

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOU
MAMMERI DE TIZI-OUZOU

Faculté du Génie de la
construction Département de
génie civil

Mémoire de fin d'études

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER EN GENIE CIVIL

Option: Voie et Ouvrages d'Art (2020/2021)

THEME

*Etude d'aménagement en axe autoroutier de la RN12 en (3x2) voies sur un linéaire de 9.8
km de Azazga au frontière de Bejaia*



Présenté par :

MEZIANI WALID

BENNABI ALI

Dirigé par :

M^{me}. GHANEM

Table des matières

Chapitre I : Présentation de l'ouvrage

I.1. Aperçue sur la wilaya de Tizi-Ouzou.....	4
I.2. Le réseau routier de la wilaya de Tizi Ouzou	4
I.3. Objectifs des projets d'aménagements sur la Route National 12	4
I.4. Reconnaissance de la trace de la RN12.....	4
I.5. Paramètres de projet	5
I.6. Documents disponible	5

Chapitre II : Etude de trafic

II.1. Introduction.....	7
II.2. Définition	7
II.3. Analyse de trafic	7
II.4. Différent type de trafic.....	8
II.4.1. Trafic normal	8
II.4.2. Trafic dévié	8
II.4.3. Trafic induit	8
II.4.4. Trafic total.....	8
II.5. Présentation des données du trafic	8
II.5.1. Les indicateurs du trafic.....	9
II.5.2. Calcul du nombre des voies	11
II.5.3. Calcul de l'année de saturation	12
II.6. Conclusion	12

Chapitre III : Etude géotechnique

III.1. Introduction	14
III.2. Objectifs visés dans une étude APS	14
III.3. Moyens de la reconnaissance	14
III.3.1. Étude des archives et documents existants	14

III.3.2. Visites sur site et les essais « in-situ »	14
III.4. Reconnaissance du tracé de la N12	15
III.4.1. Contexte géologique du tracé.....	15
III.5. Différents essais en laboratoire	16
III.5.1. Essais d'identification :	17
III.5.2. Essais mécaniques :	17
III.5.3. Essais d'identification	17
III.5.4. Essais mécaniques	20
III.6. Condition d'utilisation des sols en remblais.....	27
III.7. Application au projet	27

Chapitre IV :

IV.1. Introduction	30
IV.2. Le trafic.	30
IV.3. Définition de la chaussée.....	30
IV.4. Différents types de chaussée	30
IV.4.1. Chaussée souple	30
IV.4.2. Chaussée rigide	30
IV.4.3. Chaussée semi-rigide :	30
IV.5. Constituants de la structure de chaussée	31
IV.5.1. La couche de surface : (couche de roulement + couche de liaison).....	31
IV.5.2. La couche de roulement	31
IV.5.3. La couche de liaison.....	31
IV.5.4. Corps de chaussée	31
IV.5.5. La couche de base	31
IV.5.6. La couche de fondation.....	32
IV.5.7. La couche de forme.....	32
IV.5.8. La sous couche	32

IV.6. Principales méthodes de dimensionnement.....	32
IV.6.1. Méthode de C.B.R (CALIFORNIA – BEARING – RATIO).....	33
IV.6.2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.....	35
V. Application numérique	44
V.2. Conclusion.....	47
Chapitre VI : Etude géométrique	
V.1. Tracé en plan	48
V.1.1. Introduction	48
V.1.2. Règles à respecter dans le tracé en plan	48
V.1.3. Vitesse de référence (de base)	49
V.1.4. Les éléments du tracé en plan	49
V.1.5. Les raccordements progressifs	54
V.1.6. Application au projet.....	56
V.2. Profil en long	56
V.2.1. Définition	56
V.2.2. . Les règles respectées dans le tracé de profil en long.....	57
V.2.3. Les éléments de composition du profil en long.....	57
V.2.4. Déclivités.....	58
V.2.5. Raccordement de profil en long	58
V.2.6. Raccordement convexe (saillants).....	58
V.2.6.3. Condition d'esthétique	60
V.2.7. Application au projet.....	60
V.3. Profil en travers	61
V.3.1. Définition	61
V.3.2. Eléments constitutifs du profil en travers.....	61
V.4. Classification du profil en travers.....	64
Chapitre VI : Les cubatures	
VI.1. Introduction	66

VI.2. Définition	66
VI.3. Méthode de calcul	66
VI.3.1. Description de la méthode	66
VI.3.2. Application.....	67
Chapitre VII : Assainissement routier	
VII.1. Introduction.....	68
VII.2. Objectif de l'assainissement	68
VII.3. Assainissement de la chaussée.....	69
VII.3.1. Fossé de pied du talus de déblai	69
VII.3.2. Fossé de crête de déblai	69
VII.3.3. Fossé de pied de talus de remblai	69
VII.3.4. Drain	69
VII.3.5. Descentes d'eau.....	69
VII.4. Définitions.....	70
VII.5. Choix des ouvrages d'évacuation	71
VII.5.1. Données pluviométriques	71
VII.5.2. Estimation des débits d'apports et débits de saturation.....	71
VII.5.3. Débit de saturation.....	74
VII.6. Dimensionnement des ouvrages d'évacuation.....	74
VII.6.1. Dimensionnement des buses :.....	74
VII.6.2. Dimensionnement des dalots	75
VII.6.3. Assainissement de la plateforme	76
VII.6.4. -Dimensionnement des fossés	76
VII.7. Application au projet.....	78
Chapitre VIII : Signalisation et éclairage	
VIII.1. Signalisations.....	82
VIII.1.1. Introduction	82
VIII.1.2. Définitions	82

VIII.1.3. L'objet de la signalisation routière.....	82
VIII.1.4. Critères à respecter pour les signalisations	82
VIII.1.5. Type de signalisation.....	82
VIII.1.6. Autres signalisation	85
VIII.1.7. Choix des modulations et largeurs des lignes :	86
VIII.2. Eclairage	87
VIII.2.1. INTRODUCTION	87
VIII.2.2. Catégories d'éclairage	87
VIII.2.3. Paramètres de l'implantation des luminaires	88
VIII.3. Application au projet	88
Chapitre IX : Devis quantitatif et estimatif	
IX.1. Devis quantitatif et estimatif	89

Liste des tableaux

Chapitre II : Etude du trafic

Tableau 1: Coefficient d'équivalence.....	10
Tableau 2 : valeurs de K1.....	11
Tableau 3 : valeurs de K2.....	11
Tableau 4 : valeurs de capacité théorique	11
Tableau 5 : Récapitulatif des résultats de calcul	12

Chapitre III : Etude géotechnique

Tableau 1 : Classification des sols selon l'indice de plasticité IP.....	20
Tableau 2 : Valeurs usuelles de l'indice CBR	24

Chapitre IV : Dimensionnement du corps de chaussée

Tableau 1 : Coefficients d'équivalence pour chaque matériau	34
Tableau 2 : valeur de risque de calcul.....	38
Tableau 3 : Indications sur le choix de la couche de forme à réaliser.....	40

Chapitre V : Etude géométrique

Tableau 1 : coefficient de frottement	52
Tableau 2 : valeurs des différents rayons calculés et ce donnés par le B40.....	54
Tableau 3 : les valeurs des rayons du raccordement en angle saillants	59
Tableau 4 : les rayons des courbes	60

Chapitre VI : Calcul des cubatures

Tableau 1 : Volumes des déblais et remblais	67
---	----

Chapitre VII : Assainissement routier

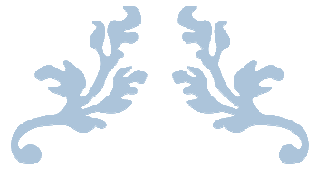
Tableau 1 : Variable Gauss	72
Tableau 2 : Tableau récapitulatif des calculs	80

Chapitre IX : Devis estimatif et quantitatif

Tableau 1 : Tableau 1:Devis estimatif et quantitatif	97
--	----

Liste des figures

Chapitre I : Présentation de l'ouvrage	
Figure 1 : Le tracé en plan de la RN12 étudié.....	5
Chapitre III : Etude géotechnique	
Figure 1 : Carte géologique du site	16
Figure 2 : Courbe granulométrique	19
Figure 3 : États de consistance des sols	19
Figure 4 : Principe de l'essai Proctor normal et modifié	21
Figure 5 : Courbe d'essai Proctor.....	22
Figure 6 : Courbe d'essai CBR	23
Chapitre IV : Dimensionnement du corps de chaussée	
Figure 1: Démarches du catalogue CTTP	36
Figure 2 : valeur de coefficient d'agressivité A.....	38
Figure 3 : Position de projet dans la carte climatique de l'Algérie (fascicule N° 1 (2001CTTP)).....	39
Figure 4 : choix des températures équivalentes	39
Figure 5: indication de la portance du sol	40
Figure 7 : Structures de chaussées proposées par CTTP pour TPL7	41
Figure 9 : Structure de chaussée adoptée	41
Figure 8 : Structure avec couche de forme.....	41
Figure 10 : Déformations de la structure GB/GB	42
Figure 11 : Modélisation de la structure de chaussée	44
Figure 12 : résultats de la modélisation structure chaussée	45
Chapitre V : Etude géométrique	
Figure 1 : Les éléments du trace en plan.....	49
Figure 2 : Courbe de raccordement Clothoïde	55
Chapitre VIII : Signalisation et éclairage	
Figure 1: Dimensions des lignes discontinues (marquage horizontale).....	85
Figure 2 : Panneaux d'indication	86
Figure 3 : Panneau d'interdiction.....	86
Figure 4 : les panneaux de danger.....	87
Figure 5 : Les panneaux d'orientation	87
Figure 6 : Paramètre de l'implantation des luminaires	88



INTRODUCTION GENERALE



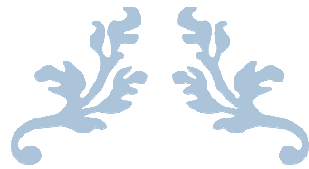
Introduction Générale

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

En Algérie, l'évolution conjuguée, de la démographique et la forte urbanisation qu'a connue le pays dans les différentes wilayas ont entraîné un flux important bien que des recherches et des études des tracés routiers et d'autoroutiers ont été faites à travers le pays afin de renouveler l'état actuel des infrastructures de transport.

Actuellement, par l'évolution du trafic, les chaussées existantes ont suivi un énorme problème de saturation sur une grande partie de leurs surfaces. Par la volonté de l'Etat, le département des travaux publics a choisi d'investir pour la réalisation de nouveaux tracés routiers et d'augmenter la capacité des chaussées existantes.

Ainsi, par cette expertise, notre projet de faire l'étude d'aménagement en axe autoroutier d'un tronçon de la Route National 12 entre AZZAZGA et la limite de la wilaya de BEJAIA avec la création d'ouvrages tels que des : trémies, échangeurs, ponts et viaducs et cela afin d'augmenter le niveau de service de la route existante.



CHAPITRE I

PRESENTATION DU

PROJET



I.1.Aperçue sur la wilaya de Tizi-Ouzou

La Wilaya de TIZI OUZOU s'étend sur une superficie d'environ 3.568 km² dont 70% à relief montagneux. Elle est limitée à l'Est par la Wilaya de BEJAIA, à l'Ouest par la Wilaya de BOUMERDES au sud par la Wilaya de Brouira et au Nord par la mer Méditerranée.

Le relief accidenté et l'absence d'autres voies de communication (ferroviaires, maritimes et autres) font que la route constitue la seule voie de communication de la quasi-totalité des communes et les villages que composent la wilaya de TIZI OUZOU et la wilaya de BEJAIA.

I.2.Le réseau routier de la wilaya de Tizi Ouzou

La wilaya de Tizi-Ouzou possède un réseau routier d'un linéaire de 4805 km comme suite :

- 605 km de Routes Nationales.
- 652 km de Chemins de Wilaya.
- 3548 km de Chemins Communaux.
- 151 Ouvrages d'art dont 18 stratégiques.

I.3.Objectifs des projets d'aménagements sur la Route National 12

L'aménagement de la RN12 en 2x3 voies avec raccordement de la section de Tizi Ouzou-AZAZGA passe par la recherche d'un tracé neuf en utilisant au maximum la route existante qui s'avère une solution optimale et a pour objet de :

- Réduire le temps de parcours.
- Augmenter le niveau de service.
- Désenclaver la région.
- Améliorer le maillage de réseau.
- Éviter les agglomérations.

I.4.Reconnaissance de la trace de la RN12

Le projet d'aménagement de la RN12 s'étendra de la sortie Est d'Azazga, dans la localité d'Yakouren à la limite de la wilaya de Bejaia, en traversant plusieurs villages à savoir Aadjadj, Tinsawine, Tizi Tiguidet et Tamliht.

Le couloir emprunté par cette route est comme suite :

- Du PK 0+00 au Pk 4+750 : le couloir choisi est celui de la RN12 ;

- Du Pk 4+750 au Pk 9+000, le couloir choisi est basé sur l'évitement de la ville d'Akouren et ces agglomérations ;
- Du PK 9+000 au PK 11+500, le couloir choisi est l'évitement du Sud de la localité de Tizi n'tridet ;
- Du pk 11+000 au pk FIN, le couloir pris est celui de la RN12

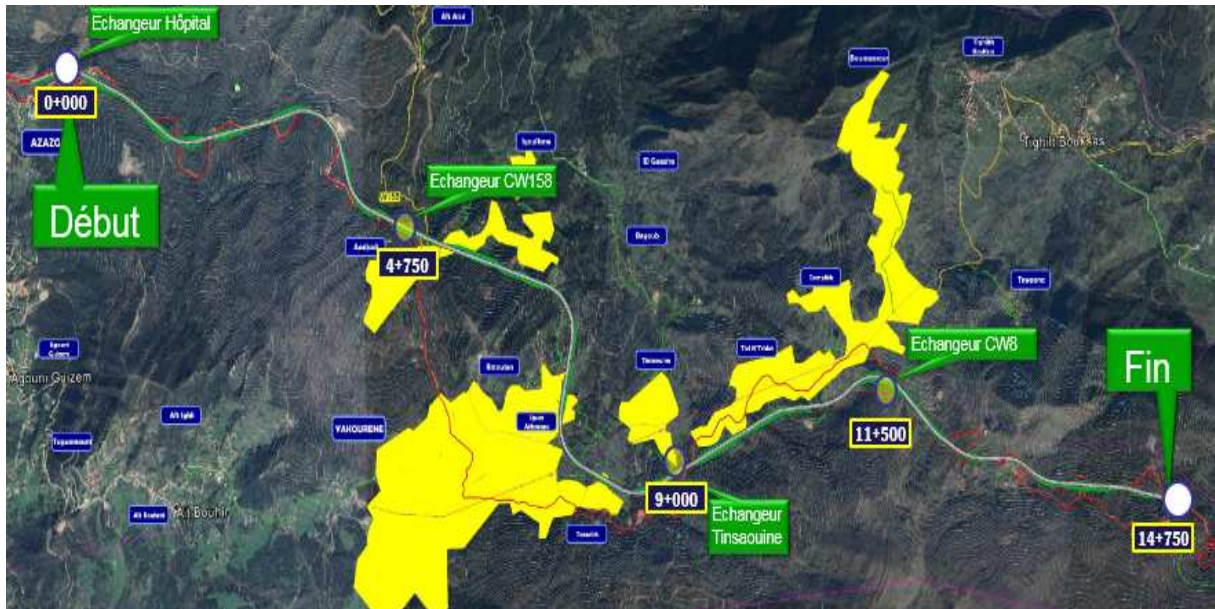


Figure 1 : Le tracé en plan de la RN12 étudié.

I.5. Paramètres de projet

Nous avons procédé à la classification de notre tronçon à l'aide du règlement routier algérien B40.

On a abouti à la catégorie C2 qui liaisonne des centres économiques et un Environnement E2 vu que le relief est plat avec une sinuosité faible et cela pour une vitesse de référence ou vitesse de base $V_b = 80$ km/h

I.6. Documents disponible

Cette étude a été réalisée sur la base des documents suivants :

- Levé topographiques (semi de point) ;
- Cartes d'état-major au 1/25 000 ;
- Résultats de la campagne de trafic de 2007 réalisée par la DTP ;
- Données climatiques pluviométriques ;
- Etudes et documents existants.



CHAPITRE II : ETUDE DE TRAFIC



II.1.Introduction

L'étude de trafic est un élément essentiel qui doit être préalable à tout projet de réalisation ou d'aménagement d'infrastructure de transport il permet de déterminer le type d'aménagement qui convient et au-delà les caractéristiques à lui donner depuis le nombre de voie jusqu'à l'épaisseur des différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée.

L'étude de trafic constitue un moyen important de saisir de grand flux à travers un pays ou une région il représente une partie appréciable des et de transport il constitue parallèlement une approche essentielle de la conception des réseaux routiers. Cette conception repose sur une partie (stratégie, planification) sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, qui est nécessaire pour :

- Apprécier la valeur économique des projets
- Estimer les coûts d'entretien des réseaux routiers, qui sont en fonction du volume de circulation
- Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons de la route constituant le réseau qui doit être adapté au volume et la nature de circulation attendue (nombre de voies)

L'objectif de cette étude est de déterminer le trafic que drainent la RN12 et les axes traversés à savoir le CW08 et le CW158.

Pour le trafic à destination de la zone d'étude, les flux les plus importants sont en provenance de Tizi-Ouzou vers Bejaia, d'AZZAZGA vers YAKOUREN.

II.2.Définition

L'étude du trafic est une étape importante dans la mise au point d'un projet routier et consiste à caractériser les conditions de circulations des usagers de la route (volume, compositions, conditions de circulations, saturations, origine et destinations). Cette étude par le recueil des données.

II.3.Analyse de trafic

Pour connaître en un point et à un instant donné sur le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage. Ce dernier nécessite une logistique et une organisation appropriée.

Les analyses de circulation sur les diverses artères du réseau routier sont nécessaires pour l'élaboration des plans d'aménagement ou de transformation de l'infrastructure, détermination des dimensions à donner aux routes et appréciation d'utilité des travaux projetés. Les éléments de ces analyses sont multiples :

- Statistiques générales ;
- Comptages sur routes (manuels, automatiques) ;
- Enquêtes de circulation.

II.4. Différent type de trafic

Dans le domaine de l'étude de trafic, on distingue quatre types différents :

II.4.1. Trafic normal

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

II.4.2. Trafic dévié

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant sans investissement d'autres routes ayant la même destination.

II.4.3. Trafic induit

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

II.4.4. Trafic total

C'est le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic annuel et du trafic dévié.

II.5. Présentation des données du trafic

Les résultats de trafic qui nous ont été fournis par direction des travaux publics de Tizi-Ouzou sont les suivants :

- Le trafic à l'année 2017 : $TJMA_{2017} = 9800$ v/j/sens ;
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 4\%$;
- La vitesse de base sur le tracé : $V_B = 80$ km/h ;
- Le pourcentage de poids lourds $Z = 30\%$;
- L'année de mise en service sera en 2021 ;
- La durée de vie estimée de $n = 20$ ans.

II.5.1. Les indicateurs du trafic

II.5.1.1. Trafic journalier moyen annuel (TJMA)

Le trafic journalier moyen annuel (TJMA) d'une section routier est obtenu en calculant la moyenne sur une année du nombre de véhicules circulant sur cette section, tous sens confondus, au cours d'une journée.

Le trafic journalier moyen annuel (TJMA) = trafic total de l'année / le nombre de jour.

Le TJMA à l'an 2017 est estimé à 9800 v/j/sens.

$$TJMA_{2017} = 9800 \text{ v/J/sens}$$

II.5.1.2. Trafic journalier moyen horizon (TJMA_h)

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

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

- TJMA_h : le trafic à l'année horizon ;
- TJMA_o : le trafic à l'année de référence ;
- n : nombre d'année ;
- τ : taux d'accroissement du trafic (%).

Calcul du TJMA_h à l'année de mise en service (2021).

$$TJMA_{2021} = 9800(1 + 0.04)^5 = 11923.2 \text{ V /j/sens.}$$

Donc : **TJMA₂₀₂₁ = 11924 V /j/sens.**

Calcul du trafic à 20 ans de mise en service ; à l'année 2041.

$$TJMA_{2041} = 11924 (1 + 0,04)^{20} = 26127 \text{ V /j/sens.}$$

Donc : **TJMA₂₀₄₁ = 26127 V /j/sens.**

II.5.1.3. Trafics effectifs

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de type de route et de l'environnement.

Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (U.V.P).

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

$$T_{eff} = [(1 - Z) + PZ] TJMA_h$$

- T_{eff} : trafic effectif à l'horizon en (UVP/J)
- Z : pourcentage de poids lourds (%).
- P: coefficient d'équivalence pour le poids lourd (tableau 1), il dépend de la nature de la route (nombres de voies et de l'environnement).

Le tableau si dessous nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence «P»

pour poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristiques de notre route.

Tableau 1: Coefficient d'équivalence.

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

Nous avons $\left\{ \begin{array}{l} 4 \text{ voies et plus (autoroutes)} \\ E_2 \end{array} \right. \rightarrow P = 4$

Le pourcentage de poids lourds est égal à $z = 30\%$.

$$T_{eff} = [(1 - 0,3) + 4 \times 0,3] 26127 = 49\,641,3 \text{ (UVP/j/sens)}.$$

$$\text{Donc : } T_{eff} = 49642 \text{ UVP/j/sens.}$$

II.5.1.4. Débit de pointe horaire normal

Le débit de pointe horaire normale est une fraction du trafic effectif à l'horizon, il est exprimé en unité de véhicule particulier (uvp) et donné par la formule suivante :

$$Q = (1/n) T_{eff}$$

- Q : débit de pointe horaire (UVP/h)
- n : nombre d'heure, (en général $n = 8$ heures).
- $1/n$: coefficient de pointe horaire pris est égale à 0,12.
- T_{eff} : trafic effectif.

Donc :

$$Q = 0,12 \times 49642 = 5957 \text{ uvp/h}$$

$$Q = 5957 \text{ uvp/h/sens.}$$

II.5.1.5. Débit horaire admissible

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

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

- K_1 : coefficient lié à l'environnement (tableau 2).
- K_2 : coefficient de réduction de capacité (tableau 3).
- C_{th} : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable (tableau 4).

Tableau 2 : valeurs de K1

Environnement	E1	E2	E3
K1	0,75	0,85	0,9 à 0,95

Tableau 3 : valeurs de K2.

catégorie					
environnement	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E2	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
E3	0,91	0,95	0,97	0,96	0,96

Tableau 4 : valeurs de capacité théorique

	Capacité théorique (uvp /h)
Route à 2 voies de 3 ,5m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3 ,5m	2400 à 3200
Route à 2 chaussées séparées	1500 à 1800

D'après les données que nous avons :

- $K_1 = 0,85$ pour E_2 .
- $K_2 = 0,99$ pour environnement (E_2) et catégorie (C_1).
- $C_{th} = 1800$ UVP/h/voie pour une route à deux chaussées séparées.

$$Q_{adm} = 0,85 \times 0,99 \times 1800 = 1514,7$$

Donc :

$$Q_{adm} = 1\ 515\ uvp/h/voie.$$

II.5.2.Calcul du nombre des voies

a) **Cas d'une chaussée bidirectionnelle :**

On compare Q à Q_{adm} et on prend le profil permettant d'avoir : $Q_{adm} \leq Q$

b) **Cas d'une chaussée unidirectionnelle :**

Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport :

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

Avec :

- S : coefficient de dissymétrie en général égale à $2/3$;

- Q_{adm} : débit admissible par voie.

Dans notre cas, nous avons une route unidirectionnelle, donc :

$$n = S \cdot \frac{Q}{Q_{adm}} = \frac{2}{3} \times \left(\frac{5957}{1515} \right) = 2.62$$

Donc: $n = 3 \text{ voies /sens}$

II.5.3. Calcul de l'année de saturation

$$T_{eff}(2021) = [(1 - 0.3) + 4 \times 0.3]11924 = 22655.6 \text{ UVP/j/sens.}$$

$$T_{eff}(2021) = 22656 \text{ UVP/j/sens.}$$

Débit horaire

$$Q_{2021} = 0.12 \times 22656 = 2718.72 \text{ UVP/h/sens.}$$

$$Q_{2021} = 2719 \text{ UVP/h/sens.}$$

Donc, le débit de saturation est :

$$Q_{Sat} = 3 \times Q_{adm} = 3 \times 1515 = 4545 \text{ (uvp/j).}$$

Et :

$$Q_{Sat} = (1 + \tau)^n \times Q_{2021} = 3 \times Q_{adm} \Rightarrow n = \frac{\ln \frac{3 \times Q_{adm}}{Q_{2021}}}{\ln(1 + \tau)}$$

$$n = \frac{\ln \frac{4545}{2719}}{\ln(1 + 0,04)} = 13 \text{ ans.}$$

Donc l'année de saturation = 2021+13 =2034

Nous constatons que la route sera saturée à 13 ans après la date de mise en service. Donc, il faut prévoir un élargissement de la chaussée ou de réaliser une autre déviation.

II.6. Conclusion

Le profil de la route adopté est (2 x 3). Les résultats de calcul sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : Récapitulatif des résultats de calcul

TJMA2021 (v /j/sens)	TJMA2041 (v /j /sens)	Teff (uvp/h)	Q (uvp/h/sens)	Qadm (uvp/h /voie)	nbr de Voies/sens	L'année de saturation
9800	26127	49642	5957	1515	3	2034



**CHAPITRE III :
ETUDE GEOTECHNIQUE**



III.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 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, donc, une bonne connaissance des terrains traversés.

III.2.Objectifs visés dans une étude APS

Au stade d'une étude APS, l'objectif de l'étude géotechnique est de proposer une campagne de reconnaissance sur les couches des terrains traversés par le tracé projeté. Ainsi, on veut savoir, principalement : Si les déblais envisagés peuvent être réutilisés dans des remblais et déterminer leurs propriétés, la capacité du terrain destinés à supportés des remblais projetés.

III.3.Moyens de la reconnaissance

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

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

III.3.1.Étude des archives et documents existants

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

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

III.3.2.Visites sur site et les essais « in-situ »

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

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

Dans la plupart des cas, ces deux éléments sont combinés.

III.4. Reconnaissance du tracé de la N12

Le projet d'aménagement de la RN12 s'étendra de la sortie Est d'azazga, dans la localité d'Akouréne à la limite de la wilaya de Bejaia, en traversant plusieurs villages à savoir Aadjadj, Tinsawine, Tizi tigidet, Taamliht.

Le couloir emprunté par cette route est comme suit :

- Du pk 0+00 au pk 4+750 : le couloir choisi est celui de la RN12 ;
- Du pk 4+750 au pk 9+000, le couloir choisi est basé sur l'évitement de la ville d'Akouréne et ces agglomérations ;
- Du pk 9+000 au PK11+500, le couloir choisi est l'évitement du Sud de la localité de Tizi n'tridet ;
- Du pk 11+000 au pk FIN, le couloir pris est celui de la RN12 ;

III.4.1. Contexte géologique du tracé

La géologie des sols du couloir traversé par la RN12 appartient à l'oligocène qui est un groupe de terrains tertiaires qui succède à l'éocène. Au fait, il s'agit des sols insaturés qui sont représentés sur tout le long de l'axe par les faciès suivants :

- **Les éboulis** : Il s'agit d'un complexe d'argile de différentes couleurs et des blocs et pierres de grés centimétriques à décimétriques, d'âge quaternaire ancien, provenant de la fracturation des monts gréseux tapissant ainsi le pied des escarpements et des versants, les collines ainsi que les vallées.

La matrice de ce faciès est plastique à très plastique et sensible à très sensible à l'eau, ce qui provoque des glissements et éboulements.

- **Les grés numidiens aquitaniens** : Il s'agit de roches détritiques cohérentes d'âge numidien, se dit des sédiments d'origine secondaire provenant de désagrégation mécanique de roches primaires. La dureté de cette roche dépend de sa texture et du délai d'exposition aux différents facteurs d'altération. Au niveau de ce projet, on trouve la carapace de ce faciès dure « siliceuse » et brunâtre sur au moins une face, en quelques endroits et très friable, sous forme d'un tuf calcaire, en d'autres endroits.

Ce type de faciès contient des traces de bancs au niveau des localités suivantes :

- Pk0+00 (azazga) à Tala hadjadj ;

- Tilih n'tahbirt ;
- Tamelit ;
- Col de Tagma.

- **Les argiles sous numidiennes** : Il s'agit d'argile sous numidiennes « oligocène franc » de couleur marron à brunâtre. Ce type de faciès se trouve au pk0+250 après Djellah et au niveau de l'Azib youedfe contournant les grès numidiens se trouvant avant les éboulis de la localité de Yakouren.

- **Des flysch à micro brèches** : Il s'agit de débris de roche entraînés par la glace en mouvement (glacier) plaquettes microbréchiques appartenant à l'étage turono sénonien. Ils sont formés de terres sédimentaires que les avalanches ont abandonnées.

LEGENDE :

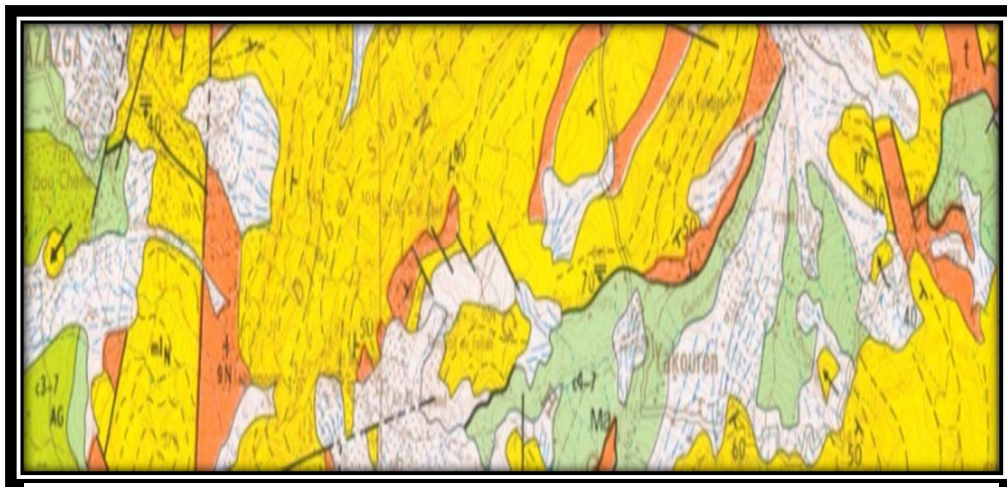
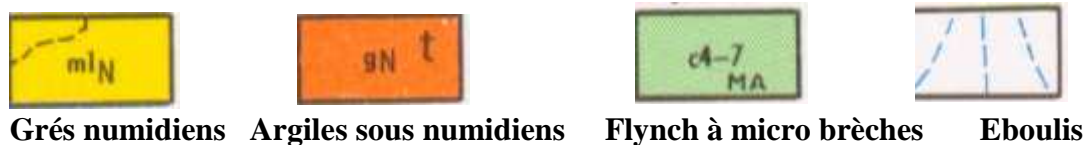


Figure 1 : Carte géologique du site

Remarque : D'après la carte géologique d'Azazga, une faille (chevauchement) est observée à la sortie d'Azazga vers Akouréne et une autre plus importante est observée à partir de Tala Hadjadj jusqu'au cimetière Sidi Brahim ;

III.5. Différents essais en laboratoire

Les matériaux trouvés à l'ouverture des huit puits à ciel ouvert, sont principalement de formation gréseuse et accessoirement d'éboulis argile et de flysch notant que le nouveau tracé

de la RN12 aménagée en 2x3 voies (en projet), va franchir une zone rocheuse de formation gréseuse allant du pk 0+400 au pk 3+500.

Les deux tiers du reste du tracé sont dominés par les éboulis (formation géologique datant du quaternaire ancien). Ils sont distingués au niveau des localités suivantes :

- Sortie d'Azazga : Koudia Zarart ;
- De Lazib youdfen jusqu'à Tizi n'trider ;
- Agglomération de T'ilmouten,
- Agglomération d'Iguer athmane ;
- Agglomération de Taourirt.

Le faciès restant est présenté par les flyschs à micro brèches, sur quelques sections, qui sont nourries par les sédiments détritiques (argileux) se trouvant au niveau des petites plaines formant des bassins (village sidi brahim) et quelques sections du pk 12+000 au 14 +700.

Les différents échantillons des matériaux prélevés des huit puits de reconnaissance, ont été soumis aux essais d'indentification et mécaniques selon les normes en vigueur, afin de déterminer leurs caractéristiques physiques et mécaniques et pouvoir les classer en catégorie.

III.5.1. Essais d'identification :

- Analyse granulométrique. NF P 94-056
- Limites d'atterberg. NF P 94 -051

III.5.2.Essais mécaniques :

- Essai Proctor normal/ modifié : NF P 94-093
- Essai CBR à 04 jours d'imbibition : NF P 94-078
- Essai Los Angeles : NF P 18- 573
- Essai Micro deval : NF P 18 -572

III.5.3.Essais d'identification

III.5.3.1.Analyse granulométrique

- **Buts**
 - Déterminer la répartition des grains de sol suivant leur dimension dans un échantillon.
 - Représentation de la répartition de la masse des particules à l'état sec en fonction de leur dimension.
- **Domaine d'application :**

Cette opération permet de déterminer le pourcentage d'éléments fins (passant à $80\mu\text{m}$) qui caractérise la sensibilité à l'eau du matériau d'une part et d'examiner, d'autre part, la forme de la courbe granulométrique : représentation graphique de la distribution des grains suivant leurs dimensions

Principe de l'essai :

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes. Les masses des différents refus et tamisats sont rapportées à la masse initiale du matériau. Les pourcentages ainsi obtenus sont exploités sous forme graphique.

- **Résultats et interprétations :**

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique et construite emportant sur un graphique cette analyse se fait en générale par un tamisage. Elle est utilisée pour la classification des sols en vue de leur utilisation dans la chaussée.

La forme de la courbe granulométrique obtenue apporte les renseignements suivants :

- Les dimensions d et D du granulat,
- La plus ou moins grande proportion d'éléments fins,
- La continuité ou la discontinuité de la granularité.

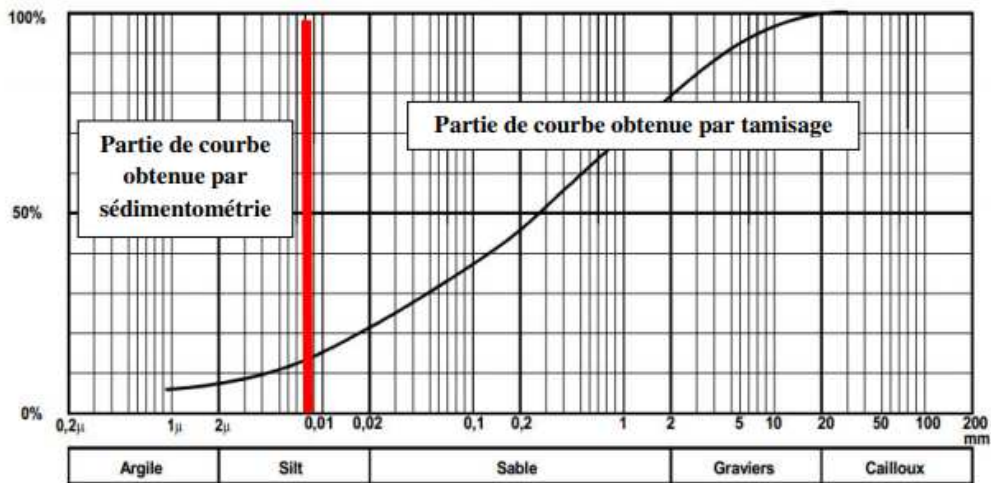


Figure 2 : Courbe granulométrique

III.5.3.2.Limites d'Atterberg

• But de l'essai :

Caractériser l'argilosité d'un sol, et donc déterminer les teneurs en eau remarquables situées à la frontière entre ces différents états sont les « Limites d'Atterberg »

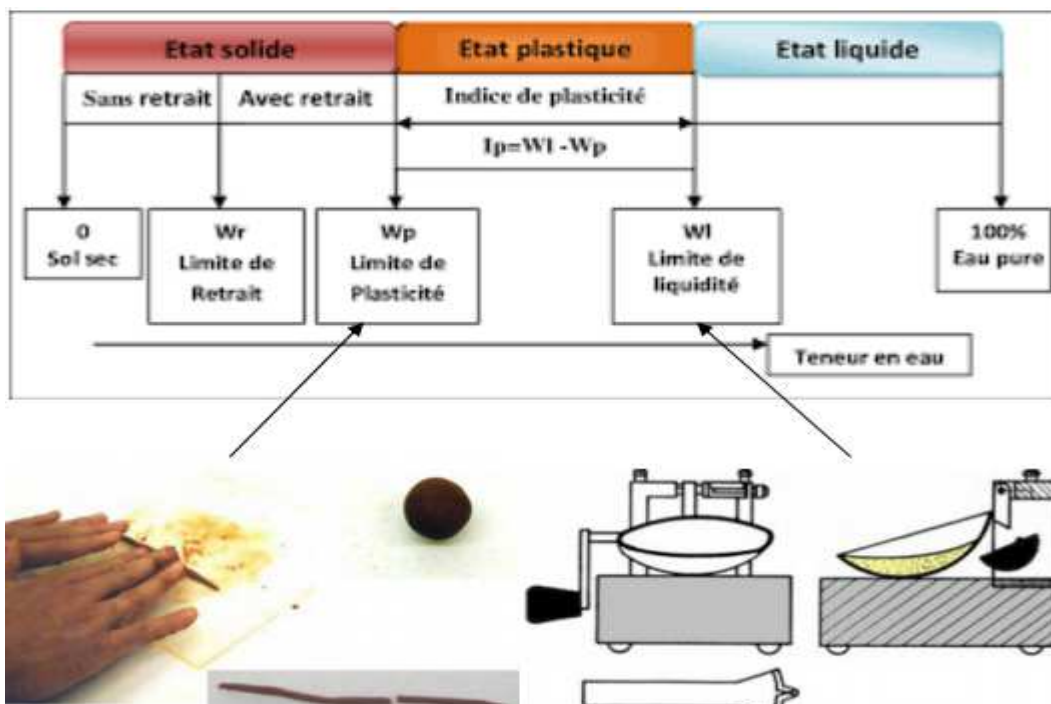


Figure 3 : États de consistance des sols

L'indice de plasticité (I_p) $I_p = W_L - W_p$

Cet essai s'applique aux sols fins pendant les opérations de terrassement dans le domaine des travaux publics (assises de chaussées y compris les couches de forme).

• Principe de l'essai :

L'essai s'effectue sur la fraction 0/400 μ m en deux phases :

– Détermination de la teneur en eau WL pour laquelle une rainure pratiquée dans une coupelle se ferme à 10 mm, suite à 25 chocs répétés (cette limite de liquidité correspond à une résistance à un cisaillement conventionnel)

– Détermination de la teneur en eau WP pour laquelle un rouleau de sol de diamètre 3 mm se fissure (cette limite de plasticité correspond à une résistance à la traction conventionnelle)

• Résultats et interprétations :

Les limites d'Atterberg permettent de calculer l'indice de consistance qui caractérise l'état hydrique d'un sol (80 à 90 % d'éléments < 400µm) :

$$IP = WL - WP$$

$$Ic = (WL - WN) / IP$$

avec WN : teneur en eau naturelle de la fraction 0/400µm

Ic = 0 si matériau à l'état liquide

Ic = 1 si matériau à l'état solide

Tableau 1 : Classification des sols selon l'indice de plasticité IP

Indice de plasticité	Type du sol
IP < 1	Sol pulvérulents
$1 \leq IP \leq 7$	Sable argileux
$7 \leq IP \leq 17$	Argile sablonneuse
$17 \leq IP$	Argile

III.5.4. Essais mécaniques

III.5.4.1. Essai PROCTOR

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

Cet essai est utilisé pour les études de remblai en terre, en particulier pour les sols de fondations de la route et piste d'aérodromes.

• But de l'essai :

Détermination des références de compactage d'un matériau : masse volumique et teneur en eau.

• Principe de l'essai :

L'essai Proctor, complètement normalisé, consiste à placer dans un moule de dimensions déterminées, un échantillon humidifié de manière homogène à une teneur en eau donnée, peu élevée au début, et à compacter cet échantillon par couches au moyen d'une dame de poids standardisé tombant d'une hauteur standardisée. Pour chacune des teneurs en eau considérée, on détermine le poids volumique sec du sol et on établit la courbe des variations de ce poids volumique en fonction de la teneur en eau.

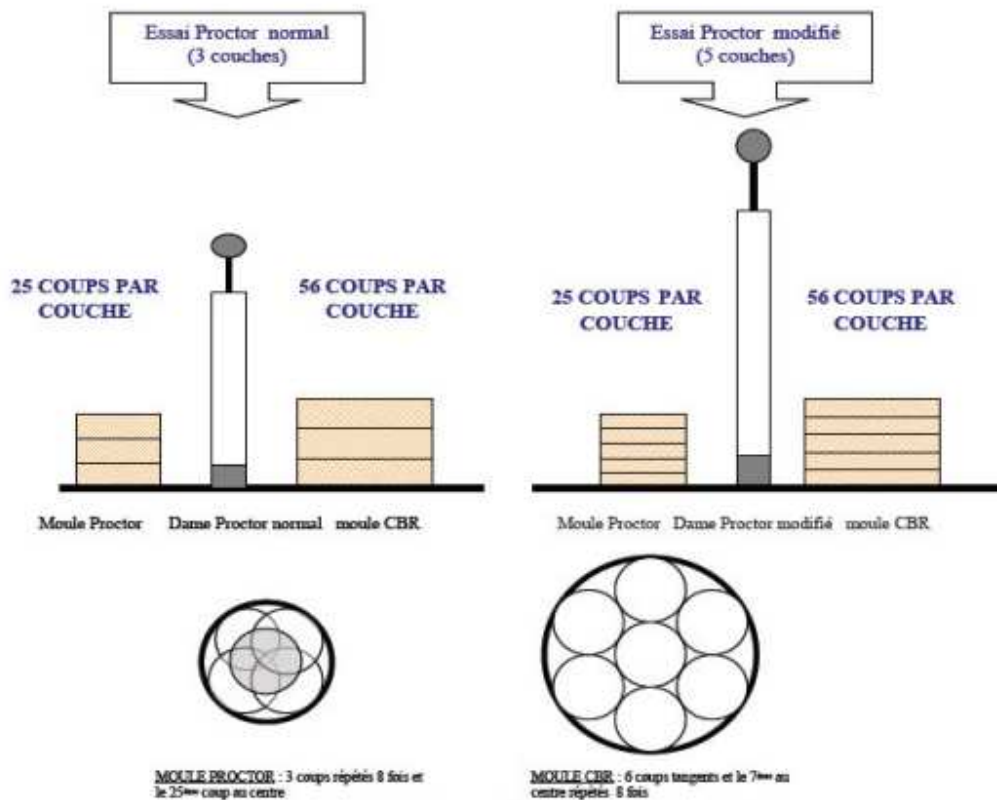


Figure 4 : Principe de l'essai Proctor normal et modifié

• Résultats et interprétations :

Énergie spécifique de compactage est égale à :

$$\text{Énergie spécifique} = \frac{M \text{ de la dame} \cdot \text{Nbre coups par couche} \cdot \text{Nbre de couches} \cdot \text{pesenteur}}{\text{volume de module}}$$

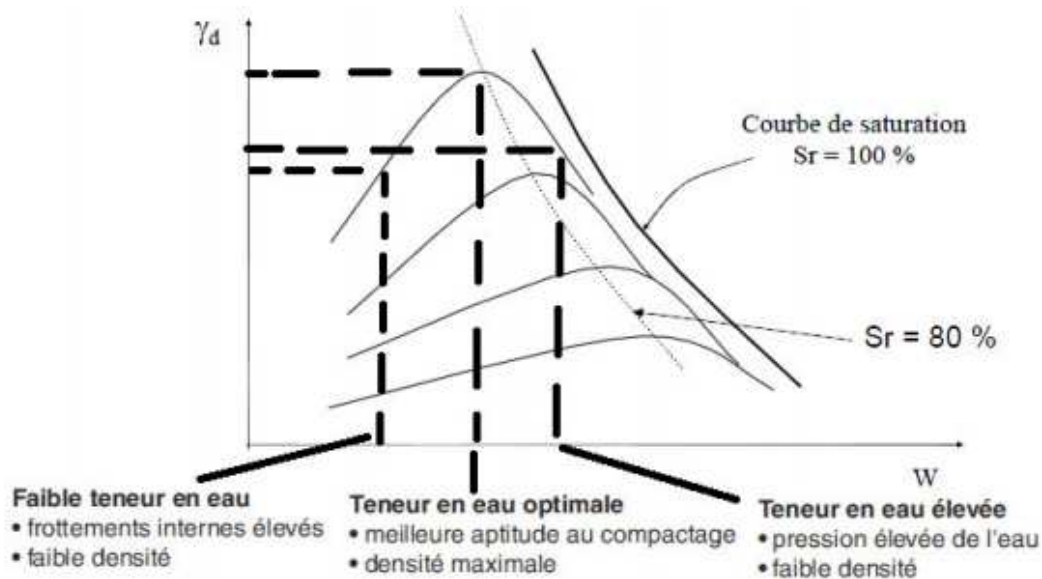


Figure 5 : Courbe d'essai Proctor

Ces courbes sont utiles $S_r = 100\%$ et 80% :

- La courbe $78 = f(w\%)$ pour $S_r = 100\%$ constitue la courbe enveloppe des courbes Proctor des différents sols. La branche droite de ces courbes vient s'y raccorder tangentielllement.
- La courbe $78 = f(w\%)$ pour $S_r = 80\%$ situe approximativement, pour les sols comportant une fraction argileuse, le lieu des optimums.

III.5.4.2. Essai C.B.R (California Bearing Ratio)

On réalise en général trois essais : « CBR standard », « CBR immédiat », « CBR imbibé ». Ces essais sont utilisés pour le dimensionnement des structures des chaussées et orientation les travaux de terrassements.

• But de l'essai :

Cet essai donne une mesure de la portance relative des sols par rapport à un sol type, constitué par des pierrailles concassées et compactées, extraites d'une carrière de Californie.

Cet essai permet de :

- Établir une classification des sols (GTR)
- Évaluer la traficabilité des engins de terrassement
- Déterminer l'épaisseur des chaussées (CBR augmente → épaisseur diminue)

• Principe de l'essai :

L'indice portant californien CBR est le rapport, exprimé en % de la pression produisant un enfoncement donné au moyen d'un poinçon cylindrique normalisé (de section 19.32 cm^2) se déplaçant à une vitesse déterminée (1.27 mm/min) et de la pression nécessaire pour enfoncer le même poinçon dans les mêmes conditions, dans un matériau type.

Cet indice peut être pris à différent état hydrique (soit à différent niveau de compactage) :

- A l'optimum : indice portant à la teneur en eau optimale W_{opm}
- A la teneur en eau naturelle (Indice Portant immédiat) à W_{nat}
- Après saturation : on immerge le moule pendant quatre jours dans l'eau et on enfonce le poinçon à vitesse constante.

L'enfoncement est mesuré en fonction de la charge. Par définition, on note deux CBR :

$$CBR1 = \frac{\text{Effort de pénétration à 2,5 mm d'enfoncement en KN}}{13,35} \cdot 100$$

$$CBR2 = \frac{\text{Effort de pénétration à 5 mm d'enfoncement en KN}}{20} \cdot 100$$

L'indice recherché est défini conventionnellement comme étant la plus grande valeur exprimée en %.

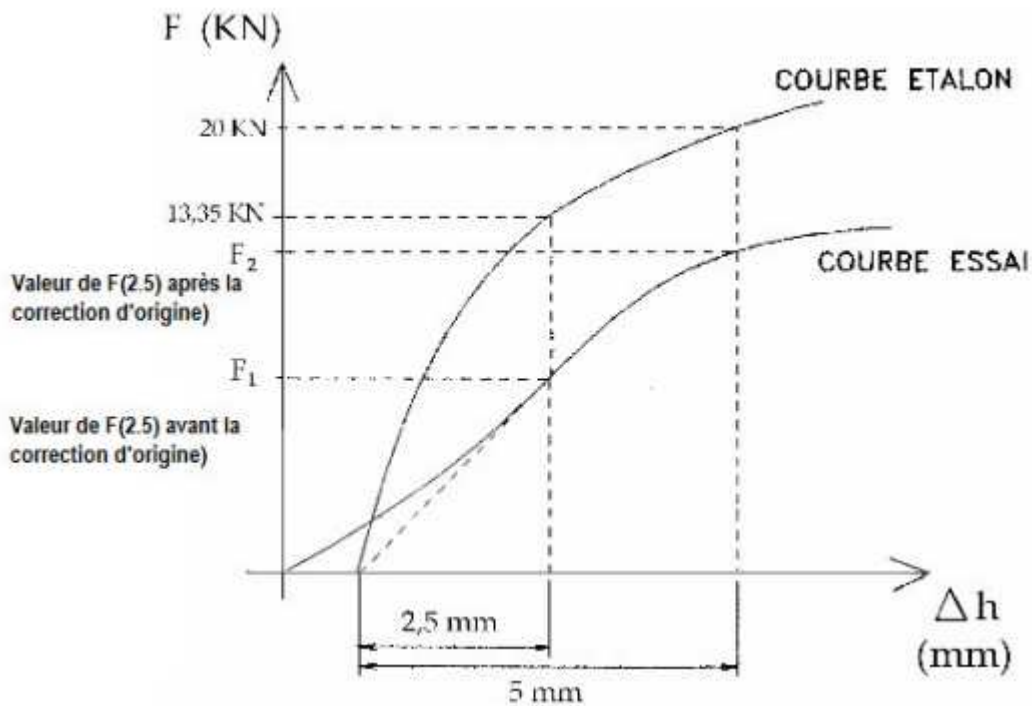


Figure 6 : Courbe d'essai CBR

Tableau 2 : Valeurs usuelles de l'indice CBR

	CBR
Sol mous à très mous	<2
Argiles	2-10
Limons et argiles raides	8-40
sables	8-30
graves	15-80
Concassé	80-100

III.5.4.3. Essai Los Angeles

Cet essai est un essai très fiable et de très courte durée, il nous permet d'évaluer la qualité du matériau. Il s'applique aux granulats d'origine naturelle ou artificielle.

L'objet de cet essai est de déterminer la résistance aux chocs. Il consiste à mesurer la quantité des éléments fins produits en soumettant le granulat aux chocs de boules normalisées dans une machine dite « Los Angeles » qui est un broyeur de laboratoire.

Tamisée sur chacun des tamis de la classe granulaire choisie, lavée, séchée et pesée (à 1 g près), la prise d'essai (5000 +/- 5 g) est placée dans un tambour avec une charge de boulets appropriée. Entraînés durant 500 tours par tablette en acier, ces boulets retombent avec les matériaux qu'ils fragmentent. Ce dernier est ensuite lavé sur un tamis de 1.6 mm, séché et le passant est pesé (masse m).

$$\frac{LA}{100} = \frac{m}{500}$$

Les seuils retenus diffèrent selon les utilisations des sols. Au-delà de 45, le sol ne peut pas être utilisé en couche de forme.

III.5.4.4. Essai Micro Deval

Il est en général effectué 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. Cet essai est intéressant pour le choix des matériaux utilisés dans les structures de chaussée.

L'objectif de cet essai est d'apprécier la résistance à l'usure des granulats ; l'essai est réalisé en présence d'eau pour se rapprocher des conditions réelles de séjour des granulats dans les chaussées. Il consiste à mesurer dans des conditions bien définies l'usure des granulats par frottements réciproques dans un cylindre en rotation. L'usure est mesurée par la quantité de

fines produites. Cas d'un gravillon compris entre 4 et 14 mm : Lavée, séchée et pesée (à 1 g près), la prise d'essai (500 +/- 2 g) est introduite dans un cylindre normalisé avec une charge de billes d'acier (2000, 4000 ou 5000 g selon la granularité), et 2.5 litres d'eau. Après 12000 rotations (2 heures), le matériau est lavé sur un tamis de 1.6 mm, séché et le refus est pesé (masse m').

Les résultats obtenus des essais cités ci-dessus, sont résumés dans le tableau

Récapitulatifs ci-dessous :

VI : TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS DES ESSAIS AU LABO :

PK	Nature géologique du sol	Teneur en eau	Granulométrie						Limites d'Atterberg			Proctor Normal		Indice CBR à 4j d'imbibition	LA %	MDE %
		%	31.5 mm	20 mm	2.0 mm	0.4 mm	0.2 mm	80 u.m	Ip	WL	WP	Teneur en eau %	Densité sèche T/M ³			
0+00	Eboulis	19.12	86.55	86.21	70.55	46.04	34.01	26.75	24.10	56.15	32.05	16.55	1.46	1.79	29.00	33.00
2+00	Grès altéré	6.69	80.78	64.72	39.51	35.46	20.88	15.76	14.54	50.72	16.58	14.00	1.90	11.00	95.02	90.68
4+00	Grès	3.14	95.65	94.95	91.17	77.08	50.61	34.98	7.75	16.40	8.67	8.80	1.99	10.09	99.97	99.18
6+00	Eboulis	25.56	100.00	95.22	94.54	11.95	91.15	89.59	20.78	52.56	31.58	20.60	1.56	1.46	-	95.00
8+00	Grès	19.49	92.78	86.98	79.91	66.11	48.67	37.74	10.79	39.26	28.47	14.15	1.75	5.06	-	72.44
10+00	Sable gréseux	9.67	100.00	100.00	98.76	85.04	55.79	39.80	8.54	20.85	12.51	14.00	1.84	6.55	-	-
12+00	Eboulis	15.38	92.25	86.50	50.02	22.05	18.24	15.05	23.51	56.64	33.55	15.20	1.61	7.62	-	25.42
14+00	Argile	22.45	100	100	100	100	100	97.90	27.26	74.43	47.17	18.20	1.58	1.09	-	-

III.6. 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.

III.7. Application au projet

Dans le cadre d'une étude APS, on est amené à proposer un programme géotechnique ayant pour objectif d'évaluer :

- La qualité des matériaux extraits des déblais et pouvant être utilisés dans les remblais.
- La portance du sol vis-à-vis du chargement du remblai.

On rappelle que, dans notre projet :

- La hauteur des déblais ne dépasse pas les 3m de hauteur.
- La hauteur des remblais ne dépasse pas les 3m de hauteur.

Ainsi, quelques forages manuels sont suffisants afin d'évaluer l'état du terrain. Des échantillons remaniés seront, aussi, ramenés au laboratoire pour analyse. Ils seront creusés aux endroits et à la profondeur :

- ✓ Au PK 12+75 : 2 m de profondeur
- ✓ Au PK 21+700 : 2 m de profondeur
- ✓ Au PK 11+775 : 5,70 m de profondeur
- ✓ Au PK 28+100 : 8.40 m de profondeur

L'implantation des forages est indiquée sur un plan (joint en annexe) à l'échelle 1/5000è , par exemple.

Des coupes lithologiques seront soigneusement établies par le laboratoire, en indiquant la nature et l'épaisseur des couches géologiques traversées pour chaque sondage.

Des échantillons, en quantités suffisantes, seront prélevés pour effectuer les essais au laboratoire. Sur ces derniers, des essais de laboratoire devant servir à l'identification des sols et leur classification, suivant :

- ✓ Granulométrie,
- ✓ Teneur en eau,
- ✓ Densité humide et sèche,
- ✓ Limites d'atterberg,
- ✓ Essai Proctor modifié,
- ✓ Essai CBR à différents énergie de compactage,
- ✓ Analyses chimique éventuellement.



**CHAPITRE IV :
DIMENSIONNEMENT DU
CORPS DE CHAUSSEE**



IV.1. Introduction

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude d'un projet routier. Il s'agit simultanément de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée. Afin d'assurer de bonnes caractéristiques mécaniques qui lui permettra de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie.

Tout cela en fonction de paramètres fondamentaux suivants :

IV.2. Le trafic.

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

IV.3. Définition de la chaussée

- **Au sens géométrique** : la surface aménagée de la route sur laquelle circule les véhicules.
- **Au sens structurel** : l'ensemble des couches des matériaux superposés qui permettent la reprise des charges.

IV.4. Différents types de chaussée

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

Catégories :

IV.4.1. Chaussée souple

Constituée de deux éléments constructifs :

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

IV.4.2. Chaussée rigide

Se compose d'une dalle de ciment portland fléchissant élastiquement sous les charges, reposant sur un sol compacté ou sur une mince fondation de pierre ou de gravier concassé, ou sur une fondation stabilisée.

IV.4.3. Chaussée semi-rigide :

C'est un cas intermédiaire entre les chaussées souples et les chaussées rigides.

IV.5.Constituants de la structure de chaussée

IV.5.1. La couche de surface : (couche de roulement + couche de liaison).

C'est la couche supérieure de la chaussée, qui subit directement les efforts des véhicules et les facteurs naturels, d'où ses deux rôles principaux :

- Absorption les efforts horizontaux tangentiels (cisaillement) importants et de transmettre les charges verticales.
- D'autre part, elle doit offrir à l'usager une surface de roulement compatible avec les exigences de l'automobiliste moderne.

Outre, cette couche assure la qualité superficielle de la chaussée et protège les couches inférieures, donc elle doit être toujours en bon état.

Cette couche de surface peut être multiple, dans le cas où la circulation est intense, elle comporte :

IV.5.2. La couche de roulement

- En matière de sécurité, elle doit avoir une bonne rugosité (adhérence) indispensable pour assurer aux véhicules des possibilités de freinage convenable et une bonne stabilité transversale.
- En matière de confort, elle doit présenter un bon uni afin que l'usager ne ressente pas dans son véhicule de secousses brutales ou de vibrations excessives.
- En matière de pérennité, elle doit assurer une bonne imperméabilité.
- L'épaisseur de la couche de roulement en général est entre 6 à 8 cm.

IV.5.3.La couche de liaison

La couche de liaison a pour rôle essentiel, d'assurer une transition (liaison) entre la couche de base et celle de roulement

IV.5.4.Corps de chaussée

Sous la couche de surface, vient le corps de chaussée, dont le rôle essentiel est de résister aux charges et de répartir les pressions qui résultent de telle sorte que le terrain ne soit plus sollicité qu'avec les contraintes compatibles avec sa portance. Il comporte de haut en bas :

IV.5.5.La couche de base

Constituée de matériaux résistants (Pierres concassées, graviers bitumineux), son rôle est de transmettre les charges à la couche de fondation provenant de la circulation. (Résister aux charges verticales de La circulation).

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

IV.5.6.La couche de fondation

Son rôle est d'assurer la transmission convenable des charges verticales (contraintes), apportées par la couche de base sur le terrassement. Elle doit aussi assurer un bon drainage.

IV.5.7.La couche de forme

La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée.

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

IV.5.8.La sous couche

Lorsque le corps de chaussée doit être préservé contre certaines actions (le sol naturel est de mauvaise qualité), on interpose entre celui-ci et le terrain une couche supplémentaire appelée sous couche.

La sous couche est, éventuellement, prévue pour :

- Assurer le drainage de la fondation : la sous couche est dite alors drainante.
- Empêcher les remontées d'argile dans la chaussée : la sous couche est dite alors anti-contaminant.
- S'opposer aux remontées d'eau par capillarité : la sous couche est dite alors anti capillaire.
- Lutter contre les effets de gel : la sous couche est dite alors anti -gel.

Une sous couche peut avoir plusieurs de ces rôles.

IV.6.Principales méthodes de dimensionnement

On distingue deux familles des méthodes :

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

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

- La méthode de C.B.R (California -Bearing - Ratio):
- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.
- Méthode du catalogue des structures

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

Pour le dimensionnement du corps de chaussée dans notre projet on va utiliser Deux méthodes qui sont :

- La méthode de catalogue algérienne
- La méthode CBR

IV.6.1. Méthode de C.B.R (CALIFORNIA – BEARING – RATIO)

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

Pour que la chaussée tienne, il faut que la contrainte verticale répartie, suivant la théorie de BOUSSINESQ, soit inférieure à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice CBR. L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

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

Avec :

- *e : épaisseur équivalente
- * ICBR : indice CBR (sol support)
- * N : désigne le nombre journalier de poids lourd à vide à l'année horizon
- * P : charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t)
- * Log : logarithme décima

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$e = \sum a_i e_i$$

$$e = a1 \times e1 + a2 \times e2 + a3 \times e3$$

Où :

- a1, a2, a3 : coefficients d'équivalence de matériau par référence à un grave Concassé.
- e1, e2, e3 : épaisseurs réelles des couches.

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

Tableau 1 : Coefficients d'équivalence pour chaque matériau

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse et T.V. O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume GB	1.60 à 1.70

Il est reconnu que cette technique conduit à des surdimensionnements énormes entraînant des coûts de construction élevés.

La détermination des épaisseurs des différentes couches d'une chaussée en matériaux divers est obtenue en utilisant les coefficients d'équivalence permettant de convertir l'épaisseur équivalente calculée en une épaisseur réelle constituée de matériaux.

L'épaisseur totale à donner à la chaussée est :

$$e = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$$

Avec :

- $a_1 \times e_1$: Couche de roulement ;
- $a_2 \times e_2$: Couche de base ;
- $a_3 \times e_3$: Couche de fondation

Dimensionnement de la chaussée par la méthode

Données de l'étude :

- Année de mise en service : 2021 → $TJMA_{2021} = 11923.2 \text{ v/j/sens}$.
- Année horizon : 2041 → $TJMA_{2041} = 26127 \text{ /j/sens}$.
- Pourcentage de poids lourd est : $Z = 30 \%$
- N: désigne le nombre journalier de poids lourd à vide à l'année horizon
 $N(PL) = 26127 \times 0.30 = 7838.1 \text{ PL/j}$
- **ICBR = 4.77**

Donc :

$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5} \left(75 + 50 \log \left(\frac{7838.1}{10} \right) \right)}{4.77 + 5} \approx 66 \text{ cm}$$

La détermination des épaisseurs des différentes couches :

$$e = \sum a_i e_i$$

Nous proposons les matériaux et les épaisseurs suivants pour chaque couche :

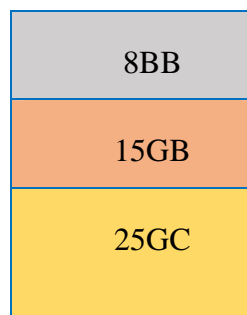
- Couche de roulement en béton bitumineux ($a_1 = 2$, $e_1 = 8 \text{ cm}$)
- Couche de base en grave bitume ($a_2 = 1.6$, $e_i = 15 \text{ cm}$)
- Couche de fondation en grave concassé ($a_3 = 1$, $e_3 = ?$)

Donc :

$$e = 8 \times 2 + 1.6 \times 15 + 1 \times e_3 \Rightarrow 8 \times 2 + 1.6 \times 12 + 1 \times e_3 = 66 \text{ cm}$$

$$e_3 = 66 - (8 \times 2 + 1.6 \times 15) \approx 26 \text{ cm}$$

Donc l'épaisseur réelle et : $8(\text{BB})+15(\text{GB})+25(\text{GC})=48\text{cm}$



IV.6.2.Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

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

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.

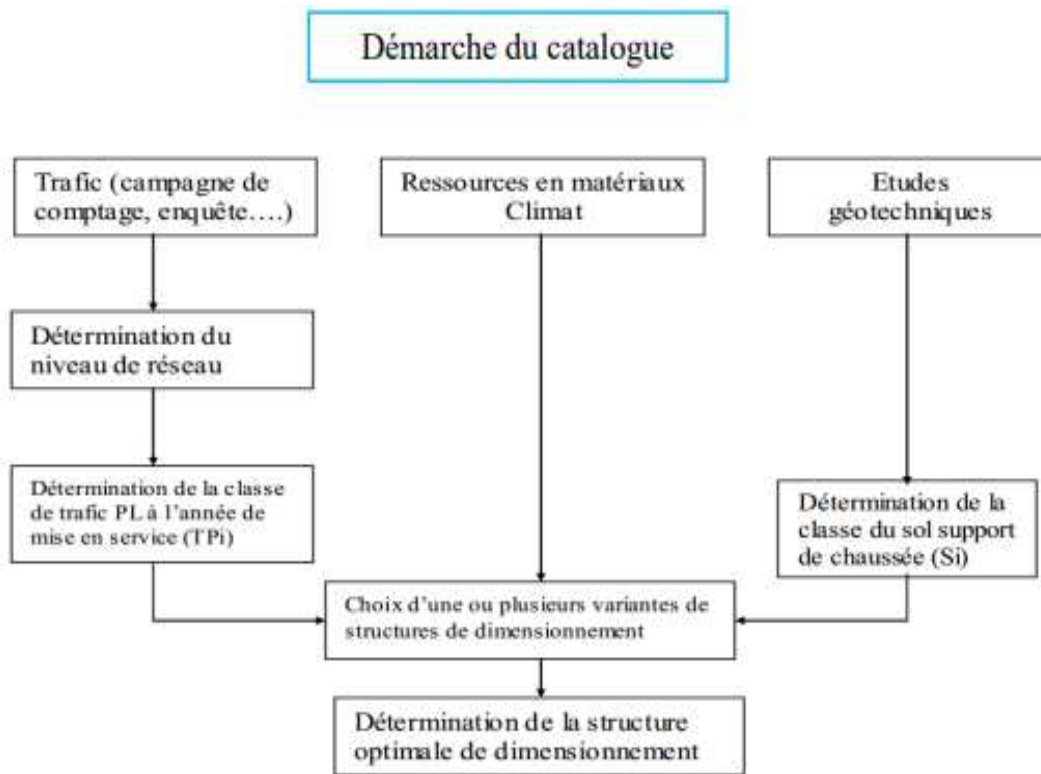


Figure 1: Démarches du catalogue CTTP

IV.6.2.1. Données d'entrée du dimensionnement

6.2.1.1. Détermination du type de réseau

D'après le catalogue CTTP, le réseau principal se décompose en deux niveaux (tableau 2).

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

Selon les données de trafic le $TJMA_{2017} = 9800v/j/sens$

$$TJMA_{2017} = 9800v/j/sens > 1500 v/j/sens.$$

Donc, le niveau du trafic de notre autoroute est : **réseau principal de niveau 1 (RP1)**.

IV.6.2.2. Trafic

6.2.2.1. Détermination de la classe de trafic TPLi

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

$$TJMA_{2021} = 11924 \text{ v/j/sens}$$

Et

$$TPL_{2021} = Z \times TJMA_{2021} = 0.3 \times 11924 \times 0.8 = 2862 \text{ PL/j/sens.}$$

6.2.2.2. Classe TPLi pour RP1

150	TPL3	300	TPL4	600	TPL5	1500	TPL6	3000
-----	------	-----	------	-----	------	------	-------------	------

➤ Pour un TPL de **2862 PL/j/sens**, la classe de trafic est **TPL6**.

6.2.2.3. Répartition transversale du trafic « PLi »

Chaussée unidirectionnelles à **3 voies** : 80% du trafic PL sur la voie lente de droite.

6.2.2.4. Durée de vie de la chaussée

La durée de vie est fixée par niveau du réseau principal (RP1, RP2) et par types sont synthétisées dans le tableau 3 ci-dessous

Niveau de réseau 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 hydrauliques)	GL/GL	20
		BCg	25
RP2	MTN (matériaux non traités)	GNT/GNT, TUF / TUF, SG/ SG, AG/AG	15
	MTB (matériaux traités au bitume)	SB/SG	15

GB : grave bitume ; SB : sable bitume, GL : grave laitier, AG : arène granitique, GNT : grave non traitée, BC_g : béton de ciment goujonné ; TUF : encroûtement calcaire

Pour le cas de notre projet qui est classé en **RP1** avec une structure en matériaux traités au bitume (disponible localement), la durée de vie prévu pour le dimensionnement de la chaussée est de **20 ans**.

IV.6.2.3. Calcul du trafic du poids lourd cumulé PL (TCi)

Le trafic cumulé est donné par la formule suivante :

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

- **i** = taux d'accroissement géométrique, pris égal à 0.04 (4%) ;
- **n** = durée de vie considérée (20 ans).

Donc :

$$- TCE_i = 2862 \times 365 \times \frac{(1+0.04)^{20}-1}{0.04} = 31.10 \cdot 10^6$$

IV.6.2.4. Calcul du trafic cumulé équivalent (TCEi)

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

Où :

- **A** : coefficient d'agressivité des PL par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes.

La valeur de A est donnée par le tableau suivant :

Figure 2 : valeur de coefficient d'agressivité A

	Type de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à MTB : GB/GB, GB/TUF, GB/SG	0.6
	Chaussées à MTLH : GL/GL, BCg/GC	1
RP2	Chaussées à MNT : GNT/ GNT, TUF /TUF, SG/SG, AG/AG	0.6
	Chaussées à MTB : SB/SG,	0.4
RP1 et RP2	Sol-support (calcul de $\varepsilon_{z, adm}$)	0.6

Donc **A=0.6**

D'où :

$$TCE_{2021} = 0.6 \times 31.10 \cdot 10^6 = 18.66 \cdot 10^6$$

IV.6.2.5. Détermination du Risque de calcul

Tableau 2 : valeur de risque de calcul

	Classe de trafic (TPLi) (PL/J/sens)	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (%)	GB/GB, GB/GNT	20	15	10	5	2
	GL/GL	15	10	5	2	2
	BCg/GC	12	10	5	2	2

D'après le catalogue de dimensionnement algérien nous avons un risque de 5%. Notre projet s'inscrit en réseau **RP1** avec un **TPL6** et avec une structure en matériaux bitumineux

IV.6.2.6. Données climatiques

Le dimensionnement de corps de chaussée s'effectue avec une température consistance, c'est-à-dire température équivalente θ_{eq} , en tenant compte de cycle de variation de température de chaque année.

La température équivalente est généralement déterminée selon le zonage climatique du site D'après le « catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (2001CCTP) », le site de projet est classé en zone I.

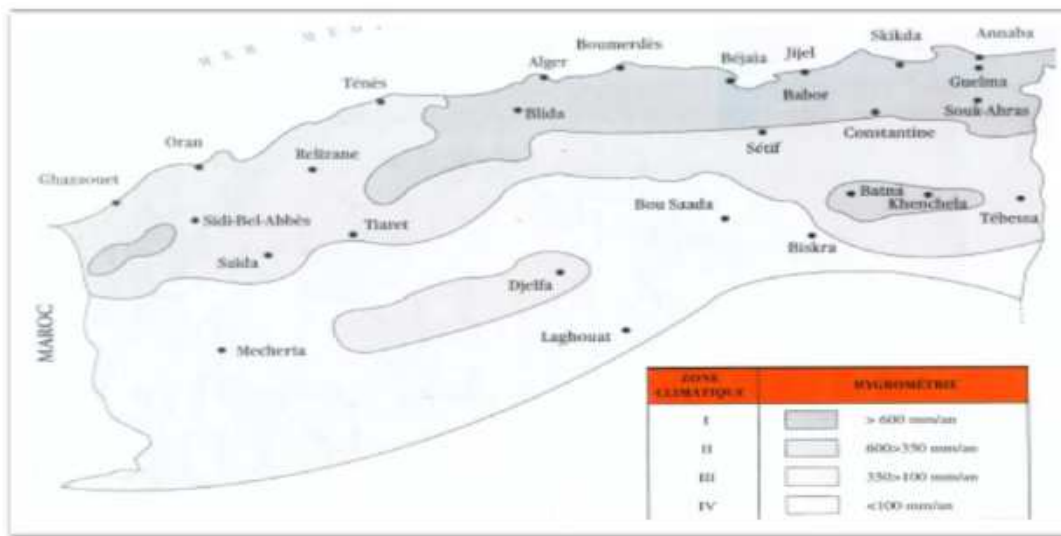


Figure 3 : Position de projet dans la carte climatique de l'Algérie (fascicule N° 1 (2001CCTP)). Donc on prend une température équivalente égale à 20°C, comme montré dans le tableau suivant :

Zones climatiques	I et II	III	IV
Température équivalente θ_{eq}	20	25	30

Figure 4 : choix des températures équivalentes

Donc, nous prenons une température équivalente $\theta_{eq}=20^{\circ}\text{C}$ car la wilaya de Tizi-Ouzou se situe au nord du pays (Zone I).

IV.6.2.7. Détermination de la portance de sol-support de chaussée

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.

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

Figure 5: indication de la portance du sol

Dans notre cas, nous avons :

$$E = 5 \times ICBR = 5 \times 4.77 = 23.85 MPa$$

Donc notre classe de sol support est **S4**.

Nous remarquons bien que le recours à une couche de forme est nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussée dans des conditions acceptables, car notre sol est de portance S4.

IV.6.2.8. Sur classement des sols supports de chaussées

Dans notre cas les niveaux de la portance sont pas atteints (S4 en RP1), donc il faudra prévoir une couche de forme pour améliorer le module de support de chaussée dans les condition acceptable et d utilise le catalogue qui préconise le sol de class **S1** et **S2**.

Tableau 3 : Indications sur le choix de la couche de forme à réaliser

Classe de portance de sol terrassé (Si)	Matériaux de couche de forme	Epaisseur de matériaux de couche de forme	Classe de portance de sol support visée (Sj)
S4	Matériaux non traités (*) (MNT)	60cm (en bicouches)	S2

IV.6.2.9. Liste des structures permises

Le choix de la couche de roulement est fait en fonction du niveau de réseau principal comme suit :

- RP1 : Couche de roulement en béton bitumineux (BB), les épaisseurs sont modulées en fonction de la classe de trafic (TPLi) et du type de structure de l'assise de chaussée.
 - 6 BB à 8 BB pour les structures traitées au bitume (GB/GB, GB/GNT ...)
 - 6 BB à 10 BB pour la structure GL/GL

D'après toutes ces données, on est en présence des caractéristiques suivante :

- Réseau principal de niveau 1 (**RP1**).
- Classe de trafic **TPL6**.
- Sol-support de classe S2.
- Zone climatique I

d'après les fiches structures du réseau niveau 1 (RP1) on obtient les structures suivantes :

TPLi Pl./j/sens	Si	S2	S1	S0
		50 MPa	125 MPa	200 MPa
6000 TPL7		8 BB 14 GB 15 GB	8 BB 12 GB 13 GB	8 BB 11 GB 11 GB
3000 TPL6		8 BB 12 GB 13 GB	8 BB 11 GB 11 GB	8 BB 10 GB 10 GB
1500				

Figure 6 : Structures de chaussées proposées par CTPP pour TPL7

Pour notre projet, nous allons adopter une structure GB/GB :

- Couche de roulement en Béton Bitumineux (8 BB)
- Couche de Base en Grave Bitume (12 GB)
- Couche de fondation en Grave Bitume (13 GB).

Avec une couche de forme en matériaux Non Traité : TVO= 60 cm (en deux couches) [fascicule 1].

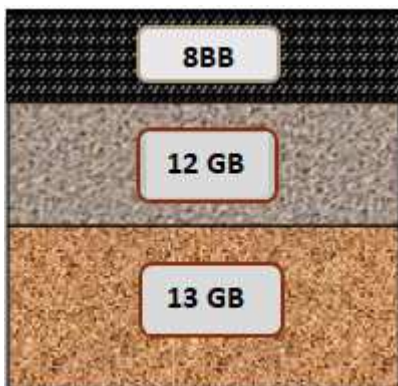


Figure 7 : Structure de chaussée adoptée

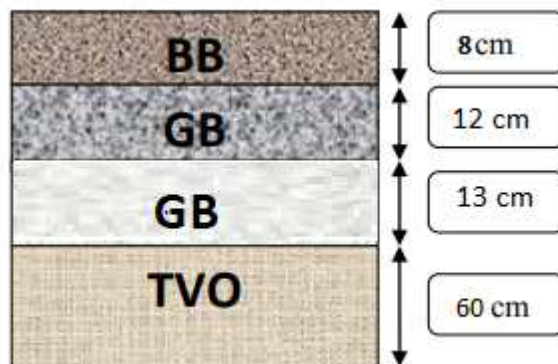


Figure 8 : Structure avec couche de forme

IV.6.2.10. Vérification de la structure choisie

Il faudra vérifier que ϵ_t et ϵ_z calculées à l'aide d'Alize III, sont inférieures aux valeurs AN

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

ϵ_z : (sol) étant la déformation verticale sur le sol support.

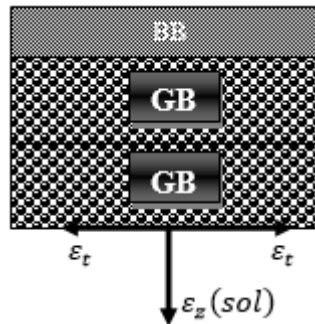


Figure 9 : Déformations de la structure GB/GB

IV.6.2.11. Calcul de la déformation admissible sur le sol support $\varepsilon_{z.ad}$

$$\varepsilon_{z.ad} = 22 \cdot 10^{-3} \cdot TCEI^{-0.235}$$

AN :

$$\varepsilon_{z.ad} = 22 \times 10^{-3} (18.66 \times 10^6)^{-0.235} = 4.30 \cdot 10^{-4}$$

Donc :

$$\varepsilon_{z.ad} = 430 \cdot 10^{-6} \text{ def} = 430 \mu\text{def}$$

NB : « Dans le cas des chaussées traitées au bitume et aux liants hydrauliques, la pression sur le sol sera tellement faible que le critère $\varepsilon_z < \varepsilon_{z.ad}$ »

1.1.1.1.1 Calcul de la déformation admissible $\varepsilon_{t.ad}$ à la base de la GB

La valeur admissible de tractions est donnée par la relation suivante :

$$\varepsilon_{t.ad} = \varepsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25 \text{ Hz}) \cdot k_{ne} \cdot k_\theta \cdot k_r \cdot k_c$$

- $\varepsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25\text{Hz})$: déformation limite correspondant à 106 cycles. (Essai de fatigue à 10°C et 25Hz). (Pour une grave bitume $\varepsilon_6=100 \cdot 10^{-6}$)
- K_θ : facteur lié à la température
- K_{ne} : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supportés 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 ($k_c=1.3$)

$$K_{ne} = \left(\frac{TCEI}{10^6} \right)^b ; \quad k_r = 10^{-tb\delta} ; \quad K_\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{eq})}}$$

- b : pente de la droite de fatigue ($b < 0$).
- $E(10^\circ\text{C})$: module complexe du matériau bitumineux à 10°C .

➤ $E(\theta_{eq})$: module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée .

➤ δ La dispersion:

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} Sh\right)^2}$$

➤ SN : dispersion sur la loi de fatigue, selon le tableau 13 du fascicule 2 :

$$SN = 0.45$$

➤ Sh : dispersion sur les épaisseurs (en cm), selon le tableau 13 du fascicule 2 :

$$Sh = 3 \text{ cm}$$

➤ c : coefficient égal à 0.02.

t : fractile de la loi normale qui est en fonction du risque adopté (r %) :

$$t = -1.645$$

V. Application numérique

Calcul de K_{ne} :

$$K_{ne} = \left(\frac{22.28 \cdot 10^6}{10^6}\right)^{-0.146} = 0.65$$

Calcul de K_{θ} :

D'après le tableau 13 du fascicule 2, nous avons :

$$\begin{cases} E(10^\circ\text{C}, 10 \text{ Hz}) = 12500 \text{ MPa} \\ E(20^\circ\text{C}, 10 \text{ Hz}) = 7000 \text{ MPa} \end{cases} \rightarrow K_{\theta} = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1.34$$

Calcul de k_r :

$$k_r = 10^{-tb\delta}$$

$$\begin{cases} t = f(r\%) = f(2\%) = -2.054 \\ \delta = \sqrt{(0.45)^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} 3\right)^2} = 0.609 \end{cases} \rightarrow k_r = 10^{-(-2.054)(-0.146)0.609} = 0.657$$

$$K_r = 0.657$$

Donc :

$$\varepsilon_{t.ad} = 100 \cdot 10^{-6} \times 0.65 \times 1.34 \times 0.657 \times 1.3 = 74.4$$

$$\varepsilon_{t.ad} = 74.4 \cdot 10^{-6} \text{ def} = 74.4 \mu \text{ def}$$

V.1.1.1.Vérification des résultats de calcul par Alize III

Caractéristiques des couches : **toutes les couches sont collées**

V.1.1.2.Modélisation de la structure

Alizé-Lcpc - Définition d'une Structure (Fichier/nouveau) — □ ×

Fichier Calculer Valeurs admissibles Bibliothèques Configurer Alizé Fenêtre ?

Titre :

Structure de base				
	épais. (m)	module (MPa)	Nu	matériau type
collé	0,08	3600	0,350	bb
collé	0,12	6300	0,350	gb2
collé	0,13	6300	0,350	gb2
collé	0,3	200	0,350	pf4
collé	0,3	200	0,350	pf4
collé	infini	50	0,350	pf2

Modifier la structure

nb de couches : 6

Ajouter 1 couche

Supprimer 1 couche

Série de calculs

nb de calculs : 1

Voir/gérer les variantes

Supprimer les variantes

Niveaux de calcul

Modifier les niveaux

Aide

Nature des interfaces

Epaisseurs mini-maxi

Calcul direct (charge réf.)

Quitter Alizé

Figure 10 : Modélisation de la structure de chaussée

V.1.1.3.Calcul des déformations avec Alizé

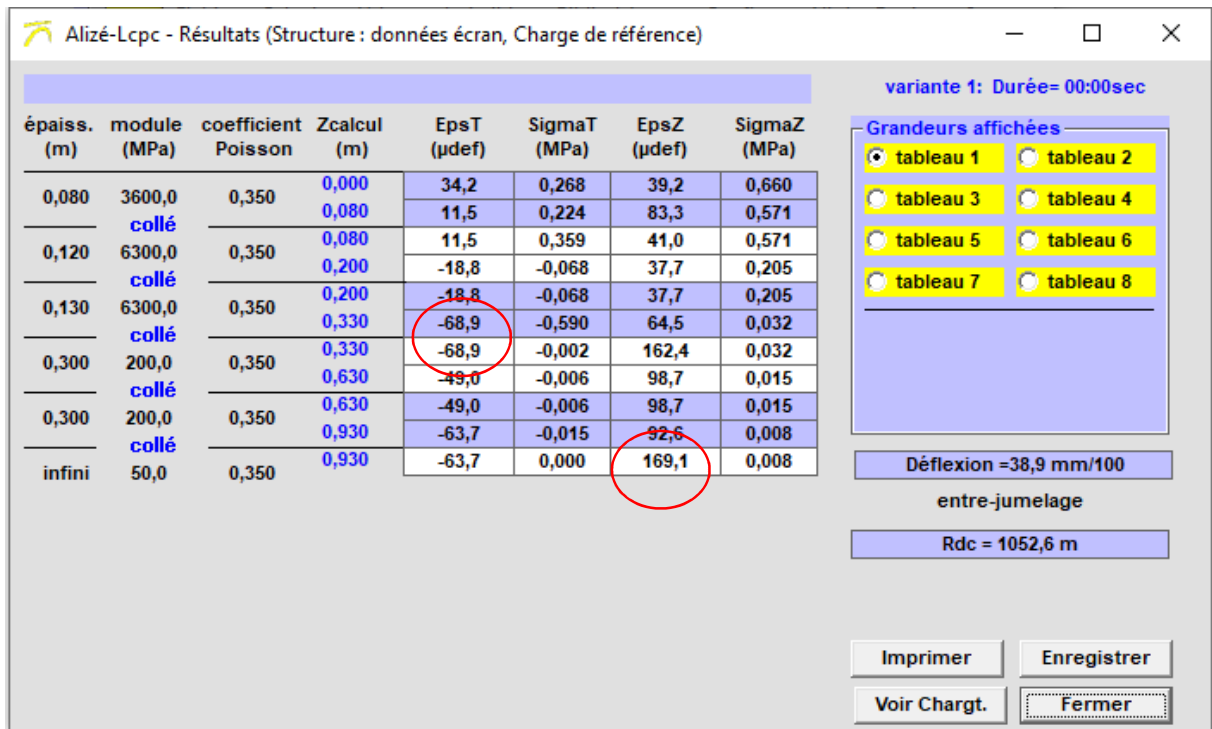


Figure 11 : résultats de la modélisation structure chaussée

$$\epsilon_t < \epsilon_{t.ad} = -63.7 \mu def \leq 74.4 \mu def \rightarrow \text{condition vérifiée}$$

Et :

$$\epsilon_z < \epsilon_{z.ad} = 169 \mu def \leq 430 \mu def \rightarrow \text{condition vérifiée}$$

La structure 8BB + 12GB + 13GB est vérifiée.

V.1.1.4.Résultat

CBR	Catalogue des structures
8BB+15GB+25GC	8BB+12GB+13GB+60TUF

V.2.Conclusion

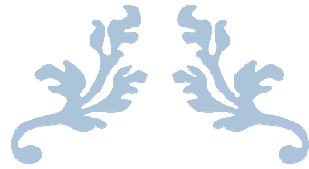
Nous remarquons que les deux conditions ($\epsilon_t < \epsilon_{t, adm}$ et $\epsilon_z < \epsilon_{z, adm}$) sont vérifiées, ce qui signifie que notre dimensionnement est juste, et ce dernier permettra l'évitement aux lignes d'influence des charges engendrées par le passage des poids lourds d'atteindre le sol support, et donc sa non déformation.

La méthode dite du catalogue de dimensionnement de chaussée, nous donne un corps de chaussée avec une épaisseur de structure importante et uniforme pour l'ensemble du tracé, alors que la méthode dite CBR nous propose une structure de chaussée avec des épaisseurs nettement moins importantes.

La méthode du catalogue de dimensionnement de chaussée étant une méthode qui s'appuie sur des lois de comportement à la fatigue, nous nous proposons de l'appliquer à notre projet pour les raisons suivantes :

- Augmentation de la longévité de la route.
- Disponibilité de crédit d'investissement à court terme pour éviter les fluctuations dans le cas d'un investissement différé à long terme.
- Minimiser les coûts d'entretien.
- Expérimentation de la méthode pour avoir un retour d'expérience suffisant pour sa généralisation et son adoption ou bien à sa révision selon les observations qui seront faites.
- Un meilleur comportement à l'agressivité des charges son cesse croissantes (l'orniérage).

Ces deux méthodes sont les plus utilisées en Algérie.



CHAPITRE 5 : ETUDE GEOMETRIQUE



V.1.Tracé en plan

V.1.1.Introduction

La position ou la disposition de la ligne centrale de la route sur un plan horizontal qui est soit une carte topographique ou un relief schématisé par des courbes de niveau est appelée le tracé en plan, Le tracé en plan est une succession de droites reliées par des courbes de raccordement.

Une nouvelle route devrait être tracé très soigneusement car un mauvais alignement entraînerait.

Un ou plusieurs des inconvénients suivants:

- Augmentation des coûts de construction.
- Augmentation des coûts de maintenance.
- Augmentation du coût d'exploitation du véhicule.
- Augmentation du taux d'accidents.

Une fois que la route est tracée et construite, il n'est pas facile de modifier le tracé en raison de l'augmentation du coût des terrains contigus et de la construction de structures coûteuses au bord de la route.

Les exigences fondamentales d'une tracée idéal entre deux stations terminales sont les suivantes :

- Court.
- Facile.
- sécurisé.
- Économique.

V.1.2.Règles à respecter dans le tracé en plan

Pour un bon tracé en plan certaines recommandations doivent être suivies. Nous pouvons citer par exemple :

- L'adaptation du tracé au terrain naturel pour qu'il n'y ait pas de terrassement important et donc un grand mouvement des terres.
- Il faut raccorder le nouveau tracé au réseau routier existant.
- Eviter les terrains instables ainsi que les terrains agricoles et les propriétés privées.
- Eviter le franchissement des oueds pour éliminer la réalisation des ouvrages d'arts.
- Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.
- S'aligner les courbes de niveau au maximum.

- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.

V.1.3.Vitesse de référence (de base)

La Vitesse de référence (VB), représente une vitesse théorique qui sert à déterminer les valeurs maximales des caractéristiques géométriques, et d'autres paramètres qui interviennent dans l'élaboration du tracé d'un projet routier.

Le choix dépend essentiellement de :

- Type de route.
- Topographie. (Degré de difficulté du terrain).
- Importance et genre de trafic (volume, structure).
- Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

V.1.4.Les éléments du tracé en plan

En première approximation, le tracé de l'axe des routes est composé de lignes droites raccordées par des cercles. Mais la pratique des grandes vitesses a imposé l'emploi d'un élément supplémentaire pour le tracé.

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

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



Figure 1 : Les éléments du tracé en plan

V.1.4.1.Les alignements

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

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

La cause en est qu'il présente des inconvénients, notamment :

- De nuit, éblouissement prolongé des phares.

- Monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents.
- Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.
- Mauvaise adaptation de la route au paysage.

Il existe toutefois des cas où l'emploi d'alignement se justifie :

- En plaine ou, des sinuosités ne seraient absolument pas motivées.
- Dans des vallées étroites.
- Pour donner la possibilité de dépassement.

la longueur des alignements dépend de :

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

$$\checkmark L_{min} = 5 \times \frac{V_B}{3.6} V_B: \text{ vitesse de base en } km/h = 80km/h$$

AN :

$$L_{min} = 5 \times \frac{80}{3.6} = 111m$$

$$\checkmark L_{max} = 60 \times \frac{V_B}{3.6}$$

AN :

$$L_{max} = 60 \times \frac{80}{3.6} = 1333m$$

Pour des raisons de sécurité de circulation et d'esthétique, les cas particuliers suivants sont à éviter :

- Réunion de deux longues courbes par un alignement court.
 - Alignement à supprimer.
- Réunion de deux longs alignements par une courbe courte c'est-à-dire de faible rayon.
 - Augmenter le rayon de sa courbe.

V.1.4.2. Arcs De Cercle

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

- Stabilité des véhicules en courbe.

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

Stabilité en courbe :

Dans un virage de rayon R, le véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du système.

Afin de réduire l'effet de la force centrifuge, on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur de la courbe afin d'éviter le phénomène de dérapage, d'une pente dite dévers exprimée par sa tangente.

- « d » ne doit pas être très grand (risque de glissement à faible vitesse par temps pluvieux ou par verglas).
- « d » ne doit pas être très faible pour assurer un bon écoulement des eaux.

Catégorie C	Environnement E	Dévers (%) Dmax	dmin
1-2	1-2-3	7	2.5
3-4	3	7	3
3-4	1-2	8	3
5	1-2-3	9	3

Tableau 14 : Valeurs du dévers.

V.1.4.3. Rayon en plan

➤ **Rayon horizontal minimal absolu RHM :**

C'est le rayon minimum pour lequel la stabilité du véhicule est assurée, il ne faut jamais descendre au-dessous de cette valeur, et il est défini comme étant le rayon de dévers maximal.

$$RHM = \frac{V_B^2}{127. (ft + dmax)}$$

Avec :

ft : coefficient de frottement transversal donné par le (B40)

V	40	60	80	100	120	140
Ft	0.20	0.16	0.13	0.11	0.10	0.09

Tableau 1 : coefficient de frottement

AN :

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

➤ **Rayon minimal normal RHN :**

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

$$RHN = \frac{(80 + 20)^2}{127 \cdot (0.13 + 0.07)} = 393.7 \approx 394 \text{ m}$$

➤ **Rayon au devers minimal RHD :**

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

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

$d_{min} = 3\%$ en catégorie 3-4

$$RHD = \frac{V_B^2}{d_{min} \cdot 2 \cdot 127}$$

AN :

$$RHD = \frac{80^2}{0.025 \times 2 \times 127} = 1008 \text{ m}$$

➤ **Rayon minimal non déversé RHND :**

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toi et le divers est négatif pour l'un des sens de circulation, le rayon minimal qui permet cette disposition est le rayon minimal non déversé (Rhnd).

$$\text{Cat 1-2 : } RHnd = \frac{V_B^2}{127 \times 0,035}$$

$$\text{Cat 3-4-5 : } RHnd = \frac{V_B^2}{127 (f' - d_{min})}$$

Avec :

- $f' = 0.07$ cat3
- $f' = 0.075$ cat 4 -5

AN:

$$RHnd = \frac{80^2}{127 \times 0.035} = 1439.8 \approx 1440 \text{ m}$$

Règles d'utilisation des rayons en plan

1. On essaye de choisir le plus grand rayon possible en évitant de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.
 2. Il n'y a aucun rayon inférieur à RHm. On utilise autant que possible des valeurs de rayons \geq RHN.
 3. Les rayons compris entre RHm et RHd sont déversés avec un dévers **interpolé linéairement** en $1/R$ et arrondi à 0,5 % près
- 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 d min si RHN < R < RHd.

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

Tous les rayons déversés <RHnd sont munis de courbes de raccordement progressif. Les rayons >RHnd peuvent être munis de courbe de raccordement progressif.

- Un rayon RHm doit être encadré par RHN.
- Tout arc de tracé de longueur supérieure à 400 m présentant simultanément RH > 1.400 m et RV > 10.000 m (angle saillant) est assimilé à un grand alignement. Aux extrémités d'un tel arc les véhicules rapides peuvent atteindre $V_b + 40$ (limitée à 120 Km/h).
- Aux extrémités d'un grand alignement droit, on prévoira des arcs de rayons en plan au moins égaux à RHm ($V_b + 40$) sans dépasser RHm (120).

Pour notre cas, notre projet se situe dans un environnement E2 et classé en catégorie 2 (C2) avec une vitesse de base $V_b=80$ km/h, le règlement (B40) préconise les rayons suivants pour une vitesse de base de 80km/h :

Tableau 2 : valeurs des différents rayons calculés et ce donnés par le B40

Paramètres	Symboles	Valeurs (B40)	Valeurs calculées
Vitesse (Km /h)	V_b	100	80
Rayon horizontal min (m)	RHm (7%)	450	252
Rayon horizontal normal (m)	RHn (5%)	650	394
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2.5%)	1600	1008
Rayon horizontal non déversé(m)	RHnd(-2.5%)	2200	1440

V.1.5.Les raccordements progressifs

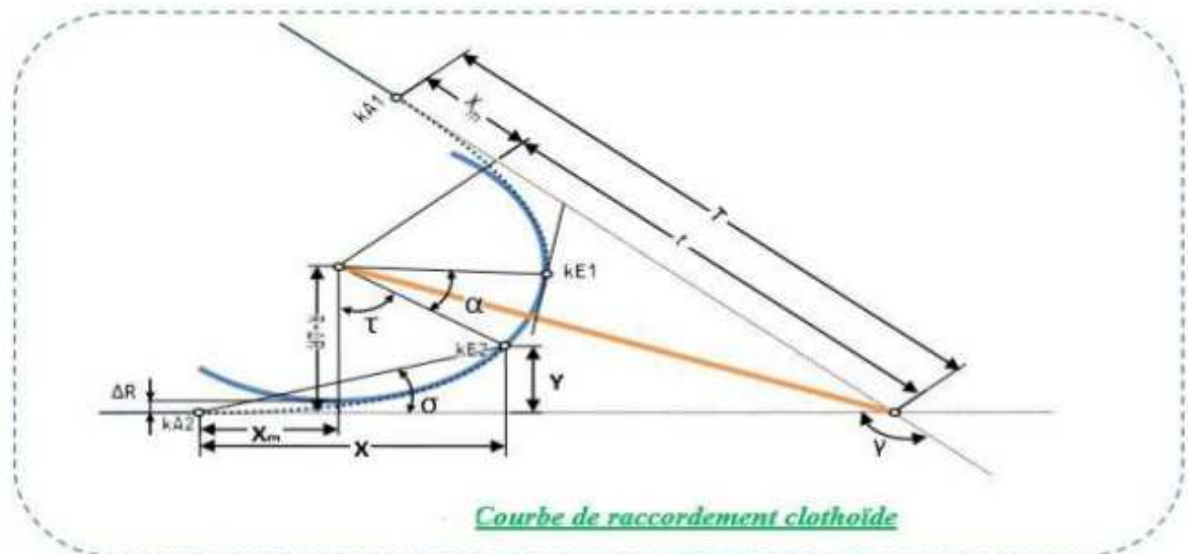
Le passage de l'alignement droit au cercle ne peut se faire brutalement, mais progressivement (courbe dont la courbure croit linéairement de R qui tend ver l'infini jusqu'à R= constant), pour assurer :

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

V.1.5.1.Expression du clothoïde

La courbe est proportionnelle à l'abscisse curviligne (ou longueur de l'arc) $A^2 = RL$.

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



γ : Angle entre alignement.
 T : Grande tangente.
 ΔR : Ripage.
 KA : Début de clothoïde.
 KE : Fin de clothoïde.
 σ : Angle polaire.

X_m : Abscisse du centre de cercle.
 X : Abscisse de KE.
 Y : Ordonnée de KE.
 α : Angle d'arc de cercle.
 τ : Angle de tangente.

Figure 2 : Courbe de raccordement Clothoïde

1.1.1.1 Les conditions de raccordement

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

V.1.5.2. 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.

On a :

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

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

Règles générale B40

- Pour $R < 1500 \Rightarrow \Delta R = 1\text{m}$ (éventuellement 0.5m) d'où $L = (24 R \Delta R)^{1/2}$
- Pour $1500 < R < 5000 \text{ m}$ $\tau = 3^\circ$ c'est-à-dire $L = R/9$
- Pour $R > 5000 \Rightarrow \Delta R$ limité à 2.5m soit $L = 7.75(R)^{1/2}$

V.1.5.3. Condition de confort dynamique

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

La variation de l'accélération transversale est :

$$V_b^2 / (R - g \cdot \Delta d)$$

Ce dernier est limité à une fraction de l'accélération de pesanteur :

$$Kg = 1/0.2 V_b$$

Avec :

V_b : vitesse de base (Km/h)

R : rayon en mètre (m)

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

D'où :

$$L (m) \geq (V_b^2 / 18) ((V_b^2 / 127R) - \Delta d)$$

V.1.5.4. 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 un aspect satisfaisant dans les zones de variation de dévers. A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversé et de son axe de tel sorte $\Delta p < 0.5/V_b$.

Nous avons :

$$L = l \cdot \Delta d \cdot V_b$$

V.1.6. Application au projet

Dans le cas de notre projet, tous les calculs sont effectués automatiquement à l'aide de logiciel **PISTE 5**, les résultats sont détaillés dans les figures suivantes :

V.2. PROFIL EN LONG

V.2.1. Définition

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

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

- L'altitude du terrain.
- L'altitude du projet.

- La distance partielle et cumulée.
- La déclivité du projet.

V.2.2.. Les règles respectées 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 devers 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.
- Limité la déclivité pour une catégorie donnée ($i \leq i_{max}$)

V.2.3.Les éléments de composition du profil en long

Le profil en long est constitué d'une succession de segments de droites (rampes et pentes) Raccordés par des courbes circulaires, pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

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

V.2.4.Déclivités

La déclivité d'une route est l'angle tangente que fait le profil en long avec l'horizontal, l'on appel pente pour les descentes et rampes pour les montées.

Evacuation des eaux de ruissellement :

Pour assurer le bon écoulement des eaux de ruissellement d'une part sur les chaussées, d'autres part dans les ouvrages d'évacuation longitudinaux, il est souhaitable d'adopter les pentes longitudinales minimales suivant :

V.2.4.1. Déclivité minimale

Les tronçons de route absolument horizontaux, dits « en palier » sont si possibles à éviter, pour la raison que l'écoulement des eaux pluviales, par une pente transversale seule de la chaussée ne suffit pas, il faut encore que l'eau accumulée latéralement s'évacue longitudinalement avec facilité par des fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante. Il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 1% et surtout celle inférieure à 0.5 %, pour éviter la stagnation des eaux.

V.2.4.2. Déclivité maximale

la déclivité maximum dépend de :

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

Elle doit être inférieure à une valeur maximale associée au nouveau de service « selon le B40, environnement E2, catégorie C1 déclivité maximale :

$$I_{\max} = 7\%$$

V.2.5. Raccordement de profil en long

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

Il y a deux types de raccords :

V.2.6. Raccordement convexe (saillants)

La conception des raccords convexes doit satisfaire les conditions suivantes :

V.2.6.1. Condition de confort

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

$$R_v \geq 0.3m \times 80^2 = 1920$$

Cat. 1-2

V.2.6.2. Condition de visibilité

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

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

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

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

Avec :

- d_1 : Distance d'arrêt (m).
- h_0 : Hauteur de l'œil (m).
- h_1 : Hauteur de l'obstacle (m).

Les rayons assurant ces deux conditions sont donnés pour les normes en fonction de la vitesse base et la catégorie pour le choix bidirectionnel et pour une vitesse de base $V_b = 80$ Km/h et par la catégorie C_2 , dans le tableau ci –après.

Angles saillants	Valeur des rayons
Rayon minimal absolu (RVm2)	2500
Rayon minimal normal (RVN2)	6000
Rayon assurant distance (RVD) Visibilité de dépassement	20000

Tableau 3 : les valeurs des rayons du raccordement en angle saillants

Pour un rayon de 3000 m, nous avons $\begin{cases} h_0 = 1.1 \text{ m} \\ h_1 = 0.15 \text{ m} \end{cases}$

$$d_1 = \frac{4}{1000} * \frac{V_B^2}{f_l \pm i} = \frac{4}{1000} * \frac{80^2}{0.39} = 65.64 \text{ m}$$

$$RV = \frac{65.64^2}{2(\sqrt{1.1} + \sqrt{0.15})^2} = 1044.6 \text{ m}$$

V.2.6.3. Condition d'esthétique

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

éviter cet effet on imposera une longueur de raccordement minimale et pour des dévers $d < 10\%$ ‘spécial échangeur’.

$$R_{vm} = 100 \cdot \frac{50}{\Delta d\%}$$

Avec :

- Δd : changement de dévers (%) ;
- R_{vmin} : rayon vertical minimum (m).

V.2.6.4.. Raccordement concave : (rentrant)

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

$$Rv' = \frac{d_1^2}{1.5 + 0.035d_1}$$

$$Rv' = \frac{65.64^2}{1.5 + 0.035 \times 65.64} = 1134.62$$

Pour une chaussée unidirectionnelle avec une vitesse $V_r = 80$ Km/h et catégorie C2 on utilise le **tableau suivant** :

Tableau 4 : les rayons des courbes

Angles rentrant	Valeurs des rayons
Rayon minimal absolu (R’Vm)	2400
Rayon minimal normal (R’VN)	3000

V.2.7.Application au projet

Conception de profil en long

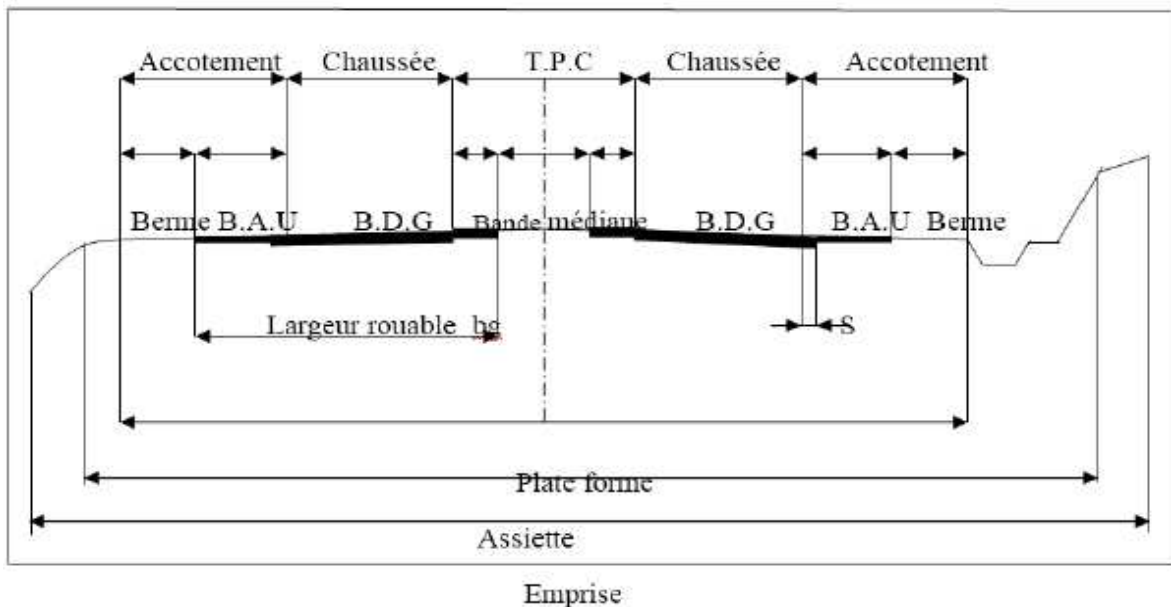
V.3.PROFIL EN TRAVERS

V.3.1.Définition

Le profil en travers d’une chaussée est la coupe perpendiculaire à l’axe de la chaussée par un plan vertical. Le profil en travers contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais, trottoirs). Il existe deux types de profil en travers dont le premier est le profil en travers type, il permet le calcul des terrassements, le deuxième est le profil en travers courant qui est une pièce de base dessinée avec des distances variables.

V.3.2.Eléments constitutifs du profil en travers

Le profil en travers est composé des éléments suivants :



V.3.2.1.L'emprise

L'emprise de la route est la surface de terrain appartenant à la collectivité, c'est-à-dire dans les limites du domaine public.

V.3.2.2.L'assiette

L'assiette de la route est la surface du terrain réellement construite pour créer la route, c'est-à-dire les limites des terrassements.

V.3.2.3.La plateforme

Elle est entre le fossé et les crêtes des talus en remblais ; la plateforme comprend la chaussée, plus les accotements (éventuellement le terre-plein central et voies auxiliaires).

V.3.2.4.Chaussée

La chaussée est la partie de la route affectée à la circulation des véhicules, la route peut être à chaussée unique ou chaussée séparée par un terre-plein central.

V.3.2.5.Nombre de voies

Le nombre de voies est déterminé après des études préalables en prenant compte des données de trafic, des objectifs de niveau de service et des éléments économiques et politiques. Les routes principales comportent 2 voies, 3 voies ou 2 voies avec des créneaux de dépassement, ou 2'2 voies.

V.3.2.6. Largeur des voies

La largeur des voies est de 3,50 m pour les routes principales neuves en rase campagne. Celle-ci peut être réduite à 3m en cas de contrainte de site, ou lorsque le trafic total et le trafic

lourd sont jugés peu importants. Sur les routes en relief difficile, des largeurs plus réduites que 3.5m peuvent également être adoptées.

V.3.2.7.Sur largeur

Dans les courbes de rayon inférieur à 200 m, une sur largeur est préconisée dans les virages. Elle vaut normalement, par voie de circulation 50/R en mètres, R étant le rayon de courbure exprimé en mètres. Cette sur largeur peut être ramenée à 25/R pour les routes en relief difficile.

V.3.2.8.Accotements

L'accotement comprend une partie dégagée de tout obstacle appelée bande dérasée, généralement bordée à l'extérieur d'une berme engazonnée. La bande dérasée située à l'extérieur de la chaussée (coté accotement) et non l'éventuelle bande dérasée de gauche qui ne fait pas partie de l'accotement. Sur l'accotement et au de-là, dans une « zone de sécurité », il est primordial d'exclure tout obstacle agressif, et d'éviter les fossés profonds.

V.3.2.9. La zone de sécurité

Cette zone, qui comprend la berme, doit être dépourvue de tout obstacle agressif (plantation de haute tige, poteau électrique ou d'éclairage public, tête de buse non protégée). La largeur de cette zone de sécurité vaut, à compter du bord de chaussée :

4m en aménagement des routes existantes. 7m en aménagement neuf des routes de type T ou R (2'2voies de type R limitées à 80km/h). 8.5m dans le cas particulier de routes à 2'2 voies de type R limitées à 110km/h 10m pour les autoroutes.

V.3.2.10.La zone de récupération

Cette zone comprend :

Une sur largeur de chaussée, de structure identique à la chaussée elle-même, d'une largeur de 0,25m dans le cas général, et qui porte le marquage de rive. Une partie stabilisée ou revêtue (pouvant supporter le passage occasionnel d'un poids lourd).

Les fonctions principales de la bande dérasée sont les suivantes :

- Permettre la récupération d'un véhicule déviant de sa trajectoire normale.
- Permettre l'évitement de collisions « multi-0véhicules » en autorisant des manœuvres d'urgent de départ latéral sur l'accotement (cas des collisions liées au tourne- à-gauche, ou au dépassement).
- Permettre aux piétons et éventuellement aux cyclistes de circuler en sécurité. Et alors le revêtement de la bande dérasée devient impératif si celle-ci doit assurer cette fonction pour les cycles sans moteur.
- Permettre l'arrêt d'un véhicule ;

- Faciliter les opérations d'entretien de la chaussée et de ses dépendances

La bande dérasée est revêtue ou stabilisée. Elle est généralement de largeur de 2 m (minimum 1,75 m) pour les routes multifonctionnelles (de types R) et de 2,5 m pour les routes de transit (de type T).

V.3.2.11. Berme

Elle est située à l'extérieur de la bande dérasée ou de la bande d'arrêt d'urgent (BAU), est généralement engazonnée. Elle supporte d'éventuels panneaux de signalisation et équipements (glissières de sécurité en particulier). Elle a une largeur de 0.75m éventuellement portée, en présence de dispositifs de retenue, à une valeur de 1m ou davantage selon le dispositif de retenue mis en œuvre.

V.3.2.12. Terre-plein central

Son rôle est triple :

Séparation C'est la raison essentielle du T.P.C lorsque sa largeur est inférieure à 12m, il comporte des dispositifs de sécurité qui peut être souples ou rigides. Dans le cas des dispositifs souples, la largeur du T.P.C doit permettre le débattement des glissières.

- **D'environnement**

Le T.P.C supporte les éventuelles plantations qui ont un rôle d'embellissement et participent à la sécurité de l'utilisateur (lutte contre l'éblouissement). Les terre-pleins centraux ne comportent pas systématiquement de plantation : ils sont parfois pour des raisons d'économie entièrement revêtus, mais seulement lorsque cette largeur est inférieure à 5m.

- **Drainage**

Afin d'éviter des épaisseurs de lames d'eau importantes sur les chaussées notamment à l'intérieur des courbes, le T.P.C comporte dans les zones déversées, un dispositif de drainage permettant la récupération des eaux de ruissellement de la chaussée extérieure.

V.4. Classification du profil en travers

Ils existent deux types de profil:

- a) Profil en travers type.
- b) Profil en travers courant

V.4.1.1. Le profil en travers type

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes. Il contient tous les éléments constructifs de la

future route, dans toutes les situations (remblais, déblais).

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

V.4.1.2. Le profil en travers courant

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à une distance de 20m.

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour l'évitement sera composé d'une route de 2×3 voies.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- Chaussée : $2 \times (3,5\text{m} \times 3) = 21(\text{m})$.
 - Accotement : $3 \text{ m} \times 2 = 6 (\text{m})$.
 - Une terre plane centrale : 3 (m)
 - Bandes dérasées 0.5 (m)
- ✓ Plateforme : 30.5m



CHAPITRE VI : LES CUBATURES



VI.1. Introduction

La réalisation d'un ouvrage nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lequel l'ouvrage va être implanté, pour les voies de circulations ceci est très visible sur les profils en longs et les profils en travers. Cette modification s'effectue soit par apport de terre sur le sol du terrain naturel, qui lui servira de support remblais, soit par excavation des terres existantes au-dessus du niveau de la ligne rouge.

Pour réaliser ces voies, il reste à déterminer le volume de terre qui se trouve entre le tracé du projet et celui du terrain naturel

VI.2. Définition

Les cubatures de terrassement sont la détermination des volumes de remblais et déblais nécessaire à la réalisation du projet, cela nécessite la connaissance :

- Des profils en long.
- Des profils en travers.
- Des distances entre ces profils.

VI.3. Méthode de calcul

Les méthodes que nous allons utiliser sont celle de la moyenne des aires, c'est

Une méthode simple mais elle présente un inconvénient de donner des résultats avec

Une marge d'erreurs, pour être en sécurité on prévoit une majoration des résultats.

VI.3.1. Description de la méthode

Le principe de la méthode de la moyenne des aires est de calculer le volume compris entre deux profils successifs par la formule suivante :

$$V = \frac{h}{2} (S1 + S2 + 4S0)$$

Avec :

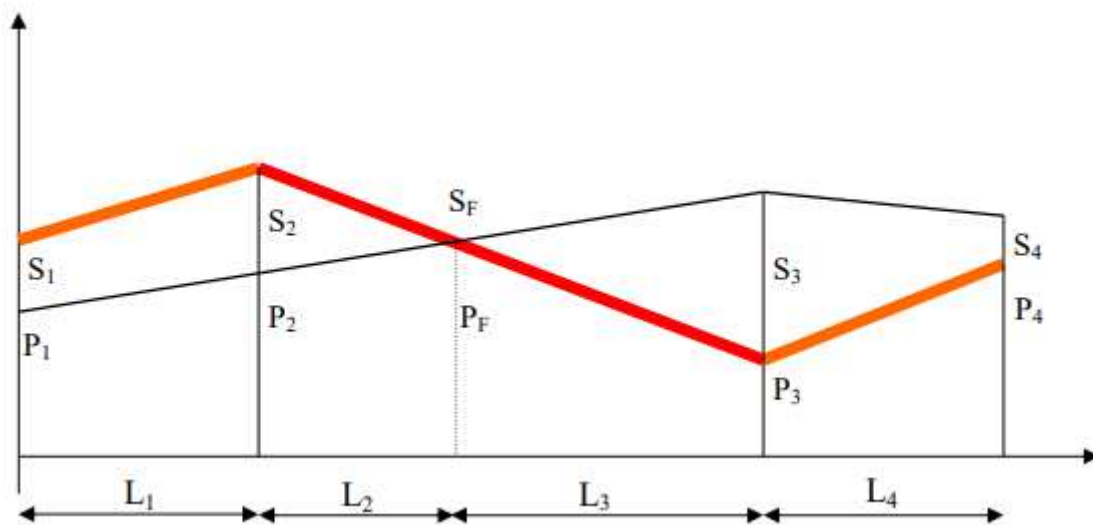
H : hauteur entre deux profils.

S0 : surface limitée à mi-distances des profils.

S1, S2 : surface des deux profils.

VI.3.2.Application

La figure ci-dessous représente le profil en long d'un tracé donné.



Le volume compris entre les deux profils en travers P1 et P2 de section S1, S2 sera égale à :

$$V1 = \frac{l1}{6} (S1 + S2 + 4 S_{moy})$$

- Pour un calcul plus simple on à considérer que : $S_{moy} = \frac{s1+s2}{2}$

D'ou :

$$\text{Entre P1 et P2 : } v1 = l1 \frac{s1+s2}{2}$$

$$\text{Entre P2 et PF : } V2 = l2 \frac{s1+0}{2} ; SF = 0$$

$$\text{Entre PF et P3 : } V3 = l3 \frac{0+s3}{2}$$

Le volume total V :

$$V = \left(\frac{l1}{2} \cdot S1\right) + \left(\frac{l1 + l2}{2} \cdot S2\right) + \left(\frac{l2 + l3}{2} \cdot 0\right) + \left(\frac{l3 + l4}{2} \cdot S3\right) + \left(\frac{l4}{2} \cdot S4\right)$$

NOTA : Les résultats s'effectuent à l'aide de logiciel Piste 5 sur tout l'axe de projet. « Voir Annexe »

Résultats finaux obtenus sont dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Volumes des déblais et remblais

Volume des déblais (VD) m ³	8030744
Volume des remblais (VR) m ³	10654420



CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT



VII.1. Introduction

L'assainissement routier comprend l'ensemble des moyens utilisés pour résoudre les problèmes de collecte et d'évacuation des eaux superficielles et internes dans l'emprise de la route et par extension, ceux des rétablissements des petits écoulements naturels.

L'assainissement routier comporte en fait trois volets :

La collecte et l'évacuation des eaux superficielles dans l'emprise de la route

Toute accumulation d'eau sur la chaussée favorise en particulier l'aquaplanage, augmente les projections d'eau par les véhicules et tend ainsi à diminuer la sécurité des usagers. De plus l'eau qui stagne en surface, finit toujours par s'infiltrer.

La collecte et l'évacuation des eaux internes (le drainage)

L'eau infiltrée provoque, avec le temps, des désordres dans les couches de chaussées ou entraînent une perte de portance du support.

Le rétablissement des petits écoulements naturels

Des ouvrages de rétablissement bien conçus et correctement exécutés permettant de se prémunir contre les inondations et contre les dégâts causés aux différents ouvrages, notamment aux remblais routiers.

VII.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).

VII.3. ASSAINISSEMENT DE LA CHAUSSÉE

L'emprise de la voie express doit être assainie et ce conformément aux normes du B40 du Ministère de l'Équipement.

Des ouvrages d'assainissement ont été projetés dans le but d'assainir la chaussée et l'emprise de l'autoroute dans les meilleures conditions possibles et avec un moindre coût.

VII.3.1. Fossé de pied du talus de déblai

Ces fossés sont prévus au pied du talus de déblai afin de drainer la plate-forme et les talus vers les exutoires. Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale. Ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse les 3 %.

VII.3.2. Fossé de crête de déblai

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

VII.3.3. Fossé de pied de talus de remblai

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

VII.3.4. Drain

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainant longeant l'autoroute. Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant en son centre un tuyau circulaire en plastique perforé à sa génératrice supérieure à 150 mm de diamètre. Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements. Les eaux collectées par le drain sont rejetées dans des regards de drainage et en dernier lieu dans les points de rejet.

VII.3.5. Descentes d'eau

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

VII.4. Définitions

- *Bassin versant*

C'est la surface totale de la zone susceptible d'alimenter en eau pluviale, d'une façon naturelle, une canalisation en un point considéré. Elle est définie par la topographie et délimitée soit par une crête soit artificiellement par une canalisation

- *Collecteur (canalisation)*

Conduite principale récoltant les eaux d'autres conduites, dites Collecteurs secondaires, recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines. Les collecteurs sont constitués par des tuyaux enterrés alignés, entre les regards avec un diamètre et une pente constante.

- *Cheminée (chambre de visite)*

Ouvrage placé sur les canalisations pour contrôler, nettoyer et pour faciliter l'entretien des canalisations.

Pour cette dernière raison, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 100 m.

➤ *Sacs*

Ouvrage placé sur les canalisations pour permettre l'introduction des eaux superficielles, et sont fréquemment équipés d'un dépotoir, destiné à retenir des déchets solides qui peuvent être entraînés, par les eaux superficielles.

➤ *Ovoïde*

Lorsque les débits sont importants et entraînent de gros diamètres, la canalisation est remplacée par un ovoïde.

➤ *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.

VII.5.CHOIX DES OUVRAGES D'EVACUATION

Le choix des ouvrages d'évacuation des eaux superficielles doit s'appuyer sur les deux principes de base suivante :

- L'utilisation d'ouvrage superficiel dont les coûts d'investissement et d'entretiens est plus faible que ceux des ouvrages enterrés.
- Rejeter les eaux hors de la plate-forme chaque fois que cela est possible, afin de diminuer les déblais de transit.

VII.5.1. Données pluviométriques

La région de **Tizi-Ouzou** est régie par un climat méditerranéen caractérisé par l'alternance d'une saison sèche avec une saison froide, humide et pluvieuse.

Les pluies sont importantes en automne et en hiver, elles tombent d'octobre à Mai avec un maximum en Novembre et un autre en Février.

D'après les observations effectuées à la station météorologiques :

- Pluie moyenne journalière **$P_j \text{ moy} = 40,0 \text{ mm}$**
- L'exposant climatique **$b = 0.36$**
- Le coefficient de variation climatique **$C_v = 0,41$**

VII.5.2. Estimation des débits d'apports et débits de saturation

VII.5.2.1. Débits d'apports

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

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

Avec :

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

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

C : coefficient de ruissellement.

A : aire du bassin versant (m²).

VII.5.2.2.Coefficient de ruissellement

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

Types de chaussées	C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.80 à 0.95	0.90
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 à 0.40	0.40
Talus	0.10 à 0.30	0.30
Terrain naturels	0.05 à 0.20	0.20

VII.5.2.3.Détermination de l'intensité de la pluie

a- Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle :

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

Avec :

P_j : pluie moyenne journalier

C_v : coefficient de variation climatique.

U : variation de Gauss, donnée par le tableau suivant :

Tableau 1 : Variable Gauss

Fréquence (%)	50	20	10	2	1
Période de retour (ans)	2	5	10	50	100
Variable de Gauss (U)	00	0.84	1.28	2.05	2.372

- ✓ Les buses seront dimensionnées pour une période de retour 10 ans.
- ✓ Les ponceaux (dalots) seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.
- ✓ Les ponts dimensionnées pour une période de retour 100 ans.

- Hauteur de pluie de durée :

On la détermine par la formule :

$$P_t(\%) = 1.13 P_j(\%) (tc / 24)^b$$

Tel que :

- **P_j** : pluie journalière maximale annuelle.
- **b** : l'exposant climatique de la région.
- **T_c** : temps de concentration.

-Temps 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, Giandothi, comme suit :

1/ Lorsque $A < 5 \text{ km}^2$:

$$T_c = 0,127 \sqrt{\frac{A}{p}}$$

2/ lorsque $5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$:

$$T_c = 0,108 \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{p}}$$

3/ lorsque $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$:

$$T_c = \frac{4\sqrt{A}}{0.8} + \frac{1.5L}{\sqrt{H}}$$

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

-L'intensité horaire :

$$i = \frac{P(t)}{t_c}$$

Où :

- **i** : Intensité de la pluie (mm/h).
- **t_c** : Temps de concentration (heure).
- **P (t)** : Hauteur de la pluie de durée t_c (mm).

VII.5.3.Débit de saturation

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

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

Tel que :

- **S** : section mouillée.
- **K** : coefficient de STRICKLER.
- **R** : rayon hydraulique (m).

$$R = S / P$$

- **J** : la pente moyenne de l'ouvrage.

Coefficient d'écoulement de Manning- Strinckler : Les ouvrages sont proposés en béton armé

- Pour les dalots un coefficient égal à 70.
- pour les buses un coefficient égal à 80.

VII.6.Dimensionnement des ouvrages d'évacuation

La méthode de dimensionnement consiste à choisir un ouvrage, sa pente puis à vérifier sa capacité à évacuer le débit d'apport, et pour cela on utilise la formule :

$$Q_a = Q_s$$

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

Q_s : débit d'écoulement au point de saturation (m³/s).

VII.6.1.Dimensionnement des buses :

Pour dimensionner les buses, deux paramètres à envisager, Q et I.

- pour le débit Q, il est calculé par la formule

$$Q = k_{st} \cdot C \cdot I \cdot A$$

• **I** : est la pente de radier qui est imposé par la pente du profil en travers qui prend au maximum une valeur de 13% et ceci pour éviter les glissements des conduites sous l'effet des fortes charges. Avec un rapport de remplissage ($\rho = 0,5$).

Pour dimensionner les buses on prend $Q_a = Q_s$

$$Q_s = S K_{ST} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$Q_a = K \cdot C \cdot I \cdot A$$

- S_m : surface mouillée = $\frac{1}{2} \times \pi \times R^2$
- R_h : rayon hydraulique = $R/2$
- K_{st} : 80 (pour les buses)
- I : la pente de pose qui vérifié la condition.

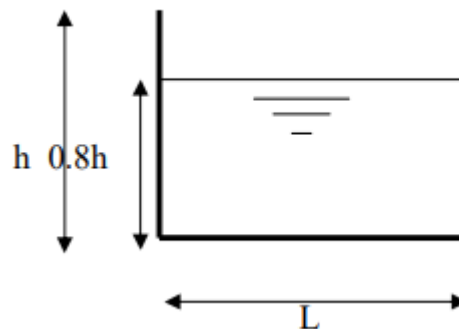
$$Q_s = 80 \cdot \left(\frac{R}{2}\right)^{2/3} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot R^2 \cdot I^{1/2}$$

$$Q_s = Q_a \rightarrow R^{8/3} = 2^{5/3} \cdot \frac{Q}{\pi} \cdot \sqrt{I}$$

VII.6.2. 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 $\rho = 0.8h$.



On à :

$$\text{Périmètre mouillé : } P_m = 2 \times 0.8 \times h + L$$

$$\text{Section mouillée : } S_m = 0.8 \times h \times L$$

$$\text{Rayon mouillé : } R_m = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8 \cdot h \cdot L}{1.6 \cdot h + L}$$

Pente longitudinale de l'ouvrage i :

$$Q_s = K_{st} \cdot S \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

$$Q_s = K_{st} \cdot i^{1/2} \times h \times L \times \left[\frac{0.8 \cdot h \cdot L}{1.6 \cdot h + L} \right]^{2/3}$$

$K_{st}=70$ (en béton) et i peut choisie.

Le débit rapporté par le bassin versant (connu), doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot Ce débit est donné par la formule de MANNING STRICKLER.

$$Q_s \leq Q_a$$

$$Q_s \leq K_{st} \times i^{1/2} \times 0.8 \times h \times L \times \left[\frac{0.8 \cdot h \cdot L}{1.6 \cdot h + L} \right]^{2/3} \times 0.8 \times h \times L$$

Et par calcul itérative on tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité.

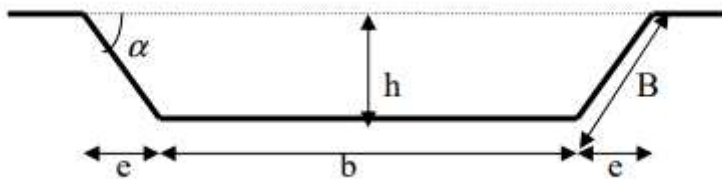
VII.6.3. Assainissement de la plateforme

Les fossés récupèrent les eaux de ruissellement venant de la chaussée, de l'accotement et de talus. Pour notre étude nous adoptons des fossés en béton, ceci est fonction des pentes du fossé et la nature des matériaux le sol support.

VII.6.4.-Dimensionnement des fossés

Le profil en travers hypothétique de fosse est donné dans la figure ci-dessous avec :

- **S_m** : surface mouillée.
- **U** : périmètre mouillé.
- **R** : rayon hydraulique **R = S/U**.
- **P** : pente du talus **P = 1/n**.



On fixe la base du fossé à (**b = 50 cm**) et la pente du talus à (**1/n = 1/1.5**) d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur **h**.

- *Calcul de la surface mouillée :*

$$S_m = Bh + 2 \frac{eh}{2}$$

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

$$S_m = bh + n \cdot h^2 = h \cdot (b + n \cdot h)$$

$$S_m = h \cdot (b + n \cdot h)$$

- **Calcul du périmètre mouille**

$$P_m = b + 2B \quad \text{avec : } b = \sqrt{H^2 + e^2} = \sqrt{H^2 + n^2 \cdot H^2} = H \cdot \sqrt{1 + n^2}$$

$$P_m = b + 2H \cdot \sqrt{1 + n^2}$$

Les dimensions du fossé obtenues, en écrivant l'égalité, débit apport Q_a et débit de saturation Q_s .

- **Calcul le rayon hydraulique**

$$R_h = S_m / P_m = \frac{h \cdot (b + n \cdot h)}{2H \cdot \sqrt{1 + n^2}}$$

Avec :

- **K** = 70
- **I** = 2 %
- **b** = 0,50m
- **n** = 1,5

La base du fossé ($b = 50$ cm) est fixée, la pente du talus est fixée (**1/n = 1/1,5**), d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h .

Le débit rapporté par la chaussée, de l'accotement et du talus est pris pour un cas défavorable.

- ***Calcul des dimensions des fosses :***

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation.

$$Q_a = Q_s = K \cdot C \cdot I \cdot A = S \cdot K_{ST} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$\text{D'où : } Q = F(h)$$

La hauteur (h) d'eau dans le fossé correspond au débit d'écoulement au point de saturation. Cette hauteur sera obtenue, en égalisant le débit d'apport au débit de saturation.

$Q_a = Q_s = F(h)$ et calcul se fera par itération.

$$Q_a = Q_s = K_{st} \cdot i^{1/2} \cdot S_m \cdot R_h^{2/3}$$

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

VII.7. Application au projet

Calcul de précipitation journalière :

$$P_j(\%) = \frac{p_j}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \cdot e^{u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

- Pendant 10 ans

$$U = 1.28 \quad C_v = 0.41 \quad P_{j\text{moy}} = 40 \text{ mm}$$

$$P_j(10\%) = \frac{40}{\sqrt{0.41^2 + 1}} \cdot e^{1.282 \cdot \sqrt{\ln(0.41^2 + 1)}} = \mathbf{62 \text{ mm}}$$

Pendant 50 ans :

$$U = 2.057, C_v = 0.41, P_{j\text{moy}} = 40 \text{ mm.}$$

$$P_j(2\%) = \frac{40}{\sqrt{0.41^2 + 1}} \cdot e^{2.057 \cdot \sqrt{\ln(0.41^2 + 1)}} = \mathbf{83 \text{ mm}}$$

- L'intensité de l'averse I_t :

$$\text{Pour une durée de 24 heures : } I_t = I. (t/24)^\beta$$

$$\text{Avec : } \beta = b - 1 = 0.36 - 1 = \mathbf{0.64}$$

T_c la durée de chute de pluie varie de 10 à 60 minutes si on prend $T_c = 15 \text{ minutes} = 0.25$

$t = 0.25$

$$I(10\%) = \frac{P_j(10\%)}{24} = \frac{62}{24} I(10\%) = \mathbf{2.55 \text{ mm/h}}$$

Donc : l'intensité de la pluie est :

$$I_t = 2.55 \cdot (0.25/24)^{-0.64} = \mathbf{47.337 \text{ mm/h}}$$

- La surface de bassin versant :

On considère la présence des trois éléments (chaussée, accotement, talus), la section **200m** on calculant le débit rapporté par chaque élément de la route et le débit total. Une largeur de talus a été prise défavorable égale (1 m).

Donc :

$$Q_a = Q_c + Q_A + Q_t$$

Avec :

$$Q_c = K.I.C_c.A_c$$

$$Q_A = K.I.C_A.A_A$$

$$Q_t = K.I.C_t.A_t$$

Avec :

Q_c : débit rapporté par la chaussée.

Q_A : débit rapporté par l'accotement.

Q_t : débit rapporté par le talus.

C_c : coefficient de ruissellement de la chaussée.

C_A : coefficient de ruissellement de l'accotement.

C_t : coefficient de ruissellement du talus

A_c : surface de la chaussée.

A_A : surface de l'accotement.

A_t : surface du talus.

-Calcul de surface :

Surface de la chaussée :

$$A_c = 10.5 \times 200 \times 10^{-6} = 0.0021 \text{ km}^2$$

Surface de l'accotement :

$$A_A = 3 \times 200 \times 10^{-6} = 0.0006 \text{ km}^2$$

surface du talus:

$$A_t = 10 \times 200 \times 10^{-6} = 0.0020 \text{ km}^2$$

-Calcul des débits :

$$Q_c = 0.2778 \times 47.337 \times 0.95 \times 0.0021 = 0.026 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_A = 0.2778 \times 47.337 \times 0.4 \times 0.0006 = 0.00315 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_t = 0.2778 \times 47.337 \times 0.3 \times 0.0020 = 0.00789 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des calculs

	Surface (km ²).10 ⁻⁶	C	I _t (mm/h)	Débit (m ³ /s)	Total (m ³ /s)
chaussée	2100	0.95	47.337	0.026	0.0371
accotement	600	0.4	47.337	0.00315	
talus	2000	0.3	47.337	0.00789	

La hauteur (h) d'eau dans le fossé correspond au débit d'écoulement au point de saturation. Cette hauteur sera obtenue, en égalisant le débit d'apport au débit de saturation.

On a :

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

Après un calcul itératif on trouve : $h = 0.366 \approx 0.4 \text{ m}$

La plupart des sections de route en déblai nécessitent l'implantation de fossés bétonnés de type trapézoïdale de dimensions :

- profondeur : 0.5m.
- largeur : 0.5m.
- pente de la paroi du fossé : 1 / 1.



**CHAPITRE VIII:
SIGNALISATION ET
ECLAIRAGE**



VIII.1. Signalisations

VIII.1.1.Introduction

Le rôle joué par la signalisation routière dans la sécurité et l'exploitation des infrastructures n'est plus à démontrer. Elle constitue aujourd'hui encore et pour longtemps le principal média d'information, entre d'une part, le gestionnaire de voirie et l'autorité de police, et d'autre part, les usagers de la route. Visibilité, lisibilité, uniformité, homogénéité, simplicité, continuité des directions signalées, cohérence avec les règles de circulation et avec la géométrie de la route constitue les grands principes de la signalisation. Ils sont intangibles pour que l'utilisateur puisse toujours la comprendre.

VIII.1.2.Définitions

On confirme à nouveau que la signalisation routière joue un rôle primordial dans la mesure où elle permet à la circulation de se développer dans de très bonnes conditions (vitesse, sécurité) Elle doit être uniforme, continue et homogène afin de ne pas fatiguer l'attention de l'utilisateur par une utilisation abusive de signaux.

VIII.1.3. L'objet de la signalisation routière

La signalisation routière a pour objet :

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

VIII.1.4.Critères à respecter pour les signalisations

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, car la surabondance nuit à l'efficacité.

VIII.1.5.Type de signalisation

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation verticale
- Signalisation horizontale

VIII.1.5.1. Signalisation verticale

Elle se fait à l'aide de panneaux, ces derniers 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 :

- **Signaux de danger** : Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150m en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).
- **Signaux comportant une prescription absolue** : Panneaux de forme circulaire,

On trouve :

- L'interdiction ;
- L'obligation ;
- La fin de prescription.
- **Signaux à simple indication** : Panneaux en général de forme rectangulaire, des

Fois terminés en pointe de flèche :

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

Signaux de position des dangers : Toujours implantés en pré signalisation, ils sont D'un emploi peu fréquent en milieu urbain.

VIII.1.5.2. Signalisation horizontale

Elle concerne uniquement les marques sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation, avertir ou guider les usagers. Le blanc

Est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussées, et pour certains marquages

Spéciaux, on utilise d'autres couleurs dans les conditions suivantes :

- **Le jaune pour**
- ✓ Les marques interdisant l'arrêt ou le stationnement ;
- ✓ Les lignes zigzag indiquant les arrêts d'autobus ;
- ✓ Le marquage temporaire.
- ✓ Le bleu éventuellement pour les limites de stationnement en zone bleue.

- ✓ Le rouge pour les damiers rouge et blanc matérialisant le début des voies de

Détresse.

La signalisation horizontale se divise en trois types :

Marquages longitudinales

- **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.
- **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 lesquelles 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, par lesquelles la longueur des traits est sensiblement triple de celle de leurs intervalles.
 - Le tableau ci-après donne les caractéristiques de tous les types de lignes discontinues selon les normes européennes :

Tableau 1 : les caractéristiques de lignes discontinues.

Type de marquage	Type de modélisation	Longueur de trait m	Intervalle entre 2 trait successifs	Rapport pleins/vides
Axial longitudinal	T1	3.00	10.00	1/3
	T'1	1.50	5.00	1/3
	T3	3.00	1.33	3
Rive transversal	T2	3.00	3.50	1
	T'3	20.00	6.00	3
	T4	39.00	13.00	3
	T'2	0.50	0.50	3

- Largeur des lignes

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité “ u ” différente selon

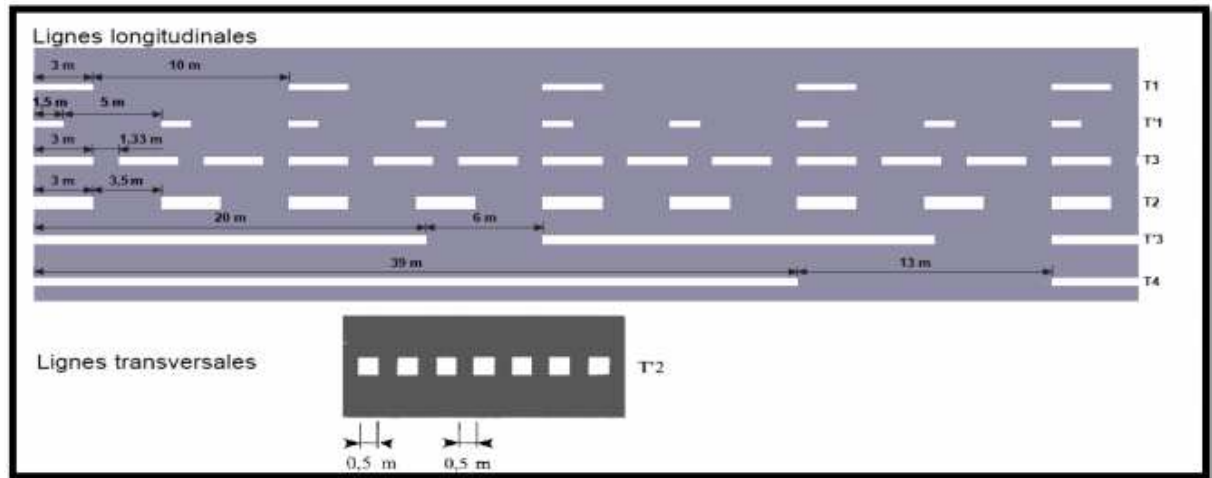


Figure 1: Dimensions des lignes discontinues (marquage horizontale)

Le type de route. On adopte les valeurs suivantes pour “ u ”.

U = 7,5 cm sur les autoroutes, les routes à chaussées séparées, les routes à 4 voies de Rase campagne.

U = 6 cm sur les routes importantes, notamment sur les routes à grande circulation.

U = 5 cm sur toutes les autres routes ;

U = 3 cm pour les lignes tracées sur les pistes cyclables.

La valeur de “ u ” doit être homogène sur tout un itinéraire. En particulier, elle ne doit Pas varier au passage d'un département à l'autre.

Marquages transversales :

- **Lignes transversales continue** : éventuellement tracées à la limite où les Conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.
- **Lignes transversales discontinue** : éventuellement tracées à la limite où les Conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

VIII.1.6. Autres signalisation

➤ Les flèches de rabattement :

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

➤ Les flèches de sélection :

Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à

Proximité des intersections, qu'il doive suivre la direction indiquée.

- ✓ Pour piétons,
- ✓ Pour cyclistes,
- ✓ Pour le stationnement,
- ✓ Pour les ralentisseurs de type dos d'âne

VIII.1.7. Choix des modulations et largeurs des lignes :

Le tableau ci-après indique pour chaque type de marquage la modulation et la largeur à adopter.

• **Exemple**

- Signalisation horizontale

Lignes discontinue

Lignes continue



Signalisation verticale



SORTIE DE L'AUTOROUTE (E15)



ENTRE DE L'AUTOROUTE (E14)

Figure 2 : Panneaux d'indication



C5-HAUTEUR LIMITE GABARIE



VITESSES LIMITEES C11-a

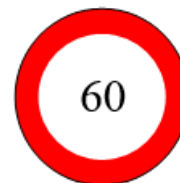


Figure 3 : Panneau d'interdiction

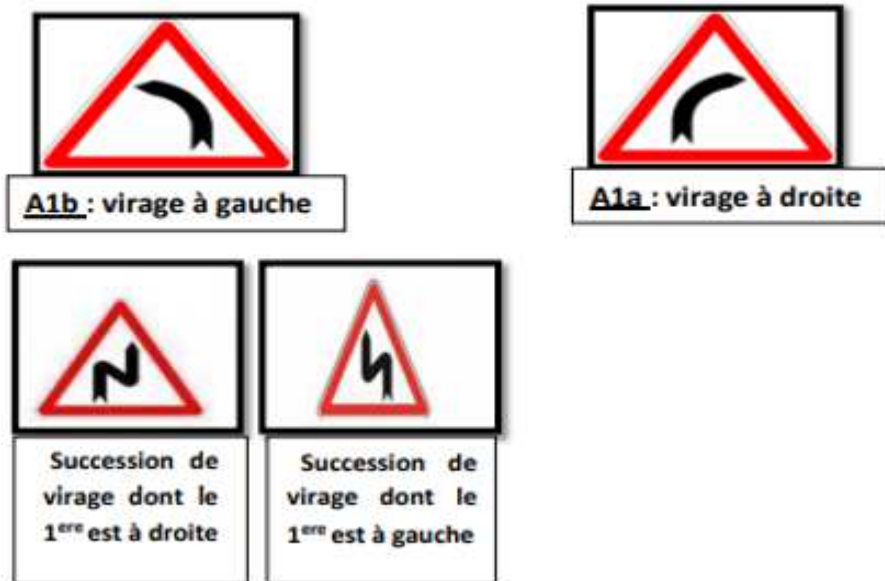


Figure 4 : les panneaux de danger

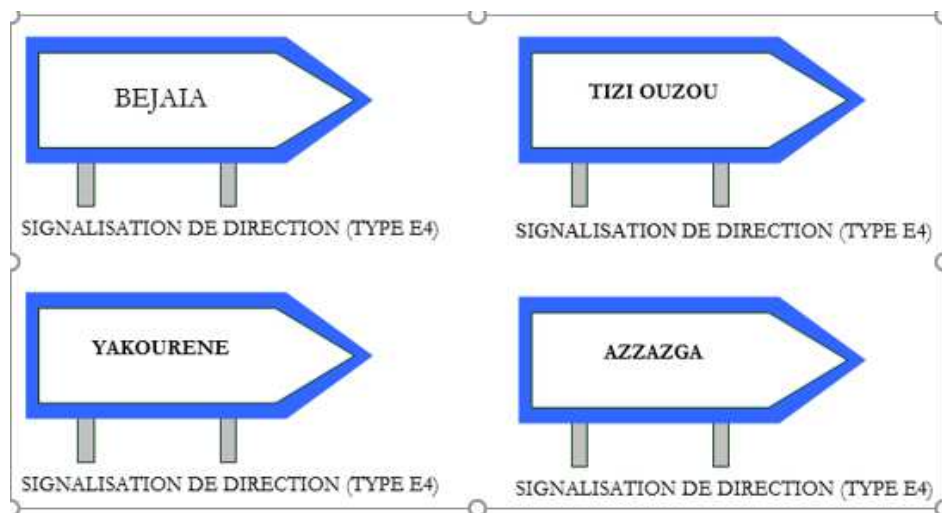


Figure 5 : Les panneaux d'orientation

VIII.2.ECLAIRAGE

VIII.2.1. INTRODUCTION

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

VIII.2.2.Catégories d'éclairage

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

- Eclairage général d'une route ou une autoroute, catégorie A.

- Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), catégorie B.
- Eclairage des voies de cercle, catégorie C.
- Eclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non
- Éclairé, catégorie D

VIII.2.3. Paramètres de l'implantation des luminaires

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

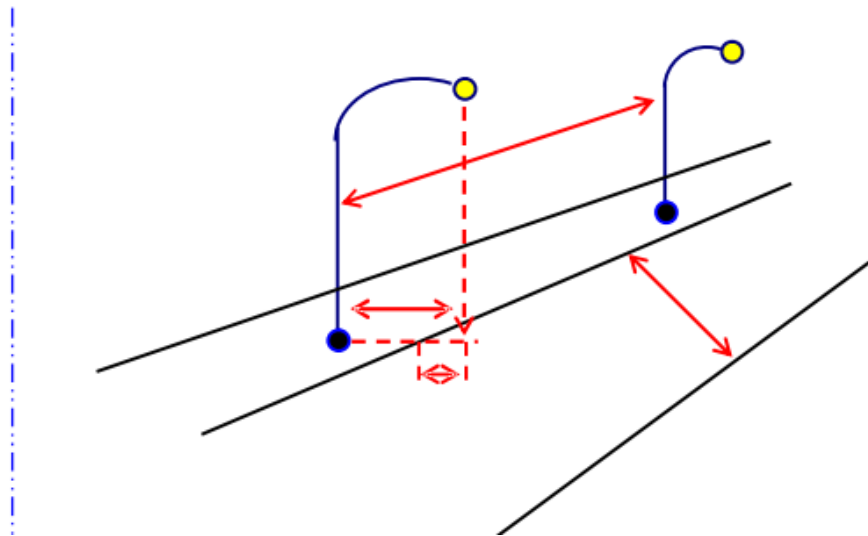


Figure 6 : Paramètre de l'implantation des luminaires

VIII.3. Application au projet

Eclairage de la voie (le long de la route) : La bordure du TPC doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs lumineux on place. Ensuite, les foyers doivent être suffisamment rapprochés pour que les plages d'éclairage se raccordent sans discontinuité.

La hauteur des foyers est en général de 8 à 12m, ainsi l'espace des supports varie de 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de notre autoroute.



**CHAPITRE IX :
DEVIS ESTIMATIF ET
QUANTITATIF**

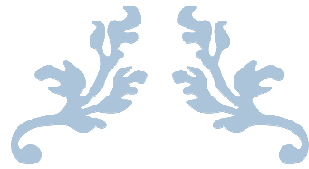
Devis quantitatif et estimatif

Tableau 1 : Devis estimatif et quantitatif

Désignation	Unité	Prix unitaire (D.A)	Quantité	Montant (D.A)
Terrassements Décapage de terres végétales (e = 20 cm).	M2	100,00	235200	23520000,00
Déblais en terrain meuble Mis en remblai	M3	400,00	8030744	3212297600,00
Remblais en Provence d'emprunt	M3	1500,00	10654420	15981630000,00
Installation du chantier	F	2000000,00	1,00	20000000,00
Corps du Chaussée	M3	150,00	141120	21168000,00
Couche de fondation (TUF)	T	400,00	18693	7477200,00
Couche de base (GB)	T	5500 ,00	25781	141795500,00
			TOTAL (H.T)	19407888300,00
			TVA (19 %)	3299341001,00
			TOTAL T.T.C	22707229301,00

Arrête le présent devis estimatif à la somme en T.T.C :

Vingt- deux milliard sept cent sept million et deux cent vingt-neuf mille trois cent un dinar algérien.



CONCLUSION GENERALE



Conclusion Générale

Toute réalisation ou amélioration d'une infrastructure de transport dans une région répond à certains objectifs tel que :

- Accroître l'efficacité économique du système de transport de la région en question.
- Amélioration de la sécurité et assurer la fluidité de la circulation
- Contribuer à l'aménagement du territoire et au développement économique.

Dans cette étude on a essayé de moderniser un tronçon de 10 km du RN12. Les résultats se résume en :

La modernisation du tracé en plan qui s'est traduit par la correction de ses faibles rayons, et création d'autre rayon évitant toute construction et les aires résidentielles en respectant les règles de la **B40**.

L'amélioration du profil en long en adoucissant ses pentes.

Un nouveau profil en travers avec une chaussée et des accotements répondants aux normes en vigueur.

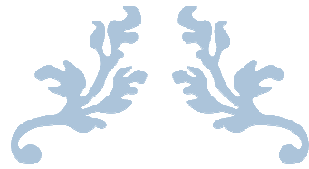
La réfection totale du réseau d'assainissement, à l'origine de la forte dégradation du corps de chaussée.

La modernisation du RN12 permettra à coût sûr d'améliorer la qualité de vie des riverains, qui souffre de la dégradation et de la surcharge du trafic de cette infrastructure et qui se répercute entre autre sur le développement de la région et sur le coût de transport.

Cet aménagement contribuera à réduire les charges d'exploitation des véhicules (gain à l'Etat) et à diminuer considérablement les accidents de circulation.

Enfin, nous proposons un entretien courant pour assurer une longue durée de vie de cette route.

Ce projet a été une grande occasion pour nous de mettre en application nos connaissances théoriques. Aussi cela nous a permis de comprendre et apprécier de nous-mêmes combien est-il ingénieux et responsable la tâche d'un ingénieur des Travaux Publics en ce qui concerne l'étude d'un projet selon les normes requises et de surcroît lorsque les contraintes limitant la latitude de celui-ci sont assez considérables.



BIBLIOGRAPHIE



- **B40** (normes techniques d'aménagement des routes).
- **I.C.T.A.A.L** (instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison).
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves(**CTTP**).
- **I.C.T.A.R.N** (instruction sur les conditions techniques d'aménagement des routes nationales avril 1970).
- **ARP** (aménagement des routes principales.
- **SETRA** (service d'études techniques des routes et autoroutes), publié en France Décembre 1992.
- **B.A.E.L 91**(béton armé aux états limites ultimes)
- Le rapport géotechnique donné par la DTP de la wilaya de Tizi-Ouzou.
- Le rapport de calcul de trafic sur les routes de la wilaya de Tizi-Ouzou.
- La carte d'état-major.
- La carte géologique de la wilaya de Tizi-Ouzou.
- Cours de routes de Mme **GHANEM F**
- Cours de routes de 1^{ère} année Master.
- Cours de routes 4^{ème} et 5^{ème} année de ENTP
- Thèses de fin d'études de l'UMMTO et l'ENTP.