



Faculté de Génie de la Construction
Département de Génie Civil



Mémoire de Fin d'Etudes
de MASTER PROFESSIONNEL

V.O.A

THEME:

Etude en A.P.D de la déviation de l'agglomération
de Larbaa Nath Irathen sur la RN15 avec un trançon de 3 km

Travail Elaboré par:

M^r Mahiout Aissa

Encadré par:

Dr H. Dehmous

2015/2016

Sommaire

<u>Introduction Générale</u>	1
<u>Chapitre I : Présentation de la région d'étude</u>	
I.1 Introduction	3
I.2 Problématique	4
I.3 Cadre de l'étude	4
I.4 Objectif de l'étude	4
I.5 Description du projet	5
I.6 Démarche de L'étude	5
I.7 Documents et programme utilisé	5
<u>Chapitre II : Etude du trafic</u>	
II.1 Introduction	7
II.2 Différents Types de trafics	7
a) Trafic normal	7
b) Trafic dévié	7
c) Trafic induit	7
d) Trafic total	7
II.3 Analyse Du Trafic	7
1. Les comptages	8
a).Les comptages automatiques	8
b).Les comptage manuels	8
2. Les enquêtes (la connaissance des flux)	8
II.4 Modèles de présentation du trafic	8
1. Prolongation de l'évolution passée	9

2. Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques	9
3. Modèle gravitaire	9
4. model de facteurs de croissance	9
II.5 Notion de capacité	10
5.1 Définition	10
5.2 Calcul de capacité	10
a). Les données du trafic	10
b). Calcul du trafic à l'année horizon	11
c). Calcul du trafic effectif	11
d). Calcul du débit de pointe horaire normale	12
e). Calcul du débit admissible	12
5.3 Détermination du nombre de voie.....	13
5.4 Calcul de l'année de saturation	14
<u>Chapitre III : Levé Topographique</u>	
III.1 Introduction	16
III.2 La conception du projet	16
a)- Localisation de la région d'étude.....	16
b)- Calage de l'image raster	17
<u>Chapitre IV : Caractéristiques géométriques</u>	
IV.1 Introduction	23
IV.2 Tracé en Plan	23
2.1 Définition	23
2.2 Règles à respecter dans le tracé en plan	23
2.3 La Vitesse de référence	24
2.3.1 Choix de la vitesse de référence	24
2.4 Les éléments du tracé en plan	24
2.4.1 Alignement droit	24
2.4.2 Application au projet	25
2.4.3 Les Arcs de cercle	25

2.5 Rayon en plan	27
2.6 Application à notre projet	28
2.7 Les Arcs de clothoïde.....	28
2.8 Tracé du projet	29
2.9 Application au projet	30
Etape 1 : Construction du terrain.....	30
Etape 2 : Définition de l'axe en plan et tabulation	32
IV.3 Profil en Long	35
3.1 Introduction	35
3.2 Tracé de la ligne rouge	35
3.3 Coordination du tracé en plan et profil en long	36
3.4 Définition d'une déclivité	36
3.4.1 Déclivités du profil en long	36
a- Déclivité maximale	36
b- Déclivité minimale	37
3.5 Raccordement en profil en long	37
1. Raccordements convexes (angle saillant)	37
2. Raccordements concaves (Angles rentrant)	39
3.6 Application au projet	39
Etape 3 : Calcule des devers	39
Etape 4 : Définition du profil en long.....	40
IV.4 Profil en travers	41
4.1 Définitions	41
4.2 Les éléments du profil en travers	42
4.3 Classification du profil en travers	43
a. Le profil en travers type.....	43
b. Le profil en travers courant	43
4.4 Application au projet	44
Etape 5 : construction du profil en travers	44

1. Création du profil en travers	44
2. Création du profil type	44
3. Calcul des perspectives	47
Etape 6 : Calcul des cubatures.....	47

Chapitre V : Etude Géotechnique

V.1 Introduction	50
V.2 Objectif De La Géotechnique Routière	50
V.3 Les Différentes Etapes D'un Rapport géotechnique routier	50
V.4 Illustrations des résultats des essais géotechniques appliqués à notre projet.....	50

Chapitre VI : Dimensionnement Du Corps de chaussée

VI.1 Introduction..	60
VI.2 Principe de la constitution de chaussée	60
VI.3 La chaussée.....	60
3.1. Définition.....	60
3.2. Différentes catégories de chaussée.....	60
3.2.1. Les chaussées rigides.....	61
3.2.2. Les chaussées semi-rigides	61
3.2.3 Les chaussées souples.....	61
3.3. Les couches de la chaussée.....	61
3.3.1. Couche de Surface.....	61
3.3.2. Couche de Base et de fondation.....	61
3.3.3. Sous-couche.....	62
3.3.3. Couche de Forme.....	62
VI.4 Méthodes de dimensionnement	62
4.1. Etude de la méthode CBR (californian bearing ratio).....	63
4.2. Notion de l'épaisseur équivalente.....	63
VI.5. Méthode catalogue Algérien de dimensionnement de chaussées neuves.....	64
• Détermination de la classe du trafic.....	64
• Détermination de la classe du sol.....	65

VI.6. Application au projet.....	66
1. Méthode C.B.R	66
• Calcul de l'épaisseur de la chaussée par la formule de Peltier... ..	66
2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.....	67
• Détermination du type de réseau.....	67
• Détermination de la classe de trafic TPLi pour RP1.....	67
• Caractéristiques Du Sol Support.....	68
3. Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support.....	69
• Calcul du trafic cumule des poids lourds (TCi).....	69
• Calcul de trafic cumulé équivalent.....	70
• Calcul de sollicitations admissibles.....	70
4. Méthode D'ALIZE III.....	72
• Application du logiciel Alize sur notre projet.....	73
• Résultats de calcul sur Alize	74

Chapitre VII : Assainissement

VII.1 Introduction.....	77
VII.2 Rétablissement des écoulements naturels.....	77
VII.3 Assainissement de la chaussée.....	77
VII.4 Dégradation causées par les eaux.....	78
VII.5 Objectif de l'assainissement.....	78
VII.6 Détermination des bassins versants.....	78
VII.7 Les données pluviométriques.....	83
VII.8 Dimensionnement des ouvrages d'évacuations	83
8.1 Calcul des débits d'apports.....	84
8.1.1 Coefficient de ruissellement C	84
8.1.2 Intensité de la pluie (I)	84
8.2 Calcul des débits de saturation (Qs).....	86
VII.9 Application au projet.....	86
9.1 Calcul de précipitation.....	86
9.2 Dimensionnement des ouvrages hydrauliques.....	88
9.2.1 Calcul des débits d'apport des BV.....	88
9.2.2 Dimensionnement des dossés.....	88
9.2.3 Dimensionnements des BUSES.....	90
9.2.4 Dimensionnements des Dalots.....	92

Chapitre VIII : Equipement de la route

VIII.1 Introduction à la signalisation routière.....	97
VIII.2 L'objet de la signalisation routière.....	97
VIII.3 Catégories de Signalisation.....	97
VIII.4 Règles a respecté pour la signalisation.....	97
VIII.5 Types De signalisation.....	97
5.1 Signalisation Verticale.....	97
5.2 Signalisation Horizontale.....	98
5.2.1 Marques longitudinales.....	98
5.2.2 Marques transversales.....	99
5.2.3 Autres signalisation.....	100
VIII.6 Application au projet.....	101
VIII.7 Introduction à l'éclairage routier.....	104
VIII.8 Catégorie d'éclairage.....	104
VIII.9 Paramètres de l'implantation des luminaires.....	105
VIII.10 Application au projet.....	105
VIII.11 Glissières de sécurité.....	106

Chapitre IX : Impacte Sur L'environnement

IX.1 Introduction.....	108
IX.2 Cadre juridique.....	108
IX.3 Les Impacts positifs du projet.....	108
3.1 Application.....	108
3.1.1 Evaluation du passage par l'évitement.....	108
3.1.2 Evaluation du passage par la RN15.....	108
IX.4 Les impacts Négatifs du projet.....	109
IX.5 Les Recommandations Environnementales.....	110
<u>Conclusion Générale</u>	111

Introduction Générale

Tout le monde s'accorde sur le fait que le secteur des transports est essentiel au développement économique et social.

En effet, les infrastructures routières sont à la base du développement économique et social partout dans le monde, puisque l'importance du transport routier dans les sociétés modernes s'insère dans la problématique de l'intégration économique issue de l'impulsion de la relance économique, et ceci dans le contexte d'une troisième vague de mondialisation.

De son côté, l'Algérie a connu une forte croissance de sa population depuis son indépendance, nécessitant davantage le développement des grandes infrastructures de base, surtout de transport, pour répondre aux besoins exprimés par les flux des personnes, des marchandises et des services.

Le réseau routier algérien actuel assure le support de l'activité économique nationale et joue un rôle primordial dans le système de transport représentant ainsi près de 90% du volume des échanges.

Face à la nouvelle donnée économique internationale, et du fait de sa position stratégique pour la promotion des échanges euro-africains, l'Algérie est appelée à développer un vaste programme de modernisation de son réseau routier et autoroutier offrant des services répondant aux exigences du standard international et s'inscrivant dans le cadre d'une politique cohérente de développement social et économique est aussi dans le domaine du tourisme.

C'est dans cette optique que les pouvoirs publics ont opté pour un programme de réalisation de nouvelle route est autoroute telle que l'autoroute Est-Ouest, et des évitements destinés à désengorger certaines régions stratégiques pour l'industrie est l'économie du pays.

Le travail réalisé dans le cadre de cette étude proposée par la direction des travaux public de tizi ousou s'inscrit dans cette optique. Il s'agit de réaliser un évitement de l'agglomération de LNI sur la RN15 avec un linéaire de 3Km dans un terrain vierge jouxtant ville de Larbaa Nath irathen. Ce dernier servira à désengorger la région est d'alléger le taux du trafic transitant par celle-ci.

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

I.2 Problématique :

La ville de Larbaa Nath Irathen représente un carrefour de passage sur 1.5 Km environs, pour les usagers de la RN15 allant vers différentes régions, telle que (Ain el Hammam, iferhounéne, ibouderaren...), mais aussi pour les habitants des différents villages qui l'avoisine, l'accroissement démographique qu'a connu la région a induit une demande croissante et rapide dans le déplacement surtout en période estivale, ceci a causé une croissance considérable du trafic induisant des problèmes telle que :

- Les embouteillages est les phénomènes d'encombrement durent plusieurs heures.
- Les accidents.
- L'inconfort pour les usagers.
- Nuisance à l'environnement (bruit, pollutions).

Pour résoudre ces problèmes, ou réduire l'influence de certains d'entre eux, les autorités ont pensé à lancer une réflexion pour trouver une solution, et ceci en déviant une partie du trafic par la création d'un évitement qui permettra de fluidifier la circulation et de désengorger la ville de L.N.I du trafic transitant.

I.3 Cadre de l'étude :

Après la confrontation des variantes proposées lors de notre étude en APS, la DTP de Tizi-Ouzou m'a proposé de faire une étude au stade APD pour le couloir retenue, qui s'installe sur un terrain de forte sinuosité $\sigma > 0.3$, afin de concevoir un tronçon routier de catégorie **C1** dans un environnement **E3**, pour une vitesse de référence $V_B = 40\text{km}$.

I.4 Objectif de l'étude :

Le but essentiel de notre étude est de créer une déviation qui permettra de dévier une partie du trafic passant sur la RN15 au niveau de l'agglomération de la ville de fort national.

L'étude vise essentiellement à :

- Réaliser le meilleur tracé possible, ainsi le meilleur des tracés sera celui qui réduira le coup du projet et le délai de réalisation.
- Assurer la sécurité du trafic roulant sur notre tracé.
- Assurer le dégagement de la RN15
- Doter la chaussée d'une structure capable de supporter le trafic actuel et futur.

Cet évitement aura des retombées sur l'aspect économique et environnemental de la région, par ailleurs la nouvelle infrastructure devra faciliter la circulation et procurer aux usagers de cette route des avantages dont l'importance justifie la dépense engagée.

I.5 Description du projet :

Le projet en question est un nouveau tracé qui s'étend depuis la sortie de Tassedart sur la RN15 jusqu'à Taourirt Haddadene, contournent la localité d'Aguemoun et la ville de Iarbaa nath irathen au sud et passe au nord de Ait Atelli, véhiculant un trafic journalier important estimé à l'ordre de 7260V /J en 2007 avec un taux de croissance annuelle de 8.1 %.

Le tracé traverse des zones de déblai de hauteur importante, qui doivent être coupé par des banquettes destinées d'une part à intercepter et canaliser les ruissellements, et à réduire la masse des déblais de l'autre côté.

I.6 Démarche de L'étude :

Pour réaliser mon étude, j'ai structuré mon travail comme suite :

- 1) Rassemblement du semi de point topographique afin de déterminer le couloir choisi pour notre variante.
- 2) Etude du trafic afin de justifier l'aménagement choisit pour notre tracé.
- 3) Concevoir la géométrie en plan, en long et en travers du projet.
- 4) Dimensionnement du corps de chaussée.
- 5) Etude de l'assainissement.
- 6) Estimation de l'impact du projet sur l'environnement.
- 7) Etude des dispositifs de sécurité et de signalisation, et ceux de l'éclairage.

I.7 Documents et programme utilisé :

Notre étude a été réalisée sur la base des documents suivant :

- Logiciels (Mapp info, Piste5, Global Mapper)
- Résultats de la campagne de trafic 2007 réalisé par la DTP de Tizi Ouzou.
- Cartes d'état-major au 1/25000.
- Données climatiques et pluviométrique.
- Google earth et maps.
- Livre des SIG (Systèmes d'information géographique)

Chapitre II : Etude du trafic

II.1 Introduction :

Quel que soit l'étude d'infrastructure routière, on doit impérativement effectuer une évaluation et une analyse du trafic support, car le dimensionnement de la chaussée est lié étroitement à cette sollicitation, ainsi cette étude nous permettra de déterminer le nombre des voies et leur largeur, et les caractéristiques des différentes structure du Corps de chaussée.

L'étude du trafic s'attachera aussi à la connaissance des trafics transitant est leur nature telle que :

- La nature des flux, pour déterminer les points d'échange.
- L'évolution dans le temps du taux de trafic, afin de programmer un investissement pour des aménagements quelconques.
- Le pourcentage des poids lourds déterminant directement le dimensionnement de la structure de la chaussée.
- Les mouvements directionnels permettant de définir les caractéristiques des échanges.

II.2 Différents Types de trafics :

a) Trafic normal :

Il représente le trafic circulant sur l'ancien aménagement routier, dans notre cas c'est celui de la RN15.

b) Trafic dévié :

C'est le trafic attiré vers la nouvelle structure routière aménagée, lui permettant d'atteindre la même destination que celle atteinte en empruntant l'ancienne route.

c) Trafic induit :

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

d) Trafic total :

Il représente l'ensemble du trafic circulant sur le nouvel aménagement routier qui est constitué de la somme du trafic induit et du trafic dévié.

II.3 Analyse Du Trafic :

Pour connaître en une région quelconque le taux est la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage, celui-ci nécessite une organisation est des méthodes appropriées. On peut procéder en

plusieurs étapes et on pourra apporter des précisions à notre étude à force d'avancer dans la récolte de données.

Les méthodes qui recueillent des informations sur le trafic peuvent être classées en deux catégories :

- **Le comptage** : il permet de quantifier le trafic.
- **Les enquêtes** : elles permettent d'obtenir des renseignements plus précis.

1. Les comptages :

On distingue deux types de comptage du trafic.

a).Les comptages automatiques :

Il y a ceux qui sont temporaires et d'autres permanents. Les comptages permanents sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes, (autoroute, route nationale, chemin de wilaya les plus fréquentés par les voitures).

Les comptages temporaires ont eu lieu une fois par année pendant un mois durant la période où le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptage tournant.

b).Les comptages manuels :

C'est des relevées de la composition du trafic qui est réalisé par des agents sur le terrain permettent à la fois de compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques et de connaître le pourcentage de poids lourds et des transports en communs.

2. Les enquêtes (la connaissance des flux) :

Il est nécessaire de recueillir les données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux pour compléter les données obtenues à travers les différentes opérations de comptage déjà effectuées.

On peut recourir avec divers méthodes en fonction du besoin. Lorsque l'enquête est effectuée sur tous les accès à une zone prédéterminée (une ville, une agglomération accompagner de tous les villages qui l'entourent) on la nomme ainsi une enquête cordon.

II.4 Modèles de présentation du trafic :

Dans l'étude des projections des trafics, la première opération consiste à définir un certain nombre de flux de trafic qui constitue des ensembles homogènes, en matière d'évolution ou d'affectation.

Il existe plusieurs méthodes pour estimer le trafic dans le futur telle que :

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

1. Prolongation de l'évolution passée :

La méthode consiste essentiellement à extrapoler globalement au cours des années futur l'évolution des trafics observés dans le passé.

Généralement le modèle de croissance utilisé est de type exponentiel.

Le trafic T_n à l'année n sera calculé avec la relation suivante :

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

Avec :

T_0 : c'est le trafic pris en compte initialement.

τ : c'est le taux de croissance.

n : c'est le nombre d'années.

2. Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques :

Cette méthode consiste à chercher dans le passé certaines relations entre le niveau du trafic et certain indicateurs macro-économiques come :

- Le produit national brut (PNB).
- Produits des carburants.

Cette méthode nécessite l'utilisation d'un modèle de simulation, et ceci sort du cadre de notre étude.

3. Modèle gravitaire :

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

4. model de facteurs de croissance :

Le model de facteur croissance nous permet d'établir une matrice origine-destination, pour cela la méthode la plus utilisée est celle de FRATAR qui tient compte des facteurs suivant :

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

Ainsi il faut accompagner cette méthode d'une recherche approfondie de la zone à étudier et établir des statistiques précises de cette dernière.

Note : Pour notre étude nous avons choisi d'utiliser la première méthode énumérée, celle de la prolongation de l'évolution passée, mon choix s'est basé sur cette dernière car elle est plus simple et plus accessible par rapport aux autres méthodes, et elle intègre l'ensemble des variables économiques de la région.

II.5 Notion de capacité :

5.1 Définition

La capacité d'une route est le nombre maximal de véhicules pouvant circuler sur une section donnée, dans une direction donnée et pendant une période de temps définie, elle est en fonction de :

- Nombre de voies de circulation.
- La largeur des voies.
- Dégagement latéral et de la pente.
- Pourcentage de camions et d'autobus.
- La visibilité et du contrôle des accès.

5.2 Calcul de capacité :

a). Les données du trafic

D'après les données de la DTP de tizi ouzou, on a :

- Le trafic à l'année 2007 $TJMA_{2007} = 7260$ v/J.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 4\%$.
- La vitesse de référence sur le tracé $V_B = 40$ (Km/h).
- Le pourcentage de poids lourds $P_L = 11\%$.
- L'année de mise en service est **2020**.
- La durée de vie du projet est 20 ans.

b). Calcul du trafic à l'année horizon :

Le calcul du trafic à l'horizon se fait par l'application de la formule suivante :

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

Avec :

TJMA_h : trafic moyen journalier annuel à l'année horizon 2040.

TJMA₀ : trafic moyen journalier annuel à l'année origine 2007.

τ : taux de croissance annuel du trafic.

n : Nombre d'année.

Donc :

$$\mathbf{TJMA_{2020} = (1 + 0.04)^{13} \times 7260 = 12088 \text{ V/J.}}$$

$$\mathbf{TJMA_{2040} = (1 + 0.04)^{33} \times 7260 = 26487 \text{ V/J.}}$$

c). Calcul du trafic effectif :

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

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

Avec :

Z : Pourcentage des poids lourds **11%**

P : Coefficient d'équivalence utilisé pour convertir les PL en U.V.P, il dépend de la nature de la route.

- **Valeurs de P :**

Le tableau ci-dessous nous donne les valeurs de P en fonction de l'environnement de notre route est de ces caractéristiques.

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 : Valeurs de P

Sachant que notre route se situe dans un environnement E3, donc (P =8).

$$\mathbf{T_{eff} = [(1-0.11) + 8 \times 0.11] 26487 = 46882 \text{ uvp/J}}$$

d). Calcul du débit de pointe horaire normale :

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

Le débit de pointe normal est exprimé par la relation suivante :

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

Avec :

(1/n). Coefficient de pointe pris égale **0.12**.

Donc : $Q = 46882 \times 0.12 = 5626 \text{ uvp/J}$

$$Q = 5626 \text{ uvp/J}$$

e). Calcul du débit admissible :

Le débit admissible est déterminé par la formule suivante :

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

Avec :

K₁ et **K₂** : coefficient correcteurs.

C_{th} : Capacité théorique par voie.

- Valeur de **K₁** :

Environnement	E1	E2	E3
K₁	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau II.2 : Valeurs du coefficient **K₁**

- Valeur de **K₂** :

Environnement	Catégorie de la route				
	1	2	3	4	5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau II.3 : Valeurs du coefficient **K₂**

- Valeurs de C_{th} :

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 : Valeurs du coefficient C_{th}

Donc :

Pour E3 et C1 on aura : $K_1 = 0.90$, $K_2 = 0.91$

- $C_{th} = 2000$ uvp/h (d'après les valeurs données dans le **B40**)

On a :

$$Q_{adm} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{th} = 0.90 \times 0.91 \times 2000 = 1638 \text{ uvp/h}$$

5.3 Détermination du nombre de voie:

$$N = 2/3 \times (Q/Q_{adm})$$

$$N = 2/3 \times (5626/1638) = 2.3$$

On prend $N = 2$ voies.

❖ Résultats des calculs :

TJMA ₂₀₀₇	TJMA ₂₀₂₀	T _{eff} ₂₀₄₀	Q ₂₀₄₀	Q _{adm}	N° de voies
(V/J)	(V/J)	(uvp/J)	(uvp/J)	(uvp/J)	Par sens
7260	12088	46882	5626	1638	1

5.4 Calcul de l'année de saturation :

$$T_{eff(2020)} = [(1-0.11) + 8 \times 0.11] \times 12088 = 21396 \text{ uvp/J.}$$

$$Q_{2020} = 0.12 \times 21396 = 2568 \text{ uvp/J.}$$

$$Q_{saturation} = 4 \times Q_{adm} = 4 \times 1638 = 6552 \text{ uvp/J.}$$

On détermine l'année de saturation à partir de l'équation suivante:

$$Q_{\text{saturation}} = (1+\tau)^n \times Q_{2020} \rightarrow n = \ln(Q_{\text{saturation}}/Q_{2020})/\ln(1+\tau).$$

$$n = \ln(6552/2568)/\ln(1+0.04) = 23.8 \approx 24 \text{ ans.}$$

$$\mathbf{n = 24 \text{ ans}}$$

Conclusion :

La saturation surviendra 24 ans après l'année de mise en service, soit en 2044. Après cela il faudra penser à ajouter une autre voie.

Chapitre III : Levé Topographique

III.1 Introduction :

L'outil informatique et les logiciels sont des moyens très importants et très utiles pour un ingénieur. En effet, Ils lui permettent d'accomplir ses études avec une exactitude avérée ajouté au gain considérable de temps.

Au niveau de l'avant-projet sommaire de notre projet, le plus grand problème que nous avons rencontré est le levé topographique nécessaire à tout projet routier.

Afin de remédier à ce problème, on a utilisé le logiciel Mapp Info Professionnel, capable de fournir un ensemble d'outils pour traiter des documents cartographique de différentes manières, et de pouvoir aboutir enfin à des résultats fiables et exacts.

A l'aide de ce logiciel et en consultant le cours sur les SIG (Systèmes d'informations géographiques) on a pu obtenir notre propre levé topographique de la région objet de notre étude.

III.2 La conception du projet :

a)- Pour commencer, il faut localiser la région de notre étude sur une carte d'état-major.

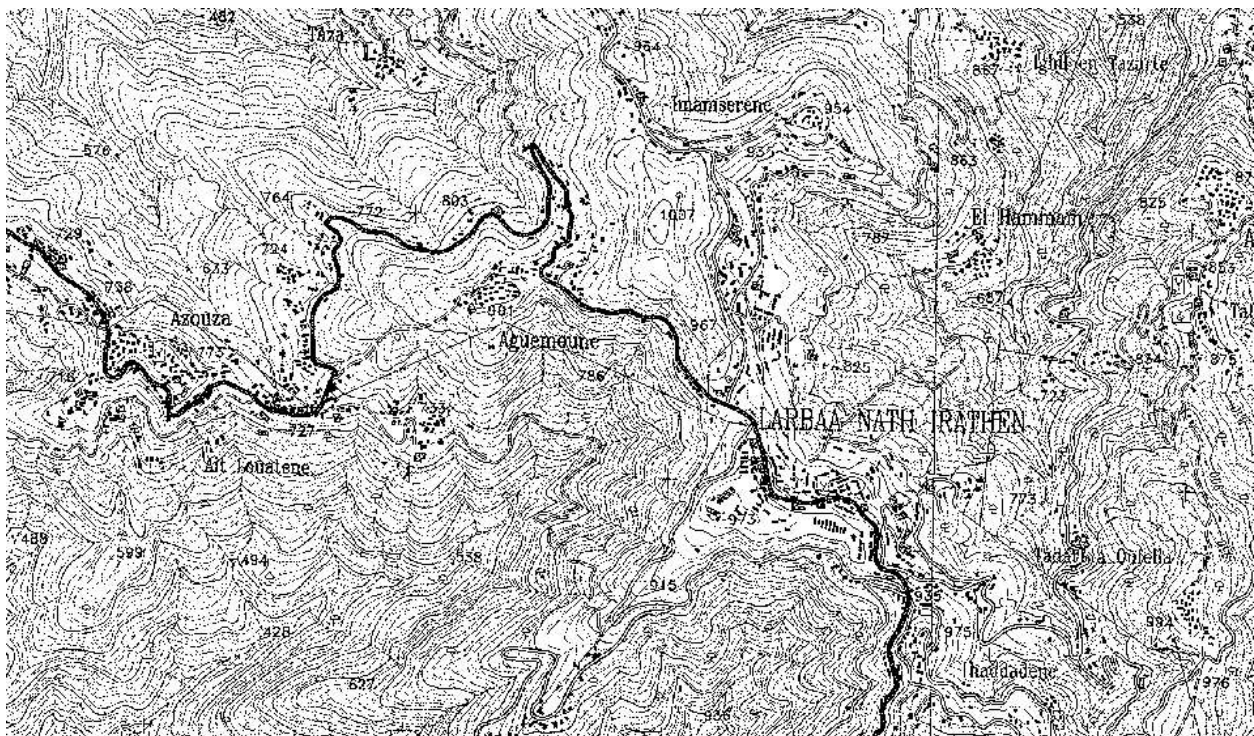


Figure 3: Carte d'état-major de Larbaa Nath irathen

b)- Calage de l'image raster :

Cette étape consiste à procéder au calage de notre carte, est cela en faisant introduire les coordonnées (X, Y) de quatre point spécifiques. Ainsi, le repère de l'interface graphique et celui de la carte sont les mêmes. Pour se faire :

- On ouvre la carte zone d'activité :

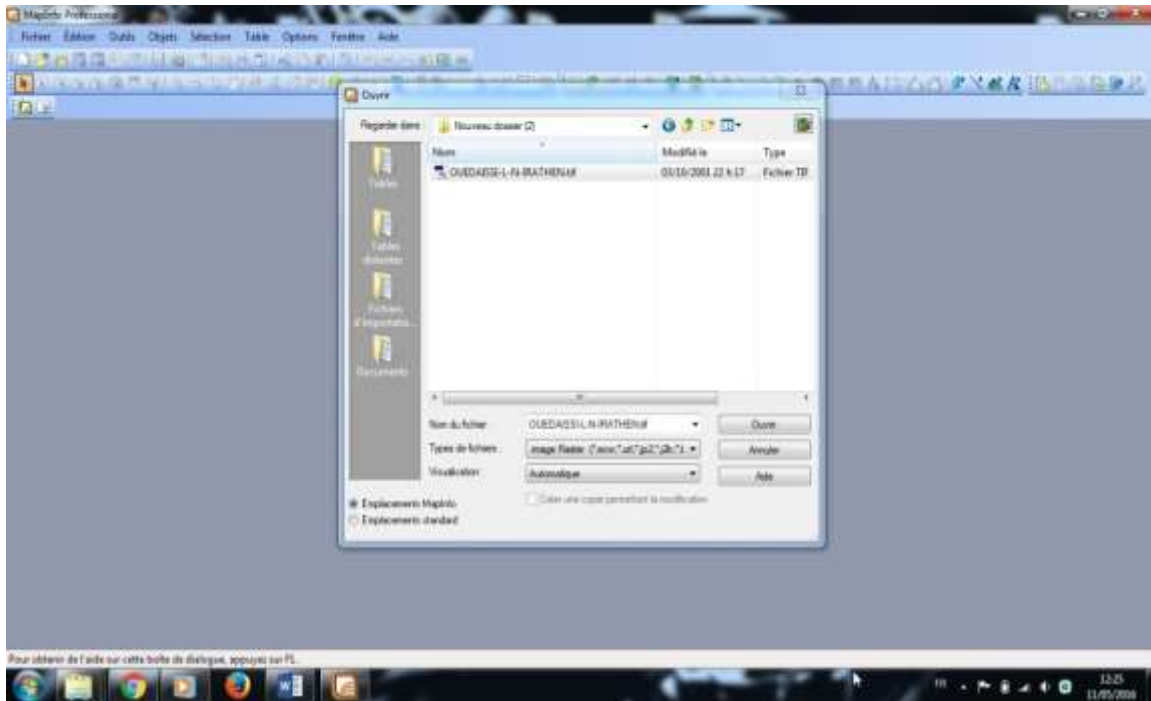


Figure 4: Ouverture de la carte zone d'activité

- On définit le type de projection :

Catégories : UTM WGS 84.

Projection : UTM Zone 31, Hémisphère nord (WGS84).

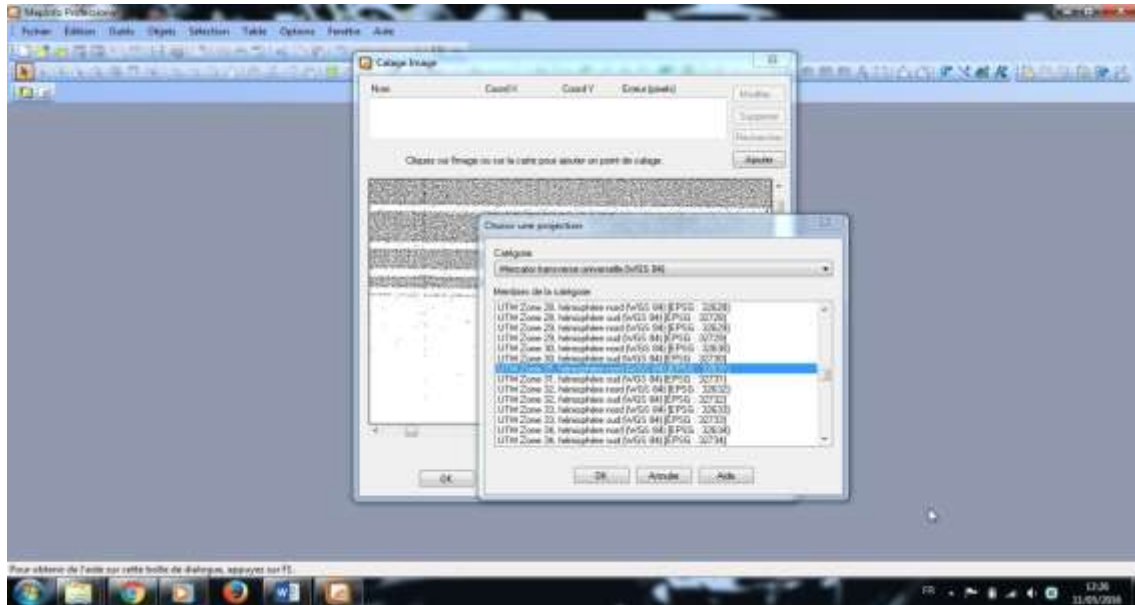


Figure 5: Définition de la catégorie est de la projection

- Cliquer sur les quatre points de calage choisis et introduire leurs coordonnées (X, Y).

Pt1 X= 601 000.00 Y= 4067 000.00

Pt2 X= 611 000.00 Y= 4067 000.00

Pt3 X= 611 000.00 Y= 4054 000.00

Pt4 X= 601 000.00 Y= 4054 000.00

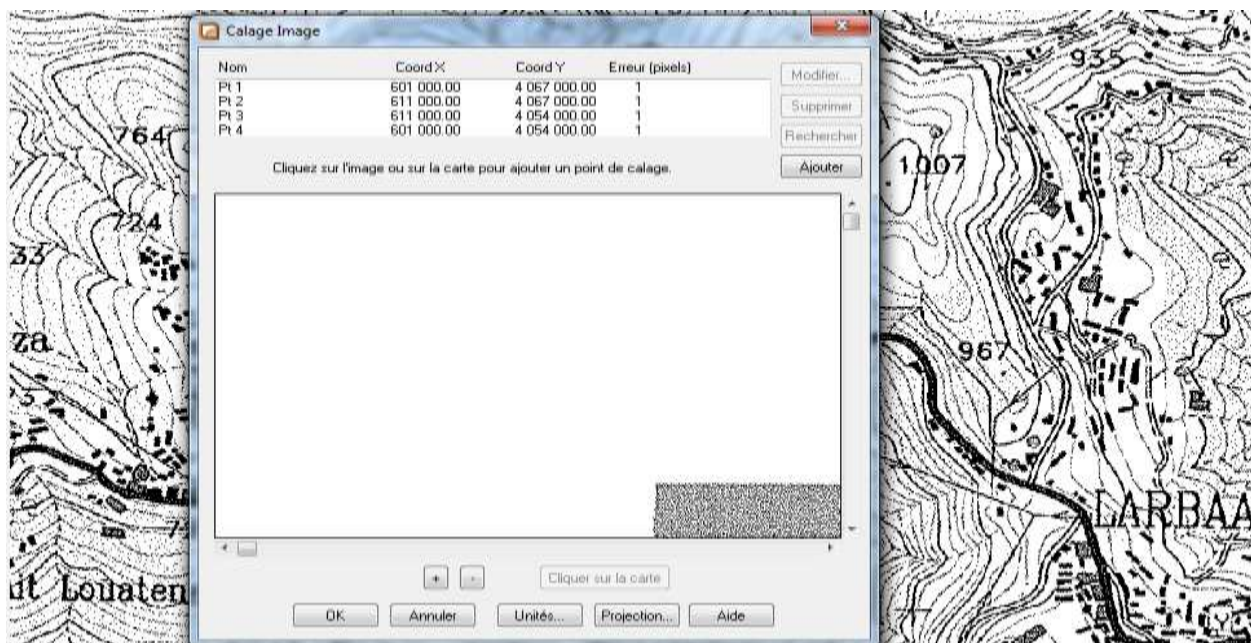


Figure 6: Calage de la carte

Une fois le calage effectué on enregistre la carte calée sous forme (**Larbaa nath irathen .Tab**), et on procède au calage d'une image satellite téléchargée de Google earth, qui va représenter la vue satellite de la région étudiée. Une fois ceci effectué on l'enregistre sous (**LNI.Tab**).

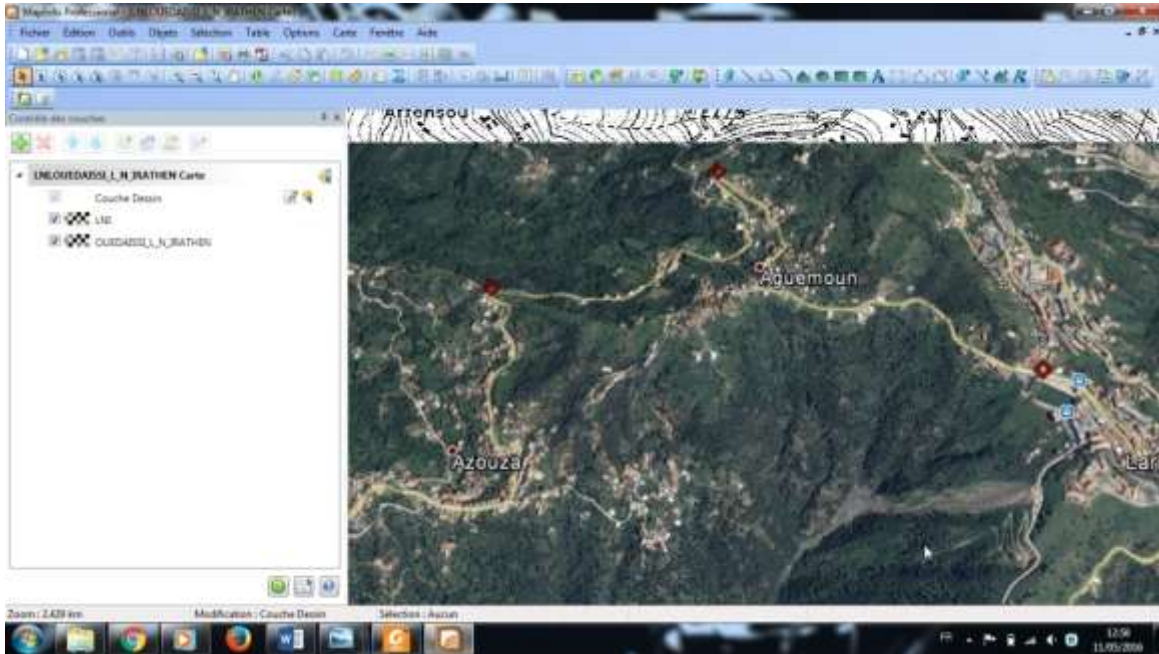


Figure 7: Calage de l'image satellite

- On établit la zone sur laquelle on va semer des points sur les courbes de niveau existantes sur la carte d'état-major à une échelle 1/25000.

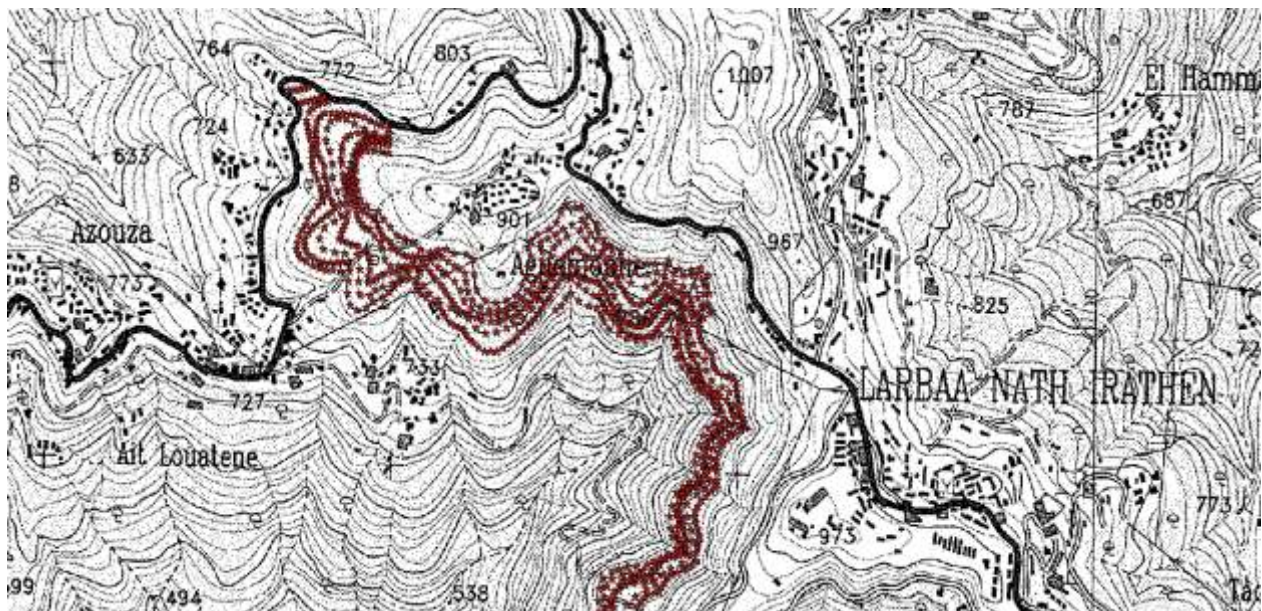


Figure 8: Execution du semi de point sur la carte

- On interpose ce semi de points sur la carte et la photo satellite calée. Ceci pour bien déterminer et préciser si notre semi de points représente la région de notre étude.



Figure 9: Interposition du semi sur l'image satellite

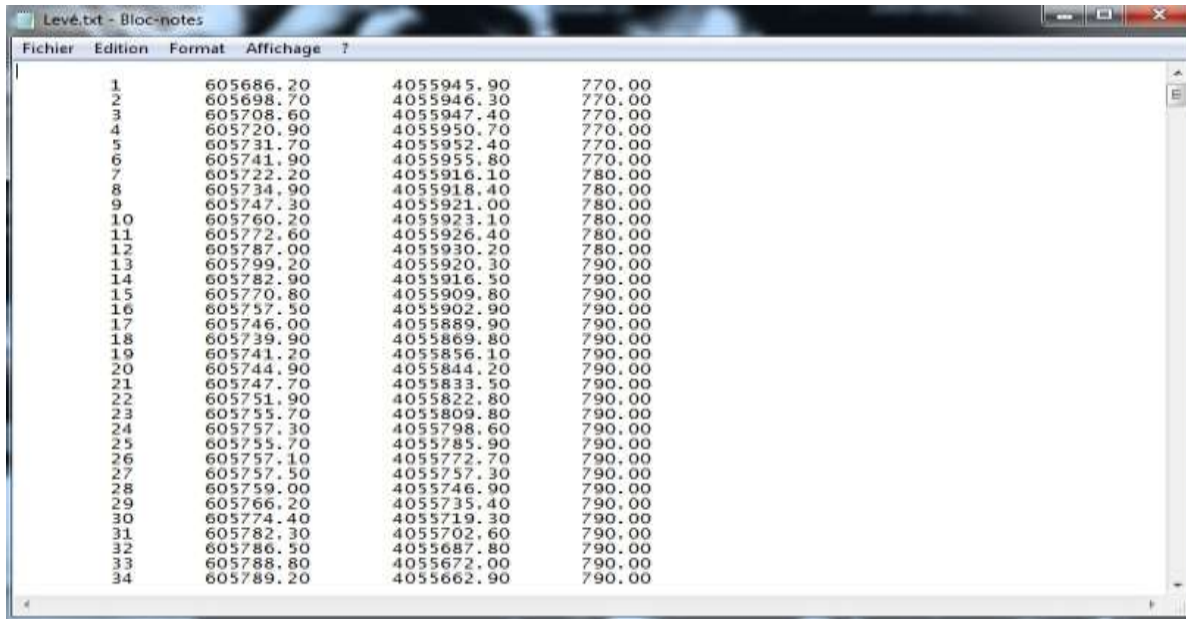
Ainsi en cliquant sur n'importe quel point de ce semée on aura les coordonnées (X, Y) de ce dernier, et pour le Z on l'introduit manuellement à partir des valeurs des courbes de niveau sur les quelle on a placé notre semé de points.

- On reporte tous les points dans un fichier Excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2		1	605686.2	4055946	770				
3		2	605698.7	4055946	770				
4		3	605708.6	4055947	770				
5		4	605720.9	4055951	770				
6		5	605731.7	4055952	770				
7		6	605741.9	4055956	770				
8		7	605722.2	4055916	780				
9		8	605734.9	4055918	780				
10		9	605747.3	4055921	780				
11		10	605760.2	4055923	780				
12		11	605772.6	4055926	780				
13		12	605787	4055930	780				
14		13	605799.2	4055920	790				
15		14	605782.9	4055917	790				
16		15	605770.8	4055910	790				
17		16	605757.5	4055903	790				
18		17	605746	4055890	790				

Figure 10: semi des points dans un fichier Excel

- On copie ces points dans un Fichier Texte avec une extension (Levé.Txt), pour pouvoir par la suite les exploiter avec le logiciel Piste 5.



Point	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	605686.20	4055945.90	770.00
2	605698.70	4055946.30	770.00
3	605708.60	4055947.40	770.00
4	605720.90	4055950.70	770.00
5	605731.70	4055952.40	770.00
6	605741.90	4055955.80	770.00
7	605722.20	4055916.10	780.00
8	605734.90	4055918.40	780.00
9	605747.30	4055921.00	780.00
10	605760.20	4055923.10	780.00
11	605772.60	4055926.40	780.00
12	605787.00	4055930.20	780.00
13	605799.20	4055920.30	790.00
14	605782.90	4055916.50	790.00
15	605770.80	4055909.80	790.00
16	605757.50	4055902.90	790.00
17	605746.00	4055889.90	790.00
18	605739.90	4055869.80	790.00
19	605741.20	4055856.10	790.00
20	605744.90	4055844.20	790.00
21	605747.70	4055833.50	790.00
22	605751.90	4055822.80	790.00
23	605755.70	4055809.80	790.00
24	605757.30	4055798.60	790.00
25	605755.70	4055785.90	790.00
26	605757.10	4055772.70	790.00
27	605757.50	4055757.30	790.00
28	605759.00	4055746.90	790.00
29	605766.20	4055735.40	790.00
30	605774.40	4055719.30	790.00
31	605782.30	4055702.60	790.00
32	605786.50	4055687.80	790.00
33	605788.80	4055672.00	790.00
34	605789.20	4055662.90	790.00

Figure 11: Bloc Note contenant le Levé

Ainsi, nous avons à travers cette étape créer un levé topographique numérique car ce même travail pourrait se faire dans la réalité mais cela nécessite de déplacer une brigade de topographe et de lever toute la région.

Maintenant que notre levé est près on peut passer à l'étape de la conception géométrique de notre tracé.

Chapitre IV : Caractéristiques géométriques

IV.1 Introduction :

Lors de la réalisation d'un projet routier l'ingénieur doit commencer par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus favorable à la configuration du terrain, est ceci en tenant compte des obligations suivantes :

- Une obligation de sécurité, liée au tracé, à la qualité de véhicules admis et à l'adhérence de la surface de roulement.
- Une obligation de confort, pour diminuer la fatigue des usagers et la nuisance.
- Une obligation d'économie globale, en vue de réduire le cout social des accidents et d'exploitations.

Dans le cas d'étude d'un projet routier, il faudra tenir compte des variations considérables relatives aux caractéristiques des véhicules admis aux conditions de surface de la chaussée et aux conditions ambiantes (météorologie, visibilité...etc....).

Les projets seront donc basés sur un certain nombre de paramètres physiques moyens choisis de telle sorte que la sécurité et le confort soit assuré dans des conditions normales d'utilisation.

IV.2 Tracé en Plan :

2.1 Définition :

Le tracé en Plan est une projection horizontal de l'ensemble des points déterminant le tracé de la route. Il est constitué par une succession d'alignements droits et d'arcs de cercle reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif, plus essentiellement des arcs de clothoïde.

2.2 Règles à respecter dans le tracé en plan :

La construction du tracé en plan se fait en se basant essentiellement sur les recommandations du B40 qui sont comme suit :

- L'adaptation du tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Le raccordement du nouveau tracé au réseau routier existant.
- 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 biais.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.

2.3 La Vitesse de référence :

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

2.3.1 Choix de la vitesse de référence :

Le choix dépend essentiellement de :

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

2.4 Les éléments du tracé en plan :

2.4.1 Alignement droit :

L'utilisation des alignements droits dans les tracés des routes reste restreinte. En effet ils Représentent d'une part des avantages tels que :

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

Ils représentent aussi des inconvénients tels que :

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

- La longueur minimum est celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps (t) d'adaptation, avec $t= 5$ secondes :

$$L_{\min} = 5 \times V_B / 3.6$$

- La longueur maximum est celle qui correspond à une distance parcouru pendant 1 minute à la vitesse v .

$$L_{\max} = 60 \times V_B / 3.6$$

Avec :

$V_B(\text{Km/h})$: vitesse de référence.

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

2.4.2 Application au projet :

Notre projet est une route de catégorie **C1**, dans un environnement **E3**, avec deux vitesses de référence.

$V_B = 60\text{Km/h}$ → Dans les terrains plans.

$V_B = 40\text{Km/h}$ → Dans les terrains vallonnés.

Le règlement B40 préconise les alignements suivants :

Vitesse	40Km/h	60Km/h
La longueur Min	55.6	83.33
La longueur Max	666.66	1000

Tableau VI.1 : Longueur Max et Min des alignements droit

2.4.3 Les Arcs de cercle :

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

- **Stabilité des véhicules en courbe.**

Le véhicule subit en courbe une instabilité sous l'effet de la force centrifuge. Afin de Réduire cet effet on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur. Pour éviter le glissement des véhicules, On réalise de fortes inclinaisons et on Augmenter aussi le rayon.

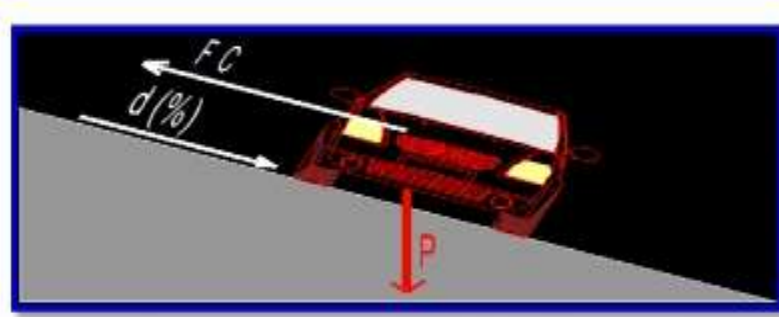


Figure 12:Image explicative de la stabilité en courbe

Avec :

Fc : force centrifuge

P : poids propre du véhicule

d : déclivité qui ne doit pas être trop grande pour éviter le glissement des véhicules, est ne doit pas être trop faible pour assurer un bon écoulement des eaux.

- **Visibilité en courbe.**

Un virage peut être masqué du côté inférieur de la courbe, soit par un talus de déblai, ou par une construction, et des fois même par des arbres lorsque la route traverse une forêt. Pour remédier à ceci il faudra reculer le talus, ou abattre les arbres.

Au lieu de cela, on peut adopter une autre solution qui serait d'augmenter le rayon du virage jusqu'à ce que la visibilité soit assurée.

- **Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.**

Lorsqu'un véhicule circule dans une courbe, il occupe une largeur plus grande que sur l'alignement droit ; compte tenu de l'empattement du véhicule, les roues arrière n'épousant pas exactement le tracé de celles de devant. La valeur de la sur largeur théorique S nécessaire pour une voie de circulation :

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

Avec :

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

R : rayon de l'axe de la route.

2.5 Rayon en plan :

- **Rayon horizontal minimal absolu :**

$$RH_{\min} = \frac{Vr^2}{127 \times (Ft + d_{\max})}$$

Ft : coefficient de frottement transversal.

- **Rayon minimal normal :**

$$RH_N = \frac{(Vr + 20)^2}{127 \times (Ft + d_{\max})}$$

C'est le rayon minimal absolu relatif à la vitesse de référence immédiatement supérieur, $V_B + 20$.

- **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_B serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

$$RH_d = \frac{Vr^2}{127 \times 2 \times d_{\min}}$$

Avec :

d_{\min} : 2.5% pour les catégories 1 et 2.

d_{\min} : 3% pour les catégories 3, 4,5.

- **Rayon minimal non déversé :**

Si le rayon est considérablement grand, notre route garde son profil en toi et le dévers est négatif pour l'un des sens de circulation ; le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non déversé (RH_{nd}).

$$RH_{nd} = \frac{Vr^2}{127 \times f' \times d_{\min}}$$

Avec :

$f'=0.06$ catégorie 1-2

$f'= 0.07$ catégorie 3

$f'= 0.075$ catégorie 4-5

2.6 Application à notre projet :

Notre projet est situé dans un environnement E3 et classé en catégorie C1 avec une vitesse de base de 40 et 60 Km/h, les normes du B40 nous donnent le tableau suivant des valeurs du rayon horizontal :

	Paramètres	Symboles	Valeurs	
	Vitesse (Km/h)	V	60	40
Rayon horizontal	Minimal (m)	RHM (7%)	125	50
	Normal (m)	RHN (5%)	250	125
	Déversé (m)	RHd (2.5%)	550	250
	Non déversé (m)	RHnd (-2.5 %)	800	350

Tableau VI.2 : Valeurs du rayon Horizontal

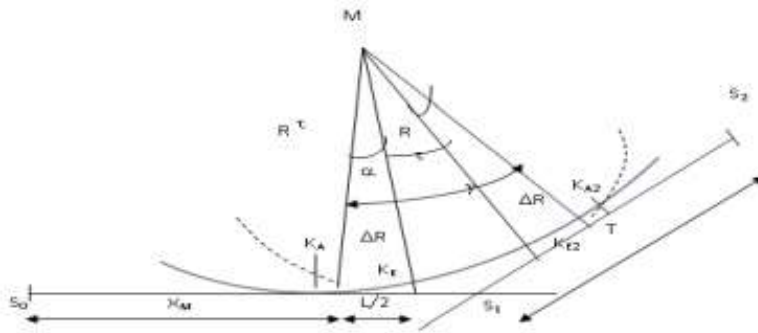
2.7 Les Arcs de clothoïde :

La clothoïde est une courbe de raccordement progressif définie par une seule de ces données :

1. Soit par sa longueur $L = A^2/R$.
2. Soit par son paramètre A.

Le choix d'une clothoïde doit respecter certaines conditions, telle que les conditions optiques, de gauchissement, de confort dynamique.

Ils servent de raccordement entre deux alignements droits, entre deux cercles, entre cercle et alignements droits.



- 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

Figure 13: Les éléments d'un arc de clothoïde

2.8 Tracé du projet :

Le tracé en plan a été réalisé conformément aux normes de l'aménagement des routes **B40** avec une vitesse de référence de **40 km/h**.

Il s'agit d'implanter une route neuve dans un relief très accidenté, ce qui fait que notre route ne contient pratiquement pas d'alignement droits.

2.9 Application au projet :

Nous allons procéder à la conception du projet à l'aide du logiciel **PISTE 5** en effectuant les différentes étapes suivantes.

Etape 1 : Construction du terrain

1. comme première étape de la construction du terrain, nous devons copier le fichier Excel qui contient le levé topographique dans un Blok notes, et l'enregistres sous format (Levé. xyz), pour que ce dernier puisse être lut par le logiciel Piste 5.

2. On ouvre le logiciel Piste 5 pour procéder à la construction du fond de plan comme suite.

Nouveau → Choisir **fond de plan TPL (.seg)**

Puis une boite de dialogue va apparaitre, on lui donne le non de (**Terrain**), puis on clique sur ouvrir et **OK** sur les fenêtres qui vont suivre.

3. **Chargement du fichier géométrique :**

Fichier → **Lire** → **Levé** (le non donnée aux points topographiques).

Ouvrir → **ok** → **ok**

On obtient par la suit le nuage de points qui vont représenter notre terrain.

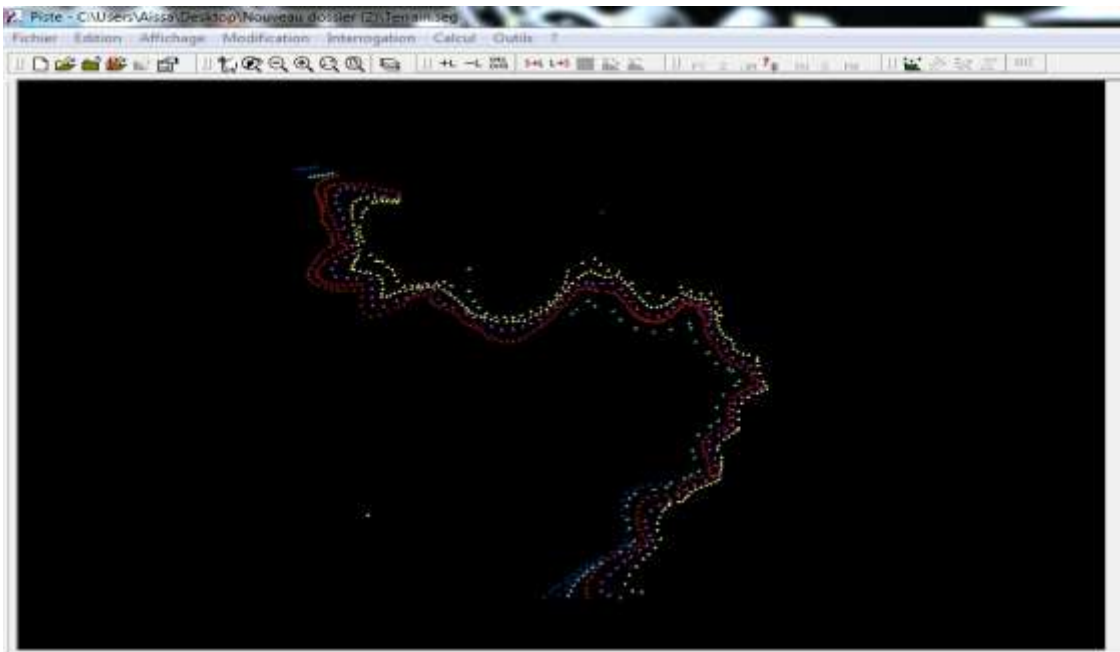


Figure 14: Semi des points de notre terrain

A présent il va falloir exploiter le fichier ouvert pour tracer l'axe en plan, et pour cela nous allons suivre les étapes suivantes :

4. Triangulation du terrain :

Cette manœuvre nous permettra de construire un modèle surfacique du terrain.

Calcul → Trianguler.

Calcul → Courbe de niveau (avec une valeur du pat 3m).

Calcul → Points hauts et bas.

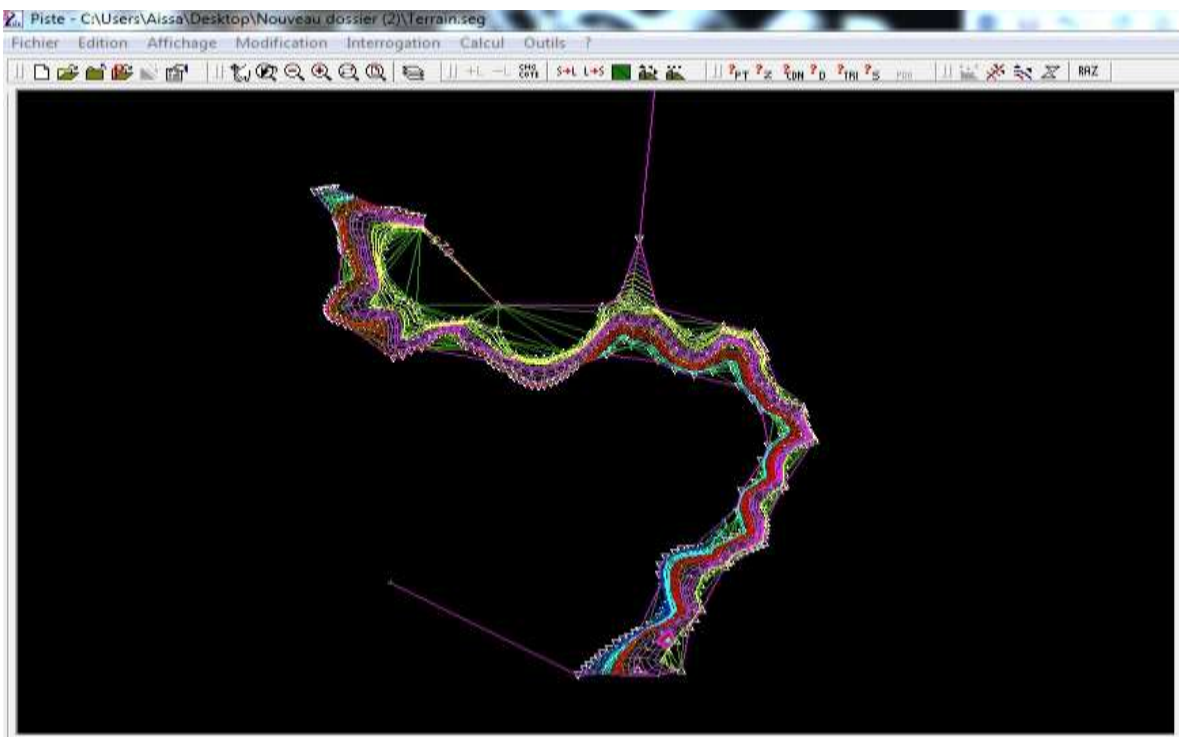


Figure 15: Triangulation du terrain

On passe maintenant à la conception plane.

Fichier → Nouveau → on choisit < conception plane (.dap)>.

On donne le nom (Tracé en Plan) → Ouvrir →ok.

Fichier → Fond de plan → Terrain → Ouvrir.

Bouton droit → Zoom tout.

Etape 2 : Définition de l'axe en plan et tabulation :**1. Construction des éléments de l'axe :****• Point :**

Élément → Point → non d'élément.

En bas de la page (POI P1) → graphiquement.

On refait la même chose pour tous les points.

• Droite :

Élément → droite → nom d'élément.

En bas de la page (DRO D1 P1 P2).

La même chose pour toutes les droites.

• Rayon :

Élément → distance → en bas (DIS R1 +50 ou -50 par exemple)

En fait la même chose pour les autres rayons, sachant que la valeur et le signe du rayon change selon son importance est son sens aussi.

• Création d'une liaison :

Élément → liaison → nom d'élément.

En bas on écrit (LIA L1 D1 D2 R1) → Exécuter.

Exécuter la même chose pour les autres Liaisons.

Ces différentes étapes sont représentées dans la photo qui suit.

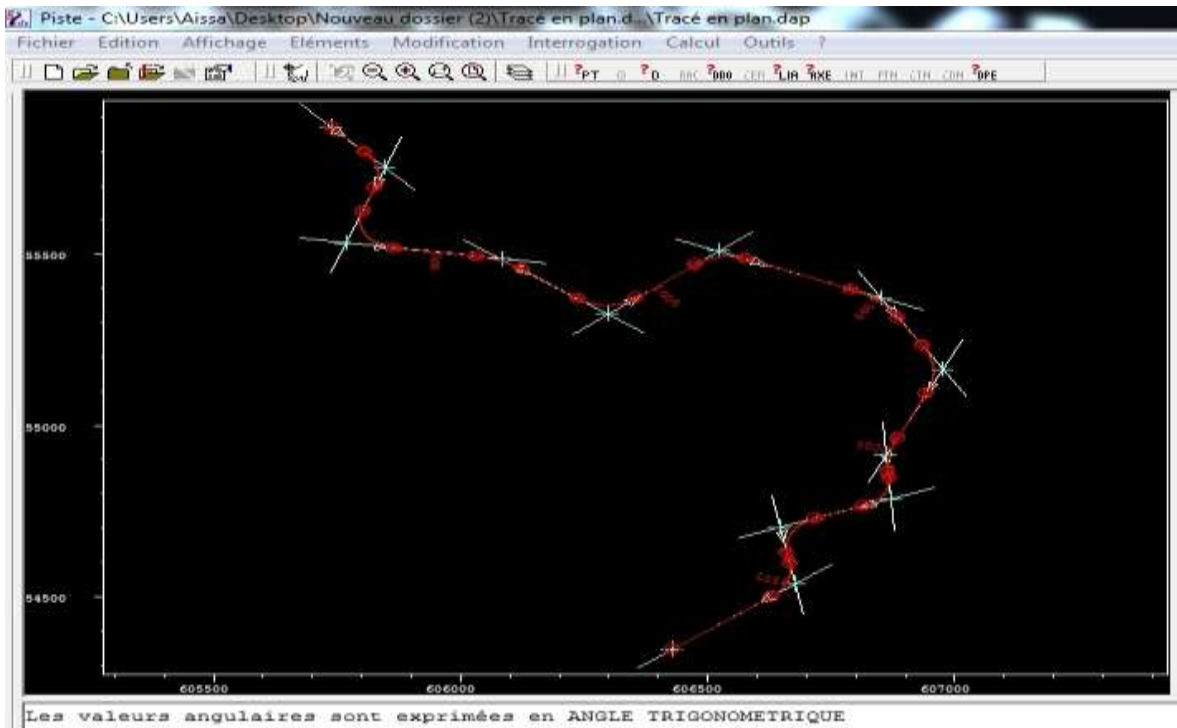


Figure 16: Axe en plan

- **Construction de L'axe :**

Elément → Axe → saisir (Axe1 P1 AUTO) → exécuter.

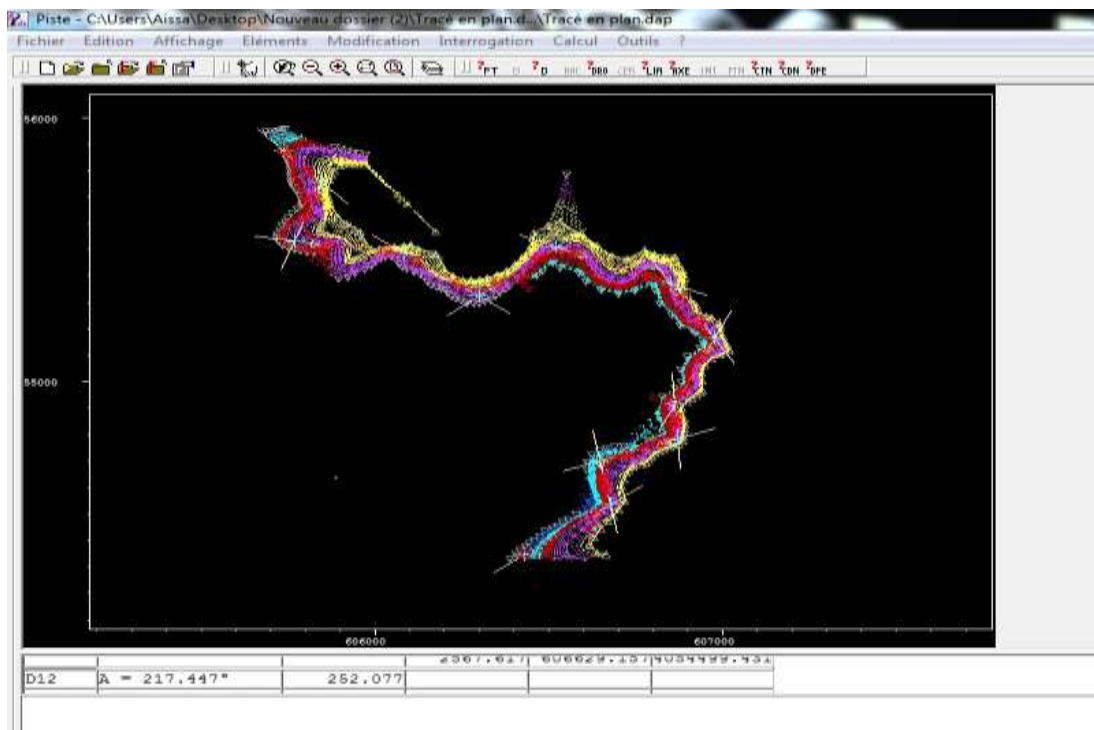


Figure 17: Construction de l'axe en plan

2. Tabulation de l'axe :

On fait :

Calcul → Zone → Axe → on saisit Axe1 0 20 → Exécuter.

Calcul → Tabuler Axe → Axe1 → création pis → Exécuter.

NB : L'introduction des valeurs 0 à 20 permet au logiciel de donner des résultats des profils chaque 20 mètres.

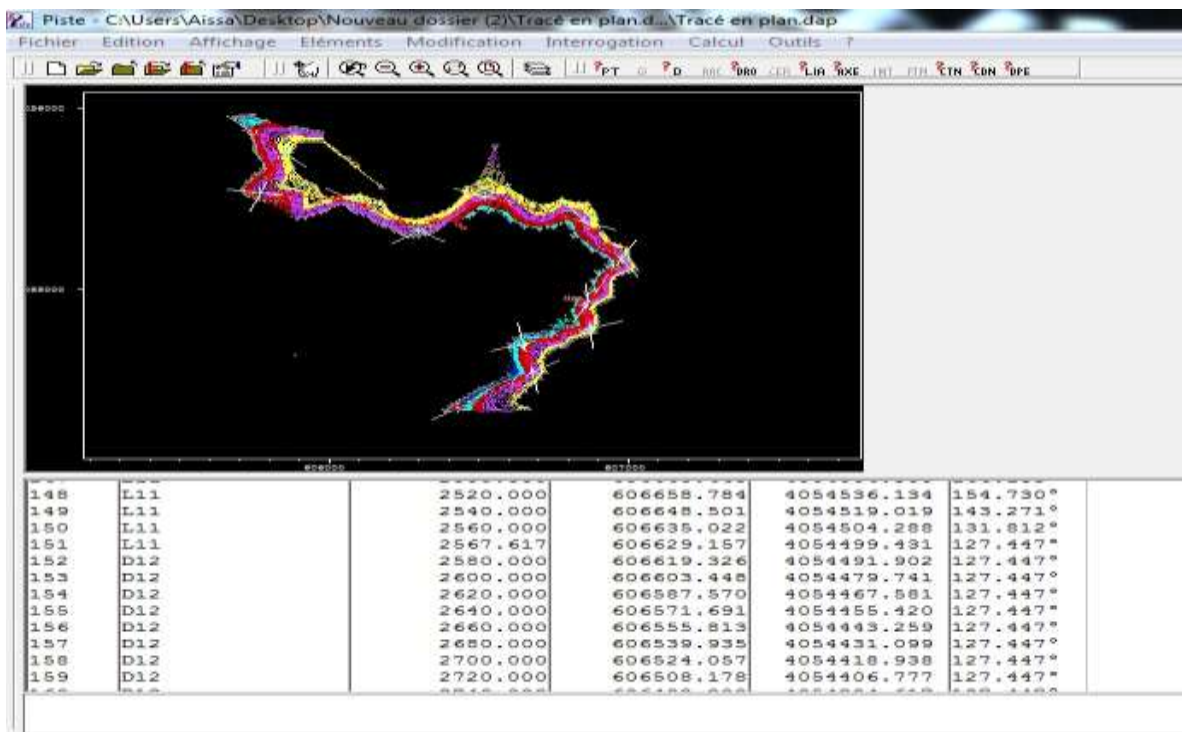


Figure 18: Tabulation de l'axe

3. Interpolation de L'AXE :

Fichier → ouvrir → Fond de plan TPL (.seg) → ok → ouvrir.

Calcul → interpolation → Axe projet » → ouvrir ok.

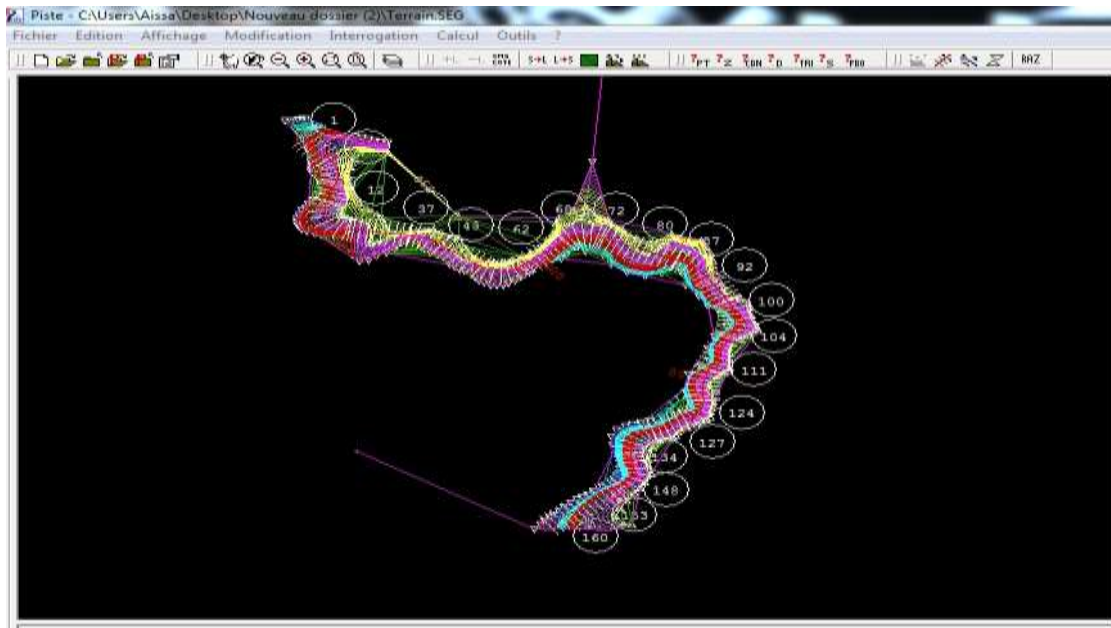


Figure 19: Interpolation de l'axe

IV.3 Profil en Long :

3.1 Introduction :

Le profil en long est une succession d'alignements droits (rampes et pentes), raccordés par des courbes circulaires. Il représente une coupe verticale passant par l'axe de la route.

Pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

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

3.2 Tracé de la ligne rouge :

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

- . Un bon écoulement des eaux pluviales
- . Une limitation des déclivités
- . Un rayon de courbure qui exécute les conditions (visibilité, confort)
- . Les pentes varient entre 0.5 à 10 %
- . Raccordement avec les routes existantes
- . L'équilibre entre remblais et déblais

3.3 Coordination du tracé en plan et profil en long :

Il est important 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) pour :

- 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.

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 :

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

3.4 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.

3.4.1 Déclivités du profil en long :

a- Déclivité maximale :

Les fortes pentes peuvent causer 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).

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 pourcentage supplémentaire entraîne une surconsommation de 12 % par rapport à la valeur enregistrée à plat).

Les valeurs dictées par le **B40** pour les pentes max sont résumées dans le tableau suivant :

V_B Km/h	40	60	80	100	120	140
I max %	8	7	6	5	4	4

Tableau IV.3 : Valeurs des pentes Max selon le B40

Dans le cas de notre projet **V_B = 40 Km/h** donc la pente maximale est **I_{max} = 8 %**

b- Déclivité minimale :

Le règlement B40 nous impose de réaliser les profils en long est en travers de façon à permettre l'écoulement des eaux pluviales et l'assainissement de la plate-forme. Réellement il n'existe pas de valeurs minimales mais on se doit d'assurer les valeurs suivantes :

- 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.

3.5 Raccordement en profil en long :

Les rayons des raccordements verticaux sont essentiellement en relation avec la visibilité qu'on doit assurer, éventuellement avec un confort dynamique.

On distingue deux types de raccordements :

1. Raccordements convexes (angle saillant) :

C'est les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants. Ils sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain, et aussi des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité.

Leur conception doit satisfaire les conditions suivantes :

a. Condition de confort :

Comme le profil en long comporte une importante courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale excessive, qui est limitée à

$$g/40 \rightarrow (\text{catégorie 1-2}).$$

$$g/30 \rightarrow (\text{catégorie 3-4-5}).$$

Le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

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

$$D'où: R_v \geq 0.3 V^2 \quad (\text{catégorie 1-2}).$$

$$R_v \leq 0.23 V^2 \quad (\text{catégorie 3-4-5}).$$

Avec :

R_v : le rayon vertical (m).

V : vitesse de référence (km/h).

g/40 : accélération vertical.

b. Condition de visibilité :

Elle intervient dans les raccordements des points hauts comme condition supplémentaire à celle de confort. Il faut que deux véhicules circulant en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt minimum.

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

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

D_1 : Distance d'arrêt (m).

h_0 : Hauteur de l'œil (m).

h_1 : Hauteur de l'obstacle (m).

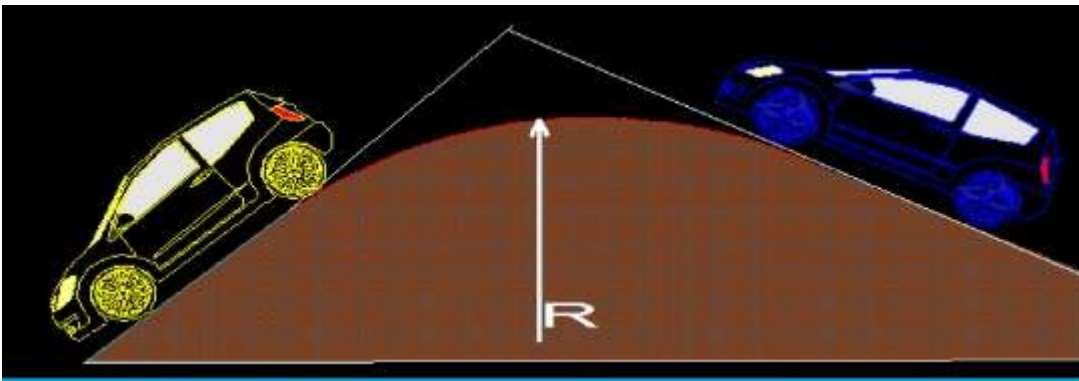


Figure 20: Raccordement convexes

Les rayons assurant ces deux conditions sont données dans le **B40** en fonction de la vitesse de base et la catégorie. Pour notre projet constitué d'une route bidirectionnelle et pour deux vitesses de références **40** et **60Km/h**, et pour une catégorie 1 on a :

Rayon	Symbole	60Km/h	40Km/h
Min-absolu	RV m2	1.500	500
Min-normal	RV N2	4.500	1.500
Dépassement	RV D	6.000	2.500

Tableau IV.4 Rayons convexes (angles saillant) B40

2. Raccordements concaves (Angles rentrant) :

Dans le cas de raccordement dans les points bas, la visibilité durant la journée n'est pas déterminante. Plutôt c'est durant la nuit qu'on doit s'assurer que les phares du véhicule devront illuminer un tronçon de la route suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle, la visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant la relation suivante :

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

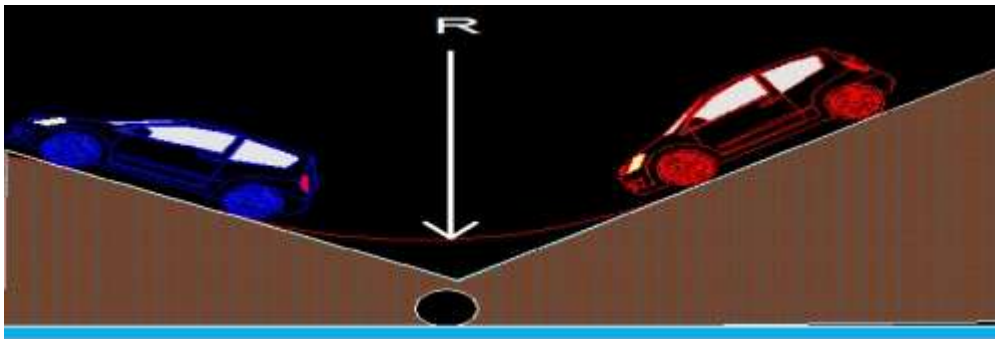


Figure 21: Raccordement concaves

Pour des vitesses de base **60** et **40Km/h** et catégorie 1 le **B40** nous donne les valeurs suivantes.

Rayon	Symbole	VB= 60 Km/h	VB= 40Km/h
Min-absolu	R'Vm	1.200	500
Min-normal	R'VN	2.400	1.200

Tableau VI.5 : Rayon concaves (rentrant) B40

3.6 Application au projet :

Tout comme le tracé en plan on utilise le logiciel piste 5.

Etape 3 : Calcul des dévers :

Le module des dévers permet le calcul des pentes transversales.

Fichier → ouvrir → conception transversales → ok

Dans le fichier (Axe en plan) en sélectionne (exp. Pis) → ok

Dans la barre des menu on fait : calcul → devers.

On sélectionne le type de devers dans (**recherche automatique**) qui correspond à notre cas (**relief difficile 2 voies**).

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

Fichier → **sauver**, et on donne un nom (dévers) puis on clique sur **enregistré**.

Etape 4 : Définition du profil en long.

1. Construction de l'axe :

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

Fichier → **Nouveau** → **conception longitudinale** → (on lui donne un nouveau nom, **Profil en long**).

- **Afficher le terrain naturel :**

Fichier → **projet piste** → **ouvrir** (on sélectionne le fichier et on clique sur ok).

- **Construction des éléments :**

C'est exactement la même méthode utilisée dans le tracé en plan qu'on va utiliser pour la conception des éléments du profil en long, sauf que le premier et dernier point du profil en long doivent correspondre exactement à ceux du tracé en plan.

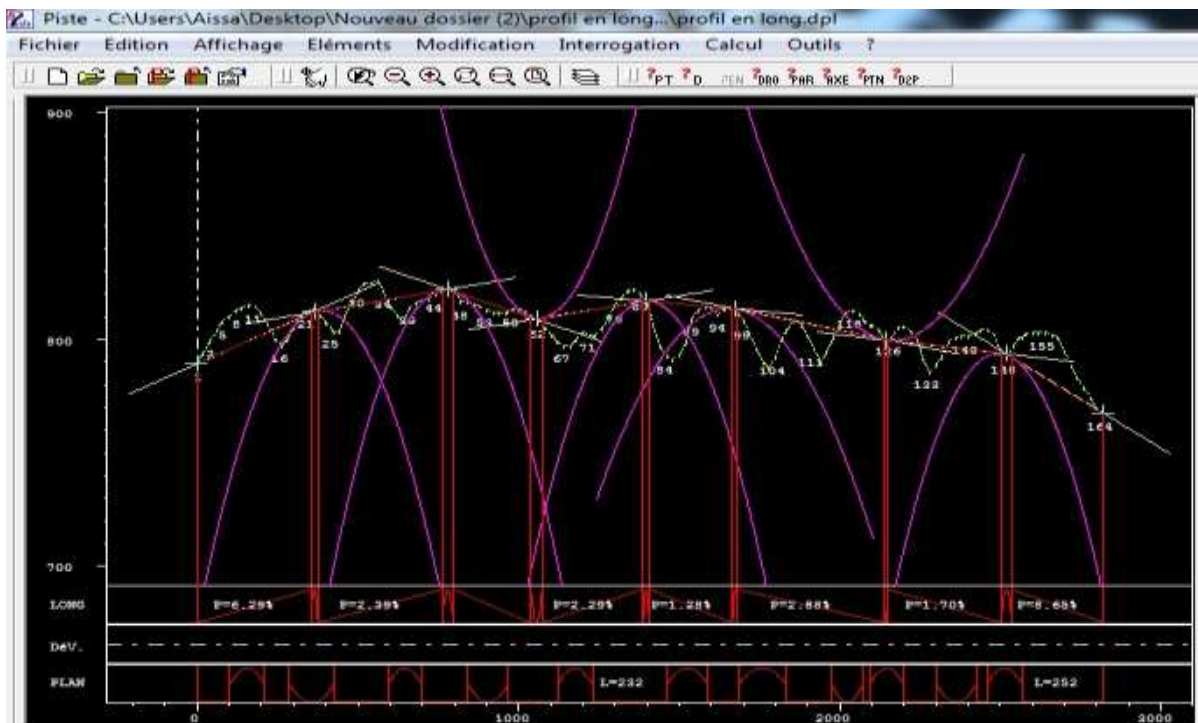


Figure 22: Eléments du profil en long

2. Calcul et tabulation de l'axe :

Zone de tabulation → axe en plan → saisir une valeur (tous les 20 mètres, donc en écrit 0 20) → exécuter.

Tabulation, (on écrit TAB) → exécuté.

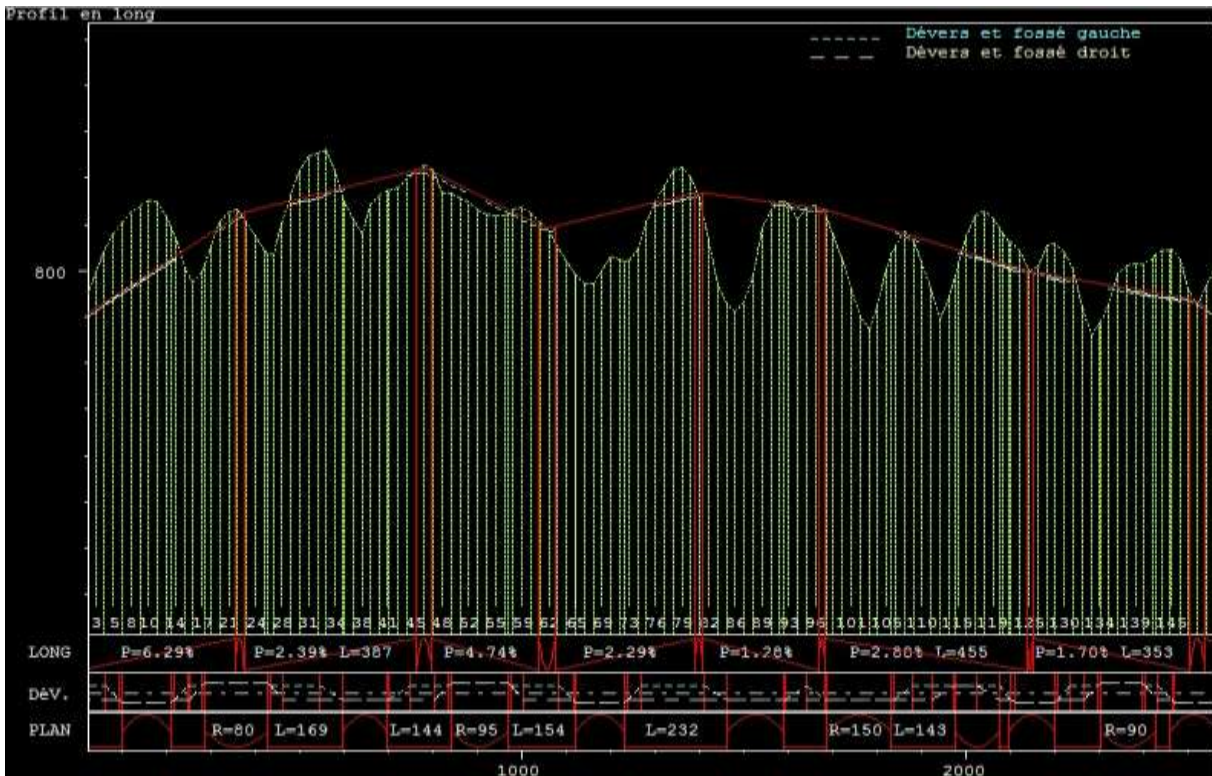


Figure 23: Profil en long

IV.4 Profil en travers :

4.1 Définitions :

Le profil en travers représente une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée.

Le choix d'un profil en travers dépend du taux de trafic que la route conçu va recevoir, on distingue 3 types de profil en travers. La figure ci-dessous illustre les trois types de profil en travers.

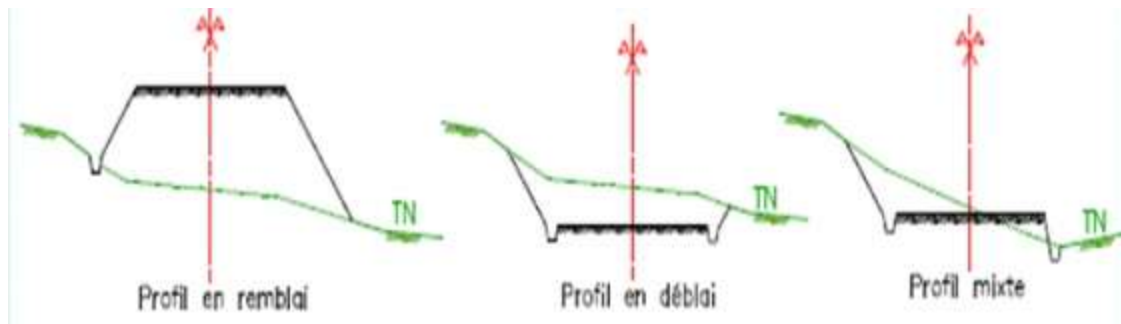


Figure 24: Exemple de profil en travers

4.2 Les éléments du profil en travers :

Terminologie routière :

- Le terrain: C'est la portion du territoire supportant la route. Il est naturel avant tous travaux, et préparé après l'excavation des terrassements.
- L'emprise: Partie du terrain qui appartient à la collectivité et affectée à la route ainsi qu'à ses dépendances.
- L'assiette: Surface du terrain réellement occupée par la route.
- Plate-forme: Surface de la route qui comprend la chaussée et les accotements.
- Chaussée: Surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.
Elle est constituée d'une ou plusieurs voies de circulation.
- Accotements: Zone latérale de la plate-forme qui bordent extérieurement la chaussée. L'accotement est constitué de la berme et de la bonde dérasée.
- Fossés: Ce sont creuses dans le terrain pour l'écoulement des eaux; on peut construire des fossés au pied des remblais ou au sommet des déblais. Ces fossés prennent le nom de fossé de crête (ou garde).
- Glissière de sécurité: Ouvrages placés sur certains accotements, à la limite de la chaussée, pour ramener sur celle-ci les véhicules qui pourraient s'écarter.
- Bordures: Séparateurs en béton ou en pavé de Pierres taillées, que l'on construit le long de la chaussée.
- Caniveau: Ce sont des bords de la route spécialement aménagés pour l'écoulement des eaux le long de la chaussée, on distingue:
 - ✓Caniveaux à double versant.
 - ✓Semi-caniveaux à simple versant.
- Terre-plein central: IL s'étend entre les intérieurs de deux chaussées. Il comprend :
 - ✓Les deux sur largeurs de la chaussée.

✓ Une partie centrale engazonnée ou revêtue.

• Axe de la route: C'est la courbe (gauche en général), lieu des points situés à égale distance des bords extérieurs de la route

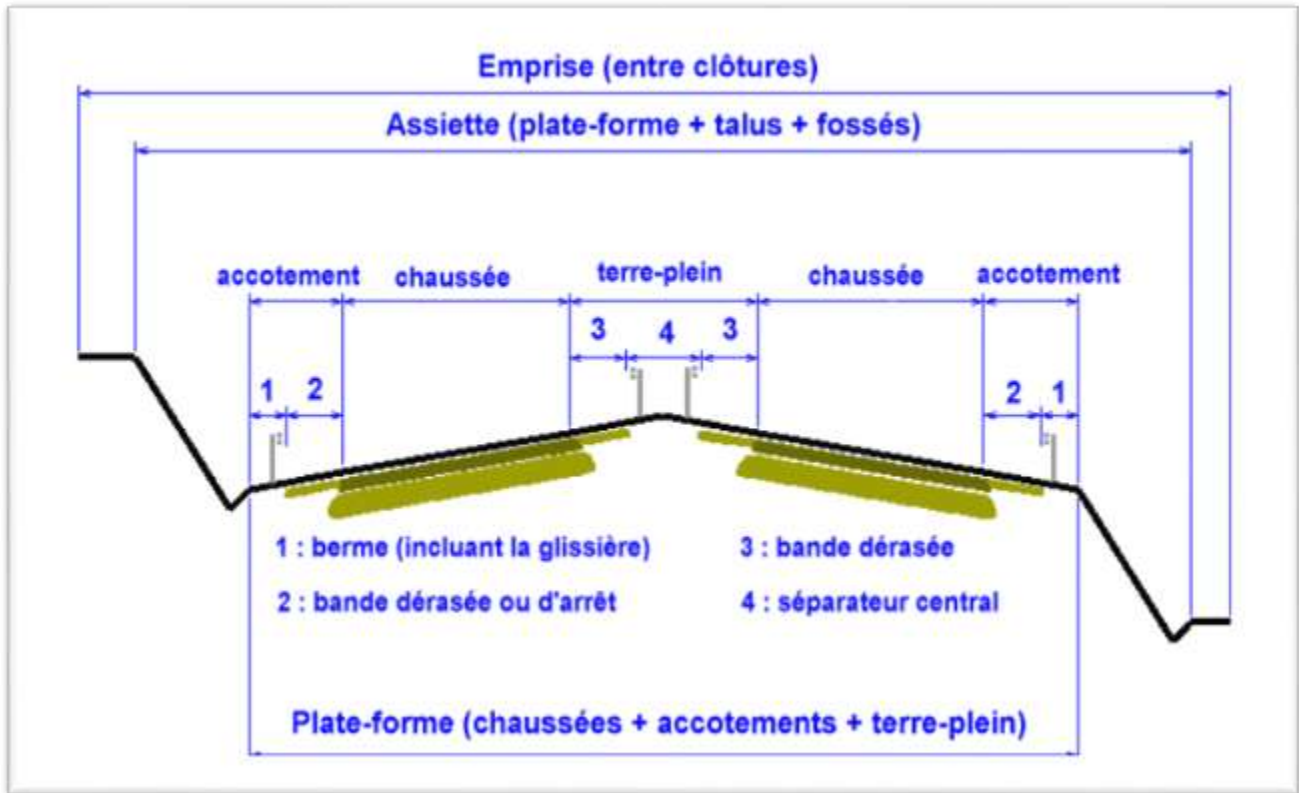


Figure 25: Les différents éléments d'un profil en travers d'une route

4.3 Classification du profil en travers :

Il existe deux types de profil :

a. Le profil en travers type.

Le profil en travers type est une pièce de base conçu dans les projets de nouvelles routes ou d'aménagement de routes existantes. Il va contenir 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 métré des terrassements.

b. Le profil en travers courant :

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

4.4 Application au projet :

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour le 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 : $1.50 \text{ m} \times 2 = 3 \text{ m}$
- Plate-forme : **10m**

Etape 5 : Construction du profil en travers :

1. Création du profil en travers :

Fichier → ouvrir → conception transversale → ok

On clique sur < Axe projet > → ouvrir → ok

- **Calcul Terrain :**

Calcul → Terrain → outil → terre Végétale (on donne la valeur de l'épaisseur **0.2 m**) → ok → fermé.

Bouton droit → Zoom tout.

- **Calcul des dévers :**

Calcul → Dévers (on aura un tableau d'information).

Calcul → recherche automatique (on aura un tableau d'information, on choisit dedans **Relief difficile 2 voies**) → ok.

Calcul → calculer (on aura un tableau des valeurs gauches est droites) → ok → fermé → ok.

Dans la fenêtre qui s'ouvre en lui donne un non (Dévers). (Fichier DVT → enregistré → ok.

2. Création du profil type

Calcul → projet : on donne le non (profil type, Fichier type (. typ)) → ouvrir → ok

On aura un tableau de la construction des profils avec le fichier → profil type.

On donne le non **T1** → **créé** → **nouveau**.

- **Dimensionnement de la ligne projet :**

Crée 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 : même chose que pour la plate-forme.

Créer les talus de remblais : même chose que pour les talus de déblais.

Créer le fossé du pied de remblais.

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 \leq construction du profil \geq . On saisit sur la première ligne.

1 T1 165 (1 étant le premier profil et 165 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 :

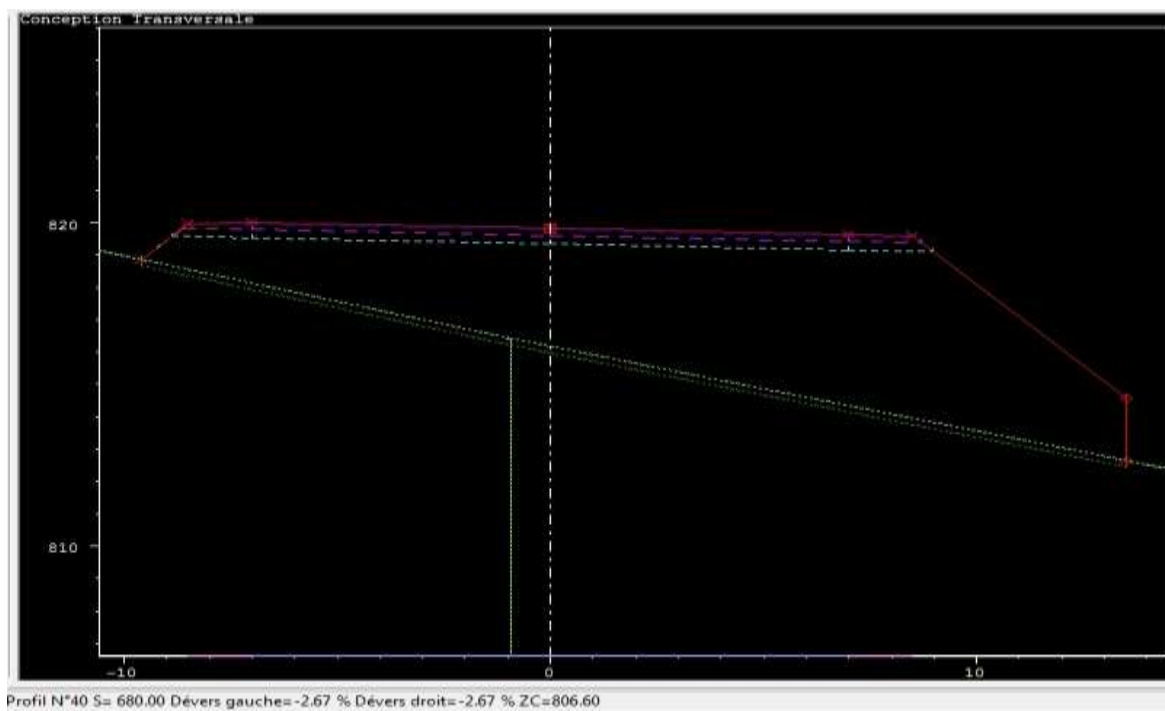


Figure 26: profil en travers en remblai

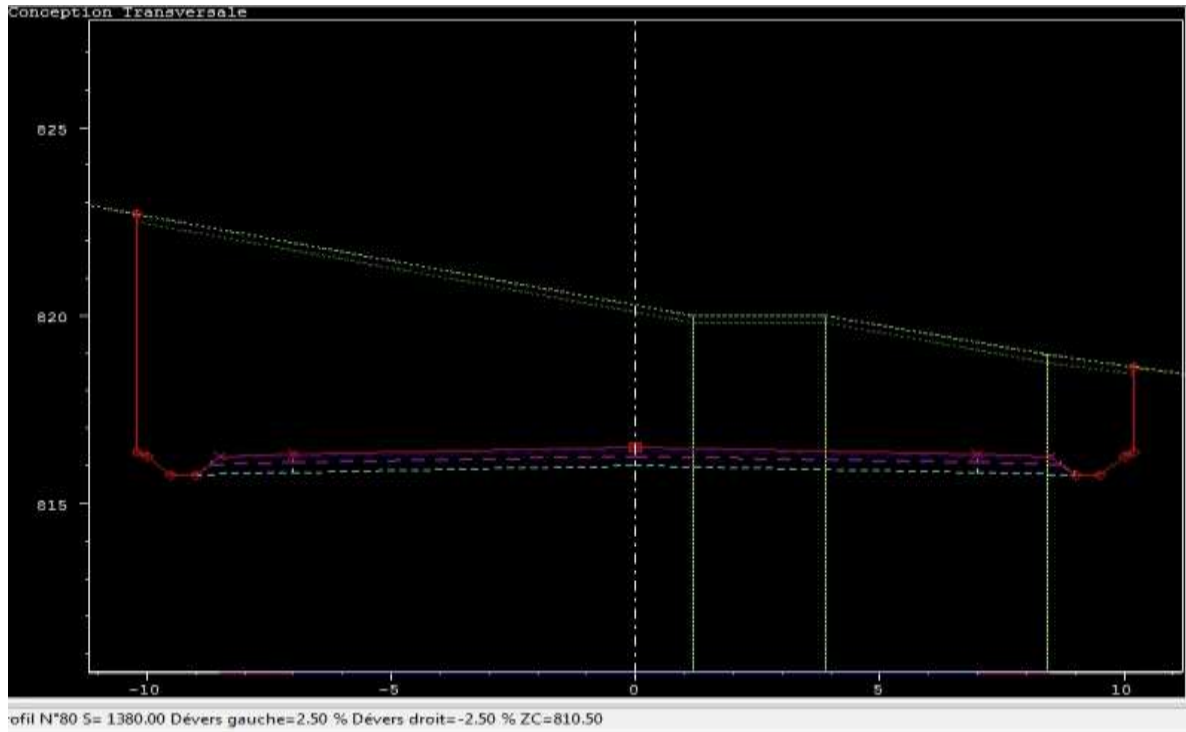


Figure 27: Profil en travers en déblais

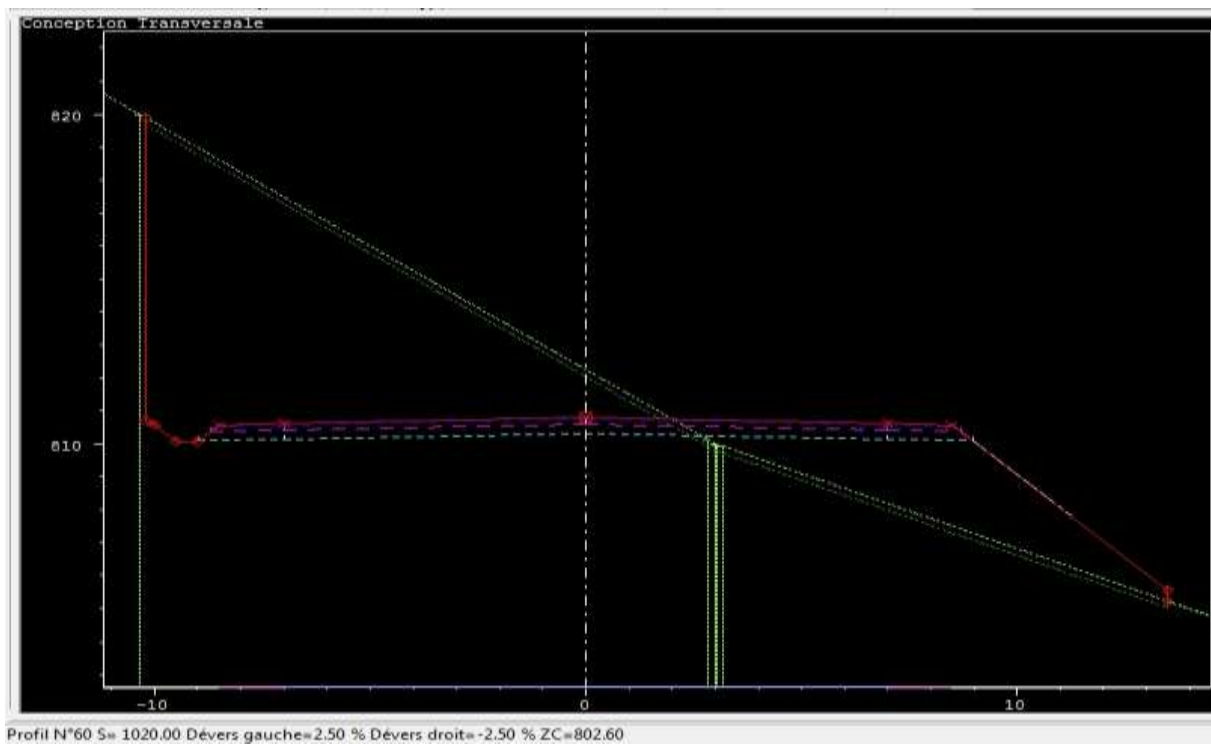


Figure 28: Profil en travers Mixte

3. Calcul des perspectives :

Dans le menu de la conception transversale, on fait :

Calcul → perspectives.

On donne la valeur de l'obstacle égale à **1m**, ensuite on clique avec le bouton droit sur le profil → visualisé → perspective → défilement.

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.

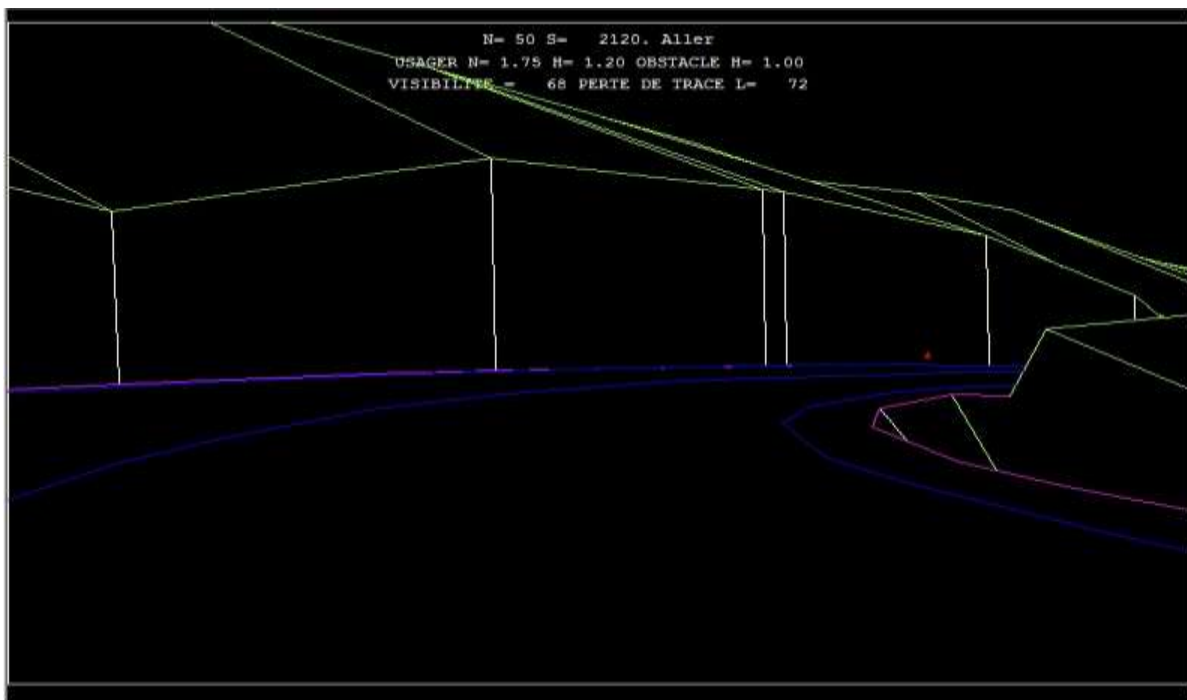


Figure 29: Vue en perspective de notre route

Etape 6 : Calcul des cubatures

Par définition le calcul des cubatures consiste à déterminer les volumes des terrassements de notre projet, en d'autres termes déterminer les volumes des déblais est remblais.

Pour se faire il existe deux méthodes, la méthode de Gulden, et la méthode linéaire.

Dans le cas de notre projet en va utiliser la méthode de Gulden.

Toujours dans l'interface du logiciel piste on fait :

Sortie → **Edition** → **Imprimer** → On aura une boîte de dialogue.

On coche volume des terrassements → **Editer** → une autre boîte de dialogue apparait

On sélectionne méthode de Gulden → **Aperçue** → apparait des tableaux des volumes de terrassements de chaque profil de notre projet.

Remarque :

Les tableaux des terrassements est tabulation, est les planches de notre projet sont joint en annexe.

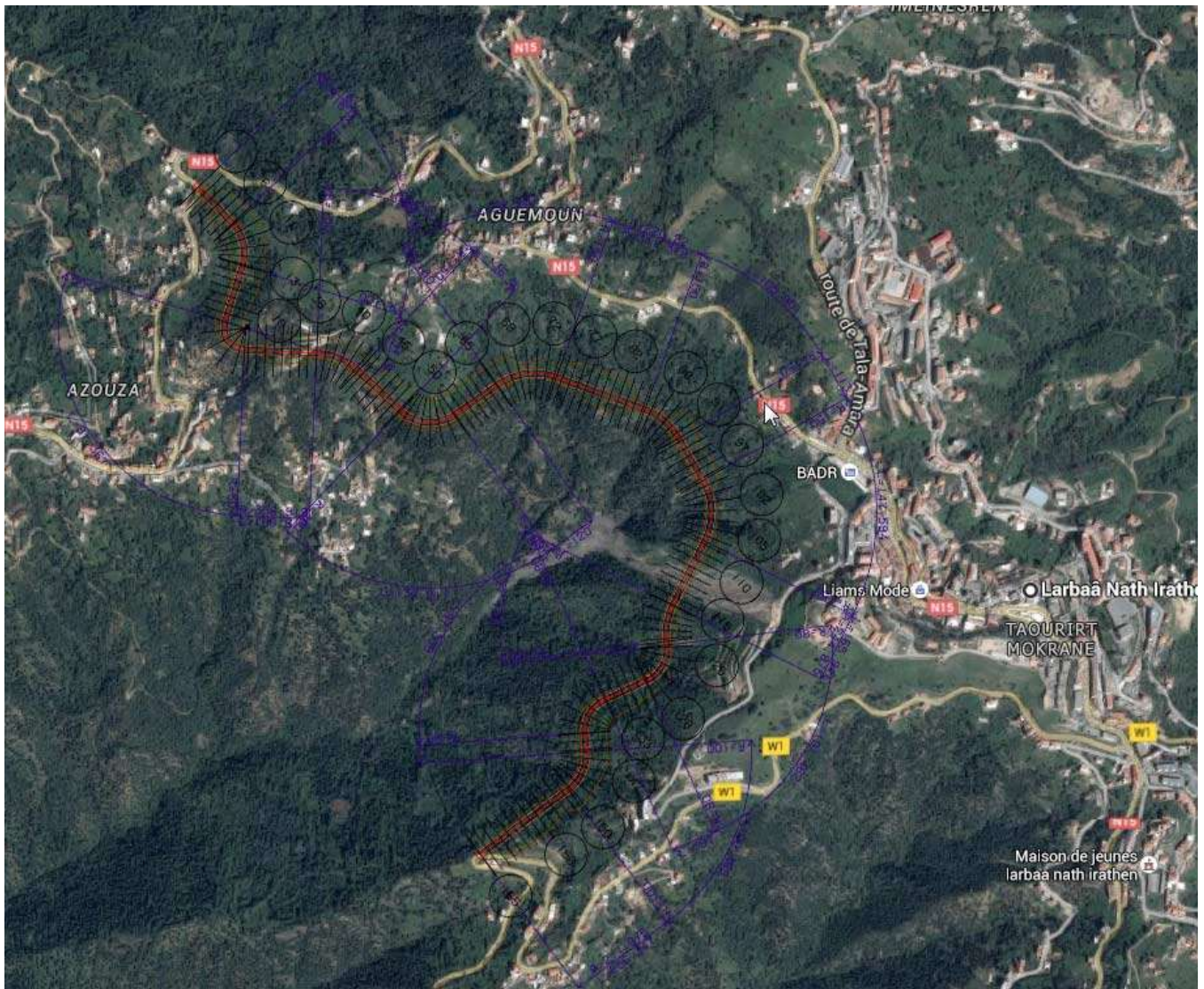


Figure 30: Implantation du tracé sur le site de notre projet

Chapitre V : Etude Géotechnique

V.1 Introduction :

Il est nécessaire est indispensable de connaître les caractéristiques mécanique et physiques de notre terrain. Pour assurer la durabilité de l'infrastructure ainsi que la sécurité est le confort des usager, tel que d'éviter les problèmes de dégradation du corps de chaussée a long est à court terme depuis la mise en œuvre de la route et aussi les problèmes au niveau de l'exécution.

V.2 Objectif de la géotechnique routière :

La géotechnique routière a pour objectif :

- L'identification des caractéristiques mécaniques du sol support.
- Déterminer certaines données nécessaires pour le dimensionnement du corps de chaussé.
- Assurer la sécurité en indiquant la stabilité des talus et des remblais.
- Déterminer les caractéristiques et la nature de chaque couche.
- Apporter des bénéfices sur les travaux de terrassements.

V.3 Les Différentes étapes d'un rapport géotechnique routier :

Etape 1 : Etude préalable.

Dans cette étape il faut prendre connaissance de la documentation géologique du site sur lequel le projet doit être implanté grâce aux cartes géologiques, et aussi en se basant sur les données récoltées sur les chantiers réalisés avant dans la région. Nous prendrons aussi en compte les données de l'atlas sur les carrières pour vue de savoir s'il auna sur notre site.

Avec ces données nous pourrions déterminer le type de sondage qui nous permettra d'étudier les différentes matrices rocheuses de notre site.

Etape 2: Collecte d'information.

Cette étape s'effectue par le rassemblement auprès des autorités compétentes du maximum d'information sur la disposition des réseaux d'eau et de gaz, ainsi que ceux de l'électricité et de l'assainissement, indiquant leur passage est leur topographie.

Etape 3: Visite du site.

Celle-ci doit être effectuée par des ingénieurs géotechniciens qui ont les compétences d'évaluer les données de l'étude.

Etape 4: Etablissement du devis.

Etape 5: Acceptation du devis par le client.

Etape 6: Programmation des travaux et organisation du chantier.

Etape 7: Réalisation des forages et des sondages.

- **Les Forages.**

C'est un moyen précis pour déterminer l'épaisseur et la nature des couches du sol de notre site, généralement on prélève des échantillons sols (remanier ou intacts) afin de servir les besoins d'essais de laboratoire.

Il nous permet aussi de déterminer dans certain cas les niveaux de la nappe est leur suivi à l'aide de types piézométrique.

Les forages peuvent être réalisé soit :

Manuellement :

On creuse des puits à la main ou à la pelle mécanique d'une profondeur variant de 3 à 4m.

A la Tarière :

La tarière est un outil hélicoïdal que l'on enfonce dans le sol a une profondeur de 10m enivrant, avec cette méthode, il est possible d'identifier la nature du sol visuellement.

A la sondeuse :

A l'aide de tubes carottiers qu'on introduit a une dizaine de mètre dans le sol on obtient des carottes qui nous permettrons d'identifier les formations du sous-sol.

- **Programme de reconnaissance à suivre dans le cas d'un remblai de $H < 5m$**

Ce type de zone ne représente pas un danger particulier vue que la hauteur est inférieure à 5m, pour cela on doit réaliser :

- ❖ Un certain nombre de puits
- ❖ Quelque pénétromètre statique certain à proximité des puits
- ❖ Prélèvement d'échantillons intacts pour les essais de laboratoires

- **Le cas d'un remblai de hauteur de $H > 10m$**

Vue l'importance de la hauteur du remblai cette zone nécessite des reconnaissances spécifiques est précise pour vérifier :

- ❖ La stabilité à long terme des remblais
- ❖ La stabilité à court terme des remblais
- ❖ Le tassement de consolidation (odomètre)
- ❖ Le temps de consolidation (perméabilité à l'odomètre)

Tous ces essais nécessitent des :

- ✓ Le prélèvement d'échantillon intact à différentes profondeurs.
- ✓ Des sondages carottés de 12 à 14m jusqu'à atteindre la couche de calcaire environs 1m de celle-ci.
- ✓ 5 ou 6 pénétromètre dans certains à proximité d'un sondage
- ✓ 4 a 6 essais de cisaillement au triaxial.

- **Programme de reconnaissance à suivre pour un déblai de $H < 10m$**

Fixer définitivement les pentes de talus (réaliser des sondages carottés, dans le cas de présence d'eau on équipe les sondages par des piézomètres)

- ✓ Prélèvement d'échantillons intacts
- ✓ Réalisation d'essai de laboratoire
- ✓ Définir les techniques d'extraction et la possibilité de réutilisation des sols rencontrés ainsi que les travaux au niveau de l'arase des déblais.

Etape 8 : Réalisation des essais de mécanique du sol.

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

Les Différents Essais En Laboratoire :a) Les Essais D'identification :**1. Analyses granulométriques :**

Il s'agit du tamisage qui permet de distinguer la granulométrie du sol (sols fins, sols sableux, sols graveleux), cet essai a pour objectif de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension.

Les résultats de cette analyse sont donnés sous forme de courbe granulométrique.

2. Equivalent de sable :

C'est un essai qui nous permet de mesurer la propreté d'un sable, ceci revient à déterminer la quantité d'impureté est des éléments argileux ultra fins.

3. Limites D'atterberg :

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

b) Les Essais mécaniques :**1. 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. Il a donc pour but de déterminer une teneur en optimal afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol, cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée <optimum Proctor>.

2. Essai C.B.R :

Cet essai a pour but d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement pour pouvoir dimensionner la chaussée et orienter les travaux de terrassements.

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

3. Essai los Angeles :

Cet essai a pour but de mesurer la résistance à la fragmentation par chocs des granulats utilisés dans le domaine routier, il permet aussi de déterminer la résistance à la détérioration progressive par frottement réciproques des éléments d'un granulat, Ce mode opératoire s'applique aux granulats utilisés pour la constitution des chaussées.

4. Essai Micro Deval : Celui-ci a pour but d'apprécier la résistance à l'usure par frottements réciproques des granulats et leur sensibilité à l'eau.

Etape 9 : Interprétation des résultats.

Les différentes valeurs des paramètres qu'il faudra prendre en compte résultent de l'interprétation des résultats des essais présenter ci-dessus, cette interprétation tient compte en particulier :

- ✓ En ce qui concerne les essais de laboratoire, de l'aptitude du sol à fournir des échantillons intacts, de la précision liée au type d'essai effectué, et de l'hétérogénéité spatiale plus ou moins marquée du paramètre mesuré.
- ✓ Pour les essais en place, spécialement pour les essais préssiométriques, de la possibilité de mauvaise exécution de certains essais et de l'hétérogénéité des terrains.

La synthèse donne des indications sur les critères de choix des valeurs proposées pour les paramètres : valeurs minimales, moyennes...etc.

Les particularités visées sont :

- ❖ Les risques d'instabilité d'ensemble.
- ❖ Les poussées latérales.
- ❖ Les frottements négatifs.
- ❖ La nature compressible des sols.

V.4 Illustrations des résultats des essais géotechniques appliqués à notre projet :

Nous présentons dans ce paragraphe quelques résultats des essais réalisés par le laboratoire chargé de l'étude (CONSOLIDA/ Laboratoire de géotechnique et d'ingénierie).

ANALYSE GRANULOMETRIQUE NF P94-056 Mars 1996

DOSSIER: Reconnaissance géotechnique de la déviation de la ville de Larbaa Nath Irathen.

ECHANTILLON: N° 02

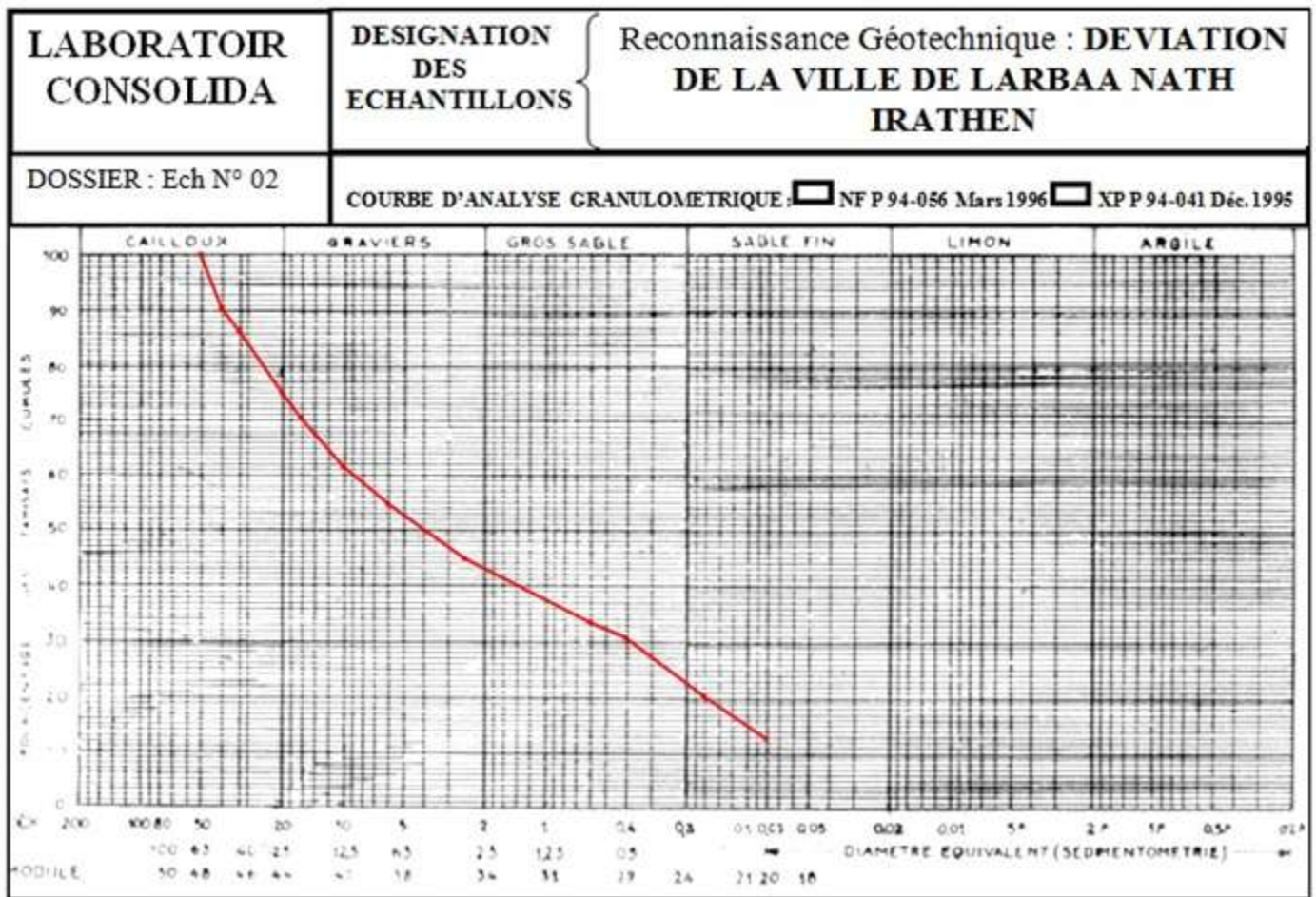


Figure 31: Analyse granulométrique

ESSAI PROCTOR Modifié
NF P 94-093 Septembre 1997

DOSSIER: Reconnaissance géotechnique de la déviation de la ville de Larbaa Nath Irathen.

ECHANTILLON: N° 02

Teneur en eau optimum: 11,80 %

Densité sèche maximum: 1,95 T/m³

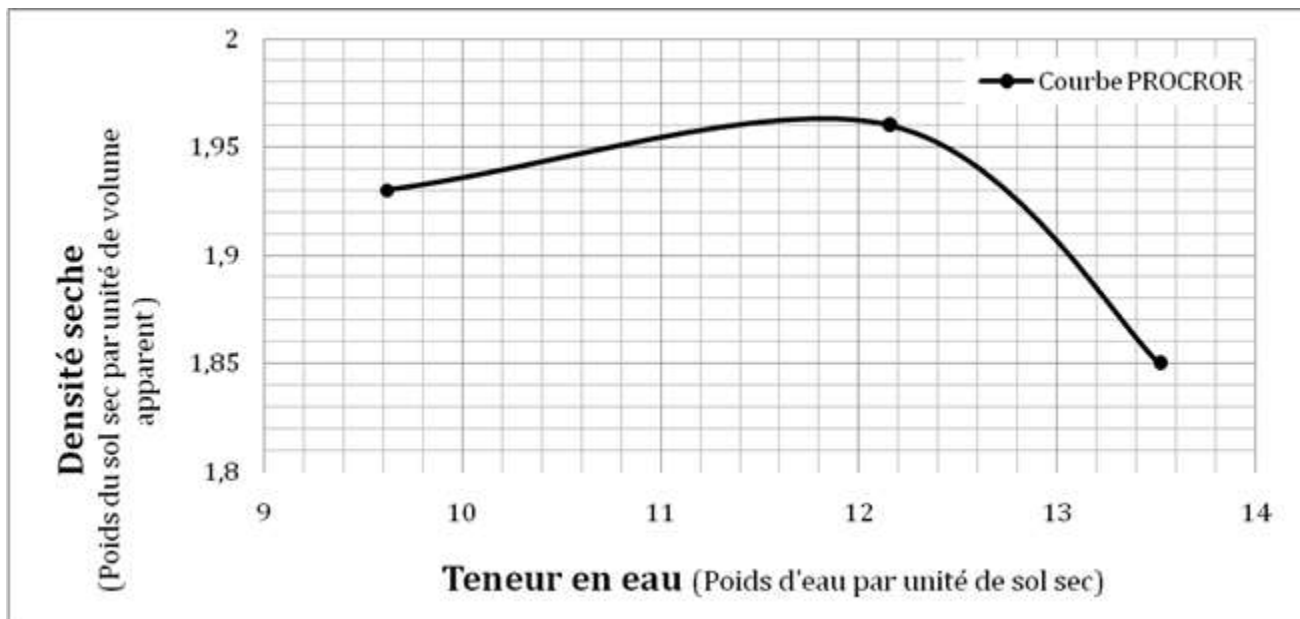


Figure 32: courbe Proctor

ESSAI CBR (après immersion à 04 jours)
NF P 94-078 Mai 1997

DOSSIER: Reconnaissance géotechnique de la déviation de la ville de Larbaa Nath Irathen.

ECHANTILLON: N° 02

Temps	Enfoncement (mm)	Force totale (kgf)		Pression (Kgf/cm ²)
		Lecture	Valeur	
0' 30"	0.625	01.00	022.1520	01.128
1' 00"	1.25	01.50	033.2273	01.693
1' 40"	2	02.00	044.3133	02.258
2' 00"	2.5	02.50	055.3916	02.823
4' 00"	5	06.00	132.9603	06.775
6' 00"	7.5	10.00	221.6073	11.292
8' 00"	10	13.50	299.1625	15.244
10'00"	12.5	13.50	299.1625	15.244

Tableau des essais réalisé

Calcul de l'indice portant :

$$A_{2,5 \text{ mm}} : \frac{P(2.5)}{0.70} = \mathbf{4.033}$$

$$A_{5 \text{ mm}} : \frac{P(5)}{1.05} = \mathbf{6.452}$$

DOSSIER: Reconnaissance géotechnique de la déviation de la ville de Larbaa Nath Irathen.

ECHANTILLON: N° 02

1.1 kgf/cm²
1mm

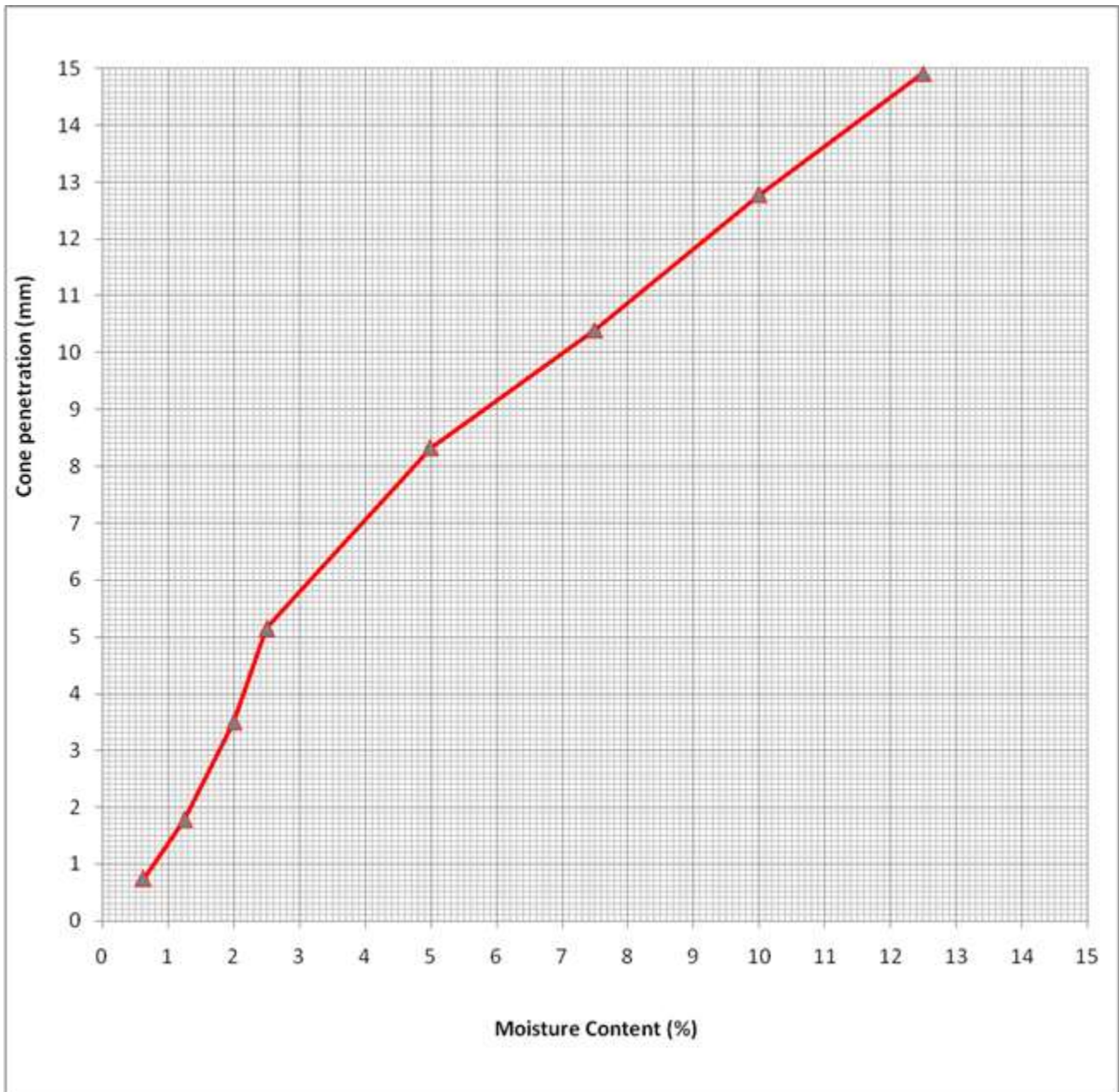


Figure 33: résulta du cone de pénétration

Conclusion :

Sachant que pour le dimensionnement du corps de chaussée nous allons opter pour la méthode C.B.R, la valeur prise en compte de cet indice sera la plus petite des valeurs représentées sur les quatre échantillons du sol support. **$I_{CBR} = 4.033$** (sol de faible portance).

Chapitre VI : Dimensionnement Du Corps de chaussée

VI.1 Introduction :

Le dimensionnement de la chaussée consiste à déterminer l'épaisseur à lui donner. Cette dernière doit être suffisante pour qu'elle assure la sécurité et le confort des passagers, et pour répondre aux normes exigées.

Pour assurer son rôle, la chaussée doit avoir une assise et un revêtement propre lui permettant de résister aux différentes sollicitations géotechniques et climatiques, et à l'intensité du trafic.

VI.2 Principe de la constitution de chaussée :

La chaussée est un ouvrage qui permet de transmettre et de répartir les charges des engins roulants sur le terrain de fondation sans que celui-ci ne se tasse, pour que la circulation des véhicules s'effectue convenablement sans usure exagérée des matériels. Il faut que la surface de roulement ne se déforme pas sous l'effet :

- De la charge des véhicules (trafic)
- Des chocs
- Les conditions climatiques (intempéries)
- Des efforts tangentiels dus à l'accélération, au freinage et au dérapage.

VI.3 La chaussée :

3.1. Définition :

- **Au sens géométrique :** c'est la surface aménagée de la route destinée à la circulation des véhicules. Elle est constituée d'une ou plusieurs voies de circulation.
- **Au sens structural :** c'est la somme des couches des différents matériaux superposées qui permettent la reprise des charges.

3.2. Différentes catégories de chaussée :

On distingue en générale trois types de chaussées :

- chaussées rigides.
- chaussées semi-rigide.
- chaussées souples.

3.2.1. Les chaussées rigides :

Ce sont des chaussées constituées d'une dalle en béton à fort dosage en ciment, cette dalle correspond à la fois à la couche de base et à la couche de surface d'une chaussée souple.

Les chaussées rigides sont utilisées pour des constructions très sollicitées, (cas d'une piste d'aérodrome ou station de service), peut être aussi utilisé dans les routes où le facteur gel-dégel intervient très fréquemment.

3.2.2. Les chaussées semi-rigides : C'est une chaussée à faible déformabilité. Ces chaussées comportent une couche de base et quelques fois une couche de fondation traitée aux liants hydrauliques (ciment, laitier....)

3.2.3 Les chaussées souples : Ce sont les chaussées les plus fréquentes actuellement sur la majorité des routes, elles sont composées de couches superposées de matériaux différents de granulométries croissantes de haut vers le bas. La couche de surface est en béton bitumineux.

3.3. Les couches de la chaussée :

3.3.1. Couche de Surface :

Elle a pour objet essentiel de permettre l'absorption des efforts de cisaillement importants provoqués par la circulation dans la partie haute de la chaussée.

La couche de surface peut être simple ou multiple, dans ce dernier cas on appelle (**couche de roulement**) celle qui est en contact direct avec les roues, l'autre couche est appelée (**couche de liaison**). L'épaisseur de la couche de surface varie entre **6 à 10 cm**.

3.3.2. Couche de Base et de fondation :

La couche de base et, si elle existe la couche de fondation ont pour objet essentiel de résister aux charges verticales et de répartir convenablement sur le terrain les pressions qui en résultent, l'ensemble de ces couches constitue le **corps de chaussées**.

La couche de base est constituée de grave bitume, tuf, sable gypseux, son épaisseur varie entre **10 et 25 cm**.

La couche de fondation est constituée de matériaux non traités et de moindre qualité que ceux utilisés en couche de base.

3.3.3. Sous-couche :

Lorsque le corps de chaussée doit être préservé contre certains effets, on interpose entre celui-ci et le sol support une couche supplémentaire appelée sous-couche, le rôle de celle-ci peut être :

- Soit d'empêcher les remontées d'argile dans la chaussée (sous-couche anti-contaminant).
- Soit d'assurer le drainage de la fondation (sous-couche drainante).
- Soit de couper les remontées capillaires (sous-couche anticapillaire).
- Soit de lutter contre le gel (sous-couche antigel).

Et bien sur une même sous-couche peut avoir des rôles multiples.

3.3.3. Couche de Forme:

La couche de forme est prévue en générale pour répondre à certains objectifs en fonction de la nature du sol-support, telle que :

- Aplanir dans le cas des sols rocheux.
- Améliorer la portance du sol support, quand celle-ci est médiocre (argileux a teneur en eau élevée), ainsi en pourras rendre l'accessibilité aux chantiers plus facile aux engins de réalisations.

VI.4 Méthodes de dimensionnement :

Ils existent plusieurs méthodes pour le dimensionnement du corps de chaussée, en citera parmi les plus utiliser :

1. La méthode CBR et CBR améliorée.
2. La méthode Asphalt Institute.
3. La méthode du catalogue des structures B60/B610.

Pour notre projet nous avons privilégié la méthode CBR pour certaines raison comme :

- Elle tient compte de l'importance du trafic qui a une influence sur l'épaisseur à donner à la chaussée, surtout le trafic des poids lourds.
- Elle permet un choix économique des matériaux.
- Elle est choisie par les normes algériennes, ce qui la rend la plus utilisée en Algérie.

4.1. Etude de la méthode CBR (californian bearing ratio) :

C'est une méthode semi empirique qui est basée sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol du sol support en compactant les éprouvettes de 90 à 100 % de l'optimum Proctor. Le CBR retenu finalement est la valeur la plus basse obtenue après immersion de cet échantillon.

Les abaques qui donnent l'épaisseur des chaussées en fonction de l'indice CBR, de la pression de gonflement des pneus et du nombre de répétition de charges, correspondant approximativement à la formule de Peltier :

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

Avec :

E. épaisseur équivalente.

I. Indice CBR (sol support).

N. désigne le nombre journalier de camion.

P. charge par roue P=6.5 t.

Log. Logarithme décimal.

4.2. Notion de l'épaisseur équivalente :

Celle-ci a été introduite pour tenir compte des qualités mécaniques de différentes couches, et l'épaisseur équivalente d'une couche est égale à son épaisseur réelle multipliée par un coefficient d'équivalence.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$E_{\text{equi}} = (a_1 \times e_1) + (a_2 \times e_2) + (a_3 \times e_3)$$

Avec :

a₁ a₂ a₃ : sont des coefficients d'équivalence.

e₁ e₂ e₃ : épaisseurs réelles des couches.

Les valeurs usuelles des coefficients d'équivalence des matériaux utilisés sont données dans le tableau suivant.

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence (a)
Béton bitumineux ou enrobe dense (BB)	2.0
Grave ciment grave laitier (GB-GL)	1.50
Sable ciment (SC)	1.00 à 1.20
Grave concasse ou gravier (GC)	1.00
Tuf	0.7 à 0.8
Grave roulée, grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume (GB)	1.60 à 1.70

Tableau VI.1 : Les coefficients d'équivalence.

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée on fixe deux épaisseur est en calcul la troisième.

BB/5-8 cm, GB: 10-20cm, GC: 15-30 cm, TVO: 30 cm

VI.5. Méthode catalogue Algérien de dimensionnement de chaussées neuves CTTT.

Parmi les méthodes de dimensionnement du corps de chaussée en Algérie, on va citer celle du catalogue de dimensionnement de chaussée neuves version 2001 élaborée par le CTTT.

Cette méthode se base principalement sur l'importance du trafic poids lourds en charge supérieur à 3.5 t, et la portance du sol support apprécié par des modules du sol en Mpa, le climat et les matériaux utiliser.

- **Détermination de la classe du trafic :**

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

Classe du trafic	Trafic poids lourds cumule sur 20 ans
T1	$T < 7.3 \times 10^5$
T2	$7.3 \times 10^5 < T < 2 \times 10^6$
T3	$2 \times 10^6 < T < 7.3 \times 10^6$
T4	$7.3 \times 10^6 < T < 4 \times 10^7$
T5	$T > 4 \times 10^7$

Tableau VI.2 : Classement du trafic suivant le catalogue.

On déterminera le trafic cumulé sur 20 ans, et à partir du tableau ci-dessus la classe de trafic correspondant. Le trafic cumulé est donné par la formule ci-après :

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

Avec :

TPL. Trafic poids lourds à l'année de mise en service.

n. durée de vie n= 20ans.

T. taux de croissance du trafic.

- **Détermination de la classe du sol :**

Les différentes catégories de classement du sol sont données dans les tableaux ci-dessous.

Classe du sol	Indice CBR
S0	>40
S1	25a 40
S2	10a 25
S3	5 a10
S4	<5

Tableau VI.3 : Classe de sols.

VI.6. Application au projet:

1. Méthode C.B.R :

- Calcul de N :

- Le trafic à l'année 2007 $TJMA_{2007} = 7260$ v/J.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 4\%$.
- La vitesse de référence sur le tracé $V_B = 40$ (Km/h).
- Le pourcentage de poids lourds $P_L = 11\%$.
- L'année de mise en service est **2020**.
- La durée de vie du projet est 20 ans.

$$TJMA_{2020} = (1 + 0.04)^{13} \times 7260 = 12088 \text{ V/J.}$$

$$TJMA_{2040} = (1 + 0.04)^{33} \times 7260 = 26487 \text{ V/J.}$$

Donc :

$$N = Z \times TJMA_h$$

$$N = 0.11 \times 26487$$

$$N = 2914 \text{ poids lourds.}$$

- Calcul de l'épaisseur de la chaussée par la formule de Peltier :

$$I_{CBR} = 4.033$$

$$N = 2914$$

$$P = 6.5$$

$$E_{equi} = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 \log \frac{2914}{10})}{4.033 + 5} = 60 \text{ cm}$$

On a proposé les matériaux suivants de chaque couche:

- Couche de roulement en béton bitumineux $a_1 = 2$
- Couche de base en grave bitume $a_2 = 1.7$
- Couche de fondation en TVO $a_3 = 0.75$

Pour calculer les différentes épaisseurs on fixe deux d'entre elle est on déduit la troisième :

$$E_{equi} = (a_1 \times e_1) + (a_2 \times e_2) + (a_3 \times e_3)$$

$$E_{\text{equi}} = (2 \times e_1) + (1.7 \times e_2) + (0.75 \times e_3)$$

On prend :

$$e_1 = 7 \text{ cm} ; e_2 = 15 \text{ cm}$$

$$60 = (2 \times 7) + (1.7 \times 15) + (0.75 \times e_3)$$

$$e_3 = 27 \text{ cm}$$

Donc : $e_3 = 27 \text{ cm}$ de TVO.

La structure proposée est : **7 BB+ 15 GB+ 27 TVO = 60 cm.**



BB 7CM

GB 15CM

TVO 27CM

Figure 34: Corps de chaussée Méthode C.B.R

2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

- Détermination du type de réseau :

On a: $TJMA_{2007} = 7260 \text{ V/J} > 1500 \text{ V/J}$.

Notre projet est une liaison présentant un intérêt économique et stratégique.

Donc :

On peut définir notre réseau comme étant un réseau principal **RP1**.

- Détermination de la classe de trafic TPLi pour RP1.

. Le projet se situe sur la RN15 donc il fait parti de la zone climatique I, **ZONE I**

. $TJMA_{2020} = 12088 \text{ V/J}$ (année de mise en service).

. $Z = 11\%$ (pourcentage des poids lourds).

$$TPL = \left[\frac{TJMA_{2020} \times Z}{2} \right] \times 0.9$$

$$TPL = \left[\frac{12088 \times 0.11}{2} \right] \times 0.9$$

$$\text{TPL} = 598 \text{ (pl/j /sens)}$$

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

TPL	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
PL/J/SENS POUR RP1	150 à 300	300 à 600	600 à 1500	1500 à 3000	3000 à 6000

Tableau VI.4 : valeur des TPL pour RP1

- **Caractéristiques du sol support.**

Nous avons un indice de CBR= 4.033 (le sol est de faible portance), ce qui implique que notre sol appartient à la classe S4, donc on doit appliquer une éventuelle couche de forme pour renforcer le corps de chaussée.

Le CTPP a fait des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de couche de forme, le mode de sa mise en place (nombre de couches), et la nature du matériau utilisé (les plus répandue dans la région) pour la réalisation de couche de forme.

Les différents résultats de ces recherches sont résumés dans ce tableau.

Classe de portance du sol support (Si)	Matériaux de C.F	Épaisseur de C.F	Support visé (Sj)
< S4	Matériau N.T	50cm (en 2 couches)	S3
S4	Matériau N.T	35cm	S3
S4	Matériau N.T	60cm (en 2 couches)	S2
S3	Matériau N.T	40cm (en 2 couches)	S2
S3	Matériau N.T	70cm (en 2 couches)	S2

Tableau VI.5 : épaisseur des couches de forme suivant la classe de portance.

Pour notre cas nous avons un sol en S4, donc on va opter pour une C.F de **60cm de Tuf** réparti en 2 couches, afin d'aboutir à un sol de classe de portance S2.

D'après la fiche de dimensionnement on a : **Zone climatique I, durée de vie 20 ans, taux d'accroissement 4%, TPL4 et S2.**

On se réfère aux fiches des structures pour le réseau principal (PR1) données dans les catalogues des structures, on a opté pour :

.6cm : couche de roulement en (BB), Béton bitume.

.10cm : couche de base en (GB), Grave bitume.

.10cm : couche de base en (GB), grave bitume.

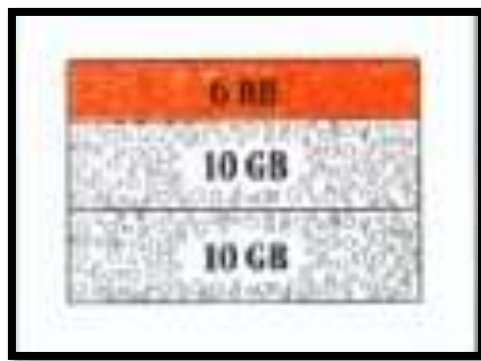


Figure 35: Corps de Méthode chaussée CTTM

3. Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support :

Le but est de vérifier que ϵ_t et ϵ_z calculées à l'aide du logiciel Alizé 3, sont inférieures aux valeurs admissibles qu'on va calculé.

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

Avec:

ϵ_t : c'est la déformation de traction par flexion à base des couches bitumineuses.

ϵ_z : c'est la déformation verticale sur le sol support.

- **Calcul du trafic cumulé des poids lourds (TCi) :**

$$TCi = TPLi \times 365 \left((1+\tau)^n - 1 \right) / \tau$$

$$TC_{2040} = 598 \times 365 \times \left((1+0.04)^{20} - 1 \right) / 0.04 = 6499661.211 \text{ (pl/J/sens).}$$

Niveau de réseau principal	Type de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1		A
RP1	Chaussée à matériaux traités au bitume : GB/GC, GB/TUF, GB/GC	0.6
	Chaussée à matériaux traités aux liants hydrauliques : GB/GC, GB/TUF, GB/GC	1

Tableau VI.6 : Valeurs du coefficient d'agressivité A.

- **Calcul de trafic cumulé équivalent :**

$$TCE_i = TC_i \times A$$

Avec :

A : coefficient d'agressivité, pour notre cas **A= 0.6.**

$$TCE_{2040} = 6499661.211 \times 0.6 = 3899796.727 \text{ (pl/J/sens).}$$

- **Calcul de sollicitations admissibles :**

$$\varepsilon_{t.adm} = \varepsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times \left(\frac{TCE_i}{10^6}\right)^b \times \sqrt{\left[\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{eq})} \times 10^{-t \cdot b \cdot \delta} \times k_c\right]}$$

$$\varepsilon_{z.adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCE_i)^{-0.235}$$

Tableau 8 : Choix des températures équivalentes

	Zone climatique		
Température équivalente θ_{eq} (°C)	I et II	III	IV
	20	25	30

Figure 36: Choix des températures équivalentes

Tableau 13 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux

Matériau (MTB)	E(30°C,10Hz) (Mpa)	E(25°, 10Hz) (Mpa)	E(20°, 10Hz) (Mpa)	E(10°,10Hz) (Mpa)	$E_6(10°, 25Hz)$ (10^6)	-1/b	SN	Sh (cm)	ν	kc Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

BB : béton bitumineux; GB : grave bitume; SB : sable bitume

Figure 37: Performances mécaniques des matériaux bitumineux

Classe de trafic TPLi	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
GB/GB GB/GNT	20	15	10	5	2
GL/GL	15	10	5	2	2
BCg/GC	12	10	5	2	2

Tableau VI.7 : pourcentage du risque adopté pour le réseau RP1.

Pour notre cas $r = 15\%$, donc $t = 1.036$.

Tableau 16 : Valeurs de $t - f(r\%)$

$r\%$	2	3	5	7	10	12	15
t	-2,054	-1,881	-1,645	-1,520	-1,282	-1,175	1,036
$r\%$	20	23	25	30	35	40	50
t	-0,842	-0,739	-0,674	-0,524	-0,385	-0,253	0

Figure 38: Valeurs de t

Tableau 13 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux

Matériau (MTB)	E (30°C, 10Hz) (Mpa)	E (25°, 10Hz) (Mpa)	E (20°, 10Hz) (Mpa)	E (10°, 10Hz) (Mpa)	ϵ_b (10°, 25Hz) (10^{-6})	-1/b	SN	Sh (cm)	ν	ke Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

BB : béton bitumineux, GB : grave bitume, SB : sable bitume

Figure 39: Performances mécaniques des matériaux bitumineux.

D'après le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves et les tableaux présentés ci-dessus on retient les valeurs suivantes :

- Θ_{eq} : température équivalents $\theta_{eq} = 20\text{ C}^\circ \rightarrow E(20^\circ, 10\text{Hz}) = 7000\text{Mpa}$.
- Classe du trafic TPL4
- Risque adoptés pour réseau RP1, R% = 15%.
- T : fractile de loi normal, en fonction de risques adoptés ($t = 1.036$).
- δ : f (dispersion).
- SN : dispersion sur la loi de fatigue = 0.45 pour GB.
- C : coefficient égal à 0.02.
- Sh : la dispersion sur les épaisseurs = 3 cm pour GB (Tableau 13 page 18).
- $b = -0.146$.

$$\delta = \sqrt{\left[S_N^2 + \left(\frac{C}{b} \times S_h \right)^2 \right]}$$

$$\delta = \sqrt{\left[0.45^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} \times 3 \right)^2 \right]} \rightarrow \delta = 0.609$$

Application :

- **Déformations admissibles verticales :**

$$\epsilon_{z \text{ adm}} = 22 \times 10^{-3} \times (3899796.727)^{-0.235} \rightarrow \epsilon_{z \text{ adm}} = 621.6 \times 10^{-6}$$

- **Déformations admissibles de traction :**

$$\epsilon_{t \text{ adm}} = 100 \times 10^{-6} \times (3899796.727/10^6)^{-0.146} \times \sqrt{\frac{12500}{700}} \times 10^{-(1.036 \times 0.609 \times 0.146)} \times 1.3$$

$$\epsilon_{t \text{ adm}} = 114.6 \times 10^{-6}$$

4. Méthode D'ALIZE III :

Alize 3 est un programme mis au point au laboratoire central des ponts et chaussée de paris. Il permet de déterminer à partir d'un modèle multicouche élastique et linéaire, les contraintes et les déformations aux différentes couches de la structure.

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.

Son principe consiste à modéliser une structure, de manière à calculer les contraintes, ainsi que les déformations provoquées par une charge type.

Le (input) du programme Alize 3, est pour chaque couche :

- L'épaisseur.
- Le module de rigidité (E).

couche	Epaisseur (e) Cm	Module de rigidité (E) Mpa	Coefficient de poisson (v)
Roulement (BB)	6	4000	0.35
Base (GB)	10	7000	0.35
Fondation (GB)	10	7000	0.35
Forme (TUFS)	60	500	0.25
Sol support S2	inf	50	0.35

Tableau VI.8 : Valeur des rigidités de chaque épaisseur

• **Application du logiciel Alize sur notre projet :**

Après introduction des épaisseurs et des types de matériaux de la structure trouvés dans le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves, nous avons pu déterminer une structure qui vérifie les contraintes admissibles.

• **Résultats de calcul sur Alize :**

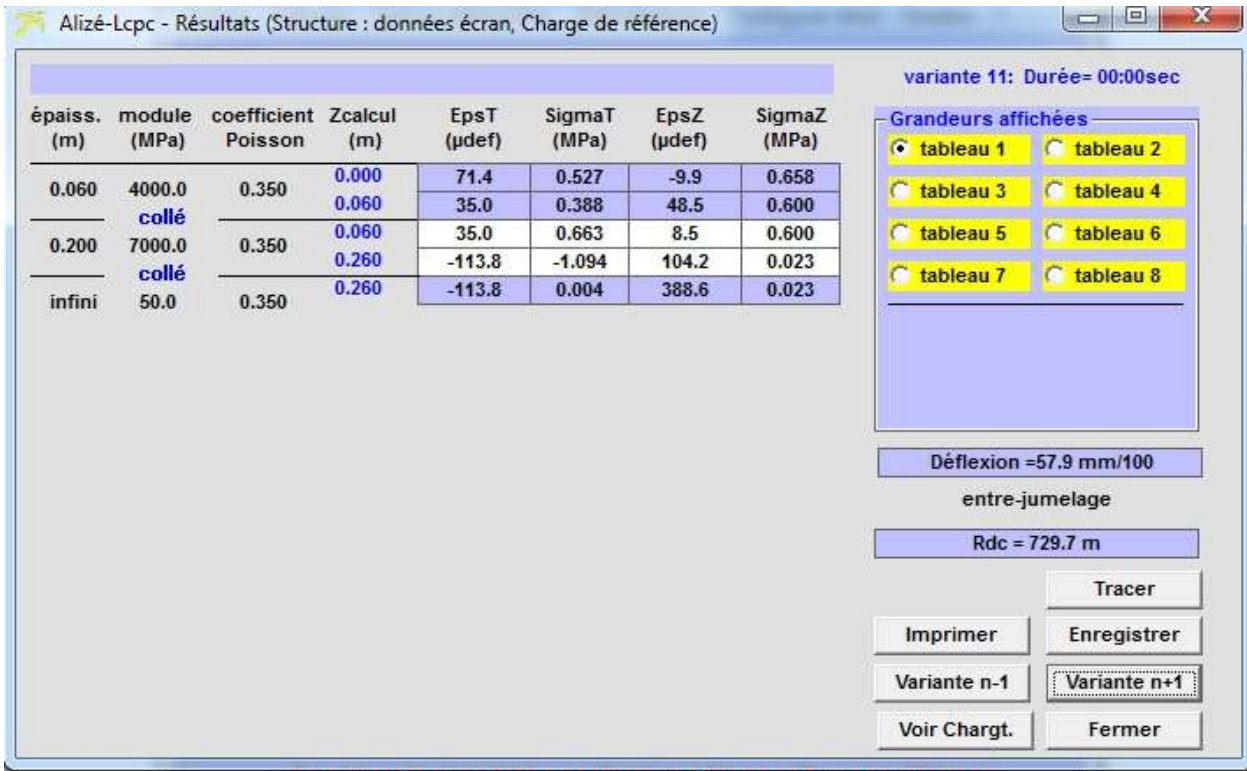


Figure 40: Boite de dialogue qui affiche les résultats

Comme la figure ci-dessus le montre.

$\epsilon_t adm = 114.6 > \epsilon_t = 113.8.$

$\epsilon_z adm = 621.6 > \epsilon_z = 388.6.$

La structure	$\epsilon_z \times 10^{-6}$	$\epsilon_z adm \times 10^{-6}$	$\epsilon_t \times 10^{-6}$	$\epsilon_t adm \times 10^{-6}$
6BB+10GB+10GB+60Tufs	388.6	621.6	113.8	114.6
Vérification	Vérifié		Vérifié	

Tableau VI.9 : vérification

Remarque : Vu que les contraintes sont vérifiées donc le corps de chaussée que on va appliquer pour la méthode du catalogue sera comme suite.

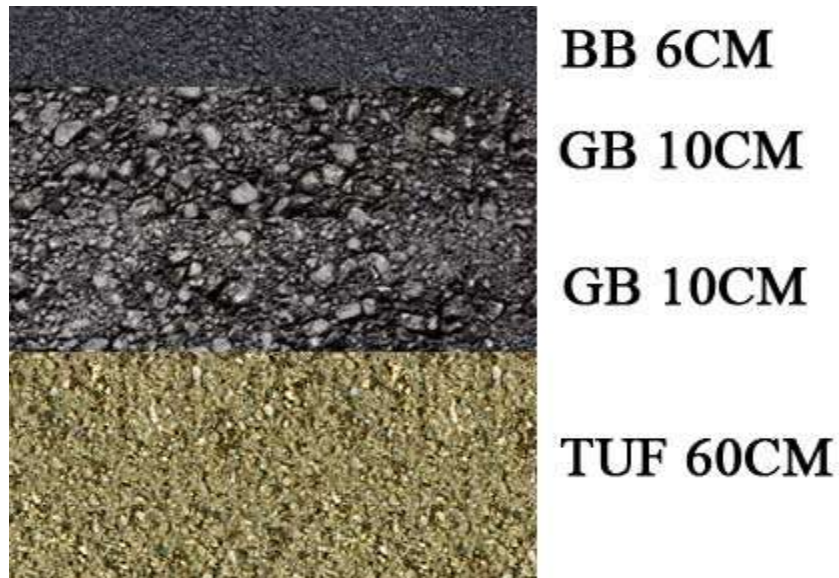


Figure 41: Corps de chaussée dimensionné avec le catalogue

Résumé : l'application des deux méthodes nous donne les résultats suivant :

Méthode CBR	Catalogue Des Structures
7 BB+ 15 GB+ 27	6BB+10GB+10GB+60
TVO	Tuf

Conclusion :

D'après les résultats présentés dans le tableau ci-dessus, on remarque très bien que la méthode CBR nous donne le corps de chaussée le plus économique et tout en sachant que cette méthode est la plus utilisée en Algérie, donc on choisit les résultats de la méthode CBR.



Figure 42: Corps de chaussée final retenu

Chapitre VII : Assainissement

VII.1 Introduction :

Lors de la réalisation de la plate-forme de la route, tous les cours d'eau naturelle qui se trouve sur son passage vont être coupés.

Pour que cette plate-forme ait une longue durée de vie, et pour qu'elle puisse répondre à sa fonction, il faudra assurer une bonne évacuation des eaux souterraines, et un rétablissement des écoulements naturelle coupé en surface.

VII.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 celui 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 :

Dans le cadre de notre étude nous allons traiter le dernier cas cité, car tous les cours d'eau que notre route intercepte ont des bassins versants de superficie inférieurs à 100 Km².

VII.3 Assainissement de la chaussée :

Vue la nature des bassins versants de la région de notre projet nous allons avoir des débits assez faibles et dans ce cas de figure les ouvrages sous chaussée qui seront dimensionner seront des dalots est les buses à section circulaire.

Parmi les ouvrages destinés à l'écoulement des eaux, on peut citer 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).

Les différents ouvrages cités sont illustres dans la figure ci-dessous.

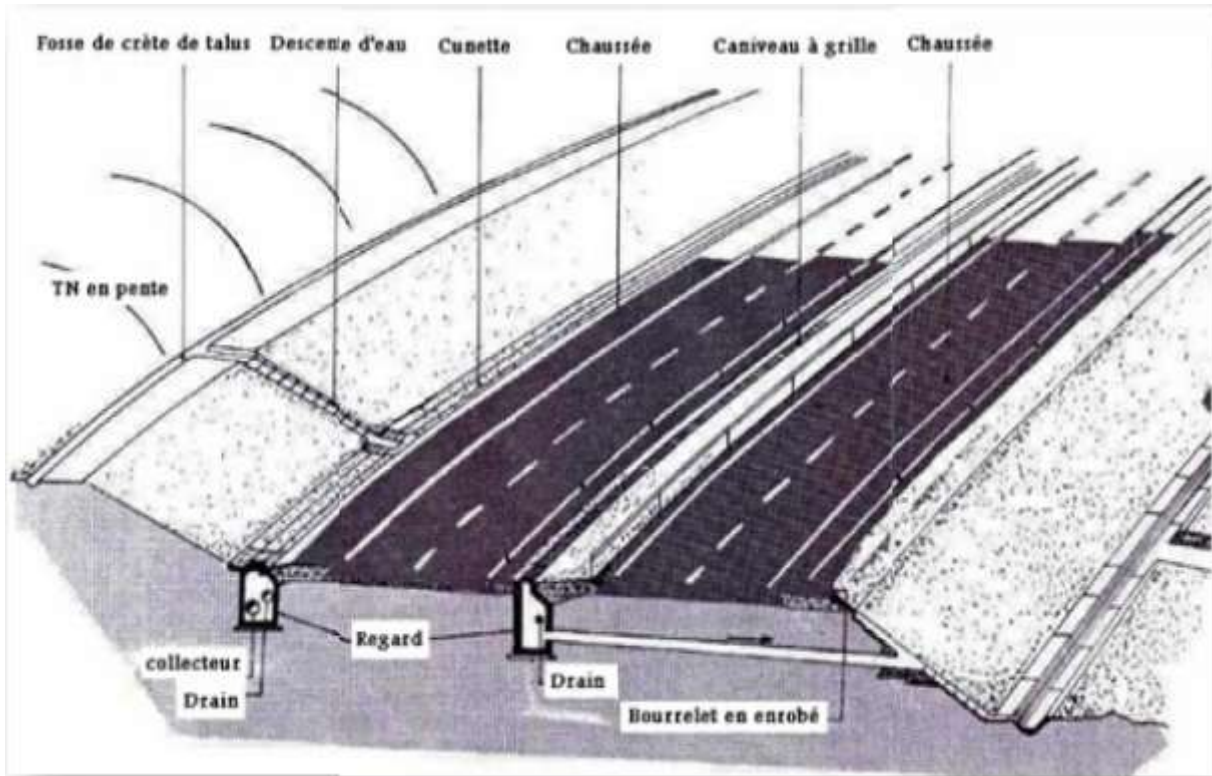


Figure 43: Différents ouvrages d'assainissement

VII.4 Dégradation causées par les eaux :

a. Pour les chaussées :

- . Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées).
- . Dés-enrobage.
- . Nid de poule
- . Décollement des bords (affouillement des flancs).

b. Pour les talus :

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

VII.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 est l'évacuation des eaux internes (le drainage).
- . La lutte contre la pollution routière.

VII.6 Détermination des bassins versants :

Pour déterminer les bassins versants qui influent sur notre route, nous allons utiliser deux logiciels (Google earth. Global Mapper). Nous allons procéder par plusieurs étapes pour déterminer les caractéristiques de ces bassins.

Etape 1 :

La première étape consiste à tracer un trajet sur **Google earth** qui va simuler l'axe qu'on a conçu auparavant sur le logiciel **Piste 5**.

Après cela on va enregistrer ce trajet sous format **KMZ** dans un nouveau fichier.



Figure 44: Illustration de la route sur Google Earth

Etape 2 :

Avec le logiciel **Global Mapper** on ouvre le Trajet créé sur **Google earth**, et on procède à sa configuration on lui intégrant la catégorie et l'hémisphère de la région de notre étude.

Après cela avec le même logiciel on télécharge une image satellite qui va se coller sur le trajet.

Remarque :

Une fois que le logiciel télécharge et duplique la photo satellite sur le trajet dessiné sur Google earth, on remarque que la photo téléchargée correspond exactement à la région de notre projet ce qui confirme que la catégorie et l'hémisphère introduits sont justes. Donc on peut continuer notre application en toute sécurité.

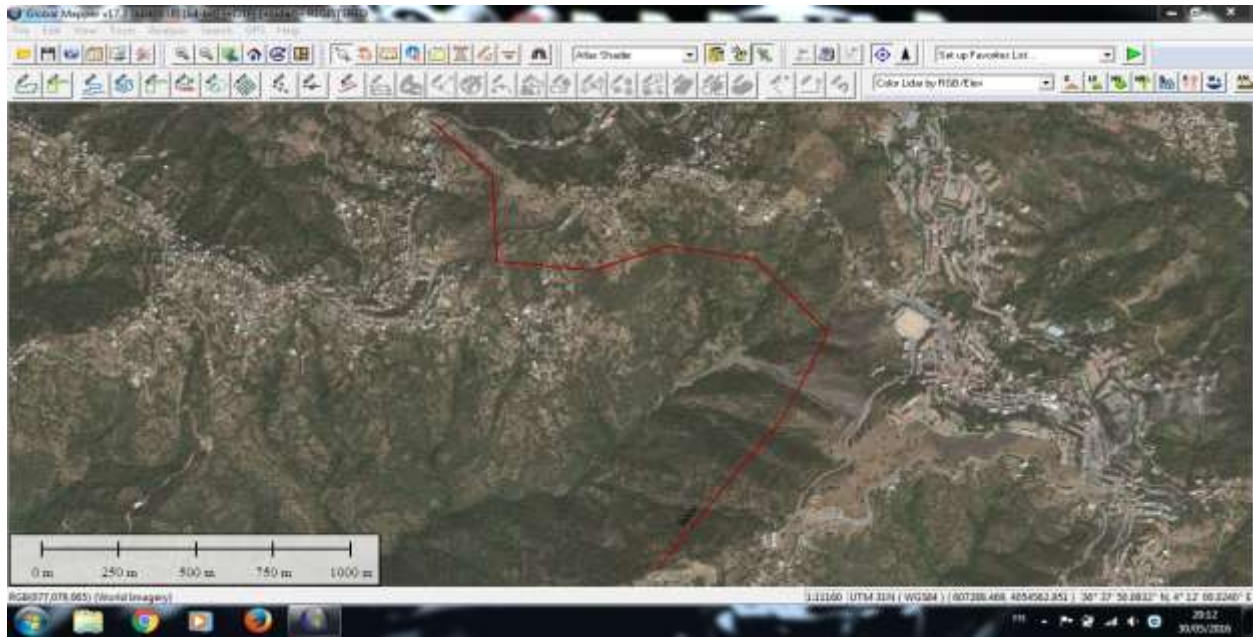


Figure 45: Image télécharger par Global Mapper

Etape 3 :

- .On procède au téléchargement des données X, Y, Z qui vont définir l'allure de notre terrain.
- . On calcul les courbes de niveau avec une précision d'une équidistance de 10 m.

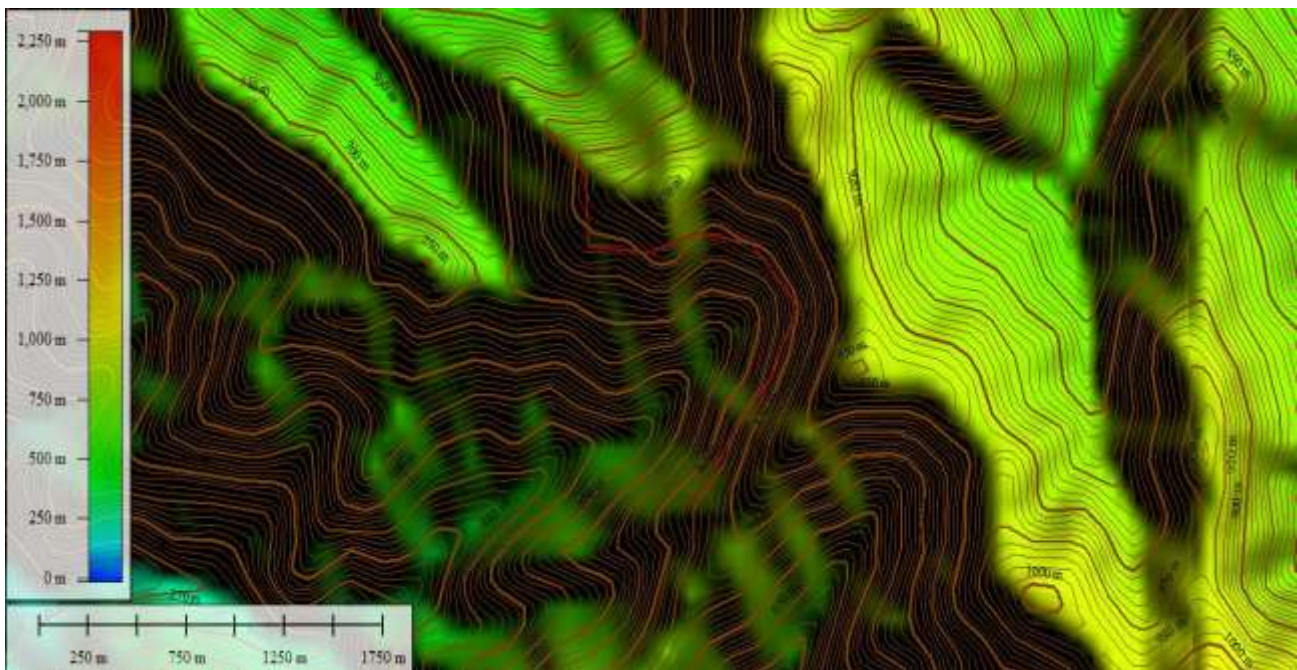


Figure 46: Courbe de niveau de la région

. On fait une simulation en 3D pour visionner plus clairement l'allure du terrain.

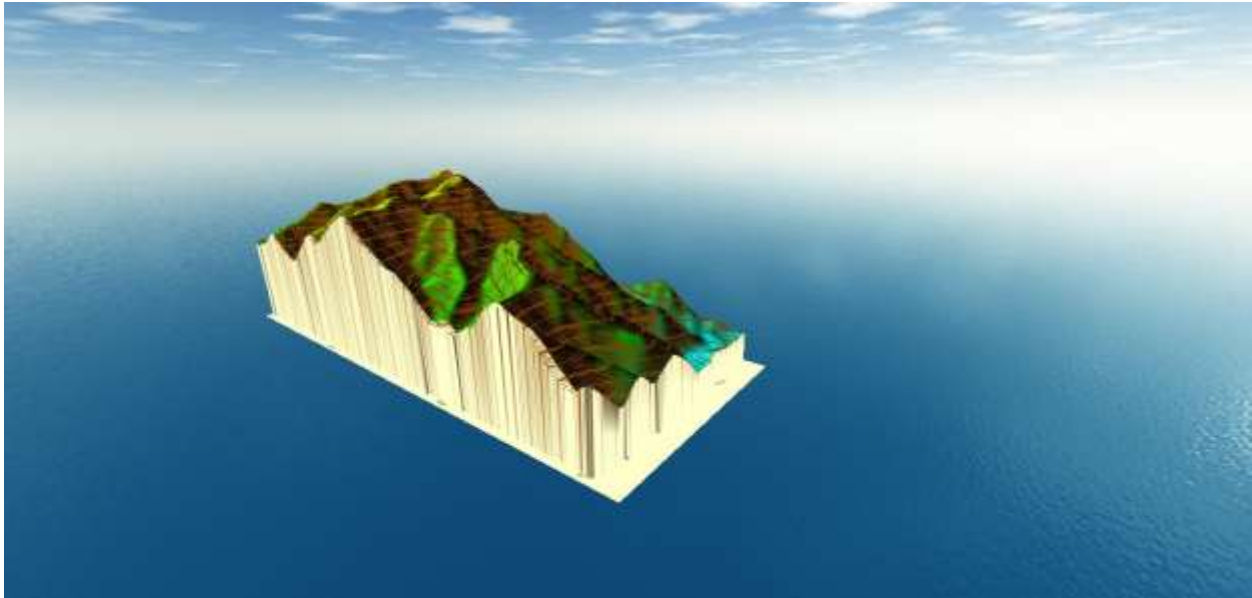


Figure 47: Terrain en 3D

Etape 4 :

- . On délimite la Zone des Bassins en utilisant l'outil de digitalisation.
- . On introduit les caractéristique spécifique à nos bassins est On les calculs.
- . Une fois les bassins calculés on délimite ceux qui vont influencer sur notre route.



Figure 48: Illustration des Bassins versant de la région

. En utilisant l'outil **control center** on décoche le calque des bassins versants pour mieux visualiser les lignes d'écoulement, et en fait un modèle **3D** pour bien observer le sens des écoulements est leur point d'intersection avec la route.

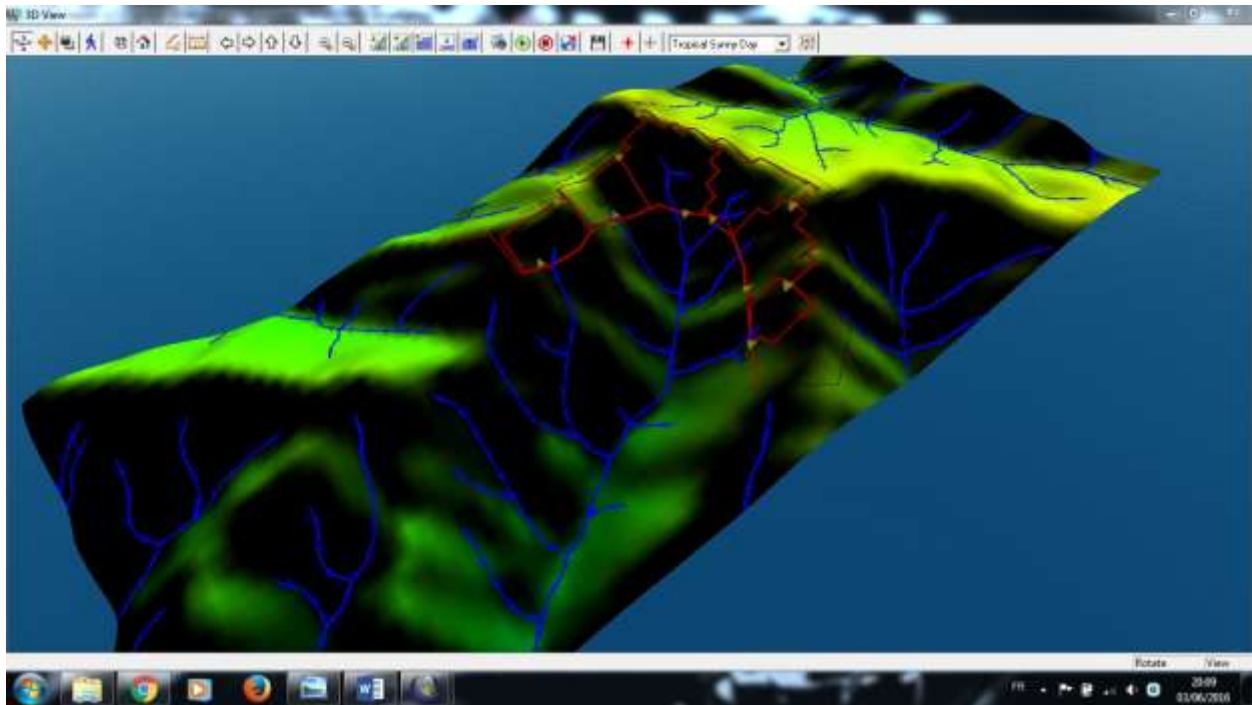


Figure 49: Modèle 3D des lignes d'écoulement

. Avec l'outil **feature Mesurment** on calcul les caractéristique de ces bassins, et le logiciel nous donne les résultats sous forme de tableau.

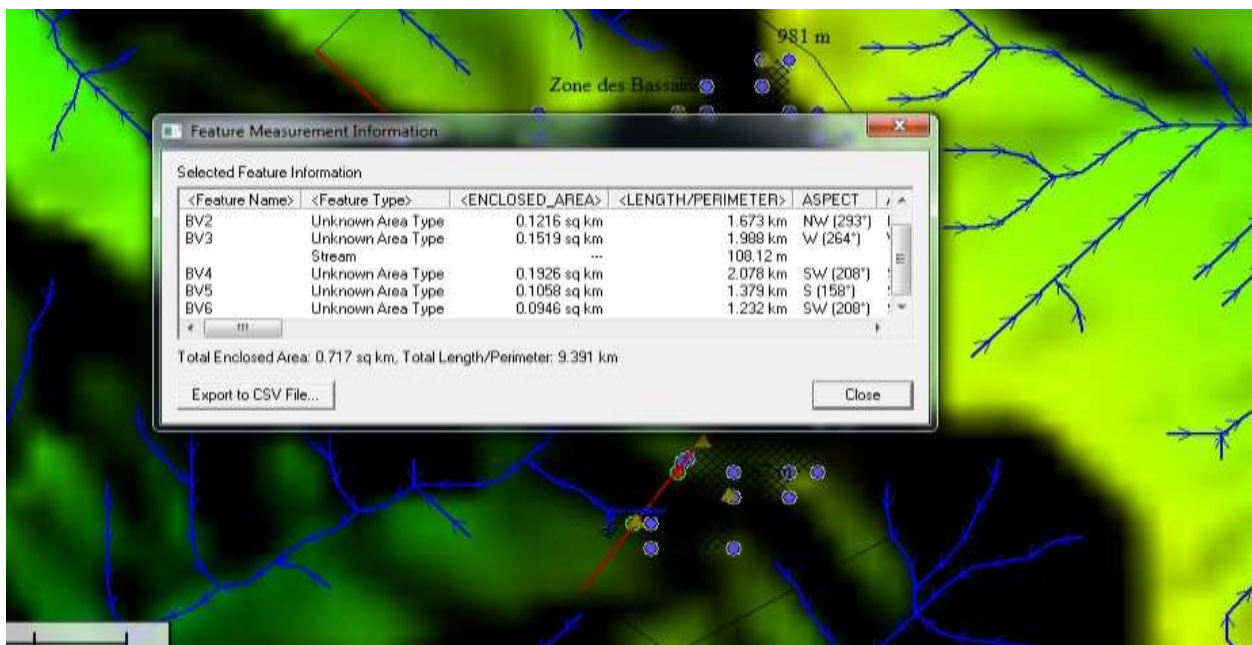


Figure 50: Résultats des calculs

N° BV	Surface du BV (Km ²)	Périmètre (Km)	Hmax (m)	Hmin (min)	Dénivellement (m)	Longueur (m)	Pente (%)
BV1	0.0504	932.45 m	867	718	149	57.892	49.95
BV2	0.1216	1.673	943	749	194	76.37	52.28
BV3	0.1519	1.988	956	765	191	161.49	36.24
BV4	0.1926	2.078	981	773	208	280.41	38.61
BV5	0.1058	1.379	917	785	132	69.982	35.34
BV6	0.0946	1.232	886	778	108	72.341	28.97

Tableau VII.1 : Caractéristique physique des bassins versants.

VII.7 Les données pluviométriques :

Les données hydrauliques sont tirées de l'étude effectuée par l'A.N.R.H dans la région de Tizi-Ouzou. [8]

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

VII.8 Dimensionnement des ouvrages d'évacuations :

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 Qs donné par la formule de Manning Strickler :

$$Q_S = K_{st} R_h^{2/3} I^{1/2} S$$

La méthode de dimensionnement 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.

8.1 Calcul des débits d'apports :

$$Q_a = K C I A$$

Avec:

K: coefficient de conversion des unités (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.

8.1.1 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

$$C = C1 + C2 + C3$$

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

Tableaux VII.2 : Valeur du coefficient de ruissellement C

8.1.2 Intensité de la pluie (I) :

$$I_t = I (t_c/24)^B$$

Avec:

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

T_c : 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 :

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

Pj_{moj} : 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 VII.3 : Valeur du Coefficient variable de Gauss.

Remarque :

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

b) Calcul de la fréquence d'averse :

Pour une durée de (t= 15 min= 0.25 h), La fréquence d'averse est donnée par la formule suivante :

$$Pt(\%) = Pj(\%) \cdot \left(\frac{t_c}{24}\right)^b$$

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

b : Exposant climatique.

Pt : 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 :

La durée <t> de l'averse qui produit le débit maximum Q étant prise égale au temps de concentration, Dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé respectivement d'après **Ventura, Passini**, comme suit :

1. Lorsque $A < 5 \text{ Km}^2$: $t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}}$

2. Lorsque $5 \text{ Km}^2 \leq A < 25 \text{ Km}^2$: $t_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}}$

3. Lorsque $25 \text{ Km}^2 \leq A < 200 \text{ Km}^2$: $t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}}$

t_c : Temps de concentration (heure).

A : Superficie du bassin versant (Km²).

L : Longueur de bassin versant (km).

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

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

Pour le calcul des temps de concentration des BV interceptés par notre projet nous appliquons la formule de Ventura vu qu'elle présente 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
Tc (h)	0.0040	0.0061	0.0082	0.0089	0.0069	0.0072

Tableau VII.4 : Temps de concentration des BV

8.2 Calcul des débits de saturation (Qs):

Le débit de saturation ou le débit capable est calculé par le biais de la formule de Manning Strickler sur un écoulement en régime uniforme.

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

Avec :

I : pente de pose de l'ouvrage

S : section mouillée

R_h : Rayon hydraulique moyen (m) = (surface mouille / périmètre mouille)

K_{st} : Coefficient de Manning Strickler tel que :

- . Paroi en terre : K_{st} = 40
- . En buses métalliques K_{st} = 40
- . Maçonneries K_{st} = 50
- . Bétons (Dalots) K_{st} = 70
- . Buses préfabriquées K_{st} = 80 bétons

VII.9 Application au projet :

9.1 Calcul de précipitation :

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

. Pendant 10 ans :

$$u = 1.282 \quad C_v = 0.38 \quad P_j = 63$$

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

$$P_j (10\%) = 94.3 \text{ mm.}$$

. Pendant 50ans :

$$u = 2.057 \quad C_v = 0.38 \quad P_j = 63$$

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

$$P_j (02\%) = 125.35 \text{ mm.}$$

. Pendant 100 ans :

$$u = 2.327 \quad C_v = 0.38 \quad P_j = 63$$

$$P_j (10\%) = \frac{63}{\sqrt{0.38^2 + 1}} \cdot e^{2.327 \sqrt{\ln(0.38^2 + 1)}}$$

$$P_j (01\%) = 138.42 \text{ mm.}$$

• **Fréquence d'averse :**

Pour une durée de ($t = 15 \text{ min} = 0.25 \text{ h}$), elle sera déterminé par la formule :

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

Pendant 10 ans :

$$P_t (10\%) = P_j (10\%) \cdot (t_c/24)^b = 94.3(0.25/24)^{0.37} = 17.42 \text{ mm}$$

$$P_t (10\%) = 13.86 \text{ mm}$$

Pendant 50 ans :

$$P_t (02\%) = 125.35(0.25/24)^{0.37} = 23.15 \text{ mm}$$

$$P_t (02\%) = 23.15 \text{ mm}$$

Pendant 100 ans :

$$P_t (01\%) = 138.42(0.25/24)^{0.37} = 25.57 \text{ mm}$$

$$P_t (01\%) = 25.57 \text{ mm}$$

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

Les intensités de pluies pour chaque BV seront calculées pour une période de retour de 10 ans.

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

Avec :

I : L'intensité de l'averse pour une durée de 1H $\rightarrow I = 94.3/24 = 3.93 \text{ mm/h}$

$$B = b - 1 = 0.37 - 1 = -0.63$$

BV1:

$$I_{10} = 3.93 \times (0.0040/24)^{-0.63} = 943.25$$

$$I_{10} = 943.25$$

BV2:

$$I_{10} = 3.93 \times (0.0061/24)^{-0.63} = 723.04$$

$$I_{10} = 723.04$$

BV3:

$$I_{10} = 3.93 \times (0.0082/24)^{-0.63} = 600.09$$

$$I_{10} = 600.09$$

BV4:

$$I_{10} = 3.93 \times (0.0089/24)^{-0.63} = 569.91$$

$$I_{10} = 569.91$$

BV5:

$$I_{10} = 3.93 \times (0.0069/24)^{-0.63} = 669.03$$

$$I_{10} = 669.03$$

BV6:

$$I_{10} = 3.93 \times (0.0072/24)^{-0.63} = 651.33$$

$$I_{10} = 651.33$$

9.2 Dimensionnement des ouvrages hydrauliques :

9.2.1 Calcul des débits d'apport des BV : $Q_a = K.C.I.A$

N° BV	PK	Surface (Km ²)	K	C	I ₁₀	Débit d'apport (m ³ /s)
BV1	2+518	0.0504	0.2778	0.2	943.25	2.64
BV2	1+907	0.1216	0.2778	0.2	723.04	4.88
BV3	1+753	0.1519	0.2778	0.2	600.09	5.06
BV4	1+526	0.1926	0.2778	0.2	569.91	6.09
BV5	1+164	0.1058	0.2778	0.2	669.03	3.93
BV6	0+683	0.0946	0.2778	0.2	651.33	3.42

Tableau VII.5 : des débits d'apport des BV

9.2.2 Dimensionnement des fossés :

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

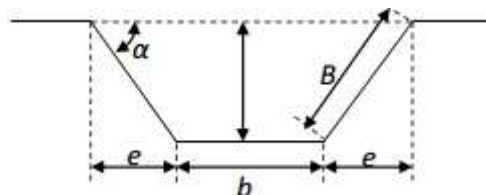


Figure 51: coupe transversale d'un fossé

Avec :

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 calculer 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 : **Qa = Qs** → **K.I.C.A = Kst.i1/2Sm.Rh2/3**

- **Calcul de la surface mouillée :**

$$S_m = bh + 2(eh/2)$$

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

$$S_m = bh + n.h^2 = h.(b+n.h) \rightarrow \mathbf{S_m = h.(b+n.h)}$$

- **Calcul du périmètre mouillé :**

$$P_m = b + 2B$$

$$\text{Avec : } B = (h^2 + e^2)^{1/2} = (h^2 + n^2.h^2)^{1/2} = h.(1 + n^2)^{1/2}$$

$$\mathbf{P_m = b + 2h.(1+n^2)^{1/2}}$$

- **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'écrira alors :

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

- **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 a :

$$Q_a = Q_c + Q_A + Q_t$$

Avec :

Q_A = K.I.C_A.A_A : débit apporté par l'accotement

Q_t = K.I.C_t.A_t : débit apporté par le talus

Q_c = K.I.C_c.A_c : débit apporté par la chaussée

Et :

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 :**

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

$$\checkmark I = 3.93 \text{ mm/h pour 10 ans}$$

$$\checkmark B = b - 1 = 0.37 - 1 = -0.63$$

$\checkmark t_c$: la durée de chute de pluie varie de 10 à 60 minutes si on prend :

$t_c = 15 \text{ mn} = 0.25 \text{ h}$, on aura :

$$I_t = I \cdot (t_c/24)^B = 3.93 \times (0.25/24)^{-0.63} = 69.70 \text{ mm/h}$$

$$\mathbf{I_t = 69.70 \text{ mm/h}}$$

• **Calcul des débits:**

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

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

$$Q_t = 2,778 \times 0,25 \times 69,7 \times 0,2 = \mathbf{9,68 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$\mathbf{D'ou: Q_a = Q_C + Q_A + Q_t = 23.58 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 0.02358 \text{ m}^3/\text{s}}$$

• **Calcul de la hauteur h.**

On a :

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

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 $\Rightarrow K_{st} = 70$ et la pente de l'ouvrage égale à **1%**. On fixe : $b = 0.5 \text{ m}$, $n = 1.5$ et on calcule Q_s pour les différentes valeurs de (h).

$$Q_s = 70 \times (0.01)^{1/2} \times 0.4 \times (0.5 + (1.5 \times 0.4)) \times \left[\frac{0.4 \times (0.5 + 1.5 \times 0.4)}{0.5 + 2 \times 0.4 \sqrt{1 + 1.5^2}} \right]^{2/3} = \mathbf{1.44 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$\text{Pour } h=0.4 \text{ on a: } Q_s = 1.44 \text{ m}^3/\text{s} > Q_a = 0.02358 \text{ m}^3/\text{s}$$

Donc le débit d'apport est nettement inférieur à celui de saturation ce qui signifie que les dimensions du fossé proposé est largement suffisant pour faire passer les apports du bassin versant.

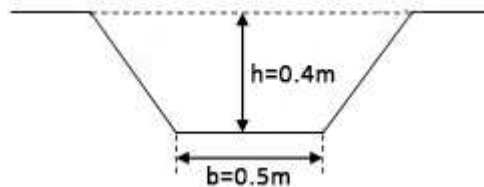


Figure 52: Dimensions du fossé calculé

9.2.3 Dimensionnements des BUSES :

1. Procédure de dimensionnements des buses.

Pour dimensionner les buses on prend :

$$Q_a = Q_s \Rightarrow Q_a = K.C.I.A, \text{ et } Q_s = S.K_{st}.R^{2/3}.I^{1/2}$$

On calcule une section de périmètre mouillé pour une hauteur de remplissage qui est égale à :

- . 0.75 De diamètre si ce dernier est inférieur à 1 m.
- . 0.80 De diamètre si celui-ci est supérieur à 1 m.

Avec :

Rh : rayon hydraulique = $(3/5).R$

Pm : périmètre mouillé = $(4/3).\pi.R^2$

Sm : surface mouillée = $(4/5).\pi.R^2$

On prend en considération un coefficient de rugosité donnée selon le matériau constituant l'ouvrage.

En suite on donne une pente de pose qui vérifie la condition de limitation de vitesse maximale qui est égale à 4m/s.

Une fois le diamètre calculé, on adoptera un diamètre normalisé commercial tel que : $\Phi 400, \Phi 500, \Phi 800, \Phi 1000, \Phi 1200, \Phi 1500 \dots$ etc.

2. Application au projet :

Données : au Pk 2+518, sur le BV1 on a :

- . Un coefficient de rugosité pour le béton armé : $K_{st}=80$
- . Une pente de pose de l'ouvrage : $I = 2.5\%$
- . Un débit d'apport : $Q_a = Q_C + Q_A + Q_t + Q_{BV1} = 0.02358 + 2.64 = 2.66 \text{ m}^3/\text{s}$

✓ Calcul du rayon hydraulique :

$$\text{On a: } Q_a = Q_s = K.I.C.A = K_{st}.I^{1/2}.S_m.Rh^{2/3} \rightarrow R^{8/3} = (Q_a \times 2^{2/3}) / (K_{st} \times 1/2 \times \pi \times I^{1/2})$$

$$R^{8/3} = (2.66 \times 2^{2/3}) / (80 \times \frac{1}{2} \times 3.14 \times 0.025^{1/2}) = 4.22 / 19.85 = 0.2125$$

$$R^{8/3} = 0.2125 \rightarrow \ln(R^{8/3}) = \ln(0.2125)$$

$$(8/3) \ln R = -1.548 \rightarrow \ln R = -0.580 \rightarrow R = e^{-0.580} = 0.559 \text{ m}$$

$$D = 2R = 2 \times 0.559 = 1.119 \text{ m}$$

D'où: le diamètre de la buse est de 1.119 m, on adoptera un **$\Phi 1200 \text{ mm}$** .



Figure 53: Buse de diamètre 1200 mm

Données : au Pk 0+683 sur le BV6 on a :

- . Un coefficient de rugosité pour le béton armé : $K_{st}=80$
- . Une pente de pose de l'ouvrage : $I = 2.5\%$
- . Un débit d'apport : $Q_a = Q_C + Q_A + Q_t + Q_{BV1} = 0.02358 + 3.42 = 3.44 \text{ m}^3/\text{s}$

✓ **Calcul du rayon hydraulique :**

$$\text{On a: } Q_a = Q_s = K.I.C.A = K_{st}.I^{1/2}.S_m.Rh^{2/3} \rightarrow R^{8/3} = (Q_a \times 2^{2/3}) / (K_{st} \times 1/2 \times \pi \times I^{1/2})$$

$$R^{8/3} = (3.44 \times 2^{2/3}) / 80 \times \frac{1}{2} \times 3.14 \times 0.025^{1/2} = 5.46 / 19.85 = 0.275$$

$$R^{8/3} = 0.275 \rightarrow \ln(R^{8/3}) = \ln(0.275)$$

$$(8/3) \ln R = -1.29 \rightarrow \ln R = -0.484 \rightarrow R = e^{-0.484} = 0.616 \text{ m}$$

$$D = 2R = 2 \times 0.616 = 1.232 \text{ m}$$

D'où: le diamètre de la buse est de 1.119 m, on adoptera un **Φ1500 mm**.



Figure 54: buse de diamètre 1500 mm

9.2.4 Dimensionnements des Dalots :

Un dalot c'est un ouvrage hydraulique constitués par deux murettes verticales au pied droit sur lesquelles repose une dalle. Les pieds droits sont posés sur une fondation ou un radier.

Les sections transversales des dalots peuvent avoir de diverses formes, les plus utilisés en Algérie sont de forme rectangulaire.

1. Procédure de dimensionnement des dalots :

Pour dimensionner un dalot on fixe la hauteur d'après la configuration du profil en long et on calcule la travée nécessaire puis on fixe la hauteur de remplissage à **$p=0.8h$**

Pour la section se calcule comme pour les fossés, on change juste la hauteur de remplissage et la hauteur du dalot.

. Un périmètre mouillé : **$P_m = 2 \times (0.8 \times h + L)$**

. Une surface mouillée : **$S_m = 0.8 \times h \times L$**

. Un rayon mouillé : **$R_m = S_m / P_m = 0.8 \cdot h \cdot L / (1.6 \cdot h + L) = 3/5 \cdot R$**

Pour le débit qui est rapporté par le bassin versant connu, doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot c'est-à-dire **$Q_a = Q_s = S \cdot K_{st} \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}$**

2. Application au projet : bassin versant N° 4

. **$Q_{ABV4} = 6.09 \text{ m}^3/\text{s}$**

. **$K_{st} = 70, I = 2.5\%$**

• Calcul des surfaces:

Surface de la chaussée : **$A_c = 7 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0.07 \text{ ha.}$**

Surface de l'accotement : **$A_A = 1.5 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0.015 \text{ ha.}$**

Surface du talus : **$A_t = 20 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0.2 \text{ ha.}$**

$A = A_c + A_A + A_t = 0.285 \text{ ha.}$

• Calcul de l'intensité à l'averse:

✓ **$I = 5.22 \text{ mm/h}$** pour 50 ans

✓ **$B = b - 1 = 0.37 - 1 = -0.63$**

✓ **t_c** : la durée de chute de pluie varie de 10 à 60 minutes si on prend :

$t_c = 15 \text{ mn} = 0.25 \text{ h}$, on aura :

$I_t = I \cdot (t_c/24)^B = 5.22 \times (0.25/24)^{-0.63} = 92.57 \text{ mm/h}$

$I_t = 92.57 \text{ mm/h}$

- **Calcul des debits:**

$$Q_C = 2,778 \times 0,95 \times 92,57 \times 0,07 = 17,1 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_A = 2,778 \times 0,35 \times 92,57 \times 0,015 = 1,35 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_t = 2,778 \times 0,25 \times 92,57 \times 0,2 = 12,9 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

D'ou: $Q_a = Q_C + Q_A + Q_t = 31,35 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 0,03135 \text{ m}^3/\text{s}$

- **Calcul de la hauteur:**

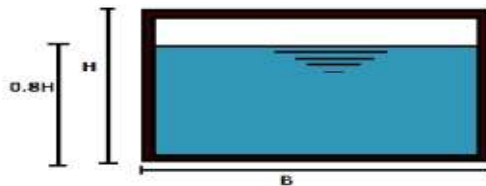
On propose une Largeur: $B = 2\text{m}$.

$$Q_a = Q_C + Q_A + Q_t + Q_{BV4} = 0,03135 + 6,09 = 6,22 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{On a: } Q_a = Q_s = K_{st} \times I^{1/2} \times h \times L \times \left[\frac{0,8 \cdot h \cdot L}{1,6h + 2L} \right]^{\frac{2}{3}} \times 0,8 \times L \times h$$

$$H = \frac{1}{0,8B} \times \left(\frac{Q_a}{K_{st} \times I^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{5}} \times (1,6H + B)^{\frac{2}{5}}$$

$$H = \frac{1}{0,8 \cdot 2} \times \left(\frac{6,22}{70 \times 0,025^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{5}} \times (1,6H + 2)^{\frac{2}{5}} \rightarrow H = 1,394 \text{ m}$$



On prend $H = 1,50 \text{ m}$, $B = 2\text{m}$

Figure 55: illustration d'un dalot

Bassin versant N°3:

On pose $B = 2\text{m}$

$$Q_a = Q_C + Q_t + Q_A + Q_{aBV3} = 0,03135 + 5,06 = 5,09 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = \frac{1}{0,8 \times 2} \times \left(\frac{5,09}{70 \times 0,025^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{5}} \times (1,6H + 2)^{\frac{2}{5}} \rightarrow H = 0,637\text{m}$$

On prend $H = 1\text{m}$ $B = 2\text{m}$

Bassin versant N°2:

On pose $B = 2\text{m}$

$$Q_a = Q_C + Q_t + Q_A + Q_{aBV2} = 0,03135 + 4,88 = 4,9 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = \frac{1}{0.8 \times 2} \times \left(\frac{4.9}{70 \times 0.025^2} \right)^{\frac{3}{5}} \times (1.6H + 2)^{\frac{2}{5}} \rightarrow H = 0.619\text{m}$$

On prend H=1m B=2m

Remarque:

Vu que le débit du BV5 est inférieur à celui du BV2, donc on opte directement pour un dalot de même dimension que celui calculé dans le BV2.

Conclusion :

Bassins versant	PK	Ouvrage	Dimensions
BV1	2+518	Buse	Φ 1200 mm
BV2	1+907	Dalot	2m×1m
BV3	1+753	Dalot	2m×1m
BV4	1+526	Dalot	2m×1.50m
BV5	1+164	Dalot	2m×1m
BV6	0+683	Buse	Φ 1500 mm

Tableau VII.6 : récapitulatif de l'ensemble des ouvrages d'assainissement de notre projet.

Remarque :

En plus des ouvrage calculé ci-dessus en va opter aussi pour des décente d'eaux tous les 40m.

Chapitre VIII : Equipement de la route

VIII.1 Introduction à la signalisation routière :

Plus les caractéristiques géométriques de la route s'améliorent plus la vitesse de base augmente et le risque d'accident augmente avec, ce qui oblige l'ingénieur routier de prévoir des signalisations qui doivent être uniforme, continue et homogènes afin de ne pas fatiguer l'attention de l'utilisateur par une utilisation abusive de signaux.

VIII.2 L'objet de la signalisation routière :

La signalisation routière a pour rôle :

- De donner des informations relatives à l'utilisateur de la route.
- De rendre plus sûr et plus facile la circulation routière.
- De rappeler certaine prescription du code de la route.

VIII.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.

VIII.4 Règles à respecté pour la signalisation:

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

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

VIII.5 Types De signalisation :

On distingue deux types de signalisation : la signalisation Verticale et horizontale

5.1 Signalisation Verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, ces derniers sont des objets qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme.

- **Signalisation avancée :** Le signal A24 est placé à une distance de 150m de l'intersection. Le signal B3 accompagné dans tous les cas d'un panneau additionnel (modèle G5) est implanté sur la route prioritaire.
- **Signalisation de position :** Le signal de type B2<< arrêt obligatoire>> est placé sur la route ou les usagers doivent marquer l'arrêt.
- **Signalisation de direction :** Le rôle de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixé, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75°.

5.2 Signalisation Horizontale :

Il s'agit uniquement des marques sur la chaussée qui sont utilisées pour régler la circulation, avertir et guider les usagers. La signalisation horizontale se divise en trois types.

5.2.1 Marques longitudinales :

- **Lignes continues :** Elles sont non franchissables sauf du côté où elles sont doublées par une ligne discontinue, ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit.

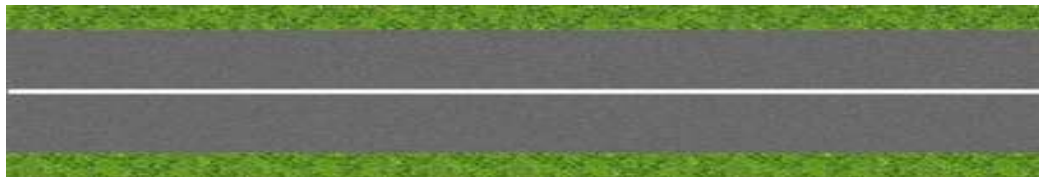


Figure 56: Ligne discontinue

- **Ligne discontinues :**

Contrairement aux lignes continues elles sont franchissables, elle se différencie par leur module, c'est-à-dire le rapport de longueur des traits à celle de leurs intervalles. Les modulations des lignes discontinues sont récapitulées dans le tableau suivant :

Type de modulation	Longueur du trait (en mètre)	Intervalle entre deux traits successifs (mètre)	Rapport plein vide
T1 T'1	3.00 1.50	10.00 5.00	Environ 1 / 3
T2 T'2	3.00 0.50	3.50 0.50	Environ 1
T3 T'3	3.00 20.00	1.33 6.00	Environ 3

Tableau VIII.1:Modulation des lignes discontinue

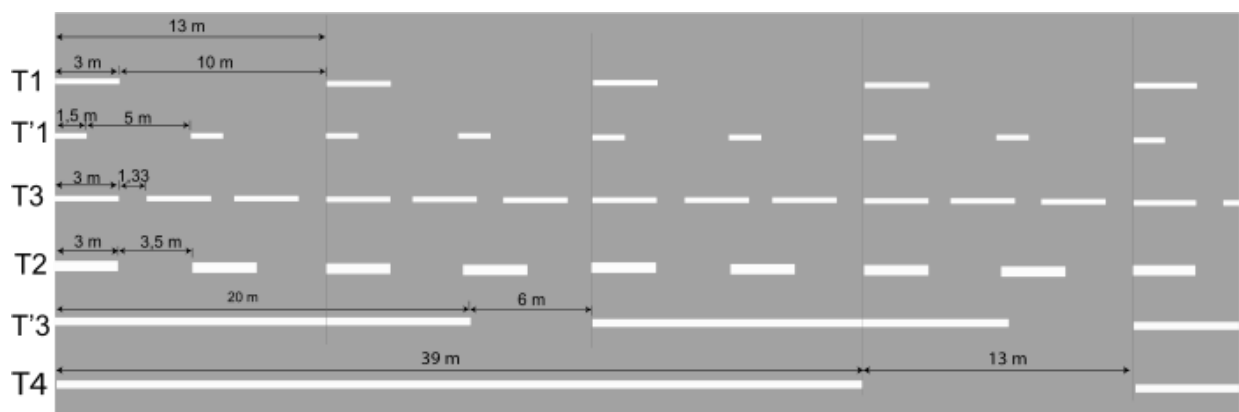


Figure 57: Démonstration des modulations

5.2.2 Marques transversales :

- **Ligne Stop :**

C'est une ligne continue qui oblige les usagers de marquer un arrêt.

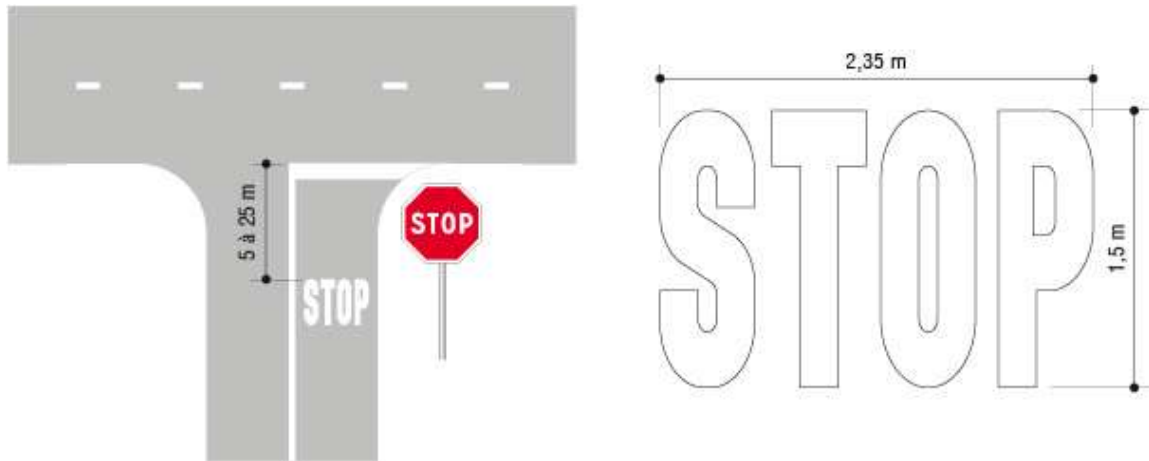


Figure 58: Ligne STOP

5.2.3 Autres signalisation :

- **Les flèches de rabattement :** Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située du côté qu'elles indiquent.
- **Les flèches de sélection :** Ces celle situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.

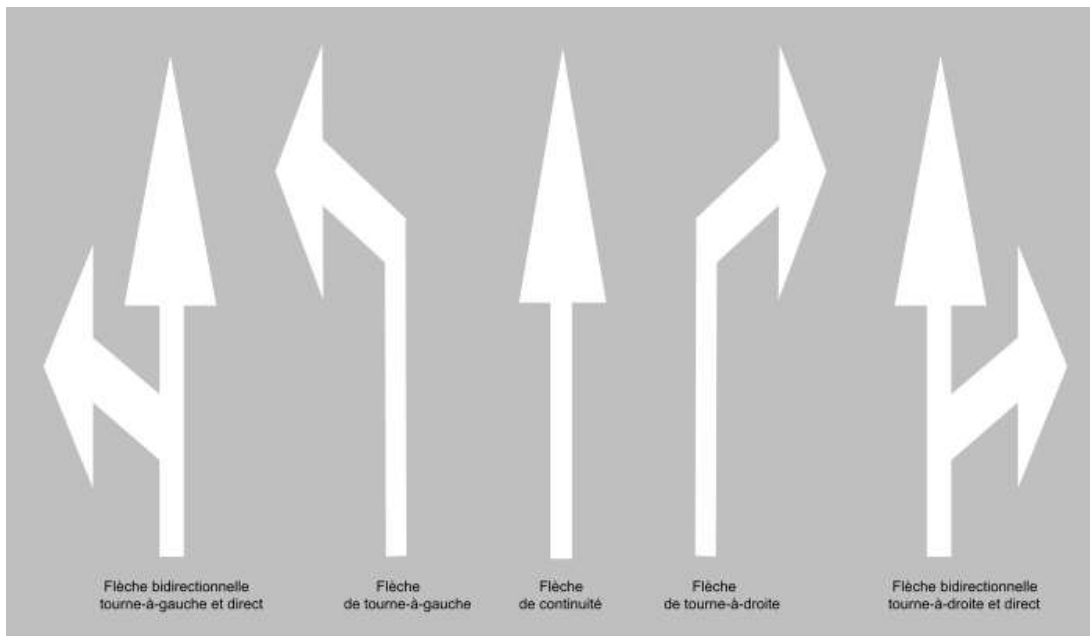


Figure 59: Différents types de flèches

- **Largeur des lignes :**

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur <U> différente selon le type de route.

U = 7.5cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.

U = 6 cm sur les routes et voies urbaines.

U = 5 cm sur les autres routes.

VIII.6 Application au projet :

Tout en respectant les critères énoncés, ainsi que la réglementation routière algérienne, les différentes signalisations qui seront appliquées à notre projet vont être illustrées ci-dessous.

- **Signalisation verticale :**



Danger virage à droite



Danger virage à gauche



Succession de virages



Limitation de vitesse à 40Km/h



Limitation de vitesse à 60Km/h

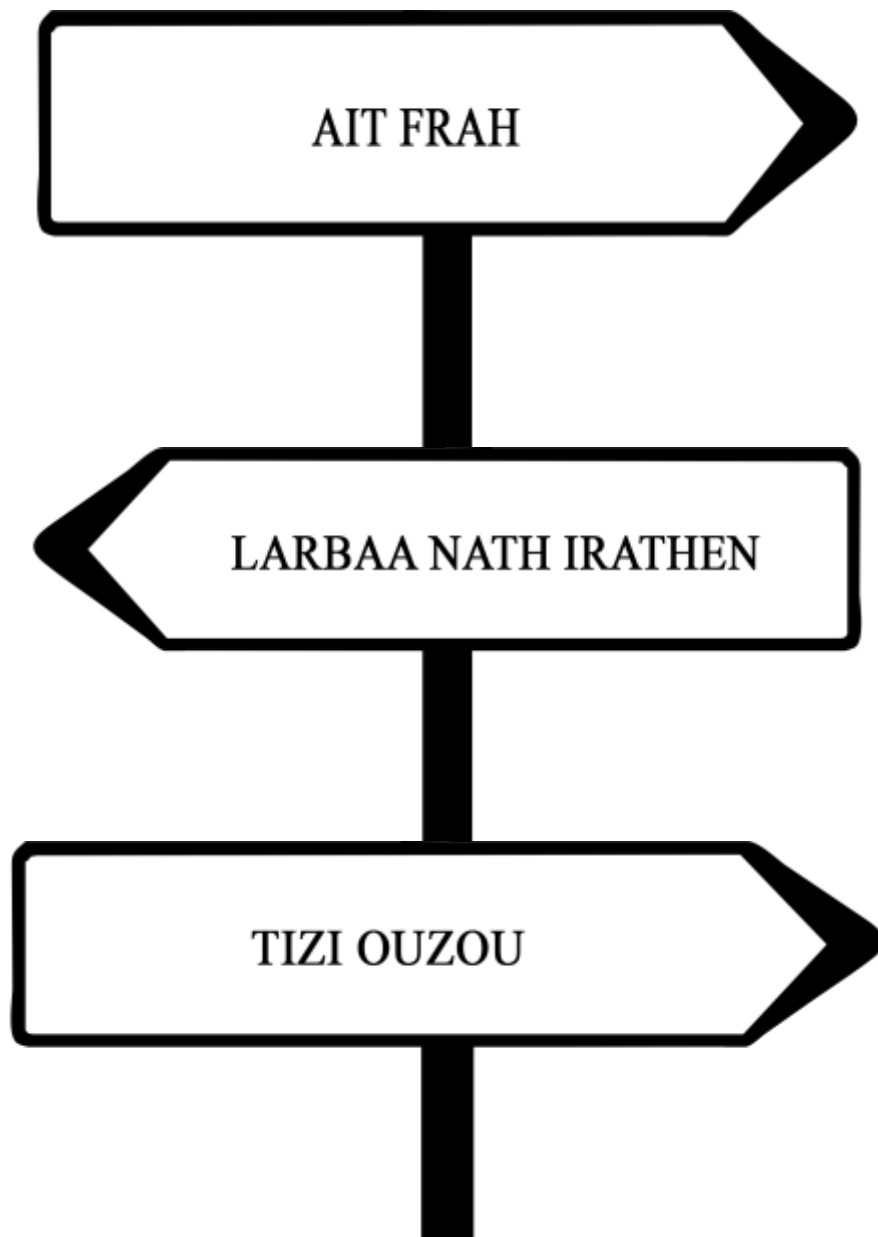
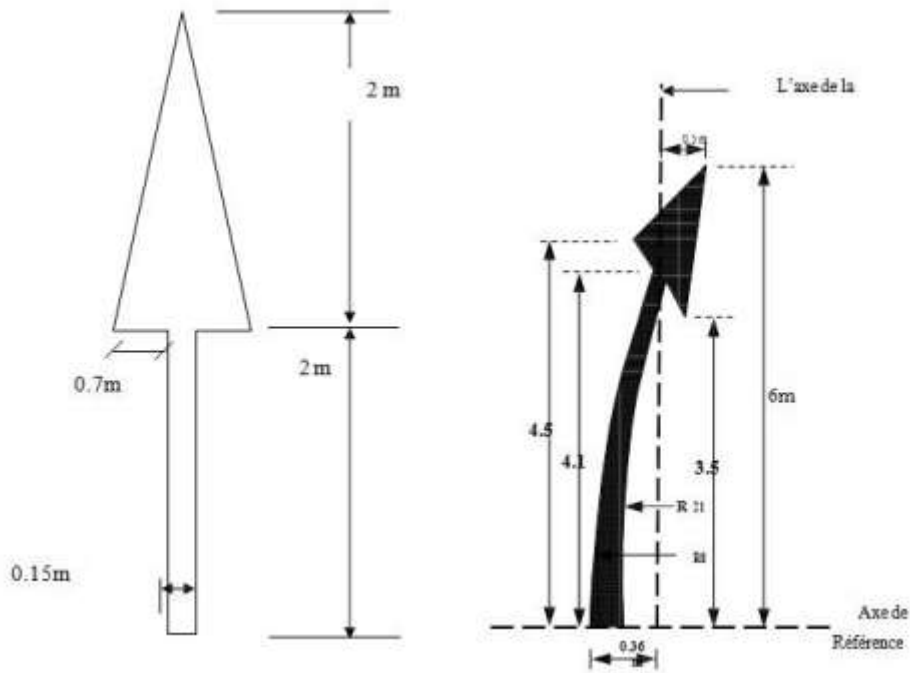


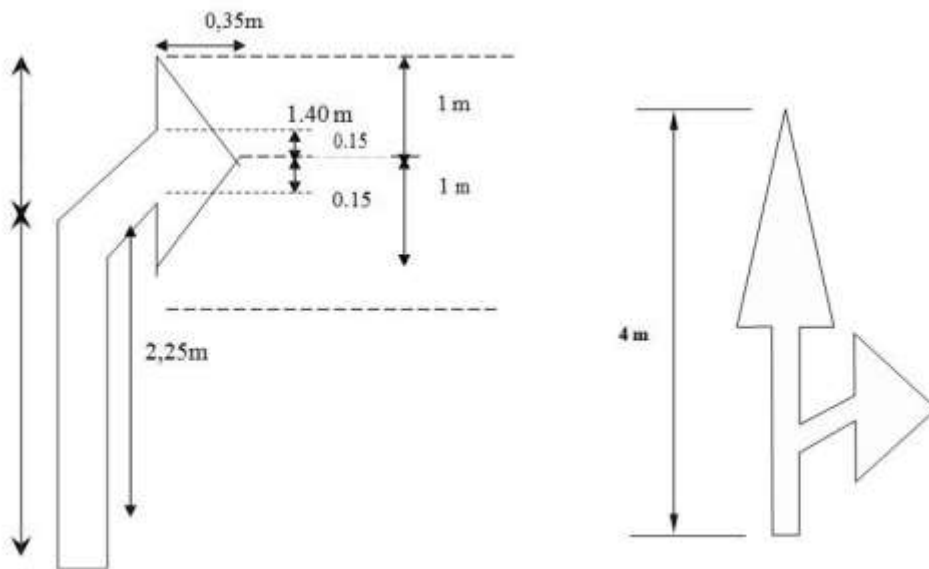
Figure 60:Exemple de signalisation verticale de la route

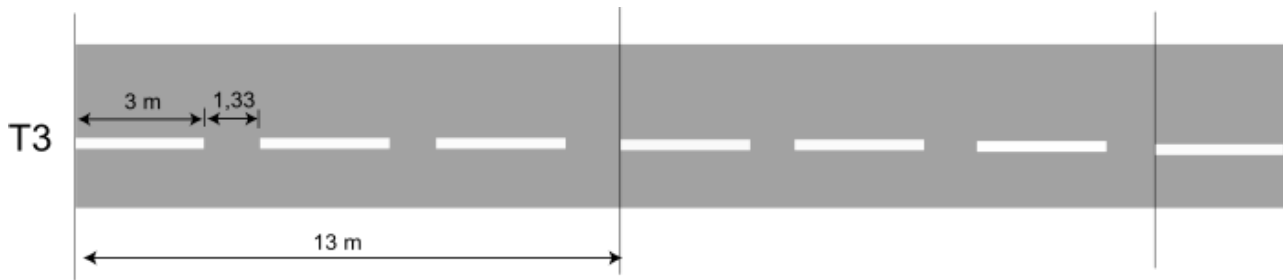
• **Signalisation horizontale :**



Fleche de sélection

Fleche de rabattement





Ligne discontinue de modulation de type T3



Ligne continue



Ligne continue doublé par une ligne discontinue.

VIII.7 Introduction à l'éclairage routier :

Le trafic est en augmentation constante, ainsi l'éclairage public et la signalisation nocturne des routes jouent un rôle indéniable en matière de sécurité.

Pour l'automobiliste, il s'agit d'apercevoir est de localiser avec certitude, et dans un temps utile les points singulier de la route, ainsi que les éventuels obstacles qui pourrais surgir au niveau de la route.

Pour les piétons, il doit permettre une bonne visibilité de bordure de trottoir, des véhicules et des obstacles ainsi que l'absence des zones d'ombre sont essentiels.

VIII.8 Catégorie d'éclairage :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

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

VIII.9 Paramètres de l'implantation des luminaires :

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

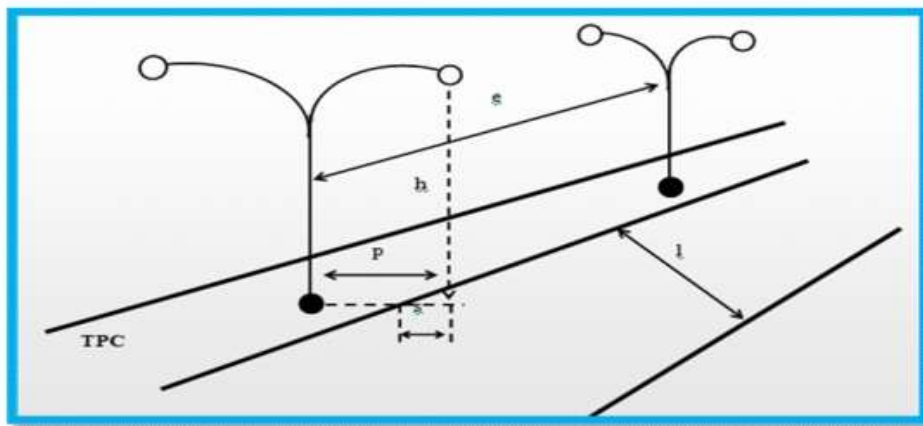


Figure 61: Exemple de lampadaire

VIII.10 Application au projet :

Les lampadaires sont implantés sur les côtés sur un support de 8m de hauteur, éclairant la totalité de la chaussée, espacés de 20m.

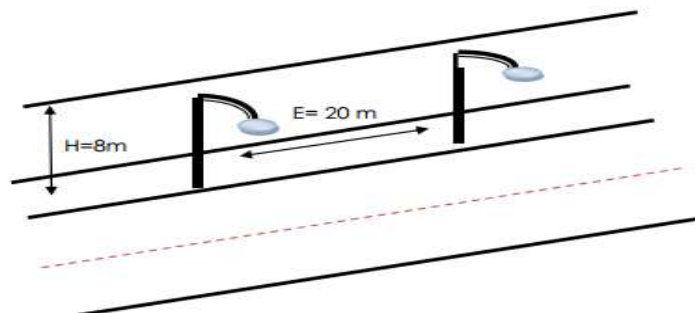


Figure 62:éclairage de notre projet

VIII.11 Glissières de sécurité :

Elles sont classées en trois niveaux, suivant leurs performances de retenue.

- **Les glissières de niveau 1** : elles sont adoptées pour les routes principales
- **Les glissières de niveau 2 et 3** : elles sont envisagées lorsque les vitesses pratiquées à leurs endroits, sont faibles (de l'ordre de 60 Km/h)

Dans les autres types de routes, des glissières doivent être prévues comme suite :

- **Sur accotement** :

Lorsque la hauteur des remblais dépasse 4m, ou en présence d'une dénivellation brutal de plus de 1 m (cas des ouvrages d'arts par exemple).

Application :

Dans le cas de notre projet nous allons opter pour des glissières métalliques qui seront disposer au niveau des fossés de la route pour délimité la chaussée roulable et protéger les usagers de la route des risque de sorti de chaussée.

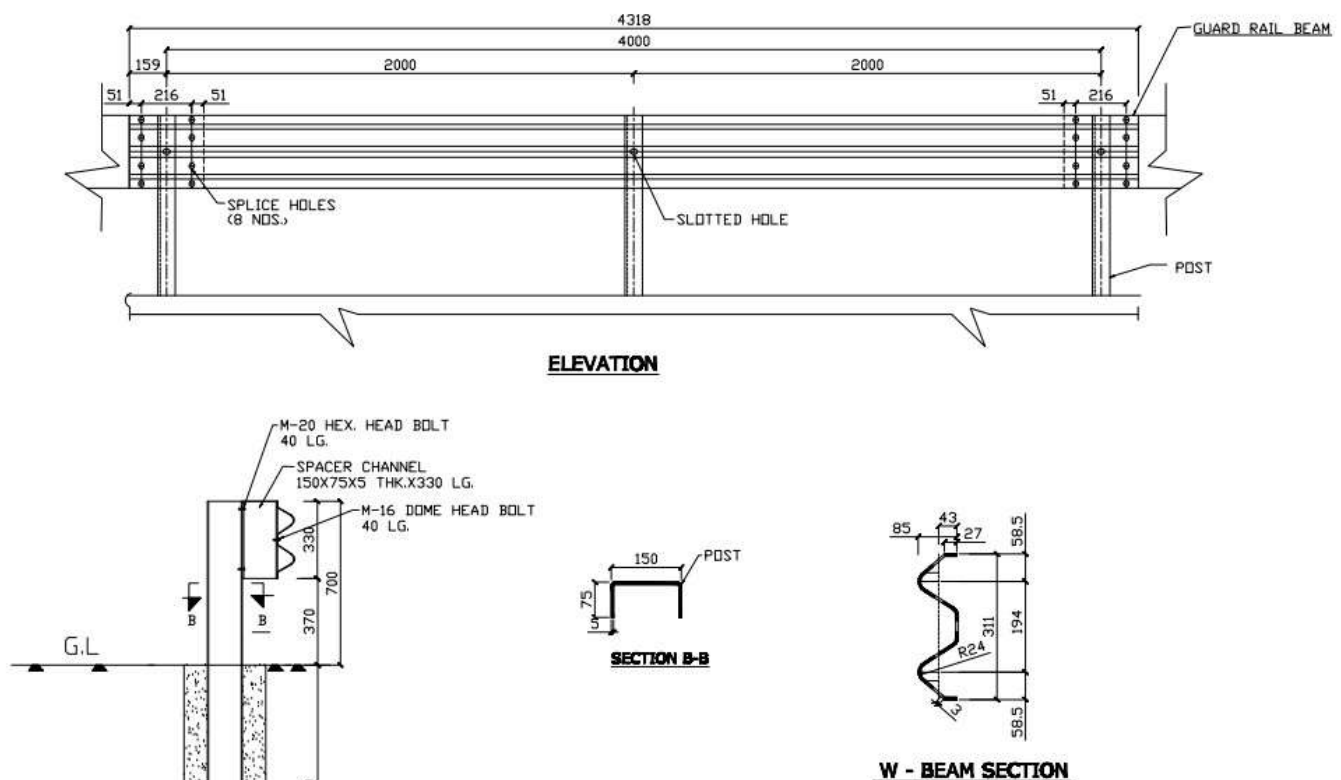


Figure 63: Glissières de sécurité

Chapitre IX : Impact Sur L'environnement

IX.1 Introduction :

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

Le transport routier par les différentes nuisances qu'il cause et devenu une préoccupation majeure, qui concerne tout particulièrement ceux qui sont chargés de construction ou d'aménagement d'une infrastructure doit faire l'objet d'une évaluation de son impact sur l'environnement.

Pour pouvoir 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.

IX.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.
-

IX.3 Les Impacts positifs du projet :

La réalisation de l'évitement de Larbaa Nath Irathen, emmènera à la ville de fort national un développement sur le plan sécuritaire, économique et touristique. Les retombées de cette voie sont :

- Elle permet de désengorger le trafic dans la ville.
- Une réponse aux besoins de confort, et de la sécurité dans le déplacement.
- Une contribution au développement touristique de la région.
- Attraction des activités agricoles, (permettre une meilleure accessibilité aux champs d'olives est des cerisiers, sachant que la région représente une force de production en ces deux produits agricoles).

3.1 Application :

3.1.1 Evaluation du passage par l'évitement :

- **Distance parcouru pour traverser la ville en empruntons l'évitement :**

$$D = D_{\text{évitement}} + D_{\text{CW1}} = 3 \text{ Km} + 2.24 \text{ Km} = 5.24 \text{ Km.}$$

- **Calcul du temps nécessaire pour effectuer ce passage :**

Pour une vitesse de référence de 40 Km/h relatif à notre projet on a :

$$V = \frac{D}{T} \rightarrow 40 = \frac{5.24}{T} \rightarrow T = \frac{5.24}{40} = 0.131 \text{ h} = 7.86 \text{ min}$$

En prenons en considération quelques temps d'arrêt en peux surestimer le temps de passage par l'évitement jusqu'à **T = 15 min.**

3.1.2 Evaluation du passage par la RN15 :

En effectuant plusieurs passages chronométrés, à des heures de pointes différents et avec des moyens de transport diverse, j'ai pu constater que le temps de passage moyen en circulation de ce tronçon varie entre 25 et 34 min. **T = 34 min**

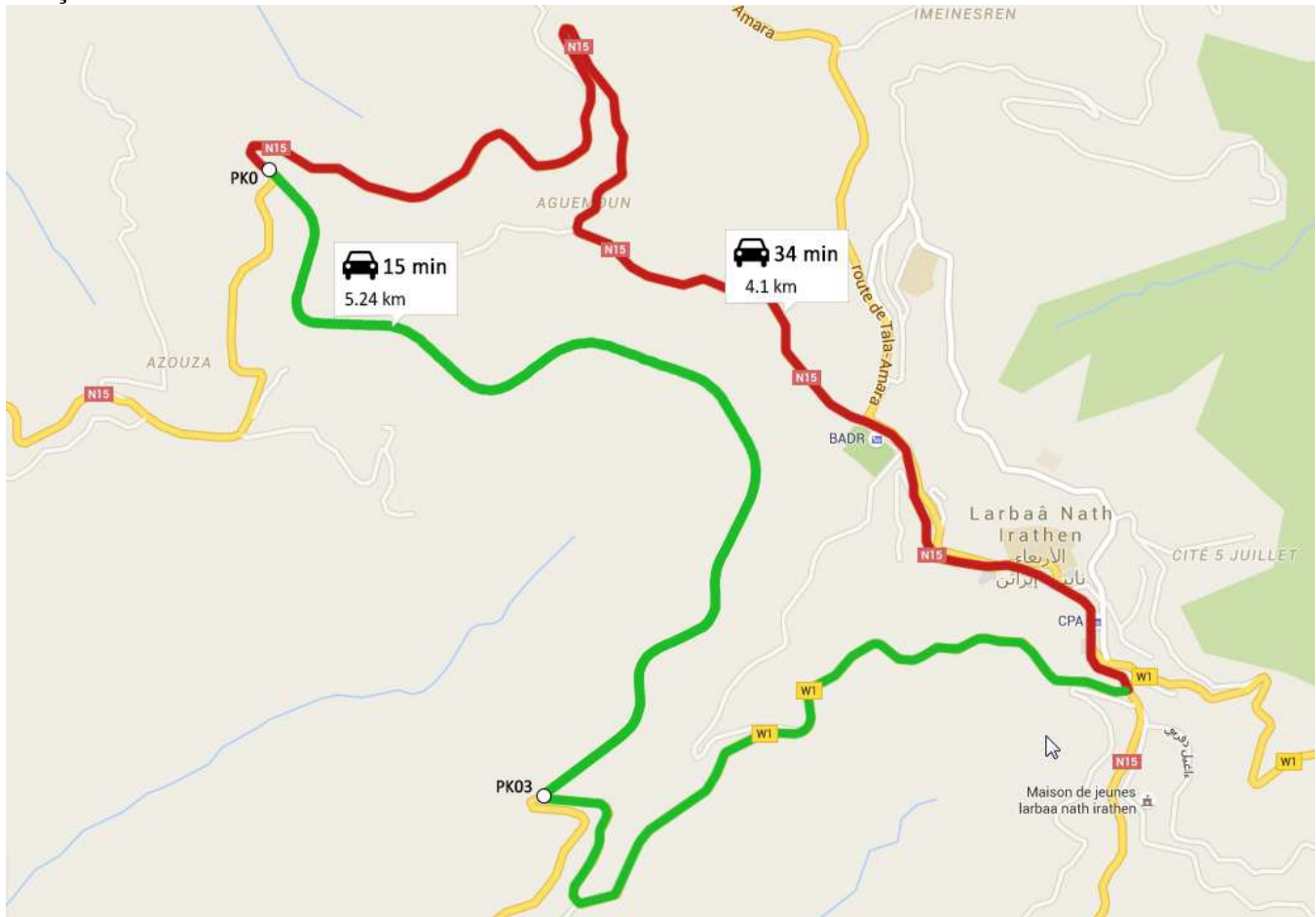


Figure 64: Illustration des deux passages.

En effet l'évitement va être bénéfique à la région de Larbaa Nath Irathen est ses habitants, car celui-ci va apporter un gain en termes de temps et de carburant. Il va diminuer le taux de Co2 émis par les voitures et leurs bruits.

IX.4 Les impacts Négatifs du projet :

La plupart des impacts négatifs seront limités à la période d'exécution des travaux, les travaux de nivellement de piste et de bitumage, d'exploitation des zones d'empreintes, du transport des matériaux de construction, est de l'entretien des engins est des véhicules sur chantier.

Il y'a d'autres impacts négatifs qui pourront se manifester, ils concerneront : l'émanation des bruits est des poussières, des vibrations. Le rejet anarchique de produit de purges/curages de travaux d'assainissement.

Le projet aura un impact négatif sur la végétation, car sur le passage du tracé il existe des implantations d'olivier et d'arbre fruitier de différents sorte qui seront complètement abattus.

IX.5 Les Recommandations Environnementales :

Pour minimiser les impacts négatifs, les infrastructures seront réalisées dans le respect des normes de gestion de rejets polluants dans le milieu.

Le stockage et l'entretien du matériel de chantier seront réalisés sur les aires étanches, situé en dehors de la zone inondable, avec récupération et traitement des eaux avant rejets.

Le tableau qui va suivre va résumer tous les impacts et leurs remèdes.

Impactes	Remèdes
Bruit	.Butte antibruit .Réduction de la vitesse .Baisse du profil en long par rapport au terrain naturel .Murs antibruit
Eaux superficielles	.Etanchéifiassions des fossés .Etanchéifiassions de la plateforme .Construction de bassins de traitement des eux de chaussée
Eaux souterraines	.Etanchéifiassions de la plateforme .Construction de bassins de traitement des eux de chaussée
Agriculture	.Rétablissement des réseaux d'irrigation et de drainage
Paysage	.Plantation des abords et aménagements esthétiques .Traitement architectural des ouvrages d'art si il existe sur notre tracé.

Conclusion Générale

Au terme de ce travail consacré à l'évitement sur la RN15 de la ville de Larbaa Nath Irathen, on a pris conscience de l'effet des infrastructures routières sur le développement économique et social de la région. En effet, l'agglomération de Larbaa Nath Irathen souffre énormément de la saturation en particulier en période estivale et de pointe. Ainsi ce projet servira à désengorger la région et à alléger le taux du trafic transitant par celle-ci.

Ce projet a permis aussi de mettre en application toutes les notions acquise à travers les différents aspects traités ; Topographie, géologie, géotechnique, conception géométrique...etc.

Il y a lieu d'indiquer que la conception proposée est issue de ma propre réflexion en me basant sur des logiciels de cartographies, conception routière et dao.

Ainsi on a démontré que l'utilisation de l'outil informatique est d'une aide précieuse pour l'ingénieur. En effet, au stade avant-projet sommaire, une conception préliminaire du projet peut être mise en place sans faire appel à un matériel et effectif humain notamment dans le cas de terrain inaccessibles.

Bibliographie

[1]. **B40** (Normes Techniques d'aménagement des routes, Direction des Eudes générales et de la règlementation technique, octobre 1977).

[2]. **B60 et B61** (Catalogue des structures, types des chaussées neuves)

[3]. **C.T.T.P** (Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves, organisme national de contrôle technique des travaux publics. Novembre 2001).

[4]. **CONSOLIDA** (laboratoire de géotechnique est d'ingénierie).

[5]. **M^{er} Gabi** (cours de route M1, UMMTO ,2015)

[6]. **M^{er} Hammoum** (livre de pratique des S.I.G, Editions page bleues, aout 2010).

[7]. **SETRA** (Recommandation pour l'assainissement routier).

[8]. **Thèse de fin d'étude M^{elle} Muzila juscelina** (évitement de la RN12 sur 4.5 Km, UMMTO, 2014)

[9]. **Logiciels**

Piste 5

MapInfo professional 12.5

Global Mapper 17.0

Aliz-Lcpc

Autocad 2014

Google earth et maps

Photoshop Cs6

