

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



الجامعة الجزائرية الديمقراطية الشعبية

الجامعة مولود مميري تيزي وزو
الكلية الهندسية
القسم الهندسة المدنية



Mémoire de Fin D'études

En vue de l'obtention du diplôme
Master Professionnel en génie civil
Option : voies et ouvrages d'art

Thème

Etude de la déviation de la RN25 sur
6 Km au niveau du barrage de TLATHA

Présenté par:

Mr. Chaboub Lyes
Mr. Hettal Ferhat
Mr. Sadi Hakim

Encadré par :

Mr. GABI

Année 2012 -2013

Remerciements

Nous remercions le Dieu le tout puissant de nous avoir donné la volonté pour réaliser ce modeste travail,

Notre encadreur Mr. GABI, pour avoir accepté de nous prendre en charge.

Nous sommes reconnaissants à l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation avec beaucoup de dévouement et de compétence.

Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, en espérant qu'ils l'ont apprécié.

Sans oublier les personnes qui ont participé de près ou de loin à ce modeste travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents

Mes frères jeunes ,messipssa (khoukou) ma sœur lamia ,

Toute ma famille

Tous mes amis

Ferhat

Je dédie ce modeste travail à :

A la mémoire de mon père, a ma chère mère.

Mes frères et mes sœurs

Toute ma famille

Tous mes amis

Hakim

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents

Mes frères et sœurs

Toute ma famille

Tous mes amis

Lyes

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....	01
-----------------------------------	-----------

CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET

I-1- Introduction.....	02
I-2- Présentation du tracé.	02
I-3- Objectif de l'étude.....	03
I-4- Paramètre du Projet.....	03

CHAPITRE II : ETUDE DU TRAFIC

II-1- Introduction.	04
II-2- Analyse du trafic.....	04
II-3- Différents types du trafic.....	04
II-4- Détermination du nombre de voies.....	05
II-5- Application au Projet.	07
II-6- conclusion.....	09

CHAPITRE III : CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES

III-1- Tracé en plan.	10
III-2- Profil en long.....	26
III-3- Profil en travers.	41

CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

IV-1- Introduction.....	42
IV-2- Principe de la constitution des chaussées.	42
IV-3- Méthodes de dimensionnement.....	42
IV-3-1- Méthode de C.B.R.....	43
IV-3-2- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves	45
IV-4- Conclusion.....	56

CHAPITRE V : ASSAINISSEMENT

V-1- Introduction.....	57
V-2- Rétablissement des écoulements naturels.....	57
V-3- Assainissement De La Chaussée.	58

V-4- Dégradations causées par les eaux.....	58
V-5- Objectif de l'assainissement.....	58
V-6- Détermination des bassins versants.....	59
V-7- Dimensionnement des ouvrages d'évacuation	60
V-8- Application au projet.	66

CHAPITRE VI : APERÇU GEOTECHNIQUE

VI-1-Introduction.	74
VI-2-Objectif de la Géotechnique Routière.....	74
VI-3- Les différents essais en laboratoire.....	74
VI-4-Les essais d'indentification.....	74
VI-5-Condition D'utilisation Des Sols en Remblais.....	76
VI-6-Protection et Confortement de Talus.....	76
VI-7-Causes de rupture des pentes.....	77
VI-8-Recommandation pour le confortement.....	77
VI-9-Sismicité de la région.	78

CHAPITRE VII : OUVRAGES D'ARTS

VII-1- Introduction.....	79
VII-2- Choix du type d'ouvrage.....	79
VII -3- Ponts suspendu.....	79
VII - 4 - Pont voûtoirs.....	80
VII - 5 - Proposition retenue.....	80

CHAPITRE VIII : CUBATURE

VIII-1-Introduction.....	81
VIII-2-définition.....	81
VIII-3- Méthode de calcul.....	82
VIII-4-Description de la méthode.....	82
VIII-5-Application.....	82
VIII-6-Calcul des cubatures.....	82
VIII-7-Résultats des calculs des cubatures.....	82

CHAPITRE IX : SIGNALISATION

IX-1-Introduction.....	82
IX-2- L'objet de la Signalisation Routière	82
IX-3- Catégories de Signalisation.....	82
IX-4- Règles a respecté pour la signalisation.....	82
IX-5- Types de signalisation.	83
IX-6-Application au projet.	84
IX-7-Conclusion.	85

CHAPITRE X : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

X-1- Introduction.	88
X-2- Cadre juridique.	88
X-3- Définitions.	88
X-4-Objectifs.....	89
X-5- Impact sur l'agriculture	89
X-6- Etude d'impact d'une route sur L'eau.....	90
X-7- Etude d'impact d'une route sur Faune et Flore.....	91
X-8- Etude d'impact d'une route sur L'air.....	92
X-9- Etude d'impact d'une route par Le Bruit.	92
X-10- Etude d'impact d'une route sur La Destruction.	93
X-11- Etude d'impact d'une route sur La Sécurité.....	93

CONCLUSION GENERALE.....	94
---------------------------------	-----------

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

PLANCHES

INTRODUCTION

GENERALE

Le réseau routier occupe une place stratégique dans notre système de transport, puisqu'il supporte un volume important du transport de marchandises et de voyageurs. C'est par conséquent un élément fondamental dans le processus de développement du pays.

La RN 25 qui représente la seule voie de desserte pour la ville de Draa El Mizan vers la ville de Tizi-Ouzou joue un rôle primordial dans le développement de cette région.

Avec la construction du barrage de Tlatha, un tronçon de cette route, va être submergé par les eaux de ce dernier sur une longueur de 6 km.

Dans ce contexte et dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous avons procédé à l'étude de cette déviation à partir du lieu dit Zerouda jusqu'à Ath Yahia Moussa que les services de la DTP (Direction des Travaux Public) de Tizi-Ouzou nous ont proposé.

Après la récolte des données (levées topographiques, trafic...etc.) chez les services concernés, notre étude s'est étalée sur les étapes suivantes :

Détermination du nombre de voies à l'aide des données du trafic.

La réalisation d'un tracé en plan, profil en long et profil en travers de la route avec le logiciel AUTOCAD et PISTE.

Le dimensionnement du corps de chaussée.

L'assainissement de la route.

Et enfin, détermination des volumes des déblais et remblais.

CHAPITRE I

Présentation du projet

I-1-Introduction :

La RN 25 représente l'unique voie de desserte de la ville de Draa El Mizan vers le chef lieu de la wilaya et présente un trafic très dense, c'est pour cela qu'elle est considérée comme étant une route très importante. La réalisation du futur barrage de TLATHA qui va submerger une partie de cette route a poussé les responsables de la wilaya de TIZI OUZOU (DTP) à réaliser une déviation de cette dernière pour assurer sa pérennité et ne pas chambouler les travaux de réalisation du barrage.

I-2-Présentation du tracé :

Le tracé que nous proposons a pour point de départ l'intersection de ZERROUDA dans la zone qui ne sera pas inondée par les eaux du futur barrage, et se termine 6 Km plus loin au lieu dit ATH YEHYIA MOUSAA En prenant soin de réaliser le tracé au dessus de la ligne de hautes eaux du barrage qui est de 130m.

Traversant un terrain vallonné du point de départ jusqu'au oued IMADRAN, le tracé passe par un ouvrage d'art (un pont) et entre ensuite dans un terrain tantôt montagneux tantôt vallonné et se relie à l'actuelle RN 25 au niveau de AIT YAHIA MOUSSA

Remarque :

Le tracé de la route est illustré sur la carte d'état major dans la page ci-après.

I-3- Objectif de l'étude:

- Réaliser le meilleur tracé possible.
- assurer sa pérennité de la RN 25
- Doter la chaussée d'une structure adéquate capable de supporter le trafic actuel et futur.

I-4-Paramètre du Projet:

Vitesse de référence..... $V_r = 60 \text{ Km / h}$.

Trafic moyen journalier annuel.....3500.

Pourcentage de poids lourds.....19 %.

Taux de croissance annuel.....= 4%.

Durée de vie.....20 ans

Indice CBR.....I=5.

vitesse	60 Km/h
Rayon minimum plan	20
Paramètre minimum de clothoïde	15
Pente longitudinale max	8 %
Rayon convexe minimal	1500
Rayon concave minimal	1500
Dévers maximum	6%
Dévers minimum	2,5%

Tableau I -1 : Paramètres du Projet.

CHAPITRE II

Etude du trafic

II-1-Introduction :

Afin d'aménager et de dimensionner une route donnée on doit connaître le flux de véhicules qui vont l'emprunter ainsi que leurs points origines et destination.

Pour obtenir le trafic on peut recourir à divers procédés qui sont :

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

II-2- Analyse du trafic :

Pour connaître en un point et à un instant donné 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.

II-3- Différents types de trafic :

➤ **Trafic Local :**

C'est le trafic ayant pour origine et destination des zones appartenant à la région d'étude.

➤ **Trafic D'échange :**

Le trafic d'échange concerne les flux d'échange entre les zones de la région d'étude et le reste de la région.

➤ **Trafic transit :**

Le trafic est par définition constitué de trafic d'échange entre la zone n'appartenant pas à la zone d'étude.

➤ **Trafic total :** C'est la somme du trafic induit et du trafic dévié.

II-4- Détermination du nombre de voies :**a- Calcul de la capacité :**

Définition : la demande de la capacité est le nombre de véhicule susceptible d'emprunter la route à l'année horizon, on prend en général le débit de point horaire normal.

$$Q = (1/n).T_{eff} \quad \dots \dots \dots (II-1)$$

- **Q** : débit de pointe horaire
- **n** : nombre d'heure, (en général n=8heures)
- **T_{eff}** : trafic effectif

b- Projection futur du trafic :

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

$$TJMAh = TJMA0 (1+\tau)^n \quad \dots \dots \dots (II-2)$$

Avec :

- **TJMAh** : le trafic à l'année horizon.
- **TJMA0** : le trafic à l'année de référence.
- **n** : nombre d'année.
- **τ** : taux d'accroissement du trafic (%).

c- Calcul de trafic effectif :

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

Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (**uvp**) Le trafic effectif donné par la relation :

$$T_{eff} = [(1 - Z) + PZ] \cdot T_n \quad \dots \dots \dots (II-3)$$

Avec :

- **T_{eff}** : trafic effectif à l'horizon en (U.V.P)
- **Z** : pourcentage de poids lourds (%).
- **P** : coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route.

Les valeurs du coefficient d'équivalence préconisées par le B40 sont présentées dans le tableau suivant :

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

Tableau II-1 : Coefficient d'équivalence

d-Débit horaire admissible :

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

$$Q_{adm} \text{ (uvp/h)} = K1.K2. C_{th} \dots\dots\dots (II-4)$$

Avec :

- **K1** : coefficient lié à l'environnement.
- **K2** : coefficient de réduction de capacité.
- **C_{th}** : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

➤ **Valeurs de K1 :**

Environnement	E ₁	E ₂	E ₃
K₁	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau II-2 : valeurs de K₁

➤ **Valeurs de K2 :**

environnement	Catégorie de la route				
	1	2	3	4	5
E ₁	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E ₂	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E ₃	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau II-3 : Valeurs de K₂

➤ **Valeurs de C_{th}** : Capacité théorique du profil en travers en régime stable

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

Tableau II-4 : Valeur de la capacité théorique

II -5 - Application au Projet :

➤ **Données du trafic :**

- Le trafic à l'année 2012 : **TJMA₂₀₁₂=3500 v/J**
- Le taux d'accroissement annuel du trafic : **τ =4%**
- La vitesse de base sur le tracé : **V_r=60 Km/h.**
- Le pourcentage de poids lourds : **PL=19%**
- Année de mise en service : **2018**
- Durée de vie : **20 ans**
-

➤ **Calcul du TJMA à l'année de mise en service :**

$$TJMA_n = (1+\tau)^n \times TJMA_{2018} \qquad TJMA_{2018} = 4428 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2018} = (1 + 0.04)^5 \times 3500$$

➤ **Calcul du TJMA à l'horizon 2038 :**

$$TJMA_{2038} = (1 + 0.04)^{20} \times 4428 \qquad TJMA_{2038} = 9702 \text{ v/j}$$

➤ **Calcul des trafics effectifs :**

$$T_{eff} = [(1 - \tau) + PZ] TJMA_h \qquad T_{eff} = 20374 \text{ uvp/j.}$$

Avec :

- T_{eff} : trafic effectif à l'horizon.
- Z : pourcentage de poids lourds (19%)
- P : coefficient d'équivalence
- $P=6$ (route de bonnes caractéristiques, E_2)
- $T_{\text{eff}} = [(1 - 0.04) + 6 \times 0.19] \times 9702$

➤ **Débit de pointe horaire normal :**

Le débit de pointe normale est une fraction du trafic effectif à l'horizon h , il est exprimé en uvp/h

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

Avec :

- $(1/n)$ coefficient de pointe prise égale 0.12 ($n = 8$ heures)
- $Q = (1/n) T_{\text{eff}} = 0.12 \times T_{\text{eff}}$ $Q = 2445$ uvp/h
- $Q = 0.12 \times 20374$

- Catégorie C_2 } $K_1=0.85$
- Environnement E_2 } $K_2=0.99$

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

$$\rightarrow C_{\text{th}} = Q / (K_1 \wedge K_2)$$

Avec

- $K_1 = 0.85, K_2 = 0.99$
- $C_{\text{th}} \geq 2445 / (0.85 \wedge 0.99)$
- $C_{\text{th}} \geq 2905$ uvp/h

✦ **Débit admissible :**

Le débit que supporte une section donnée

$$Q_{adm} = K1. K2. Cth$$

K1: coefficient correcteur pris égal à 0.85 pour C2

K2: coefficient correcteur pris égal à 0.99 pour environnement (E2) et catégorie (C2)

Cth: capacité théorique

Cth= 2000uvp/h d'après le document de B40

$$Q_{adm} = 0,85 \times 0,99 \times 2000 = 1683$$

$$Q_{adm} = 1683 \text{ uvp/h}$$

✦ **Nombre de voies :**

$$N = S \times (Q/Q_{adm})$$

$$\text{Avec: } S = 2/3$$

$$N = 2/3 \times (2445/1683) = 0,97 \approx 1$$

Donc on prend : **n = 1 voie /sens.**

Les calculs sont représentés dans le tableau suivant :

	<i>TJMA2012</i> (v/j)	<i>TJMA2018</i> (v/j)	<i>TJMA2038</i> (v/j)	<i>Teff</i> (uvp/j)	<i>Q</i> (uvp/j)	<i>N</i>
VALEURS	3500	4428	9702	20374	2445	1

II -6 - Conclusion:

Le calcul de la capacité de la route nous donne le profil en travers suivant :

✦ Chaussée bidirectionnelle de 2X1 voies de 3.5m.

✦ Accotement de 1.5m de chaque coté.

CHAPITRE III

Caractéristiques Géométriques

III-1- Tracé en plan

III-1-1- Définition :

Le tracé en plan est la projection verticale de la route sur un plan horizontal, il est caractérisé par la vitesse de référence qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier.

Le tracé en plan vise à garantir de bonne condition de sécurité et de confort adaptées à chaque catégorie des routes.

III-1-2- Règles à respecter dans le tracé en plan

La réalisation du tracé en plan se fait en se basant sur les recommandations du B40

Telles que :

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

III-1-3- La vitesse de référence

La vitesse de référence (V_r) est une vitesse théorique, qui sert à déterminer les valeurs extrêmes des caractéristiques géométriques et autres intervenant dans l'élaboration du tracé d'une route.

III-1-4- Choix de la vitesse de référence :

Le choix dépend de :

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

III-1-5- les éléments du tracé en plan :**III-1-5-1- Alignement droit :**

L'utilisation des alignements droit dans les tracés des routes reste restreinte car s'ils représentent bien des avantages tels que :

- L'alignement droit c'est le plus court chemin.
- Bonnes conditions de visibilité
- Construction facile.
- Absence de la force centrifuge.
- Dépassements aisés.

Ils représentent aussi des inconvénients tels que :

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

I-5-1-1- Règles concernant les alignements :

- **Longueur minimale:**

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

$$L_{\min} = v.t \quad \text{Avec, } t = 5 \text{ secondes, } v: \text{ Vitesse véhicule (m/s).}$$

$$L_{\min} = 5v = 5/3.6 V_B \quad \text{Avec, } V_B : \text{ vitesse de base en (km/h).}$$

- **Longueur maximale:**

Celle qui correspond à une distance parcourue pendant (01) minute à la vitesse v .

$$L_{\max} = 60 v = 60 / 3.6 V_B \quad \text{Avec : } V_B : \text{vitesse de base en (km/h).}$$

- **Selon les normes B40 :**

Entre deux courbes de même sens il faut avoir une longueur minimale de :

$$L_{\min} = 5v$$

Entre deux courbes de sens contraire on peut avoir un alignement droit minimum de :

$$L_{\min} = 3v$$

On peut même annuler l'alignement droit entre deux courbes, dans ce cas on est en courbe en « S »

Remarque :

La longueur minimale des alignements droits ne peut pas être respectée quelques fois en raison de la nature du terrain naturel

I-5-2- Arcs de cercle :

Les courbes sont limitées par l'intervention des trois éléments:

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

III-1-5-2-1- Stabilité en courbe :

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

III-1-6- Rayons en plan :**III-1-6-1-Rayon horizontal minimal absolu :**

$$RH_{min} = \frac{V_r^2}{127 \times (f_t + d_{max})} \dots\dots\dots (III-1)$$

f_t : Coefficient de frottement transversal

III-1-6-2-Rayon minimal normal :

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

C'est le rayon minimal absolu relatif à la vitesse de référence immédiatement supérieure c.-à-d : $V_r + 20$

III-1-6-3- Rayon au dévers minimal :

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

$$R_{IId} = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d_{min}} \dots\dots\dots(III-3)$$

Dévers associé : $d_{min} = 2.5\%$ catégorie 1, 2

$d_{min} = 3\%$ catégorie 3, 4, 5

III-1-6-4- Rayon minimal non déversé :

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 min qui permet cette disposition est le rayon min non déversé (RHnd).

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127 \times f' - d \min} \quad \text{III-4)}$$

$f' = 0.06$ cat 1-2

$f' = 0.07$ cat 3

$f' = 0.075$ cat 4-5

I-7- Application au projet

Notre projet est situé dans un environnement E2 et classé en catégorie C2 avec une vitesse de base de 60km /h, les normes du B40 nous donne le tableau suivant :

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse de référence (Km/h)	V_r	60
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (7%)	125
Rayon horizontal normal (m)	RHN (5%)	250
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2.5%)	550
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd(-2.5%)	800

Tableau III -1 : Rayons en plan

III-1-7-1- Sur largeurs :

La sur largeur sera toujours reportée à l'intérieur de la courbe : $S=50/R$

La largeur de voie minimale permettant à un poids lourd de type semi-remorque de ne pas déborder de sa voie est d'environ $3,5 + (25 / R)$, R étant le rayon interne de la courbe exprimé en mètres.

Pour les petits rayons internes (5 à 10 m) cette largeur est plus proche de $3,5 + (30 / R)$.

Lorsqu'on ne peut pas offrir cette largeur, on peut admettre dans certains cas que le semi-remorque sorte de sa voie sur la gauche (lacet et autres virages avec bonne visibilité sur les routes à trafic lourd très faible), ou bien qu'il morde sur une bande dérasée, qui dans ce cas doit être revêtue et d'une structure suffisante.

III-1-7-2- Calcul des sur largeurs :

Rayon (m)	15	25	30	40	50	60	70	80	90	100	125	150	180	200
Surlargeur (m)	1,66	1	0,84	0,63	0,5	0,42	0,36	0,31	0,28	0,25	0,2	0,17	0,14	0,125

Tableau III-2 : sur largeurs

III-1-8- Courbe de raccordement :

Le passage de l'alignement droit au cercle ne peut se faire brutalement, mais progressivement en introduisant une courbe de raccordement dont la courbure varie linéairement.

III-1-8-1- Rôle des courbes de raccordement :

Les courbes de raccordements assurent :

- La stabilité transversale de véhicule
- Le confort des passagers de véhicule

- La transition de la chaussée
- Un tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

III-1-8-1-1- types de courbe de raccordement :

- La parabole cubique.
- La lemniscate.
- La clothoïde.

Toutefois la clothoïde reste la courbe à raccordement progressif la plus utilisée.

III-1-8-2- Les raccordements progressifs (CLOTHOIDE) :

C'est une spirale dont le produit en chaque point, du rayon de courbure et de la longueur de l'axe a une valeur constante égale à : A^2

III-1-8-3- Expression de la clothoïde :

La courbe est proportionnelle à l'abscisse curviligne (ou longueur de l'arc) et a pour expression : $A^2 = RL$

III-1-8-4- Éléments de la clothoïde :

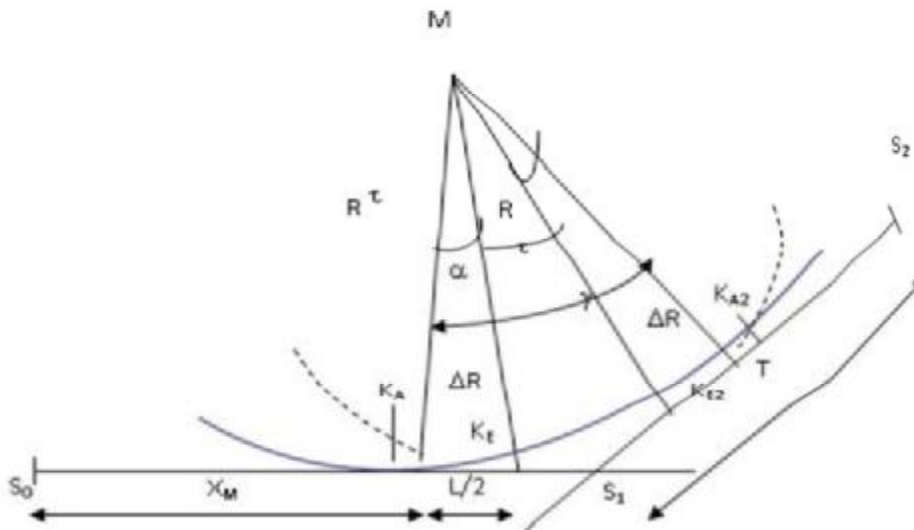


Figure III-1 : Éléments de la clothoïde.

Avec :

- γ : Angle entre alignement
- T : Grande tangente
- ΔR : Ripage
- X_M : Abscisse du centre de cercle
- R : Rayon de virage
- τ : Angle de tangente
- S_L : La corde à la clothoïde
- σ : l'angle polaire
- L : longueur de clothoïde
- K_A : début de clothoïde
- K_E : Fin de clothoïde

III-1-8-5- Choix d'une clothoïde :

Il faut respecter les conditions suivantes :

a. condition optique :

Cette condition rend perceptible aux usagers de la route les obstacles ainsi que la courbure du tracé suffisamment à l'avance afin d'obtenir une sécurité optimale de la conduite.

On admet en général que pour être perceptible, un raccordement doit correspondre à un changement de direction en plan, supérieur ou égal à 3^0 , soit $1/18^{\text{ème}}$ de radian $\tau \geq 3^0$ soit $\tau \geq 1/18$

Règles générales (B40) :

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

$$\tau = L/2R \geq 1/18 \text{ rad} \Rightarrow L_1 \geq R/9 \text{ soit } A \geq R/3$$

$$R/3 < A < R$$

Pour $R < 1500 \rightarrow \Delta R = 1\text{m}$ (éventuellement 0.5m) d'où $L_1 = (24 R \Delta R)^{1/2}$

Pour $1500 < R < 5000 \text{ m}$ $\tau \geq 3^0$ c'est-à-dire $L_1 = R/9$

Pour $R < 5000 \rightarrow \Delta R$ limité à 2.5m soit $L_1 = 7.75(R)^{1/2}$

b. Condition de confort dynamique :

Cette condition permet de limiter la sollicitation transversale (l'accélération transversale) par unité de temps des véhicules en assurant une introduction progressive du dévers et de la courbure. La variation de la sollicitation transversale des véhicules est : $V_r^2/R = g \cdot \Delta d$. cette dernière est limitée à une valeur de $(g / 0,2 V_R^2)$ par seconde.

On aura alors, la longueur du clothoïde qui satisfera cette condition :

$$L_2 \geq V_r^2/18 (V_r^2/127R)$$

R : Rayon en (m).

Δd : Variation de dévers

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

c. Condition de gauchissement :

Cette condition a pour objet d'assurer à la route un aspect satisfaisant en limitant la pente relative du profil en long de la chaussée déversée par rapport à son axe ; cette pente est limitée à :

$$\Delta p < 0,5 \cdot V_r$$

$$L_3 \geq l \times \Delta d \times V_r$$

L_3 : Longueur de raccordement

l : Largeur de la chaussée

Δd : Variation de dévers

Remarque :

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

$$\Delta d / \Delta t = 2 \text{ avec } \Delta t = l/v \quad v = V/3.6 \text{ et } L \geq 5 \times \Delta d \times V/36$$

Δd : Exprimé en valeur réelle

III-1-9- Le dévers :

Le dévers est par définition, la pente transversale de la chaussée qui a pour rôle d'évacuer les eaux pluviales sur les alignements droits et assurer la stabilité des véhicules sur les courbes (virages).

Le dévers varie tout au long du tracé de la route de 2,5 jusqu'à 9 % tout dépend de la catégorie de la route ainsi que l'environnement sur lequel elle est implantée.

Pour notre projet qui est en environnement (E2) et de classe (C2) le dévers varie de 2,5 à 7 %.

Vu aussi que notre route passe par un terrain montagneux et en se référant aux documents techniques qui régissent ce type de route, nous avons les dévers suivants :

- Pour les rayons inférieurs à 40 m, le dévers est normalement de 6 %.
- Entre 40 m et 250 m de rayon le dévers est obtenu par interpolation en $1/R$ entre 6 % pour 40 m et 2,5 % pour 250 m.
- Entre 250 m de rayon et 400 m, le dévers est de 2,5 %. Au-delà de 400 m les courbes ne sont plus nécessairement déversées

<i>Valeur du rayon</i>	<i>Sens du dévers</i>	<i>valeur du dévers en %</i>
R > 40 m	Intérieur	6,00%
40 m < R < 250 m	Intérieur	$1,83 + 166,7 / R$
R = 250 m	Intérieur	2,50%

Tableau III-3: devers de la chaussées

III-1-9-1- Application au projet:

Rayon (m)	25	30	35	40	50	60	70	80	100	110	125	130	150	200	250
Dévers associé en %	6	6	6	6	5,16	4,61	4,21	3,91	3,45	3,35	3,16	3,11	2,94	2,66	2,5

Tableau III-4 : rayons et divers associés

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse de base (km/h)	V_r	60
Longueur minimale (m)	L_{min}	84
Longueur maximale (m)	L_{max}	1000
Devers minimal (%)	d_{min}	2.5
Devers maximal (%)	d_{max}	7
Temps de perception réaction (s)	t_1	2
Coefficient de frottement longitudinal	f_l	0,42
Coefficient de frottement transversal	f_t	0,16
Distance de freinage (m)	d_0	34
Distance d'arrêt (m)	d_1	67
Distance de visibilité de dépassement minimale (m)	d_m	250
Distance de visibilité de dépassement normale (m)	d_N	350
Distance de visibilité de manoeuvre de dépassement (m)	d_{Md}	120
Rayon minimal absolu (m) (7 %)	RH_m	125
Rayon minimal normal (m) (5 %)	RH_N	250
Rayon au devers minimal (m) (2,5 %)	RH_d	550
Rayon non déversé (m) (-2.5 %)	RH_{nd}	800

Tableau III-5 : Paramètres fondamentaux de l'axe en plan (B40)

III-1-10- Tâches effectuées :

Nous allons procéder à la conception du projet avec le logiciel PISTE 5 en passant par les étapes suivantes:

➤ Etape 1 : Construction du terrain :

Pour représenter le terrain sur le logiciel nous devons effectuer certaine opération :

A. Construction du fichier fond de plan :

- Dans la barre de menu clique sur le fichier —————> nouveau
- Choisir fond de plan **TPL (.seg)** —————>ok

Une boit de dialogue va apparaitre, donner un nom au nouveau fichier (par exemple : terrain) puis ouvrir et confirmer la création du nouveau fichier.

B. Chargement du fichier géométrique :

- Pour charger les points et lignes, on fait : fichier —————> lire dans la barre de menu et on ouvert les points topographique donnée par la (DTP) sous format piste
- semi de point (.xyz). On obtient alors le nuage de points suivant :

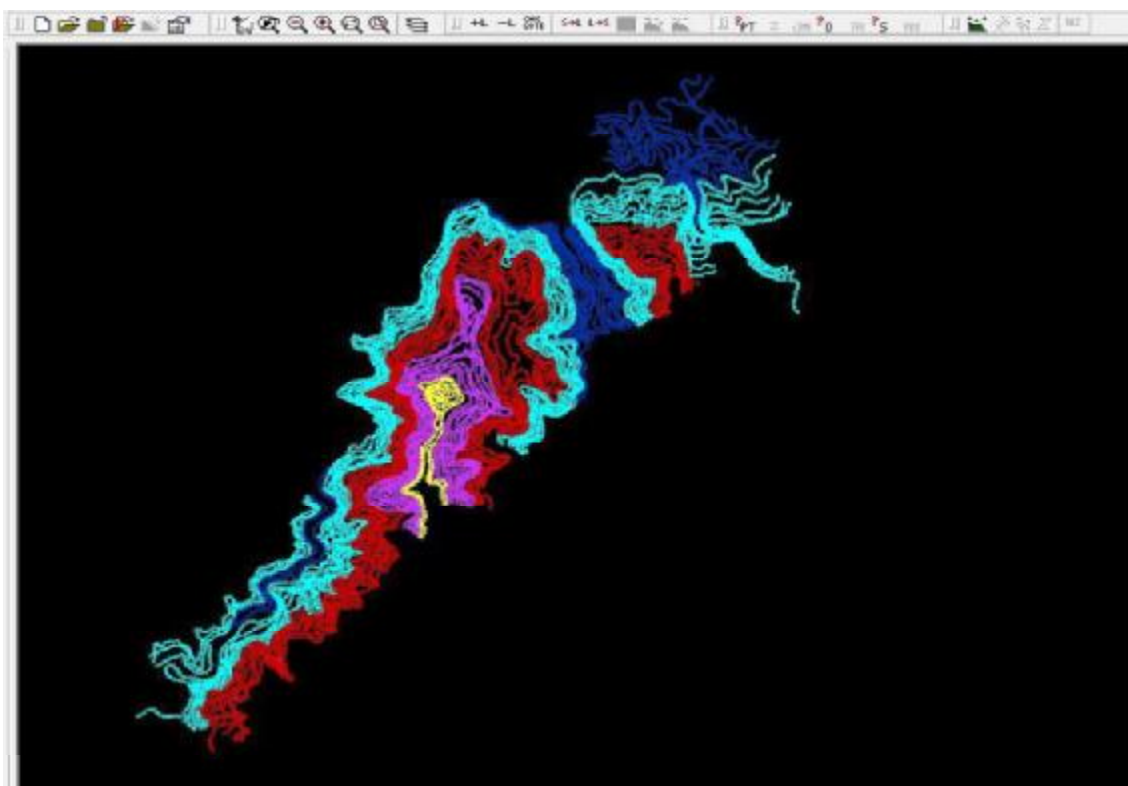


Figure III-2 : Nuage de points.

Maintenant il nous reste à exploiter le fichier ouvert pour tracer notre axe en plan. Pour cela nous devons faire certaine opération

C. Triangulation du terrain :

Elle permet de construire un modèle surfacique du terrain composé , à partire du fichier géométrique précédent .

Pour se faire il suffit : de faire

Dans la barre de menu : - calcul —→ trianguler

- calcul —→ courbe de niveau

- calcul —→ point hauts et bas

Nous obtenons la figure suivante :

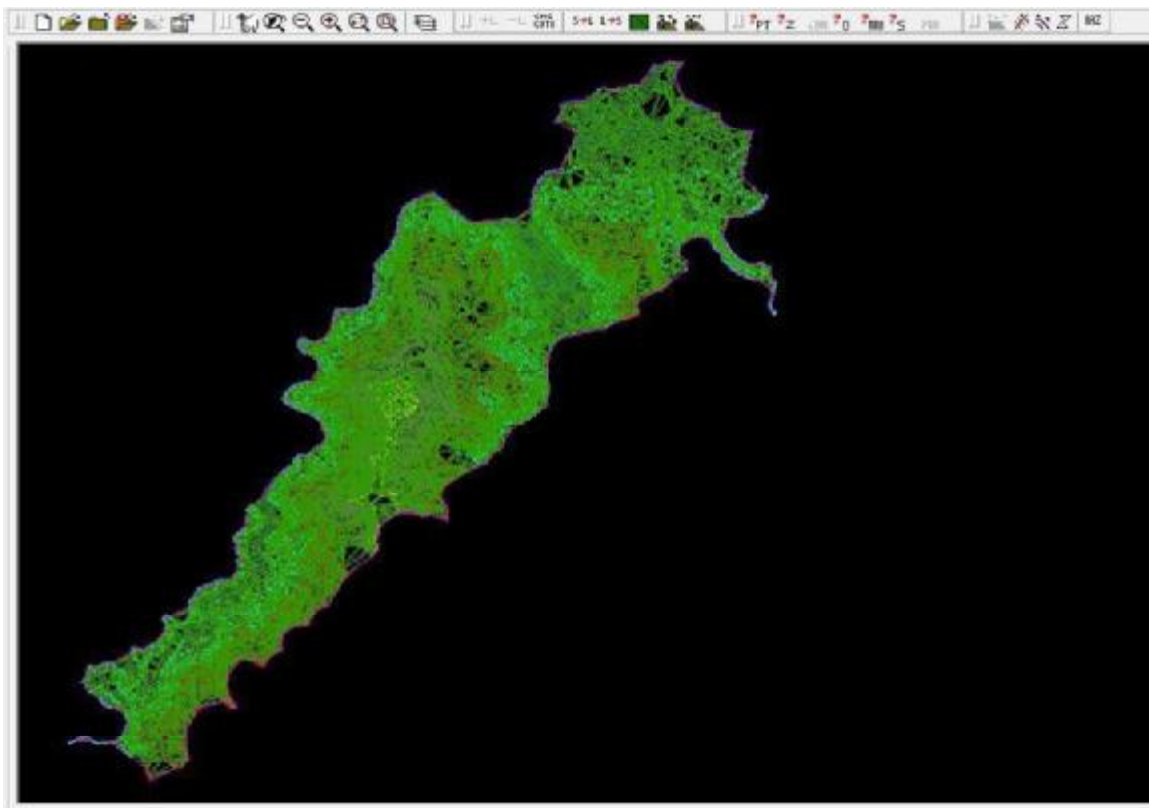


Figure III-3 : Triangulation du terrain.

On passe maintenant à la conception plane et avoir notre **TEP**

On fait : fichier → nouveau → conception plane et on crée un nouveau fichier nommée par exemple (axe en plan)

Puis on fait fichier → fond de plan → ouvrir.

➤ **Etape 2 : définition de l'axe en plan et tabulation**

A. Construction des éléments de l'axe :

• **Point :**

Élément → point → nom d'élément

Saisir le nom de l'élément dans la boîte de dialogue puis graphiquement on place le point → exécuté

Ainsi de suite pour les autres points

• **Droite :**

Élément → droite → nom d'élément

Saisir le nom dans la boîte de dialogue → exécuté

On clique sur point et on sélectionne graphiquement les points à relier par cette droite puis → exécuter

• **Valeur des rayons :**

Élément → distance → nom de l'élément

Saisir R1 puis cliquer sur saisir et entrer la valeur dans la boîte de dialogue → exécuter

• **Création d'une liaison :**

Élément → liaison → nom d'élément → saisir

On sélectionne par la suite les deux droites à raccorder → sélectionner la distance (rayon) → ok

Et ainsi de suite jusqu'à relier toutes les droites

Ces étapes sont illustrées dans la figure suivante :

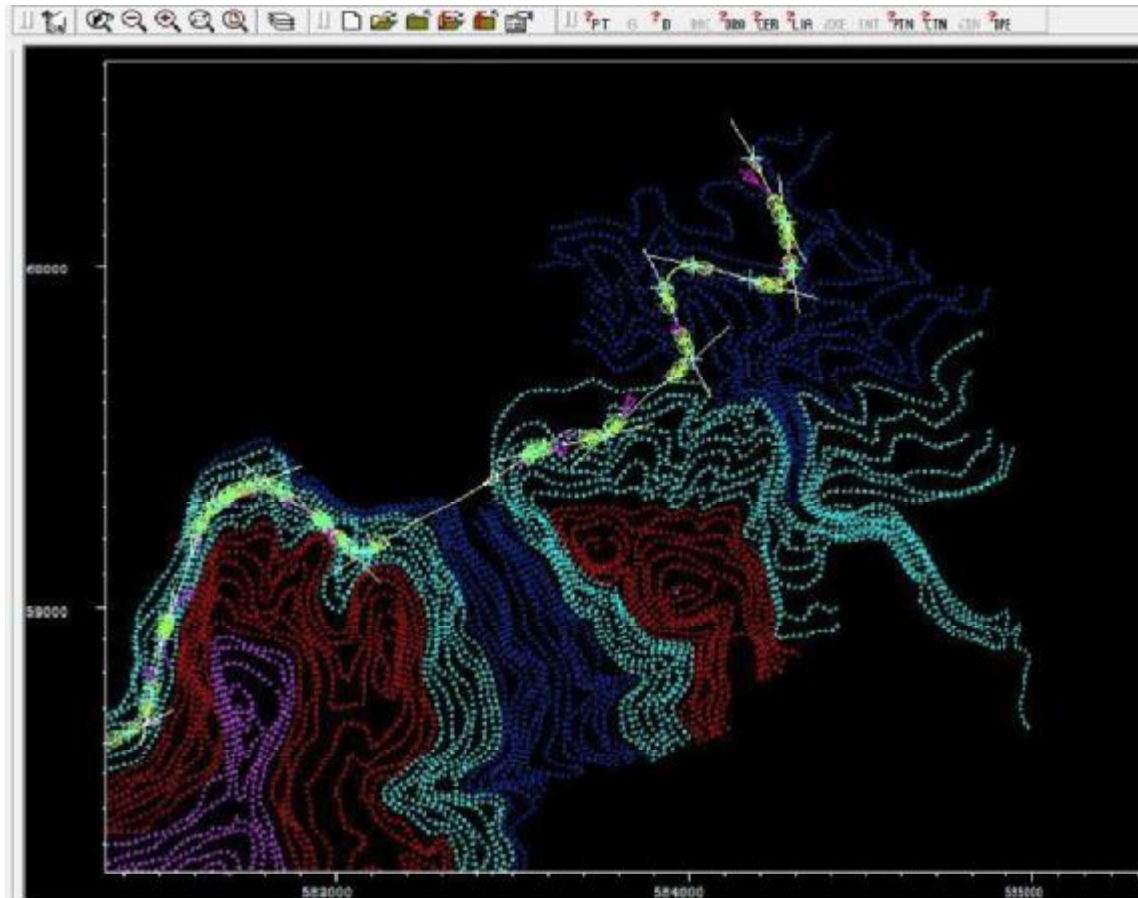


Figure III-4 : Eléments de l'axe en plan.

B. Construction de l'axe :

Elément → Axe → nom d'élément → saisir (AXE 1)

On clique sur point puis on sélectionne le point P1 qui sera le point de départ et puis sur Fin Automatique → exécuter.

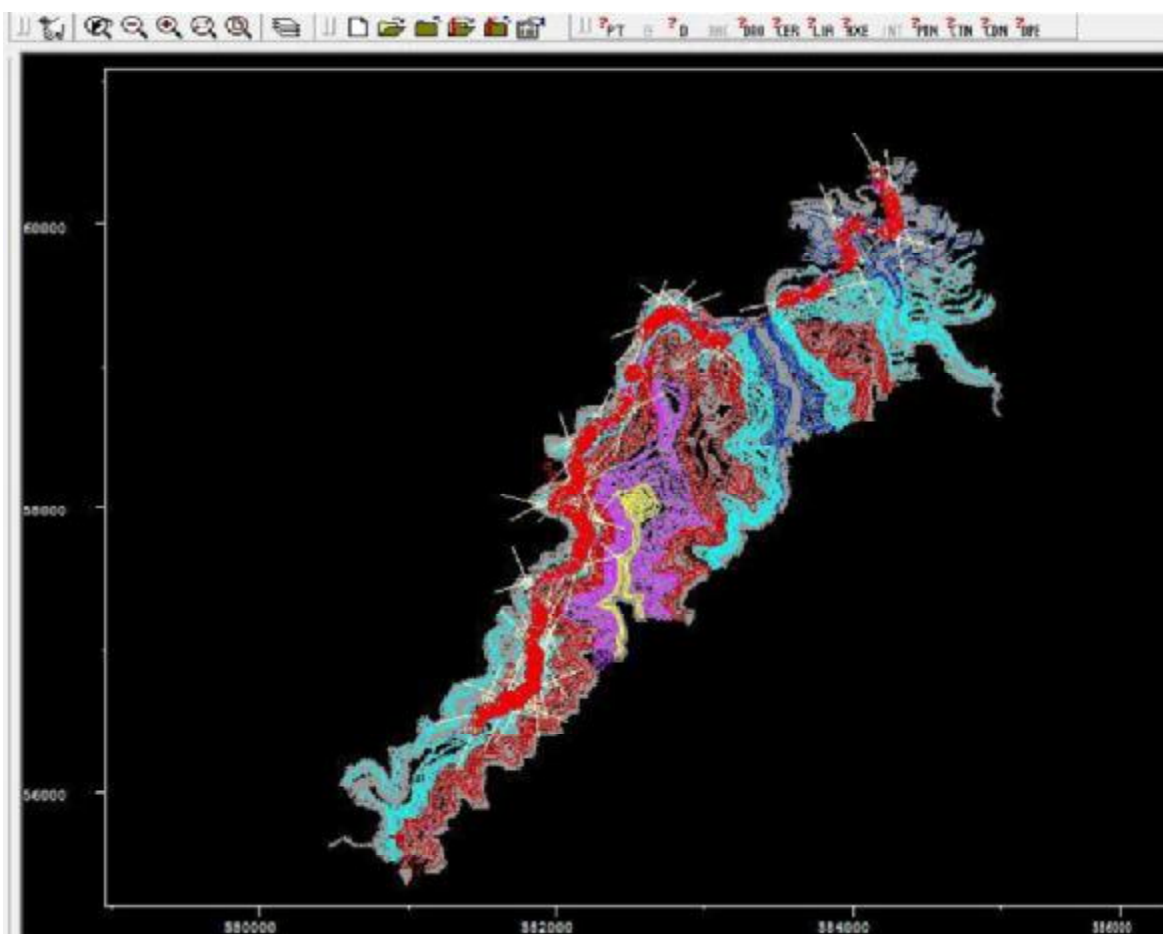


Figure III-5 : Axe en plan.

Par la suite on fait : calcul → zone → saisir (0 10 par exemple) pour que le logiciel nous donne les résultats chaque 10 m

On fait calcul → tabuler axe → créer piste.

Un clic sur F2 nous permet de voir les résultats en mode texte, qui sont joints en annexes.

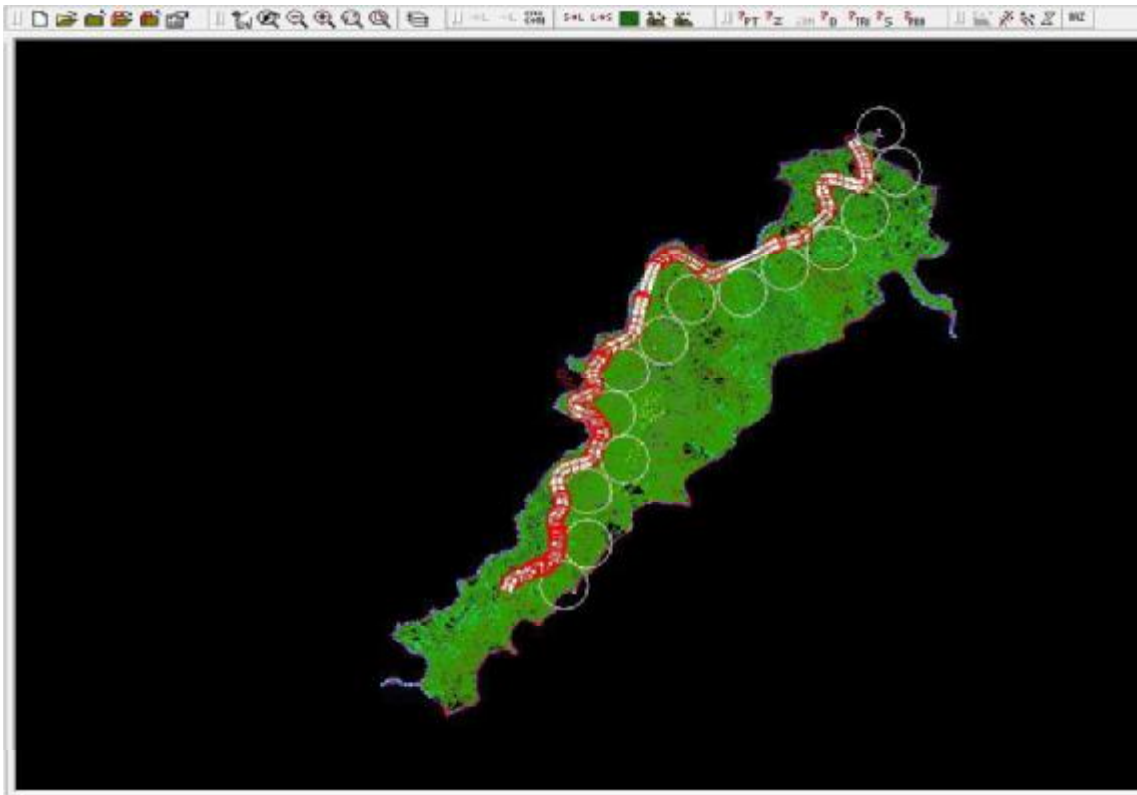


Figure III-6 : Tabulation axe en plan.

Remarque :

Les résultats de la tabulation sont joints en annexes.

III-2- Profil en long

III-2-1- Introduction :

Le profil en long est une coupe verticale effectuée en suivant l'axe du tracé

Le profil en long est composé d'éléments rectilignes caractérisés par leur déclivité (pente ou rampe), et des raccordements circulaires (ou paraboliques) caractérisés par leur rayon.

III-2-2- Trace de la ligne rouge

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

- adapter la ligne rouge au terrain naturel pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être coûteux.
- rechercher l'équilibre adéquat entre le volume de remblais et de déblais
- ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les règlements.
- éviter de maintenir une forte déclivité sur une grande distance.
- éviter d'introduire un point bas du profil en long dans une partie en déblais qui risque de créer de contraintes à savoir :

Celles qui sont liées aux difficultés de terrassement et à l'évacuation des eaux pluviales.

La solution est soit de relever ce point au dessus du terrain naturel soit d'atténuer les Déclivités arrivant de chaque côté de ce point bas.

- éviter les hauteurs excessives de remblais.
- Prévoir le raccordement avec les réseaux existants ;
- Au changement de déclivité (butte ou creux) on raccordera les alignements droits par des courbes paraboliques
- assurer une bonne coordination du tracé en plan et le profil en long.
- adapter d'une déclivité minimale de 0.5% qui permet d'éviter la stagnation des Eaux pluviales.

III-2-3- Coordination du tracé en plan et profil en long

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

- Assurer les conditions minimales de visibilité,
- Favoriser la perception générale du tracé : rechercher la cohérence du tracé en plan, du profil en long et de la topographie générale du site.

Il faut en outre éviter les combinaisons défavorables telles qu'une longue descente rapide suivie d'un point difficile du tracé en plan.

Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe, Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :

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

III-2-4- Définition d'une déclivité

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

III-2-4-1-Déclivités du profil en long :

a) Déclivité maximale :

Les fortes pentes peuvent engendrer des problèmes de freinage des poids lourds et donc compromettre la sécurité des usagers. On évitera en particulier d'intercaler une pente de valeur moyenne entre deux zones de forte pente (problème de remise en vitesse des véhicules) mais également de positionner des points singuliers dans ou immédiatement après ces zones de forte pente.

De même, en rampe, elles entraînent des problèmes d'écoulement du trafic (qui peuvent nécessiter de créer des voies spéciales pour véhicules lents) et de surconsommation (au-delà de 2,5% de pente, chaque pourcent supplémentaire entraîne une surconsommation de 12 % par rapport à la valeur enregistrée à plat).

Les valeurs préconisées par le B40 pour les pentes max son résumées dans le tableau suivant :

V_r Km/h	40	60	80	100	120	140
I_{max} %	8	7	6	5	4	4

Tableau III-6 : pentes max préconisés par le B40

Pour notre cas la vitesse Vr=60 Km/h donc la pente maximale I_{max} =7%.

b) Déclivité minimale :

Le B40 a imposé que les profils en long et en travers des routes soient établis de manière à permettre l'écoulement des eaux pluviales et l'assainissement de la plate-forme. En conséquence, s'il n'existe généralement pas de valeur minimale pour les déclivités, on s'attachera à assurer un minimum de :

- 0,5 à 1% pour les zones où le dévers est nul afin d'assurer l'évacuation des eaux de surface,

- 0,2 % dans les longues sections en déblai afin d'éviter des sur-profondeurs pour le dispositif longitudinal d'évacuation des eaux pluviales.

Et de manière générale, il convient d'éviter les zones en déblai profond délicates à assainir ainsi que les points bas en déblai.

III-2-5- Raccordement en profil en long :

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

On distingue deux types de raccords :

1) Raccords convexes (angle saillant) :

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

Leur conception doit satisfaire à la condition :

- condition de confort.
- condition de visibilité.

a) Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à (0.3m /s² soit g /40), le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

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

$$D'ou : R_v \geq 0,3 V^2 \quad (\text{cat. 1-2}).$$

$$R_v \geq 0,23 V^2 \quad (\text{cat 3-4-5}).$$

Tel que :

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

V : vitesse de référence (km /h).

$g / 40$: acceleration vertical

b) Condition de visibilité :

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme condition supplanterai a celle de condition confort.

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

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_v = \frac{D_1^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \times \sqrt{h_0 + h_1})}$$

- 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 données pour les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix bidirectionnelle et pour une vitesse de base $V_r=60\text{Km/h}$ et pour la catégorie 2 on a :

Rayon	symbole	Valeur
Min-absolu	R_{vm}	1500
Min- normal	R_{vn}	4500
Dépassement	R_{vd}	6000

Tableau III-7 : Rayons des raccordements convexes

2) Raccordements concaves (angle rentrant) :

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

$$R_v' = \frac{d_1^2}{(1.5 + 0.035d_1)} \quad \dots\dots\dots(\text{III-6})$$

Pour une chaussée bidirectionnelle avec une $V_r = 60 \text{ Km/h}$ et catégorie 2 on a le tableau suivant :

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R_{vm}	1200
Min -normal	R_{vn}	2400

Tableau III-8 : rayons des raccordements concaves

Application au projet :

Tout comme e tracé en plan on utilise le logiciel PISTE 5.

➤ **Etape 3 : calcul des devers et interpolation du terrain.**

- Le module des devers permet le calcul des pentes transversales.
- L'interpolation du projet sur le terrain naturel permet de calculer pour chaque profil un PET du TN.

1) Calcule des devers :

Fichier → ouvrir → conception transversales → ok

dans le fichier (axe en plan), on sélectionne (exp . pis) → ok

Dans la barre de menu on fait : **calcul** → **devers**

On sélectionne le type de devers dans (recherche automatique) qui correspond a notre cas (1 x2 voies).

Une fois les points de changement de dévers sont affichés, on fait.

Fichier → sauver, et on donne un puis on enregistré.

2) Interpolation du terrain :

On fait : calcul → terrain

On lance le calcule de l'interpolation comme suit :

Outil → interpoler → semi TPL

après l'affichage des résultats de l'interpolation, on valides (ok).

La fenêtre affiché nous permet d'avoir accès à la consultation et la modification des profils et pour terminer, on clic sur :

Fichier → fermer

➤ **Etape 4 : définition du profil en long :**

cette étape correspond à la construction des éléments de l'axe (point , droit , parabole) et à tabuler cet axe .

1- Construction de l'axe :

- Création d'un fichier contenant les éléments de l'axe :

Fichier → nouveau → conception longitudinale → ok (on lui donne un nouveau nom, profil en long)

- Afficher le terrain naturel :

Fichier → projet piste → ouvrir (on sélectionne le fichier et clic sur OK)

- Construction des éléments :

Comme le tracé en plan pour la construction des points et des droites, sauf que pour le profil en long, le premier et le dernier point doivent correspondre au premier et au dernier profil terrain.

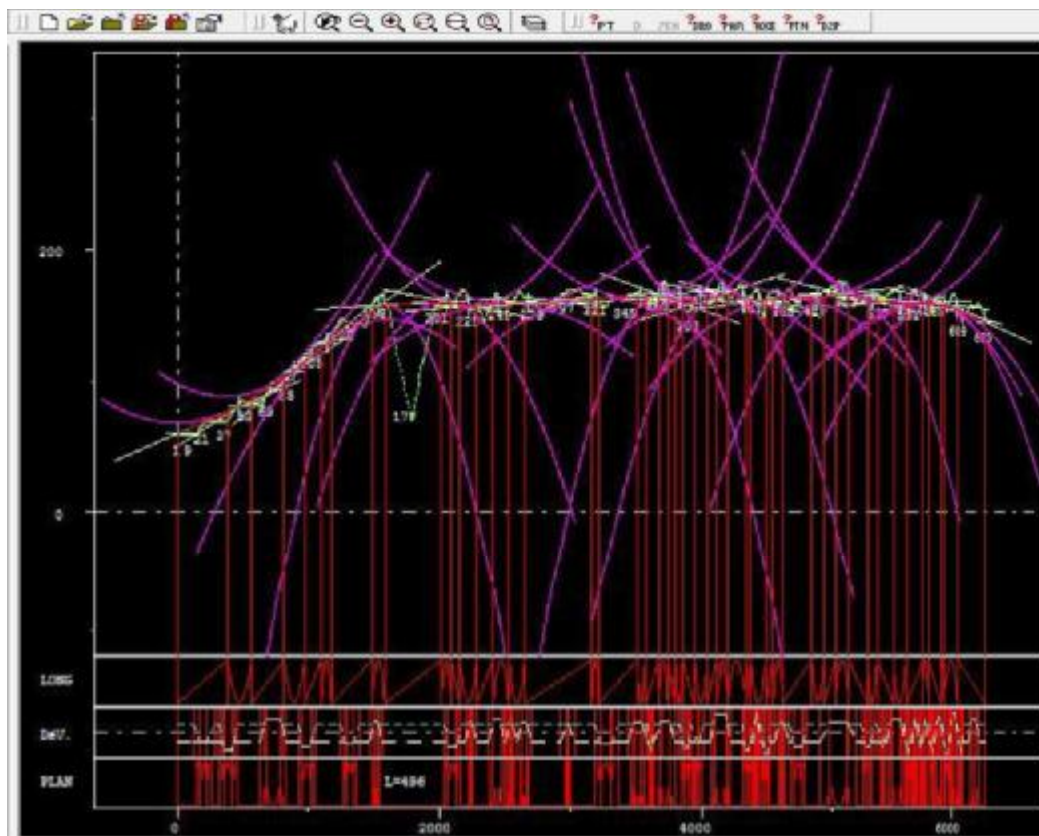


Figure III-7 : Elements du profil en long.

2- Calcul de l'axe :

Idem que pour l'axe en plan sauf pour la tabulation, on fait :

Calcul → tabuler axe → compléter piste.

Désormais le fichier piste comporte une cote de projet, une pente et un rayon pour chaque profil.

La conception longitudinale prend fin, on fait donc :

Fichier → Fermer.

La tabulation du profil en long est représentée sur figure ci dessous.

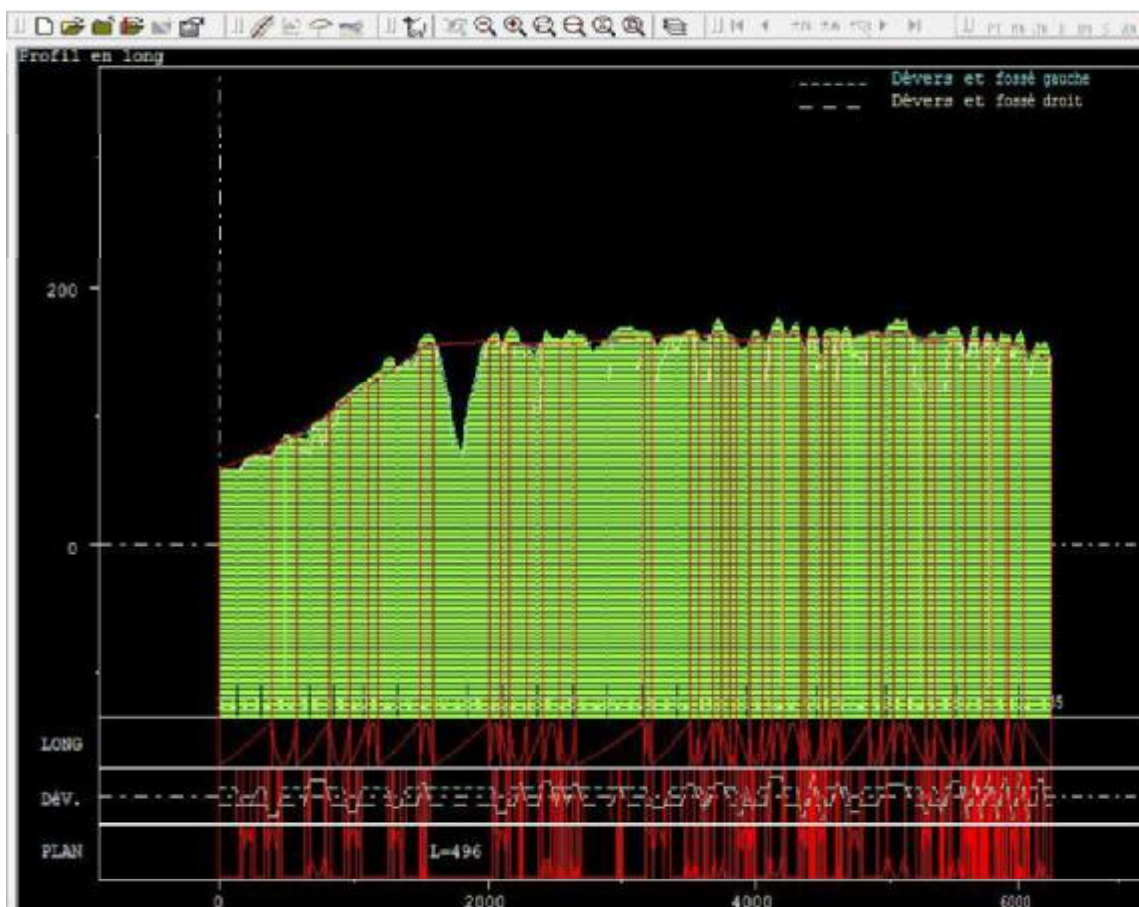


Figure III-8 : Profil en long

III-3- Profil en travers

III-3-1- définitions:

Profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée. Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé «profil en travers type» contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc....).

III-3-2- les éléments du profil en travers :

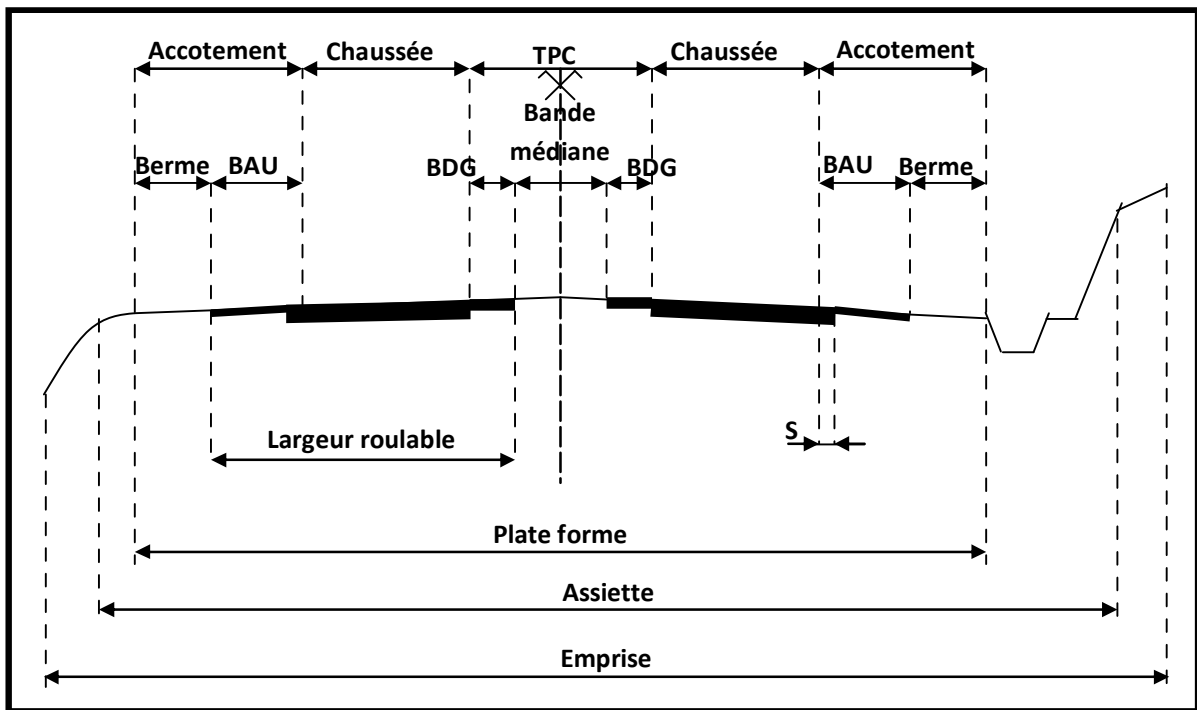


Figure III-9 : Profil en travers.

a) La chaussée:

C'est la partie affectée à la circulation des véhicules.

b) La largeur roulable:

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

c) Plate forme:

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

d) L'assiette:

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

e) L'emprise:

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

f) Les accotements:

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

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

g) Le terre-plein central:

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

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

h) Le fossé :

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

III-3-3- Classification du profil en travers :

Ils existent deux types de profil :

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

1- Le profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou d'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 côte du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements.

2- Le profil en travers courant :

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

III-3-4- Application au projet :

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

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- Chaussée : $3,5 \times 2 = 7,00\text{m}$
- Accotement : $1,50 \text{ m} \times 2$
- Plate forme : =10 m.

III-3-4-1- Calcul des profils en travers avec PISTE :**➤ Etape 5 : construction de profil en travers :**

Cette étape a pour but de créer un catalogue qui contiendra les demi profils en travers type que nous appliquerons à notre projet.

1) Ouverture du module de conception transversale :

On fait : fichier → ouvrir → conception transversal → ok

Une fenêtre qui s'ouvre nous donne l'état d'avancement du notre projet. On clique sur ok.

2) Fichier profil type :

les profils types sont stockés dans un fichier sous forme de demi profil , ce fichier sera nommé (profil type)

Calcule → projet

Dans la boîte de dialogue qui s'affiche, on donne le nom du fichier puis on clique sur ouvrir → ok.

Une fois le fichier est créé, il nous reste plus qu'à créer des demi profils en travers.

La boîte de dialogue qui apparaît nous permet de définir les différentes couches de notre chaussée ainsi la ligne du projet.

Après avoir choisi le nombre de lignes, on clique sur le profil type et on procède par création d'un demi-profil type.

➤ On donne un nom T1 et on clique sur crée → nouveau.

➤ On passe à la définition de la ligne du projet :

- créer la plate forme : on clique sur plate forme sur le menu droit et on y introduit nos données. (largeur des voies).

On valide (ok) par la suite on peut visualiser, effacer ou modifier les données.

- Créer les talus de déblais, idem que pour la plate forme.
- Créer les talus de remblais.
- Créer le fossé du pied de remblais.

Une fois c'est terminé, on clique sur entrer visualiser

- Créer la ligne d'assise
- Créer la ligne de couche de forme.

La construction du demi-profil type est terminée.

Fermer pour quitter la fenêtre graphique.

On clique sur OUI pour confirmer les enregistrements et les modifications. Nous obtenons ainsi le profil enregistré dans le catalogue. On ferme la fenêtre, on se retrouve par la suite à la construction du profil.

On saisi sur la première ligne 1 T 635 (1 étant le premier profil et 635 le dernier).

Ensuite on clique sur calculer tout pour calculer les profils.une fois les résultats s'affiche, on valide sur OK, et on quitte la fenêtre construction des profils.

Les figures suivantes représentent les différents types du profil en travers de notre projet :

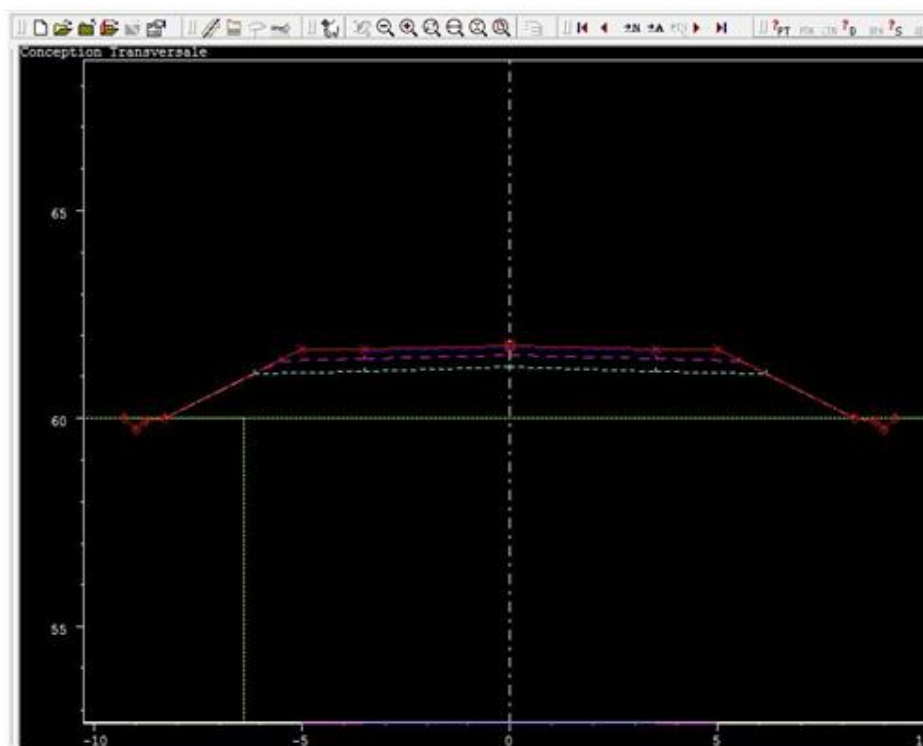


Figure III-10 : Profil en travers en remblai.



Figure III-11 : Profil en travers en déblai.

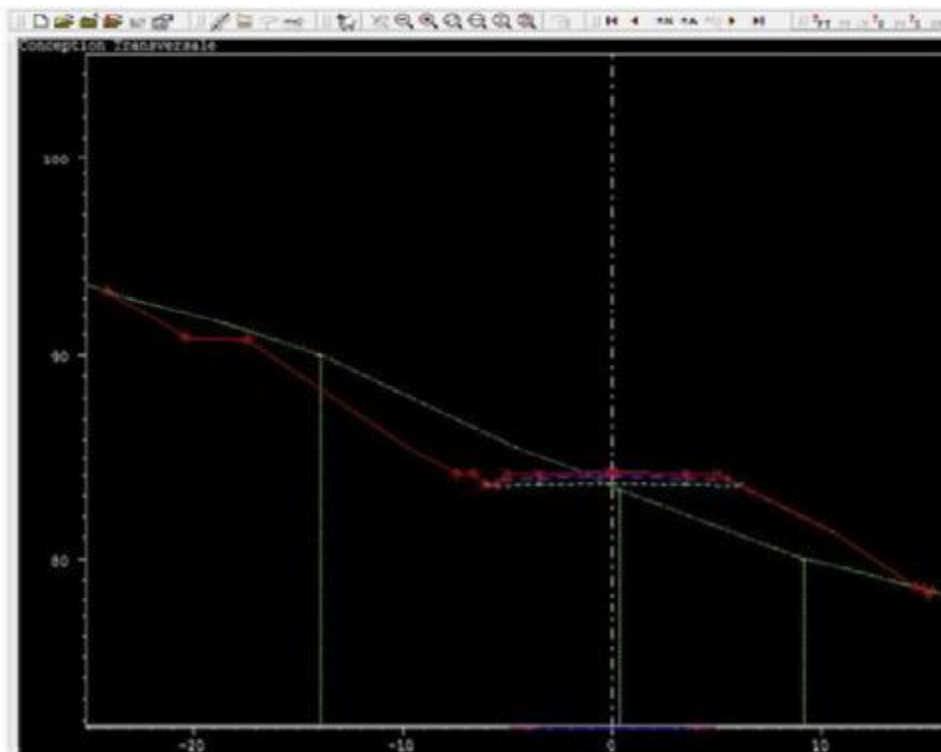


Figure III-12 : Profil en travers mixte.

3- Calcul des perspectives :

Dans le menu de la conception transversale, on fait :

Calcul → perspectives.

On donne les valeurs implicites, ensuite une clique droite sur le profil →

visualiser → perspective.

Chaque perspective visualisée correspond à un profil en travers donné, on peut faire alors un défilement avec la touche Défilement. On peut ainsi designer un profil en travers en cliquant sur un numéro du profil et cliquer sur OK.

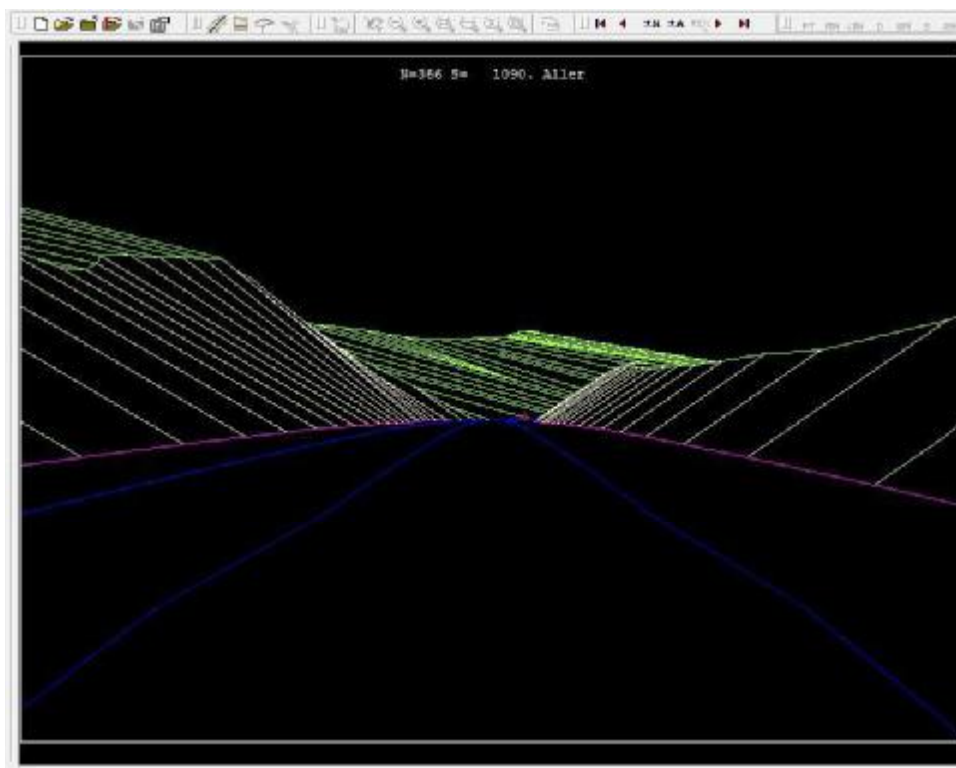


Figure III-13 : Vue en perspective de notre route.

Remarque :

Les résultats des calculs des éléments constitutifs du tracé en plan, profil en long et profil en travers effectués par le logiciel piste sont donnés en annexes.

CHAPITRE IV

Dimensionnement du corps de chaussée

IV-1- Introduction :

La qualité d'un projet routier, ne se limite pas à l'obtention de bonne tracée en plan et d'un bon profil en long. En effet une fois réalisée, la route devra résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation : action des essieux des véhicules et notamment les poids lourds, des gradients thermiques, pluie, neige, verglas .etc. Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie.

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

Enfin, dans notre projet on examinera deux méthodes de dimensionnements.

IV-2- Principe de la constitution des chaussées :

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

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

IV-3- Méthodes de dimensionnement :

On va traiter dans ce chapitre deux méthodes :

- 1- Méthode CBR
- 2- Méthode du catalogue des structures des chaussées neuves.

IV-3-1- Méthode de C.B.R :

C'est une méthode semi-empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support.

Pour que la chaussée tienne, il faut que la contrainte verticale répartie suive la théorie de **BOUSSINESQ** soit inférieure à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice **C.B.R.**

L'épaisseur est donnée par la formule suivant :

- I_{CBR} : indice CBR

$$e = \frac{100 - 150\sqrt{p}}{I_{CBR} - 5} \dots\dots\dots (IV-1)$$

En tenant compte de l'influence du trafic, la formule IV-1 devient :

$$e = \frac{100 (\sqrt{p})(75 - 50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} - 5} \dots\dots\dots (IV-2)$$

- I_{CBR} : indice CBR du sol pris égale à 5.
- N : désigne le nombre moyen de camion de plus 1500 kg à vide
- P : charge par roue $P = 6.5$ t (essieu 13 t)
- **Log** : logarithme décimal

IV-3-1-1- Coefficient d'équivalence :

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

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

Tableau IV-1 : Coefficient d'équivalence.

L'épaisseur totale à donner à la chaussée est

$$e = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 \quad \dots\dots\dots (IV-3)$$

- $a_1 \times e_1$: couche de roulement.
- $a_2 \times e_2$: couche de base.
- $a_3 \times e_3$: couche de fondation.

IV-3-1-2 Application au projet :

On a : PL = 19 % $\tau = 4\%$ CBR = 5

TJMA₂₀₁₈ = 4428 v/j (année de mise de service)

$N_{PL\ 2018} = 4428 \times 0,19 = 842\ PL/j$

$N_{PL\ 2038} = 842 / 2 \times (1 + 0.04)^{20} = 923\ PL / j / \text{sens}$

$$e = \frac{100 (\sqrt{P})(75 - 50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} \times 5} \quad \dots\dots\dots (IV-4)$$

A.N

$$e = \frac{100 \cdot (\sqrt{6.5})(75 - 50 \log 923/10)}{5 \cdot 5} \approx 55 \text{ cm}$$

$e = 55 \text{ cm}$

Lorsque le corps de chaussée est composé par des différents matériaux, on utilise le coefficient d'équivalence de chaque matériau :

$$e = \sum_{i=1}^n a_i \cdot e_i \quad \dots\dots\dots(\text{IV-5})$$

On a proposé les matériaux suivants de chaque couche :

- Couche de roulement : béton bitumineux (BB)
- Couche de base: grave bitume (G B)
- Couche de fondation: grave concassées (G C)

A.N

$$e = 6 \times 2 + 1.5 \times 15 + 1 \times 20 = 41 \text{ cm}$$

Donc épaisseur réelles est de : $6(\text{BB}) + 15(\text{GB}) + 20(\text{GC}) = e$

$e = 41$

IV-3-2 - Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

Le catalogue de dimensionnement des chaussées se présente sous forme des fiches de Dimensionnement dans lesquelles les structures sont déjà pré calculées.

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

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

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

- a) Approche théorique.
- b) Approche empirique

IV-3-2-1- La démarche de catalogue :

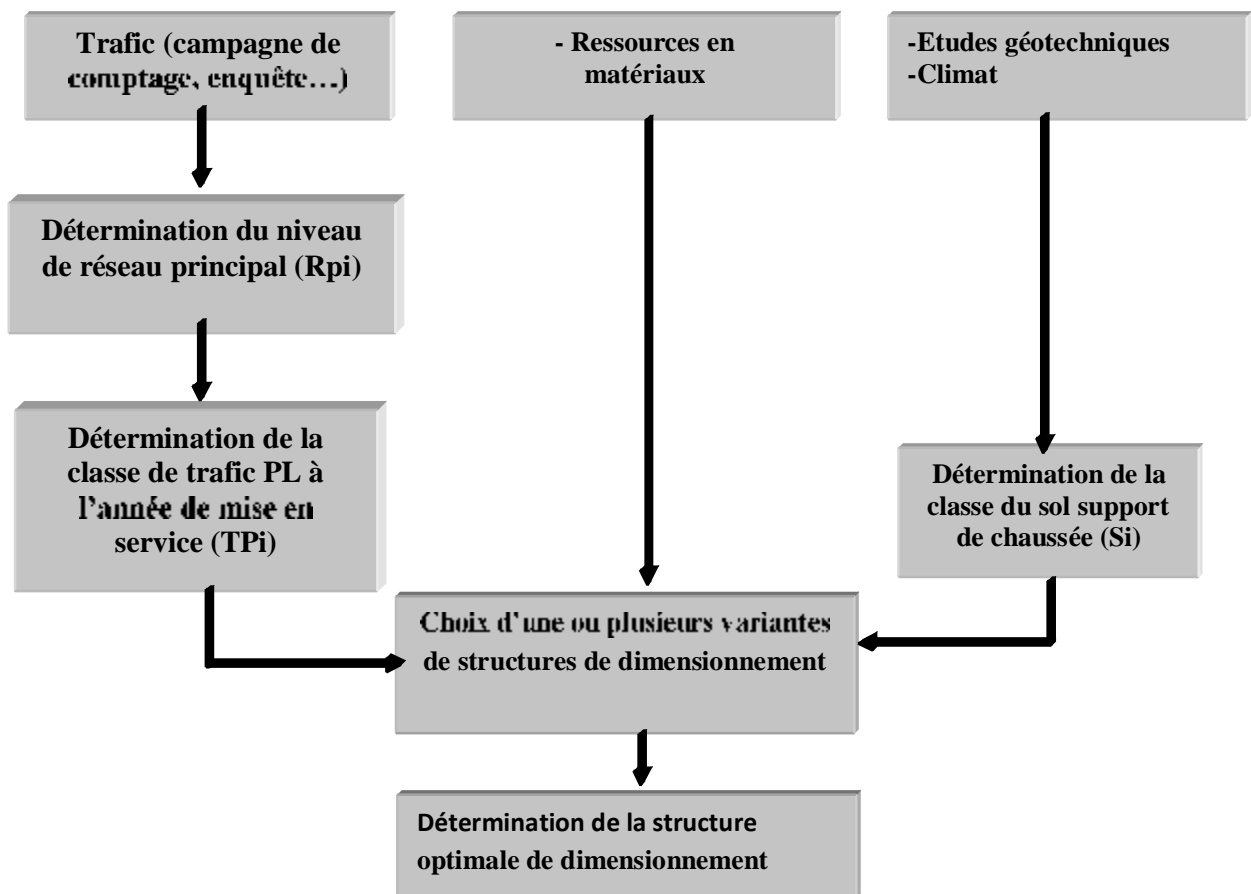


Figure IV-1 : Démarche du catalogue

IV-3-2-2- application ou projet**IV-3-2-2-1-Type de réseau :**

Le catalogue traite les routes du réseau principal.

Le réseau principal se compose de route reliant

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

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

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

Tableau IV-2 : Classification des réseaux principaux

- $TJMA_{2018} = 4428$ (V/j).
- 4428 (V/j) > 1500 (V/j) \longrightarrow le réseau principal est RP1.

IV-3-2-2-2-Types des structures :

Le choix est fait en relation avec le niveau de réseau principal retenu.

Niveau de réseau	Matériaux types	structures
RP 1	MTB (traités au bitume)	GB/GB .GB/GNT. GB/TUF..
	MTLH (traités aux liants hydrauliques)	GL/GL .Bcg/GC
RP 2	MNT (non traités)	GNT/GNT TUF/TUF
	MTB (traités au bitume)	SB/SG

Tableau IV-3 : Choix des structures types par niveau de réseau principal.

D'après le catalogue de dimensionnement notre choix se fixe sur la fiche structure

- N° 1 traités au bitume \longrightarrow GB /GNT.

IV-3-2-2-3- Classe de trafic TPL_i pour RP1:

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

Classe TPL_i pour RP1 :

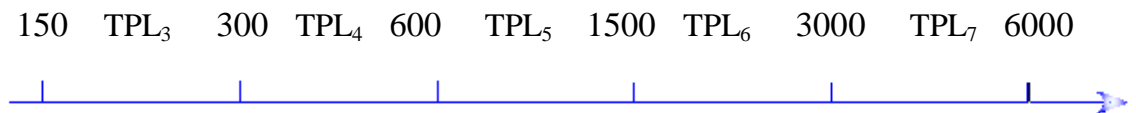


Figure IV-2: Classe de trafic TPL_i pour RP1

PL/jour/sens

- N PL = $4428 \times 19\% = 842$ PL/ j
- N PL = $842/2 = 421$ PL/ j / sens.

Donc la classe de trafic est de \longrightarrow TPL 4 (entre 300 et 600 PL).

- TPL i = 421PL/J

IV-3-2-2-4- Présentation des classes de portance des sols :

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

Classe de sol (S _i)	Indice C.B.R
S ₀	>40
S ₁	25-40
S ₂	10-25
S ₃	05-10
S ₄	<05

Tableau IV-4 : classe de portance de sol selon catalogue

IV-3-2-2-5-Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement :

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 4 classes de sols support à savoir :

S_3, S_2, S_1, S_0 . Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

$$E \text{ (MPa)} = 5 \cdot \text{CBR} \quad \dots\dots\text{(IV-6)}$$

Classes de sol-support	S_3	S_2	S_1	S_0
Module (MPa)	25-50	50-125	125-200	>200

Tableau IV-5 : classe de portance de sol supports

$$E \text{ (MPa)} = 5 \times 5 = 25 \text{ (MPa)}$$

$25 < 50 \longrightarrow$ la classe de portance de sol support est de S_3 .

IV-3-2-2-6- Sur classement des sols supports de chaussées :

Le cas de sols de faible portance (S_3 en RP1) est rencontré, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussées dans des conditions acceptable et d'utiliser le catalogue qui préconise le sol de classe S_1 et S_2 .

Le tableau donne des 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 (Si)
S3	Matériaux non traités (*)	40 cm (en 2 couches)	S2

Tableau IV-6 : sur classement avec couche de forme en matériau non traité

IV-3-2-2-7- Choix de différentes couches constituées de la chaussée :

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

- Couche de roulement : BB.
- Couche de base : GB.
- Couche de fondation : GNT.

IV-3-2-2-8- Détermination de la zone climatique :

D'après la carte de la zone climatique de l'Algérie.

On a : pluviométrie >600 mm / an

Climat : très humide

Région : nord

Donc Notre projet est dans la zone climatique I

IV-3-2-2-9- Choix de dimensionnement :

Avec les données citées plus haut :

- Réseau principal (RP1).
- La zone climatique I.
- Durée de vie de 20 ans.
- Taux d'accroissement (4%).
- Portance de sol (S2) .
- Classe de trafic (TPL4).

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

- couche de roulement : BB = 6 cm.
- couche de base : GB = 15 cm.
- couche de fondation : GNT = 35 cm
- Couche de forme : TUF= 40cm.

IV-3-2-2-10- Remarque :

A cet effet les structure sont pré-calculées et ne nécessitent pas de vérification.

Néanmoins pour féliciter la compréhension des artifices de calcul du catalogue, nous calculons les déformations admissibles $\epsilon_{t,adm}$ et $\epsilon_{z,adm}$ manuellement ensuite les déformations de traction ϵ_t et les déformations verticale ϵ_z , sont calculées par le logiciel alizé III. La structure de la chaussée doit satisfaire la condition suivante :

$$\epsilon_z < \epsilon_{z,adm} \text{ et } \epsilon_t < \epsilon_{t,adm} \quad \dots\dots\dots(IV-7)$$

IV-3-2-2-11- Déformation admissible sur le sol support ($\epsilon_{z,adm}$) :

$$\epsilon_{z, adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCE_i)^{-0.235} ;$$

Avec :

- TCE_i : trafic cumulé équivalent de 13 tonnes sur la durée de vie.

$$TCE_i = TPL_i \times \frac{(1+I)^N - 1}{I} \times 365 \times A \quad \dots\dots(IV-8)$$

I : taux d'accroissement (τ)

N : durée de vie = 20 ans

A: coefficient d'agressivité = 0.6 tiré de tableaux suivant (fascicule 2 du catalogue)

Niveau de réseau principal(RPi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP ₁	Chaussées a matériaux traites au bitume : GB/GC, GB /Tuf, GB/GC	0.6
RP ₂	Chaussées a matériaux traites au liants hydraulique : GL/GL, Bcg / GC	1

Tableau IV-7 : valeur du coefficient d'agressivité A

- $TPL_i = 421 \text{ PL / J}$
- $TCE_i = 421 \times \frac{(1+0,04)^{-1}}{0,04} \times 365 \times 0,6 = 2,75 \times 10^6$

Alors :

$$- \varepsilon_{z, adm} = 22 \times 10^{-3} \times (2,75 \times 10^6)^{-0,235} = 675 \times 10^{-6}$$

$$\varepsilon_{z, adm} = 675 \times 10^{-6}$$

IV-3-2-2-12- Calcul de la déformation admissible de traction (ε_t, adm) à la base des couches bitumineuses :

$$\varepsilon_{t, adm} = \varepsilon_6(10^\circ \text{ C}, 20 \text{ HZ}) \times K_{ne} \times K_{\theta} \times K_r \times K_c \quad \dots\dots(IV-9)$$

Avec

- $\varepsilon_6(10^\circ \text{ C}, 25 \text{ HZ})$: déformation limite obtenue au bout de 10^6 cycles (essais de fatigue).
- **K_{ne}** : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supports par la chaussée.
- **k_{θ}** : facteur lié à la température.
- **K_r** : facteur lié au risque et aux dispersions.
- **K_c** : facteur lié au calage des résultats du modèle.

$$\text{et :} \quad K_{ne} = \left(\frac{TCE_i}{10^6} \right)^b \quad \dots\dots(IV-10)$$

$$K_{\theta} = \sqrt{\frac{E(10^\circ \text{C}, 10 \text{ HZ})}{E(\theta_{eq}, 10 \text{ HZ})}} \quad \dots\dots(IV-11)$$

$$K_r = 10^{-tb_{rj}}$$

- $\epsilon_6(10^\circ \text{ C}, 25 \text{ HZ}) = 100 \times 10^{-6}$: déformation sous la grave bitume
- $K_{ne} = \left(\frac{2,75 \times 10^6}{10^6} \right)^{-0,146} = 0,863$
- $k_{\vartheta} = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1,33$ AVEC $E(10^\circ \text{ C}) = 12500 \text{ MPA}$ POUR La GB

et ϑ équivalente = 20° , zone climatique 1 : $K_r = 10^{-tb\bar{\vartheta}}$

De catalogue des structures des chaussées neuves on tire les valeurs suivantes :

r %	2	3	5	7	10	12	15
t	-2.054	-1.881	-1.645	-1.520	-1.282	-1.175	1.036

Tableau IV-8: valeur de $t = f(r \%)$

Ce risque adopté pour le réseau RP1 et une classe de trafic TPL4 pour la GB / GNT et de risque 10%

On a : t (fractale de la loi normale)

$$\delta = \sqrt{Sn^2 + \left(\frac{c}{b} Sh\right)^2} \dots\dots\dots(IV-12)$$

Avec :

- SN : dispersion sur la loi de fatigue =0.45 pour la GB
- c : coefficient égale a 0.02
- sh : dispersion sur les épaisseurs = 3 cm pour la GB

Matériaux (MTB)	E (30° C , 10 HZ) MPA	E(25° ,10 HZ) MPA	E(20° ,10 Hz)MPA	E(10° ,10 Hz) MPA	ϵ_6 (10° C ,25 HZ) 10^6	-1/b	SN	Sh (cm)	ϑ	K c calage
GB	3500	5500	7000	12500	100	6.84	0.45	3	0.35	1.3

Tableau IV-9 : Performances mécanique des matériaux bitumineux.

$$\delta = \sqrt{(0.45)^2 - \left(\frac{0.02}{-0.146}\right)^2}$$

$$\delta = 0.609$$

$$K_r = 10^{-1.282 \times 0.146 \times 0.609} = 0.77$$

$$K_C = 1.3$$

Alors :

$$\varepsilon_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} \times 0,863 \times 1,33 \times 0,77 \times 1,3 = 115 \cdot 10^{-6}$$

$$\varepsilon_{t,adm} = 115 \cdot 10^{-6}$$

Les déformations admissibles sont :

$$\varepsilon_{z, adm} \text{ sol support} = 675 \times 10^{-6}$$

$$\varepsilon_{t,adm} \text{ à la base de GB} = 115 \times 10^{-6}$$

• **Principe du programme ALIZE III :**

ALIZE III est un programme mis au point au laboratoire central des ponts et chaussée. PARIS (1975). il permet de déterminer à partir d'un modèle multicouche, élastique et linéaire fondé sur l'hypothèse de BURIMESTER, les contraintes et les déformations aux Différentes interfaces de la structure ayant jusqu'à six couches supposées infinies en plan. La charge prise en compte dans la modélisation est une charge unitaire correspondant à un Demi-essieu de 13 tonnes présenté par une empreinte circulaire de rayon (r) avec une Symétrie de révolution. Le problème est traité en coordonnées cylindriques.

a) - Résultats de calcul de (ϵ_t , ϵ_z) par Alize III

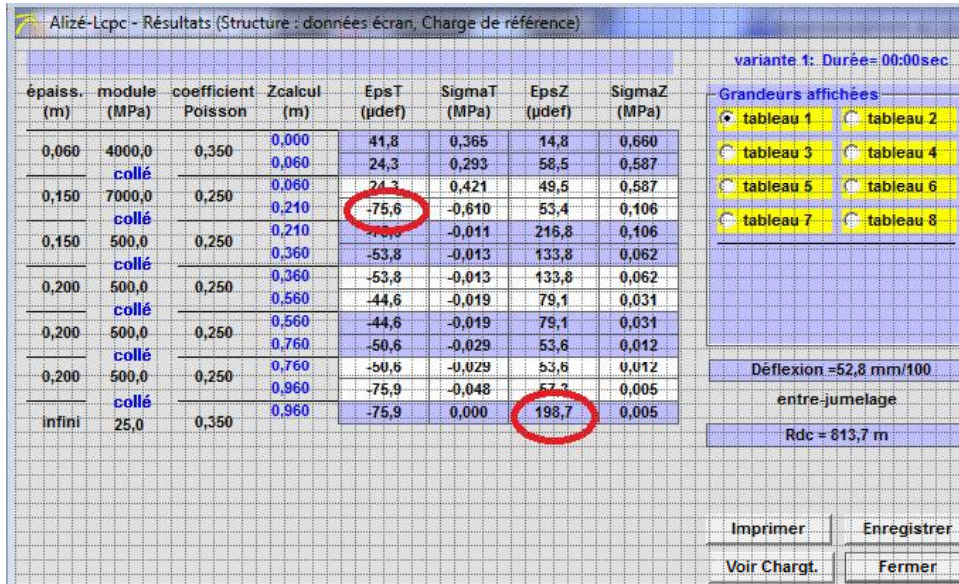


Figure IV-2-: Résultats donnés par le logiciel Alize.

b) - Résultats de la simulation :

	Déformation calculé (Alize)	Déformation admissibles
ϵ_z (sol support)	$198,7 \times 10^{-6}$	675×10^{-6}
ϵ_t (à la base de la grave – bitume)	$75,6 \times 10^{-6}$	114×10^{-6}

Tableau IV-10 : Résultats de la simulation.

La structure 6BB +15 GB + 35 GNT + 40 TUF, est donc vérifié.

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

c) - Tableau récapitulatif des résultats des deux méthodes :

	CBR	CTTP
BB	6	6
GB	15	15
GNT	20	35
Σ	41	56

Tableau IV-11 : résultats des deux méthodes.

IV-4- Conclusion

D'après le tableau ci-dessus, on remarque bien que la méthode dite du catalogue de dimensionnement de chaussée, nous donne un corps de chaussée avec une épaisseur un peu plus large que la méthode dite CBR.

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

- Elle fait appel aux spécificités géologique et climatique du pays
- Elle tient compte des ressources en matériaux disponibles pour chaque région
- Elle donne ainsi la possibilité au projecteur de faire un choix entre plusieurs variantes de structures de dimensionnement, selon les données technico-économiques locales et régionales relatives au projet.

✓ **La structure de la chaussée adoptée est la suivante :**

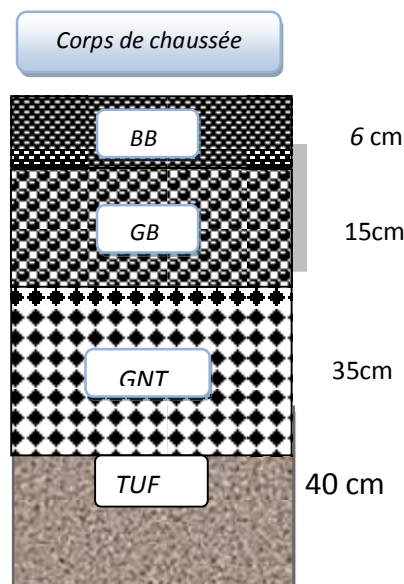


Figure IV-3: La structure de la Chaussée.

CHAPITRE V

Assainissement

V-1- Introduction :

Lors de la réalisation de la plate forme de la route, nous aurons certainement à couper des cours d'eau naturels. Le rétablissement de ces derniers devient alors une nécessité pour le projet lui-même et pour l'environnement.

Assainir une route c'est la préserver de son ennemi numéro 1 l'eau car les dégâts causés par les eaux pluviales ou souterraines sur cette dernière sont considérables et vont de l'inondation de la chaussée jusqu'à toucher même à la stabilité des talus.

Il faut alors prévoir différents dispositifs pour la récolte et l'évacuation des eaux superficielles et souterraines pour assurer la pérennité de notre route.

V-2- Rétablissement des écoulements naturels :

Le rétablissement des écoulements naturels consiste à assurer la continuité des écoulements superficiels des bassins versants interceptés par la route.

La route peut constituer un obstacle préjudiciable à l'écoulement naturel et réciproquement, celui-ci peut générer des dommages à la route

On peut distinguer trois cas d'interaction entre un cours d'eau et la route :

- l'empiètement du tracé dans le champ d'inondation (lit majeur) d'un cours d'eau important.
- le franchissement d'un cours d'eau important, ou qui pose des problèmes hydrauliques spécifiques
- le franchissement de cours d'eau dont la superficie du bassin versant n'excède pas une centaine de kilomètres carrés (bassins versants < 100 km²).

Remarque :

Nous traitons dans la présente étude le dernier cas vu que tout les cours d'eau que notre route intercepte ont des bassins versants de superficie inférieures à 100 km²

V-3- Assainissement De La Chaussée :

Les cours d'eau interceptés par notre projet ont tous une superficie de leurs bassins versants inférieure à 100 km² avec des débits assez faibles, et dans ce cas de figure les ouvrages sous chaussée les plus couramment utilisés sont les dalots et buses à section circulaire. Parmi les ouvrages destinés à l'écoulement des eaux, on peut citer ces deux catégories :

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

V-4- Dégradations causées par les eaux :

a-Pour les chaussées :

- Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées).
- Désenrobage.
- Nid de poule (dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée avec un important trafic).
- -Décollement des bords (affouillement des flancs).

b-Pour les talus :

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

V-5- Objectif de l'assainissement :

L'assainissement routier concerne les volets suivants :

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

▪ La sauvegarde de l'ouvrage routier (car l'eau accélère la dégradation de la surface, et augmente la teneur en eau du sol support, entraînant par la suite des variations de portance et diminue la qualité mécanique de la chaussée)

V-6- Détermination des bassins versants :

En intercalant l'axe de notre route (déterminé sur logiciel PISTE) sur la carte d'état major à l'échelle 1 /25.000 de la région sur le logiciel AUTOCAD 2011 nous avons pu délimiter les bassins versants traversés par la route en délimitant les lignes de partage des eaux .Les bassins des différents écoulements présentent des surfaces peu importantes. Les principales caractéristiques des bassins peuvent être déterminées sur AUTOCAD tels que :

• Les surfaces A

• Les longueurs de thalweg principal L.

• La pente P est calculée en faisant le rapport de la dénivelée du bassin versant par longueur L du thalweg.

$$P= (H_{max}-H_{min})/L \quad \dots\dots\dots (V-1)$$

Avec :

L : longueur de thalweg

H_{max} : l'altitude maximale de B.V

H_{min} : l'altitude minimum de B.V

Remarque :

La carte des bassins versants est jointe en annexes.

V-6-1- Caractéristiques morphologiques des bassins versants :

N° BV	Surface du BV (KM ²)	Périmètre (Km)	Longueur (km)	Hmax (m)	Hmin	Dénivellement (m)	pente (%)
BV1	0,064	0,13	0,398	400	165	235	59,04
BV2	0,084	0,12	0,421	400	160	240	57
BV3	0,027	0,0771	0,306	350	160	190	62,1
BV4	0,10	0,13	0,389	380	165	215	55,27
BV5	0,12	0,19	0,677	400	160	240	35,45
BV6	0,16	0,17	0,616	380	165	215	34,9
BV7	0,086	0,15	0,547	360	150	210	38,4
BV8	0,09	0,14	0,534	350	140	210	39,32
BV9	0,2	0,19	0,686	390	130	260	37,9

Tableau V-1 : Caractéristiques morphologiques des bassins versants**V-7- Dimensionnement des ouvrages d'évacuation :**

La méthode de dimensionnement des ouvrages d'assainissement est fondée sur l'application de la formule rationnelle qui donne le débit d'apport du bassin versant :

$$Q_a = K C I A$$

Le principe de calcul est donc de déterminer l'ouvrage d'assainissement qui possède la capacité d'évacuer ce débit. Pour cela, le débit de saturation de l'ouvrage Q_s donné par formule de Manning Strickler :

$$Q_s = Kst \cdot R_h^{2/3} I^{1/2} \cdot S \dots \dots \dots (V-2)$$

Doit satisfaire l'égalité suivante :

$$Q_a = Q_s$$

Remarque :

Le domaine d'application de la formule rationnelle est :

- la vitesse maximale d'écoulement est limitée à 4 m/s
- La superficie du bassin versant est inférieure à 10km².

Ces conditions sont satisfaites dans notre projet, l'application de la formule rationnelle est donc possible.

V-7-1- Calculs des débits d'apports :

$$Q_a = K C I A \dots \dots \dots (V-3)$$

Avec:

- **K** : coefficient de conversion des unités (les mm/h en l/s) : K = 0.2778.
- **C** : coefficient de ruissellement.
- **I** : l'intensité de l'averse exprimée en (mm /h).
- **A** : superficie du bassin versant.

V-7-1-1- Coefficient de ruissellement 'c'

Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative des surfaces

Imperméabilisées par rapport à la surface drainée. Sa valeur est obtenue en tenant compte des trois paramètres suivants :

- La pente du bassin versant (C₁)
- La perméabilité du sol (C₂)
- La couverture végétale du bassin versant (C₃)

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \dots \dots \dots (V-4)$$

Les valeurs de coefficient de ruissellement sont données par le tableau suivant :

Type de chaussée	Coefficient de ruissellement "C"	Valeurs prises
Chaussée revêtue en enrobée	0.8 - 0.95	0.95
Accotement : sol perméable	0.15 - 0.4	0.35
Talus	0.1 - 0.3	0.25
Terrain naturel	0.05 - 0.2	0.2

Tableau V-2 : Valeur du Coefficient de ruissellement "C".

V-7-1-2 - Intensité de la pluie

$$(I) : I_t = I \left(\frac{t_c}{24} \right)^B \dots\dots\dots (V-5)$$

I : l'intensité de l'averse pour une durée de 1h, $I = P_j / 24$

Tc : Temps de concentration (heure).

B = b - 1 ; b : exposant climatique

La détermination de l'intensité de la pluie passe par plusieurs étapes de calcul qui sont :

a- Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle

$$\sqrt{P_j} = \frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{c_v^2 + 1}} \exp (u \sqrt{\ln (c_v^2 + 1)}) \dots\dots\dots (V-6)$$

Pj moy: hauteur de la pluie journalière moyenne (mm)

Cv : coefficient de variation.

U : variable de GAUSS (fonction de la période de retour) dont les valeurs sont données par le tableau suivant

Fréquence %	50	20	10	5	2	1
Période de retour (ans)	2	5	10	20	50	100
Variable de GAUSS 'u'	0	0,841	1,282	1,645	2,057	2,327

Tableau V-3 : Valeur du Coefficient variable de GAUSS.

b- Calcul de fréquence d'averse :

Pour une durée de ($t=15\text{mn}=0.25\text{h}$), La fréquence d'averse est donnée par la formule

Suivante :

$$P_t(\%) = P_j(\%) \cdot \left(\frac{t_c}{24}\right)^b \dots\dots\dots (V-7)$$

P_j : Hauteur de la pluie journalière maximale (mm).

b : Exposant climatique.

P_t : pluie journalière maximale annuelle.

t_c : Temps de concentration (temps nécessaire à l'eau pour s'écouler depuis le point le plus éloigné du bassin versant jusqu'à son exutoire ou le point de calcul)

(en heure).

c - Temps de concentration :

C'est le temps que mettra la première goutte d'eau tombée au point hydrologiquement le plus éloigné du bassin versant pour arriver à l'exutoire.

La valeur du temps de concentration* est une valeur approximative qui dépend, pour partie, des précipitations et de la morphologie du Bassin Versant Naturel. le temps de concentration est estimé respectivement d'après Ventura, Passini, Giandothi, comme suit :

La formule de VENTURA :

Lorsqu' $A < 5 \text{ km}^2$:
$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{L}{P}} \dots\dots\dots(V-8)$$

La formule de PASSINI :

Lorsque $5 \text{ km}^2 < A < 25 \text{ km}^2$

$$t_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{A.L}}{\sqrt{P}} \dots\dots\dots (V-9)$$

La formule de GIADOTTI :

Lorsque $25 \text{ km}^2 < A < 200 \text{ km}^2$

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}} \dots\dots\dots(V-10)$$

Tc : Temps de concentration (heure).

A : Superficie du bassin versant (km²).

L : Longueur des thalwegs principaux (km).

P : Pente moyenne des thalwegs principaux (m.p.m).

L : Longueur du thalweg principal (km).

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

Pour le calcul des temps de concentration des BV interceptés par notre projet nous appliquons la formule de Ventura vu qu'ils présentent des superficies inférieures à 5 Km²

Les valeurs des temps de concentration sont données dans le tableau suivant :

BV	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t_c	0,042	0,049	0,026	0,054	0,074	0,086	0,06	0,061	0,092

Tableau V-4 : temps de concentration des BV

V-7-2- Calcul des débits de saturation :

Ce débit est donné par la formule de MANNING et STRICKLER :

$$Q_s = K_{st} R_h^{2/3} I^{1/2} \cdot S \dots\dots\dots (V-11)$$

Avec :

K_{st} : coefficient de MANNING-STRICKLER ; qui a pour valeurs :

Paroi en terre : K_{st} =30.

En buses métalliques K_{st} =40.

Maçonneries K_{st} =50.

Bétons (dalots) K_{st} =70

Buses préfabriquées K_{st} = 80 bétons

S : surface mouillée (m²).

R_h : rayon hydraulique = (surface mouillée/ périmètre mouillée)

I : pente moyenne de l'ouvrage

Remarque :

Les buses sont dimensionnées par une période de retour de 10 ans.

Les dalots pour une période de retour de 50 ans.

Les ponts pour une période de retour de 100 ans.

V-8- Application au projet :**V-8-1- les données pluviométriques :**

Les données hydrauliques sont tirées de l'étude effectuée par l'A.N.R.II dans la région de Tizi-Ouzou.

- Pluie annuelle moyenne 850 mm/an.
- Pluie moyenne journalière **p_j** = 63mm
- L'exposant climatique **b** = 0.37.
- Le coefficient de variation climatique **C_v** = 0.38.

V-8-2 - Calcul de précipitation :

$$P_j (\%) = \frac{P_j}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \cdot e^{u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}} \dots \dots \dots (V-12)$$

Pendant 10 ans

$$u = 1,282 \quad C_v = 0,38 \quad P_j = 63$$

$$P_j (10\%) = \frac{63}{\sqrt{0,38^2 + 1}} \cdot e^{1,282 \sqrt{\ln(0,38^2 + 1)}} \dots \dots \dots (V-13)$$

Pj (10%) = 94,3 mm.**Pendant 50 ans**

$$u = 2,057 \quad C_v = 0,38 \quad P_j = 63$$

$$P_j (02\%) = \frac{63}{\sqrt{0,38^2 + 1}} \cdot e^{2,057 \sqrt{\ln(0,38^2 + 1)}} \dots \dots \dots (V-14)$$

Pj (02%) = 125,35 mm**Pendant 100 ans**

$$u = 2,327 \quad C_v = 0,38 \quad P_j = 63$$

$$P_j (10\%) = \frac{63}{\sqrt{0,38^2 + 1}} \cdot e^{2,327 \sqrt{\ln(0,38^2 + 1)}} \dots \dots \dots (V-15)$$

Pj (01%) = 138,42 mm✓ **Fréquence d'averse :**Pour une durée de ($t=15\text{mn}=0,25\text{h}$), sera déterminé par la formule :

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

Pendant 10 ans

$$P_t (10\%) = P_j (10\%) \cdot (tc/24)^b = 94,3 (0,25/24)^{0,42} = 13,86 \text{ mm}$$

P_t (10%) = 13,86 mm

Pendant 50 ans :

$$P_t (02\%) = 125,35 (0,25 / 24)^{0,42} = 18,43 \text{ mm}$$

$$P_t (02\%) = 18,43 \text{ mm}$$

Pendant 100 ans :

$$P_t (01\%) = 138,42 (0,25 / 24)^{0,42} = 20,35 \text{ mm}$$

$$P_t (01\%) = 20,35 \text{ mm}$$

✓ *Calcul de l'intensité de l'averse :*

$$I_t = I \cdot \left(\frac{t_c}{24} \right)^B \dots\dots\dots(V-16)$$

Avec : **I** : l'intensité de l'averse pour une durée de 1h.

$$B = b - 1 = 0,37 - 1 = -0,63 \dots\dots\dots(V-17)$$

$$I = \frac{P_j}{24}$$

Pour $P_j(10\%) = 94,3 \text{ mm}$

$$I = \frac{94,3}{24} = 3,93 \text{ mm/h}$$

Pour $P_j (02\%) = 125,35 \text{ mm}$

$$I = \frac{125,35}{24} = 5,23 \text{ mm/h}$$

Pour $P_j (01\%) = 138,42 \text{ mm}$

$$I = \frac{138,42}{24} = 5,76 \text{ mm/h}$$

Remarque :

Les intensités de pluies pour chaque BV pour une période de retour de 10 ans sont résumées dans le tableau ci-après

V-8-3 -Dimensionnement des ouvrages hydrauliques :**V- 8-3-1- Calcul des débits d'apport des BV : $Q_a = K C I A$**

N° BV	PK	Surface (Km2)	K	C	I ₁₀	Débit d'apport (m3/s)
BV1	4 + 367	0,064	0.2778	0,2	214,42	0,76
BV2	4 + 534	0,084	0.2778	0,2	194,58	0,90
BV3	4 + 641	0,027	0.2778	0,2	290,06	0,43
BV4	4 + 764	0,10	0.2778	0,2	183,03	1,61
BV5	5 + 574	0,12	0.2778	0,2	150,07	1
BV6	5 + 685	0,16	0.2778	0,2	136,52	1,21
BV7	5 + 808	0,086	0.2778	0,2	171,27	0,82
BV8	5 + 972	0,09	0.2778	0,2	169,5	0,84
BV9	6 + 68	0,2	0.2778	0,2	130,84	1,06

Tableau V-5 : Débits d'apport des bassins versants.

V-8-3-2- Dimensionnement des fossés :

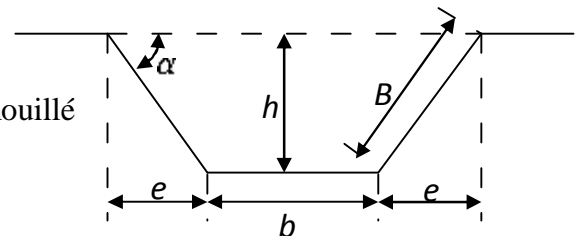
Le profil en travers hypothétique de fossé est donné par la figure ci-dessous :

S_m : surface mouillée.

P_m : périmètre mouillé.

R : rayon hydraulique $R = S_m / U$. avec U : périmètre mouillé

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.

Le dimensionnement des fossés doit satisfaire l'égalité, entre le débit d'apport et son débit de saturation :

$$Q_a = Q_s \rightarrow K.I.C.A = K_{st}.i^{1/2}S_m.R_h^{2/3} \dots\dots\dots(V-18)$$

✓ **Calcul de la surface mouillée**

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

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \quad \text{d'où } e = n.h$$

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

$$S_m = h. (b + n.h)$$

✓ **Calcul du périmètre mouille :**

$$P_m = b + 2B$$

$$\text{Avec } B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + n^2.h^2} = h.\sqrt{1 + n^2}$$

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

✓ **Calcul du rayon hydraulique :**

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

On aura alors :

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

L'égalité entre le débit d'apport et le débit de saturation s'écrit alors :

$$Q_a = Q_s = (K_{st}.i^{1/2}).h. (b + n. h). \left[\frac{h.(b + n.h)}{b + 2h\sqrt{1 + n^2}} \right]^{2/3} \dots\dots\dots(V-19)$$

✓ **Calcul du débit d'apport :**

Le bassin versant est constitué de trois éléments qui sont : la chaussée, l'accotement et le talus. Le débit rapporté par la chaussée, l'accotement et le talus est pris pour un cas défavorable.

On considère la présence de ces trois éléments pour une section de 100m. Le talus est pris pour une largeur défavorable de 20 m on

$$Q_c = K.I.C_c.A_c \quad : \quad \text{débit apporté par la chaussée}$$

$$Q_a = Q_c + Q_A + Q_t \quad \text{avec}$$

$$Q_A = K.I.C_A.A_A \quad : \quad \text{débit apporté par l'accotement}$$

$$Q_t = K.I.C_t.A_t \quad : \quad \text{débit apporté par le talus}$$

- 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 des surfaces :**

Surface de la chaussée

$$A_c = 7 \times 100 \cdot 10^{-4} = \mathbf{0,07 \text{ ha}}$$

Surface de l'accotement

$$A_A = 1.5 \times 100 \cdot 10^{-4} = \mathbf{0,015 \text{ ha}}$$

Surface du talus

$$A_t = 20 \times 100 \cdot 10^{-4} = \mathbf{0,2 \text{ ha}}$$

$$\mathbf{A = A_c + A_A + A_t = 0,285 \text{ ha}}$$

✓ **Calcul de l'intensité à l'averse I_t :**

$$I_t = I \left(\frac{t_c}{24} \right)^B \dots\dots(V-20)$$

- $I = 3,93$ mm/h pour 10 ans
- $B = b-1 = 0,37 -1 = -0.63$
- t_c la durée de chute de pluie varient de 10 à 60 minutes si on prend $t_c = 15$ mn = 0.25h, on aura :
- $I_t = I \left(\frac{t_c}{24} \right)^B = 3,93 \cdot \left[\frac{0,25}{24} \right]^{-0,63} = 69,70$ mm/h
- $I_t = 69,70$ mm/h

✓ **Calcul des débits :**

$$Q_c = 2,778 \times 0,95 \times 69,7 \times 0,07 = 12,87 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_A = 2,778 \times 0,35 \times 69,7 \times 0,015 = 1,01 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_t = 2,778 \times 0,25 \times 69,7 \times 0,1 = 4,84 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

D'où : $Q_a = Q_A + Q_t + Q_c = 18,72 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

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

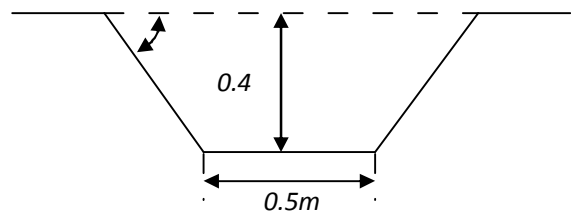
Le calcul se fera par itération, on fixe le paramètre n et on fait varier b et h . on calcul à chaque fois le débit de saturation qui doit être supérieur ou égal au débit d'apport : $Q_s \geq Q_a$

Pour les fossés en béton => $K_{st} = 70$ et la pente de l'ouvrage égale à 1%

On fixe : $b = 0.5m$, $n = 1,5$ et on calcule Q_s pour différentes valeurs de (h).

Pour : $h = 0,4$ on a : $Q_s = 2,86 > Q_a$

On optera alors pour une hauteur : $h = 0,4$ m



v-8-3-3- Dimensionnement des buses :

Le dimensionnement des buses s'effectue avec la formule de Manning Strickler

$$Q_s = K_{st} R_h^{2/3} I^{1/2} \cdot S \quad \text{en vérifiant l'égalité : } Q_a = Q_s$$

QS: débit maximum (m³/s).

KST : Coefficient de rugosité de canalisation

I : Pente de canalisation (m/m)

RH : Rayon hydraulique (RH=Sm/Pm).

Sm : Section transversale de l'écoulement (section mouillée)

✓ **Exemple de calcul :**

BV 1 :

$$Q_a = 0,76$$

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

$$S_m = 1/2 \times \pi \times R^2 \quad (\text{pour une hauteur de remplissage égale à } 0.5\phi)$$

$$R_h : \text{ rayon hydraulique} = R/2 \quad R_h = S_m / P_m = \pi R^2 / 2 / 2 \pi (R/2) = R/2$$

Kst =80(pour les buses)

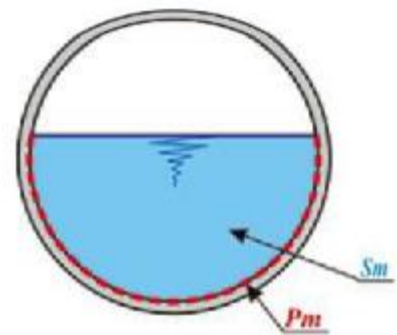
I : la pente de pose qui vérifié la condition de limitation de la vitesse maximale d'écoulement à 4m/s. pour notre cas ; On a **I= 3 ‰**

$$Q_s = 80 (0,01)^{1/2} \pi R^2 / 2 \cdot (R/2)^{2/3} = Q_a = 0,76$$

$$\mathbf{R = 0,415 \text{ m}}$$

On prend **R = 500mm**

Et Le débit est assuré pour un diamètre $\phi = 2R = 1000 \text{ mm}$.



V-8-4- Tableau récapitulatif des ouvrages d'assainissement:

N° BV	PK	Débit d'apport (m ³ /s)	Buse (Ø mm)
1	4 + 367	0,76	1000
2	4 + 534	0,90	1000
3	4 + 641	0,43	800
4	4 + 764	1,61	1200
5	5 + 574	1	1000
6	5 + 685	1,21	1000
7	5 + 808	0,82	1000
8	5 + 972	0,84	1000
9	6 + 68	1,06	1000

Tableau V-6 : Ouvrages d'assainissement des bassins versants.

CHAPITRE VI

Aperçu Géotechnique

VI-1-Introduction :

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

VI-2-Objectif de la Géotechnique Routière :

- Définir les caractéristiques des sols qui serviront d'assise pour le corps de Chaussée.
- Établir le projet de terrassement.
- Détecter des zones d'emprunts de matériaux de construction pour les remblais et le Corps de chaussée.

VI-3- Les différents essais en laboratoire :

Les essais faits au laboratoire sont :

- Analyse granulométrique.
- Equivalent de sable.
- Limites d'atterberg.
- Essai proctor
- Essai CBR.

VI-4-Les essais d'indentification :**➤ Analyse granulométrique :**

Cet essai qui a pour objet de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique et construite sur un graphique, cette analyse se fait en générale par un tamisage.

➤ **Equivalent du sable:**

Le but de l'essai consiste à déterminer la quantité d'impureté (ou pour déterminer le Pourcentage d'impureté dans un échantillon) soit des éléments argileux ultra fins ou des limons.

➤ **Limites d'atterberg:**

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

- WP : sépare l'état solide de l'état plastique et
- WL : sépare l'état plastique de l'état liquide

Les sols qui représentent des limites d'atterberg voisines, c'est-à-dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité.

$$IP = WL - WP,$$

Est donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau.

➤ **Essai Proctor:**

L'essai PROCTOR est un essai routier, il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage et une teneur en eau, donc il sert à déterminer la teneur en eau afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol prévu pour l'étude. cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée « optimum PROCTOR ».

➤ **Essai C.B.R :**

C'est un essai qui permet d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au Poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner le corps de chaussée et orienter les travaux de terrassement.

L'essai consiste à soumettre des échantillons d'un même sol au poinçonnement, les Échantillons sont compactés dans des moules à la teneur en eau optimum (PROCTOR modifier).

NOTA:

A défaut de ne pas avoir eu le rapport géotechnique on n'a pas pu faire une application sur cette partie.

VI-5-Condition D'utilisation Des Sols en Remblais :

Les remblais doivent être constitués de matériaux provenant de déblais ou d'emprunts éventuels.

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- Pierre de dimension **> 80mm**.
- Matériaux plastique **$I_p > 20\%$** 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.

VI-6-Protection et Confortement de Talus :

Les talus doivent être mis à l'abri des risques d'érosion superficielles par divers mesures de protection.

Un talus de déblai dont la crête reçoit les eaux de ruissellement d'une surface importante du T.N doit être protégé par un fossé de crête qui intercepte ces eaux. Ce fossé doit être tracé à une distance de la crête qu'il ne puisse être atteint par les érosions ou les décrochements partielles prévisibles, ni mettre lui même en danger la stabilité du talus ; une distance de 3m est souvent acceptable. D'autre part, on limitera les infiltrations en munissant le fossé d'une cuvette étanché.

Le fossé à une section rectangulaire de 40cm de large et 50cm de profondeur, une section qui est suffisante (sauf le profondeur qui peut varier).

Les eaux recueillies sont la disposition des lieux, soit ramenés vers les collecteurs de la route par des rigoles de talus soit conduites vers un exutoire propre.

Tout talus de grande hauteur (au dessus du T.N) >3m, doit être coupé par des banquettes destinées d'un côté à intercepter et canaliser le ruissellement.

VI-7-Causes de rupture des pentes :

Fondamentalement, il y a rupture lorsque une contrainte de cisaillement appliquée supérieure à la résistance au cisaillement.

- augmentation de la contrainte de cisaillement = f (gravité)
- augmentation de la hauteur d'une pente
- ajouter une charge au sommet.
- augmentation de la pression d'eau dans les fissures de traction.
- séisme ou charge dynamique.
- diminution de la résistance au cisaillement.
- rupture progressive fluage.

VI-8-Recommandation pour le confortement :

Les recommandations confortables que nous préconisons pour les zones d'instabilités sont les suivantes :

- Réalisation d'un fossé de crête du talus de déblai en béton.
- Réalisation d'un grillage métallique pour la protection de la route et les usagés contre et les chutes de blocs et de pierres, il sera réalisé au niveau des talus de hauteurs importantes ($H > 6m$).
- Faire tomber manuellement les blocs les plus instables.
- Mise en place d'un fossé de crête pour les talus de faible hauteur ($H < 10m$)
- Terrassement des talus rocheux, en considérant une pente sub-verticale de $H/V=1/10$.

VI-9-Sismicité de la région :

D'après le RPA99/version 2003 du centre national de la recherche appliquée en génie parasismique et la révision « court terme » du RPA99 (suite au séisme du 21 mai 2003), les régions Tizi Ouzou et Draa el Mizan sont classées comme zones «II a» c'est-à-dire zones à sismicité moyenne. Le document technique réglementaire suscité, divise le territoire algérien en cinq (05) zones de sismicité croissante, soit :

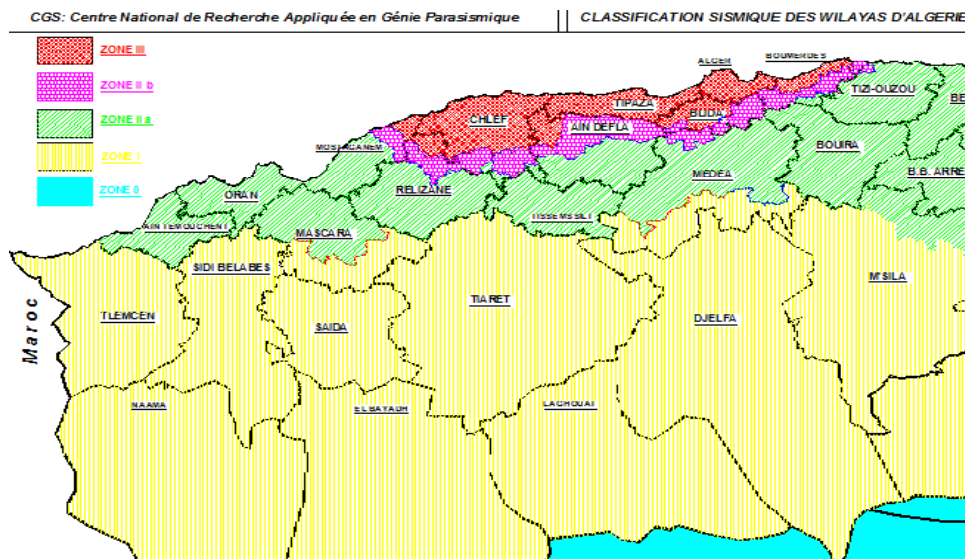


Figure VI-1 : Carte sismique.

- **Zone 0** : Sismicité négligeable
- **Zone I** : Sismicité faible
- **Zone IIa**: Sismicité moyenne
- **Zone IIb** : Sismicité élevée
- **Zone III** : Sismicité très élevée

Le niveau minimal de protection sismique accordé à un ouvrage dépend de sa situation et de son importance vis-à-vis des objectifs fixés par la collectivité. Tout Ouvrage qui relève du domaine d'application des règles parasismiques algériennes RPA 99 doit être classé dans l'un des quatre groupes définis ci-après

- **Groupe 1A** : Ouvrages d'importance vitale
- **Groupe 1B** : Ouvrages de grande importance
- **Groupe 2** : Ouvrages courants ou d'importance moyenne
- **Groupe 3** : Ouvrages de faible importance

CHAPITRE VII

Ouvrages d'arts

VII-1- Introduction

Un ouvrage d'art permet le franchissement d'un oued ou d'un site très accidenté il permet aussi la réalisation des passages supérieurs ou inférieurs sur autoroute pour le rétablissement des voies des communications.

Un ouvrage d'art est constitué d'un tablier reposant sur deux culées avec ou sans appuis intermédiaires (les piles). Pour notre projet le pont va nous permettre de franchir le barrage de N Tlatha sur 400 m de longueur.

VII-2- Choix du type d'ouvrage

L'objectif est de déterminer du point de vue technique, esthétique et économique le type d'ouvrage capable de satisfaire le mieux possible toutes les conditions imposées et les contraintes existantes.

Dans notre cas, nous avons à franchir un barrage sur une longueur de 400 m et avec des hauteurs importantes, nous proposons alors deux types de ponts :

- 1- Pont suspendus.
- 2- Pont à voussoirs.

VII -3- Ponts suspendu :

Est un ouvrage métallique dont le tablier est attaché par l'intermédiaire de tiges de suspension verticales à un certain nombre de câbles flexibles ou de chaînes dont les extrémités sont Reliées aux culées, sur les berges.

Contrairement à tous les autres ponts, les ponts suspendus exercent une traction horizontale sur leur point d'appui.

a) - Avantage :

- La structure d'un pont suspendu lui permet d'avoir des portées importantes

b) - Inconvénients :

- Il nécessite la présence de massifs d'ancrage imposants et lourds, indispensables pour retenir les forces considérables qui s'exercent, ce qui le lie fonctionnellement à la géologie du sol qui va le supporter.
- Le remplacement des câbles devient un travail très dur et fastidieux demandant plusieurs mois ainsi que la fermeture du pont durant ce délai.

- La prise au vent mal étudiée peut provoquer son effondrement.
- Technique pas encore maîtrisée par les entreprises nationales.

VII - 4 - Viaduc en encorbellement successif :

a) - Les avantages

- La durée d'utilisation (l'entretien) est plus longue.
- Sa structure de pont donne une belle forme esthétique.
- La portée de ce type de pont est plus grande.
- Rapidité de construction dans le cas des ouvrages à voussoirs préfabriqués.
- Technique de réalisation maîtrisée par les entreprises nationales.

b) - Les inconvénients

- Les ponts construits par encorbellements successifs présentent des difficultés de calcul inhabituel. Le volume des calculs nécessaires est bien plus considérable que celui des autres types d'ouvrages.
- Les effets de fluage du béton et de la relaxation des aciers.

VII - 5 - Proposition retenue

En se basant sur les avantages et les inconvénients ainsi que sur les couts éventuels de chaque type de pont, notre choix s'est porté sur la réalisation d'un pont en encorbellement successif.

CHAPITRE VIII

Cubature

VIII-1-Introduction

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

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

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

VIII-2-définition :

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

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

VIII-3- Méthode de calcul :

La méthode que nous allons utiliser est 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.

VIII-4- Description de la méthode :

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

$$V = \frac{h}{6} \cdot (S_1 + S_2 + 4S_0)$$

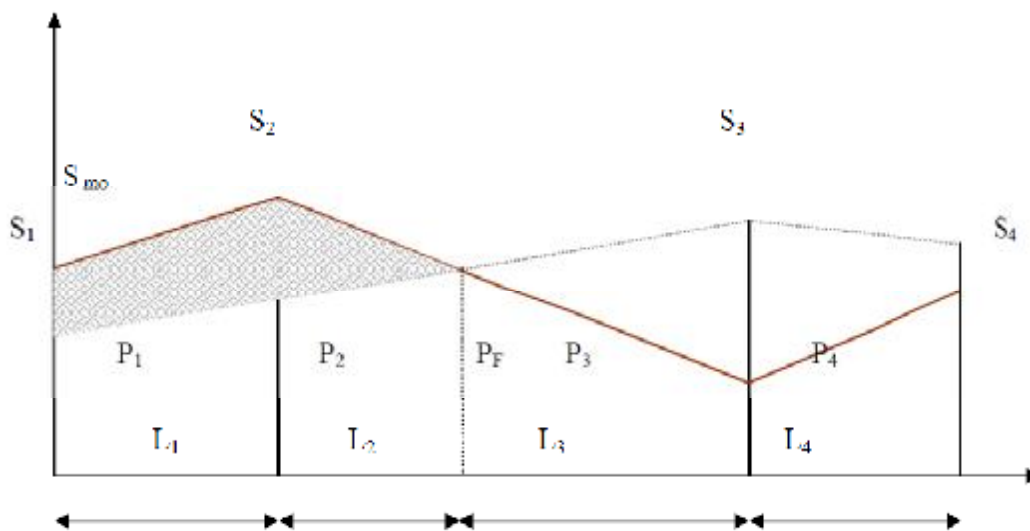
H : hauteur entre deux profils.

S_0 : surface limitée à mi- distances des profiles.

S_1, S_2 : surface des deux profils.

VIII-5- Application :

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



Le volume compris entre les deux profils en travers P_1 et P_2 de section S_1 , S_2 sera égale à :

$$V_1 = \frac{L_1}{6} (S_1 + S_2 + 4S_{moy})$$

Pour un calcul plus simple on à considérer que : $S_{moy} = \frac{(S_1 - S_2)}{2}$

D'où :

$$V_1 = L_1 \cdot \frac{(S_1 - S_2)}{2}$$

$$\text{Entre } P_1 \text{ et } P_2 \quad V_1 = L_1 \cdot \frac{(S_1 - S_2)}{2}$$

$$\text{Entre } P_2 \text{ et } P_F \quad V_2 = L_2 \cdot \frac{(S_2 - 0)}{2}$$

$$\text{Entre } P_F \text{ et } P_3 \quad V_3 = L_3 \cdot \frac{(0 + S_3)}{2}$$

Le volume total V:

$$V = \left(\frac{L_1}{2}\right) \cdot S_1 + \left(\frac{L_1 + L_2}{2}\right) \cdot S_2 + \left(\frac{L_2 + L_3}{2}\right) \cdot 0 + \left(\frac{L_3 + L_4}{2}\right) \cdot S_3 + \left(\frac{L_4}{2}\right) \cdot S_4$$

VIII-6- Calcul des cubatures de terrassement :

Les calculs s'effectuent à l'aide de logiciel (piste)

VIII-7-Résultats des calculs des cubatures

Pour le calcul automatique des cubatures par logiciel piste + on a utilisé La méthode GULDEN, les résultats sont :

- volume des déblais $v_d = 1060311m^3$
- volume des remblais $v_r = 1455478m^3$

Remarque:

Les résultats de calcul des cubatures sont joints en annexes.

CHAPITRE IX

Signalisation

IX-1-Introduction :

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

La signalisation routière comprend la signalisation verticale et la signalisation horizontale.

IX-2- 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.

IX-3- Catégories de Signalisation :

On distingue :

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

IX-4- Règles a respecté pour la signalisation:

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

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Eviter la publicité irrégulière.

IX-5- Types de signalisation :

On distingue deux types de signalisation :

IX-5-1-Signalisation horizontale :

Le marquage des chaussées doit indiquer sans ambiguïté les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation. Les marquages horizontaux se divisent en trois types :

a. Marquages longitudinaux :

Lignes discontinues de type T1, T2 ou T3.

Lignes mixtes : lignes continues doublées par ligne discontinue du type T1 dans le cas général.

b. Marquages transversaux :

Ligne STOP : c'est une ligne qui oblige les usagers de marquer un arrêt et elle est continue

Ligne «cédez le passage » (T1, 5U).

Ligne «effet des signaux » (T2, 3U).

IX-5-2-Signalisation verticale :

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

a-Signaux de danger :

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

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

Signaux comportant une prescription absolue :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

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

b-Catégories de panneaux

- Panneaux de signalisation d'avertissement de danger (type A).
- Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité (type B).
- Signaux d'indication
- Signaux d'obligation

IX-6-Application au projet:

La signalisation de notre projet est basée sur les points suivants:

a- Panneaux de signalisation d'avertissement de danger (type A).



Figure XI-1 : Double virage premier à droite



Figure XI-2 : Danger Virage à gauche



Figure XI-3 : Danger Virage à gauche

b- Panneaux de signalisation d'interdiction de priorité (type B).



Figure XI-4 : Signaux d'indication

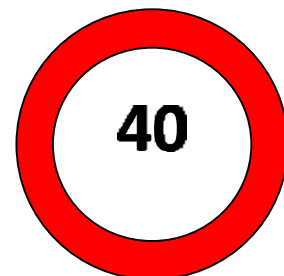


Figure XI-5 : Vitesse Limitée

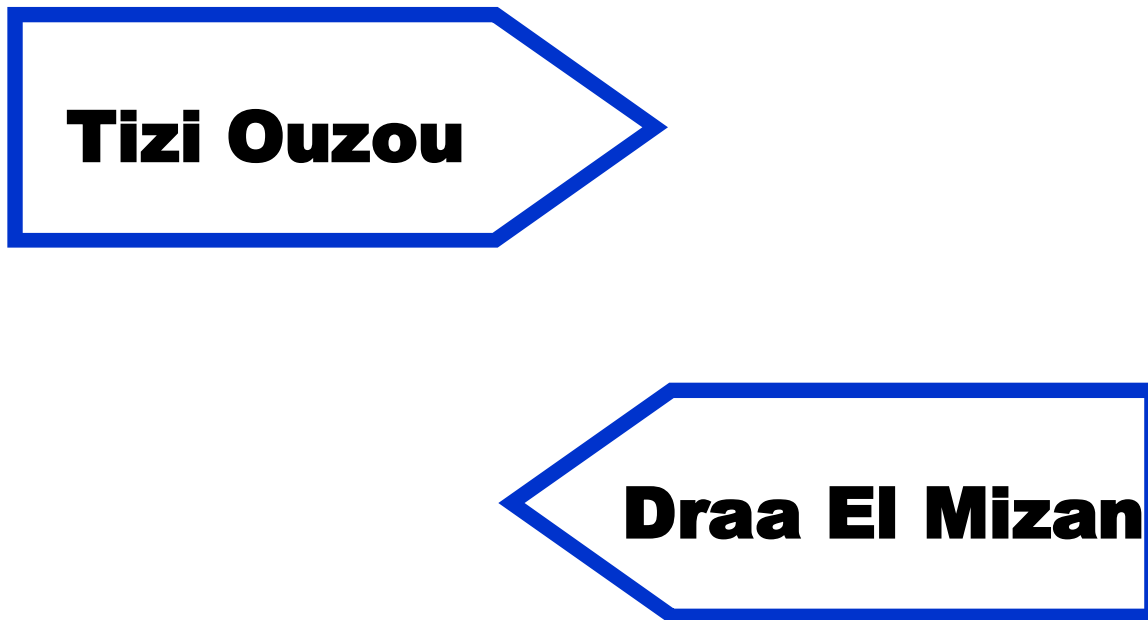


Figure XI-6: Signaux d'obligation



Figure XI-7 : Sens Obligatoire

IX-5-Conclusion :

Nous avons vu dans ce chapitre les différentes catégories et types de signalisation, ainsi leur importance dans la réalisation de tout projet routier, mais malgré toutes les dispositions prises lors de la réalisation, il y aura toujours des risques pour les usagers si les normes de sécurité ne seront pas respectées.

CHAPITRE X

Impact sur l'environnement

X-1- Introduction

La protection constante de la qualité de vie et des milieux naturels est l'affaire des tous, nous devons faire face aux multiples atteintes parfois irréparables qui menacent notre Environnement.

Le transport routier par la différente nuisance qu'il généré et devenu aujourd'hui une préoccupation majeure, qui concerne tout particulièrement ceux qui sont chargés de concevoir, de construire et d'exploiter une infrastructure routière tout projet de construction ou d'aménagement d'une infrastructure doit faire l'objet d'une évaluation de son impact sur l'environnement.

Pour réaliser cette étude d'impact, il faut aborder l'ensemble des thématiques directement liées à l'environnement (eau, air, faune, flore), mais aussi sur l'environnement de l'être humain.

X-2- Cadre juridique

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n° 90-78 du 27 février 1990, stipulant qu'une telle étude doit comprendre :

- Une analyse détaillée du projet ;
- Une analyse de l'état initial du site et de son environnement
- Une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, moyen et long termes du projet sur l'environnement.

Les raisons et les justifications techniques et environnementales du choix du projet ; projet sur l'environnement, ainsi que l'estimation des coûts correspondants.

X-3- Définitions

X-3-1- Environnement

C'est l'ensemble des facteurs biotiques et abiotiques de l'habitat susceptibles d'avoir des effets directs et indirects sur les êtres vivants, y compris sur l'homme (TOUFFET, 1982).

X-3-2-Impact sur l'environnement

Selon (ANONYME 1992) un impact sur l'environnement constitue toute altération de l'état initial d'un site due à la construction, la modification et l'exploitation d'une installation, dans quelque domaine que ce soit

X-4-Objectifs

Les préoccupations relatives à l'environnement peuvent être en grande partie regroupées autour de quelques objectifs généraux :

- Rechercher la meilleure intégration de la route dans l'environnement, et favoriser la valorisation mutuelle de la route et de l'environnement.
- Ne pas dégrader l'environnement, ou du moins limiter ou corriger ce qui peut conduire à des dégradations.
- Gérer et entretenir les abords de la route.

X-5- Impact sur l'agriculture

Il est incontestable que l'agriculture est une activité économique principale et intarissable. De ce fait elle doit se faire octroyer un grand intérêt.

L'ensemble des impacts sur l'agriculture peut se regrouper en trois éléments qui sont :

- L'effet de substitution de sol à vocation agricole, et la des diminutions des superficies exploitées.
- L'effet de coupure, entraînant la destruction d'une tranche la parcelle agricole, et difficultés de travail et de circulation par des allongements de parcours (rupture cheminements).
- L'effet de modification du régime agricole.

Les mesures visant à remédier à ces préjudices sont classées en deux catégories :

X-5-1 Mesures préventives

Devant intervenir en amont, lors des choix du tracé et la détermination des caractéristiques du projet, si non on aura recours aux :

X-5-2- Mesures curatives :

Comprenant la restriction des exploitations et des mesures techniques allant du rétablissement des réseaux existants à la remise en état des terrains agricoles.

Dans ce cadre, les différentes actions possibles, qu'on peut mener pour les préventions et les remèdes sont :

- le passage préférentiel en limite d'agglomération et de territoire agricole évitant la coupure de zones agricoles homogènes.
- La prise en compte des superficies d'exploitation.
- Eviter des zones hydro-agricoles sensibles aux modifications.

X-6- Etude d'impact d'une route sur L'eau

La loi sur l'eau a renforcé les obligations des maîtres d'ouvrage en matière de précaution et de protection de cette ressource dont on mesure de plus en plus la valeur.

En ce qui concerne les infrastructures routières, les eaux de ruissellement se chargent d'apports provenant des gaz d'échappement, de l'usure des chaussées et des pièces des véhicules (plaquettes de frein, pneumatiques par exemple).

Il est ainsi nécessaire de prévoir des dispositifs permettant de récupérer les eaux superficielles provenant d'une plate-forme routière. L'importance qui sera donnée à ce thème dépendra bien sur de la sensibilité du milieu récepteur. Les équipements à mettre en œuvre seront très limités lorsque les sols seront imperméables, en dehors du lieu d'exutoire. Au contraire, ils devront être sophistiqués pour des zones très perméables et situées au dessus d'une nappe d'eau souterraine. Il est ainsi d'en certains cas, nécessaire d'imperméabiliser totalement l'emprise de la route, y compris les accotements. Dans ce dernier cas il est même nécessaire de mettre en œuvre des dispositifs empêchant le renversement des véhicules hors emprise (talus de terre par exemple).

Il est nécessaire de prendre en compte les contraintes d'exploitation de l'infrastructure. C'est la viabilité hivernale qui est la plus significative à ce stade. Les polluants sont dans le cas le plus général le chlorure de sodium, mais aussi le chlorure de calcium et le chlorure de magnésium. Ces derniers sont des fondants efficaces à des températures inférieures à -5°.

Autre donnée à prendre en compte, la pollution accidentelle. Elle est liée aux accidents. Les matières principalement incriminées dans ce cas sont les hydrocarbures. Ils ne sont pas miscibles dans l'eau, ils ont un pouvoir polluant très important. La protection contre ce genre de pollution est réalisée par des bassins séparateurs qui permettent d'isoler les hydrocarbures de l'eau, très souvent par des parois siphonides.

X-7- Étude d'impact d'une route sur Faune et Flore

L'impact sur les milieux naturels doit être apprécié sur l'ensemble d'un biotope ou d'une zone écologique dès lors que l'équilibre de la flore et de la faune est menacé. Les zones sensibles sont de plus en plus délimitées et protégées par des classements réglementant les usages et les équipements réalisables à leur bord. Il s'agit des zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique, et des zones importantes pour la conservation des oiseaux.

Les zones humides, marais et berges, constituent des biotopes riches en flore et en faune, d'intérêt élevé et en régression. Ces zones sont biologiquement très riches. De plus elles contribuent à l'absorption du gaz carbonique contenu dans l'air, leur production végétale est le premier élément de la chaîne alimentaire des insectes et des oiseaux.

L'étude portera aussi sur les couloirs de migration des animaux. Cet aspect sera étudié tant en ce qui concerne les dispositifs à mettre en œuvre pour maintenir ces migrations qu'en terme de sécurité pour les usagers de la route.

X-8- Etude d'impact d'une route sur L'air

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

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

X-9- Etude d'impact d'une route par Le Bruit

Le bruit essentiellement au niveau sonore, ce niveau à un moment donné est insuffisant pour rendre compte de la nuisance sonore à laquelle peuvent être soumis les riverains d'une infrastructure de transport.

Les études de bruit doivent désormais prendre en compte un certain nombre de paramètres qui ont une grande influence sur la transmission du bruit, en particulier les conditions météorologiques les plus favorables ont lieu la nuit avec l'inversion des températures et par vent portant.

Le bruit routier provient du bruit des moteurs et de roulement. Le bruit lié au roulement est devenu la source principale émise par les véhicules en circulation pour la vitesse des PL. Deux facteurs sont bien évidemment à l'origine de ce bruit: le revêtement routier et le pneumatique. Les progrès réalisés dans le domaine des enrobés ont permis de diminuer ce bruit: particulièrement pour les enrobés à faible granulométrie.

Les moyens pour lutter contre le bruit dans un projet routier peuvent prendre plusieurs formes:

- Réduction de la vitesse.
- implantation de la voie par rapport aux zones bâties, et isolation des bâtiments.
- construction des buttes de terre, des murs antibruit.
- baisse du profil en long par rapport au terrain naturel.

X-10- Etude d'impact d'une route sur La Destruction

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

X-11- Etude d'impact d'une route sur La Sécurité

Pour assurer la sécurité des piétons on doit :

- Implanter des passerelles au niveau des centres qui génèrent les populations de la ville.
- Implanter des trottoirs tout le long de la route.

Pour assurer la sécurité des automobilistes on doit:

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

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GÉNÉRALE

Lors de la réalisation de ce travail, nous avons pu avoir un aperçu des difficultés techniques qu'on peut rencontrer dans la réalisation d'un projet routier. C'était aussi une occasion pour appliquer les connaissances acquises durant notre formation à l'université et les adapter aux exigences réelles qu'impose le terrain tout en veillant au respect des normes imposées par la réglementation algérienne.

Ce projet qui a la particularité de traverser une zone montagneuse, ce genre de routes présentent des caractéristiques spécifiques liés à la nature du terrain et nous a mis face à un dilemme celui d'être obligé de descendre au dessous des normes de construction d'un côté et d'assurer la sécurité des usagers de l'autre

Nous avons effectué notre travail en se basant sur les données suivantes :

- Le trafic à l'année 2007 **TJMA2007 = 3500 v/j**
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $r = 4\%$
- La vitesse de base sur le tracé **VB=60km/h**
- Le pourcentage de poids lourds **Z= 19 %**
- L'année de mise en service sera en **2018**
- La durée de vie estimée de **20ans**
- Catégorie **C2**
- L'environnement **E2**
- Accotement de **2x1.5 m**

Au final, nous avons aboutis à un projet qui présente les caractéristiques suivantes :

- Une longueur d'axe de **6 Km**
- une chaussée bidirectionnelle **(1 x 3.5) x 2 = 7.00m**
- un accotement de 1.5 m pour chaque coté. **2x 1.5 = 3.00 m**
- largeur totale de la plate forme de : **10 m**
- Couche de roulement **06 cm en BB**
- Couche de base **20 cm en GB**
- Couche de fondation **30 cm en GNT**

L'utilisation des logiciels PISTE, AUTO CAD et ALIZE III nous a permis d'avoir un gain de temps considérable et de réaliser un travaille plus affiné. Ce travaille nous a servis de préparation en vue de notre insertion dans la vie professionnelle.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

[1] direction des études générales et de la réglementation technique, 1977, B40 Normes techniques d'aménagement des routes, Alger.

[2] SETRA, 1994, A R P Aménagement des routes principales, le service d'études techniques des routes et autoroute. Centre de la Sécurité et des Techniques Routières .46, avenue Aristide Briand -B.P. 100- 92223 Bagneux Cedex - France

[3] SETRA, 1994, Conception et dimensionnement des structures de chaussée (Guide Technique), le laboratoire Centrale des Ponts et Chaussées, Paris.

[4] CTPP, 2001, Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

fascicule1

fascicule2

fascicule3

[5] SETRA, 2006, Guide technique Assainissement routier, 46 avenue Aristide Briand BP 100 92225 Bagneux Cedex France.

[6] Cours de routes 4^{ème} Année.

[7] Cours de routes 5^{ème} Année.