprise de la chaussée, afin de protéger les talus de déblais des érosions dues au ruissellement des eaux de pluie et d'empêcher ces eaux d'atteindre la plate -forme. (1)

➤ **Fossé de pied de talus de remblai :**

Le fossé est en terre ou en béton (en fonction de leur vitesse d'écoulement).ils sont prévus lorsque la pente des terrains adjacents est vers la plate- forme et aussi de collecter les eaux de ruissellement de la chaussée, en remblai, par l'intermédiaire des descentes d'eau. (1)

➤ **Drain :**

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainante longeant la route. Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant dans son centre un tuyau circulaire en plastique perforé à sa génératrice supérieure à 150 mm de diamètre. Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements.

Les eaux collectées par le drain sont rejetées dans des regards de drainage et en dernier lieu dans les points de rejet. (1)

➤ **Descentes d'eau :**

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

➤ **Bassin versant :**

C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de partage des eaux. C'est la surface totale de la zone susceptible d'être alimentée en eau pluviale, d'une façon naturelle, ce qui nécessite une canalisation en un point bas considéré (exutoire). (1)

➤ **Collecteur principal (canalisation) :**

C'est la Conduite principale récoltant les eaux des autres conduites (dites collecteurs secondaires), recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines. (1)

➤ **Chambre de visite (cheminée) :**

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur contrôle et le nettoyage. Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent. Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 80 à 100m. (1)

➤ Sacs :

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre l'introduction des eaux superficielles. Les sacs sont fréquemment équipés d'un dépotoir, destiné à retenir des déchets solides qui peuvent être entraînés, par les eaux superficielles. (1)

➤ Les regards :

Ils sont constitués d'un puits vertical, muni d'un tampon en fonte ou en béton armé, dont le rôle est d'assurer pour le réseau des fonctions de raccordement des conduites, de ventilation et d'entretien entre autres et aussi à résister aux charges roulantes et aux poussées des terres. (1)

X.5. Dimensionnement De Réseau D'assainissement A Projet :

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

$$Q_a = Q_s$$

Q_a : débit d'apport en provenance du bassin versant (m^3/s).

Q_s : débit d'écoulement au point de saturation (m^3/s).

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

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

Avec :

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

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

C : coefficient de ruissellement.

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

X.6. Application Au Projet :

Voici les données hydrologiques de la zone d'étude

Les précipitations moyennes de 24h : $P_{24} = P_j = 9.81 mm$

Le coefficient de variation de la région considérée $C_v = 0.20$

L'exposant climatique de la région $b = 0.27$

Les précipitations maximales journalières de fréquence donnée P (%)

X.6.a) Calcul de précipitation :

La précipitation Pj (%) est obtenue par la formule suivante :

$$P_j (\%) = \frac{P_j}{\sqrt{C^2 + 1}} \cdot e^{u\sqrt{\ln(C^2+1)}} \quad (14)$$

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

Fréquence (%)	50	20	10	2	1
Période de retour (ans)	2	5	10	40	100
Variable de Gauss (U)	0,00	0,84	1,28	2,05	2,372

Tableau X.1 Les valeurs de variable du gauss en Fonction de la fréquence (14)

- **Remarque :**

Le fossé sera dimensionné pour une période de retour 10 ans.

X.6.b) Détermination de l'intensité :

Calcul de la fréquence d'averse :

Elle est déterminée par la formule suivante :

$$Pt(\%) = Pj(\%) \left(\frac{t}{24}\right)^b \quad (14)$$

Pt : hauteur de pluie de durée t (mm)

Pj : pluie journalière maximale annuelle

b : l'exposant climatique de la région.

t : temps de concentration (temps nécessaire à l'eau pour s'écouler depuis le point le plus éloigné du bassin versant jusqu' à son exutoire ou le point de calcul).

Intensité de l'averse :

$$I_t = I (t/24)^{b-1}$$

Avec : I=Pj (%) / t

Coefficient de ruissellement :

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

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.80 à 0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 à 0.40	0.40
Talus	0.10 à 0.30	0.30
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

Tableau X.1 Coefficient de ruissellement (14)

X.6.c) Calcul de débit de saturation :

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

Tel que :

$$Q_s = S \cdot K \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot J^{\frac{1}{2}}$$

(14)

S : section mouillée.

K : coefficient de STRICKLER qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage

Avec :

Paroi en terre : K=30.

Paroi en béton : K=60.

R : rayon hydraulique (m).

J : la pente moyenne de l'ouvrage.

calcul de précipitation journalière :

$$\text{On a : } P_j (10\%) = \frac{P_j}{\sqrt{Cv^2+1}} \times e^{u\sqrt{\ln(Cv^2+1)}}$$

En général pour les routes principales on prend compte de la fréquence décimale (10 ans), donc la variable de Gauss U=1.28 (tableau 1) et Cv=0.20

Donc :

$$P_j (10\%) = \frac{9.81}{\sqrt{(0.20^2+1)}} \times e^{1.28\sqrt{\ln(0.20^2+1)}}$$

Pluie journalière décimale $\implies P_j(10\%)=12.4\text{mm}$

➤ **fréquence d'averse $P_t(10\%)$:**

pour une durée de $t = 15$ mn, on la détermine par la formule :

$$P_t(10\%) = 12.4 \times \left(\frac{0.25}{24}\right)^{0.27} \Rightarrow P_t(10\%) = 3.61 \text{ mm}$$

➤ **l'intensité de l'averse I_t :**

Pour une durée de 24 heures :

$$I_t = I \times (t/24)^\beta \text{ Avec :}$$

$$\beta = b - 1 = 0.27 - 1 = -0.73$$

$$t = 0.25 \text{ h.}$$

$$I = \frac{PJ(10\%)}{24} = \frac{12.4}{24} = 0.51 \text{ mm/h}$$

Donc : l'intensité de la pluie est :

$$I_t = I \times (0.25/24)^{b-1} = 0.51 \times (0.25/24)^{-0.73} = 14.27 \text{ mm/heure}$$

➤ **Dimensionnement du réseau de DRAINAGE :**

Calcul du débit d'apport:

$$\text{On a : } Q = 0.278 \text{ .C.I.A.}$$

Avec :

A : aire de bassin versant. (m^2)

I : intensité de l'averse.

C : Coefficient de ruissellement.

Les résultats de calcul de chaque axe sont donnés dans le tableau suivant :

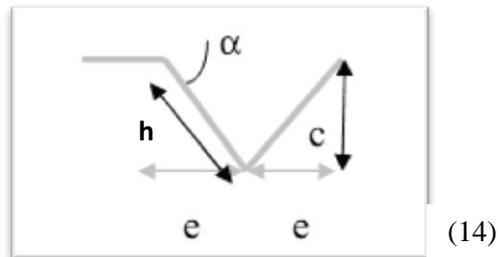
Surface D'apport	Surface (ha)	Coefficient de ruissellement'	Intensité de l'averse mm/h	Qa Debit (m3/s)	total Q'(m3/s)
Chaussée	0.84	0,95	14.27	0.0326	0.0488
Accotement	0.24	0,4	14.27	0.0037	0.0488
Talus	1.05	0,3	14.27	0.0125	0.0488

Tableau X.3 Représente les données hydrauliques de notre projet (14)

X.6.d) Dimensionnement des fossés :

Pour dimensionner les fossés, on considère le débit d'apport maximum qui est au niveau de la route.

NB : on prévoit des fossés de forme triangulaire à parois en terre.



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

$$Q_a \text{ max} = Q_s = K \cdot S_m \cdot J^{0.5} \cdot R^{2/3}$$

$$Q_a \text{ max} = Q_0 = 0.0488 \text{ m}^3/\text{S}$$

Sachant que $Q_0 = Q_a \text{ (chaussée)} + Q_a \text{ (accotement)} + Q_a \text{ (talus)}$.

K (coefficient de rugosité) pour notre cas: $K = 30$ ouvrage en terre.

J: pente longitudinale du fossé.

P_m: périmètre mouillé.

$$P_m = 2h$$

$$S_m = e \times c$$

$$\text{En prend } e = 0.5, h = (0.5^2 + c^2)^{0.5}, j = 0.4\%$$

Donc

$$R = S_m / P_m = (e \times c) / 2h$$

$$\text{On a } Q_a = Q_s = (K \times j^{1/2} \times e \times c) \left[\frac{e \times c}{2 \times h} \right]^{2/3}$$

Donc :

Après le calcul, on trouve la hauteur $c = 0.30$ m, mais pour assuré une bonne réalisation de fossé avec un entretien facile, on prend $c = 0.50$ m

X.7. Conclusion :

Mon étude étant situé dans une zone désertique ou la pluviométrie est rare et la nature du sol support est constituée de sable très propre, l'assainissement de notre route ne concernera que le traitement de l'évacuation des eaux de ruissèlement (météorites) sur la chaussée, l'évacuation des eaux nécessite pas de collecteur ni d'ouvrages hydraulique particuliers. En effet, la capacité d'absorption du sol support est tellement grande que l'évacuation des eaux des fossés se fera directement selon les pentes du terrain naturel.

Signalisation & Eclairage

XI.1. Signalisation :

XI.1. a) Introduction :

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

La signalisation routière comprend la signalisation verticale et la signalisation horizontale (13)

XI.1. b) L'objet De La Signalisation Routière :

La signalisation routière a pour objet :

- De rendre plus sûre la circulation routière.
- De faciliter cette circulation.
- D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police.
- De donner des informations relatives à l'usage de la route. (13)

XI.1. c) Catégories De Signalisation :

On distingue :

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

XI.1. d) Règles À Respecter Pour La Signalisation :

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation en respectant les règles suivantes:

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Eviter la publicité irrégulière.
- Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.

XI.1. e) Types De Signalisation :

➤ Signalisation Verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunté par l'utilisateur à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme. (15)

- **Signaux de danger :**

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

- **Signaux comportant une prescription absolue :**

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

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

- **Signaux à simple indication :**

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

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

- **Signaux de position des dangers :**

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

➤ **Signalisation Horizontale :**

Ces signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation. Elle se divise en trois types :

- **Marquage longitudinal :**

Lignes continue : Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route ou le dépassement est interdit, notamment parce que la visibilité est insuffisante.

Lignes discontinue : les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir, elles se différencient par leur module, qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle.

- lignes axiales ou lignes de délimitation de voie pour les quelles la longueur des trait est environ égale ou tiers de leur intervalles.

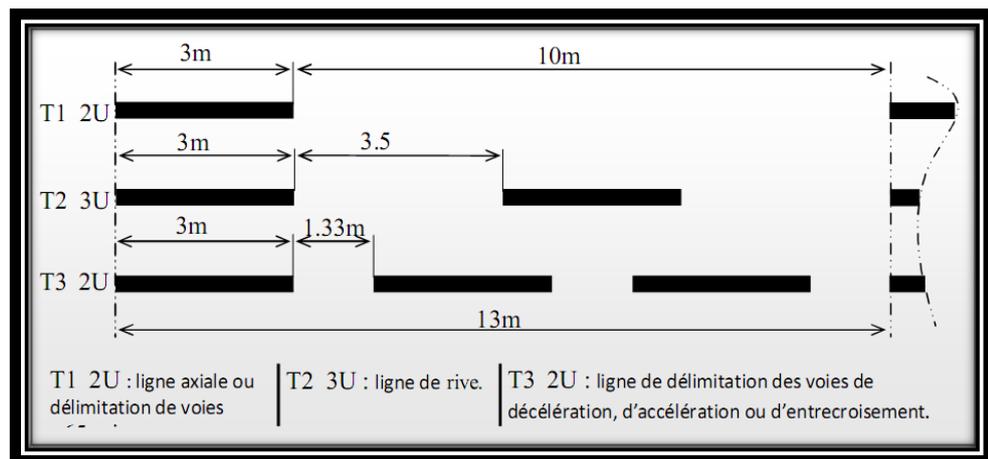
CHPITRE XI : Signalisation & Eclairage

- lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération et de décélération ou d'entrecroisement pour les quelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leur intervalles.
- ligne d'avertissement de ligne continue, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, dont la largeur des traits est le triple de celle de leurs intervalles.

Modulation des lignes discontinues : elles sont basées sur une longueur périodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :

Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre deux traits successifs (m)	Rapport Plein/Vide
T1	3	10	~ 1/3
T'1	1.5	5	
T2	3	3.5	~1
T'2	0.5	0.5	
T3	3	1.33	~3
T'3	20	6	

XI.1 Modulation des lignes discontinues(14)



XI.1 Représente un marquage longitudinal des lignes discontinues (14)

➤ **Marquage transversal :**

- Lignes transversales continue : éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.
- Lignes transversales discontinue : éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.(15)

➤ **Autre marquage :**

- Flèche de rabattement : une flèche légèrement incurvée signalant aux usagers qu'ils devaient emprunter la voie située du coté qu'elle indique.
- Flèches de sélection : flèches situées au milieu d'une voie signalant aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée. (15)

➤ **Largeur des lignes :**

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route :

U=7.5cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.

U=6cm sur les routes et voies urbaines.

U=5cm sur les autres routes.

Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un U= 7.5cm.

XI.1. F) Application Au Projet :

Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont les suivants :

- Panneaux de signalisation d'avertissement de danger (type A).
- Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité (type B).
- Panneaux de signalisation d'interdiction ou de restriction (type C).
- Panneaux de signalisation d'obligation (type D).
- Panneaux de pré signalisation (type G1).
- Panneaux de signalisation type (E3 E4).
- Panneaux donnant les indications utiles pour les conduites de véhicules (Type E14, E15).
- Panneaux de signalisation d'identification des routes (Type E).

XI.2. Eclairage :

XI.2. A) Introduction :

Dans un trafic en augmentation constante, L'éclairage public et la signalisation nocturne des routes jouent un rôle indéniable en matière de sécurité. Leurs buts est de permettre aux usagers de la voie de circuler la nuit avec une sécurité et confort aussi élevé que possible. (1)

XI.2. B) Catégories D'éclairage :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

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

XI.2. C) Paramètres De L'implantation Des Luminaires :

- L'espacement (e) entre luminaires: qui varie en fonction du type de voie.
- La hauteur (h) du luminaire: elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et par fois 12 m pour les grandes largeurs de chaussées.
- La largeur (l) de la chaussée.
- Le porte-à-faux (p) du foyer par rapport au support.
- L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.

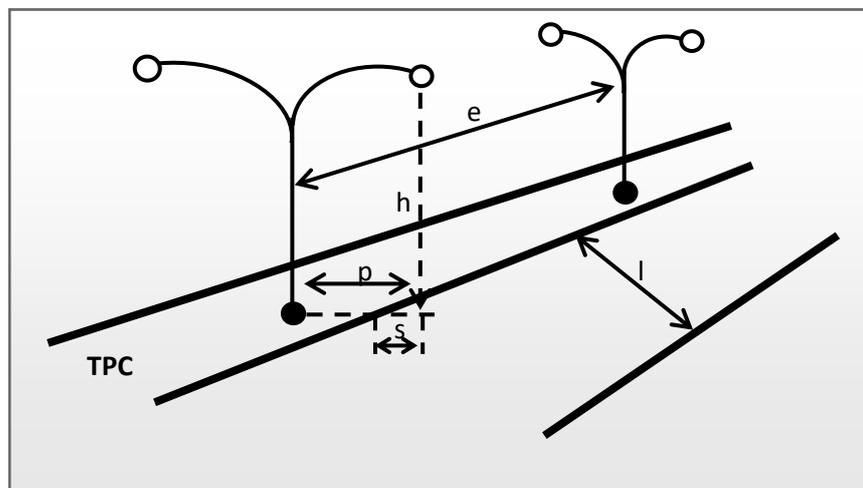


Figure XI.2 Représente Paramètres de l'implantation des luminaires.(1)

XI.3. Conclusion :

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

Conclusion Général

Le transport routier représente une grande part du marché en termes d'économie dans la mesure qu'il présente un grand impact sur les autres modes de transport. Dont on s'intéresse à l'amélioration et à l'aménagement des infrastructures de base, qui permettent d'offrir les meilleurs services pour les usagers et répondre à la demande en matière de transport..

La RN 01 joue un rôle capital dans la dynamique des échanges intra et inter régional. A l'avenir, cette liaison devra constituer aussi une pénétrante Nord-Sud. Dans cette étude, en proposé les deux variantes qui font l'objet de dédoublement de la RN 01 et augmenter le confort des usagers pour optimiser la sécurité routière. La nouvelle route devra garantir aux usagers les meilleures conditions de circulation, confort et sécurité. Dans notre démarche d'étude on a essayé de respecter toutes les contraintes et les normes existantes qu'on ne peut pas négliger et pris en considération, le confort la sécurité des usagers.

Nous avons également rencontré des problèmes dans notre projet, tels que l'enlèvement des montagnes rocheuses et l'enlèvement de certains poteaux électriques et conduites d'eau et de gaz, et donc ces travaux augmentent le coût du projet.

La spécificité de notre projet est la situation dans un milieu désertique ou on doit tenir en plus les effets climatique ainsi la nature du sol qui influent considérablement sur le dimensionnement du corps de chaussée, en revanche l'étude d'assainissement pas une partie importante de notre projet à cause de la faiblesse pluviométrique des zone arides.

Les structures de renforcement préconisées sont les suivantes :

A cours terme (N=05 ans) T1 :

❖ **08 BB+10GB**

A moyen terme (N=10)T2 :

❖ **08 BB+14GB**

A long terme (N=20) T3 :

❖ **08 BB+20GB**

GB : grave bitume .

BB : béton bitumineux.

Conclusion Général

Il ressort de ce travail que la réalisation d'un projet routier n'est pas une chose aisée. C'est par une documentation très ample qu'on doit s'orienter dans une réflexion tout en faisant appel à des connaissances théoriques.

Encore une fois, ce modeste travail nous a poussé à mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels (Piste -Autocad), vue leur traitement rapide et la précision des résultats.

En fin, l'élaboration de ce projet a été bénéfique pour nous et elle nous a ouvert les Portes du monde professionnel dans lequel nous serons appelés à édifier notre pays et de Contribuer à son développement.

Références Bibliographiques

- (1) **Mémoire de Fin d'Étude DJEKAOUA Adel** Etude de dédoublement de La RN 03 sur 12KM reliant Hassi Messaoud à la nouvelle ville avec aménagement d'un carrefour et d'un échangeur (promo 2010)
- (2) **Jamel NEJI Ingénieur ETP – Docteur ECP LE PROJET ROUTIER** Centre de publication universitaire 2005
- (3) **Author: Batata Category: Asphalt, Concrète, Bridge, Road, Transport Infrastructure** February 20, 2018
- (4) **Ayadi Mohamed SG du CLRT Les Routes Sahariennes. Stratégie Pour Une Maintenance Et Un Entretien Durables.** (juin 2002)
- (5) **C. Duby, S. Robin** Analyse en Composantes Principales
- (6) **Morsli Mérièm, Amaraoui Zoubida , Bali Abdelrahim , Fleureau Jean-Marie** Conception Et Réalisation Des Chaussées En Milieu Désertique Octobre 2002 page 2
- (7) **Ministère des Travaux Publics de la Formation Professionnelle et de la formation des Cadres** l'expérience marocaine
- (8) **Eng.G.C BOUTCHEKO Bernard** cours de route conception, tracé, imensionnement, mise en œuvre et entretien des routes revêtues et non revêtues(2015)
- (9) Le directeur de la publication **jean-robert pitte** géographie terre des hommes N° 1559 décembre 2015
- (10) Site web https://fr.wikipedia.org/wiki/Wilaya_d%27El_Meniaa
- (11) Site web https://fr.wikipedia.org/wiki/El_Menia
- (12) Site web <https://www.climatsetvoyages.com/climat/algerie/el-menia>
- (13) **Mémoire fin d'étude BENCHRIF Houria** Etude de l'insécurité routière en Algérie juin 2015
- (14) **B 40 _ Normes Techniques D'aménagement Des Routes** Octobre 1977
- (15) **Mémoire fin d'étude benaied hadjer** étude de doublement d'un tronçon de la route reliant mesra limite la wilaya de relizane promo 2019
- (16) **T 50** voiries et aménagement urbains en béton Tom 1 édité par **I'DRRIM** en 2009
- (17) Site web <https://genieciviletravauxpublics.blogspot.com/2012/09/etude-du-traffic-dans-les-infrastructures.html>
- (18) **GEOMETRIE DE LA ROUTE** édité par **FERHI. A** 2014
- (19) **ICTAVRU** Instruction Sur Les Conditions Techniques D'aménagement Des Voies Rapide Urbaines Mars 2009

- (20) **Site web** <https://genieciviletravauxpublics.blogspot.com/2012/11/les-voies-ferreestrace-en-plan.html>
- (21) **Polycopié de Cours** Voiries et Réseaux Divers Elaboré par : **LAIB Sara 2021**
- (22) **Cours De Construction Routiers** Préparé Par **BENNOUR Abdelilah** 2013 – 2013
- (23) **Mémoire fin d'étude KRIM Mustapha** Etude De Dédoublément Routière La Rn47 Sur 08km Entre La Ville D'El-Bayad Et Centre universitaire Promo 2014
- (24) **Caractéristique géométriques des routes** nehaoua Adel département de génie civil – faculté TECHNOLOGIE U.F.A.S
- (25) **Site web** <https://genie-civile.blogspot.com/2013/03/raccordements-en-profil-en-long.html>
- (26) **Aménagement des routes principales.** Recommandations techniques pour la conception générale et la géométrie de la route, Guide technique, ARP-SETRA (1994)
- (27) **Assainissement Routier,** Guide Technique SETRA- LCPC (2006).
- (28) **Comprendre les principaux paramètres de conception géométrique des routes,** Guide technique. SETRA -LCPC (2006)
- (29) **T 50** Voiries et aménagements urbains en béton Tome 2; Mise en œuvre, par **Joseph Abdo.**
- (30) **Modélisation du comportement hydromécanique** des sols gonflants non saturés **Mohamad Mrad** 23 Jan 2006
- (31) **Analyses granulométriques principes et méthodes** Jérôme Fournier, Chantal Bonnot-Courtois Raphael Paris, Monique Le Vot
- (32) **Site web** <https://genie-civile.blogspot.com/2013/03/etude-geotechnique.html>
- (33) **Caractérisation améliorée des sols par l'essai de chargement de pointe** au piézocone. Application au calcul des fondations profondes **Hassan Ali** 6 Oct 2011
- (34) **Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves C T T P** Novembre 2001
- (35) **Dessin autocad** de profil en long

Annexe

**PROJET:ETUDE DE LA RN01 ENTRE CARREFOUR MENEAA
ET CARREFOUR HASSI EL GARA SUR 02 KMS**

AXE PRANCIPAL

**AXE EN PALN
PROFIL EN LONG
TABULATION
VOLUMES TERRASSEMENT
VOLUMES CHAUSSEE**

Coordonnées de stations

ST	X	Y	Z
STB	9985.6900	20014.6680	499.9840
STC	9864.7230	19483.6500	489.2890
STD	9824.4070	19147.4880	486.2840
STE	9722.6870	18683.5900	480.4210
STF	9691.1880	18422.1620	476.5110

TABULATION

D'AXE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	499.995	500.062	10043.537	20084.800	2.50	-2.50
2	39.411	499.166	499.247	10030.749	20047.521	2.50	-2.50
3	65.205	498.612	498.713	10022.380	20023.124	2.50	-2.50
4	92.190	497.934	498.154	10013.623	19997.598	2.50	-2.50
5	114.821	497.429	497.685	10006.280	19976.192	2.50	-2.50
6	130.329	497.073	497.364	10001.276	19961.514	2.50	-2.50
7	141.011	496.875	497.143	9997.863	19951.391	2.50	-2.50
8	163.368	496.528	496.681	9990.747	19930.197	2.50	-2.50
9	197.701	495.783	495.976	9979.820	19897.650	2.50	-2.50
10	216.172	495.331	495.600	9973.941	19880.139	2.50	-2.50
11	263.904	494.483	494.639	9958.748	19834.890	2.50	-2.50

12	303.513	493.689	493.853	9946.141	19797.340	2.50	-2.50
13	348.690	492.467	492.971	9931.762	19754.513	2.50	-2.50
14	403.100	491.327	491.951	9914.444	19702.932	2.50	-2.50
15	433.790	490.803	491.401	9904.676	19673.838	2.50	-2.50
16	442.729	490.653	491.244	9901.832	19665.363	2.50	-2.16
17	484.117	489.874	490.537	9888.784	19626.087	2.50	-0.61
18	508.544	489.461	490.136	9881.297	19602.836	2.50	0.30
19	544.530	488.965	489.566	9870.776	19568.423	2.50	1.65
20	567.123	488.696	489.220	9864.592	19546.692	2.50	2.50
21	583.540	488.511	488.975	9860.348	19530.834	2.50	2.50
22	615.635	487.999	488.512	9852.678	19499.670	2.50	2.50
23	641.717	487.432	488.150	9847.061	19474.201	2.50	2.50
24	666.687	487.092	487.815	9842.203	19449.708	2.50	2.50
25	680.948	486.881	487.630	9839.655	19435.677	2.50	1.97
26	718.025	486.521	487.165	9833.683	19399.085	2.50	0.57
27	755.350	486.175	486.724	9828.373	19362.139	2.50	-0.82
28	791.020	485.689	486.328	9823.663	19326.781	2.50	-2.16
29	800.020	485.578	486.232	9822.497	19317.857	2.50	-2.50
30	836.863	485.096	485.855	9817.727	19281.325	2.50	-2.50
31	879.183	484.787	485.454	9812.248	19239.361	2.50	-2.50
32	916.341	484.667	485.130	9807.437	19202.516	2.50	-2.50
33	962.001	484.368	484.769	9801.525	19157.239	2.50	-2.50
34	1004.159	484.078	484.471	9796.067	19115.437	2.50	-2.50
35	1034.555	483.872	484.277	9792.132	19085.296	2.50	-2.50
36	1075.680	483.373	483.994	9786.807	19044.517	2.50	-2.50
37	1110.299	482.996	483.718	9782.325	19010.190	2.50	-2.50
38	1145.713	483.035	483.400	9777.740	18975.074	2.50	-2.50
39	1177.277	482.281	483.087	9773.653	18943.775	2.50	-2.50

40	1212.507	481.876	482.704	9769.092	18908.842	2.50	-2.50
41	1246.945	481.517	482.295	9764.633	18874.694	2.50	-2.50
42	1282.768	480.903	481.834	9759.995	18839.173	2.50	-2.50
43	1328.620	480.034	481.190	9754.058	18793.706	2.50	-2.50
44	1367.959	479.685	480.590	9748.965	18754.699	2.50	-2.50
45	1415.303	479.038	479.809	9742.835	18707.754	2.50	-2.50
46	1460.695	478.430	479.000	9736.958	18662.744	2.50	-2.50
47	1470.904	478.228	478.810	9735.637	18652.620	2.50	-2.50
48	1509.668	477.454	478.061	9730.957	18614.140	2.50	-2.50
49	1521.157	477.175	477.831	9729.700	18602.720	2.50	-2.50
50	1542.702	476.654	477.389	9727.399	18581.299	2.50	-2.50
51	1573.746	476.033	476.729	9724.084	18550.432	2.50	-2.50
52	1603.738	475.579	476.065	9720.881	18520.611	2.50	-2.50
53	1622.371	475.284	475.640	9718.891	18502.085	2.50	-2.50
54	1653.659	474.682	474.931	9715.550	18470.976	2.50	-2.50
55	1664.289	474.439	474.711	9714.415	18460.407	2.50	-2.50
56	1674.139	474.238	474.517	9713.363	18450.613	2.50	-2.50
57	1699.231	473.822	474.070	9710.683	18425.665	2.50	-2.50
58	1745.372	473.002	473.422	9705.756	18379.787	2.50	-2.50
59	1782.171	472.640	473.066	9701.826	18343.199	2.50	-2.50
60	1803.223	472.569	472.926	9699.578	18322.267	2.50	-2.50
61	1817.671	472.538	472.857	9698.035	18307.902	2.50	-2.50
62	1824.579	472.550	472.832	9697.308	18301.032	2.50	-2.50
63	1863.556	472.668	472.784	9693.611	18262.231	2.50	-2.50
64	1905.301	472.796	472.909	9690.414	18220.609	2.50	-2.50
65	1914.866	472.871	472.964	9689.793	18211.065	2.50	-2.50
66	1934.692	473.032	473.107	9688.489	18191.281	2.50	-2.50

VOLUMES TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	LONGUEUR APPLIC	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE SURFACE
1	0,00	19,71	10,40	202,30	67,50
2	39,41	32,60	17,80	283,60	141,00
3	65,21	26,39	15,50	205,20	129,00
4	92,19	24,81	19,20	249,30	244,00
5	114,82	19,07	4,70	116,10	116,50
6	130,33	13,10	3,80	71,90	88,50
7	141,01	16,52	4,20	90,40	128,00
8	163,37	28,34	3,80	221,30	284,00
9	197,70	26,40	10,00	222,30	330,00
10	216,17	33,10	15,20	364,50	429,00
11	263,90	43,67	14,90	736,50	564,00
12	303,51	42,39	15,80	433,10	560,50
13	348,69	49,79	88,30	272,40	577,50
14	403,10	42,55	138,50	1,10	375,00
15	433,79	19,81	38,80	62,60	212,50
16	442,73	25,16	49,60	75,40	270,00
17	484,12	32,91	82,60	86,60	341,00
18	508,54	30,21	67,50	60,60	330,00
19	544,53	29,29	47,70	117,10	310,50
20	567,12	19,50	24,90	25,90	203,50
21	583,54	24,26	30,00	37,10	267,00
22	615,64	29,09	109,90	1,00	273,00
23	641,72	25,53	211,40	0,00	247,50
24	666,69	19,62	173,10	0,00	200,50
25	680,95	25,67	286,00	0,00	300,00
26	718,03	37,20	386,60	0,00	466,50
27	755,35	36,50	316,90	0,70	501,50
28	791,02	22,34	99,90	0,00	215,00
29	800,02	22,92	274,90	0,00	329,50
30	836,86	39,58	878,50	0,00	694,50
31	879,18	39,74	271,60	0,00	421,00
32	916,34	41,41	41,60	38,40	358,50
33	962,00	43,91	20,90	119,50	446,00
34	1004,16	36,28	18,90	148,60	408,00
35	1034,56	35,76	26,70	140,50	467,50
36	1075,68	37,87	73,70	54,90	383,50
37	1110,30	35,02	120,00	52,20	400,00
38	1145,71	33,49	65,80	167,90	350,50
39	1177,28	33,40	213,10	0,30	292,00
40	1212,51	34,83	239,80	0,00	311,50
41	1246,95	35,13	157,10	106,40	372,00
42	1282,77	40,84	405,50	0,00	391,00
43	1328,62	42,60	742,90	0,00	506,00
44	1367,96	43,34	459,80	0,00	482,00
45	1415,30	46,37	187,30	80,40	561,50
46	1460,70	27,80	56,70	16,20	266,00
47	1470,90	24,49	58,50	10,50	233,50
48	1509,67	25,13	113,70	9,60	231,00
49	1521,16	16,52	126,60	2,80	169,00

50	1542,70	26,29	215,60	0,00	263,00
51	1573,75	30,52	143,20	0,00	293,50
52	1603,74	24,31	25,20	93,90	336,00
53	1622,37	24,96	15,40	87,80	337,00
54	1653,66	20,96	5,20	124,20	45,00
55	1664,29	10,24	2,30	62,10	0,00
56	1674,14	17,47	5,00	148,10	176,00
57	1699,23	35,62	9,00	408,50	517,50
58	1745,37	41,47	41,70	36,90	392,00
59	1782,17	28,93	72,70	31,20	287,00
60	1803,22	17,75	33,70	61,50	211,00
61	1817,67	10,68	15,90	44,50	128,00
62	1824,58	22,94	30,90	88,30	282,50
63	1863,56	40,36	31,90	239,30	413,00
64	1905,30	25,65	52,80	135,40	294,00
65	1914,87	14,70	5,00	77,00	157,50
66	1934,69	9,91	19,80	59,10	118,00
TOTAL.....		1934,72	7565,90	6583,00	20498,50