

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

Université 20 Août 1955-Skikda
Faculté de Technologie
Département de Génie Civil



Mémoire
Présenté en vue de l'obtention du diplôme de
Master en travaux publics

Spécialité
Voies et Ouvrages d'art (VOA)

Par
BOULECHFAR Saida

Thème :

Etude de dédoublement de la RN 85 du PK 30+000
au PK 34+000 sur 4km
À la commune Sidi Mezghiche W. Skikda

Sous la direction du : Pr. MESSASSET SALAH Professeur Université de Skikda

Devant le jury:

Dr. MENDJEL DJENETTE	MCA	Président	Université de Skikda
Dr. FILALI KAMEL	MCA	Examineur	Université de Skikda
Mr MEBIROUK. NADJIB	Doctorant	Invité	Université de Skikda

Promotion 2024

Remerciement

Nous remercions le bon dieu qui nous a donné le courage et la patience jusqu'au bout nos études.

En second lieu, je tiens à remercier mon encadreur

PR. MESSASSET SALAH

et son compétence et son orientation Pour son aide précieuse et ses orientations.

Mes remerciements vont aussi à mes sœurs et frères, et toute ma famille, et à tous mes amis.

Nos remerciements vont aussi à tous qui ont participé de près ou de loin à l'établissement de ce mémoire.

à l'ensemble des étudiants de notre promotion, aux membres du jury qui ont accepté de juger notre travail et à toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce projet de fin d'étude.



Dédicace

*Je dédie ce modeste travail aux deux êtres qui me sont très chers dans cette vie,
à savoir mon père et ma mère.*

*Je leur dis merci papa du fond de mon cœur pour ton éducation, ton sacrifice,
ton assistance et pour ce tu m'as fait et qui m'a permis d'avoir cette réussite et ce
bonheur. et j'espère que vous êtes en paradis ... ,*

*Je te dis merci et mille fois merci maman pour ta patience,
ton courage et ton sacrifice pour moi.*

Mes remerciements vont aussi à mes sœurs et frères

Et à mes collègue de travail.

Saida

Résume

Notre projet de fin d'étude rentre dans le domaine des infrastructures de transport, et en particulier les routes. Le travail exposé concerne le dédoublement d'une section de la route national 85 du pk 30+000 au pk 34+000 sur 04 km a la Commune De Sidi Mezghich-Wilaya De Skikda , nous avons travaillé au développement de la route et à l'amélioration le niveau du service pour assurer la sécurité et le confort de ses utilisateurs.

Dans cette étude, nous avons appliqué toutes les techniques et les normes existantes et utilisées en Algérie et tout ce que nous avons appris les années des études dans cette spécialité voies et ouvrages d'art afin de rendre l'étude soit aussi complète et précise que possible.

Mots Clés_: Route-Dédoublement - Trafic- Tracé en plan – Profil en travers

الخلاصة

مشروع نهاية مشوارنا الدراسي يدخل ضمن مجال البنية التحتية للنقل عامة والطرق خاصة ، هذا العمل الموجه يتعلق بإزدواجية مقطع من الطريق الوطني رقم 85 من ن ك 30+000 إلى ن ك 34+000 على مسافة 04 كلم ببلدية سيدي مزغيش – ولاية سكيكدة ، حيث نعمل من خلاله على تطوير الطريق و تحسين مستوى الخدمة لضمان أمن و راحة مستعمليه . كما قمنا من خلال هذه الدراسة بتطبيق جميع المعايير و المواصفات التقنية في مجال الطرق المعمول بها حاليا و المستخدمة في الجزائر بالإضافة إلى المكتسبات العلمية المحصل عليه خلال سنوات دراستنا في هذا التخصص طرق و منشآت فنية ، لجعل الدراسة كاملة و دقيقة قدر الإمكان.

الكلمات المفتاحية : طريق – إزدواجية- حركة المرور- منحنى- مقطع عرضي -

Sommaire

Titre	page
Introduction générale	
Chapitre I	
1/-Introduction	1
2/- Généralités sur la wilaya de Skikda	1
3/-Présentation de l'axe du projet (rn 85)	6
4/-Description de l'état de la route actuel et son environnement	8
5/- LE DEDOUBLEMENT (la nouvelle route)	13
Chapitre II	
1.1- Introduction	20
1. 2- Les règles a respecté dans le trace en plan	20
1. 3- les éléments de la trace en plan :	21
1.4. Expression mathématiques de la clothoïde :	21
1.5. les conditions de raccordement :	27
1.6. Combinaison des éléments de tracé en plan :	28
1.7-Calcul d'axe	29
II.2. Application au projet	30
2.1-Exemple De Calcul Manuel D'axe Du Trace En Plan	32
2.3-Détermination la longueur de raccordement progressif L	32
II.1- Introduction :	36
II. 2- Les règles à respecter dans le trace de profil en long:	36
II. 3- les éléments géométrique du profil en long :	36
II.4 Coordination du trace en plan et profil en long :	37
II.5. Déclivités :	38
II.6 .Voie supplémentaire pour véhicule lent :	39

II.7.Raccordements en profil en long :	40
II.8.Determinationp rétiques du profil en long	44
II.3. PROFIL EN TRAVERS	48
1. Introduction :	48
2. Types de Profil en Travers :	48
3. les éléments du profil en travers :	50
II.4. CUBATURES	52
1.Introduction	52
2.Definition :	52
3.Méthode de calcul des cubatures :	52
4. Paramètres fondamentaux :	54
Chapitre III	
A- ETUDE DU TRAFIC	
A.1- Introduction :	55
A.2- ANALYSE DU TRAFIC :	55
A.3 -Différents Type de Trafic	55
A.4- Modelés de Présentation de Trafic :	56
A-5- Calcul De La Capacité	57
A-6 Application Au Projet	60
A-7 Conclusion	63
B -DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE	
B -1- INTRODUCTION :	64
B-2-LA CHAUSSEE	64
B-3-Les Différentes couches d'une Chaussée :	67
B-4-les différents facteurs pour les études de dimensionnement :	68
B-5 -LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT :	69

B.6 Choix de la méthode de dimensionnement :	78
B.7. Application au projet:	78
Conclusion	82
B.8.vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support :	83
Conclusion	86
Chapitre IV	
1.1- Introduction :	87
1.2. Les éléments constitutifs d'un sol :	87
1. 3.Les Moyens de la Reconnaissance :	87
2. 1. l'étude des archives et documents existants:	88
2.2. les visites de site et les essais « in-situ »:	88
2.3 Les essais de laboratoire :	89
3-Interprétation des essais au laboratoire	99
4-Classification des sols :(selon Guide des terrassements routier GTR)	100
5. Condition d'utilisation des sols en remblais :	103
Conclusion	104
VI.2. étude hydraulique	
1-Introduction	105
2- Objectif de l'assainissement :	107
3- Définitions des termes hydrauliques :	108
4- Les Ouvrages Des Ecoulements Des Eaux :	109
5- L'Etude Hydrologie	109
6- Dimensionnement des ouvrages d'évacuations :	112
7- Dimensionnement des ouvrages de rétablissement des écoulements :	116
8- Application au Projet	119
V.1. SIGNALISATION	
	124

1.1. INTRODUCTION :	124
1.2.Objectifs de signalisation routiere :	124
1.3. Criteres a respecter pour la signalisation :	125
1.4. Types de signalisation :	125
V.2. ECLAIRAGE	136
2.1. Introduction :	136
2.2. les normes appliquées	136
2.3. Descriptif des travaux d'éclairage public.	139
2.4. Alimentation Electrique	140
2.5 .Conclusion :	141
DEVIS	142
Conclusion générale	145
Bibliographe	

Liste des figures

figure	page
Fig N°I- 01: Carte des limites de la wilaya de SKIKDA	01
Fig N°I- 02 :Carte du découpage administratif de la wilaya de SKIKDA	02
Fig N°I- 03 :Carte du réseau routier de la wilaya de Skikda	03
Fig N°I- 4 : Répartition De La Longueur Du Reseau Routier De La Wilaya De Skikda Par Type De Route Année 2020	04
FigN°I- 5 : Le Reseau Routier Phillipe Ville (Periode Coloniale) 1830-1962	07
Fig I. 6: situations du projet	08
Fig I. 7:La dénivelée cumulée	10
Fig I. 8:La sinuosité	11
Fig I-09 : L'état De La Route Actuelle	12
Fig. I.10 : Profil de dénivelé de La variante N°1 (Source : Google Earth)	14
Fig. I.11 : Profil de dénivelé de La variante N°2 (Source : Google Earth)	15
Fig. I.12 : le trace des deux variantes	15
Figure II.1.1 :Les éléments du tracé en plan	21
Figure II.1. 2:RayonEnPlan	22
Figure II.1.3:Rayon En Plan (inclinaison i).	22
Figure II.1.4 : Zone de dérasement	25
Figure II.1.4 : Eléments géométriques de la Clothoide.	27
Figure II.1.5 :Courbe en s	29
Figure II.1.6 : Courbe a sommet	29
Figure II.1.7 : Courbe en c	29
Figure II.1.8 : Courbe en ove	29

Figure II. 1.9: Calcule manuel de clothoïde.	30
Fig. I.11 : Profil de dénivelé de La variante N°2 (Source : Google Earth)	37
Fig. I.12 : le trace des deux variantes	39
Fig II.2.1 : Coordination Tracé En Plan-Profil en long	40
Fig.2.2 : Chéma De Principe (Voie Supplémentaire Pour Vehicules Lent)	40
Fig II.2.1 : Types De Raccordement	43
Fig II.2.4 : Visibilité nécessaire en rampe	43
Fig II.2.4 : Rayon vertical.	43
Fig II.2.5: Visibilité nécessaire en pent	44
Fig II.2.6: Raccordement de deux alignement par une parabole	48
Fig II.1 : profil en mixte	49
Fig II.2 : profil en remblai	49
Fig II. 3 : profil en déblai	50
Fig II. 3 : Eléments Constitutifs du Profil en Travers	60
Figure III- A.01 : localisation les postes du comptage	61
Figure III-B-1 : Schéma récapitulatif Les différents types de chaussée	65
Figure III.B-2 : Structure d'une chaussée souple	66
Figure III.B-3 : Structure d'une chaussée semi-rigides	66
Figure III.B-4 : Structure d'une chaussée rigide	67
Figure III.B-5 : structure général d'une chaussée	69
Figure III-B-6 : Schéma récapitulatif Les différents facteurs pour les études de dimensionnement du corps de chaussée	71
Figure III. B.7 : la démarche du catalogue (fascicule 1 page 7)	80
Fig III. B.8:Les épaisseurs des couches par la méthode catalogue	81

Figure III- A.01 : localisation les postes du comptage	83
Figure III-B-1 : Schéma récapitulatif Les différents types de chaussée	83
Figure III.B-2 : Structure d'une chaussée souple	87
Fig. V.1 .1 : les éléments constitutifs d'un sol.	88
Fig. V.1 .2 : les états de sol	89
Fig. V.1 .4 : principe de l'essai de pénétration	90
Fig V .1.5 :l'appareil de Casagrand	90
Fig. V.1 .6 : Analyse granulométrique	93
Figure V.1.7 : Essai équivalent du sable	94
Figure V.1. 8 : Principe de l'essai Proctor normal et modifié	96
Fig V.1. 9 : Appareil de CBR.	97
Fig. V.1 .1 : les éléments constitutifs d'un sol.	99
FigV.1. 10 : Appareil LOS ANGELES.	101
FigV.1. 11 : Appareil Micro Deval	104
FigV.1. 12 : Matériaux utilisés (Essai De Blue Methylene)	106
Fig. 01 : Dispositif d'assainissement	107
Fig 02 : Bassin versant	109
FigV.1. 10 : Appareil LOS ANGELES.	110
FigV.1. 11 : Appareil Micro Deval	111
FigV.1. 12 : Matériaux utilisés (Essai De Blue Methylene)	112
Fig. 01 : Dispositif d'assainissement	112
Fig 02 : Bassin versant	119
FigV.1. 10 : Appareil LOS ANGELES.	122
FigV.1. 11 : Appareil Micro Deval	186

FigV.1. 12 : Matériaux utilisés (Essai De Blue Methylene)	126
Fig. 01 : Dispositif d'assainissement	126
Fig V.1.1 : Signaux D'avertissement De Danger (type A).	126
Fig V.1.2: Signaux De Priorite (type B)	127
Fig V.1.3: Signaux D'interdiction Ou De Restriction (type C)	127
Fig V.1.4: Signaux Doblignation (type D)	127
Fig V.1.5: Signaux D'identification Des Routes (type E)	127
Fig V.1.6 :Signaux De Presignalisations (type E)	127
Fig V.1.7 : Signaux De Direction (type E)	128
Fig V.1.8: signaux de localisation (type E)	128
Fig V.1.9: Signaux De Confirmation (type E)	128
Fig V.1.10 :Autres Signaux Donnant Des Indications Utiles Pour La Conduite	128
Des Véhicules (type E)	129
Fig V.1.11 : Autres Signaux Indiquant Des Installations Qui Peuvent Etre Utiles Aux	129
Usagers De La Route (type F)	130
Fig V.1.12 : l'implantation et hauteur des panneaux	130
Fig V.1.12 :Potence et portique	131
Fig V.1.13 : Type de modélisation	131
Fig V.1.14 : Schéma des lignes longitudinales pour une route 2×2voies	131
Figure-V.1.15 : Ligne cédez lepassage	132
Figure-V.1.16 : Ligne stop	132
Figure-V.1.17 : Passage pour piétons	132
Figure-V.1.18 :flèches de sélection	135

Fig-V.1.19 :Flèche de abattement	136
Fig-V.1.20:Schéma de marquage avec hachures	137
Fig-V.1.18: signalisation axe du projet	137
Fig V.2.1 : les élément de base d'un instalation d'éclairage public	138
Fig V.2.2 : constitution d'un point lumineux	138
Fig V.2.3 : coupe de tranchée	138
Fig V.2.3 coupe du massif	139
Fig V.2.4 : Semelle et tige d'ancrage	139
Fig V.2.4 : Exemple Eclairage de notre projet	139

Liste des tableaux

tableaux	page
TABLEAU I.1 Les zones d'expansion touristique (ZET)	6
TABLEAU I. 2 Classement L'environnement de la route.(B40 page 1.3)	10
TABLEAU I. 3 Classement de La sinuosité	11
Tableau II.1: Valeurs des différents rayons calculés et ceux donnés par B40	32
Tableau II.2: les valeurs des coordonnées des points singuliers	35
Tableau II.2.1 :valeurs de déclivité maximale (B40)	39
Tableau II.2.2 : Des valeur des d1 (B40).	41
Tableau II.2. 3 : Des rayons en angle saillant (B40)	42
Tableau III.A-1 Coefficient d'équivalence « P » (B40 CH 2 Page 1)	58
Tableau III.A-2 valeur de la capacité théorique « cth »	59
Tableau III.A. 3 Valeur Valeur De K1	59
Tableau III.4 Valeur De K2 (B40 cha4 page 6)	59
Tableau III.A .5 : Résultats De Comptage Automatique Année 2023	61
Tableau IV-B.1 Coefficients d'équivalence	71
Tableau IV-B.2 classe de trafic	72
Tableau IV-B.3 classe de sol (fascicule 1 page 12)	72
Tableau VII.B.4 Classe TPLi pour RP1 ET RP2 (fascicule 1 page 10)	73
Tableau VII.B. 5 Classes de portance des sols supports Si (fascicule 1 page 11)	74
Tableau VII.B.6 Classe de portance de sol-support (fascicule 1 page 12)	75
Tableau VII.B.7 Sur classement avec couche de forme en matériau non traité (fascicule 1 page 13)	76
Tableau VII.B. 8 les caractères des zones climatiques en Algérie (catalogue II page15)	76

Tableau VII.B. 9 Durées de vie adoptées (fascicule II page 13)	77
Tableau VII.B. 10 Résultats De La Méthode CBR	77
Tableau VII.B. 10 Valeur du coefficient d'agressivité A (fascicule N° 2 page 17)	79
Tableau VII.B. 11 Risque adopté pour le reseau orincipal RP1 (catalogue II page 14)	83
Tableau VII.B. 12 Les données du projet (catalogue II pages 18 et 20)	84
Tableau VII.B. 13 Les intrfaces entre les couches (condition de collage)(catalogue II page 11)	85
Tableau III.A-1 Coefficient d'équivalence « P » (B40 CH 2 Page 1)	85
Tableau V.1.1 Lithologie Du Trace	88
Tableau IV.1.2: Degré de plasticité des sols	90
Tableau IV.1.3: Type des graviers selon le coefficient LA	97
Tableau IV.1.4: classification de type de sol selon le coefficient (VBS)	99
Tableau IV.1.5: Caractéristiques du sol de projet	100
Tableaux IV.2.2 : caractéristique physique des bassins versants	110
Tableau IV.2.1 : caractéristiques de la station pluviométrique	112
Tableau N° -3: Valeur du Coefficient "C1" pour Diverses Pentés.	113
Tableau N° -4: Valeur du Coefficient "C2" par Rapport à la Nature du Sol.	113
Tableau N° - 5 : Valeurs du Coefficient "C3" Relative à la Couverture du Sol.	114
Tableau N° -6 : les coefficients de ruissellements	114
Tableau N° -7: Variable de Gauss.	115
Tableau N° -8 : Les valeurs des coefficients de rugosité (K)	115
Tableau N° -9: Les surfaces des sous bassins versants.	120
Tableau N° -10: Calcul de l'intensité.	121
Tableau N° -11: Le débit total des bassins versants	123

Tableaux V.1 .1 : Type de modulation des lignes discontinues	130
Tableau V.1.2 : Tableau récapitulatif des différents constituants d'un produit de marquage	134
Tableau V.1.3 : Tableau récapitulatif des principaux constituants des peintures	137
Tableau V.2.2 : dimensions du massif	138
Tableau V.2.3 : Dimensions des semelle et tiges d'ancrage	139

Liste des abréviations

ARP : Aménagement des routes principales	P : Coefficient d'équivalence pour le poids lourd
BB : Béton bitumineux	PL : Poids lourd
B40 : Norme technique d'aménagement des routes	Q : Débit
C : Catégorie de la route	R : Rayon
CB : Couche de base	RHd : Rayon horizontal déversé
CBR : Californian bearing ratio	RHm : Rayon horizontal minimum
CF : Couche de forme	RHn : Rayon horizontal normal
CL : Couche de liaison	RHnd : Rayon horizontal non déversé
CR : Couche de roulement	RP1 : Réseau principale 1
CTTP : Catalogue de dimensionnement des chaussées	SETRA : Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes
DTP : Direction des travaux publics	SD : Section déblai
E : Environnement	SGBA : Séparateur glissée en béton armé
E : Epaisseur réel	SR : Section remblai
E(MPA) : Portance de sol supporte de Chaussée	Tc : Trafic cumulé
E eq : Epaisseur équivalent	TJMA : Trafic journalier moyen
GB : Grave bitume	TPL : Trafic poids lourds
GC : Grave concassée	TPL i : Classe de trafic
GNT : Grave non traiter	TN : Terrain naturel
GTR : Guide des terrassements routiers	TVO : Tout-venant d'oued
I CBR : Indices de CBR	V : Volume de terrassement
K1 : Coefficient lié à l'environnement	Vr : Vitesse de référence (de base)
K2 : Coefficient de réduction de capacité	Z : Pourcentage de poids lourds
n : Nombre d'année	τ : Taux de croissance annuelle de trafic
NPL : Nombre de poids lourds	NF : Norme français

Introduction générale

Introduction Générale

Introduction générale :

Le transport routier et les infrastructures routières sont les clés de l'évolution et de la prospérité de la société moderne et de l'économie du pays.

La construction de routes pour soutenir le commerce et la communication entre les personnes et les pays a augmenté le niveau de vie et l'activité économique de manière sûre, efficace et durable, les routes ont un effet positif sur la croissance économique et le développement social.

La problématique qui est à la base des projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance de réseau existant, par saturation (trafic). Il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis pour en dessiner les solutions et d'en quantifier précisément les composantes. Ceci pousse à mener des études de dédoublement.

D'où l'importance de notre projet qui consiste à faire la conception du dédoublement d'un tronçon routier de la route nationale **RN 85** sur **04 km du pk 30+000 au pk 34+000 à la commune de Sidi Mezghiche -wilaya de SKIKDA**, conforme aux techniques et normes appliquées dans le domaine routier en Algérie.

Pour atteindre l'objectif visé, notre travail a été structuré comme suit :

- la présentation du projet
- La conception géométrique de la route (Trace en plan, profil en long et profil en travers par logiciel (Piste, covadis).
- La conception structurale (Composée de l'étude du Trafic et Dimensionnement du corps de Chaussée).
- Etude Géotechnique et hydraulique.
- La signalisation et l'éclairage.

Chapitre I

Présentation du projet

1-Introduction :

Dans le cadre de la promotion et du développement continu de son réseau routier **la DTP de skikda** s'est fixée des horizons et objectifs prometteurs par la mise en exécution d'un programme d'aménagement , de modernisation et de renforcement du réseau primaire et secondaire (**RN, CW**) et de dédoublement des axes importants ;

Et dans le souci d'offrir aux usagers de son réseau des voies confortables et fluides , notre projet de fin d'étude relative à l'étude de dédoublement d'un tronçon de la route nationale **RN85 du Pk 30+000 Au Pk 31+000** à la commune de Sidi Mezghiche – wilaya de skikda , fait partie de cet objectif global .

2/- Generalites sur la wilaya de Skikda:

A-La Situation Geographique Et Adminstratif

La wilaya de Skikda est située dans la partie nord-est de l'algerie, Elle se trouve entre (**la latitude : 36°52'N et la longitude : 06°54'E**) , Elle s'étend sur une superficie de **4 118 km²** et compte **1.115.380 habitants (2020)** , la wilaya est limitée par :

- **Au nord**, par la mer Méditerranée
- **A l'est**, par la wilaya d'Annaba ;
- **Au sud**, par les wilayas de Constantine, Mila et Guelma ;
- **A l'ouest**, par la wilaya de Jijel.



Fig N°I- 01: Carte des limites de la wilaya de SKIKDA

Elle est issue de découpage territorial de **1974**, comprend **13** D'airas regroupant **38** communes. Outre le **chef-lieu** de la wilaya de Skikda.



Fig N°I- 02 : Carte du découpage administratif de la wilaya de SKIKDA

B. Caractéristiques naturelles et conditions climatiques

La wilaya est située dans l'espace géographique compris entre l'Atlas tellien et le littoral méditerranéen.

B.1. Relief et morphologie :

Les zones côtières de l'Est algérien connues pour leurs paysages montagneux présentent de rares plaines littorales aux superficies réduites.

-Les sommets montagneux de la wilaya : oscillent entre **500 et 600 m** d'altitude.

Le pays montagneux : constitue une véritable barrière physique et naturelle (Kef Sidi Driss, Kef Toumiet, Djendel El-Ali, le massif de Collo et Djebel Edough).

Les vallées : au nombre de trois, sont de direction Sud-Nord autour des oueds Safsaf, oued Guebli et oued El kebir.

Les plaines ; n'existent qu'au niveau des sous-régions de Collo, Skikda, Aïn Charchar et Ben Azzouz. Ce sont de petites plaines côtières ou intérieures fermées aux débouchés des oueds les plus importants.

B.2. Climat :

La wilaya appartient aux domaines bioclimatiques humides et subhumides et son climat est à variante douce et tempérée au niveau du littoral et froid à l'intérieur.

L'étage humide couvre la zone occidentale montagneuse ainsi que les sommets à l'est et au sud. Le domaine subhumide prévaut sur les 4/5ème du territoire de la wilaya avec une pluviométrie comprise entre **1000 et 1500 mm/an**.

Sous l'influence maritime, les températures sont douces en hiver (11°C en Janvier) et chaudes en été (24°C en Août) sur le littoral où les amplitudes thermiques sont faibles. Elles sont

moins douces en hiver (9°C) et plus . chaudes en été (27°C) au niveau du territoire intérieur où les amplitudes sont plus marquées.

B. 3. Sismicité :

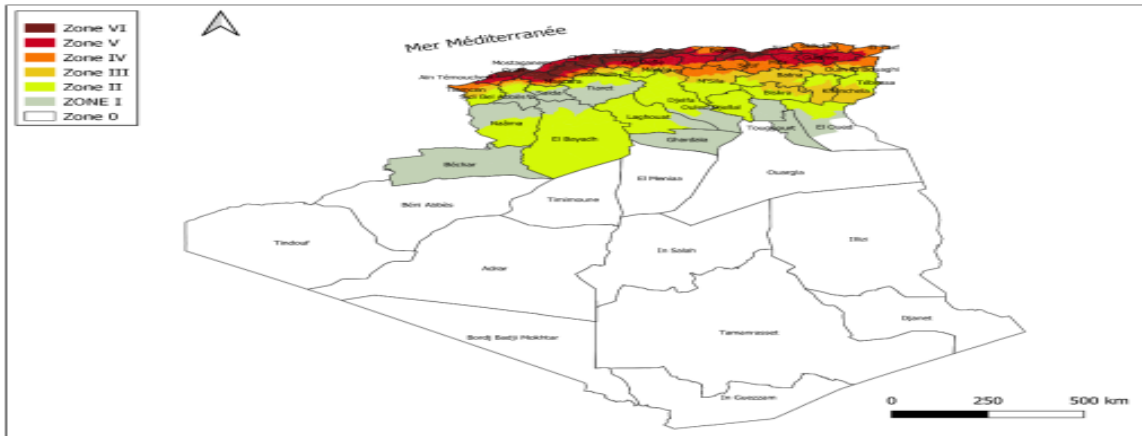


Fig I.3 : Zonage sismique de l’Algérie: toutes zones 0 à VI(RPA 2024)

Pour la wilaya de skikda située dans la partie nord-est de l’algerie d’après RPA 2024 à été classée en site S5

C- Les Principaux Infrastructures De Base Existantes :

Le réseau infrastructurel de base de la wilaya s’articule autour d’un réseau routier d’une longueur de **2 656,363 km**, d’une infrastructure ferroviaire longue de **170 km** et d’un port maritime d’envergure internationale.

C.1. Le Reseau Routie :



Fig N°I- 03 : Carte du réseau routier de la wilaya de Skikda

D'une longueur de 2 656 363 km, avec un taux de revêtement de 89,81%, le réseau routier de la wilaya est réparti comme suit :

- **68,447 kms d'autoroutes** : dont (64,427 km bon -1,820km moyen- 2,2 kms mauvais)

-**327,164 kms de routes nationales (RN)**: dont (218,11 km bon -104,246 km moyen- 110,024 kms mauvais) .

-**603,352 kms de chemins de wilaya (CW)**: dont (346,086 km bon -147,350 km moyen- 681,350 kms mauvais)

-**1 657,4 kms de chemins communaux (CC)**: dont (734,700 km bon -241,350 km moyen- 681,350 kms mauvais)



Fig N°I- 4 :_Répartition De La Longueur Du Réseau Routier De La Wilaya De Skikda Par Type De Route Année 2020

C.2. Le Réseau Ferroviaire

Long de 170 km dont 119,1 km en voie unique, le réseau ferré de la wilaya est assez dense (4,13 km/km²). Ce réseau s'articule autour de dix-neuf (19) gares et haltes.

Le réseau ferroviaire de la wilaya permet des échanges avec l'ensemble des zones du nord-est du pays et s'articule autour de quatre (04) principales directions qui convergent toutes vers Ramdane Djamel :

- **Direction Est** : la section Ramdane Djamel – Azzaba, les wilayas de Guelma et Souk-Ahras ainsi que la Tunisie.
- **Direction Sud** : la section Ramdane Djamel- Constantine permettant des liaisons avec Constantine et les wilayas des hauts plateaux.
- **Direction Ouest** : la section Ramdane Djamel – Tamalous – Jijel permettant un accès direct à la wilaya de Jijel.
- **Direction Nord** : la section Ramdane Djamel- Skikda reliant le chef-lieu de la wilaya à ses infrastructures économiques (port, complexe pétrochimique, etc.).

Localement, le réseau ferroviaire reste assez cohérent avec l'armature urbaine de la wilaya, dans le sens où tous les centres structurant son territoire sont situés sur les itinéraires de voies de chemin de fer. Il en est ainsi de Skikda, Tamalous, Azzaba, El Harrouche, Ramdane Djamel, Hamadi Krouma, Sidi Mezghiche et la cimenterie de Hadjar Essoud. Le seul centre important qui reste éloigné des couloirs de transport ferroviaire est Collo.

C.3. Le Réseau Portuaire :

La wilaya dispose de six (06) ports dont quatre (04) de pêche (**Collo, Stora, El-Marsa et Oued Z'hor**). Quant aux deux (02) autres, l'ancien et le nouveau port implanté à Skikda, ils ont des fonctions exclusivement commerciales et liées aux hydrocarbures (nouveau port, notamment).

Répondant aux exigences des caractéristiques techniques des ports commerciaux, plusieurs autres installations ont été réalisées comme supports à l'activité portuaire, il s'agit en particulier de :

- Surfaces commerciales : 03 parcs à conteneurs d'une superficie de **5.5 Ha** ;
- Zones extra-portuaires :
 - **02** plateformes logistiques de **12Ha et 18 Ha** ;
 - 01 port sec de 07 Ha ;
 - Installations spécialisées et réseaux ferroviaires :
 - 01 silo à céréales d'une capacité de stockage de **20 000 tonnes** ;
 - 01 hangar de stockage pour aliments de bétail d'une capacité de 35 000 tonnes ;
 - 04 poids publics de 80 à 120 tonnes.
 - Une (01) gare maritime pouvant contenir un flux de **1200 passagers** ;
 - Une (01) gare maritime auto-passagers dotée de 03 voies à 02 couloirs avec traitement simultané de **18 véhicules** ;
 - Un (01) cale de halage pour bateaux de pêche 3 slipways ;
 - **02** bouées off-shore (SPM) chargement de super tanker de plus **320.000 tonnes** ;
 - Une (01) gare ferroviaire à **100 m** du port mixte (ancien port) qui dispose de **2 660 ml** de voies

ferrées totalisant **07 voies**. La capacité de transit des marchandises y est de **4 500 000 tonnes/an**,

tandis que celle des hydrocarbures est de **30 000 000 tonnes/an**.

De par sa situation entre la mer et les massifs, la wilaya de Skikda détient un potentiel de richesses touristiques non négligeable. En effet, riche de plus de 140 km de littoral méditerranéen, la wilaya offre d'excellentes opportunités de tourisme balnéaire et dans sa

partie ouest, elle dispose de véritables curiosités relevant du pittoresque (massifs montagneux, couvert végétal important et varié, paysages forestiers en hinterland et en bordure de mer).

A tout ce potentiel naturel vient s'ajouter les sources thermales d'Ain Charchar et Azzaba.

La façade maritime, une zone à activités portuaires, de pêche et de plaisance, se situe à la périphérie immédiate des villes de Skikda et d'El Marsa à l'Est jusqu'à Oued Z'hor à l'Ouest ; quatorze (14) communes côtières y sont recensées.

En outre et au-delà des 140 km de côtes, plusieurs espaces touristiques y sont identifiés :

- L'espace d'El Marsa – Guerbes ;
- L'espace de Fil Fila ;
- L'espace de Skikda Ouest ;
- L'espace de Collo ;
- L'espace de Marsa Ezzitoune.

TABLEAU I.1

Désignation de la ZET	Commune	Superficie (Ha)
Sidi Akkacha	La Marsa	110
La Marsa	La Marsa	112
Les Ruines Saintes	Djendel	180
Ben M'hidi (platanes)	Skikda - Fil-fila	206
Grande plage	Ain zouit	140
Oued Bibi	Tamalous - Ain zouit	820
Baie de Collo	Collo - kerkeria	400
Tamanart	Cheraia	67
Marsa Ezzitoune	Khenak Mayoune	65
Beni said	Collo	600
Hammam Essalhine	Azzaba - Ain Charchar	318
Total		3 018

Les zones d'expansion touristique (ZET)

C.4. Infrastructures Aeroportuaires :

La wilaya de Skikda est située à **104 Km** de la wilaya d'Annaba et à seulement **86 Km** de la wilaya de Constantine. Ces deux grandes villes possédant chacune un aéroport d'envergure internationale, pouvaient jusqu'ici répondre aux besoins de transport aérien de la wilaya. Cependant, le nombre croissant de voyageurs et de marchandises devant être transportés pousse la wilaya à vouloir se doter de son propre aéroport.

L'implantation d'une telle structure couplée aux potentiels dont dispose la wilaya aura pour objectifs :

- D'alléger le trafic aérien des villes avoisinantes ainsi que le trafic routier qui en résulte ;
- De promouvoir le tourisme en facilitant l'accès au territoire de la wilaya par voie aérienne ;
- De promouvoir le secteur économique en facilitant le transport aérien de différentes marchandises.

3/-Présentation de l'axe du projet (rn 85):

*Cet axe à été réalisé à la période coloniale , classé comme chemin de wilaya sous le numéro D6 (voir la carte ci–en dessous).



FigN°I- 5 : Le Reseau Routier Phillippe Ville (Periode Coloniale) 1830-1962

* Et après l’indépendance cet axe à vue des grandes travaux de modernisation depuis l’année 1974 de ce fait cette route à été classée comme une route nationale **RN 85** définis comme suite :

L'AXE	RN 85 se trouve au niveau de la wilaya de skikda
PK Début	0+000 à la commune de collo (intersection avec CW 132 0+000)
PK Fin	54+710 à la commune d'ain bouziane (intersection avec RN03 Pk 44+000)
La Longueur Totale	54,710 km
Etat De La Route	41 km bon état (75%) et 13,710 km moyen état (25%)
Observation	Ilya une discontinuité à cet axe : <ul style="list-style-type: none"> - Une Section du pk 0+000 au pk 25+900 - Une section du pk 25+900a au pk 54+710 Les deux sections étaient séparées par la RN 43 du pk 163+200 au pk 170+800
Les Communes Traversées	Collo-Kerkera-Tamalous-Sidi Mezghich-Ain Bouziane
La Longueur Dédoubler	-3 km réalisées en 2013 du Pk 02+000 au Pk 05+000 -5 km réalisées en 2016 du Pk 05+000 au Pk 10+000 Total : 08 kms

4/-Description de l'état de la route actuel et son environnement :

a-Situation Du Projet :

Notre projet concerne le dédoublement de la RN 85 du PK 30+000 au PK 34+000 sur 4 km située à la commune de Sidi Mezghich – wilaya de Skikda , liée entre deux daïras Sidi Mezghich et Tamalous , traversée deux agglomérations (ERRAB'INE du Pk 31+000 au Pk 31+500) et (KAHWET AIBECHHE du Pk 32+800 au pk 33+300, croisée par le CC (- Boutamine) Au PK 30+500



Fig I. 6: situations du projet

b-traffic : la route existante fréquentée par un trafic journalier moyen important estimé à l'ordre de

TJMA =13628 v/j dont 20 % PL selon le dernier comptage effectué en (**AVRIL 2023 Par la DTP DE SKIKDA**).

C-Sur le plan Socioéconomique :

- Sur le plan sociale : facilité La communication et la fréquentation entre les hommes, l'implantation et l'accessible des infrastructures communautaire (école, dispensaire, marcher, hopital etc....).
- Sur le plan économique : elle permet L'évacuation des produits agricoles vers les centres villes, l'approvisionnement de campagne de produits manufacturés.

d . géologies et geotechnique :

- D'après la carte géologique **La Feuille 31 Saint Charles – Ramdane Djamel Echelle 1/50000**

La majorité de tracé traversée des terrains métamorphiques et des déblais moyen a grande hauteur dans les roches métamorphiques (micaschiste- schiste micacé – gneiss).

N'oublier pas quelque terrain sédimenté (limon et cailloux roules du fond des valles).

Le sol de cette section a été classé entre A(SOL FINS) et B(SOL SABLEUX ET GRAVELEUX AVEC FINES)

e- Climatique :

Le climat type méditerranée caractérisé par des irrégularités montielles etudes température (deux saisons distinctes l'une et humide et l'autre chaude et sèche) , la precipitation moyenne est de 777,5 mm et la temperature moyenne annuelle modérée dans le bassin versant est de l'ordre de 18.9°, le ruissellement moyen 178.89 mm et une infiltration de 100.92 mm .

f. Hydraulique :

Le réseau d'assainissement de cette section bien assainir pour l'évacuation de débit générée par les bassins versants existants (se trouve **13 ouvrages** entre **buses , dalots, fossées** et les majorités en (bon états).

g. Catégorie et environnement de la route :**g .1 .Catégorie de la route :**

Le choix de la catégorie est fonction de l'importance de la liaison ; les caractéristiques imposées par les normes (B40) . Chaque catégorie, vise à assurer l'adéquation de la route aux fonctions que celle-ci doit assurer.

En Algérie, les routes sont classées en cinq (05) catégories ,suivant leurs finalités économiques et administratives des itinéraires considérés:

La catégorie C1 : liaison entre deux grands centres économique et des centres d'industrie lourde.

La catégorie C2 : liaison des pôles d'industries de transformations entre eux.

La catégorie C3 : liaison des chefs-lieux de daïra et ceux de wilaya.

La catégorie C4 : liaison de tous les centres de vie avec le chef-lieu de daïra.

La catégorie C5 : routes pistes non comprises dans les catégories précédentes

Pour notre cas : L'axe de la **RN 85** liée entre **3 axes**

-l'axe **RN 03** qui lie entre deux chefs lieux de wilaya (**skikda - constantine**)

-l'ax **RN 43** qui lie entre deux chefs lieux de wilaya (**skikda - jijel**)

-l'axe **cw 132** qui prolonge du collo vers oued z'hour ou se trouve deux ports de peche

Donc la route de notre projet est de **classe C1**

g .2 Environnement de la route :

L'environnement de la route est caractérisé par deux indicateurs : La dénivelée cumulée moyenne et la sinuosité.

. La dénivelée cumulée moyenne :

C'est la somme en valeur absolue des dénivelées successives rencontrées le long de l'itinéraire. Le rapport de la dénivelée cumulée total H à la longueur totale de l'itinéraire L permet de mesurer la variation longitudinale du relief.

-DCM=H/L

- Avec:

-L=∑li: longueur total.

- H=∑Pili-∑Pili

D'pres les resultats du logitiel covadis (voir l'annex jointe)

$=\sum P_{i>0} - \sum P_{i<0} = 88 \longrightarrow DCM = 88/3035.696 = 2.9\% \text{ (relief valonne)}$

- i>0 i<0

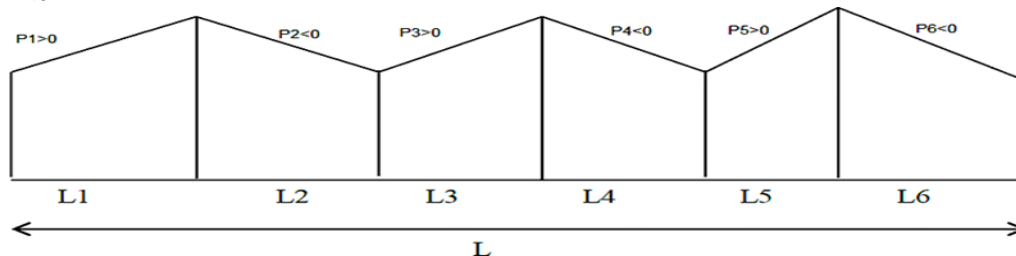


Fig I. 7:La dénivelée cumulée

TABLEAU I. 2

Sinuosité Relief	FAIBLE	MOYENNE	FORTE
	PLAT (H/L<1.5%)	E1	E2
VALLONNE (1.5%<h/L<4%)	E2	E2	E3
MONTAGNEUX (h/L>4%)		E3	E3

Classement L'environnement de la route.(B40 page 1.3)

2. Sinuosité :

La sinuosité δ d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur L_s sur le total de l'itinéraire.

$$\delta = (\text{longueur sinueuse des sections dont } R_i < 200\text{m}) / L \text{ totale}$$

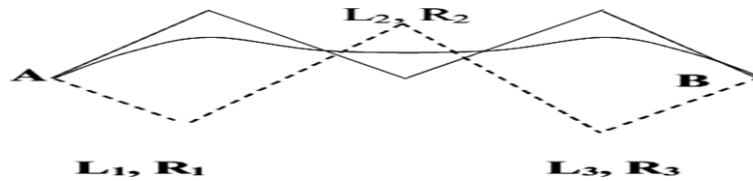


Fig I. 8:La sinuosité.

TABLEAU I. 3

N°	Classification	Sinuosité
1	Sinuosité faible	$\sigma \leq 0.10$
2	Sinuosité moyenne	$0.10 < \sigma \leq 0.30$
3	Sinuosité forte	$\sigma > 0.30$

Classement de La sinuosité

$$L_s = 111.355 + 65.315 + 142.854 = 319.524 \text{ m}$$

$$L_T = 3035.696 \text{ m}$$

$$\delta = 319.524 / 3035.696 = 0.105$$

$\delta = 10.5\% \longrightarrow$ la sinuosité moyenne

Les **trois types** d'environnement **Ei** distingués résultent du croisement des deux paramètres précédents selon le tableau ci-dessous

-Vitesse de référence

La vitesse de référence (ou bien la vitesse de base) est la vitesse considérée pour établir un projet de route et à partir de cette vitesse on fixe les caractéristiques géométriques minimales de la route comme la courbure, le dévers et la distance de visibilité dont dépend la sécurité de véhicules en mouvement.

Le choix de la vitesse de référence joue un rôle très important sur le coût du projet est dépend de : ----Type de la route.

-Importance et genre de trafic.

-Topographie.

- Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

D'après B40 (C1, E2) la vitesse notre projet peu prendre les valeurs 100Km/h ou 80 ou 60

DONC on prend la valeur 80 Km /h

L. Conception Technique :

- Le tracé actuel, présente en générale des bonnes caractéristiques géométriques (repond aux normes du B40)
- L'état actuelle de la route existante est en bon etat sur la totalité du léniaire (voir les photos ci–en dessous)



Fig I-09 : L'état De La Route Actuelle

4/- Objectif de l'étude :

Notre objectif principal consiste à augmenter le niveau de service de la route existante par dédoublement (2x2voies) de part et d'autre avec un séparateur (TPC), et d'examiner les différentes possibilités d'aménagement en fonction des contraintes rencontrées.

Tout cela se traduit par :

- Permettra de desservir la zone ouest de la wilaya à l'autoroute est /ouest à travers l'échangeur autoroutier implanté à ELHAROUCH
- L'amélioration du niveau de service de la route.
- L'amélioration du système de drainage.
- Améliorer les conditions de circulations des usagers (sécurité et confort).
- Doter la chaussée d'une structure capable adéquate de supporter le trafic actuel et futur.
- Assurer une meilleure fluidité de la circulation sur ce tronçon où le trafic est en croissance permanente.
- Réduire le temps de parcours

5- Le dédoublement (la nouvelle route) :**A – Avant-Projet Sommaire :**

La phase **APS** ; c'est l'étape qui vient directement après la phase préliminaire dans le cas où cette dernière est prévue. Elle consiste à étudier plus profondément les variantes retenues dans l'étude antérieure ou bien quand celle-ci n'est pas prévue, de procéder à l'étude à partir de plan d'état majeure, de carte topographique et aussi géologique, permettant ainsi de mieux cerner les aléas, les contraintes et les avantages liés à la situation sociaux-géographique de chaque variante.

On devra faire une étude multicritère pour le choix de la variante à retenir, celle-ci sera basée sur un plan de comparaison selon l'ensemble des critères suivant :

- Les contraintes remarquées sur 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.

Dans cette phase (APS) on va étudier deux variantes afin de trouver la meilleure solution adaptée pour la réalisation de notre projet.

B-Présentation Des Variantes :

Dans cette phase, on va étudier deux variantes qui relient la daïra de SIDI MAZGHICH et la DAIRA de TAMALOUS afin de trouver la meilleure solution : la plus économique, et qui répond aux exigences de sécurité et de confort adaptée pour la réalisation de notre projet.

C- Localisation du fuseau retenu :

En fonction de la situation géographique de la zone d'étude et de l'ancienne ligne à dédoubler et les contraintes existantes sur le long du tracé, habitations-oueds-routes, les possibilités d'entrevoir des couloirs sont limitées.

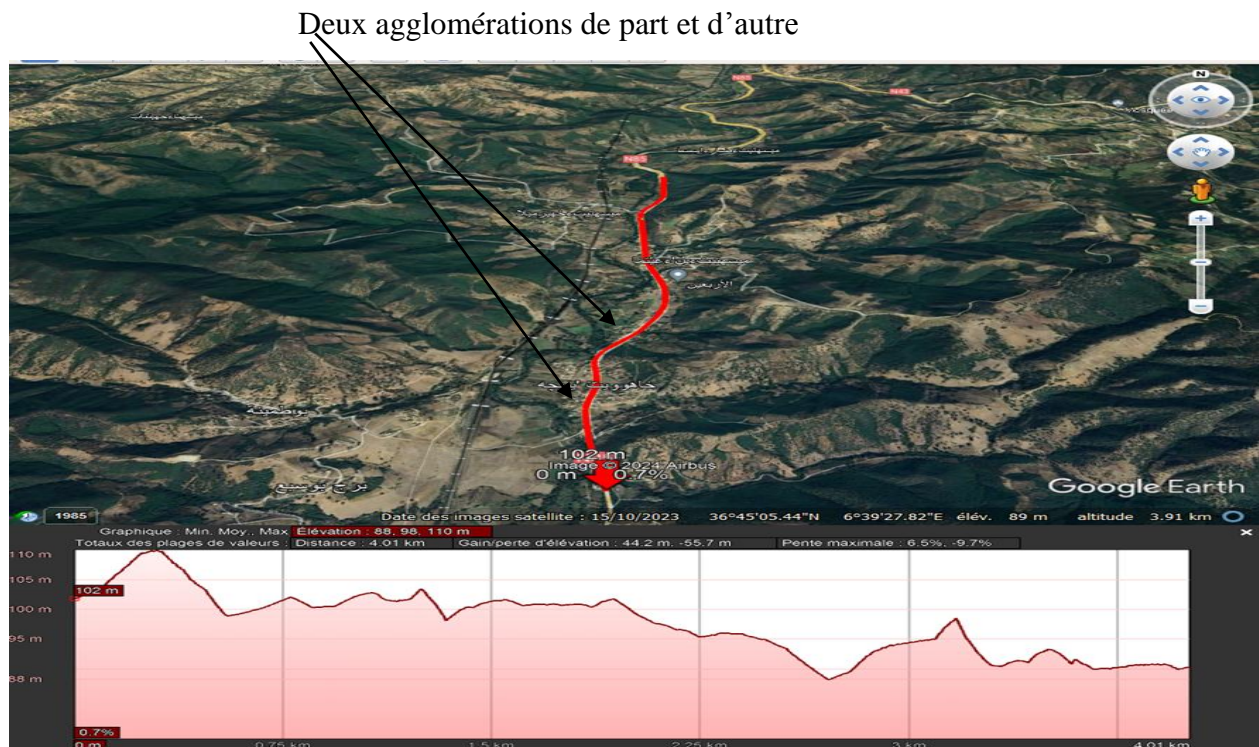


Fig. I.10 : Profil de dénivelé de La variante N°1 (Source : Google Earth)

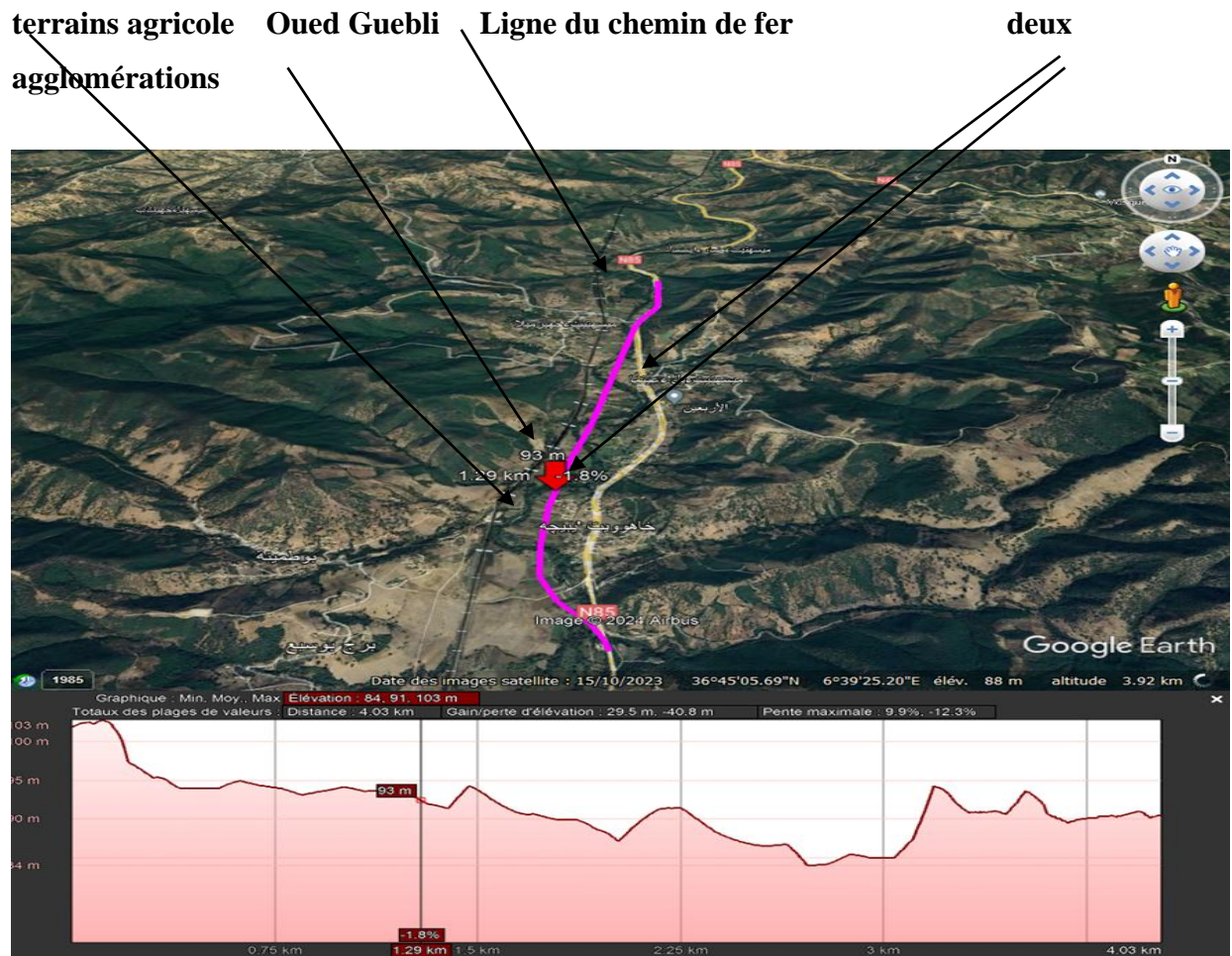


Fig. I.11 : Profil de dénivelé de La variante N°2 (Source : Google Earth)

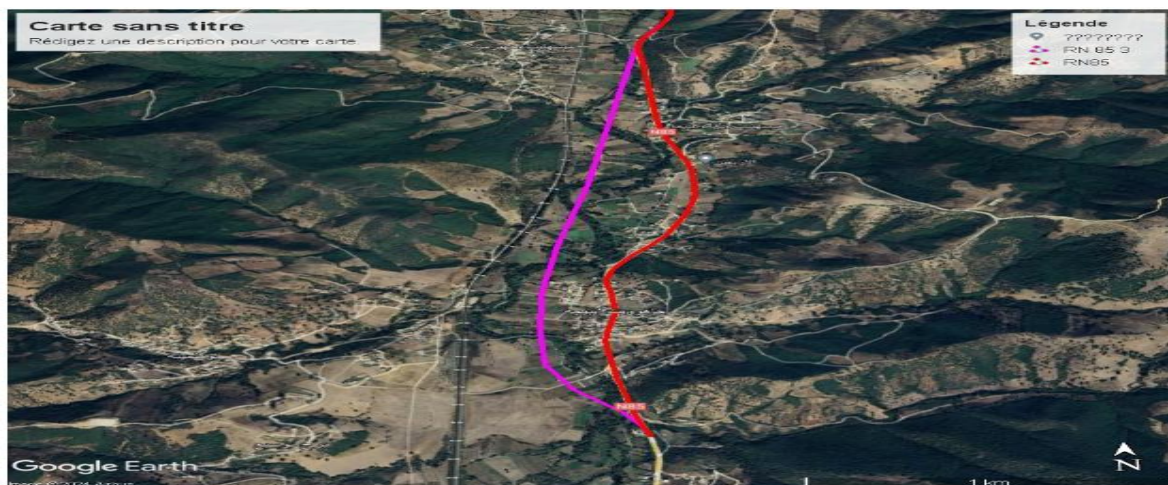


Fig. I.12 : le trace des deux variantes

D. Comparaison entre les deux variantes :

Caractéristiques	1 ^{ère} variante	2 ^{ème} variante	Observation
Longueur totale	Du pk 30+000 AU PK 34+000 L= 4.01kms	Du pk 30+000 AU PK 34+000 L= 4.03 kms	Les Deux variantes Même linéaire
Dénivelée	La pente maximale 9.7% Moins des déblais et remblais	La pente maximale 12.3% Plus déblais et remblais	La 1 ^{ère} variante moins des déblais et remblais que La 2 ^{ème} variante
Position / ancienne route	<u>-en dehors des agglomérations</u> Élargissement en parallèle de l'ancienne route Coté amont <u>-Au niveau d'agglomérations</u> Traversée des agglomérations (Élargissement de part et d'autre de l'ancienne route) <u>Remarque :</u> Couloire limitée dans Les agglomérations (ERRAB'INE - KAHWET AIBECHE) exige le maintien du tracé existant.	<u>-en dehors des agglomérations</u> Élargissement en parallèle de l'ancienne route Coté amont <u>-Au niveau d'agglomérations</u> Réalisation d'une déviation coté aval pour éviter les agglomérations <u>Remarque :</u> Couloire libre passe dehors les agglomérations	Le couloir de la 2 ^{ème} variante libre para port la 1 ^{ère} variante
Les contraintes	Présence des lignes électrique HT+ réseau AEP+ fibre optique <u>Remarque :</u> Déplacement les réseaux	Présence oued Guebli + la ligne du chemin de fer + terrain agricole privé <u>Remarque :</u>	La 1 ^{ère} variante moins des contraintes que la 2 ^{ème} variante

	existants)	-Traversée oued Guebli 6 fois (réalisation 6 ouvrages d'arts) -Expropriation des terrains agricole	
Côté esthétique	Moins	Plus	Le tracé de la 2 ^{eme} variante plus esthétique que la 1 ^{ere} variante

L'analyse comparative des **deux (02) variantes**, nous a permis d'opter pour **la variante N°1** qui présente les critères techniques et économiques les plus avantageuses

E .Principales Caractéristiques De La Variante Retenue :

La conception du projet à partir de la variante retenue est basée sur les concepts suivants :

1. suivre le tracé de l'ancien route dans la plupart de son itinéraire, donc moins d'expropriation des terrains privé.
2. Moins de franchissement des obstacles permanent donc moins d'ouvrages d'art (gain de temps et d'argent).
3. Impact minimum sur les grands paysages.
4. La sécurité et le confort des usagers puisqu'il présente des alignements droits plus long.

CHAPITRE II
CONCEPTION
GEOMETRIQUE

II.1. TRACE EN PLAN

1.1- 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.

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 est frottement de la surface assure par la couche de roulemen.

-Les exigences fondamentales d'une tracée idéal entre deux stations terminales sont les suivantes: • **Court.** • **Facile.** • **sécurisé.** • **Économique .**

1. 2- Les regles 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.

Les normes de conception géométriques de trace sont 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 suit, seront à fées centaines exigences qu'elles nous semblent pertinentes

- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants .
- Le raccordement du nouveau tracé au réseau routier existant .
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestieres .
- Eviter au maximum les propriétés privés
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économique .
- Eviter les sites sujets à des problemes géologiques (présence de failles ou des matériaux presentant des caractéristiques très médiocres).
- Toutes les courbes horizontales dont le rayon est inférieur à RHnd (rayon horizontale non déversé) devront être introduites avec des raccordements progressifs.
- Il faut toujours appliquer les rayons supérieurs au rayon minimal normal.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens et de rayon différent par un cercle unique.
- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total de tracé.

1. 3- les éléments du tracé en plan :

Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer 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

-Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

- Des alignements droits.
- Des arcs de cercle.
- Des courbes de raccordement progressives

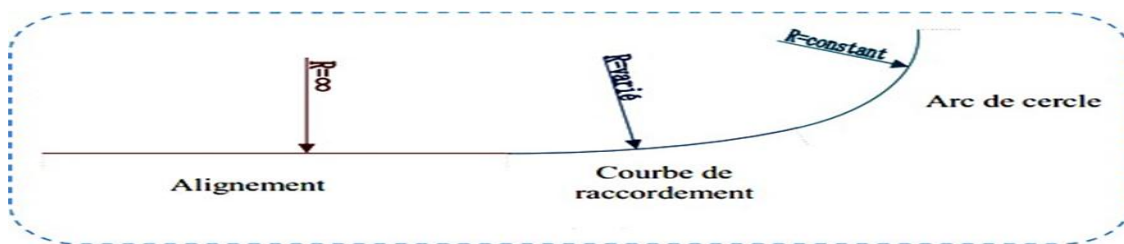


Figure II.1.1 : Les éléments du tracé en plan

a. Alignements :

Il existe une longueur minimale d'alignement L_{min} qui sépare 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.

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

$$L_{min} = T.VB / 3.6, T= 5 \text{ sec}$$

$$L_{max} = T.VB/3.6 ; T= 60 \text{ sec}$$

Nb : VB en km/h

b. Arc de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

- La stabilité, sous la sollicitation centrifuge des véhicules circulant à grandes vitesses.
- la visibilité en courbe.
- L'inscription de véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

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

c) Rayons en plan :

Un véhicule qui se déplace dans un virage est soumis à différentes forces, parmi lesquelles figurent son poids propre **P** et la force centrifuge **F_c**.

Si la composante de la résultante des deux forces **R'** passe en dehors du polygone des roues, le véhicule perd sa stabilité et se renverse.

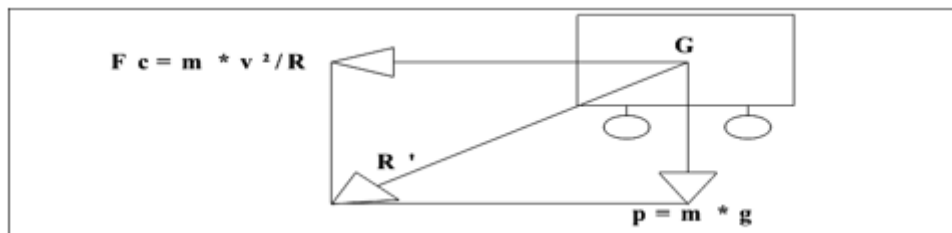


Figure II.1. 2:RayonEnPlan.

Avec:

-**F_c**:forcecentrifuge.

-**R'**:rayon de courbure (la résultante).

-**P**:poids du véhicule.

Il faut donc pour éviter de déstabiliser le véhicule ,rapprocher la résultante **R'** d'une position perpendiculaire à la surface de la route. Pour cela, il faut donner un surhaussement h du bord extérieur de la voie.

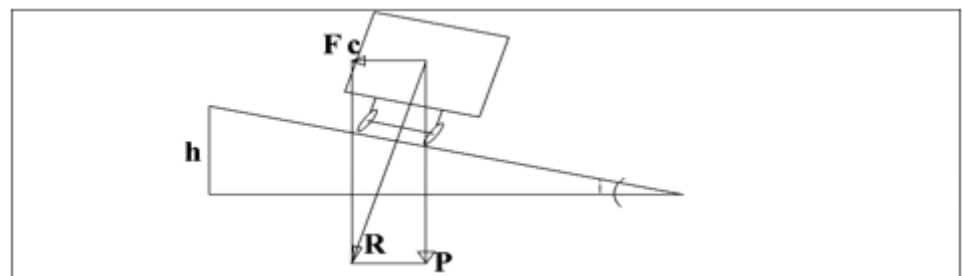


Figure II.1.3:Rayon En Plan (inclinaison i).

Ce taux de relèvement (inclinaison *i*) est appelé devers.La route ainsi inclinée transversalement est dite déversée ou en devers.Enfonction de la vitesse de référence,le rayon minimal à admettre est:

$$R \geq \frac{Vr^2}{g \times (ft + a_{max})}$$

-**V_r**:vitessederéférence(m/s).

-**g**:gravitation(m/s²).

-**ft**:coefficientsd'efrottement transversal.

-**dmax**:devers.

Remarque:

□ d (dévers) : Ne doit pas être trop grand (risque de glissement à faible vitesse par temps pluvieux ou verglas).

□ d : Ne doit pas être trop faible pour assurer un bon écoulement des eaux. Pour chaque vitesse **VB** on définit une série de couple (**R,d**).

L'équilibre des forces agissant sur le véhicule nous amène à la conclusion suivante :

C.1. rayon horizontal minimal absolu (rhmin) :

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal.

$$\mathbf{RHmin} = \frac{(V_B)^2}{127(ft + dmax)}$$

-Au rayon minimal absolu , l'accélération centrifuge est entièrement compensée par le devers dmax et la deformation maximal admisible de la suspension et des pneus du véhicule.

ft: coefficient de frottement transversal

C.2.Rayon minimal normal (RHN) :

Le rayon minimal normal à la vitesse de référence **Vr** est , par définition le rayon minimal absolu à la vitesse (**Vr+20**) il est proposé de lui associer

$$\mathbf{RHN} = \frac{(V_B + 20)^2}{127(ft + dmax - i)}$$

- Pour les categories 1,2, 3 et 4 un dévers égal à (dmax-2%)

- Pour la categorie 5 un dévers égal à (dmax-3%)

C.3.rayon au devers minimal (RHD) :

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel la chaussée est déversée vers l'intérieur du virage et telle que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse VB serait équivalente à celle subie par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

(devers : -dmin) dmin = 2.5% en catégorie pour cat (1.2.3.4).

• dmin = 3% en catégorie 5

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

C.4. Rayon minimal non deverse (RHnd) :

C'est le rayon non déversé telle que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée pour un véhicule parcourant à la vitesse Vr une courbe de devers égal à dmin vers l'extérieur reste inférieur à valeur limitée f''

$$RHnd = \frac{V_B^2}{127 \times 0.035} \text{ pour les catégorie 1 et 2}$$

$$RHnd = \frac{V_B^2}{127 \times 0.035} \text{ pour les catégories 3 et 4 et 5 Avec : } f = 0.07 \text{ cat3 et } f = 0.075 \text{ cat4-5}$$

C.5 .Les Regles Pour L'utilisation Des Rayon En Plan :

Pour une route à catégorie donnée :

*Il n'y a aucun rayon inférieur à **RHm** .On utilise autant que possible des rayons supérieurs à **RHN**.

* tous les rayons déversés < **RHnd** sont – munis de courbes de raccordement progressif les **rayons** > **RHnd** peuvent être munis de courbe de raccordement progressif .

* Les rayons compris entre **RHd** et **RHnd** sont deversés minimal dmin , mai des rayons supérieurs à **RHnd** peuvent être déversés s'il résulte aucune depece notable et notamment aucune pertubation sr le plan de drainage .

* les rayon compris entre **RHm** et **RHd** sont deversés avec un dévers interpolé linéairement en 1/R

Arondi à 0,5% pres -Entre **dmax** et **d (RHN)**

Si : **RHm < R < RHN**

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

-Entre **d (RHN)** et **dmin**

Si : **RHN < R < RHd**

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

* Les rayons supérieurs à **RHnd** peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucun perturbation sur le plan de drainag

* Un rayon **RHm** doit être encadré par des **RHnd**

* tout arc de tracé de **longueur > 400 m** présentant simultanément **RH > 1400 m** et **RV > 10000 m**

(**angle saillant**) et assimilé à un grand alignement aux extremité d'un tel arc les véhicule rapides peuvent atteindre **Vr+40 (Limitée à 120 km/h)**.

* Aux extrémités d'un grand alignement droit , on prévoira des arcs de rayons en moins égaux à **RHm (Vr+40)** sans dépasser **RHm (120)**

C.6 .Visibilité En Courbe:

Un virage d'une route peut être masqué du coté inférieur de la courbe par un talus de déblai, ou bien par une construction ou forêt. Pour être assuré une bonne visibilité au conducteur d'un véhicule, il va falloir reculer le talus ou enlever les obstacles sur une certaine largeur à déterminer.

Au lieu de cela, une autre solution si d'augmenter le rayon du virage jusqu'à la visibilité soit bonne, mais nous partons de l'idée que le tracer adopter qu'il est nécessaire de « déraser » l'intérieur du virage. En plan, la limite de ce dérasement sera donnée par la projection vertical de la courbe enveloppe des rayons visuel partons de l'œil du conducteur. Le niveau du dérasement tiendra compte du niveau admis de l'œil du conducteur. Ou du niveau des obstacles à percevoir « objet ou voiture » prendre une marge pour la végétation la largeur et de dérasement et comptée a partir de l'axe de la route, mais le calcul se fait au droit de la trajectoire des véhicule côté intérieure du virage.

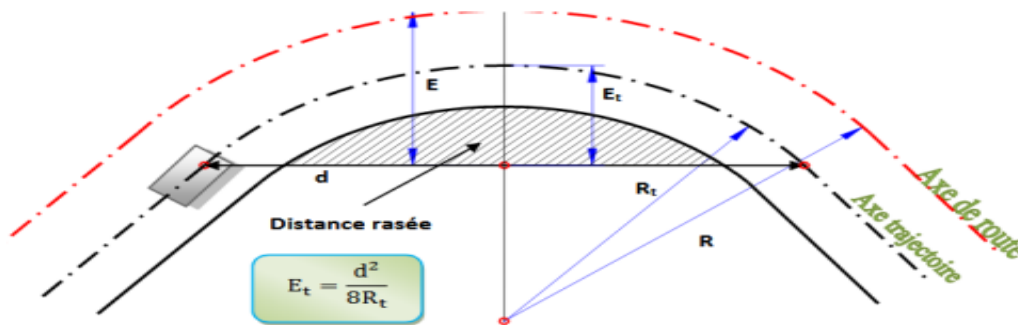


Figure II.1.4 : Zone de dérasement

Avec : d : longueur de visibilité = Md (chaussée bidirectionnel) et **Rt=R-2,50m**

d = d arrér = d1(chaussée unidirectionnel) et **E = Et+2.50**

C.7. Sur Largeur:

Le calcul de la surlargeur est nécessaire pour les véhicules longs afin de leur faire Éviter qu'une partie de leur carrosserie n'empiète sur la vois adjacente. On donne à la Voie parcourue par ce véhicule une surlargeur par rapport à ça largeur normal en alignement pour plus de sécurité et pour éviter uncontact avec véhicules venant en Sens inverse. Ce problème s'inscrit dans les virages à faibles rayons généralement inférieurà 200 m La sur largeur sera toujours reportée à l'intérieur de la courbe.

$$S=L^2 /2R$$

L:longueur du véhicule(valeur moyenne L=10m).

R:rayon del'axe de la route ≤200 m

D. Les Courbes De Raccordement :

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:

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désirée d'une variation continue de la courbure, nous avons retenu les trois courbes suivantes :

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

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

-Clothoïde : La Clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul. La courbure de la Clothoïde, est linéaire par rapport à la longueur de l'arc. Parcourue à vitesse constante, la Clothoïde maintient constante de la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

D.1. Le Role Des Courbe De Raccordement :

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.

1.4. Expression mathématiques de la clothoïde :

Courbure K linéairement proportionnellement à la longueur curviligne :

$$K = C.L, \quad K = 1/R \rightarrow L.R = 1/C \rightarrow 1/R = C.L$$

On pose : $1/C = A^2$ L'équation fondamentale : $L.R = A^2 \rightarrow A = \sqrt{LR}$

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

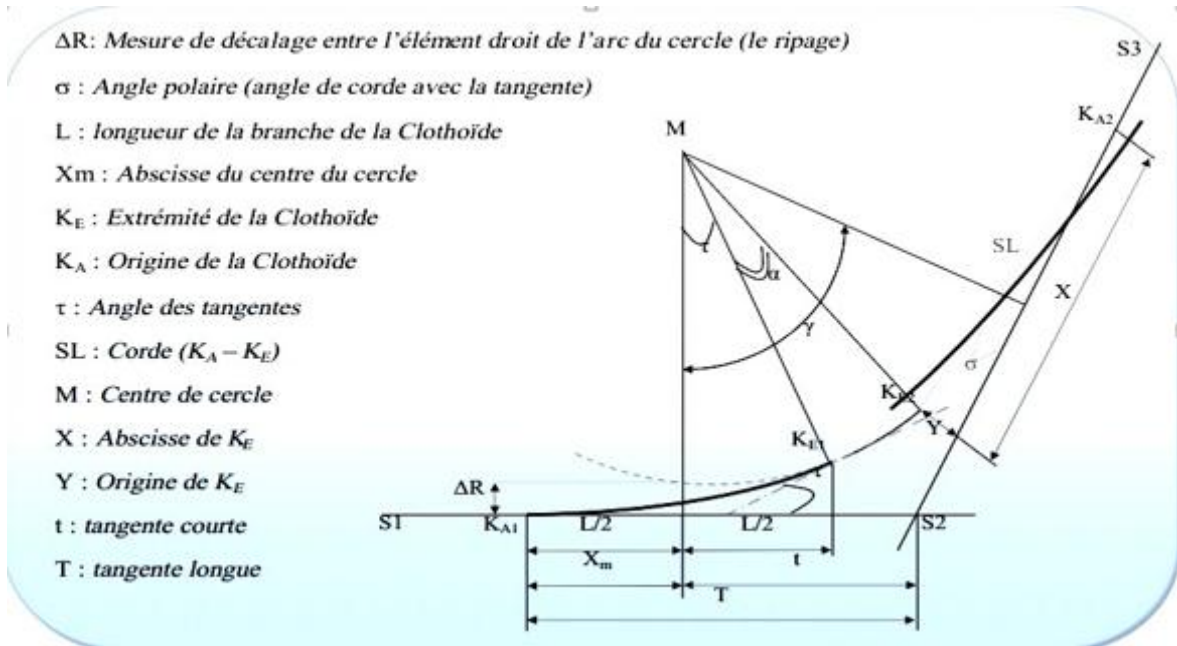


Figure II.1.4 : Eléments géométriques de la Clothoïde.

1.5. les conditions de raccordement :

La longueur de raccordement progressif doit être suffisante pour assurer la condition suivante:

a. Condition De Confort Optique :

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

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

$$\tau \geq 3^\circ \text{ soit } \tau \geq 1/18 \text{ rads}$$

$$\tau = L/2R > 1/18 \text{ rads ou } L > R/9 \text{ et } A > R/3$$

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

-pour $R > 5000\text{m}$, $\Delta R = 2.5 \text{ m}$, ce qui équivaut à la condition $A/R = 0.331$ pour $R = 5000\text{m}$

- Pour $2000\text{m} < R < 5000 \text{ m}$, $\Delta R = 1.75 \text{ à } 2.5 \text{ m}$, ce qui équivaut à la condition $0.331 < A/R < 0.381$

- pour $1000\text{m} < R < 2000$, $\Delta R = 1 \text{ à } 1.75\text{m}$, ce qui équivaut à la condition $0.381 < A/R < 0.394$

- pour $R < 1000 \text{ m}$, $\Delta R = 1 \text{ à } 0.5 \text{ m}$ ce qui équivaut à la condition $0.394 < A/R < 0.5$

- $A/R = 0.5$ est atteint lorsque les rayons sont inférieurs à 192m ($\Delta R = 0.5$)

B. Condition De Confort Dynamique :

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

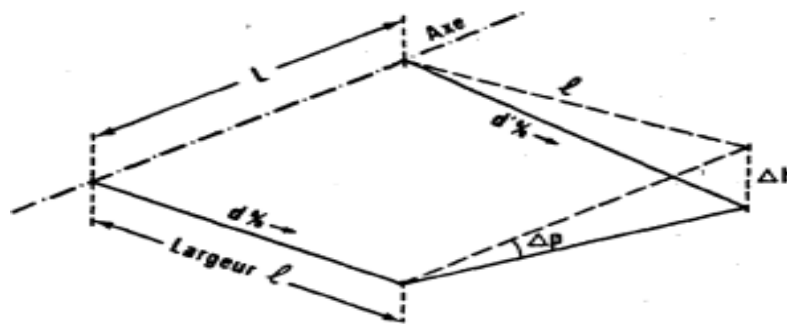
$$L \geq \frac{V_B}{18} \times \left(\frac{V_B^2}{127 \times R} - \Delta d \right)$$

***V_B**: vitesse de base (km/h).

***R** : le rayon en (m).

* **Δd** : variation de dévers. ($\Delta d = d \text{ final} - d \text{ initia}$) (%).

C .Condition De Gauchissement :



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 à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation des dévers A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversé et de son axe de tel sorte que $\Delta p = 0,5/VB$. La condition de gauchissement s'exprime par la relation

$$\Delta d \times l/100 \times L \leq 0,5/VB \text{ soit } L \geq l \times \Delta d \times VB/50$$

***L** :longueur de raccordement(m).

***l** : largeur de la chaussée (m).

* **Δd** : variation de dévers(%).

***VB**:Vitesse de référence (km/h)

1.6.Combinaison des éléments de tracé en plan :

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

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

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

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

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

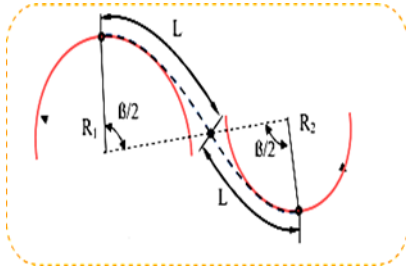


Figure II.1.5 : Courbe en s

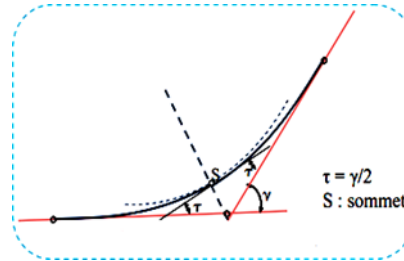


Figure II.1.6 : Courbe a sommet

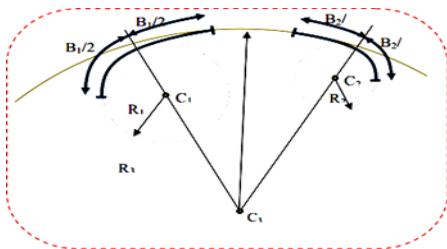


Figure II.1.7 : Courbe en c

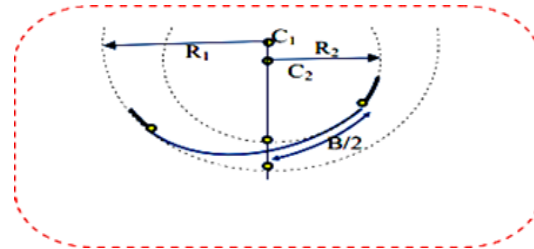


Figure II.1.8 : Courbe en ove

1.7-Calcul d'axe

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

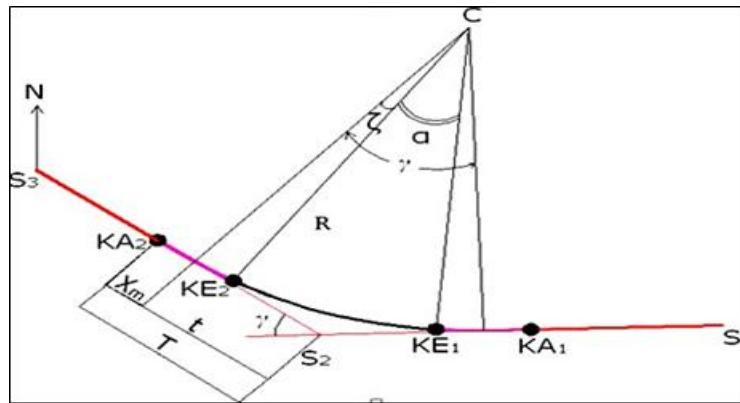


Figure II. 1.9: Calcul manuel de clothoïde.

II.2. Application au projet

-Calcul des rayons :

Pour notre projet qui est situé dans un environnement (E2), classé en catégorie (C1) avec vitesse de base 80Km/h à partir du règlement Algérien **B40** on peut déterminer le tableausuivant:

le cas du projet

CATEGORIE : 1

1 - Tracé en plan : Rayon et devers associés

VITESSE V_{VL} (km/h)	Symbole	Env. 1			Env. 2			Env. 3		
		120	100	80	100	80	60	80	60	40
- min. absolu	RH m (7%)	650	450	250	450	250	125	250	125	50
- min. normal	RHN (5%)	1.000	650	450	650	450	250	450	250	125
- à d. min	RHd (2.5%)	2.200	1.600	1.000	1.600	1.000	550	1.000	550	250
- non deversé	RH nd (-2.5%)	3.200	2.200	1.400	2.200	1.400	800	1.400	800	350

Les parametres fondamentanx

le cas du projet

Environnement	Facile E1			Moyen E2		
	120	100	80	100	80	60
Vitesse V_{vl}	40-	35	30	35	30	25
Vitesse V_{pl}						
2.1 Usager						
- temps de perception-réaction	1,8 s	1,8 s	2 s	1,8 s	2 s	2 s
- accélération verticale	g/40	g/40	-	g/40	-	-
2.2 Véhicule						
- coeff. frott.long.	0.33	0.36	0.39	0.36	0.39	0.42
- coeff. frott.trans	0.10	0.11	0.13	0.11	0.13	0.16
- accélération consciente m/s ²	0.5	0.5	0.6	0.5	0.6	0.7
- décélération consciente m/s ²	1.5	1.5	1.6	1.5	1.6	1.7
2.3 Dévers						
- maximum		7 ‰			7 ‰	
- minimum		2,5 ‰			2,5 ‰	

Les donnees du projet :Cat = 1 , E= 2 , Vr = 80 km/h. ; ft = 0.13dmax = 7%. ; dmin =2.5%. ; f''=0,06 pour Vr= 100 ft= 0.11

-Rayon horizontal minimal absolu (RHm) :

$$RHm = \frac{80^2}{127(0.13+0.07)} = 251.96m = 252 m$$

-Rayon minimal normal (RHN) :

$$RHN = \frac{(80 + 20)^2}{127(0.11 + 0.05)} = 492.125 m = 492 m$$

-Rayon au dévers minimal(RHd) :

$$RHd = \frac{80^2}{127 \times 2 \times 0.025} = 1007.87m = 1008 m$$

-Rayon minimal non déversé (RHnd) :

$$RHnd = \frac{80^2}{127 \times 0.035} = 1439.82m = 1440 m$$

Résumé

	Rayon minimal absolu Rhm(m)		Rayon minimal normal Rhn(m)		Rayon au dévers minimal Rhd(m)		Rayon minimal Déversé Rhnd(m)	
	Calculé	B40	Calculé	B40	Calculé	B40	Calculé	B40
V _r =80km/h	252	250	492	450	1008	1000	1440	1400

Tableau II.1: Valeurs des différents rayons calculés et ceux donnés par B40

2.1-Exemple De Calcul Manuel D'axe Du Trace En Plan :

Sommet	X(m)	Y(m)	R(m)	VB(Km/h)
S1(x,y)	290765.780	4068055.070	252	80
S2(x,y)	290646.440	4068518.680		
S3(x,y)	290745.130	406884.000		

2.3-Détermination la longueur de raccordement progressif L

a) Condition de confort optique :

R= 252 m < 1000 , on prendre ΔR=1

Donc : $L \geq \sqrt{(24 \times 252 \times 1)} = 77,67$ m on prendre **L=78 m**(1)

b) Condition de confort dynamique :

$$L \geq \frac{v_B^2}{18} \left(\frac{v_B^2}{127 \times R} - \Delta d \right), \Delta d = d - (-2.5\%)$$

$$d = d_{RHN} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHN} \right) \frac{dRHN - dRHd}{\frac{1}{RHN} - \frac{1}{RHd}}$$

$$d = 0.07 + \left(\frac{1}{252} - \frac{1}{250} \right) \frac{0.07 - 0.05}{\frac{1}{250} - \frac{1}{450}} \rightarrow 6.96\%$$

$$\Delta d = 6.96\% - (-2.5\%) \Rightarrow \Delta d = 9.46\%$$

$$L \geq \frac{80^2}{18} \left(\frac{80^2}{127 \times 252} - 0.0946 \right) = 37.12 \text{ m}$$

On prendre **L = 38m**.....(2)

C) Condition de gauchissement:

$$L \geq l \cdot \Delta d \cdot VR / 50$$

$$L \geq 7 \times 80 \times 9.46/50 = 105.95 \text{ m}$$

On prend $L = 106 \text{ m} \dots \dots \dots (3)$

$$L_r = \max (L_1, L_2, L_3) = 106$$

-Calcul du paramètre A :

$$A^2 = L \times R \quad \rightarrow \quad A = \sqrt{L \times R} = 163.44 \text{ m}$$

$$R/3 \leq A_{\min} \leq R$$

$$D'où : 84 \leq 163.44 \leq 252 \text{ CV}$$

-Calcul de ΔR :

$$\Delta R = L^2 / 24R = 106^2 / 24 \times 252 = 1.85$$

Remarque

Pour La combinaison des éléments de tracé en plan en utilise des courbes a sommet

-Calcul des gisements :

On prend $R = 252 \text{ m}$, $L = 138.585 \text{ m}$, $A = 186.878$ (PISTE)

$$|\Delta x_{12}| = |x_{S2} - x_S| = 290646.440 - 290765.780 = -119.340 \text{ m}$$

$$|\Delta y_{12}| = |y_{S2} - y_{S1}| = 4068055.070 - 4068055.070 = 463.610 \text{ m}$$

$$G_{S1}^{S2} = 400 - \text{Arctg} \frac{|-119.340|}{|463.610|} = 383.961 \text{ grad}$$

$$|\Delta x_{23}| = |x_{S3} - x_{S2}| = 290745.130 - 290646.440 = 98.690 \text{ m}$$

$$|\Delta y_{23}| = |y_{S3} - y_{S2}| = 406884.000 - 4068518.680 = 321.320 \text{ m}$$

$$G_{S2}^{S3} = 400 - \text{Arctg} \frac{|98.690|}{|321.320|} = 18.971 \text{ grad}$$

Calcul de l'angle τ :

$$\tau = \frac{L}{2 \cdot R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{138,585}{2 \times 252} \times \frac{200}{\pi} = 17,505 \text{ grad}$$

- Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = |G_{S1}^{S2} - G_{S2}^{S3}| = |383.961 - 18.971| = 364.99 \text{ grad} \rightarrow \gamma = 400 - 364,99 = 35.01 \text{ grad}$$

-Vérification de non chevauchement :

$$\tau \leq \frac{\gamma}{2}$$

$$\tau = 17.505 \text{ grad} \quad \gamma/2 = 35.01/2 = 17.505 \text{ grade} , D'où : \tau < \gamma/2 \Rightarrow \text{pas de chevauchement}$$

- Calcul des distances

$$\overline{S_2S_1} = \sqrt{(\Delta X^2 + \Delta Y^2)} = \sqrt{(-119,340)^2 + (463,610)^2} = \mathbf{478,724m}$$

$$\overline{S_3S_2} = \sqrt{\Delta X_1^2 + \Delta Y_1^2} = \sqrt{(98,690)^2 + (321,320)^2} = \mathbf{336,134 m}$$

-caractéristiques de la courbe de raccordement

$$Xm (centre) = \frac{A^2}{2.R} = \frac{L}{2} = \frac{(186,878)^2}{2 \times 252} = \frac{138.585}{2} = \mathbf{69,260 m}$$

$$Ym = R + \Delta R = 252 + 3,176, \quad \mathbf{Ym = 255,176m}$$

-Calcule l'abscisse du centre du cercle:**-Abscisse de XKE :**

$$XKE = L \left(1 - \frac{L}{40 \times R^2} \right) = 138.585 \left(1 - \frac{138.585}{40 \times (252)^2} \right) = \mathbf{137,537m}$$

-Origine de YKE

$$YKE = \frac{L^2}{6R} = \frac{138.585^2}{6 \times 252} = \mathbf{12,702m}$$

-Calcul de σ :

$$\sigma = \arctg \frac{Y}{X} = \arctg \frac{12,702}{137,537} = \mathbf{5,862grad}$$

-Calcul de l'arc:

$$XK_{E1}K_{E2} = \frac{[\pi \times R(\gamma - 2\tau)]}{200} = (\pi \times 252(35.01 - 2 \times 17.505))/200 = \mathbf{00 m}$$

$$\text{Donc : } XKE1 = XKE2 \quad \text{ET} \quad YKE2 = YKE1$$

K-Calcul de la tangente T:

$$T = Xm + (R + \Delta R) \operatorname{tg}(\gamma / 2) \quad T = 69,260 \text{ m} + (252 + 3,176) \operatorname{tg}(17.505) = \mathbf{-141.248 m}$$

-Calcul de la corde polaire à la clothoïde

$$S_L = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{((137,537)^2 + [12,702]^2)} = \mathbf{138,122 m}$$

-Calcul des coordonnées des points singuliers

$$K_{A1} \begin{cases} X_{KA1} = X_{S1} + (\overline{S_1 S_2} - T) \times \sin G_{S1}^{S2} \\ Y_{KA1} = Y_{S1} + (\overline{S_1 S_2} - T) \times \cos G_1^2 \end{cases}$$

$$K_{A1} \begin{cases} X_{KA1} = 290765,780 - (478,724 - 141,248) \times \sin(16,039\text{grad}) = \mathbf{290681,625\ m} \\ Y_{KA1} = 4068518,680 + (478,724 - 141,248) \times \cos(16,039\text{grad}) = \mathbf{4068381,892\ m} \end{cases}$$

$$K_{A2} \begin{cases} X_{KA2} = X_{S1} + (\overline{S_2 S_3} - T) \times \sin G_2 \\ Y_{KA2} = Y_{S1} + (\overline{S_2 S_3} - T) \times \cos G_2 \end{cases}$$

$$K_{A2} \begin{cases} X_{KA2} = 290745,130 - (336,134 - 141,248) \times \sin(18,971\text{grad}) = \mathbf{290687,91\ m} \\ Y_{KA2} = 4068840,00 + (478,724 - 141,248) \times \cos(18,971\text{grad}) = \mathbf{4068653,703\ m} \end{cases}$$

$$K_{E1} \begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} + S_L \times \sin(400 - G_{S1}^{S2} - \sigma) \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} + S_L \times \cos(400 - G_{S1}^{S2} - \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E1} \begin{cases} X_{KE1} = 290681,625 + 138,122 \times \sin(400 - 383,961 - 5,862) = \mathbf{290659,54\ m} \\ Y_{KE1} = 4068382,030 + 138,122 \times \cos(400 - 383,961 - 5,862) = \mathbf{4068518,237\ m} \end{cases}$$

Le tableau ci-dessous présente les valeurs des coordonnées des points singuliers calculés donc on trouve presque les mêmes résultats trouvés par le logiciel **PISTE5.05**

Coordonnés (m)	KA1	KA2	Ke1	Ke2
X	290681.625	290687.91	290659.54	290659.54
Y	4068381.892	4068653.703	4068518.237	4068518.237

Tableau II.2: les valeurs des coordonnées des points singuliers

Les résultats de calcul (logiciel piste) sont jointes en annexe

II.2. PROFIL EN LONG

II.1- Introduction :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développée et représentée sur un plan à une certaine échelle. Ou bien c'est une élévation verticale dans le sens de

L'axe de la route de l'ensemble des points constituant celui-ci

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 d'éprouver l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers

II. 2- Les règles à respecter dans le tracé de profil en long:

Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par le règlement en vigueur:

- Eviter les angles entrants 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 vers nuls dans une pente du profil en long.

- Rechercher un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des Déblais dans la partie de tracé neuve.

- Eviter une hauteur excessive en remblai.

- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long,

la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines Règles notamment :

- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison des cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.

- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.

- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

- Limiter la déclivité pour une catégorie donnée ($i \leq i_{max}$).

II. 3- les éléments géométriques du profil en long :

Le profil en long est constitué d'une succession de **segments de droites** (**rampes** avec signe+ et **pent**es avec signe-) dans le sens du kilométrage Raccordés par des **arcs de cercle** (**tangentes aux droites** , **constituant les raccordements verticaux** (**convexe et concaves**)) , pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

- L'altitude du terrain naturel.

- L'altitude du projet.
- La déclivité du projet, etc

II.4 Coordination du tracé en plan et profil en long :

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

- D'avoir une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.
- De prévoir de loin l'évolution du tracé.
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs, etc.).

pour éviter les défauts résultats d'une mauvaise coordination tracé en plan et profil en long, les règles suivantes sont à suivre :

- D'augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan si le profil en long est convexe
- D'amorcer la courbe en plan avant un point haut, Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe.
- De faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à 6 fois au moins le rayon en plan

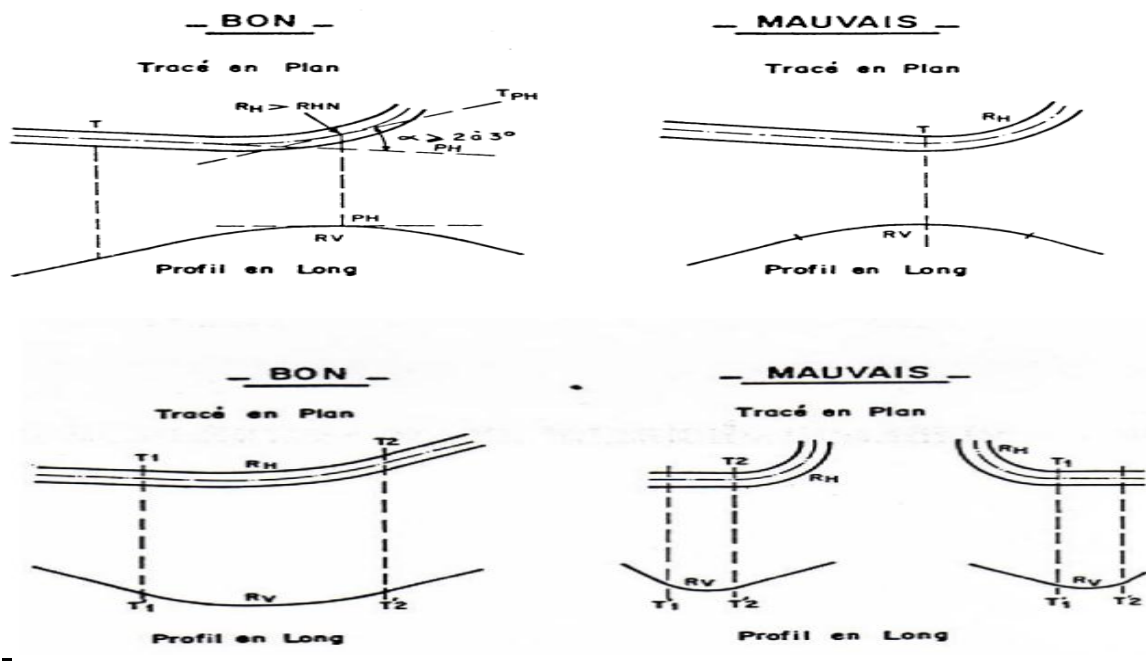


Fig II.2.1 : Coordination Tracé En Plan-Profil en long

II.5. Declivites :

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). On appelle **déclivité** d'une route la tangente de l'angle qui fait le profil en long avec l'horizontale. Elle prend le nom de **pente pour les descentes** et **rampe pour les montées**.

a) Déclivité minimum :

Dans les zones où le terrain est plat, la pente d'une route ne doit être au-dessus de 0,5% et de préférences 1% si possible afin d'assurer un écoulement aussi rapide des eaux pluviales sur le long de la route au bord de la chaussée.

b) Déclivité maximum :

Elle résultent de la combinaison des facteurs suivants :

- Condition d'adhérence la plus défavorable .
- Vitesse minimum de PL(en ce qui concerne le comportement des PL les rampes à choisir doivent permettre aux PL de circuler à la vitesse minimum suivante :
- Sur toutes les routes ordinaires : $V_{min} = VB / 3$
- exceptionnellement sur autoroutes à deux voies : $V_{min} = VB / 2$
- Condition économique (coût des transports, coût de construction)

1 - Tracé en plan : Rayon et devers associés

VITESSE V_{VL} (km/h)	Symbole	Env. 1			Env. 2			Env. 3		
		120	100	80	100	80	60	80	60	40
- min. absolu	RH m (7%)	650	450	250	450	250	125	250	125	50
- min. normal	RHN (5%)	1.000	650	450	650	450	250	450	250	125
- à d. min	RHd (2.5%)	2.200	1.600	1.000	1.600	1.000	550	1.000	550	250
- non deversé	RH nd (-2.5%)	3.200	2.200	1.400	2.200	1.400	800	1.400	800	350

2 - Profil en long : Raccordements paraboliques

Angle saillant - unidirectionnel										
. min. absolu	RVm1	12.000	6.000	2.500	6.000	2.500	1.000	2.500	1.000	300
. min. normal	RVN1	18.000	12.000	6.000	12.000	6.000	2.500	6.000	2.500	1.000
- bidirectionnel										
. min. absolu	RVm2	20.000	10.000	4.500	10.000	4.500	1.500	4.500	1.500	500
. min. normal	RVN2	20.000	20.000	10.000	20.000	10.000	4.500	10.000	4.500	1.500
Angle rentrant										
. min. absolu	R'Vm	4.200	3.000	2.400	3.000	2.400	1.200	2.400	1.200	500
. min. normal	R'VN	6.000	4.200	3.000	4.200	3.000	2.400	3.000	2.400	1.200
R assurant d_m	RVD	30.000	20.000	11.000	20.000	11.000	6.000	11.000	6.000	2.500

Déclivité maxi	p maxi	4 %			5 %			6 %		
Couple relatif à V_{PL}		40	35	30	35	30	25	30	25	20

Tableau II.2.1 :valeurs de déclivité maximale (B40)

Pour notre cas : C1 ; E2 de $V_r = 80$ km/h donc la pente maximale $I_{max} = 5 \%$

II.6 .Voie supplementaire pour vehicule lent :

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

a) 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

b) En pente :

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

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

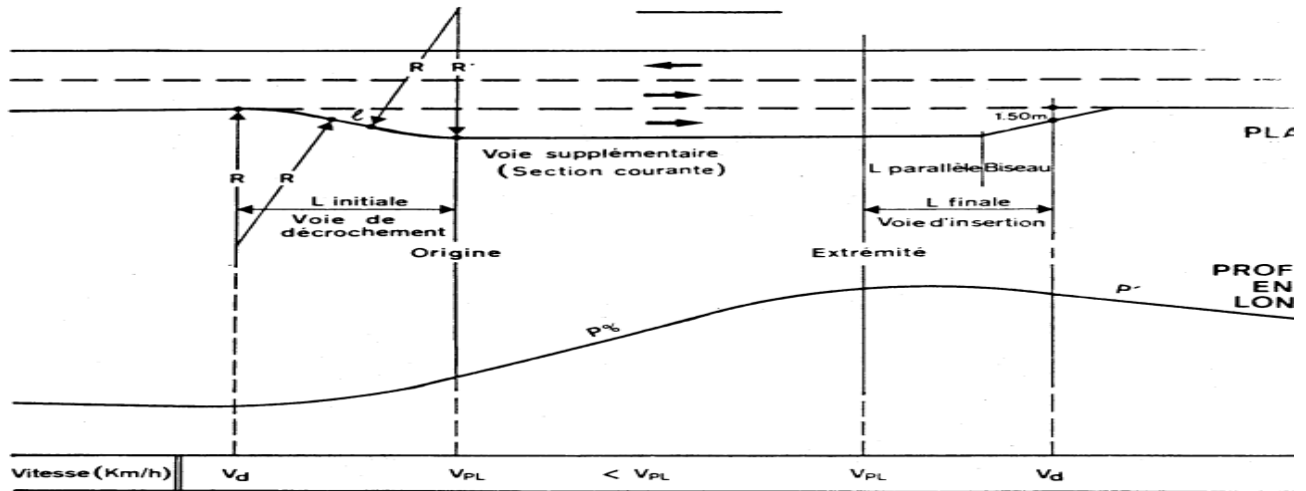


Fig.2.2 : Chema De Principe (Voie Supplémentaire Pour Vehicules Lent)

II.7.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 visibilités et de confort, On distingue deux types raccordements

- Les raccordements en angle saillant (convexes).
- Les raccordements en angles rentrants (concaves)

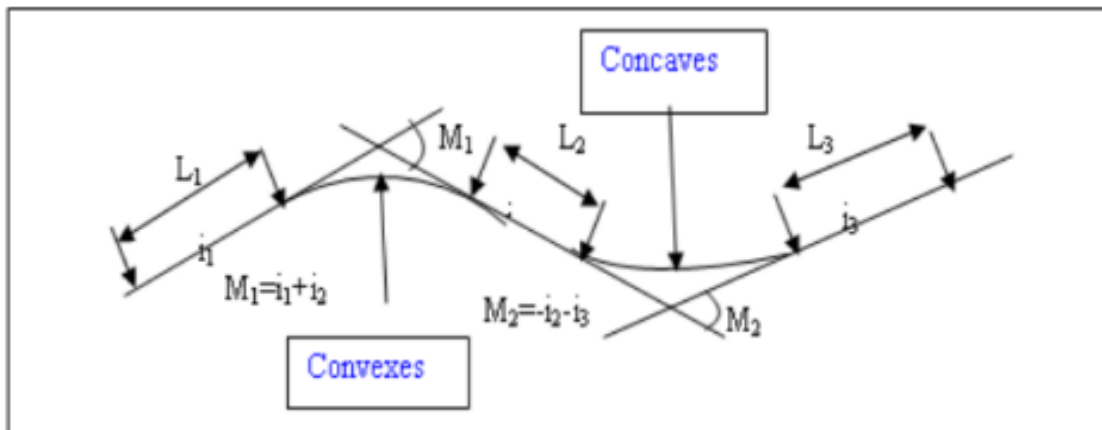


Fig II.2.1 : Types De Raccordement

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 et des obstacles d'une part, des distances d'arrêt et de visibilité d'autre part.

pour notre cas: chaussées unidirectionnelles les valeurs retenus pour le rayon minimal absolu assure pour un œil placé à 1.1 m de hauteur la visibilité derriere l'angle saillant de l'abstacle éventuel de 0.15 m (catég 1et 2) ou 0.20 m (categ 3.4 et 5) à la distance d'arret $d1(vr)$

Les valeur adoptées sont données par la relation suivante

$$RVm1 = a d1^2 (vr)$$

-Pour categ 1 et 2 **a=0.24**

-Pour categ 3.4 et 5 **a=0.22**

Avec : d1=selon B40

Catégories 1 et 2 (E1 et E2)

$$V \leq 80 \text{ km/h} \quad d_1 \text{ (m)} = d_0 \text{ (m)} + \frac{2V}{3,6} \text{ km/h} = d_0 \text{ (m)} + 0,56 V_{\text{km/h}}$$

$$V > 80 \text{ km/h} \quad d_1 \text{ (m)} = d_0 \text{ (m)} + \frac{1,8V}{3,6} \text{ km/h} = d_0 \text{ (m)} + 0,50 V_{\text{km/h}}$$

Avec : d0 la distance de freinage

$$d_0 \text{ (m)} = \frac{4}{1000} \frac{V^2}{f_L \pm \frac{i}{100}}$$

=====

V : Vitesse en km/h

i : rampe en %

f_L : coefficient de frottement longitudinal

CATEGORIES	DISTANCES	V				
		40	60	80	100	120
1-2	Coefficient f _L (V)	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33
	- de freinage d ₀ (m)	14	34	65	111	175
	- d'arrêt d ₁ (m)	36*	67*	109*	161	235
3-4-5	Coefficient f _L (V)	0.49	0.46	0.43	0.40	0.36
	- de freinage d ₀ (m)	13	31	59	100	160
	- d'arrêt d ₁ (m)	35	64	99	150	220

Tableau II.2.2 : Des valeur des d1 (B40).

Rayon RV	V_{vl}					
	Symbole	120	100	80	60	40
CATEGORIES 1 - 2						
<u>unidirectionnel</u>						
. min. absolu	RV m 1	12.000	6.000	2.500	1.000	300
. min. absolu	RV N 1	18.000	12.000	6.000	2.500	1.000
<u>bidirectionnel</u>						
. min. absolu	RV m 2	(20.000)	10.000	4.500	1.500	500
. min. normal	RV N 2	(20.000)	20.000	10.000	4.500	1.500
. dépassement	RV D	(30.000)	20.000	11.000	6.000	2.500
CATEGORIES 3 - 4 - 5						
<u>unidirectionnel</u>						
. min. absolu	RV m 1	10.000	4.500	2.000	800	250
. min. normal	RV N 1	15.000	10.000	4.500	2.000	800
<u>bidirectionnel</u>						
. min. absolu	RV m 2	16.000	8.000	3.500	1.300	450
. min. normal	RV N 2	16.000	16.000	8.000	3.500	1.300
. dépassement	RV D	27.000	16.000	9.000	5.000	2.300

Tableau II.2. 3 : Des rayons en angle saillant (B40)

	V (km/h)	40	60	80	100	120
	TOUTES CATEGORIES	Distance de visibilité de dépassement				
. minimale d_m (m)		150	250	325	425	550
. normale d_N (m)		250	350	500	625	800
	Distance de visibilité de manoeuvre de dépassement d_{Md} (m)	70	120	200	300	425

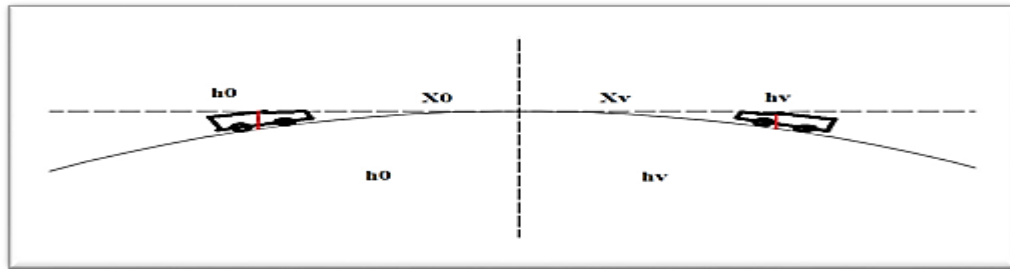


Fig II.2.4 : Visibilité nécessaire en rampe

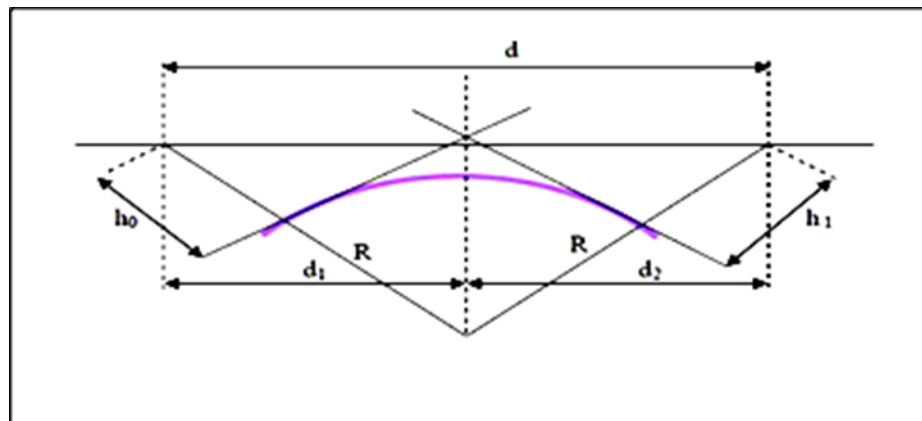


Fig II.2.4 : Rayon vertical.

b-Raccordement 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.

$$R'V = \frac{d_0^2}{(1.5 + 0.035 \times d_0)}$$

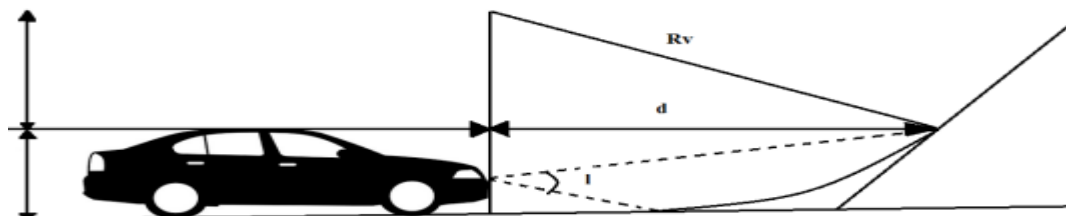


Fig II.2.5: Visibilité nécessaire en pent

II.8.Determination pratique du profil en long

Dans les études des projets, on assimile l'équation du cercle: $X^2 + Y^2 - 2RY = 0$

À l'équation de parabole (en négligeant le terme Y^2): $X^2 - 2RY = 0$. $2R = x^2/Y$

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

- Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) les points A, D.
- Donnée la pente P1 de la droite (AS).
- Donnée la pente P2 de la droite (DS).
- Donnée la pente R

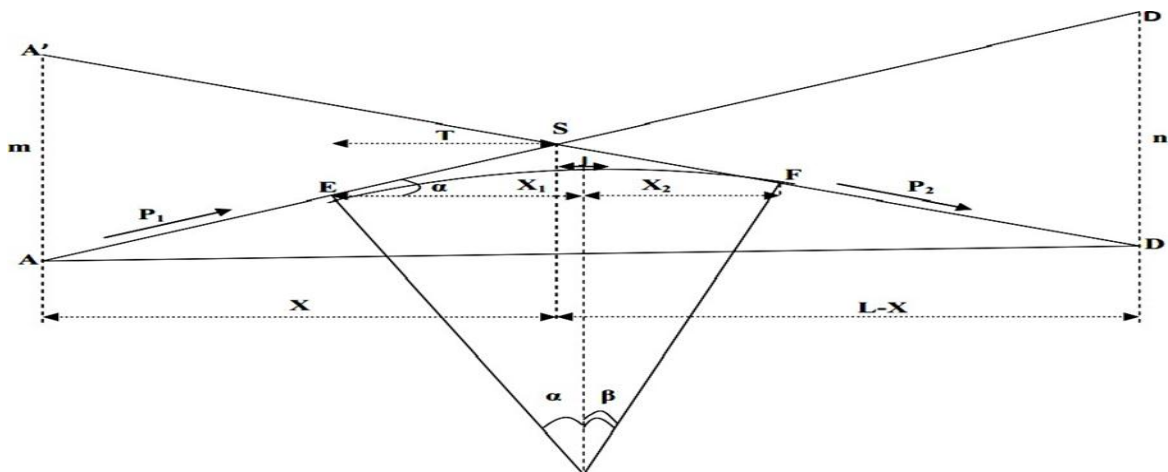


Fig II.2.6: Raccordement de deux alignement par une parabole

-Détermination de la position du point de rencontre (s)

$ZA' = ZD + Lp2$, $m = ZA' - ZA$

$ZD' = ZA + Lp1$, $n = ZD' - ZD$

Les deux triangles SAA' et SDD' sont semblables donc: $m/n = x / (L-x)$:

$$x = m.L / (n+m)$$

$$S = \begin{cases} XS = X + XA \\ ZS = XP1 + ZA \end{cases}$$

- Calcul de la tangente T

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

Note:

- On prend (+) lors que les deux pentes sont de sens contraires,
- On prend (-) lorsque les deux pentes sont de même sens.
- La tangente (T) permet de positionner les pentes de tangentes B et C.

$$\mathbf{B} = \begin{cases} X_B = X_S - T \\ Z_B = Z_S - T p_1 \end{cases} \quad \mathbf{C} = \begin{cases} X_c = X_S + T \\ Z_c = Z_S + T p_2 \end{cases}$$

-Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$LR = 2T$$

-Calcul de la flèche :

$$H = T^2 / 2R$$

-Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant M sur la courbe

$$\begin{cases} H_X = x^2 / 2R \\ Z_M = Z_B + X p_1 - X^2 / 2R \end{cases}$$

-Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (T) :

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

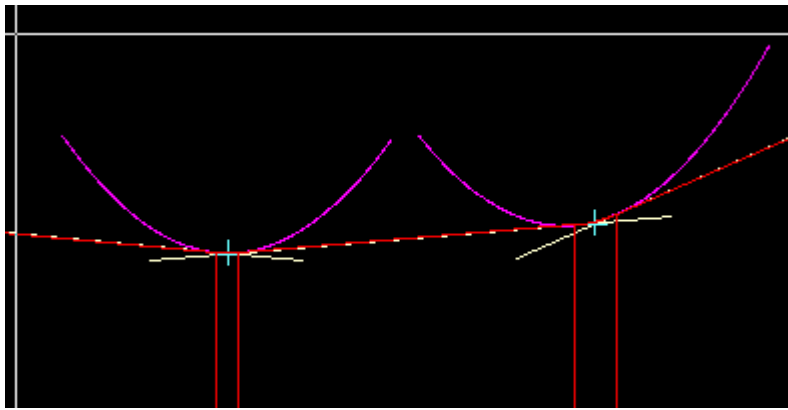
$$\mathbf{J} = \begin{cases} X_J = X_B - R \cdot p_1 \\ Z_J = Z_B + X_1 \cdot p_1 - X_1^2 / 2R \end{cases}$$

$$\text{Avec : } X_1 = R p_1 \quad ; \quad X_2 = R p_2$$

Dans le cas des pentes de même sens le point J est en dehors de la ligne de projet et ne présente aucun intérêt par contre dans le cas des pentes de sens contraire, la connaissance du point (J) est intéressante en particulier pour l'assainissement en zone de déblai, le partage des eaux de ruissellement se fait à partir du point J, c'est à dire les pentes des fossés descendants dans les sens J(A) et J(D)

2-8. Application au projet

-Pour notre projet on utilise uniquement un raccordement concave (angle rentrant) pour un rayon de $R = 3500\text{m}$



Pts	Cotes Z(m)	Abscisse X(m)	Rayon (m)
A	103.212	00.00	3500
S	93.04	1075.190	
D	101.950	2171.360	

$$P1 = \frac{ZS - ZA}{XS - XA} p1 = -0.964\%$$

$$P2 = \frac{ZD - Zs}{XD - XS} p2 = 0.813 \%$$

- Calcul des tangentes :

$$T = \frac{R}{2} |P1 - P2| = 30.78m$$

C-Calcul de la flèche (bissectrice):

$$H = \frac{T^2}{2R} = \frac{(30.78m)^2}{2 \times (3500)} = 0.13\%$$

D-Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$B = \begin{cases} XB = XS - T & XB = 1075.190 - (30.78) = 1044.41m \\ ZB = ZS - (XS - T) |P1| & ZB = 103.212 - (1044.41 - (-0.00964)) = 93.33m \end{cases}$$

$$C = \begin{cases} XC = XS + T & Xc = 075.190 + 38.78 = 1105.971m \\ ZC = ZS + T |P2| & Zc = 93.33 + (30.78 \times (-0.00964)) = 93.20 m \end{cases}$$

E-Calcul de la longueur de raccordement :

$$L=2 \times T \quad \Rightarrow L=2 \times 30.78 = 61.56 \text{ m}$$

F-Calcul des coordonnées du point J:

$$PK_{J/A} = R \times P1 = 3500 \times (-0.00964) = -33.74 \text{ m}$$

$$Z_{J/A} = PK_{J/A} \times P1 - \frac{(PK_{J/A})^2}{2 \times R} = -33.74 \times (-0.00964) - \frac{(-33.74)^2}{2 \times 6000} = -0.16 \text{ m}$$

$$J = \begin{cases} X_j = X_B - R \times P1 \Rightarrow X_j = 1044.41 + (3500 \times 0.00964) = 1078.15 \text{ m} \\ Z_j = Z_B + Z_{J/A} \Rightarrow Z_j = 93.33 - 0.16 = 93.17 \text{ m} \end{cases}$$

Les calculs sont faits à l'aide du logiciel PISTE; et sont joints dans l'annexe

II.3. PROFIL EN TRAVERS

1.Introduction :

Le profil en travers d'une chaussée c'est la coupe perpendiculaire à l'axe de la route sur un plan vertical, la largeur de cette chaussée est en fonction de l'importance et de l'hétérogénéité du tracé à écouler.

On comprend par le débit admissible le trafic prévisible à l'année de saturation, autrement dit : la capacité théorique calculée par un horizon voulu qui tient compte de l'évolution du trafic.

La plateforme des routes comprend : Les chaussées, les accotements latéraux est éventuellement un terre-plein central. Le profil en travers doit être tel qu'il puisse assurer à tout moment l'écoulement du trafic actuel et prévisible dans de bonnes conditions de sécurité et de confort, et ainsi l'évacuation rapide des eaux de pluie.

2.Types de Profil en Travers :

Il existe deux types de profil en travers qui sont :

a -Profil en Travers Type :

Est une représentation graphique, contenant et détaillant d'une manière précise tous les éléments constituant la route notamment les dimensions de la route, ses dépendances la structure de chaussée, sa composante ainsi que les épaisseurs.

b.-Profil en Travers Courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à distance de chaque 20m. Il indique cote terrain naturel (TN), cote de projet, devers de la chaussée. Selon le terrain naturel il existe trois types de profil en travers : les profils en déblais, profils en remblais, et aussi les profils mixtes.

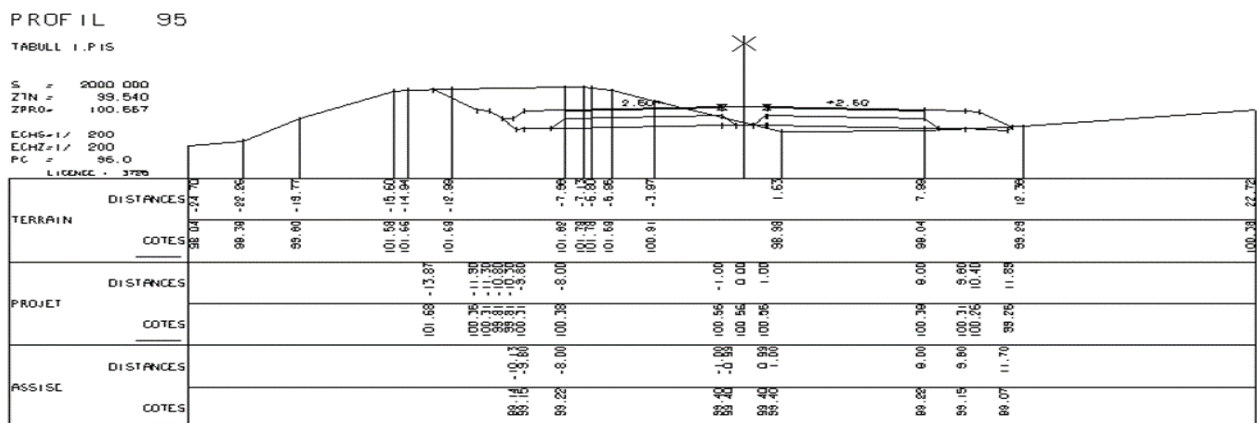


Fig II.1 : profil en mixte

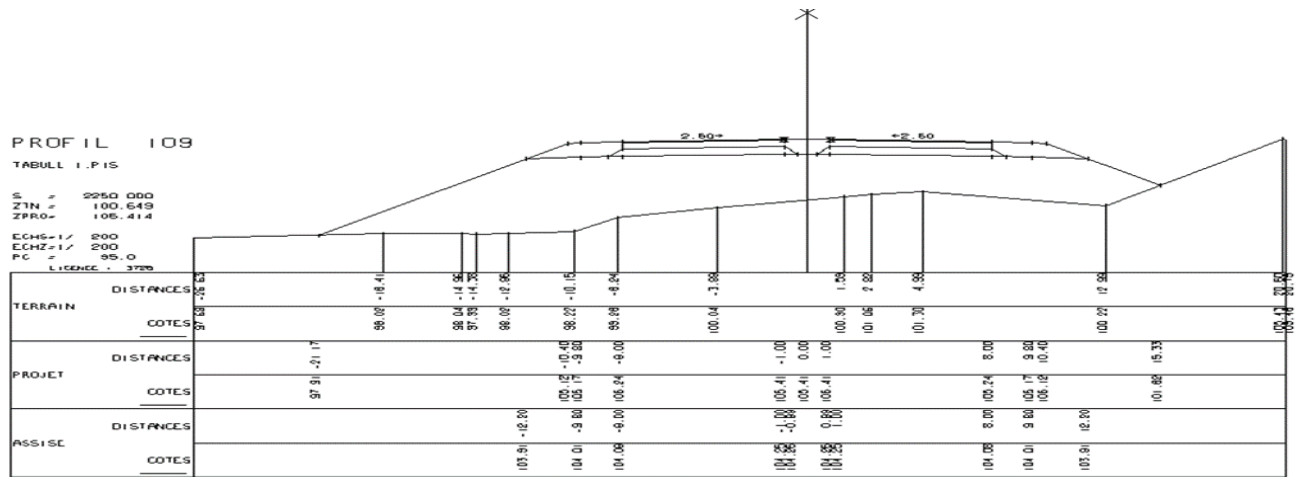


Fig II.2 : profil en remblai

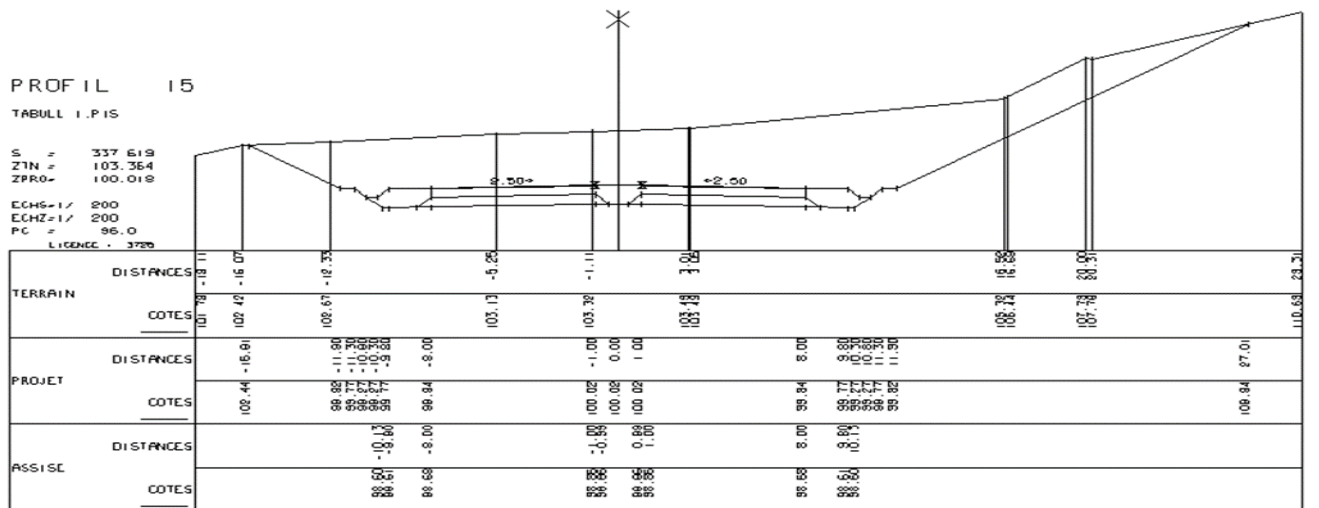


Fig II. 3 : profil en déblai

3.les elements du profil en travers :

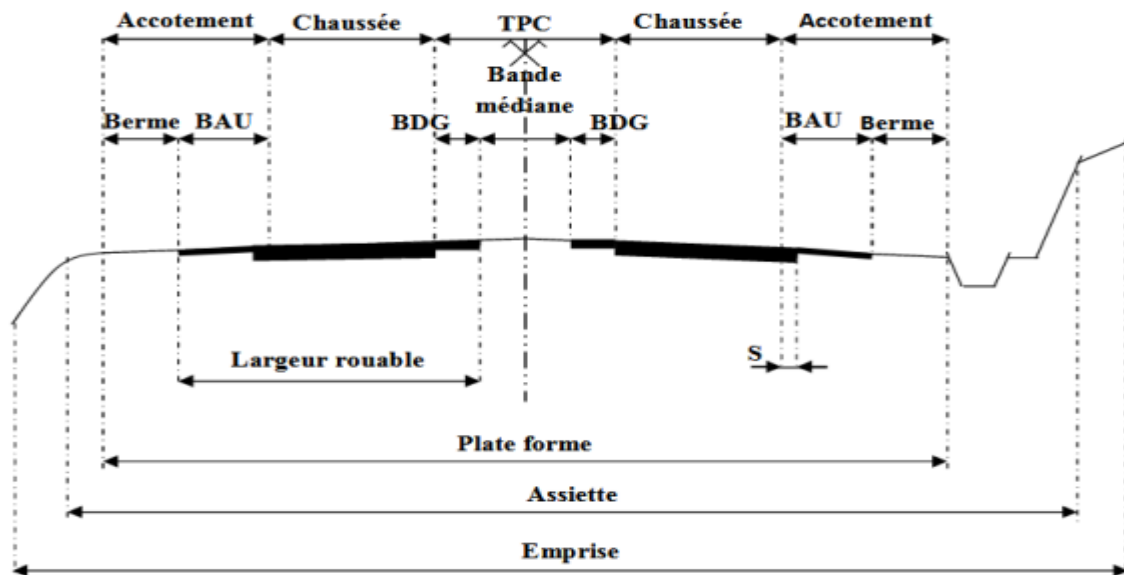


Fig II. 3 :Eléments Constitutifs du Profil en Travers

Le profil en travers doit être constitué par les éléments suivants :

- a) **-LA CHAUSSEE** : Au sens géométrique du terme c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules. Elle doit être revêtue ou non revêtue ou en béton et elle peut être bidirectionnel ou unidirectionnel.
 - b) **-LA LARGEUR ROULABLE** : Elle comprend les sur largeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt. Sur largeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.
 - c) **-LA PLATEFORME** : C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes de talus de Remblais, comprenant la ou les deux chaussées et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêts.
 - d) **-ASSIETTE** : Surface de terrain réellement occupé par la route, ses limites sont les pieds de Talus en remblai et crête de talus en déblai.
 - e) **-L'EMPRISE** : C'est la surface du terrain naturel appartenant à la collectivité et affectée à la Route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc....), elle Coïncidant généralement avec le domaine public.
 - f) **-ACCOTEMENTS** : Comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) bordée à l'extérieure d'une berme.
- **La Bande d'Arrêt d'Urgence (B.A.U)** : Elle facilite l'arrêt d'urgence or chaussé 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 (barrières de sécurité, signalisations.). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.

j) -LE TERRE-PLEIN CENTRAL (T.P.C) : Il assure la séparation matérielle des deux sens de circulation, sa largeur est de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.

□ **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 tout obstacle, revêtue et se raccorde à la chaussée.

□ **Bande Médiane** : Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, et à implanter certains équipements (barrière, support de signalisation, etc...), sa largeur dépend, pour le minimum des éléments qui sont implantés.

h) - FOSSE : C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement Provenant de la route, les talus et les eaux de pluie.

□ Le Talus : C'est l'inclinaison de terrain qui dépend de la cohésion des sols qui le constitue. Cette inclinaison exprimée par une fraction (A/B) telle que :

A : la distance sur la base du talus.

B : la hauteur du talus En terre de moyenne cohésion, l'inclinaison de talus est de (3/2) pour les remblais et (1/1) pour les déblai

Profil en travers de notre projet :

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour notre route (2×2voies) de la **RN85** d'après le **B40** sera constituée de :

□ Deux chaussées de deux voies de 7m chacune : $(2 \times 3.50) \times 2 = \mathbf{14.00m}$

□ Un accotement de 1.80 m à chaque côté droit de la chaussée : $(1.80 \times 2) = \mathbf{3.60 m}$

□ Terrain Plain Central (TPC) = **2.00m**

La largeur de la plate-forme de dédoublement de RN 28 (2 x 2voies) est de = **19.60m**

II.4. CUBATURES

1.Introduction :

Les mouvements des terres désignent tous les travaux de terrassement, et ils ont pour objectif primordial de modifier la forme du terrain naturel pour qu'il soit disponible à recevoir des ouvrages en terme général.

Ces actions sont nécessaires et fréquemment constatées sur les profils en longs et les profils en travers.

La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions, la première s'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième s'agit d'enlever des terres (déblai).

Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle (les cubatures des terrassements

2.Definition :

On définit les cubatures par le nombre des cubes de déblais et remblais que comporte le projet à fin d'obtenir une surface uniforme sensiblement rapprocher et sous adjacente à la ligne rouge de notre projet.

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

3 .Méthode de calcul des cubatures

es cubatures représentent les calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet. Les cubatures sont fastidieuses, mais

Il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifient le calcul.

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

On utilise la méthode SARRAUS, c'est une méthode simple qui se résume dans le calcul des

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

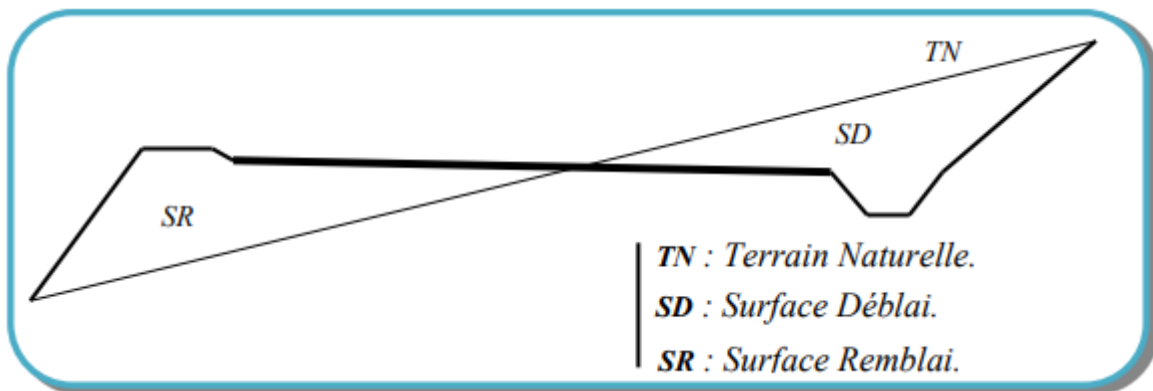


Figure II.4.1 : Les positions des sections dans un profil en travers

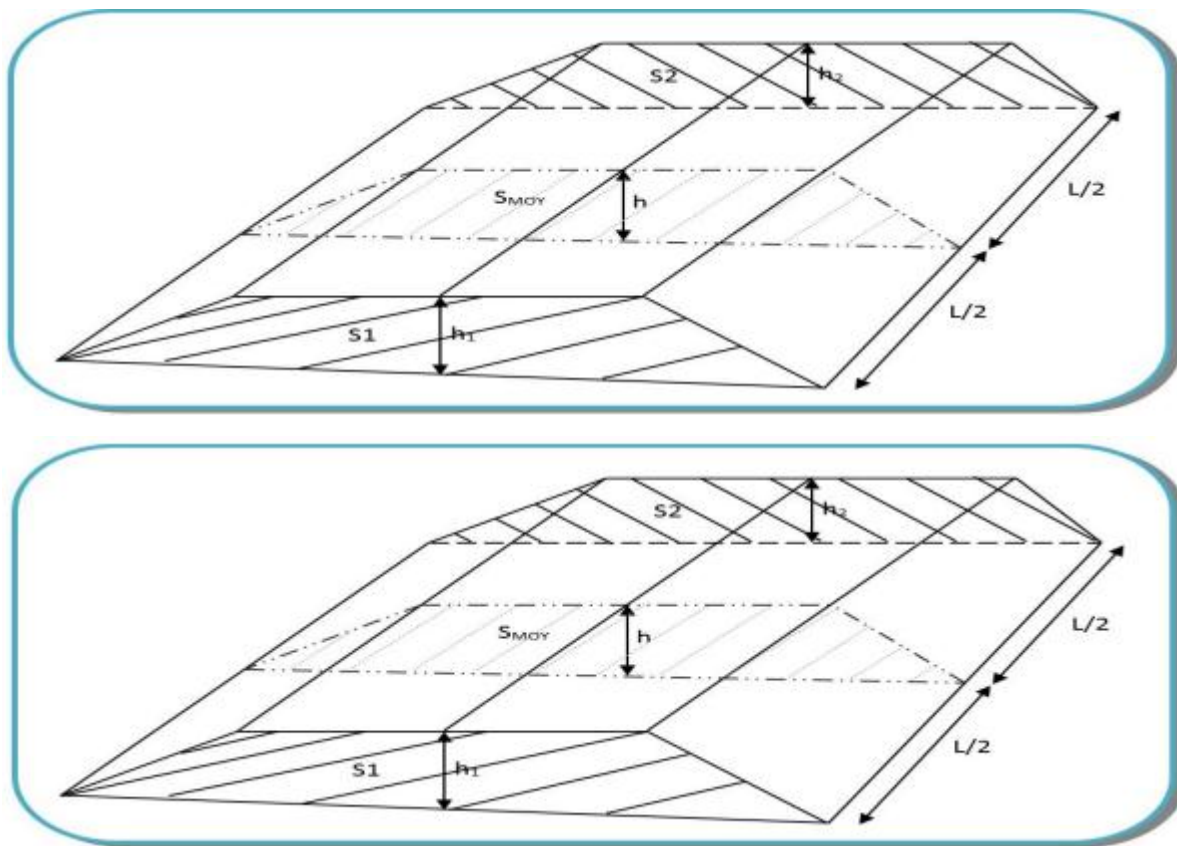


Figure II.4.2 : Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné

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

Exemple d'application

Pour éviter les calculs, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux Expressions SMOY et $(S1+S2)/2$

$$\text{D'où : } V1 = L1 \times \frac{(S1 + S2)}{2}$$

$$\text{Entre P1 et P2 : } V1 = L1. \frac{(S1 + S2)}{2}$$

$$\text{Entre P2 et Pf: } V2 = L2. \frac{(S2 + 0)}{2}$$

$$\text{Entre Pf et P3 : } V3 = L3. \frac{(0 + S3)}{2}$$

Calcul des cubatures de terrassement :

Le calcul s'effectue à l'aide de logiciel « Autopiste » Voir annexe.

Le calcul automatique des cubatures a donné lieu à un volume de remblai et de déblai comme suit

-volume déblai VD = **628324 m3**

-volume remblai VR = **777732 m3**

Chapitre III

CONCEPTION STRUCTURALE

A- ETUDE DU TRAFIC

A.1- Introduction :

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

Pour résoudre la plupart des problèmes d'aménagement ou d'exploitation routiers, il est insuffisant de connaître la circulation en un point donné sur une route existante, il est souvent nécessaire de connaître les différents courants de circulation, leurs formations, leurs aboutissements, en d'autre terme, de connaître l'origine et la destination des différents véhicules.

Le trafic journalier moyen annuel (TJMA) est nécessaire pour déterminer les différentes caractéristiques d'un tronçon routier (nombre de voies, type d'échanges et aussi dimensionnement de la chaussée).

A.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) Ces deux types, permettent de mesurer le trafic sur un tronçon. En ce qui concerne les compteurs automatiques, les dispositifs ont maintenant la capacité de discriminer les véhicules légers et les poids lourds.
- Une enquête de circulation.

- **Les enquêtes de type cordon** : elles permettent de distinguer les trafics de transit des trafics locaux, et les origines et destinations de chaque flux.

- **Les enquêtes qualitatives** : elles permettent de connaître l'appréciation de l'usager par rapport au réseau ; les raisons de son déplacement...etc.

-A.3 -Différents Type de Trafic : On distingue quatre types de trafic:

3-1 -Trafic Normal :C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en considération trafic du nouveau projet/

3-2- Trafic Dévie : C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. La déviation du trafic n'est qu'un transfère entre les différents moyens d'atteindre la même destination.

3-3- Trafic Induit : C'est le trafic résultant de

-des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.

- Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due une facilité apportée par le nouvel aménagement routier

3-4- Trafic Total : C'est le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévie.

A.4- Modeles de Presentation de Trafic :

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 humaine.

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

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

4.1- Prolongation De L'évolution Passee :

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.

Le trafic T_n à l'année n sera:

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

Ou :

- T_0 : est le trafic à l'arrivée pour l'origine.
- T_n : le trafic de l'année horizon.
- τ : est le taux de croissance annuel du trafic en (%) .
- n : le nombre d'année

4.2- Correlation Entre Le Trafic Et Les Parametres 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 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.

4.3- Modèle gravitaire :

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

4.4- 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.

Remarque :

Pour notre cas, nous utilisons la première méthode, c'est à dire la méthode « **prolongation de l'évolution passée** » vu sa simplicité et son intégration de l'ensemble des variables économiques de la région.

A-5- Calcul De La Capacité :

la capacité d'une route est le flux horaire maximim des véhicules qui peuvent raisonnablement passer sur une section donnée d'une voie dans une direction (ou deux directions) avec des caractéristiques géométriques et de circulation pendant une période de temps bien déterminée.

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

5.1- A Un Horizon Traffic Donne :

Du fait de la croissance annuelle du trafic :

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

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.

5.2 Trafic Effectif :

C'est le trafic par unité de véhicule particulier (**uvp**), il est déterminé en fonction du type de route et de l'environnement (en plaine ,vallonné , montagneux).

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

Tel que :

Teff :trafic effectif à/// l'année horizon (**u.v.p/j**)

Z : le pourcentage de poids lourds.

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

TJMAh :trafic moyen journalier annuel de l'année horizon en (**v/j**)

Tableau III.A-1

Route	E1 (Plaine)	E2 (Vallonnée)	E3 (Montagneuse)
2 voies	3	6	12
3 voies	2.5	5	10
4 voies et plus	2	4	8

Coefficient d'équivalence « P » (B40 CH 2 Page 1)

5.3 Evaluation de la demande :

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

$$Q = (1/n)Teff (UVP/h)$$

Ou

Q :Débit de pointe horaire

n :le nombre d'heure (**en général n= 8 heures**) d'apres **B40** on prend (**1/n**)=**0,12**

Teff :trafic effectif

5.4 Evaluation De L'offre :

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

$$Qadm =K1 K2 Cth$$

Tel que :

Qadm : le débit admissible

Cth : la capacité théorique.

K1 : coefficient qui dépend de l'environnement.

K2 : coefficient tient compte de l'environnement et de la catégorie de la route.

Tableau III.A-2

Degagement latéral ou largeur des accotements (dans deux cotés de la chaussée)	Capacité des routes en uvp /heure Suivant la largeur de la chaussée et les dégagements latéraux								Deux(2) chaussées Autoroute Route expres
	02voies				03 voies		04 voies		
	4m	5m	6m	7m	9m	10.5 m	12m	14 m	
1.80 m	1100	1300	1600	2000	2600	3200	(1) 3000 (4500)	(2) 3400 (5100)	(3) 1800 (5400)
1.20 m	1000	1200	1500	1900	2400	3000	2950 (4400)	3300 (5000)	1750 (5300)
0.60 m	x	1100	1350	1700	2200	2700	2900 (4300)	3200 (4600)	1700 (5100)
0.00 m	x	x	1200	1500	2000	2400	2650 (4000)	3000 (4500)	15000

Valeur de la capacité théorique « cth »

(1) : Sans bande d'arrêt (revetue)

(2) : par sens chiffres entre parenthèse : capacité 2 sens réunis (déséquilibre 2/3-1/3)

(3) : par voie (pour une voie de 3.50 m) entre parenthèses : capacité 2 sens réunis pour route 2x2 voies (déséquilibre 2/3-1/3)

(x) : non applicable; circulation très perturbée en cas de circulation de poids lourds.

Tableau III.A. 3

Environnement	E1	E2	E3
K1	0,75	0,85	0,90 à 0,95

Valeur Valeur De K1

Tableau III.4

Environnement	Categorie 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

Valeur De K2 (B40 cha4 page 6)

5.5 Calcul Du Nombre De Voies :

-Cas d'une Chaussée bidirectionnelle :

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

$$Q \leq Q_{adm}$$

-Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

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

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

Avec :

S : coefficient dissymétrie en général = 2/3

Q_{adm} : débit admissible par voie

A-6 Application Au Projet :

6.1 Les données de trafic :

D'après le comptage automatique effectué par la direction des travaux public de la wilaya de skikda dans le cadre d'étude dedoublement de la RN85 du pk au niveau de la **RN 85 au PK 26 + 000 à 400 m du (carrefour RN43 / RN 85)** , Cette tâche sera réalisée sur une période d'une semaine complète (**cinq jours ouvrables**) à partir du (**13 au 19**) **avril 2023** .



Figure III- A.01 : localisation les postes du comptage

Les résultats de comptage automatique effectué sur les section courantes , sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau III.A .5 :

N°	Route	Sens	Volume journalier moyen par sens TV (7j)	PL/j/s	% PL/j
01	RN85 Au Pk : 43+500	VERS COLLO	6796	1382	20%
		VERS AIN BOUZIANE CONSTANTINE	6830	1326	19%
02	CAREFFOUR RN 43	VERS COLLO RN 43	3575	347	10%
		VERS AIN BOUZIANE CONSTANTINE	3604	167	5%

Résultats De Comptage Automatique Année 2023

6-2 - Les Données Du Projet :

* Année de référence (D'origine) : **2023**

* Le trafic à l'année $2023TJMA_{2023}=6830$ v/j /sens (la voie le plus chargée station 1 vers Ain Bouziane)

* La vitesse de base sur le tracé $V_b=80$ km/h

* Catégorie de la route : **C1**

* environnement : **E2**

* Année de référence : **2023**

* Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau =4\%$

* Le pourcentage de poids lourds : $Z =19\%$

* $P= 6$ (Route à 2voies , (E2)

* $K1=0,85$ (E2)

* $K2= (C1$ et $E2)$

* * L'année de mise en service sera en :**2025**

* La durée de vie **10** selon (B40 chapitre II page 2 pour l'année horizon en générale année A+**10 ans**) .

* l'année d'horizon à long terme :**2035**

-Application Numérique :

*Projection future de trafic :

L'année de mise en service (2025).

*Calcul de TJMA horizon :

$$-TJMA_{2025}=6830 \times (1+0,04)^2 =7387 \text{ V/J/SENS}$$

-Le trafic à l'année (2035) pour une durée de vie **10 ans**

$$-TJMA_{2035}=7387 \times (1+0,04)^{10} =10935 \text{ v /j}$$

*Calcul du trafic effectif à l'année horizon :

$$-Teff_{2025} = [(1-0.19) + 6 \times 0.19] \times 7387 = 14405 \text{ uvp /j/sens}$$

$$-Teff_{2035} = [(1-0.19) + 6 \times 0.19] \times 10935 = 21323 \text{ uvp / j/sens}$$

*Le débit de pointe à l'année horizon :

$$Q_{2025} = 0,12 \times 14405 = 1729 \text{ uvp/ h /sens}$$

$$Q_{2035} = 0,12 \times 21323 = 2559 \text{ uvp/h/sens}$$

*Calcul le débit admissible :

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

Donc on est dans le cas d'une route à chaussées séparées :

Prenons le cas d'une chaussée séparées : 2 chaussée autoroute ; accotement de 1.8 m (Selon le B40 tableau N° III .A.2 on trouve $C_{th} = 1800$)

$$Q_{adm} = K1 \cdot K2 \cdot C_{th}$$

$$Q_{adm} = 0.85 \times 0.99 \times 1800 = 1515 \text{ (uvp/h/sens)}$$

*Détermination le nombre des voies :

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

$$N = (2/3) \times (2559 / 1515) = 1,13 \approx 2 \text{ voies}$$

*Calcul de l'année de saturation :

La route sera saturée lorsque la demande de capacité atteindre la capacité limite

$$S_{saturation} = 4 Q_{adm}$$

$$S_{saturation} = 4 \times 1515 = 6060 \text{ uvp/j}$$

$$S_{saturation} = (1 + \tau)^n \times Q_{2025}$$

$$n = \frac{\ln(Q_{saturation} / Q_{2025})}{\ln(1 + \tau)}$$

$$n = \ln(6060 / 1729) = n = 32 \text{ ans}$$

$$\ln(1 + 0,04)$$

L'année de saturation est : $2025 + 32 = 2057$

les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

TJMA₂₀₂₃ (v/j)	TJMA₂₀₂₅ (v/j)	TJMA₂₀₃₅ (v/j)	Teff₂₀₃₅ (uvp/j)	Q₂₀₄₅ (uvp /h)	Qadm (uvp /h)	N	Année De satur
7179	7765	17014	29775	3573	1515	2	2057

A-7.Conclusion

- En vue des résultats obtenus ,conformément aux normes du **B40** (règlement en vigueur en Algérie)

Le profil en travers retenu pour projet est defini comme suit :

*chaussées unidirectionnelles de2x 2voie de (3.5 m) séparé

* des accotement de 1.8 m de part et d'autre.

* terre plein centrale (TPC) 2m .

Procédure N°2

$Q_{calcul} = (Q_{2035}) / (K1.K2) = 2559 / 0.85.0.99 = 3046 \text{ (uvp/h)}$

D'après le tableau de B40 pour $Q_{calc} = 3046$ on doit adopte une route 2 voie a chaussées séparées 2 x2 avec cth 5400 (uvp/h) (pour les deux sens).

Si on serefererà l'enjeu économique et le développement des wilayas environnantes alors le choix seportera sur 2×2 voies avec un séparateur.

B -DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE**B -1- INTRODUCTION :**

La qualité d'un projet routier ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long. En effet une fois réalisée, la route devra résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation : action des essieux des véhicules et notamment les poids lourds.

Et aussi des gradients thermiques, pluie, neige, verglas etc.....

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

La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial. Celle-ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à réaliser. Il est ensuite indispensable que la mise en œuvre de ces matériaux soit réalisée conformément aux exigences arrêtées

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude. Il s'agit en même temps de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée. Tout cela en fonction des paramètres très fondamentaux suivants :

- Le trafic
- L'environnement de la route (le climat essentiellement)
- Le sol support

*matériau de construction

B-2-LA CHAUSSEE**-2-1- Définition :**

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

2-2-Les Différents Types Des Chaussée :

Il existe trois type de chaussée :

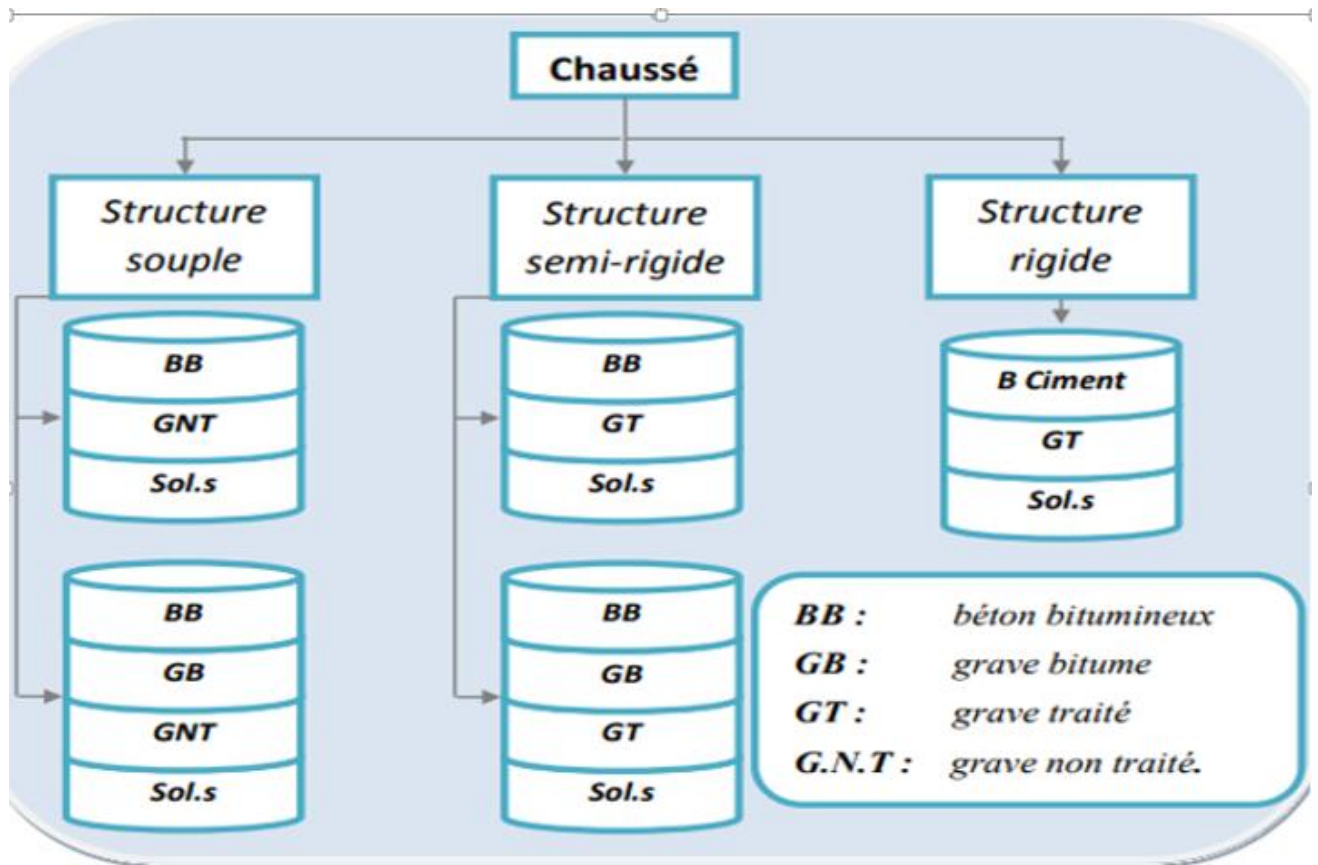


Figure III-B-1 : Schéma récapitulatif Les différents types de chaussée

a - Chaussées Souples :

Chaussée dont le corps est réalisé avec des matériaux non liés ou traités avec un liant hydrocarboné. On distingue les chaussées souples traditionnelles, comportant au moins une couche de matériau non lié, plutôt destinées à des trafics légers, et les chaussées souples épaisses, dont toutes les couches sont bitumineuses, utilisées pour tout type de trafic. La couche de fondation et/ou la couche de base peuvent être constituées de grave non traitée.

Dans le cas d'une chaussée neuve à faible trafic, la structure type est illustrée sur la figure ci-dessous.

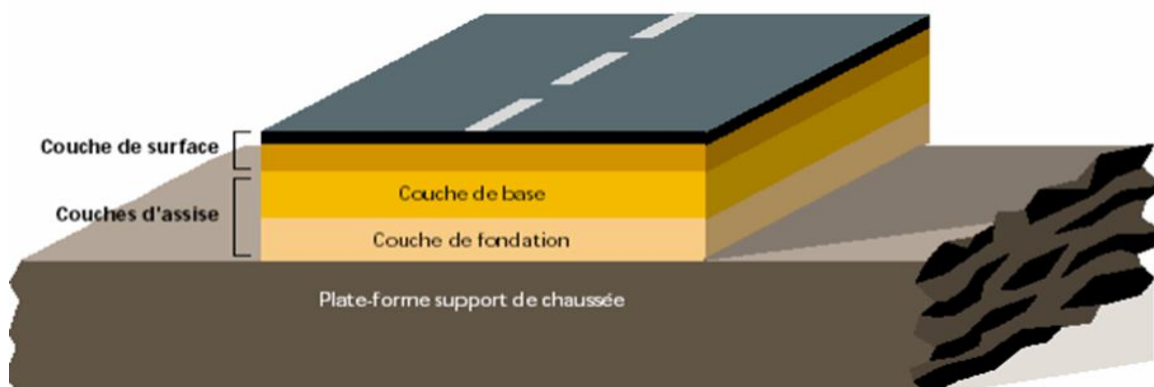


Figure III.B-2 : Structure d'une chaussée souple

b-Chaussée Semi- Rigide :

Chaussée constituée d'une ou deux couches d'assise réalisées avec des graves traitées aux liants hydrauliques, et d'une couche de surface en béton bitumineux ; son comportement mécanique est intermédiaire entre celui des chaussées rigides et celui des chaussées souples ;

la répartition des charges sur le support est bonne mais des contraintes de traction se développent à la base des couches Dans le cas d'une chaussée neuve à faible trafic.

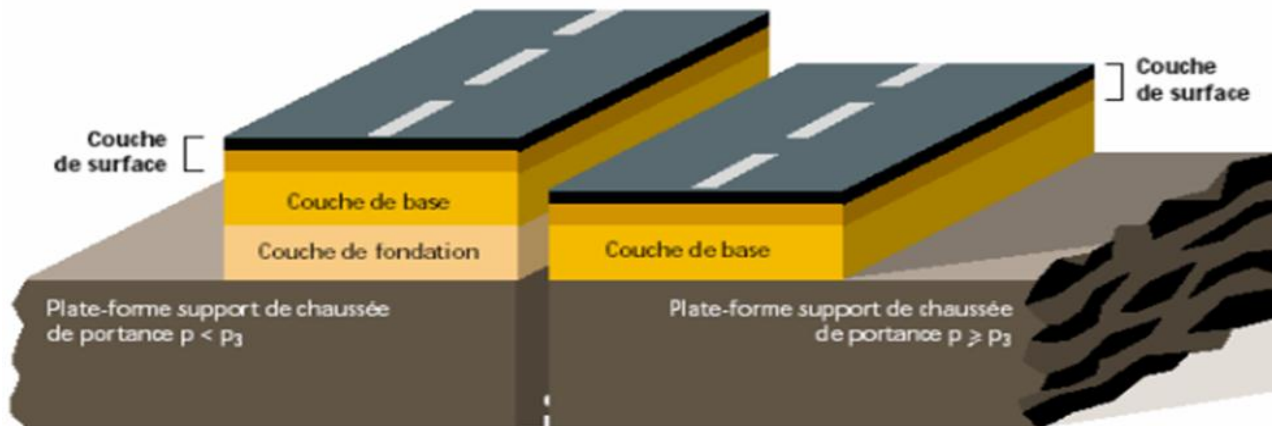


Figure III.B-3 : Structure d'une chaussée semi-rigides

c- Chaussée Rigide :

Chaussée réalisée essentiellement avec un matériau rigide, généralement du béton de ciment ; la couche de béton assure en principe le rôle de couche de base et de surface mais peut être recouverte d'une couche de roulement en béton bitumineux mince. Les avantages de ce type de chaussée sont la bonne répartition des charges sur le support et la bonne tenue à la fatigue. Dans le cas d'une chaussée neuve à faible trafic, la couche de fondation n'est pas nécessaire.

La dalle en Béton de Ciment peut ainsi être réalisée directement sur l'arase terrassement ou sur la plate-forme support de chaussée .Dans la chaussée rigide la couche de surface et la couche de base sont confondues

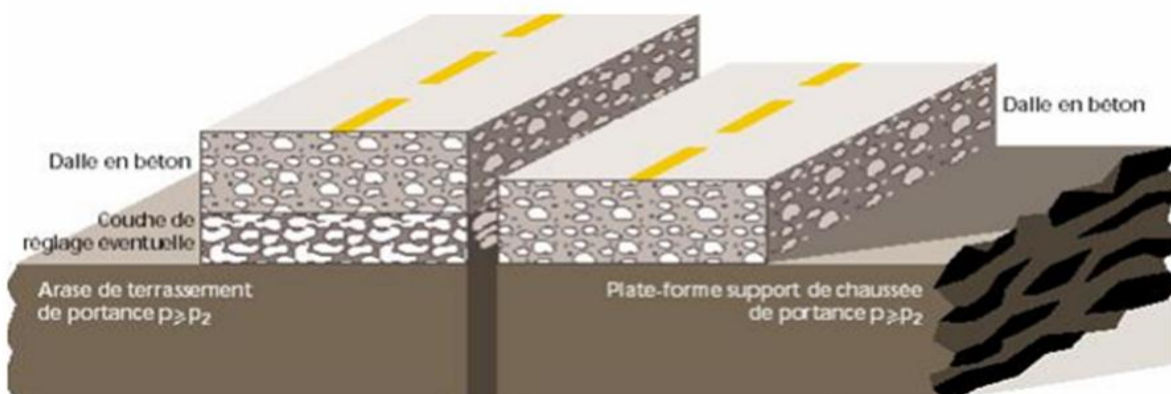


Figure III.B-4 : Structure d'une chaussée rigide

B-3-Les Différentes couches d'une Chaussée :

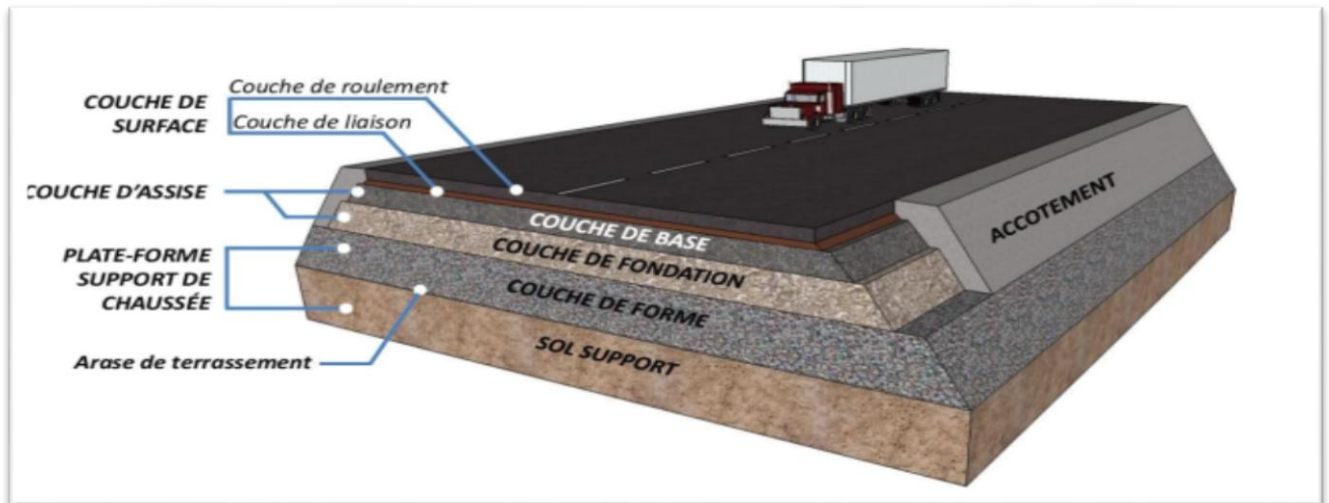


Figure III.B-5 : structure général d'une chaussée

a -Couche de surface

Elle composée de la couches de roulement et la couche de liaison et elle est en contact direct avec le pneumatique de véhicule et la charge extérieure. Son rôle est:

- Encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.
- Imperméabiliser la surface de la chaussée.
- Assurer la sécurité (adhérence) et le confort (bruit et uni.)
- Assurer une transition avec les couches inférieures plus rigides.

L'épaisseur de la couche de roulement en genral **entre 6 et 8 cm**

b -Couche de base

La couche de base est formée en générale de grave concassée ou de grave bitume , tuf, sable gypseux Elle à pour role essentiel de reprende les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes (couche de fondation) sans se deforme ni se degrader

L'épaisseur de la couche de base varie **entre 10 et 25 cm.**

c -Couche de fondation

La couche de fondation constitue avec la couche de base le corps de chaussée , sont role est identique à la couche de base , mais elle constituée d'un matériau non traité de moin qualité et cout .

d -Couche de forme

La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques des matériau de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques géométrique et

thermique requises pour optimiser les couche de chaussée, Elle est généralement prévue pour répondre à certains objectifs en fonction de la nature du sol support :

- **Sur un sol rocheux** : elle joue le rôle de nivellement afin d'aplanir la surface.
- **Sur un sol peut portant** (argileux à teneur en eau élevée) : Elle assure une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.

L'épaisseur de la couche de forme est en général **entre (35 et 70) cm (fascicule 1 page 13) .**

B-4-les différents facteurs pour les études de dimensionnement :

La chaussée est essentiellement un ouvrage de répartition des charges roulantes sur le terrain de fondation. Pour que le roulage s'effectue rapidement, sûrement et sans usure exagérée du matériel, il faut que la surface de roulement ne se déforme pas sous l'effet de certains facteurs et Quel que soit la méthode de dimensionnement , on devra toujours tenir compte d'un certain nombre de paramètres dont l'influence sur le comportement mécanique de la structure et la durée de vie de la chaussée est fondamentale ,. Ces paramètres peuvent être classés en quatre groupe.

4-1.Trafic :

Le

trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourds (véhicules supérieur a 3.5tonnes). En effet, ce sont eux qui transportent les charges les plus élevées et qui sont donc les plus agressifs pour les structures des chaussées , il est apparu nécessaire de caractériser le trafic de deux paramètres

- Trafic poids lourd **T** à la mise en service (résultat d'une étude de trafic , des comptages périodiques et des données statistiques établies .
- Trafic cumulé **tr** sur la période qui est donné par

$$N = T \times A \times C$$

N : trafic cumulé

T : facteur d'agressivité global du trafic

C : facteur de cumul

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

t : taux de croissance du trafic

p : nombre d'année de service de la chaussée

4-2. Le climat et l'Environnement :

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

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

Les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support ainsi que les les possibilités de réemploi des matériaux de déblai en remblai .

4-3. Le Sol Support :

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate – forme support de chaussée » constituée 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

4-4. Matériaux “ Module Et Fatigue “ :

On sait que la plupart des matériaux ne se comportent pas de la même façon sous l’action d’une charge instantanée et permanente que sous l’action des charges répétitives .

Ainsi , un matériau soumis à un grand nombre de charges répétées peut rompre malgré le fait que chaque charge soit largement inférieure à la limite de résistance à la rupture instantanée de ce matériau , d’autre part , on observe une diminution de cette limite de résistance dans le temps ,ce phénomène est connu sous le nom de **fatigue des matériaux** , Alors le matériaux utilisés doivent résister à des sollicitations répétées un très grand nombre de fois (le passage répété des véhicules lourds).

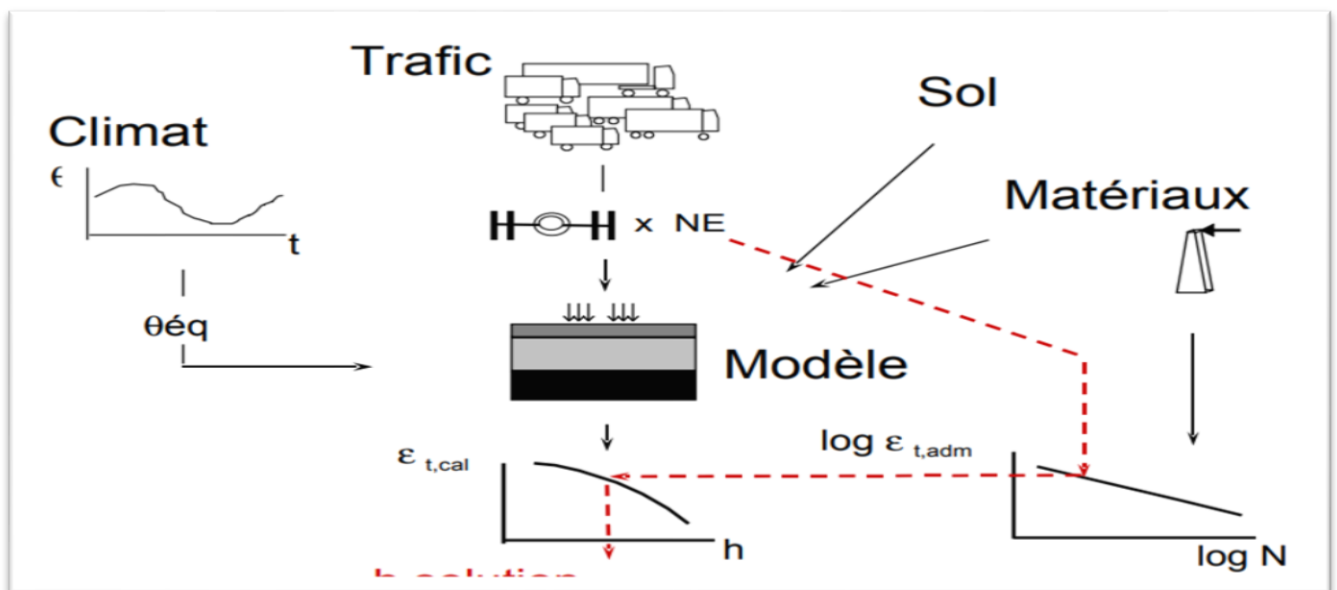


Figure III-B-6 : Schéma récapitulatif Les différents facteurs pour les études de dimensionnement du corps de chaussée

B-5 -LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

Toutes les méthodes existantes de dimensionnement du corps de chaussée s’appuient sur la force portante du sol , le trafic et les caractéristiques mécaniques des matériaux constituant les différentes couches ,On distingue deux familles des méthodes :

-Les méthodes empiriques :

basées généralement sur l’observation des chaussées existantes et, plus exceptionnellement, sur des expérimentations en vraie grandeur, telles que celles de l’AASHO (American Association of State Highway Officials).

-Les méthodes semi-empiriques ou rationnelles :

qui, tout en prenant largement en compte l’observation de chaussées existantes, se basent, pour la détermination de l’épaisseur des couches, sur des méthodes mécaniques de comportement des matériaux et des assises de chaussées. Cette double approche permet de tirer un meilleur parti des observations de terrain .

Les méthodes de dimensionnement du corps de chaussée les plus utilisées en Algérie sont :

- **Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) .**
- **La méthode C.B.R ;**
- **La méthode L.C.P.C. (Laboratoire central des ponts et chaussées).**

Dans ce qui suit, nous allons utiliser deux méthodes la méthode C.B.R. et Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) .me car c’est elle qui donne le meilleur résultat économiquement appréciable

5 -1-Méthode de C.B.R (California Bearing Ration) :

C’est une méthode (semi-empirique) qui s’est basé sur essai de poinçonnement sur un échantillon de sol support en compactant des éprouvettes à (90-100%) de l’optimum Proctor modifier sur une épaisseur d’eau moins de 15 cm. Pour que la chaussée tienne , il faut que la contrainte verticale répartie suivant la théorie de **BOUSSINEQ**, soit à une contrainte limite qui est proportionnellement à l’indice **CBR** . L’épaisseur est donnée par la formule suivant

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

Eeq: épaisseur équivalente

I: indice **CBR** (sol support)

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

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

Log: logarithme décimal

L’épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

$$e = \sum a_i x e_i (\text{reel}) = a_1 x e_1 + a_2 x e_2 + a_3 x e_3$$

Où:

a1, a2, a3 : sont les coefficients d’équivalence respectivement des matériaux des couches .

e1, e2, e3 :les épaisseurs réelles des différentes couches (roulement, base et fondation)

Tableau IV-B.1

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

Coefficients d'équivalence

NB : Les matériaux utilisés pour la composition de la structure de chaussée du projet sont de types : béton bitumineux (**BB**), grave bitume(**GB**) et grave non traité (**GNT**)

Remarque :

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

BB : 6-8 cm , **GB** : 8-15 cm , **GNT** : 15-25cm

5.2. Méthode Du Catalogue Des Structure Des Chaussées Neuves « SETRA » :

C'est le catalogue des structures type neuves et établi par «**SETRA** »

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

Il considère également quatre classes de trafic selon leur importance, allant de **200 à 1500 Véh/J**.

Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation.

Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données :

- Trafic cumulé de poids lourds à la 20^{ème} année T_j .
- Les caractéristiques de sol (S_j)

5.2.1-Détermination de la classe de trafic

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

Les classes de trafics adoptées sont dans le tableau suivant :

Tableau IV-B.2

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

classe de trafic

Le trafic cumulé est donné par la formule:

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

- TPL : trafic poids lourds à l'année de mise en service
- n : durée de vie
- τ : taux de croissance du trafic

5.2.2-Détermination de la classe du sol

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

Tableau IV-B.3

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

classe de sol (fascicule 1 page 12)

5. 3 La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) :

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

$$T_{eq} = [T_{JMA} . a [(1+Z)^n - 1] x 0.75 x P x 365] / [(1+z) - 1] .$$

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

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

a = coefficient qui dépend du nombre de voies.

Z = taux d'accroissement annuel.

n = durée de vie de la route.

p = pourcentage de poids lourds

Une fois la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de l'épaisseur équivalente (en fonction de **Téq, ICBR**) à partir de l'**abaque L.C.P.C.**

L'abaque L.C.P.C est découpé en un certain nombre de zones pour lesquelles, il est recommandé en fonction de la nature et la qualité de la couche de base.

5. 4 Méthode Du Catalogue De Dimensionnement Des Chaussées Neuves (CTTTP):

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

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

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

- Approche théorique.
- Approche empirique.

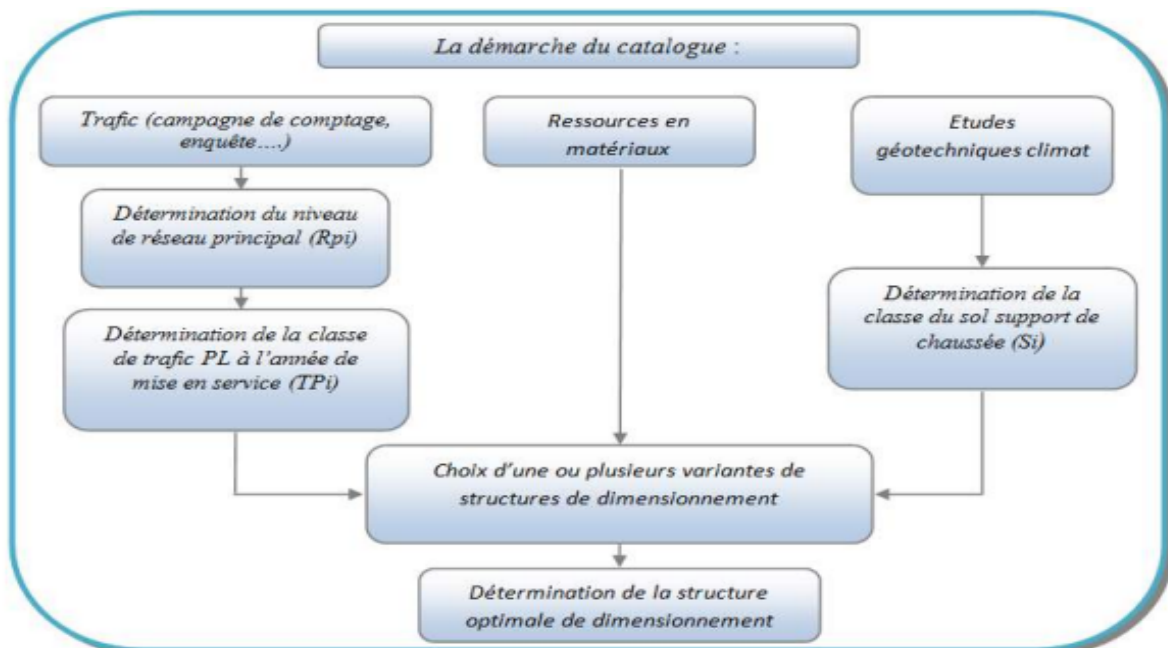


Figure III. B.7 : la démarche du catalogue (fascicule 1 page 7)

a .TRAFIC :

Le dimensionnement de la chaussée est en fonction de la politique de gestion du réseau routier. Cette politique est définie par le maître de l’ouvrage en fonction de la hiérarchisation de son réseau routier. La connaissance du trafic, essentiellement le trafic du poids lourds (véhicules supérieur à 3.5 tonnes) intervient comme paramètre d’entrée dans le dimensionnement des structures de chaussées. Ce trafic se décompose en deux réseaux principaux :

• **Réseau principal de niveau 1 (RP1) il comporte des :**

- Liaisons supportant un trafic **supérieur à 1500 v/j**
- Liaisons reliant deux chefs-lieux de wilaya Liaisons présentant un intérêt économique ou stratégique Généralement le RP1 fait partie des routes nationales (RN)

• **Réseau principal de niveau 2 (RP2) :**

il en constitué de liaisons supportant un trafic **inferieur à 1500 v/j** , il est composé de route nationales (RN), chemin de wilaya (CW) , liaisons reliant l’Algérie aux pays riverains

b-Répartition transversale du trafic:

on adoptera les valeurs suivantes:

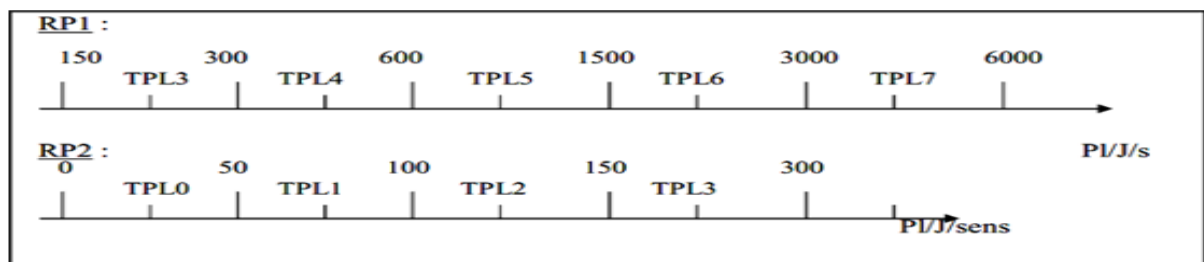
- Chaussée unidirectionnelles à 2 voies :**90%** du trafic **PL** sur la voie lente de droite.
- Chaussée unidirectionnelles à 3 voies :**80%** du trafic **PL** sur la voie lente de droite.
- Chaussée bidirectionnelles à 2 voies :**50%** du trafic **PL**.
- Chaussée bidirectionnelles à 3 voies :**50%**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

c. La Classe De Trafic (TPLi):

les classes de trafic **TPLi** adoptées dans les fiches structures de dimensionnement sont données pour chaque niveau de réseaux principal exprimées en nombre de PL par jour et par sens à l’année de mis en service.

- Le réseau **RP1** comprend cinq classes à partir **TPL3** jusqu’à **TPL7**.
- Le réseau **RP2** comprend quatre classes à partir **TPL0** jusqu’à **TPL3**

Tableau VII.B.4



Classe TPLi pour RP1 ET RP2 (fascicule 1 page 10)

d. la classe du sol support :

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.

Tableau VII.B. 5

Portance (Si)	CBR
S4	<5
S3	5-10
S2	10-25
S1	25-40
S0	>40

Classes de portance des sols supports Si (fascicule 1 page 11)

***le cas des sols sensibles à l'eau:**

La portance du sols support est déterminée par :

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

La valeur de l'indice **CBR imbibé** à 4jours a retenir correspond à **100%** de la densité à L'OPM (γ_{OPM})

-L'essai CBR immédiat pour les zones climatique **III et IV**.

La valeur de l'indice **CBR immédiat** sera déterminée à **95% de L'OPM**

*** le cas des sols insensibles à l'eau:**

Dans le cas des sols insensibles à l'eau : sable et grave propre , sols grossiers contenant plus de **25% d'éléments >20mm** la portance sera déterminée à partir des essais de chargement à la plaque ou des mesures de déflexions à condition que l'état hydrique au moment de l'essai représentatif ($W_{nat} \geq W_{opm}$).

le module de sol **VE2** et la deflexion caractéristique de sont relies par relation empérique suivante :

$$EV2 \times dc = 10340 \quad \text{avec } EV2 \text{ en MPa et } dc \text{ en } 1/100 \text{ mm}$$

e. la classe du portance de sol support pour le dimensionnement:

Pour le dimensionnement des structures , on distingue 4 classes de portance de sols support à s'avoir :**S3, S2, S1 et S4** les valeurs des modules indiquées sur le tableau ci-dessous , oin été calculée à partir de la relation empérique suivante :

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

Tableau VII.B.6

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

Classe de portance de sol-support (fascicule 1 page 12)

f.Sur Classement Des Sols Support De Chaussée:

-lorsque des cas de sols de faible portance (<S4 en RP2 , <S4 et S3en RP1) sont rencontrés , le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussées dans des conditions acceptables .

L'utilisation d'une couche de forme en matériaux naturels ou traités , permet un sur classement de portance du terrassé .

Dans le cas de sur classement de sols , le tableau suivant donne des indications sur le choix de couche de forme à réaliser .

Tableau VII.B.7

Portance de sol	Matériau de CF	Epaisseur de CF	Portance visée
< S4	Non traité	50cm (2couches)	S3
S4	Non traité	35cm	S3
S4	Non traité	60cm (2couches)	S2
S3	Non traité	40cm (2couches)	S2
S3	Non traité	70cm (2couches)	S1

Sur classement avec couche de forme en matériau non traité (fascicule 1 page 13)

Nb :

Matériaux non traités : grave non traitée (GNT), matériaux locaux (TVO,tufsect) .

Pour l'utilisation des matériaux locaux , il est recommandé de faire une étude spécifique au laboratoire.

g. La zone climatique :

Tableau VII.B. 8

Zone climatique	Pluviométrie(m m/an)	Climat	Température Equivalente(C°)	Région
I	>600	Très humide	20	Nord
II	350-600	Humide	20	Nord haut-plateaux
III	100-350	Semi-aride	25	Haut-plateaux
IV	>100	Aride	30	Sud

les caractères des zones climatiques en Algérie (catalogue II page15)

f.La durée de vie :

la durée de vie est en étroite relation avec avec la **stratégie d’investissement retenue par le maitre de l’ouvrage** , elle corspond à un investissement initial à élevé et des durées de vie allant de **(15 à 25)ans** en fonction de réseau principal considéré.

Les durées de vie fixée par niveau de réseau principal (**RP1, RP2**) et par matériax types sont synthétisées dans le tableau c- dessous.

Tableau VII.B. 9

Niveau de reseau principal (RPi)	Matériaux types	Structures types	Durée de vie (années)
RP1	MTB (matériaux traités au bitume)	GB/GB , GB/GNT, GB/TUF , GB/SG	20
	MTLH (matériaux traités aux liants hydraulique bitume	GL/GL	20
		BCg	25
RP2	MNT(matériaux non traites)	GNT/GNT, TUF/TUF SG/SG, AG/AG	15
	MTB ((matériaux traités au bitume)	SB/SG	15

Durées de vie adoptées (fascicule II page 13)

5.5-Méthode D’asphalt Institute

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

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

B.6 Choix de la méthode de dimensionnement :

La qualité réelle de la chaussée dépend de :

- La disposition constructive adaptée à la chaussée, de bonne condition de drainage de la plateforme dans les zones basent.
- La qualité des matériaux mise en place.
- Le soin apporté à l'élaboration et à la mise en œuvre des matériaux.

Peu importe la méthode choisie, c'est la maîtrise qui nous intéresse le plus, c'est Pour cela on a choisi les deux méthodes qui sont :

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

Car c'est les méthodes les plus répondus en Algérie

B.7. Application au projet:

Les données:

- **ICBR =9.41**
- **TJMA₂₀₂₃ = 13626 v/j** (par deux sens)
- **TJMA de l'année de mise en service:TJMA₂₀₂₅=14738 v/j.**
- **Le pourcentage de poids lourds Z =20%.**
- **Taux d'accroissement annuel τ=4%**
- **La durée de vie (TJMA 23= 13628 V/J/ 2SENS>1500 (RP1) (selon catalogue II le tableau VII.B. 9) on à choisi n = 20 ans (fascicule 2 page 13)**
- **TJMA₂₀₄₅= 32293 v/j.**

1-METHODE CBR :

On a **5<ICBR= 9,41 <10 =.....** Le sol est de classe (S3), (après sur classement du sol support de classee (S2) **10<ICBR<25**).

Alors on suppose que la nouvelle portance du sol est de **ICBR= 10.**

$$NPL_{2045} = TJMA_{2045} \times Z/2$$

$$NPL_{2045} = 32293 \times 0.2/2 = 3259 \text{ PL/j/sens}$$

$$E_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{p})(75 + 50 \times \log N/10)}{ICBR + 5}$$

$$E_{eq1} = 100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 \log 3259/10) = 42.44 \text{ cm}$$

9.41+5

-Pour améliorer la portance du sol support (pour passer à la portance du **S3 à S2**) en prévoir **une couche de forme de 40 cm** (deux couche) avec de matériaux selectionnée comme (GNT, TVO,TUFSect) et l'indice **CBR= 10** (sol support avec bonnes caractéristiques) voir le **Tableau VII.B.6**

$$CBR = 10 \Rightarrow E_{eq2} = 100 + \frac{(\sqrt{6.5})}{10+5} (75+50 \log 3259/10) = 40.77 \text{ cm}$$

Pour le calcul de l'épaisseur réelle , on fixe «e1 » et « e2 » et on calcule « e3 »

On propose :

e1=6 cm en Béton Bitumineux BB

e2=10 cm en Grave Bitume GB

*Couche de roulement en béton bitumineux (B.B) :a1×e1=2 ×6cm.

* Couche de base en grave bitume (G.B) :a2×e2=1.50×10 cm.

* Et on calcule e3:couche en Grave Non Traité GNT ou en GB

$$e3 = [40.77 - (2 \times 6 + 1.5 \times 10)] \div 1 = 13.77$$

(en prend e3 =15 cm) .pour **GNT** → coefficient d'équivalence =**1**

ou

$$e3 = [40.77 - (2 \times 6 + 1.5 \times 10)] \div 1.5 = 9.18 \text{ m}$$

(en prend e3 =10 cm) **POUR GB** →coefficient d'équivalence =**1.5**

Alors :- la 1ere structure comporte :6BB+10 GB+15 GNT

-et la **2eme** structure comporte :6BB+10GB+10 GB

Je propose la 1ere structure car elle est plus économique

Notre chaussée est constituée de : **6 BB+10 GB+15GNT**

Tableau VII.B. 10

Nom de la couche	matériaux	Coefficient d'équivalence	L'épaisseur de la couche (cm)	L'épaisseur Equivalence (cm)
Roulement	BB	2	6	12
Base	GB	1.5	10	15
Fondation	GNT	1	15	15
Epaisseur total équivalence				42

Résultats De La Méthode CBR

On opte pour cette valeur minimale **e3=15 cm** on obtient alors la structure suivant :

$$e = 6 \times 2 + 10 \times 1.5 + 15 \times 1 = 42 \text{ cm}$$

$$\text{L'épaisseur réelle est : } 6 \text{ BB} + 10 \text{ GB} + 15 \text{ GNT} = 31 \text{ cm}$$

□ L'épaisseur de la couche e forme : $E_{q1} - E_{q2} = 42.44 - 40.77 = 1.67 \text{ cm}$ est très petit (pratiquement irréalisable) on prend : $e = 20 \text{ cm}$ en GC (a=1)



Figure III. B.7: Les épaisseurs des couches par la méthode du CBR

2. Méthode Du Catalogue De Dimensionnement Des Chaussées Neuves (CTTP) :

a. Détermination du type de réseau (RPi):

On a : $TJMA_{2023} = 13628 \text{ v/j/sens.} > 1500$

La route principale présentant intérêt économique et stratégique. Donc on est dans le réseau principal de niveau 1 (RP1).

b. Détermination de la classe de trafic (TPLi):

TPLi: est donnée en nombre de poids lourds par jour et par sens sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service (catalogue II page 9)

- $TJMA_{2023} = 13628 \text{ v/j/2sens}$

- $TJMA_{2023} = 6814 \text{ v/j/sens}$

- $N \text{ PL } 2023 = 6814 \times 0.2 = 1363 \text{ PL/ j / sens.}$

- l'année de mise en service 2025

- Taux d'accroissement annuel $\tau = 4\%$

- La zone climatique : I

- $N \text{ PL } 2025 : 1363(1+0.04)^2 = 1474 \text{ PL/j/sens}$

- La chaussée **unidirectionnelle à 2 voies**. D'après le catalogue du dimensionnement algérien La répartition du poids lourd est de **90%** sur la voie lente de droite

Donc : la répartition transversale du trafic est :

$TPL = 1474 \times 0.9 = 1327 \text{ (PL/j/sens)}$. $600 < 1327 < 1500$ PL/j/sens

D'après le classement donné per le catalogue des structurires TPL pour RP1 (tableau VII .B.4) notre trafic est classé en: « **TPL5** »

c. Détermination de la portance de sol support de chaussée

Le sol doit être classée selon la valeur de CBR de densité Proctor modifier maximal.

On a : **CBR =9.41**

***E (MPa) = 5 × CBR = 5 × 9.41= 47.05 MPa**

La classe de portance du sol est : **S3** pour passer du support **S2**,

Alors on suppose que la nouvelle portance du sol est de **ICBR= 10**.

(Selon catalogue I (Tableau VII.B.6) **E (MPa) = 5 × CBR = 5 × 10= 50 MPa (pour S2)**

(Selon catalogue I (Tableau VII.B.7) on doit prévoir une **couche de forme** en matériau **non traité (TUF)** de **40 cm (en 2couches)** pour **améliorer** la portance du sol support .

-La durée de vie (TJMA 23= 13628 V/J/ 2SENS>1500 (RP1)(**selon catalogue II le tableau VII.B.9)** on à choisi **n = 20 ans**

* Nous sommes dans le réseau principal (**RP1**), la zone climatique **I**, durée de vie de 20 ans, taux d'accroissement (**4%**), portance du sol (**S2**) et une classe du trafic (**TPL5**). Avec toutes ces données, le catalogue Algérien (**fascicule 3**) propose les structures suivantes :

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

-Couche de roulement:**BB**.

-Couche de base:**GB**

-Couche de fondation :**GNT/GB**

*Choix de dimensionnement:

1ère structure :

Type : **MTB**
 Zone climatique : **I et II**
 Durée de vie : **20 ans, taux d'accroissement : 4%**

TPLi PL/j/sens	Si	S2		S1	S0
		50 MPa	125 MPa	200 MPa	200 MPa
6000	TPL7	14 GB 15 GB	12 GB 13 GB	11 GB 11 GB	
3000	TPL6	12 GB 13 GB	11 GB 11 GB	10 GB 10 GB	
1500	TPL5	11 GB 12 GB	10 GB 10 GB		




-couche de roulement: **BB** «béton bitumineux»= **6cm**.

-couche de base : **GB** «grave bitume =**11 cm**.

- couche de fondation : **GB** «grave bitume » =**12 cm**.

2eme structure :

Type : MTB
 Zone climatique : I et II
 Durée de vie : 20 ans, taux d'accroissement : 4%

TPLI PL/l/sens	S1	S2	S1	S0
		50 MPa	125 MPa	200 MPa
6000				
TPL7				
3000				
3000				
TPL6				
1500				
1500				
TPL5				
600				

-couche de roulement: **BB** «béton bitumineux» =**6cm**.

-couche de base : **GB** «grave bitume » =**20 cm**.

- couche de fondation : **GNT**«grave nontraité»=**30cm**.

La structure finale choisir par la méthode de dimensionnement des chaussées neuves sera donc :

6 BB+20 GB+30 GNT +40TUF car elle est plus économique



6 cm-BB

20 cm-GB

30 cm-GNT

40 cm-TUF

Fig III. B.8:Les épaisseurs des couches par la méthode catalogue

Conclusion

Malgré que la méthode **CBR** donne le corps de chaussée le plus économique mais la méthode retenue pour notre projet est celle de catalogue algerien , pour les raisons suivantes .

- Elle se base sur les performances des matériaux .
- Elle se base sur les déformations admissibles
- Elle tient en compte la fatigue des matériaux .
- en plus de ça cette méthode est une méthode algerienne établie et conçu par le CTTTP et valide par le ministere des travaux publics.

B.8.vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support :

*Pour Notre Cas : le Matériaux utilisés traités au bitume (MTB) (fascicule 03 page 21)

Il faudra vérifier que ϵ_t et ϵ_z calculée a l'aide d'allize III sont inférieures aux valeurs admissibles calculées ,c'est-à-dire respectivement à $\epsilon_{t,adm}$ et $\epsilon_{z,adm}$

$$\epsilon_z < \epsilon_{z,adm} \text{ et } \epsilon_t < \epsilon_{t,adm}$$

a. la déformation admissible au niveau du sol support $\epsilon_{z,adm}$

$\epsilon_{z,adm}$ (sol) étant la déformation verticale sur le sol support est donnée par la formule suivante (fascicule II page 18):

$$\epsilon_z = 22 \times 10^{-3} \times (TECi)^{-0.235}$$

Selon catalogue II Page 16

TCEi = TCi x A Et $TCi = TPLi \times 365 \times \frac{(1+i)^n - 1}{i}$

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

Donc :

Avec :

- **TCEi** : le trafic cumulé équivalent : est le trafic à prendre en compte dans le calcul du dimensionnement , il correspond au **nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes** sur la **durée de vie (catalogue II page 16)**

- **TCi** : le trafic cumulé

-**TPLi** : la classe de trafic à l'année de mise en service TPL 2025 =**1327 PL/j/sens**

-**i** : -Taux d'accroissement annuel =**4%**

-**n** : la durée de vie considérée = **20 ans**

-**A** : coefficient d'agressivité de poids lourd par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes En fonction de réseau principal RPi= **0.6**

Tableau VII.B. 10

Niveau de réseau principal (Rpi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GC, GB/TUF, GB/GC	0.6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL, BC/GC	1

Valeur du coefficient d'agressivité A (fascicule N° 2 page 17)

$$TCE_i = 1327 \times 365 \times (1+0.04)^{20} - 1 \times 0.6$$

$$0.04$$

$$TCE_i = 8.65 \times 10^6 \text{ Essieux équivalent de 13 Tonnes}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times 23 \times 10^{-3} = 506 \times 10^{-6} \text{ (def)} = 506 \text{ (}\mu \text{ def)}$$

b. la déformation admissible pour les matériaux bitumineux

$\epsilon_{t,adm}$: étant la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume .

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6 (10^\circ C, 25HZ) \times K_{ne} \times K_{\theta} \times K_r \times K_c$$

- $\epsilon_6(10^\circ c, 25HZ)$: déformation limite détenue au bout de 106 cycles avec une probabilité de rupture de **50% à 10°C et 25Hz.**
- K_{θ} : facteur lie à la température.
- K_{ne} : facteur lié au nombre cumulé d’essieux équivalents supporté par la chaussée.
- K_r : facteur lié au risque et aux dispersions.
- K_c : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée.
- b : pente de la droite de fatigue ($b < 0$).
- Zone climatique I : $C^\circ = 20^\circ$; $E(20^\circ c, 10HZ) = 7000MPa$
-

Tableau VII.B. 11

Classe de trafic		TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (R %)	GB/GB GB/GNT	20	15	10	5	2

Risque adopté pour le reseau orincipal RP1 (catalogue II page 14)

- $E(10^\circ c)$: module complexe du matériau bitumineux à **10°C.**
- $E(\theta_{eq})$: module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est en fonction de la zone climatique considérée ($\theta_{eq} = 20^\circ c$) => $E(20^\circ, 10HZ) = 7000MPa$..
- SN : dispersion sur la loi de fatigue.
- Sh : dispersion sur les épaisseurs (en cm)
- C : coefficient égal à **0.02.**
- Risque adopté pour le réseau **RP1** et la classe du trafic **TPL5 (r=10%).**
- t : fractile de la loi normale qui est en fonction du risque adopté donc ($t = -1.282$)
- A : coefficient d’agressivité de poids lourd par rapport à l’essieu de référence de **13 tonnes** En fonction de réseau principal **RPi.**

Tableau VII.B. 12

-1/b	Kc	$\epsilon_6(10^\circ\text{c}, 25\text{HZ})$	SN	SH	R%	t	C	E (20°C)	E (10°C)
6.84	1.3	100	0.45	3	10	-1.282	0.02	7000	12500

Les données du projet (catalogue II pages 18 et 20)

*-1/b = 6.48 \Rightarrow b = -1/6.48 = **-0.146**

*kne =(TCEiX10⁶/10⁶)^b \Rightarrow kne =(8.65x 10⁶ /10⁶)^{-0.146} = **0.73**

*kr = 10^{-txbx δ}

*Avec : La dispersion $\delta = \sqrt{Sn^2 + (\frac{c}{b} \cdot sh)^2} = \sqrt{0.45^2 + (\frac{0.02}{-0.146} \cdot 3)^2} = 0.61$

*kr = 10^{(-1.282) X (-0.146) X 0.61} = **0.769**

*kθ = $\sqrt{(E(10^\circ))/(E(\emptyset\text{eq}))}$ \Rightarrow kθ = $\sqrt{12500/7000}$ = **1.34**

* kc=1.3

Donc :

$\epsilon_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} \times 0.73 \times 0.769 \times 1.34 \times 1.3 = 97.79 \times 10^{-6}(\text{def}) = 97.79 (\mu \text{ def})$

C.Vérifications avec ALIZE :

le Principe du programme ALIZE (catalogue II page 11)

Le programme **ALIZE III** (mis au point au laboratoire central des ponts et chaussée paris (1975)) permet de déterminer à partir **d'un modele multicouche** fondé sur l'hypothese de **BURMISTER** les contraintes et déformations à différents niveau de la structure ,la charge prise en compte est une charge unitaire correspondant à un demi –essieu de 13tonnes représenté par une empreinte circulaire

Les données à rentrer dans le modele pour les différentes simulations sont :

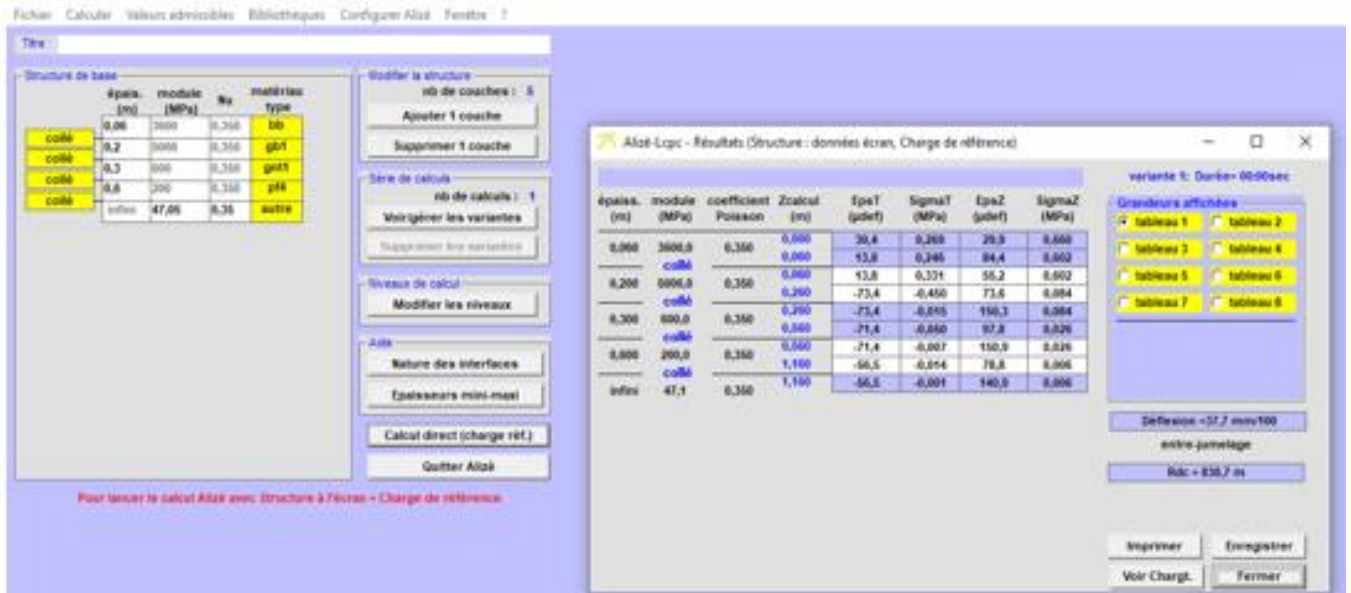
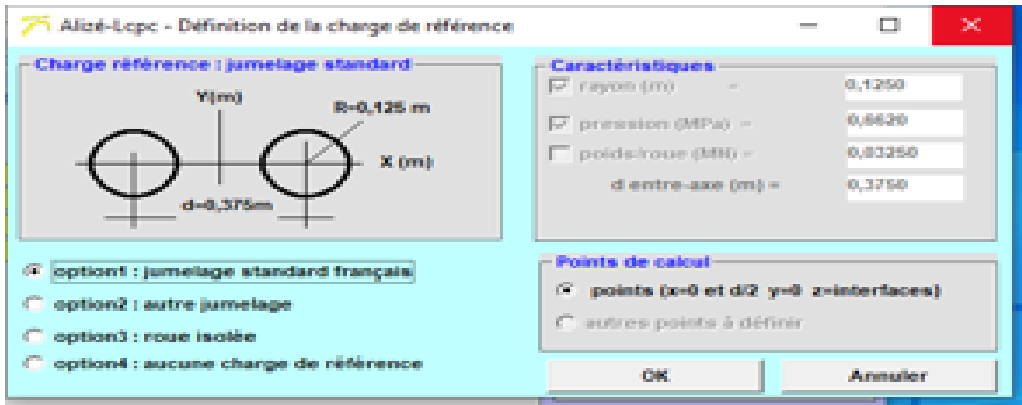
- les épaisseurs de chaque couche
- les modules (E) et coefficients de poisson (V) de chaque couche y compris le sol support
- les types d'interfaces entre les couches (condion de collage)

Tableau VII.B. 13

Structure types	Hypotheses sur le type d'intrface
MTB	
-BB/GB/GNT/OU TUF OU SG/SOL	Toutes Les Intrface Sont Collées

Les intrfaces entre les couches (condition de collage)(catalogue II page 11)

Résultats obtenue par programme ALLIZE LCPC :



	Déformations admissible	Déformations calculées par Alizé III	OBSEVATION
ϵ_z sol support	506×10^{-6}	150.3×10^{-6}	C.V
ϵ_t de GB	97.79×10^6	73.4×10^{-6}	C.V

Conclusion

Nous remarquons que les deux conditions ($\epsilon_t < \epsilon_t \text{ adm}$ et $\epsilon_z < \epsilon_z \text{ adm}$) sont vérifiées, ce qui signifie que notre dimensionnement (6 BB + 20 GB + 30GNT + 40 Tuf) est juste, et ce dernier permettra l'évitement aux lignes d'influence des charges engendrées par le passage des poids lourds à atteindre la déformation du sol support.

CHAPITRE IV
étude géotechnique et
hydraulique

IV .1- ETUDE GEOTECHNIQUE

1.1- Introduction :

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

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

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

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

Cette étude doit d'abord permettre :

-**En phase d'étude** : de bien définir le projet (dimensionnement du corps de chaussée , le choix des matériaux)

- **En phase d'exécution** : elle permet de réaliser les travaux avec minimum de risque possible (choix des moyens et des matériaux adaptés à la nature des sols) .

1.2. Les elements constitutifs d'un sol :

Un échantillon de sol est constitué de trois phases :

- une phase gazeuse.
- une phase liquide.
- une phase solide.

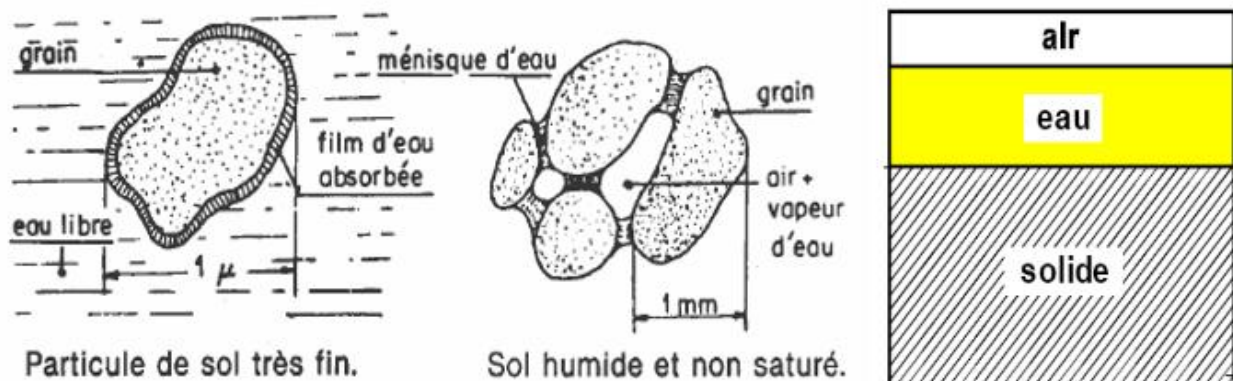


Fig. V.1 .1 : les éléments constitutifs d'un sol.

1. 3.Les Moyens de la Reconnaissance :

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

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

- Les essais de laboratoire.

2. 1. l'étude des archives et documents existants:

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

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

2.2. LES VISITES DE SITE ET LES ESSAIS « IN-SITU »:

Les visites sur site permettent de vérifier et de préciser les informations déjà recueillies sur les documents précédemment cités , cependant la connaissance précise des caractéristique des sols en présence nécessite des investigation (**in –situ**) permettant

- soit la mesur de certaines caractéristique en place .
- soit le prélèvement d'échantillons pour les besoins d'essais de la boratoire .

Dans la plupart des cas , ces deux éléments sont combinés

*Pour le cas de notre projet (**4 puits (forages manuelle)**) à été réalisés à l'aide d'une pelle mécanique sur des profondeurs variées entre (**0-2,20**) m

Ils permettent la reconnaissance visuelle directe des parois du puits et les prélèvement d'échantillons intact et/ou remaïnies.

La lithologie détaillée du tracé est la suivante

Tableau V.1.1

N° PUITS	COORDONNEES		PROFONDEUR (m)	LITHOLOGIE
	X	Y		
P1	291031	4071983	0.00-0.20	Terre végétale
			0.20-0.80	Gneiss altéré.
P2	291126	4071351	0.00-0.20	Terre végétale
			0.20-0.70	Altération de gneiss sous forme de sable limoneux, graveleux
			0.70-2.0	Gneiss très altéré
P3	290991	4070868	0.00-0.70	Terre végétale
			0.7-0.20	Gneiss altéré.
P4	290960	4069492	0.00-0.50	Remblai
			0.00-2.20	Sable Limoneux avec peu d'argile et graves

Lithologie Du Trace

2.3 Les essais de laboratoire :

A la fin de l'exécution des essais in-situ les échantillons récupérés ont été soumis aux essais physiques, mécaniques et chimiques.

2.3.1 Essais physique (d'identification):

2.3.1.1- Limites d'Atterberg « NF P 94 -051 »

Limite d'Atterberg (limite de liquidité et limite de plasticité): c'est la teneur en eau pondérales correspondant à des états particuliers d'un sol.

Les essais permettant la détermination des limites d'Atterberg ont été réalisés conformément à la norme NF P 94-051. Ils sont effectués sur la fraction inférieure à 400 μm du sol étudié.

- **La limite de liquidité (LL)** : par le pénétromètre à cône : c'est la teneur en eau à laquelle du cône de 80 gr de 30° d'angle au sommet pénètre de 20 mm dans le sol (-est la teneur en eau d'un sol remanié au point de transition entre les états liquides et plastiques).

- **La limite de plasticité (LP)** : est la teneur en eau d'un sol remanié au point de transition entre les états plastiques et solides.

- **L'indice de plasticité (Ip)** : est la différence entre les limites de liquidité (LL) et de plasticité (LP). Cet indice définit l'étendue du domaine plastique. (Essai Témoin $T = 24$ heures).

$$I_p = LL - LP$$

Indice de consistance : rapport défini par la formule suivante :

$$I_c = (LL - W_n) / I_p$$

Ou : W_n est la teneur en eau du sol dans son état naturel et ne comportant pas des éléments supérieurs à 80 μm

Fig. V.1 .2 : les états de sol.

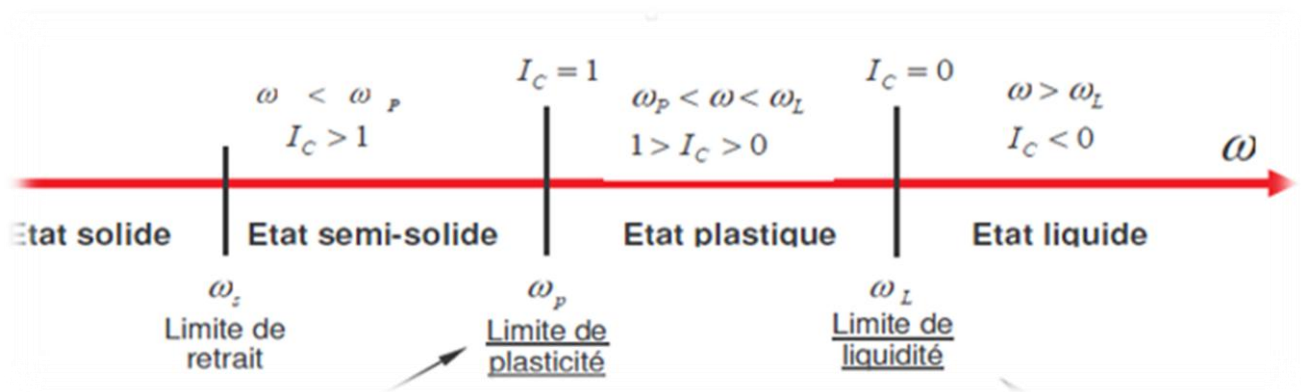


Fig. V.1 .2 : les états de sol.

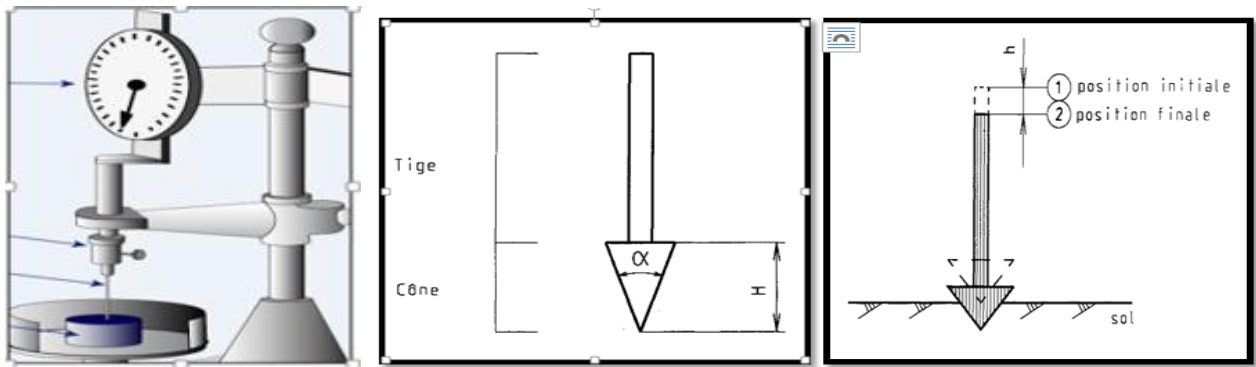


Fig. V.1 .4 : principe de l’essai de pénétration



Fig V .1.5 :l’appareil de Casagrand

Il est souhaitable de remplacer la méthode actuelle de détermination de la limite de liquidité par celle de pénétromètre à cône. Les raisons en sont que le pénétromètre à cône fournit des résultat reproductible que la coupelle de Casagrande .

Tableau V.1.2:

Degré de plasticité des sols	
indice de plasticité	degré de plasticité
0<IP<5	Sol non plastique (l’essai perd sa signification dans cette zone de valeur)
5<IP<30	Sol peu plastique
30<IP<50	Sol plastique
50<IP	Sol très plastique

Degré de plasticité des sols

2.3.1.2.-:Essai de la teneur en eau (W) et la masse volumique : « NF P 94-050 »

a/ teneur en eau : C'est le quotient de la masse de l'eau interstitielle (m_w) par la masse des grains solide (m_s).

$$w\% = \frac{M_w}{M_s} \cdot 100$$

le Principe de l'essai :

La perte d'eau d'un échantillon de matériau et provoquée par étuvage les masse de l'échantillon et de l'eau évaporée sont mesurées par pesage.

Appareillage :-Une étuve -une balance -des coupelle -des boîtes de pétri -des vases à peser

b/ masse volumique : est la masse d'un volume unité de sol $\gamma = \frac{w}{v}$, on calcul aussi la masse volumique s'èche $\gamma_d = \frac{w_s}{v}$

le Principe de l'essai : on utilise le principe de la poussée d'archimède ,en effet on mesure le volume d'eau déplacé hors de l'introduction d'un certain poids de sol sec , la connaissance du poids des grains solides et de leur volume permet de calculer le poids volumique des grains solides.

2.3.1.3. Analyse granulométrique : « NF P 94- 056 »

C'est un essai qui à 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.

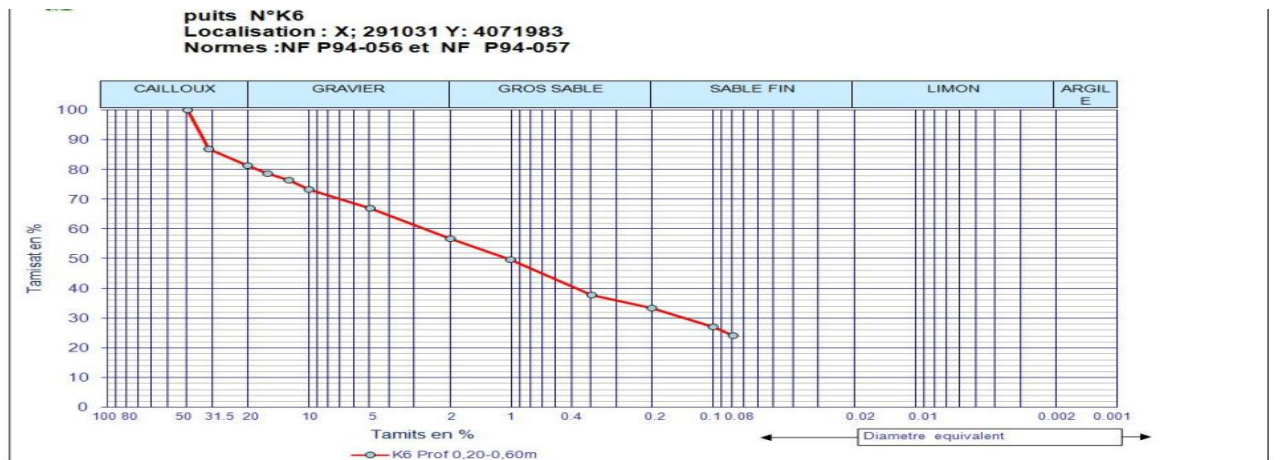
le Principe de l'essai :l'essai consiste à fractionner au moyen d'un serie de tamis et passoirees reposant sur un fond de tamis un matériau en plusieurs classes de tailles décroissantes .

Appareillage : Série de tamis-Pinceau –Récipient-Balance-Étuve

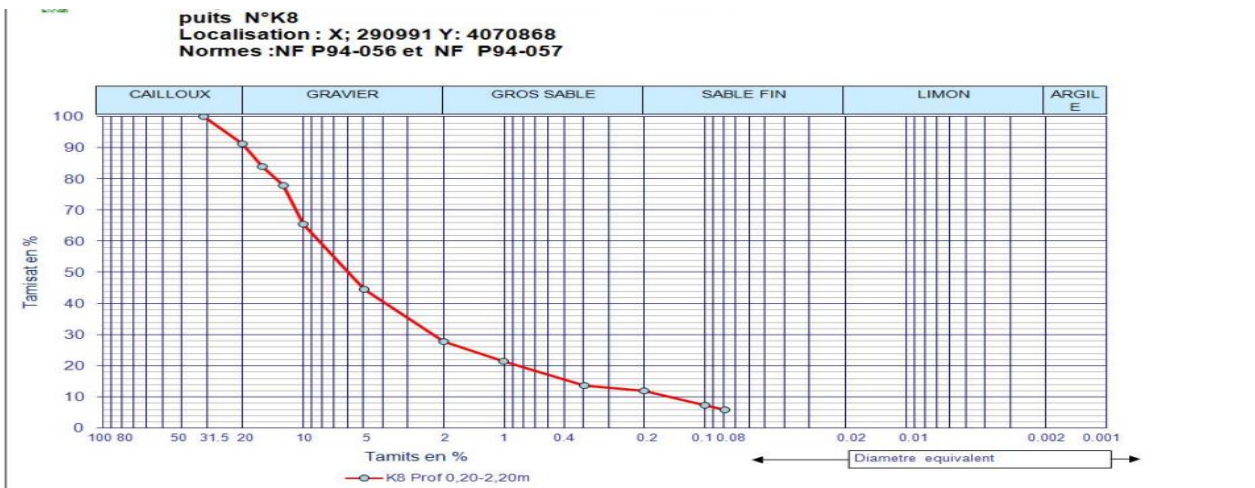
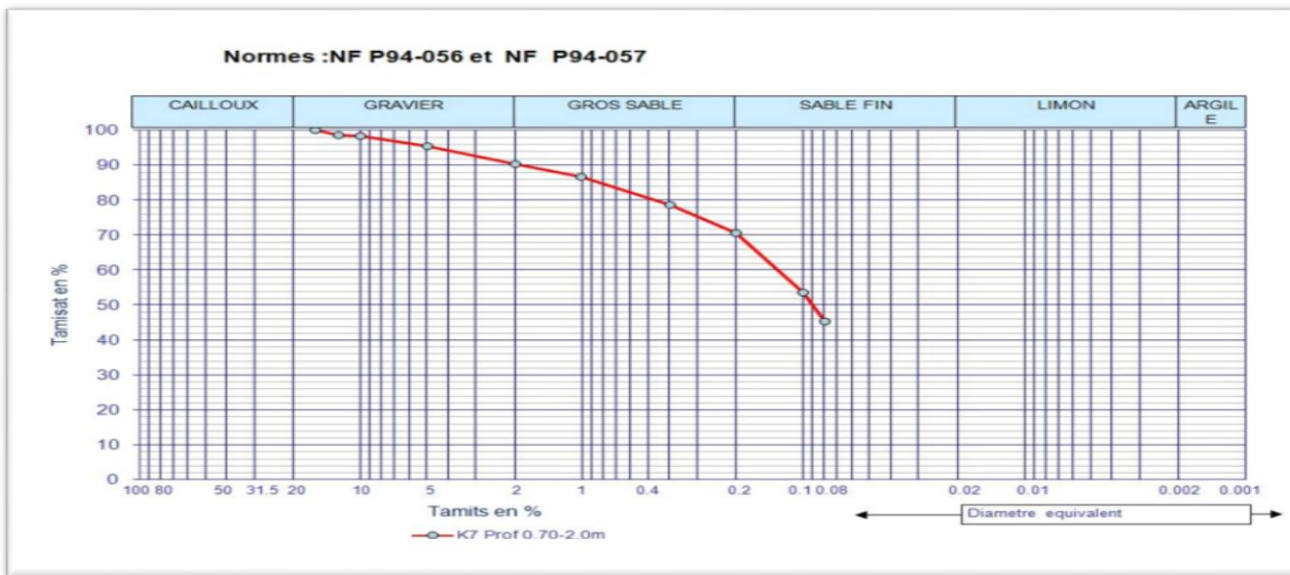


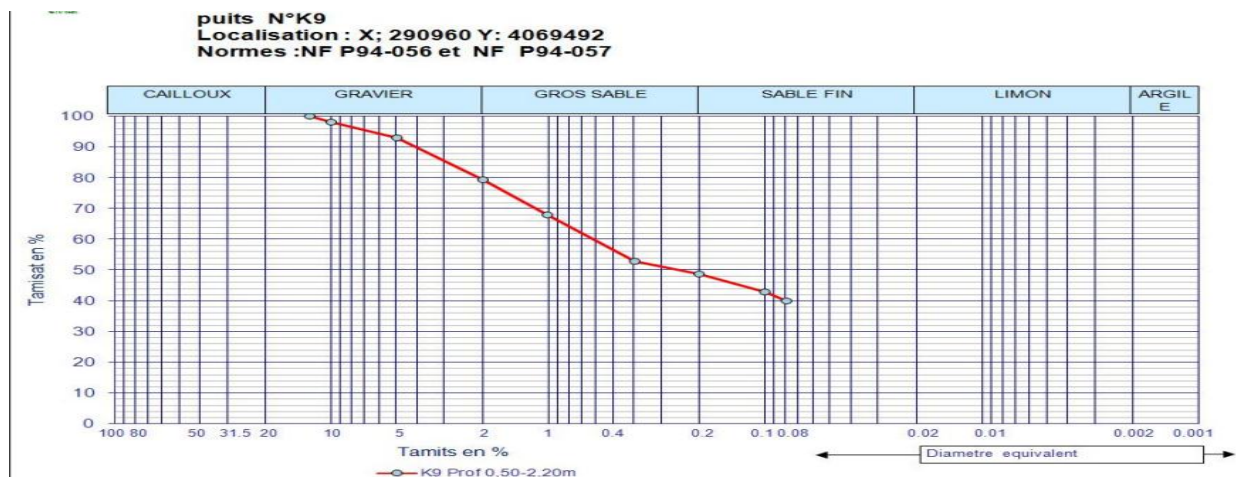
Fig. V.1 .6 : Analyse granulométrique

-L'analyse granulométrique du sol de notre projet :



puits N°K7
 Localisation : X; 291126 Y: 4071351





2.3.1.4. Equivalent de sable (NA 455 / NF EN 933-8):

C'est un essai qui permet de mesurer la propreté d'un sable. C'est-à-dire, déterminer la quantité d'impureté soit des éléments argileux ultra fins ou des limons le Principe de l'essai :

l'essai équivalent de sable s'effectue sur la fraction des sols passant au tamis de 5mm , il rend compte globalement de la quantité des éléments les plus fins dans cette fraction , en exprimant un rapport conventionnel volumique entre les éléments dits sableux et les éléments plus fins (argileux par exemple).

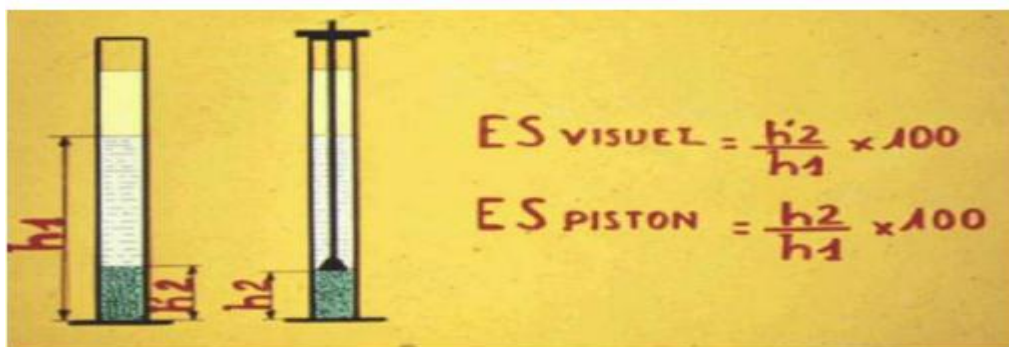


Figure V.1.7 : Essai équivalent du sable

2.3.2 Essais mécanique:

2.3.2.1 : Essai PROCTOR(NF P 94-093) :

Les remblais posent à l'ingénieur routier un certain nombre de problèmes, d'où on peut citer :

- La stabilité des talus.
- La résistance des talus a l'érosion.
- Le tassement.
- Le compactage

L'essai Proctor est un essai routier, il s'effectue à l'énergie dite modifiée, il y'a aussi l'énergie normale.

-Principe de l'essai : l'essai consiste à mesurer le poids volumique sec d'un sol disposé en trois couches dans un moule Proctor de volume connu, dans chaque couche étant compactée avec la dame Proctor, l'essai est répété plusieurs fois et on varie à chaque fois la teneur en eau de l'échantillon et on fixe l'énergie de compactage. Les grains passants par le tamis de 5 mm sont compactés dans le moule Proctor.

-But de l'essai : l'essai Proctor consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage (la réduction de son volume par réduction des vides d'air) et une teneur en eau c'est-à-dire la détermination de la teneur en eau optimale et la densité sèche maximale, pour un compactage bien défini.

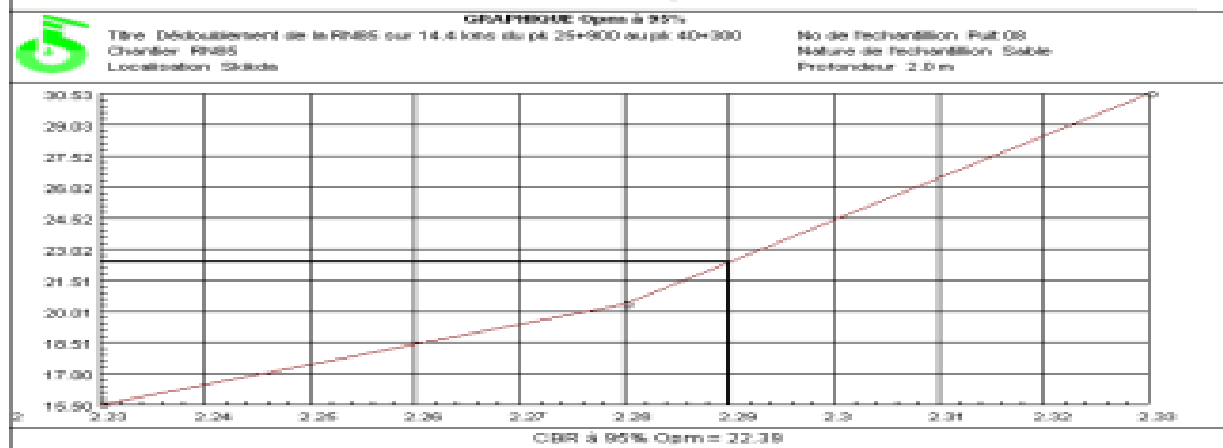
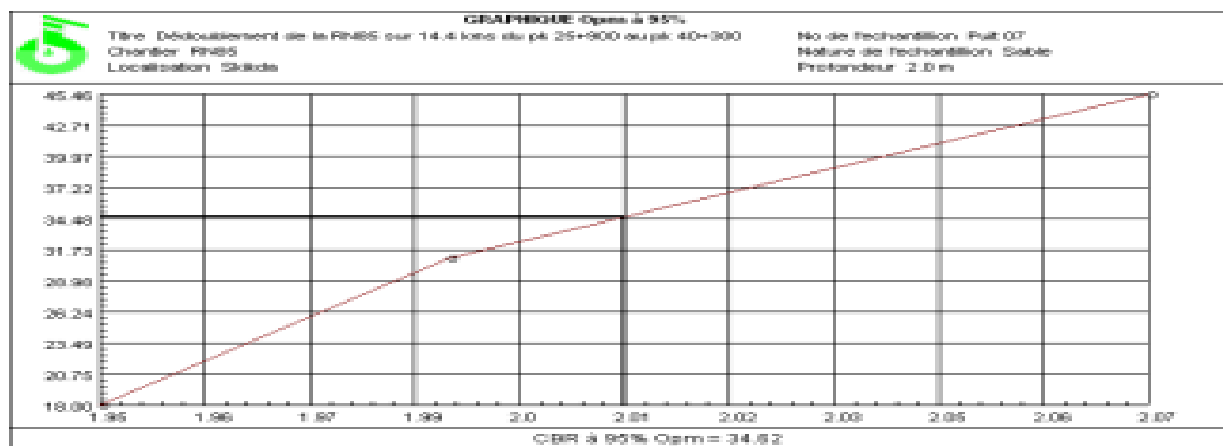
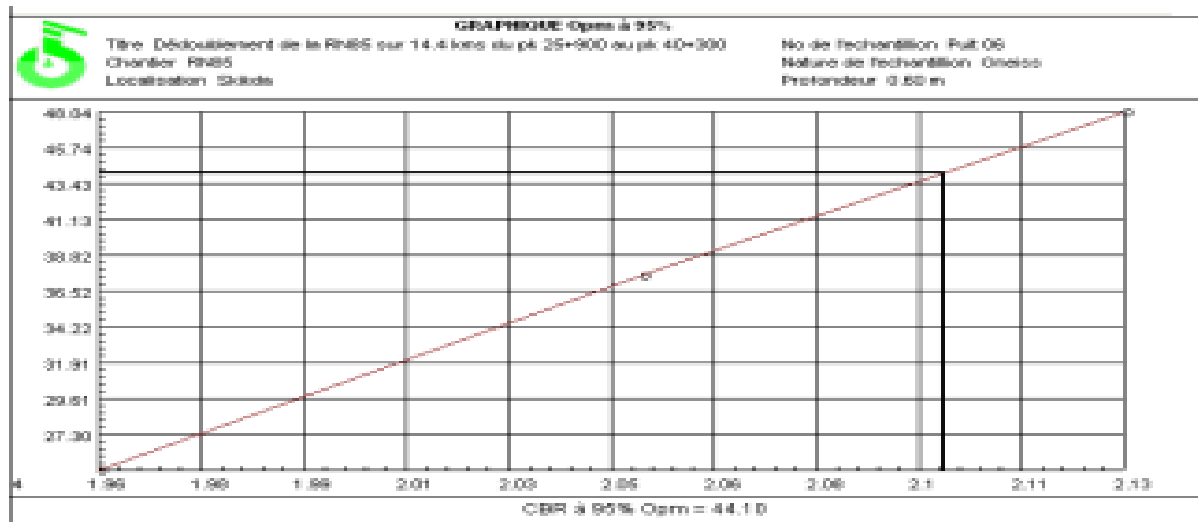
-Domaine d'utilisation : cet essai est utilisé pour les études de remblai en terre, en particulier pour les sols de fondations (route, piste d'aérodromes)

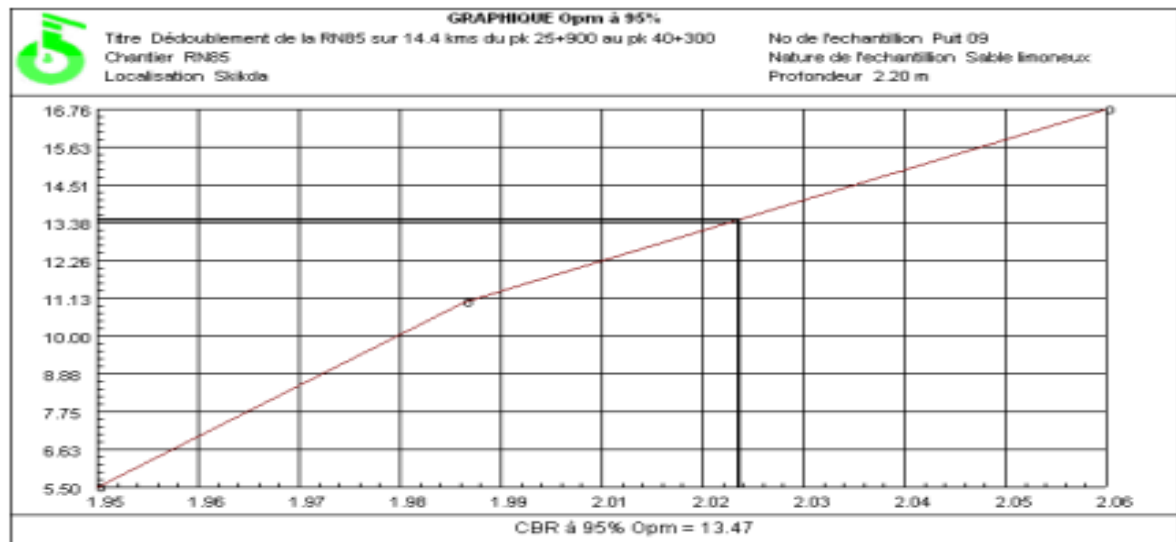


Figure V.1. 8 : Principe de l'essai Proctor normal et modifié

- D'après les essais effectués Les courbes **CBR (OPM)** de notre projet est :

Courbes CBR (OPM)





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

On réalise en général trois essais : CBR standard, CBR immédiat, CBR imbibé. On s'intéresse actuellement au CBR imbibé.

-Principe de l'essai : on compacte avec une dame standard dans un moule standard, l'échantillon de sol recueilli sur le site, selon un processus bien déterminé, à la teneur en eau optimum (Proctor modifié) avec trois (3) énergies de compactage **25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et** imbibé pendant quatre (4) jours. Les passants sur le tamis inférieur à **20 mm** dans le moule CBR.

-But de l'essai : l'essai a pour but de déterminer pour un compactage d'intensité donnée la teneur en eau optimum correspondant, elle permet d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement.

-Domaine d'utilisation : cet essai est utilisé pour dimensionnement des structures des chaussées et orientation les travaux de terrassements

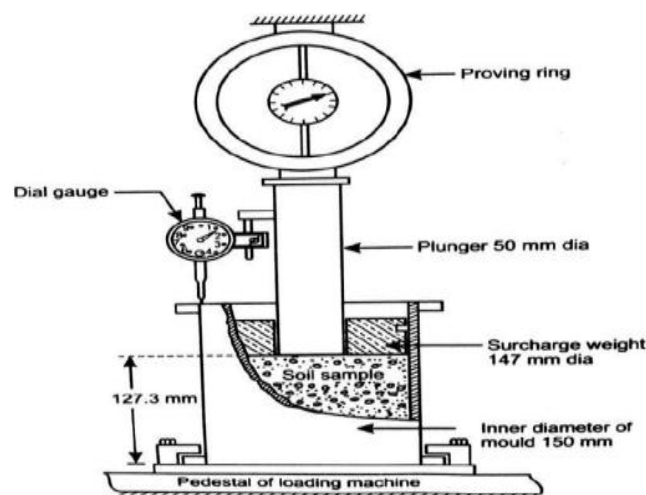


Fig V.1. 9 : Appareil de CBR.

2.3.2.3 Essai Los Angeles (N.F. P18.573) :

L'essai permet à déterminer la résistance à la fragmentation par chocs (**coefficient Los Angeles « LA »**) des éléments d'un échantillon de granulats, Le matériau évolue pendant l'essai, d'une part par suite du **choc des boulets** sur le granulat, d'autre part par frottement des éléments les uns sur les autres, sur le **cylindre** de la **machine Los Angeles**. En outre, l'essai consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à 1.6 mm produite en soumettant le matériau aux chocs de boulets normalisés

La granularité du matériau soumis à l'essai est choisie parmi six classes granulaires qui sont :
4/6.3 mm -6.3/10 mm-10/14 mm-10/25 mm-16/31.5 mm-25/50 mm



FigV.1. 10 : Appareil LOS ANGELES.

Calcul du coefficient Los Angeles

La résistance à la fragmentation par chocs du matériau est appelée, par définition, coefficient Los Angeles « LA » qui s'exprime par le rapport, de la masse des éléments inférieurs à 1.6 mm produits au cours de l'essai « **m** », à la masse du matériau soumis à l'essai « **M** » multiplié par **100**. Plus le coefficient Los Angeles « LA » est faible, plus le granulat est résistant à la fragmentation par chocs.

$$LA = \frac{m}{M} \cdot 100$$

LA : c'est la résistance à la fragmentation par chocs et par frottements réciproques des éléments des granulats.

Tableau V.1.3:

Valeurs du coefficient Los Angles	Appréciation
$LA \leq 15$	Très bon à bon
$15 < LA \leq 25$	Bon à moyen
$25 < LA \leq 40$	Moyen à faible
$LA > 40$	Médiocre « mauvaise qualité »

Type des graviers selon le coefficient LA

2.3.2.4 Essai Micro Deval (NF P 18.572) :

Il est en général effectué par deux essais, pour avoir deux coefficients (Deval sec) et (Deval humide). On s'intéresse actuellement au MDE (DEVAL humide) qui est de plus en plus pratiquée.

-Principe de l'essai : l'essai consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à 1.6 mm (Tamis de 1.6 mm) produits dans la machine Deval par les frottements réciproques.

-But de l'essai : l'essai Micro-Deval humide permet de mesurer la résistance à l'usure des matériaux dans des conditions bien définies. Cette résistance à l'usure pour certaines roches n'est pas la même à sec ou en présence d'eau.

-Domaine d'application : choix des matériaux utilisés dans les structures de chaussée.



FigV.1. 11 : Appareil Micro Deval

2.3.3 .Essais chimiques :

2.3.4 .1 :Essai De Blue Methylene :

Les molécules de bleu de méthylène ont pour propriété de se fixer sur les surfaces externes et internes des feuillets d'argile, la quantité de bleu adsorbée par **100gramme** de sol s'appelle

Valeur Au Bleu du sol et est notée **VBs**, la VBs reflète globalement :

- La teneur en argile (associée à la surface externe des particules).
- L'activité de l'argile (associée à la surface interne).

L'essai consiste à mettre en suspension une fraction de sol (**0/d**) avec **d ≤ 10mm** et à ajouter à cette suspension des doses successives de 5 ml d'une solution de bleu de méthylène jusqu' à apparition d'une auréole bleue autour de la tâche constituée par le sol, l'auréole bleue indique l'excès de cette solution dans les particules d'argile.

Le tableau suivant est le tableau de classification de type de sol selon le coefficient de la valeur de bleu de sol (**VBS**)

Tableau V.1.4:

VBS = 0.1	Sol insensible à l'eau ;
VBS = 0.2	Apparition de la sensibilité à l'eau ;
VBS = 1.5	Seuil distinguant les sols sable-limoneux des sols sable-argileux ;
VBS = 2.5	Seuil distinguant les sols limoneux peu plastiques des sols limoneux de plasticité moyenne ;
VBS = 6	Seuil distinguant les sols limoneux des sols argileux ;
VBS = 8	seuil distinguant les sols argileux des sols très argileux.

classification de type de sol selon le coefficient (VBS)



FigV.1. 12 : Matériaux utilisés (Essai De Blue Methylene)

3-Interprétation des essais au laboratoire

Toutes les caractéristiques physique, et mecaniques du sol de notre projet réalisées au laboratoire sont insérées dans le tableau suivant

Tableau V.1.5:

N° PUIT	ECHAN PROF (m)	Wn (%)	Dmax (mm)	Tamisa à 2mm En %	Tamisa à 80µmen %	VBS g /kg	Proctor modifier		Indice CBR immédiat		A 95% De γdmax
							W opm %	γd t /m 3	25C	55C	
1	0.2-0.60	2.4	36	56.69	24.2	0.30	9.48	2.13	37.42	48.04	44.10
2	0.7-2.00	8.07	45	90.37	45.25	1.27	6.26	2.07	45.46	41.66	34.62
3	0.2-2.20	1.62	24	27.91	5.97	0.11	7.08	2.33	20.36	30.53	22.39
4	0.5-2.20	5.1	6.5	67.98	40.14	0.97	11.69	2.06	-	-	13.47

Caracteristiques du sol de projet

4-Classification des sols :(selon Guide des terrassements routier GTR)

Une distinction nette a été établie entre les sols et les matériaux rocheux, pour pouvoir traiter séparément ces deux natures différentes de matériaux. Les principes de la classification 1976 ont été conservés pour les sols, mais une classification inédite est proposée pour les matériaux rocheux.

Des paramètres d'identification nouveaux, plus significatifs des problèmes posés par l'emploi des matériaux dans la construction des remblais et des couches de forme ont été introduits : **valeur au bleu de méthylène des sols (VBS)** pour apprécier la sensibilité à l'eau ; **coefficients Los Angeles (LA)**, **micro-Deval** en présence d'eau (MDE), **friabilité des sables (FS)** pour apprécier la tenue sous trafic ; **coefficients de fragmentabilité (FR)** et **dégradabilité (DG)** pour apprécier le caractère évolutif, etc

Il Existe **03** Classification (selon le **Guide technique de réalisation des remblais et des couches de forme Fascicule I juillet 2000 2eme édition SETRA ET LCPC**)

-Classification des **sols (classe A,B,C et D)**.

-Classification des **matériaux rocheux (classe R)**.

-Classification des **sols organiques et sous produits industriels (classe F)**.

La classification du sol de notre projet est définir comme suite : (**selon le guide technique GRT fascicule II**)

Tableau V.1.6: CLASSE A (SOL FINS)						
Classement selon de la nature					Classement selon etat hydrique	
Parametre de nature premier niveau de classification	Classe	Parametre de nature deuxieme niveau de classification	Sous classe fonction de la nature	Caractères principaux	Parametres et valeurs seuils retenus	Parametres et valeurs seuils retenus
d_{max} ≤ 50mm et tamisa à 80µm > 35% Puit 2 D_{max} = 45 < 50mm ET 80µm = 45.25 > 35%	Puit 2 le sol est de classe A sol fins	VBS ≤ 2,5 ou IP ≤ 12 Puit 2 VBS = 1.27	Puit 2 VBS = 1.27 < 2.5 donc le sol est de classe A1 Limons peu plastiques, loess, silts alluvionnaires, sables fins peu pollués, arènes peu plastiques...	-Ces sols changent brutalement de consistance pour de faibles variations de teneur en eau, en particulier lorsque leur w_n est proche de w_{OPN} . Le temps de réaction aux variations de l'environnement hydrique et climatique est relativement court, mais la perméabilité pouvant varier dans de larges limites selon la granulométrie, la plasticité et la compacité -temps de réaction peut tout de même varier assez largement. Dans le cas de ces sols fins peu plastiques, il est souvent préférable de les identifier par la valeur de bleu de méthylène VBS, compte tenu de l'imprécision attachée à la mesure de l' I_p .	IPI ≤ 3 ou w_n ≥ 1,25 w_{OPN} Notre cas -voir le tableau V.1.5: Puit N° 2 : W_n = 8,07 w_{OPN} = 6.26 1.25 X 6.26 = 7.82 W_n = 8.7 > 1,25 w_{OPN} = 7.82	donc le sol est de classe A1th
					Puit 4 D_{max} = 6.5 < 50mm ET 80µm = 40.14 > 35%	

Tableau V.1.7 :CLASSE B (SOL SABLEUX ET GRAVELEUX AVEC FINES

Tableau V.1.7 :CLASSE B (SOL SABLEUX ET GRAVELEUX AVEC FINES								
Classement selon de la nature					Classement selon état hydrique		Classement selon le comportement	
Parametre de nature premier niveau de classification	Classe	Paramètres de nature deuxième niveau de classification	Sous classe fonction de la nature	Caractères principaux	Paramètres et valeurs seuils retenus	Sous classe	Paramètres et valeurs seuils retenus	Sous classe
Dmax ≤ 50 mm et tamisé à 80 µm ≤ 35% Puit 3 Dmax=36< 50mm ET 80µm= 5.97< 35%	Puit 3 le sol est de classe A sol fins B Sols sableux et graveleux avec fine	-tamisé à 80 µm ≤ 12% - tamisé à 2 mm ≤ 70% - 0,1 < VBS ≤ 0,2 ou ES > 25 Puit 3 80 µm= 5.97%< 12% - 0,1 < VBS =0.11<0.2 Tamisa 2mm= 27.91<70 %	Puit 3 donc le sol est de classe B3 Graves silteuses	Matériaux graveleux généralement insensibles à l'eau. Mais, dans certains cas (extraction dans la nappe...), cette insensibilité devra être confirmée (étude complémentaire, planche d'essai...). Leur emploi en couche de forme sans traitement avec des LH nécessite, par ailleurs, la mesure de leur résistance mécanique (Los Angelès, LA , et Micro Deval en présence d'eau, MDE).			LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	B31
							LA > 45 ou MDE > 45	B32
Puit 1 Dmax=36< 50mm ET 80µm= 24.2 < 35%	Puit 1 le sol est de classe A sol fins B	tamisé à 80 µm compris entre 12 et 35% - VBS ≤ 1,5 ou Ip ≤ 12 Puit 1 -80 µm= 12%<5.97 %<35% -VBS = 0.30 < 1.5 -Tamisa 2mm= 56.69<70%	Puit 1 donc le sol est de classe B5 Sables et graves très silteux..	La proportion de fines et la faible plasticité de ces dernières, rapprochent beaucoup le comportement de ces sols de celui des sols A1. Pour la même raison qu'indiquée à propos des sols A1,il y a lieu de préférer le critère VBS au critère Ip, pour l'identification de sols B5. Leur emploi en couche de forme sans	Puit N° 1 Wn =2.4 wOPN= 9.48 0.6 X 9.48 = 5.68 Wn= 2.4< 0.6 wOPN = 5.68	donc le sol est de classe B5ts	LA ≤ 45 et MDE ≤ 45	B51ts
							LA > 45 ou MDE >45	B52ts

				<p>traitement avec des LH nécessite de connaître leur résistance mécanique (Los Angelès, LA, et/ou Micro Deval en présence d'e d'eau, MDE)</p>				
--	--	--	--	---	--	--	--	--

5. Condition d'utilisation des sols en remblais :

Les remblais doivent être constitués de matériaux provenant de déblais ou d'emprunts éventuels.

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- Pierre de dimension > 80mm.
- Matériaux plastique IP > 20% ou organique.
- Matériaux gélifs.
- On évite les sols à forte teneur en argile.

Les remblais seront réglés et soigneusement compactés sur la surface pour laquelle seront

Exécutés

Les matériaux des remblais seront établis par couche de 30cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage. Une couche ne devra pas être mise en place et compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée après vérification de son compactage.

Conclusion : suite les resultats du tableaux (Tableau V.1.6 et Tableau V.1.7) Le sol de notre projet est de classe :

N° PUIT	CLASSE DU SOL	OBSERVATION
1	B5	<p>La proportion de fines et la faible plasticité de ces dernières, rapprochent beaucoup le comportement de ces sols de celui des sols A1.</p> <p>Leur emploi en couche de forme sans traitement avec des LH nécessite de connaître leur résistance mécanique (Los Angelès, LA, et/ou Micro Deval en présence d'eau, MDE)</p>
2	A1 (A1th)	-
3	B3	<p>Matériaux graveleux généralement insensibles à l'eau ,Leur emploi en couche de forme sans traitement avec des LH nécessite, par ailleurs, la mesure de leur résistance mécanique (Los Angelès, LA, et Micro Deval en présence d'eau, MDE).</p>
4	A1 (A1ts)	-

VI.2. ETUDE HYDRAULIQUE

1- Introduction

L'évacuation des eaux pluviales est l'une des préoccupations fondamentales dans le domaine des routes, car la présence d'eau provoque plusieurs inconvénients tel que les problèmes d'inondation ; glissement des terrains, ainsi que les problèmes d'érosion, stabilité des talus, et la dégradation des chaussées par défaut de portance du sol.

Donc une solution à ses problèmes fut adaptée, c'est de prévoir des dispositions adéquates pour évacuer l'eau loin de la route, l'ensemble de ses travaux porte le nom Assainissement. Les types de dégradation provoquée par les eaux sont engendrés comme suit :

a-Pour les chaussées :

- Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées).
- Désenrobage.
- Nid de poule (dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée avec un trafic important).
- Décollement des bords (affouillement des flancs).

b-Pour les talus :

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

Les études hydrauliques inventorieront l'existence de cours d'eau et d'une manière générale des écoulements d'eau en surface. Elles détermineront ensuite l'incidence du projet sur ces écoulements et les équipements à prendre en compte pour maintenir ces écoulements.

2- 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.
- La sauvegarde de l'ouvrage routier (car l'eau accélère la dégradation de la surface,

Augmente la teneur en eau du sol support, entraînant par la suite des variations de portance et diminue la qualité mécanique de la chaussée).

2.2. Objectifs d'assainissement :

L'étude hydrologique des routes doit remplir les objectifs suivants :

- la collecte et l'évacuation des eaux superficielles dans l'emprise de la route
- la collecte et l'évacuation des eaux internes ,c'est adire le drainage
- le rétablissement des petits écoulements naturels
- Réduction du coût d'entretien.

2.3. Définitions des termes hydrauliques :**a) 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).

b) Collecteur principal (canalisation):

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

c) 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.

d) 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 entraîné, par les eaux superficielles.

e) **Fossés de crêtes** : C'est un outil construit à fin de prévenir l'érosion du terrain ou cours des pluies.

f) **Décente d'eau** : Elle draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes.

g) **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 les problèmes d'érosion.

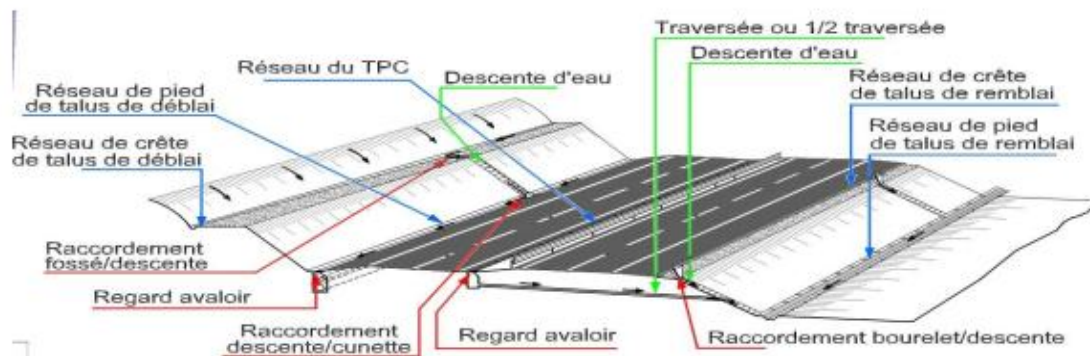


Fig. 01 : Dispositif d'assainissement

3- Définitions des termes hydrauliques :

3.1 -Bassin versant naturel

est un secteur géographique qui est limité par les susceptible d'être alimentée en eau pluviale, d'une façon naturelle, ce qui nécessite une canalisation en un point bas considéré (exutoire). Selon la nature des terrains, nous serons amenés à considérer deux définitions "bassin versant perméable et bassin imperméable".

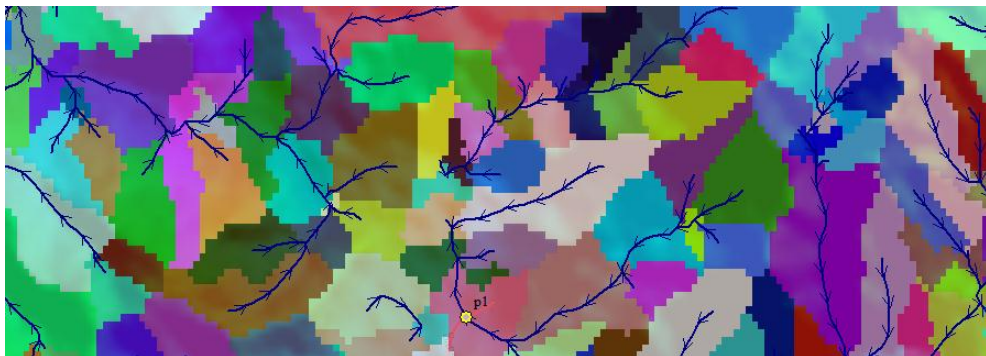


Fig 02 : Bassin versant

Chaque bassin versant est caractérisé par sa surface et par la longueur du talweg principal et sa pente. La surface d'un bassin s'exprime généralement en km^2

***Le bassin versant :** Le bassin versant en une section d'un cours d'eau est défini comme la surface drainée par ce cours d'eau et ses affluents en amont de la section. Tout écoulement prenant naissance à l'intérieur de cette surface doit donc traverser la section considérée, appelée exutoire, pour poursuivre son trajet vers l'aval. Selon la nature des terrains, nous serons amenés à considérer deux définitions :

-Bassin versant topographique (Superficie $> 25 \text{ km}^2$) :

Si le sous-sol est imperméable, le cheminement de l'eau ne sera déterminé que par la topographie. Le bassin versant sera alors limité par des lignes de crêtes et des lignes de plus grande pente comme

Bassin versant hydrogéologique (reel) :

Dans le cas d'une région au sous-sol perméable, il se peut qu'une partie des eaux tombées à l'intérieur du bassin topographique s'infilte puis sorte souterrainement du bassin (ou qu'à l'inverse des eaux entrent souterrainement dans le bassin).

Dans ce cas, nous serons amenés à ajouter aux considérations topographiques des considérations d'ordre géologique pour déterminer les limites du bassin versant.

Cette distinction entre bassin topographique et hydrogéologique se justifie surtout pour les petits bassins.

En effet, lorsque la taille du bassin augmente, les apports et les pertes souterraines ont plus de chance de se compenser.

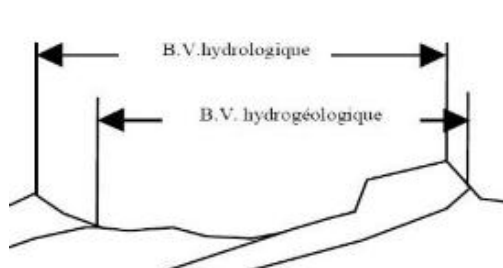


Fig V. 2.2: Le bassin versant hydrogéologique

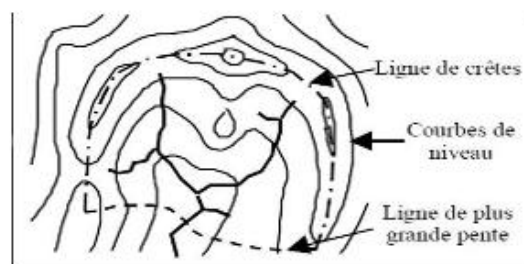


Fig V. 2. 3: Le bassin versant topographique

***Le talweg** est l'ensemble des points les plus bas d'une vallée.

*** Les lignes de crêtes ou de partage des eaux** sont une ligne de points hauts d'un relief séparant deux versants opposés.

*** Le débit capable** est le débit maximal que l'on peut faire transiter par un ouvrage coulant à plein.

*** Le débit de projet** est la valeur du débit dimensionnant pour les ouvrages hydrauliques. Généralement, débit centennal pour les ouvrages de rétablissement des écoulements naturels et décennaux pour la plate-forme routière

A) Bassin versant topographique (Superficie > 25 km²) :

Si le sous-sol est imperméable, le cheminement de l'eau ne sera déterminé que par la topographie. Le bassin versant sera alors limité par des lignes de crêtes et des lignes de plus grande pente comme

B) Bassin versant hydrogéologique (reel) :

4- Les Ouvrages Des Ecoulements Des Eaux :

En général les ouvrages d'évacuations des eaux superficielles ou sous chaussée sont nombreux, parmi lesquels ceux qui ont traversé notre route sont les suivantes:

- Les passages submersibles.
- Les fossés.
- Les dalots.
- Les buses.

5- L'Etude Hydrologie

Le but de l'étude hydrologique est d'évaluer le débit de pointe pour les périodes de retour **10,50 et 100 ans**, La démarche suivante a été adoptée :

- Présentation des réseaux hydrographiques de la zone d'étude
- Délimitation du bassin sur support topographique 1/50000
- Une analyse des données aux stations pluviométriques et hydrométriques existantes sur le bassin versant ou sur des bassins versants voisins.
- Estimation des débits de pointe **Q (T)**
- Estimation du débit max de la crue qui passe **Q_{max}**

a-Le Réseau Hydrographique :

La zone d'étude située au milieu du bassin versant de cotiers constantinois qu'il s'étend sur une superficie de **1200 Km²** possède une façade maritime, le bassin versant de cotiers constantinois est limité au Nord par la Mer Méditerranée, au Sud par le Col de **D'elkentour**, à l'ouest le col de **Staiha** et à l'est le col de **Bissy**

b- Application Au Projet

1/ Les données pluviométriques du projet

Pour notre projet, l'étude sera basée sur les données enregistrées au niveau de la station pluviométrique disponible pour le service **L'NRH** concernant les courbes **IDF** de la zone d'étude

Le tableau ci-dessous donne les caractéristiques pluviométriques de cette station prise en considération dans l'étude

Code	X	Y	Z (m)	Pan (mm)	Pj max (mm)	Cv	b	N(ans)
03-09-07	6.3732	36.405	220	820	61.6	0.38	0.41	15

Tableau V.2.1 : caracteristiques de la station pluviométrique

2/Délimitation Des Bassins Versants

Le bassin versant , appelé aussi bassin de drainage d'un oued , en point donné de son cours, est l'aire limitée par le contour à l'intérieur duquel l'eau précipitée se dirige vers ce point de l'oued .

Le bassin versant a une fonction de collecteur , il recueille les pluies et les transforme en écoulement à l'exécutoire . cette transformation est en fonction des conditions climatiques et des caractéristiques physiques du bassin versant voir la photo ci-dessous .

3/Evaluation Des Caracteristiques Morphologique

la determination des caractéristiques morphologiques des bassins versants consiste a calculer, et/ou évaluer , les paramètres explicatifs , indispensables à l'évaluation des debits de crues

- la surface du bassin versant (**km²**)
- le périmètre (**km**)
- la longueur du talweg(**km**)
- l'altitude max(**m**)
- l'altitude min (**m**)
- le temps de concentration (**heur**)
- le coefficient de ruissellement

Pour determiner ces valeurs on utilise **logiciel global mapper**

4/ Détermination des caractéristiques morphologiques des bassins versants

La future route est projetée sur les cartes de système SRTM où seront délimités les bassins versants et déterminées les surfaces, les longueurs des talwegs et les déclivités en se servant du logiciel Globale Mapper.

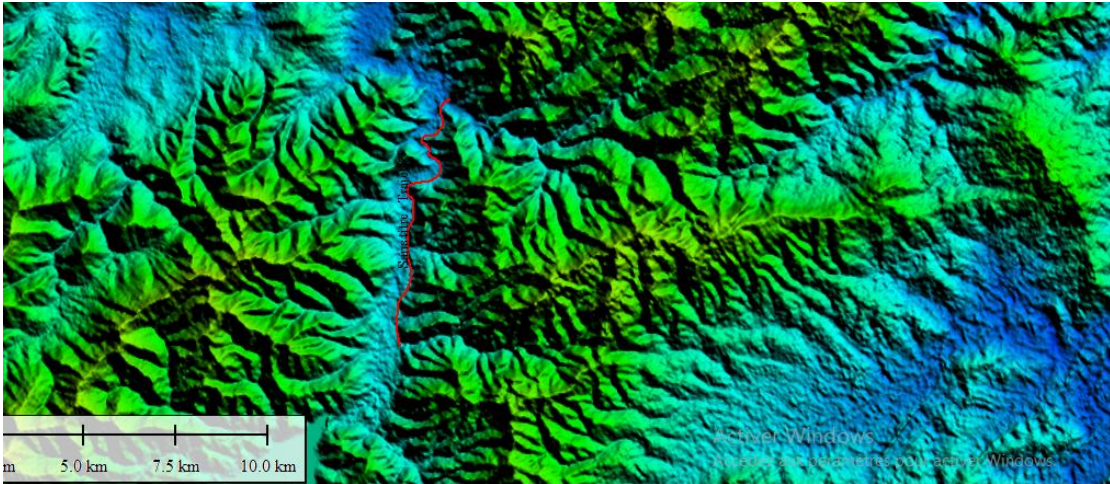


Fig 03 : La localisation du projet dans la topographie du cours d'eau

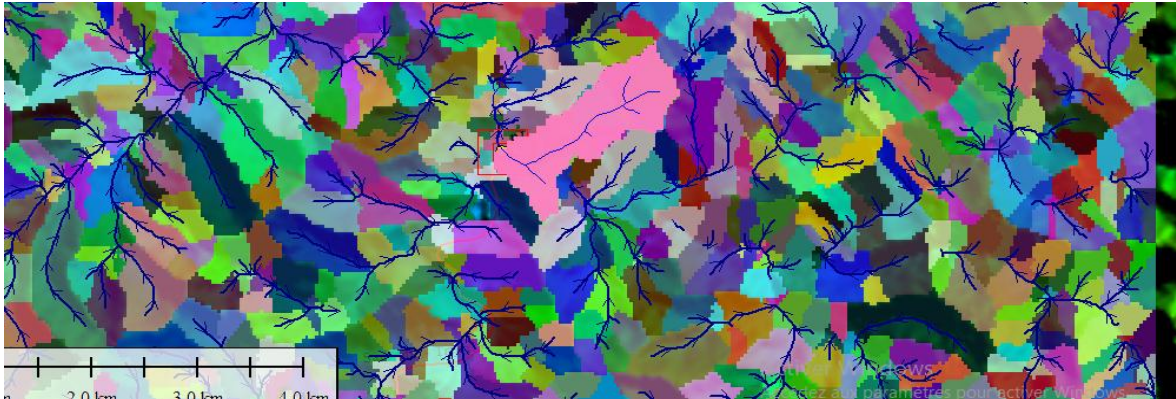


Fig 04 : Schéma de la zone du cours d'eau inondé pour le projet

N°BV	PK	SURFACE (Km2)	PERIMETRE (Km)	L (Km)	Hmax (m)	Hmin (m)	Hmoy (m)	Pente TW (%)	kc
1	30+750	0.1364	1.474	0.432	206	84	145	20.2	1.12
2	30+900	0.0545	0.95782	0.218	156	86	121	20.7	1.15
3	31+125	0.02492	0.71758	0.125	136	88	112	7.6	1.27
4	31+375	4.668	9.014	2.14	193	91	131	6.5	1.17
5	31+825	0.1401	1.528	0.468	194	92	143	14	1.14
6	32+075	0.104	1.526	0.554	240	96	168	17.3	1.32
7	32+400	0.03682	0.8721	0.257	182	98	140	22.9	1.27
8	32+625	0.4158	2.698	0.804	266	98	182	12.2	1.17
9	32+875	0.2052	2.098	0.383	206	94	150	17.3	1.30
10	33+775	3.128	10.345	4.38	360	100	209	7.1	1.64

Tableau V.2.2 : Caracteristiques Physique Des Bassins Versants

Kc : l'indice de compacité ou l'indice de GRAVELUIS, est un parametre indicateur

6- Dimensionnement des ouvrages d'évacuations :

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

6-1/Détermination des débits de crue

Les débits de crue sont calculés pour des bassins versants de superficie inférieure à 200 Km² au moyen de la méthode rationnelle dont l'expression usuelle est donnée par la formule :

$$Q_a = K \cdot C \cdot I \cdot A \quad (\text{Selon la méthode rationnelle})$$

Q₁₀ : Débits de crue de fréquence déterminée (en m³/s).

K : Coefficient dépend des unités retenues K = 0,278.

C : Coefficient de ruissellement.

I : Intensité moyenne de la précipitation en (mm/h).

A : Superficie du bassin versant (en km²).

6-2/ Choix de la période de retour

La période de retour T à prendre en compte doit, faire l'objet d'une analyse mettant en regard le coût d'investissement de l'infrastructure avec les conséquences d'un débordement pour l'utilisateur, les riverains, les ouvrages routiers (perturbations locales et temporaires de la circulation et situations à risques) et enfin l'impact sur le milieu naturel.

En l'absence de ce type d'analyse, il est recommandé d'adopter, une période de retour centennale (100 ans).

6-3 les coefficient de ruissellement

a/Pour les bassins versants:

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

$$C = C1 + C2 + C3.$$

- **C1**: dépend de la pente "p" du thalweg principal estimée comme étant égal au rapport de la dénivelée du talweg (falaises exclues) par sa longueur développée. Ces informations sont obtenues généralement à partir des cartes topographiques disponibles. Les valeurs de "C1" sont présentées dans le Tableau N° 1.
- **C2** : dépend de la perméabilité du sol, déterminée à partir des informations concernant la nature du sol et ses caractéristiques. Les valeurs du coefficient "C2" sont présentées dans le Tableau N°2.
- **C3** : dépend de la couverture végétale du bassin versant. Ces informations seront obtenues à partir d'une inspection visuelle des bassins versants, des photos prises du site et des photos aériennes. Les valeurs du coefficient "C3" sont présentées dans le Tableau N° 3

Couverture Végétale	Coefficient (C1)
$P \leq 3.5$	0,01–0,05
$3,5 \leq P \leq 11$	0,06–0,10
$11 < P \leq 35$	0,12–0,20
$35 < P$	0,22–0,30

Tableau N° -3: Valeur du Coefficient "C1" pour Diverses Pentas.

Couverture Végétale	Coefficient (C2)
Imperméable	0,22–0,30
Peu perméable	0,10–0,20
Perméable	0,06–0,10
Très perméable	0,06–0,05

Tableau N° -4: Valeur du Coefficient "C2" par Rapport à la Nature du Sol.

N°	Couverture Végétale	Coefficient (C3)	Tableau - 5 : Valeurs
	Rocheux	0,22–0,30	
	Prairie	0,17–0,25	
	Labours–Champs	0,07–0,15	
	Forêts et Terrains Sableux	0,03–0,05	

du Coefficient "C3" Relative à la Couverture du Sol.

b/ Pour la chaussée:

Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative à des surfaces simple par rapport à la surface drainée. Sa valeur est obtenue en tenant compte des paramètres suivants : la couverture végétale, la forme, la pente et la nature du terrain.

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 N° -6 : les coefficients de ruissellements.

c/ Intensité de la pluie:

La détermination de l'intensité de la pluie, comprend différentes étapes de calcul qui sont :

1/ la pluie journalière maximale annuelle :

$$P_{j_{max}} (\%) = \frac{P_j}{\sqrt{(C_v^2 + 1)}} \cdot e^{U \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

Où :

P_{jmax} : pluie journalière max de période de retour donnée (mm).

C_v : Coefficient de variation.

U: Variable de Gauss.

Ln: Log. Népérien.

Fréquence au dépassement (%)	50	20	10	5	2	1
Période de retour (années)	2	5	10	20	50	100
Variable de GAUSS (U)	0	0.841	1.282	1.645	2.057	2.327

Tableau N° -7: Variable de Gauss.

Pour les ouvrages de drainage, nous adoptons une période de retour de 10 ans.

d/ Calcul de la fréquence d’averse:

La fréquence d’averse est donnée par la formule suivante :

$$P_{tc} (\%) = P_{j \max} (\%) \cdot \left(\frac{tc}{24}\right)^b$$

Pjmax : pluie journalière max de période de retour donnée (mm).

Ptc: pluie courte durée pour une fréquence donnée (mm).

tc : Temps de concentration (durée de pluie) (heure).

b : coefficient climatique 0.41

6-4 Le débit capable des ouvrages hydrauliques (saturation) :

Il s’agit de choisir un ouvrage tel que ses caractéristiques géométriques, son implantation et son fonctionnement hydraulique assurent la transition du débit d’apport dans des conditions satisfaisantes: vitesse d’auto curage et la vitesse maximale vis-à-vis la durabilité des ouvrages.

Pour notre cas la formule de Manning-Strickler peut s’appliquer :

Avec : $Qc = K \cdot Rh^{2/3} \cdot p \cdot Sm$

Qc : Débit capable en (m³/s).

Rh : Rayon hydraulique en (m). Avec :

$$Rh = S_m / P_m$$

Sm: Section mouillée en (m²).

Pm: Périmètre mouillé en (m).

p: Pente du radier en (m/m).

K: Coefficient de rugosité de Manning. Les valeurs des coefficients de rugosité (K) sont représentées dans le tableau suivant :

Ouvrage d’assainissement	En terre	Buses métalliques	maçonneries	Béton (Dalots)	Béton (Buses préfabriquées)
Coefficient de rugosité (k)	30	40	50	70	80

Tableau N° -8 : Les valeurs des coefficients de rugosité (K)

a/Le tems de concentration:

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

- .Lorsque $A < 5 \text{ km}^2$ $T_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}}$ Ventura
- Lorsque $5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$ $T_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{AL}}{P}$ Giandotti
- lorsque $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$ $T_c = \frac{4\sqrt{A}}{0.8} + \frac{1.5L}{\sqrt{H}}$ Passini

:Où:

T_c : Temps de concentration (heure)

A : Superficie du bassin versant (km^2)

L : Longueur de bassin versant (km)

P : Pente moyenne du bassin versant

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

b-L'intensité horaire:

$$I_{tc} = \frac{P_{tc}}{tc}$$

I_{tc} : Intensité de la pluie (mm/h).

tc : Temps de concentration (heure).

P_{tc} : pluie courte durée pour une fréquence donnée (mm).

7- Dimensionnement des ouvrages de rétablissement des écoulements :

7.1 Dimensionnement Des Dalots :

La section de dalot est calculée comme pour le fossé, seulement on change la hauteur de remplissage et la hauteur du dalot. On fixe la hauteur tenant compte du profil en long et on calcule l'ouverture L nécessaire et on fixe aussi la hauteur de remplissage à $\rho = 0,8h$.

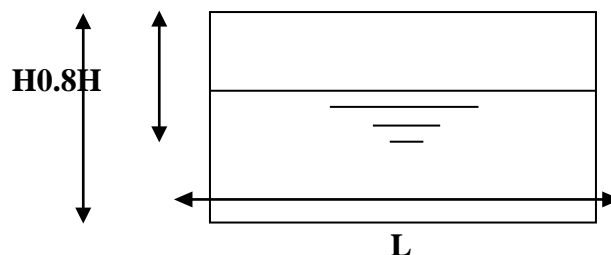


Fig 04 : Dalots

On à:

Périmètre mouillé : $P_m = (2 \times 0,8 \times h) + L$

Section mouillée : $S_m = 0,8 \times h \times L$

Rayon mouillé : $R_H = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0,8 \times h \times L}{1,6 \times h + L}$

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

$$Q_s = 0,8 \times h \times L \times K_{st} \times \left[\frac{0,8 \times h \times L}{1,6 \times h + L} \right]^{2/3} \times j^{1/2}$$

Avec:

$K_{st} = 70$ (dalot en béton).

J : pente du dalot.

Le débit rapporté par le bassin versant, doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot.

$$Q_a = Q_s$$

$$Q_a = (0,8 \times h \times L) \times 70 \times \left[\frac{0,8 \times h \times L}{1,6 \times h + L} \right]^{2/3} \times j^{1/2}$$

On tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité, par itération.

7.2 Dimensionnement Des Buses :

Le dimensionnement d'une buse résulte de la comparaison entre le débit d'apport et le débit de saturation de cette buse, c'est-à-dire il faut que Q_a soit inférieur à Q_s . Donc le principe consiste à chercher le rayon de la buse qui vérifie cette condition

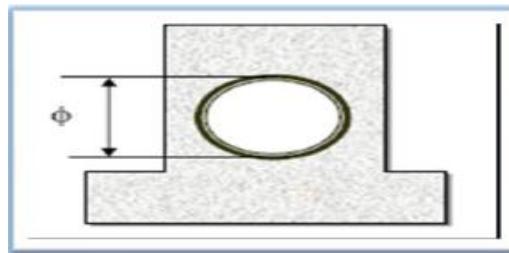


Figure 06 : Buses

$$Q_s = S_m \times K_{st} \times R_H^{2/3} \times j^{1/2}$$

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

Avec:

- S_m : section mouillée, $S_m = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2$
- R_H : rayon hydraulique, $R_H = \frac{R}{2}$
- $K_{st} = 80$ pour les buses en béton.
- **J**: la pente de pose égale la pente de profil en travers.

$$Q_s = 80 \times \left(\frac{R}{2} \right)^{2/3} \times \frac{\pi}{2} \times R^2 \times J^{1/2}$$

7.3 Dimensionnement Des Fossés :

Les fossés récupèrent les eaux de ruissellement venant de la chaussée, de l'accotement et de talus. Pour mon étude j'adopte des fossés en béton, ceci est fonction des pentes du fossé et la nature des matériaux le sol support. Le profil en travers hypothétique de fossé est donné dans la figure ci-dessous. On fixe la base de la fosse à ($b = 50 \text{ cm}$) et la pente du talus à ($p=1/n = 1/1.5$) d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h

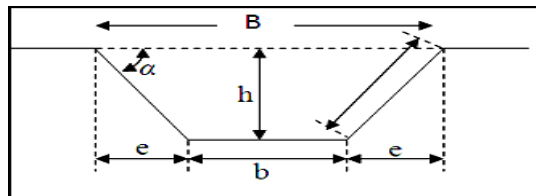


Figure 07 : Fossés

❖ **Calcul de la surface mouillée:**

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

$\tan \alpha = h/e = 1/n$ D'où $e = n \times h$

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

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

❖ **Calcul du périmètre mouille:**

$$P_m = b + 2B$$

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

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

❖ **Calcul le rayon hydraulique:**

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

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation. La hauteur (h) d'eau dans le fossé sera obtenue en faisant l'égalité suivant:

$$Q_a = Q_s \Rightarrow K \times C \times I_t \times A = S_m \times K_{st} \times R_H^{2/3} \times j^{1/2}$$

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

8- Application au Projet

➤ Données pluviométriques :

- La pluie journalière moyenne $P_{jmoy} = 61.8 \text{ mm}$
- Le coefficient de variation $C_v = 0.38$
- L'exposant climatique $b = 0.41$
- Variable de Gauss $u = 1.28$ (fréquence décennale).
- Indice de compacité (**kc**)

a) Calcul hydraulique

1 - Calcul de la pluie journalière maximale annuelle P_j

$$P_{j_{\max}} (\%) = \frac{P_j}{\sqrt{(C_v^2 + 1)}} \cdot e^{\frac{u}{\sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

Engénéral pour les routes principales on prenden compte de fréquence décimale (10ans)

donc la variable de gauss $U = 1.28$ et $C_v = 0.38$

$$P_j(10\%) = \frac{61.8}{\sqrt{0.38^2 + 1}} \cdot e^{(1.28 \cdot \sqrt{\ln(0.38^2 + 1)})} = \mathbf{92.40}$$

2 – Fréquenced'averse P_t (10%):

Pour une durée de $T = 15 \text{ min}$, on la détermine par la formule:

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

$$b = 0.41$$

$$A < 5 \text{ km}^2 \quad t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$$

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.1984}{0.223}} = \mathbf{0.25 \text{ h}}$$

$$P_{tc} (\%) = 92.40 \left(\frac{0.25}{24}\right)^{0.41} = \mathbf{14.22 \text{ mm}}$$

3- Calcul de l'intensité de l'averse :

$$I(10\%) = \frac{P_t(10\%)}{T_c} = \frac{14.22}{0.25} = \mathbf{56.88 \text{ mm/h}}$$

$$I_t = I (tc/24)^B$$

Avec :

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

$$B = b-1=0.42-1= -0.58 \quad I=\frac{Pj}{24}$$

Pour $Pj(10\%) = 92.4 \text{ mm}$

$$I = \frac{92.4}{24} = 3.85 \text{ mm/h}$$

$$I_t = 3.85 \left(\frac{0.25}{24}\right)^{-0.59} = 56.88 \text{ mm/h}$$

b) Dimensionnement des fosses :

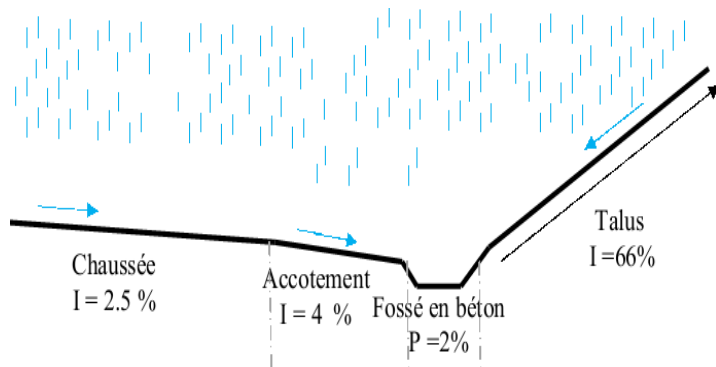
b.1) Calculs des débits:

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

➤ $Q_a = K.C. i. A$

La surface de bassin versant : on considère la présence des trois éléments (chaussée, accotement ,talus), la section de 100m en calculant le débit rapporté par chaque élément de la route et le débit total. Une largeur de talus: été prise défavorable égale (10m).

Donc :



❖ **Calcul des urface des sous bassins versants :**

SBV	A(km ²)
Chaussée	$7 \times 100 \times 10^{-6} = 0.0007$
Accotement	$1.8 \times 100 \times 10^{-6} = 0.00018$
Talus	$10 \times 100 \times 10^{-6} = 0.001$

Tableau N° -9: Les surfaces des sous bassins versants.

b.2) Calcul L'intensité de l'averse :

Pour une période de retour de 10 ans on a :

➤ Pour la Chaussée : $t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} \Rightarrow t_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.0007}{0.025}} = 0.021 \text{ h}$

$$I_t = I \left(\frac{t_c}{24}\right)^B = 3.85 \left(\frac{0.021}{24}\right)^{-0.59} = 222.98$$

➤ Pour l'accotement : $t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} \Rightarrow t_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.00018}{0.04}} = 0.008 \text{ h}$

$$It = I \left(\frac{tc}{24}\right)^B = 3.85 \left(\frac{0.008}{24}\right)^{-0.59} = 433.473$$

➤ Pour le talus : $t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} \cdot 127 \Rightarrow t_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.001}{0.66}} = 0.004 \text{ h}$

$$It = I \left(\frac{tc}{24}\right)^B = 3.85 \left(\frac{0.004}{24}\right)^{-0.59} = 652.484$$

❖ L'intensité de l'averse IT:

SBV	Pente(%)	Tc(h)	It(mm/h)
Chaussée	2.5	0.021	222.98
Accotement	4	0.008	433.473
Talus	66	0.004	652.484

Tableau N° -10: Calcul de l'intensité.

❖ Débit total:

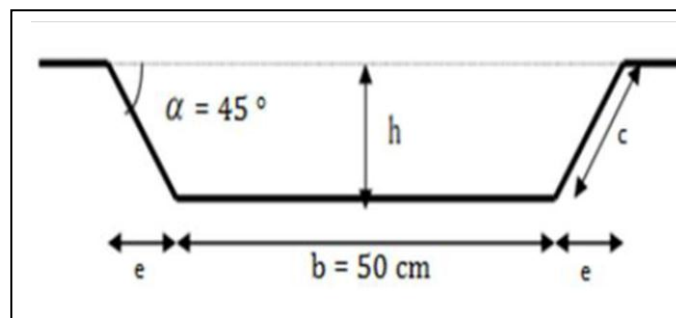
SBV	C	K	I(mm/h)	A(km ²)	Q(m ³ /s)	Q total (m ³ /s)
chaussée	0,95	0.278	222.986	0.0007	0.041	0.103
Accotement	0,4	0.278	433.473	0.00018	0.008	
talus	0.3	0.278	652.484	0.001	0.054	

Tableau N° -11: Le débit total des bassins versants.

D'où:

$$Q_a = Q_c + Q_a + Q_t = 0.109 \text{ (m}^3/\text{s)}$$

➤ Débit de saturation (Qs)



• La section mouillée:

$$S_m = b \cdot h + h^2 = h \cdot (b + h)$$

➤ Le périmètre mouillé:

$$P_m = b + 2 \cdot h \cdot (2)^{1/2}$$

• Le Rayon hydraulique:

$$RH = S_m / P_m$$

Les dimensions de la fosse obtenues, en écrivant l'égalité, débit apport **Qa** et débit de saturation **Qs**.

$$Q_a = Q_s = S_m \cdot K_{st} \cdot J^{1/2} \cdot RH^{2/3} = 0.103 \text{ m}^3/\text{s}$$

On prend **b=0,5m** et Pour un angle de 45° => n = 1.

Pour la pente hydraulique du fossé « I », on met : $I = 2 \%$ c'est assez pour l'écoulement d'eau dans une section en béton armé

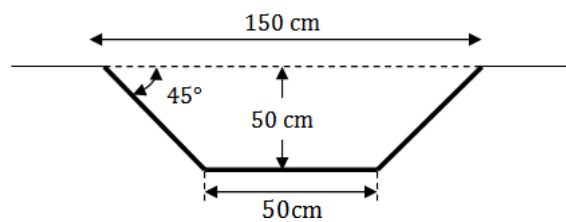
KST : Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = 80 (pour buses préfabriquées en BA).

Donc: on obtient la formule suivante :

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

$$H = \left[\frac{Q_a}{K_{st} \times b \times I^{1/2}} \right]^{3/5} \frac{[1 + 2\sqrt{2} \times \frac{H}{b}]^{2/5}}{1 + \frac{H}{b}} = 0.45 \text{ m}$$

D'après le calcul on a trouvé la hauteur **H = 0.50m**



Pour des raisons des écrites on prend un fossé standard ($b=50\text{cm}$, $H=50\text{cm}$, $B=150\text{cm}$).

c) Dimensionnement du système de drainage transversal (buses et dalots) :

c.1) Dimensionnement des buses:

Pour dimensionner les buses on prend $Q_a = Q_s$

Tel que : $Q_s = s \times KST \times R_H^{2/3} \times I^{1/2}$

- Q_s : débit maximum (débit de la pénétrante).
- Kst : coefficient de rugosité de canalisation.
- J : pente de canalisation.(%).
- S : section transversale de l'écoulement.

R_h : rayon hydraulique ($RH = S_m / P_m$).

Pour notre cas ;Nou savons :

- $A = 0.1984 \text{ km}^2$
- $P = 22.3 \%$
- $T_c = 0.25 \text{ h}$
- $I_t = 56.88 \text{ mm/h}$

- $Q_a = 0.103 \text{ m}^3/\text{s}$
- $K_{st} = 80$ coefficient de rugosité pour le beton
- $R^{\frac{8}{3}} = \left(\frac{Q_a \cdot 2^{\frac{2}{3}}}{\left(\frac{1}{2}\pi \cdot K_{st} \cdot j^{\frac{1}{2}}\right)} \right)^{\frac{3}{8}} = \left(\frac{0.103 \cdot 2^{\frac{2}{3}}}{\left(\frac{1}{2}\pi \cdot 80 \cdot 0.223^{\frac{1}{2}}\right)} \right)^{\frac{3}{8}} = 0.49$
- $D = 2R = 0.98 \text{ m} = 980 \text{ mm}$
- On prendre $D = \Phi 1000$

Les ouvrages hydraulique adoptés dans le cadre du projet sont :

N° BV	PK	Nombre de cellules	Hauteur ou diamètres		Débit total à évacuer Q (m3/s)	Type d'ouvrage		Caractéristiques hydraulique		
			B (m)	H (m)		Dalot	Buse	Hamont (m)	Haval (m)	Vitesse à la sortie
1	30+750	1	1.5	1.5	2.54		X	1.1925	0.828	2.539
2	30+900	1	1	1	1.01		X	0.841	0.5799	2.142
3	31+125	1	1	1	0.46		X	0.533	0.386	1.647
4	31+825	1	1.5	1.5	2.62		X	1.0755	0.7	2.486
5	32+400	1	1	1	0.69		X	0.67	0.475	1.878
6	32+625	2	1.5	1.5	5.89		X	0.871	0.895	2.679
7	32+875 AU 33+425	FOSSE (50X50X150) A PROJETER SUR L= 450m (TALUS)								
9	33+425 AU 33+650	FOSSE (50X50X150) A PROJETER SUR L= 250m (TALUS)								

Tableau V.2.2 : les ouvrages adoptés

CHAPITRE V
étude géotechnique et
hydraulique

V.1. SIGNALISATION

1.1. INTRODUCTION :

« Les équipements routiers sont des dispositifs affectés aux besoins de la circulation routière, destinés à la signalisation, à la protection des usagers, à l'exploitation des voies du domaine public routier, à la constatation des infractions au code de la route et au recouvrement des droits d'usage.

Ils doivent être conçus, fabriqués, commercialisés, utilisés et entretenus de façon à assurer aux usagers de la route le meilleur niveau de sécurité ou d'interopérabilité possible, selon les équipements considérés.

Les équipements routiers sont classés en cinq catégories définies ainsi qu'il suit :

1° : Les équipements de signalisation permanents ou temporaires, comprenant l'ensemble des dispositifs et produits destinés à la signalisation routière, notamment les produits de marquage de chaussées, les panneaux de signalisation, dont les panneaux à messages variables, ainsi que les balises et les feux de circulation ;

2° : Les équipements de protection des usagers, notamment ceux qui assurent une fonction de retenue des véhicules ou des piétons sur la chaussée ou ses dépendances, d'atténuation des chocs ou de protection contre l'éblouissement ;

La signalisation a été élaborée selon l'instruction interministérielle sur la signalisation routière de 1974 et les normes des équipements des routes interurbaines du Guide de SETRA – Décembre 1998.

1.2. Objectifs de signalisation routière :

Les recommandations distinguent un éclairage « **fonctionnel** » (amélioration de la visibilité), d'une part, et trois usages de l'éclairage spécifiques au milieu urbain : l'aspect paysager (perception de l'espace, continuité visuelle, esthétique), l'ambiance lumineuse, et le guidage visuel.

L'amélioration de la visibilité

permet, selon les recommandations :

- de favoriser la sécurité des déplacements ;
- de diminuer l'éblouissement dû aux feux de véhicules ;
- d'améliorer l'estimation des distances ;
- de favoriser la sécurité des personnes et des biens ;
- de permettre une vie urbaine nocturne ;
- de valoriser les espaces publics

1.3. Critères à respecter pour la signalisation :

Il est indispensable avant d'entamer la conception de la signalisation de respecter certains critères, afin que celle-ci soit bien vue, lue, et comprise :

- Homogénéité entre la géométrie de la route et la signalisation.
- Respecter les règles d'implantation
- Cohérence entre les signalisations verticales et horizontales.
- Eviter les panneaux publicitaires irréguliers.
- Eviter la multiplication des signaux et des super signaux, en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur

1.4. Types de signalisation :

On distingue deux types de signalisation :

1.4.1. SIGNALISATION ROUTIER VERTICAL (SRV) :

Elle se fait par panneaux, par feux, par balise ce sont des objets qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme. Elles peuvent être classées dans quatre classes.

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

b) -Signaux comportant une prescription absolue :

Panneaux de forme circulaire, on trouve : L'interdiction, L'obligation, et la fin de prescription

c) -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

d) -Signaux de position des dangers : Toujours implantés en pré signalisation, ils sont d'un emploi peu fréquent en milieu urbain

Remarque :

La signalisation doit être établie de manière à être efficace le jour et la nuit.

En rase campagne, la hauteur des signaux et l'emploi éventuel de dispositifs réfléchissants ou de revêtements lumineux sont prévus de telle sorte qu'ils assurent aux signaux une visibilité satisfaisante, lorsque ces derniers sont frappés par les feux de route ou de croisement des véhicules automobiles.

Dans les traverses pourvues d'un éclairage public, il peut être utile de doter les signaux d'un éclairage spécial pour leur donner une visibilité suffisante.

Les types de signaux éclairés, que ce soit par transparence, par réflexion ou par tout autre dispositif, doivent être agréés par le Ministre des Travaux Publics et de la Construction.

1.4.1.1-CATEGORIES DES SIGNAUX VERTICAL :

Les différentes signalisations se répartissent en trois catégories,

1-Signaux d'avertissement de danger (type A).



Fig V.1.1 : Signaux D'avertissement De Danger (type A).

2-Signaux de réglementation, se subdivisant en :



Fig V.1.2: Signaux De Priorite (type B)



Fig V.1.3: Signaux D'interdiction Ou De Restriction (type C)



Fig V.1.4: Signaux Dobligation (type D)

3-Signaux d'indication, se subdivisant en :



Fig V.1.5: Signaux D'identification Des Routes (type E)



Fig V.1.6 :Signaux De Presignalisations (type E)



Fig V.1.7 : Signaux De Direction (type E)



Fig V.1.8: signaux de localisation (type E)



Fig V.1.9: Signaux De Confirmation (type E)

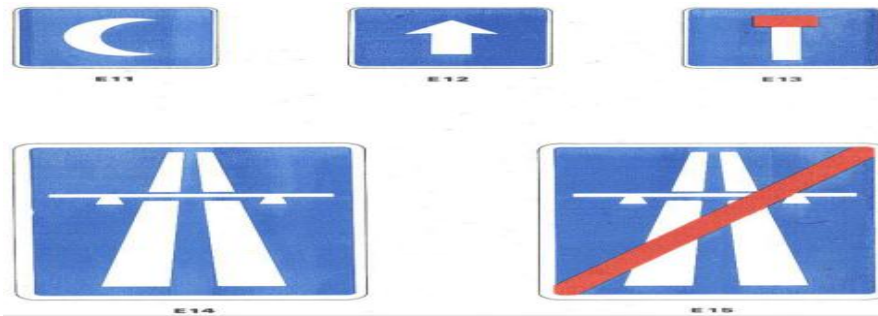


Fig V.1.10 :Autres Signaux Donnant Des Indications Utiles Pour La Conduite Des Véhicules (type E)



Fig V.1.11 : Autres Signaux Indiquant Des Installations Qui Peuvent Etre Utiles Aux Usagers De La Route (type F)

1.4.1.2.IMPLANTATION DES PANNEAUX :

- En rase campagne pour les route rapide ou autoroute la distance doit être égale à **400m**, par contre dans les zones agglomérées la distance et **150m**.

1.4.1.3. HAUTEUR DES SIGNAUX.

-**En rase campagne**, la hauteur réglementaire des signaux au-dessus du sol est fixée en principe à **1 m**. Dans certains cas, notamment dans les îlots directionnels de carrefour, il peut être nécessaire d'accepter une hauteur plus faible pour ne pas masquer la circulation. On peut également admettre une exception pour certains signaux temporaires.

-**Si deux signaux sont placés sur le même support**, cette hauteur est celle du signal inférieur.

-**Dans les traverses ou dans les zones suburbaines** bénéficiant d'un éclairage public les signaux peuvent être placés à une hauteur différente, allant jusqu'à **2,30 m**, compte tenu, notamment pour les signaux d'avertissement de danger ou de réglementation, des véhicules qui peuvent les masquer et de la circulation des piétons.

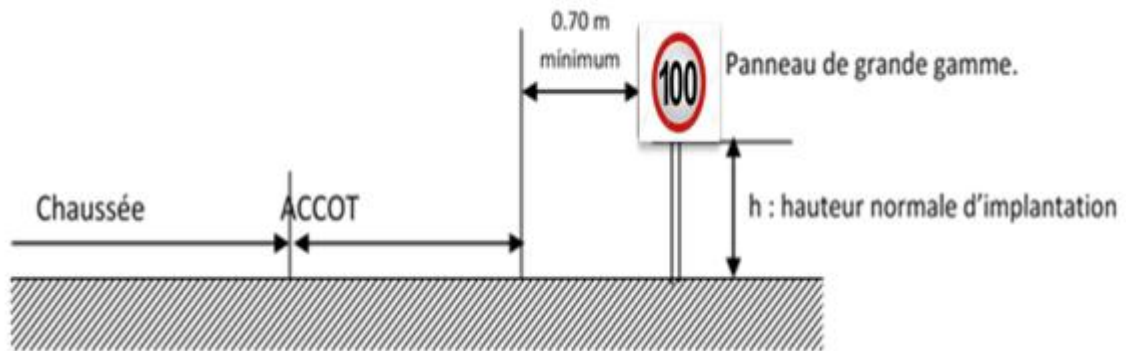


Fig V.1.12 : l'implantation et hauteur des panneaux

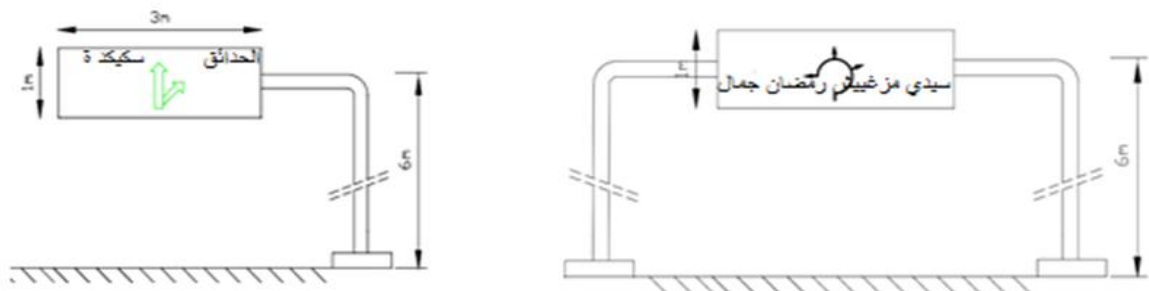


Fig V.1.12 :Potence et portique

Remarque :

Les massifs de fondation mis en œuvre sont de type « **semelle** » et ferrillés, d'une hauteur variant de 0,8 m et 1,5 m. Leur dimensionnement est réalisé suivant les règles définies dans le guide du SETRA de Novembre 1999 .

1.4.2.Signalisation routier horizontal (srh) :

La signalisation horizontale a pour but d'indiquer sans ambiguïté les parties de la chaussée réservées aux différents sens de la circulation ou a certaines catégories d'usages.

Le rôle essentiel de ce type de signalisation est de délimiter les voies de circulation afin d'augmenter la sécurité routière, et de compléter la signalisation verticale

Elle concerne uniquement les marques sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation, avertir et guider les usagers.

En utilise souvent pour ce type de signalisation la peinture, toutes les marques sur chaussées sont blanches. Pour certains marquages spéciaux, on utilise d'autres couleurs comme le jaune et l'orange.

Les marques routières de rase campagne sont obligatoirement rétro-réfléchissantes.

L'emploi de marques rétro-réfléchissantes est très souhaitable dans les zones agglomérées, même dotées d'un éclairage public, et dans le cas où l'éclairage n'est pas permanent

1.4.2.1. Categories des marques :

On distingue deux types :

1- Les lignes Longitudinale :

a) -lignes continues :

Elles ont un caractère impératif (non franchissables sauf du côté où elles sont doublées par une ligne discontinue). Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit.

b) -Lignes discontinues :

Ce sont des lignes utilisées pour le marquage, elles se différencient par leur module, c'est-à dire le rapport de la longueur des traits à celle de leurs intervalles. On distingue :

- Les lignes axiales ou lignes de délimitation de voies : pour les quelles la longueur des traits est égale au tiers de leurs intervalles.
- Les lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération, de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leurs intervalles.
- Les lignes d'avertissement de lignes continues, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement triple de celle de leurs intervalles

Type de Modulation	Langueur du trait(m)	Intervalle entre 2 traits(m)	Rapport Pleins/ vides
T1 T'1	3.00 1.50	10.00 5.00	Environ 1/3
T2 T'2	3.00 0.50	3.50 0.50	Environ 01
T3 T'3	3.00 20.00	1.33 6.00	Environ 03

Tableaux V.1 .1 : Type de modulation des lignes discontinues

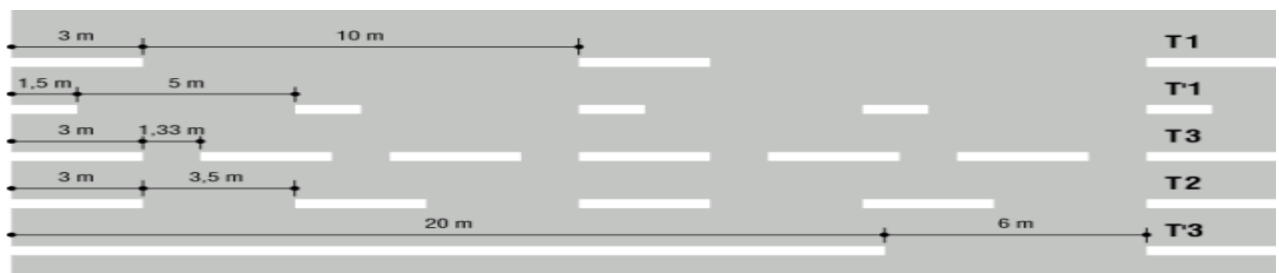


Fig V.1.13 : Type de modélisation

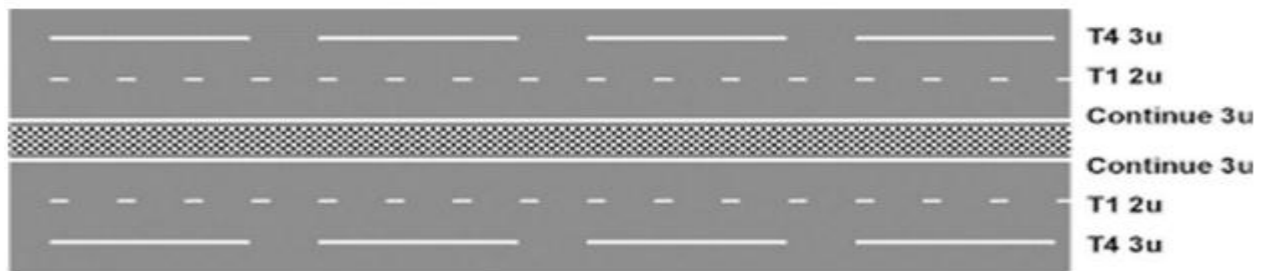


Fig V.1.14 : Schéma des lignes longitudinales pour une route 2x2voies

Remarque :

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

U = 7.5cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.

U = 6 cm sur les routes et voies urbaines (route Principale).

U = 5 cm sur les autres routes.

La longueur des lignes Continues sera : $L \geq 30 \text{ m}$

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

2.MARQUES TRANSVERSALES

-Ligne Stop:C'est une ligne continue qui oblige les usagers de marque un arrêt,largeur de 50cm.

-Ligne cédez le passage:largeur de T'2.

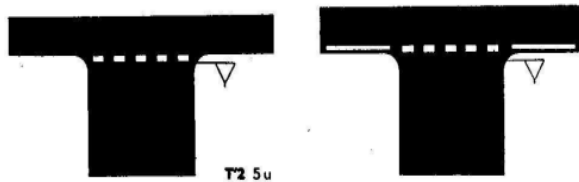


Figure-V.1.15 : Ligne cédez le passage



Figure-V.1.16 : Ligne stop

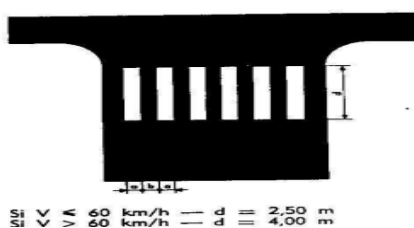


Figure-V.1.17 : Passage pour piétons

- **Flèches de rabattement:**Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située du côté qu'elles indiquent

- **Flèches de sélection.** Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'il doit suivre la direction indiquée.

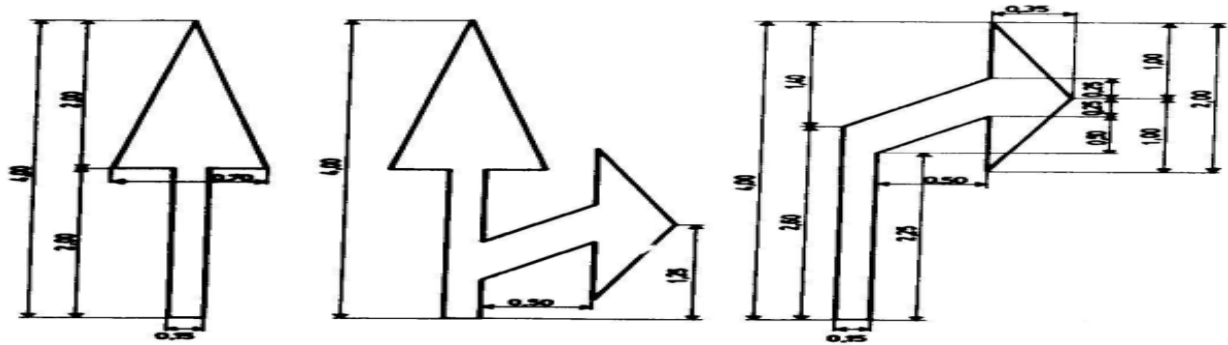


Figure-V.1.18 :flèches de sélection.

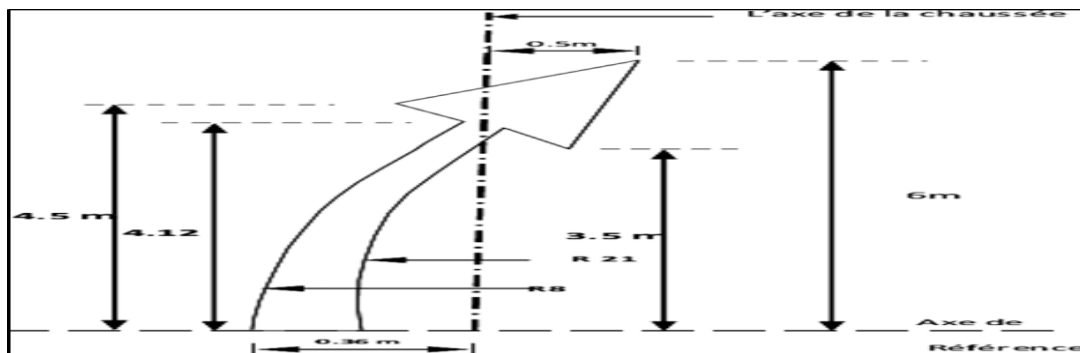


Fig-V.1.19 :Flèche de abattement

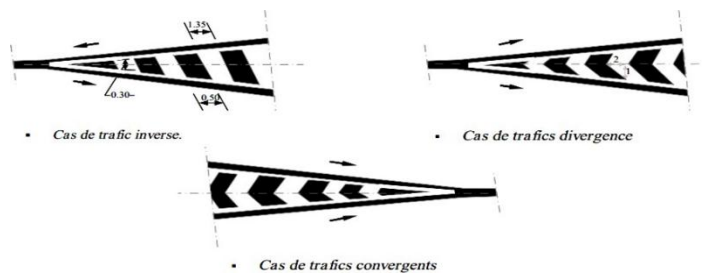
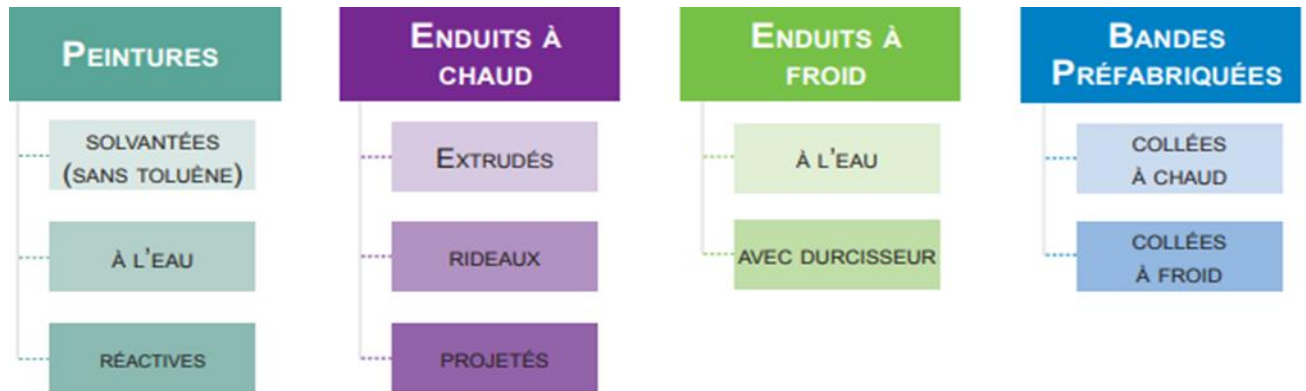


Fig-V.1.20:Schéma de marquage avec hachures

1.4.3. Les produits utiliser pour le marquage :

Il existe quatre grandes familles de produits de marquage.



Un produit de marquage est principalement structuré autour d'une matrice composée d'un liant, de charges, de pigments et d'adjuvants. Chaque produit se différencie selon le mode de formation du film qui va venir adhérer au sol support

Peuvent être ajoutées :

- **Des micro billes** de verre pour assurer la visibilité de nuit (rétro-réflexion des ondes lumineuses des phares des véhicules).
- **Des charges** pour assurer l'anti-glissance des produits.

L'ajout de billes joue un rôle important dans la durabilité du marquage.

ÉLÉMENTS	RÔLE PRINCIPAL
LIANT (ou résine, ou polymère ...)	Constitué de résine et de plastifiant, le liant agglomère les charges du produit de marquage lorsque le film est durci. Il constitue la partie organique du produit de marquage. Le liant assure l'adhérence du film au support et sa durabilité. Il influence en grande partie les caractéristiques physico-chimiques du film.
PIGMENT	Matière minérale ou organique pulvérulente, insoluble dans le milieu. Il est utilisé en raison de son pouvoir colorant ou opacifiant. Le pigment le plus important utilisé dans les produits blancs est le dioxyde de titane (TiO ₂). La finesse du pigment et l'indice de réfraction élevé du TiO ₂ en font un produit majeur mais rare et impactant pour l'environnement.
CHARGES	Substances minérales souvent d'origine naturelle, insolubles dans le milieu et en général d'une taille plus importante que les pigments, les charges constituent une partie inerte du produit de marquage, un remplissage sans rôle particulier dans la formation du film, hormis à de rares exceptions. Elles contribuent au pouvoir couvrant du produit et apportent éventuellement une rugosité de surface.
SOLVANT	Constituant liquide volatil ayant la propriété de dissoudre le liant, il est uniquement présent dans les peintures et contribue à donner à celles-ci la fluidité nécessaire pour une application dans les meilleures conditions. Il s'évapore lors du séchage du film. Le diluant se singularise du solvant en ce sens qu'il ne dissout pas le liant.
ADDITIFS	Substances incorporées à faibles doses dans les produits de marquage pour en améliorer certaines qualités lors de la fabrication, lors du stockage ou lors de l'application. Ils constituent le savoir-faire d'un fabricant.
BILLES DE VERRE	Les billes de verre introduites en pré-mélange dans certains enduits à chaud ou à froid assurent la continuité de la rétro-réflexion et participent à l'anti-glissance du produit.

Tableau V.1.2 : Tableau récapitulatif des différents constituants d'un produit de marquage

ÉLÉMENT	TAUX (EN %)	NATURE
LIANTS	10-15	Acrylique, styrène-acrylique, alkyde, caoutchouc chloré, résine réactive, ...
PIGMENTS	10-20	Dioxyde de titane (blanc) Pigments organiques (couleurs),
CHARGES	50	Carbonate de calcium, dolomie, talc, silice ...
SOLVANT	20-30	Cétones, Esters, ..., Eau
ADDITIFS	1-3	Diverses, selon le savoir-faire du fabricant

Tableau V.1.3 : Tableau récapitulatif des principaux constituants des peintures

Application du projet

La signalisation verticale :

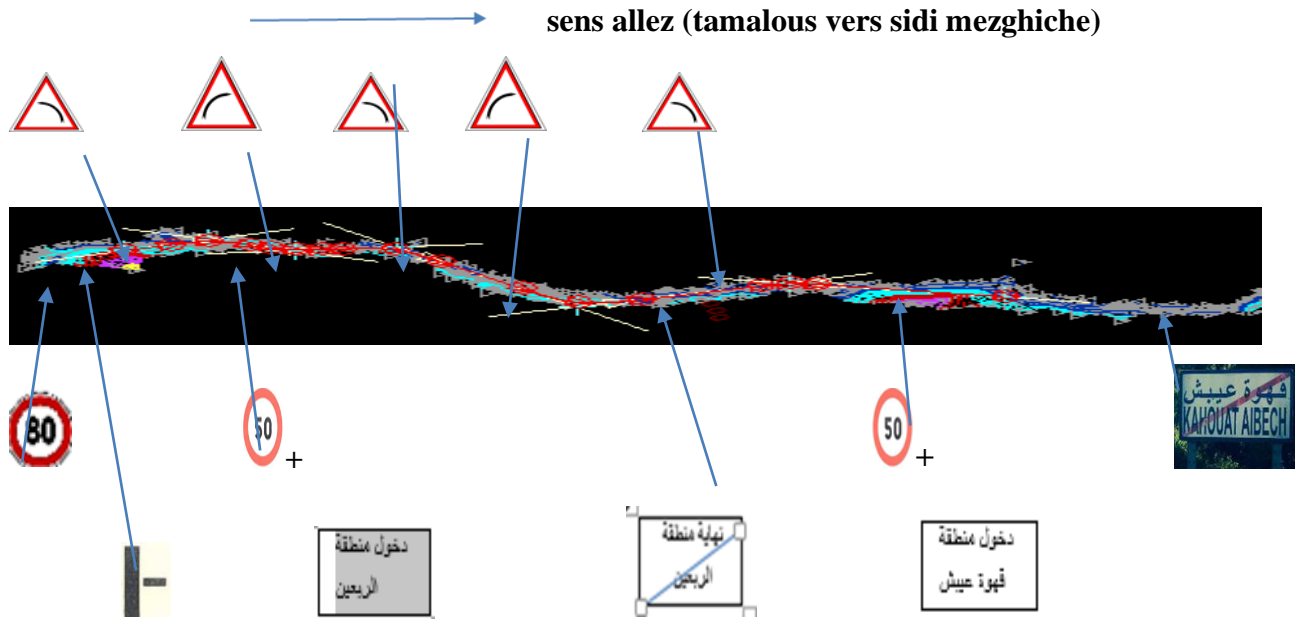
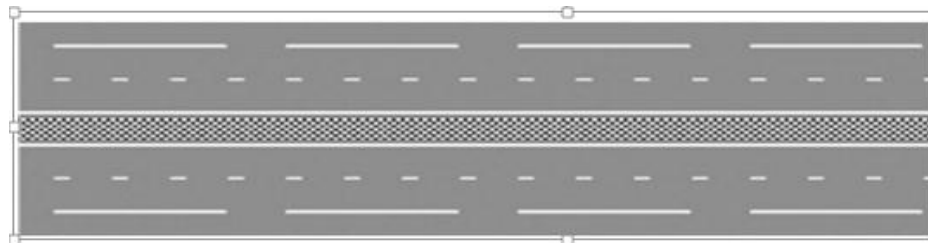


Fig-V.1.18: signalisation axe du projet

Signalisation horizontale



V.2. ECLAIRAGE

2.1.Introduction :

L'éclairage public doit permettre aux usagers de la voie de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible. Pour l'automobiliste, il s'agit de percevoir distinctement en localisant avec certitude et dans un temps utile, les points singuliers de la route et les obstacles éventuels autant que possible sans l'aide des projecteurs de route ou de croisement. Pour le piéton, une bonne visibilité de bordure de trottoir, des véhicules et des obstacles ainsi que l'absence des zones d'ombre sont essentiels.

2.2.les normes appliquee

La réalisation d'un réseau d'éclairage public ainsi que les matériaux et matériel utilisés doit répondre aux normes les plus récentes en algerie aux normes **C.E.I (commission électrothecnique internationale) ,C.I.E(commission internationale de l'éclairage) ,C.E.N(commission européenne de normalisation)** et notamment **l'arrêté interministeriel du 02/12/1998 titre II chapitre IV Articles 64-65 et 66 du** sécurité des ouvrages de distribution électrique

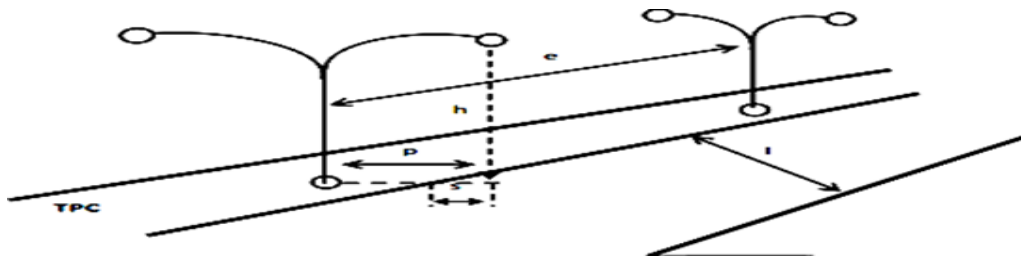


Fig V.2.1 : les élément de base d'un instalation d'éclairage public

α: angle d'inclinaison (5° à 15°)

i : interdistance = espacement (distance entre deux candélabres)

-prendre **3 fois** la hauteur de feu quand on utilise des **lampe à vapeur de mmercure**, et **4 fois** la hauteur de feu quand en **utilise des lampes à vapeur de sodium haute pression**

h : hauteur de feu (la hauteur du sole à la lampe

-la hauteur devra etre égale à la largeur de la chaussée plus l'accotement lorsqu'il faut tenir compte de ce dernier .

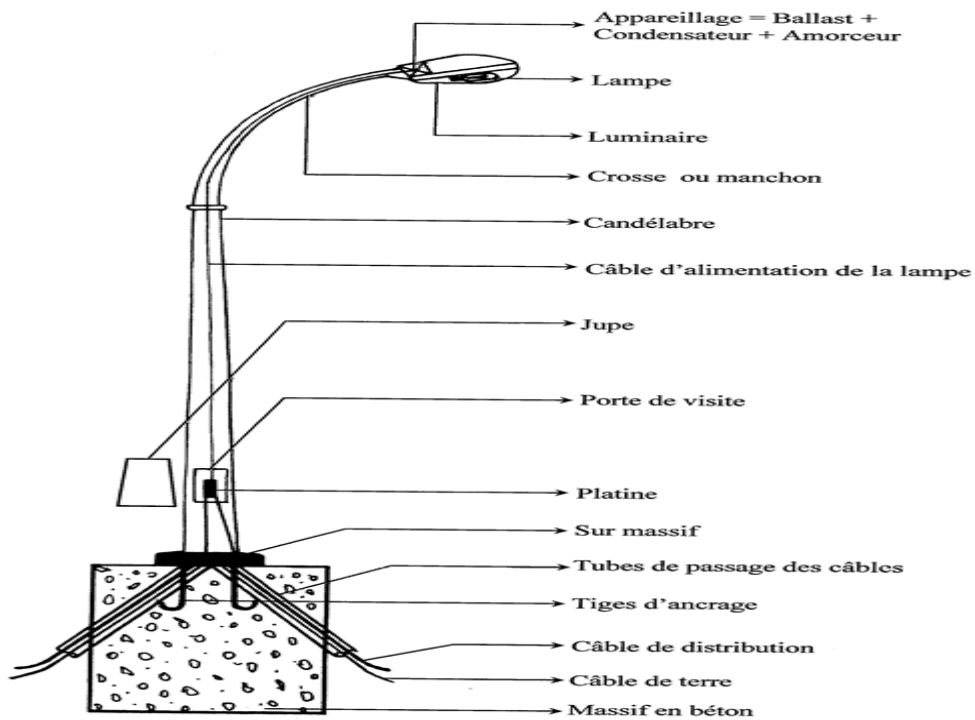
l :largeur de la chaussée

Type de lampe	Puissance Lampe (Watts)	Puissance Lampe + Appareillage (Watts)	Flux Lumineux Lampe (Lumens)	Hauteur Candélabre Recommandée (Mètres)
MHP (Mercure Haute Pression)	125	144	6 300	3
				4
				5
	250	263	13 000	6
				7
				8
400	421	22 000	8	
			9	
			10	
SHP (Sodium Haute Pression)	150	168	13 500	6
				7
				8
	250	266	25 000	8
				9
				10
400	430	47 000	10	
			11	
			12	
				14

Tableau V.2.1 :recommandations proposées par la C.I.E

EPIC - ERMA

CONSTITUTION D'UN POINT LUMINEUX



22/30

Fig V.2.2 : constitution d'un point lumineux

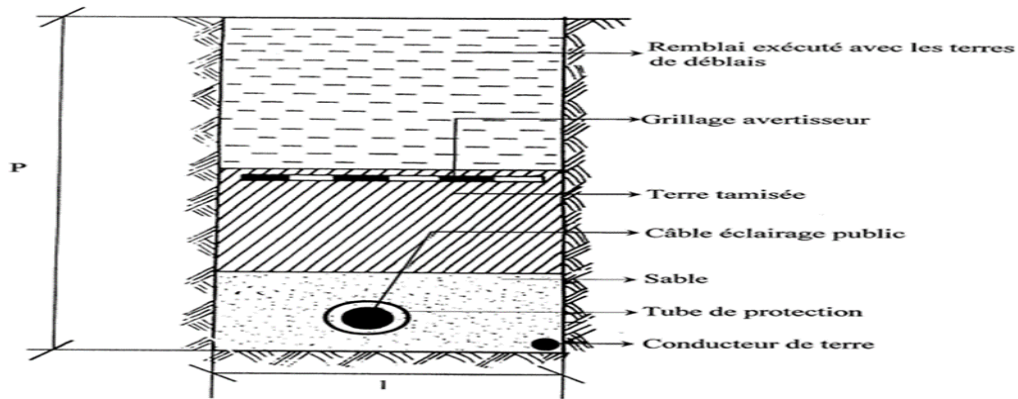


Fig V.2.3 : coupe de tranchée

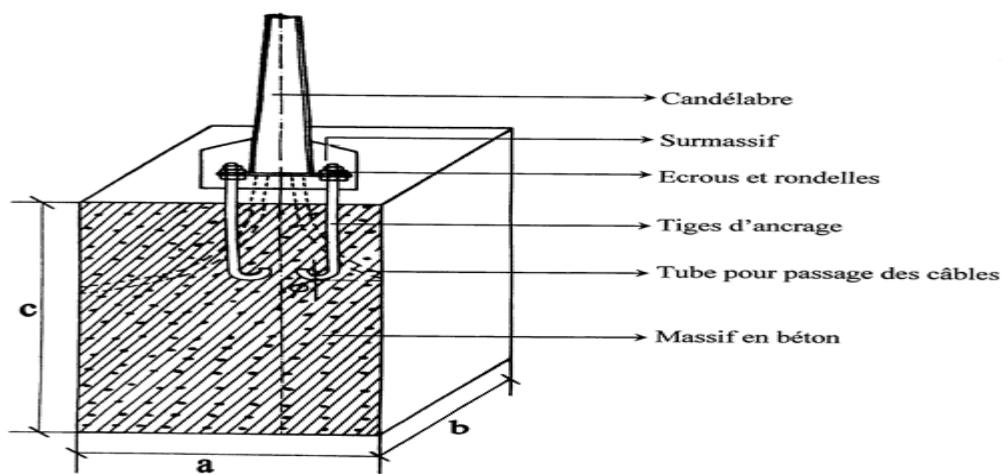


Fig V.2.3 : coupe du massif

Hauteurs de feu des candélabres (mètres)	Dimensions (mètres)		
	a	b	c
3 à 6 ml et fonte h = 3 ml	0,60	0,60	0,80
7 et 8 ml	0,70	0,70	1,10
9 à 12 ml et fonte h = 5 ml	0,80	0,80	1,20
14 et 16 ml	0,90	0,90	1,50

Tableau V.2.2 : dimensions du massif

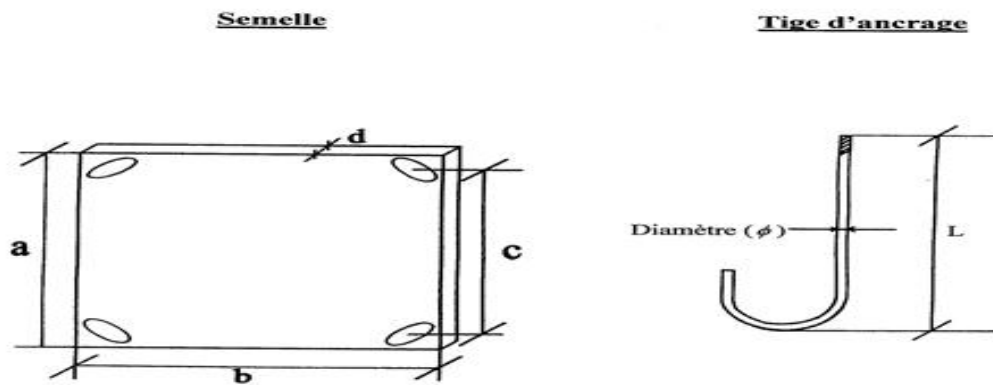


Fig V.2.4 : Semelle et tige d'ancrage

Hauteurs de fût des candélabres (mètres)	Semelles (mm)				Tiges d'ancrage (mm)	
	a	b	c	d	L	φ
3 à 6 ml	260	260	200	8	500	18
7 et 8 ml	400	400	300	12	500	20
9 à 12 ml	550	550	450	25	600	25
14 et 16 ml	550	550	450	25	600	33

Tableau V.2.3 :Dimensions des semelle et tiges d'ancrage

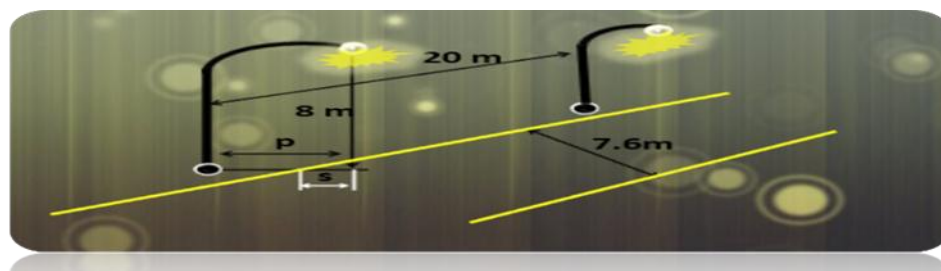


Fig V.2.4 :Exemple Eclairage de notre projet

2.3. Descriptif des travaux d'éclairage public.

L'éclairage Public de notre projet est assuré par des luminaires LED ou lampadaire LED de puissance 80W, 120W,180W et 200W sur candélabre tubulaire composé galvanisé thermolaqué, de hauteur **H= 9M** , , chaque candélabre est placé sur un socle en béton de dimension indiquée sur devis , avec des réservations en **P.V.C.** pour passage du câble.

Les candélabres seront alimentés avec un câble de type U 1000 R 02V à partir du coffret de distribution ou à partir du réseau existant La commande de l'éclairage extérieur est assurée par un commutateur automatique à arrêt et marche manuelle placée sur façade du coffret de distribution relié à un contacteur et une cellule photoélectrique placée à l'extérieur. Les départs de l'éclairage extérieur sont protégés par des disjoncteurs modulaires 4 P de tête calibre 20A. L'appareillage placé dans un coffret métallique est fixé sur des rails métalliques Oméga, le câblage est protégé par des

goulottes en plastiques. Les câbles seront placés dans une tranchée normalisée, de largeur 40cm, et de profondeur 80cm sous terrain goudronné et 01 m en traversé de chaussée.

La fouille est composée d'un lit de sable de 20cm, une couche de terre tamisée de 20cm, un grillage avertisseur rouge et un remblai de 40cm, sous le lit de sable en contact avec le sol, il est placé un conducteur de terre en cuivre nu de section 28mm². Toutes les installations doivent être conformes aux normes en vigueur et agréées par le service techniques de **SONELGAZ**.

L'éclairage public sera du type éclairage routier et urbain, et sera constitué de candélabres à doubles crosses équipés de luminaires LED et montés sur candélabres tubulaire composé galvanisé thermolaqué de 08 mètres ou candélabres en fonte de 05 mètres.

NB : les luminaires et les lampadaires en LED doivent être justifiés par une copie du certificat de conformité du produit cité dans le cahier de charges (le certificat est délivré par un laboratoire spécialisé et agréé).

2.4. Alimentation Electrique

Chaque circuit d'éclairage sera alimenté à partir d'un départ disjoncteur tétra polaire de calibre approprié équipé d'un disjoncteur installé dans l'armoire électrique alimentant un câble enterré, les candélabres seront alimentés en dérivation en respectant l'équilibre des phases.

Le disjoncteur principal sera de type différentiel à sensibilité minimum.

La commande automatique du réseau d'éclairage sera assurée par photocellule qui actionne un interrupteur crépusculaire inséré dans le circuit de commande de la bobine du contacteur, ce dernier est raccordé en aval du disjoncteur principal, installé à partir du TGBT

L'interrupteur crépusculaire sera caractérisé par :

- Tension de fonction 220-240V CA
- Fréquence 50 Hz.

Équipés de

- Une cellule photoélectrique Étanche IP65 de type murale avec seuil de luminosité réglable de 02 à 200 Lux.
- Une commande de mise en marche (ou arrêt) automatique.
- Une commande de mise en marche (ou arrêt) manuelle.

Armoire électrique : TEG

L'armoire électrique sera métallique de type étanche IP55 et sera équipée de l'appareillage de commande et de protection fixés sur rails, des bornes pour le raccordement des câbles d'arrivée et de départs, d'une barrette pour le raccordement des conducteurs de mise à la terre.

Les disjoncteurs auront les calibres indiqués sur le plan et un pouvoir de coupure COURBE C.

L'appareillage et les câbles seront munis d'étiquettes/repères imperdables.

2.5 .Conclusion :

- selon les normes appliquées la fiche technique des équipements électriques utilisées c'est une pièce essentielle pour déterminer la hauteur des poteaux , l'espacement entre les poteaux, à pour objet déterminer la surface éclairer

-l'éclairage de notre projet sont des lampadaires implantés dans la terre plein centrale avec deux foyers portés par le même support éclairant chacun une chaussée, espacés de **30m**.

La hauteur des candélabres de **9m** (Largeur de chaussée + largeur d'accotement = $7+1.8 = 9$)

Devis

<i>N^o</i>	<i>désignation</i>	<i>Unité</i>	<i>P.U. En DA</i>	<i>quantité</i>	<i>montant</i>
1-Travaux de terrassements					
1.1	Déblais en toute nature des terres y/c évacuation à la décharge publique	<i>M³</i>	400	777738	311095200
1.2	Remblai en matériaux sélectionnés y/c transport et mise en œuvre	<i>M³</i>	800	628324	502659200
SOUS TOTAL 1:					813754400
2-Travaux de chaussée					
2.1	Fourniture et mise en œuvre d'une couche de forme en tuf sur 40 cm	<i>M³</i>	1500	22400	33600000
2.2	Fourniture et mise en œuvre d'une couche de fondation en GNT sur 30 cm	<i>M³</i>	1800	15234.66	27422388
2.3	Fourniture et mise en œuvre d'une couche de base en GB 0/20 sur 20 cm	<i>T</i>	7000	22807.33	159651310
2.4	Couche d'imprégnation en cut-back 0/1	<i>M²</i>	100	49300	4930000
2.5	Fourniture et mise en œuvre d'une couche de roulement BB de 06 cm épaisseur y compris couche d'accrochage	<i>T</i>	8000	7015.93	56127440
2.6	Matériaux sélectionnés pour rechargement d'accotement	<i>M²</i>	1500	12600	18900000
	Réalisation d'un mur séparateur symétrique par coffrage glissant en béton dosé à 350 Kg/m ³ /CPA et toutes sujétions de bonne exécution	<i>ml</i>	3500	7000	11200000
2.7	Remplissage en terre végétale pour TPC avec toute sujétion de bonne exécution	<i>M³</i>	500	3500	1750000
SOUS TOTAL 2:					263066438

Devis

3-Assainissement					
3.1	Réalisation d'un dalot 1.5X1.5 d'ouverture	U	250000	2	500000
3.2	BUSE Ø1000	ml	70000	75	525000
3.3	Fossé en béton légèrement armé	ml	1400	3500	4900000
SOUS TOTAL 3:					5452500
4- SIGNALISATION :					
4.01	Marquage longitudinaux	ML	50	6000	300000
4.1.1	Type A - Panneaux de danger	U	7000	6	42000
4.1.2	Type E1 - Panneaux d'intersection	U	20000	2	40000
4.1.3	Type E2 - Panneaux d'intersection	U	18000	3	5400
4.1.4	Type C - Panneaux d'interdiction et de restriction	U	7000	5	35000
4.1.5	Type D - Panneaux d'obligation	U	7000	3	21000
4.1.6	Borne kilométrique	U	5000	3	15000
Sous total					402600
5-Eclairage Public En Energie Solaire					
5.1	Construction d'un socle en béton (0,60*0,60*0,90) ciment HTS dosé à 350kg/m3 et toute sujétion de la bonne exécution.	U	141	400	56400
5.2	Fourniture et pose d'un candélabre (acier galvanisé thermolaqué trite contre la corrosion ,hauteur de 9m) avec crosse double et toute sujétion de la bonne exécution.	U	141	35000	4935000
5.3	Fourniture et pose d'un lampadaire LED LUMEN 7000lm (puissance supérieure au égale 60W) à énergie solaire avec panneau solaire (puissance 18V80 silicium monocristallin a haute efficacité) et capteur crépusculaire et de mouvement ,batterie interne en lithium(12.8V 64AH batterie liFePO4 durée de vie 5ans)et toute sujétion de la bonne exécution.	U	282	130000	36660000
	Fourniture et pose de bordure T2 avec peinture et toute soujestion de	MI	409	1000	490000

Devis

	<i>bonne exécution</i>				
				<i>Sous total</i>	400281400
				<i>Montant en HT</i>	406136500
				<i>TVA 19%</i>	77165935
				<i>Montant en TTC</i>	483302870

Arrêté le présent devis quantitatif et estimatif à la somme :

Quatre cent quatre ving millions trois cent deux mille huit dix mille dinars algerien.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Conclusion générale

A la fin de l'étude de notre projet, qui consiste en une étude de dédoublement de la route RN85 du PK 30+000 au PK 34+000 a la commune de sidi mezghiche wilaya de skikda,

Nous pouvons conclure notre travail de recherche par ce qui suit :

- L'étude de projet routier passe tout d'abord par la récolte de toutes les données précises entre autres les données météorologiques, géotechniques, trafic, socio, économiques...etc.

- L'étude d'un projet routier permettra sans aucun doute de répondre aux éléments suivants : Motivation Investissements dans la région dans tous les domaines du transport et de la mobilité industrie du tourisme et créer de nouvelles opportunités d'emploi, en plus du confort du voyageur et des usagers de la route.

D'après le calcul de capacité de la route, nous constatons que le profil en travers est selon Les normes B40. Notre projet s'agit d'une route de catégorie C1, dans un environnement E2, avec une vitesse de base $VB = 80$ km/h. Aussi pour notre calcul automatique des courbures par le logiciel PISTE.

Nous avons également rencontré certains obstacles, tels que la difficulté de trouver Certaines données par les fonctionnaires, ce qui a entraîné l'impossibilité d'écrire et d'accéder à certaines informations.

De même, ce projet de fin d'étude nous a permis d'appliquer les normes et Recommandations préconisées dans la réalisation des infrastructures autoroutières, ainsi D'appliquer le savoir que nous avons acquis au cours de notre parcours universitaire.

La finalité de l'ensemble de ces actions est l'amélioration de la fluidité du trafic et une Meilleure sécurité pour les usagers

Bibliographie

Bibliographie

- [1] -CTTP (2001) : catalogue de dimensionnement des chaussées
- [2] -B40 : Norme technique d'aménagement des routes " Octobre (1977) Direction des Études general et de la reglementation technique
- [3] -Cours des routes (université skikda)
- [4] -signalisation routière Arrêté Interministériel du 15 juillet 1974 conçue par le ministere des travaux publics et réalisé par l'imprimerie de la SEITI'
- [5] -Les normes des équipements des routes interurbaines du Guide de SETRA – Décembre 1998.
- [6] - l'arrêté interministeriel du 02/12/1998 titre II chapitre IV Articles 64-65 et 66 du Sécurité des ouvrages de distribution électrique
- [7] -GTR : Guide des terrassements routiers (Juillet 2000 2ème Edition)
- [8] -Mémoires de 2eme année master, option voies et ouvrages d'arts, thème (étude Dedoublement)
- Outils informatiques :**
- [9] • Logiciel Covadis
- [10] • Logiciel PISTE .05
- [11] • Google Earth
- [12] • Logiciel Alize Lcpc