République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté du Génie de la Construction
Département de Génie Civil

UMMTO

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme
de Master en Travaux Publics
Spécialité : Voies et Ouvrages D'Art

Thème :

Etude de l'aménagement de la RN12en 2X3 voies sur un linéaire de 4 km (Azazga / limite de la Wilaya de Béjaia)

Présenté par : CHERCHEM Ania
SEHAR Naima

Encadré par : GABI S.

Promotion 2019/2020

SOMMAIRE

Introduction générale ……..1

Chapitre I: Présentation de projet

I-1- Introduction……2

I-2- Situation de projet……3

I-3- Description de projet……3

I-4- Objectif de projet……...3

I-5-Démarche de projet……..……4

Chapitre II: Etude de trafic

II-1- Introduction……..…5

II-2- Définition……..…5

II-3- Analyse de trafic……6

II-4- Différents type de trafic……...…..6

II-5- Modèles de présentation de trafic…….....7

II-6- Détermination du nombre de voies……..…..8

II-7- Application au projet……10

II-8- Conclusion……14

Chapitre III: Aperçu géotechnique

III-1- Introduction……..……15

III-2- Objectif d'une étude géotechnique routière……...…15

III-3- Les différents essais de laboratoires……...……15

III-4- Application au projet……17

III-5- Conclusion……..……25

UMMTO

SOMMAIRE

Chapitre IV : Dimensionnement du corps de chaussée

IV-1- Introduction……26

IV-2- Principe de la constitution des chaussées……..…26

IV-3- Les différents types de chaussées……..…26

IV-4- Facteurs considérés dans le dimensionnement……...…30

IV-5- Les principales méthodes de dimensionnement…….…31

IV-6- Application au projet……33

IV-7-principe du programme ALIZE III ……45

IV-8- Conclusion……...47

Chapitre V: Caractéristique géométrique

V-1- Introduction……...48

V-2- Présentation et fonctionnement de logiciel piste……48

V-3- Tracé en plan……..53

V-4- Profil en long……...66

V-5- Déclivités……..67

V-6- Raccordements en profil en long……...…68

V-7- Profil en travers……..……71

V-8- Conclusion……...……75

Chapitre VI: Cubature

VI-1- Introduction……..…77

VI-2- Définition……...…78

VI-3- Méthode de calcul des cubatures……...…78

SOMMAIRE

VI-4- Application au projet……80

VI-5- Conclusion……..…80

Chapitre VII: Hydraulique et assainissement

VII-1- Introduction……..81

VII-2- Objectif de l'assainissement…….81

VII-3- Définition des termes hydraulique……..…82

VII-4- Données pluviométrique de zone d'étude……..84

Chapitre VIII: Equipement de la route

VIII-1- Sécurité……..88

VIII-1-1- Introduction……...88

VIII-1-2- Barrières de sécurité……88

VIII-2- Signalisation……..……90

VIII-2-1- Introduction……...…90

VIII-2-2- Principe……...…90

VIII-2-3- Types de signalisation……...…91

VIII-2-4- Application au projet……....…93

VIII-3- Eclairage……..……...…99

VIII-3-1- Introduction……...….99

VIII-3-2- Catégories d'éclairage……99

VIII-3-3- Paramètre de l'implantation des luminaires……..…….99

VIII-3-4- Eclairage appliqué a notre projet…….……100

SOMMAIRE

Chapitre IX: Impact sur l'environnement

IX-1- Introduction ……102

IX-2- Cadre juridique ……102

IX-3- Objectif ……..102

IX-4- Les impacts positifs ……..……102

IX-5- Les impacts négatifs …..…….....….…….....103

IX-6- Les recommandations environnementales ……104

IX-7- Conclusion ……...….105

Conclusion générale ……..……..…. 106

Bibliographie…….107

Annexe……108

Liste des tableaux

Tableau II.1: coefficient d'équivalence.....09
Tableau II.2: Valeur de K_1 [Règlement B40] 09
Tableau II.3: valeur de K_2 [Règlement B40].....10
Tableau II.4: valeur de K_2 [Règlement B40].....10
Tableau II.5: Récapitulation des résultats.....14

Tableau III-1: Résultats de la reconnaissance du site.....21
Tableau III-2:Résultats des essais d'indentification et mécaniques.....22
Tableau III-3 : le classement des matériaux.....23
Tableau III-4 : Résultats de la reconnaissance du site.....24

Tableau IV-1: les différentes couches de chaussée.....28
Tableau IV-2: Coefficient d'équivalence.....32
Tableau IV-3: Classe du trafic.....32
Tableau IV-4: Le classement des sols.....33
Tableau IV-5: Type de réseau principal.....37
Tableau IV-6: Classe du trafic RP1.....38
Tableau IV-7: Valeur des coefficients d'agressivité.....38
Tableau IV-8: Classes de portance de sol-support.....39
Tableau IV-9: Choix de la couche de forme.....40
Tableau IV-10: Performance mécanique des matériaux bitumineux.....43
Tableau IV-11: Choix des températures équivalentes.....43
Tableau IV-12: Valeur det = f(r%).....44

Tableau V-1: Coefficient de frottement transversal.....55
Tableau V-2: rayons et sur largeurs.....57
Tableau V-3: Rayon de tracé en plan.....57
Tableau V-4: valeurs des pentes max selon le B40.....67
Tableau V-5: Les rayons concaves.....69

Tableau VII-1: Coefficient de ruissellement.....84
Tableau VII-2: Variable de Gauss.....85

Tableau VIII-1: Modulation de la ligne continue.....92

Tableau IX-1 : Impactes et remèdes.....104

Figure I.1: carte de situation géographique d'Azazga dans la wilaya de Tizi-Ouzou.....02

Figure I.2 : Simulation du tracé de notre route sur image satellitaire.....03
Figure I.3 : Situation du projet.....04

Figure IV.1: différents couches de chaussée.....28
Figure IV.2: différents types de chaussées.....29
Figure IV.3 : Organigramme de la méthode.....34
Figure IV. 4: Schéma des différentes couches.....36
Figure IV.5: Carte climatique.....41
Figure IV.6: Modélisation de la structure.....46
Figure IV.7: Résultat écran ALLIAE III.....47

Figure v.1 : menu principal.....50
Figure V.2: Les éléments du tracé en plan.....54
Figure V.3 : comparaison des 3 types de CR.....58
Figure V.4 : Eléments de la clothoïde.....59
Figure V.5 : Nuage de point.....61
Figure V.6 : triangulation.....62
Figure V.7 : axe en plan.....64
Figure V.8 : interpolation de l'axe.....65
Figure V.9 : profil en long.....70
Figure V.10 : éléments constitutifs du profil en travers.....73
Figure V.11: différents types de profil.....74
Figure V.12 : profil en travers.....75
Figure V.13 : La perspective de l'évitement.....76

Figure VI.1: image de remblai et de déblai.....78
Figure VI.2: section des remblais et déblais.....78
Figure VI.3: schéma de calcul des remblais et déblais.....79

Figure VII .1: assainissement routier.....82

Figure VIII.1 : profil théorique du séparateur de type GBA.....89
Figure VIII.2: glissière de sécurité.....89
Figure VIII.3: modulation de la ligne.....92
Figure VIII.4: Types de modulation Référence signalisation routière (art-144).....93
Figure VIII.5: flèches de sélection.....97
Figure VIII.6: Flèche de rabattement.....98
Figure VIII.7:paramètre de l'implantation des luminaires.....100
Figure VIII.8: Disposition des lampadaires.....101
Figure VIII.9: Un lampadaire.....101

Remerciements :

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

Nos plus grands remerciements vont à Mr Gabi notre encadreur pour nous avoir guidés pour la réalisation de cette étude qu'il nous a apporté.

Nous remercions vivement nos familles CHERCHEM et SEHAR pour leur aide matérielle et morale durant toute la période de préparation.

Nous remercions également tous nous professeurs.

Aussi, tout notre respect aux membres de jury qui nous feront l'honneur d'apprécier notre travail.

Ania, Naima

Dédicaces :

Je dédie ce travail :

Avant tout a mes chers parents qui mont soutenue durant toutes ces années de formation.

A mon frère M'hend.

A mes sœurs : Hassiba, Manel, Nacira, Assia, Nardjes .

A la mémoire de ma grand mère yamina.

A ma grande mère fatma.

Mes oncles et mes tantes.

Mes amies : Naima, cylia, dihia, Hadjira, Marieme, Wassila.

Mon ami : Mourad.

A ma chère binôme : Naima.

Et toute personne que je connais.

Et tous ceux qui ont contribué de prés ou de loin à ma formation.

DÉDICACES

Ania

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A La mémoire de mon père

A ma très chère famille

Ma chère et tendre ***mère*** *et ma très chère* ***grande mère*** *qui ont su veiller sur moi et m'encourager pendant toutes mes années d'études que dieu vous bénissent et vous protègent.*

A mes chers frères : Lyes et Ali

A ma chère sœur : Fatiha

A mes amies : Yasmina, Siham, Dihia, Cylia, Kenza et Meriem

A mes cousines et cousins

A ma chère binôme : Ania

Sans oublier tous mes amis(es) avec qui j'ai passé des moments inoubliables durant tout mon cursus.

Naima

DÉDICACES

INTRODUCTION GENERALE

L'histoire des peuples est indissociable de celle de la route. Cette dernière demeure un élément irremplaçable d'échange, de développement et de croissance socio-économique.

Cette croissance socio-économique impose la préservation et la rénovation des moyens de communication notamment dans le domaine des travaux publics. Et pour atteindre cet objectif, l'Algérie a mis au point une technique routière pour s'adapter en permanence aux avances technologiques et aux nouvelles exigences de qualité. Il y a plusieurs textes réglementaires, guides métrologiques et outils informatiques qui servent à aider les concepteurs routiers.

Le réseau routier constitue un élément primordial dans le développement du pays car il représente une base sur laquelle se fonde plusieurs secteurs tels que le transport des biens et des personnes.

Le réseau routier de l'Algérie est l'un des plus importants du Maghreb et d'Afrique, d'une longueur de plus de 108302 km, réparti sur des Routes Nationales et des Chemins de Wilayas et des routes secondaires. L'Algérie a développé ce réseau grâce au programme de modernisation des transports routiers et ferroviaires qui prévoit la réalisation de l'AutoRoute est-ouest de 1216 km , l'Autoroute des hauts plateaux de 1330 km et la réalisation de 1900 km de routes ; ainsi que la finition de la route transsaharienne (nord-sud). Ce réseau a atteint au total 112969km à l'année 2014.

Ce présent projet de fin d'étude consiste à faire l'étude d'aménagement de la RN 12 en 2 x 3 voies (Azazga / Limite de la Wilaya Bejaia) le tronçon donné par la Direction des Travaux Publics de la wilaya de Tizi-Ouzou est de 4 km de PK0+00 au PK 4+00.

Cette nouvelle infrastructure devra permettre en premier lieu de diminuer la charge sur la route et donner une dynamique à l'économie nationale.

CHAPITRE I:
PRESENTATION DE PROJET

I-1- Introduction :

La wilaya de Tizi-Ouzou s'étend sur une superficie d'environ 3.568 km^2 dont 70% à relief montagneux. Elle est limitée à l'est par la wilaya de Bejaia, à l'ouest par la wilaya de Boumerdes, au sud par la wilaya de Bouira et au nord par la mer Méditerranée.

Le relief accidenté et l'absence d'autres voies de communication (ferroviaires, maritimes et autres) font que la route constitue la seule voie de communication de la quasi-totalité des 21 daïras, 67 communes et 1500 villages que composent de la wilaya de Tizi-Ouzou.

La wilaya de Tizi-Ouzou possède un réseau routier d'un linéaire de 4 309 km réparti comme suit :

- 573 km de Routes Nationales.
- 653 km de Chemins de Wilaya.
- 3 083 km de Chemins Communaux.
- 101 Ouvrages d'art dont 18 stratégiques.

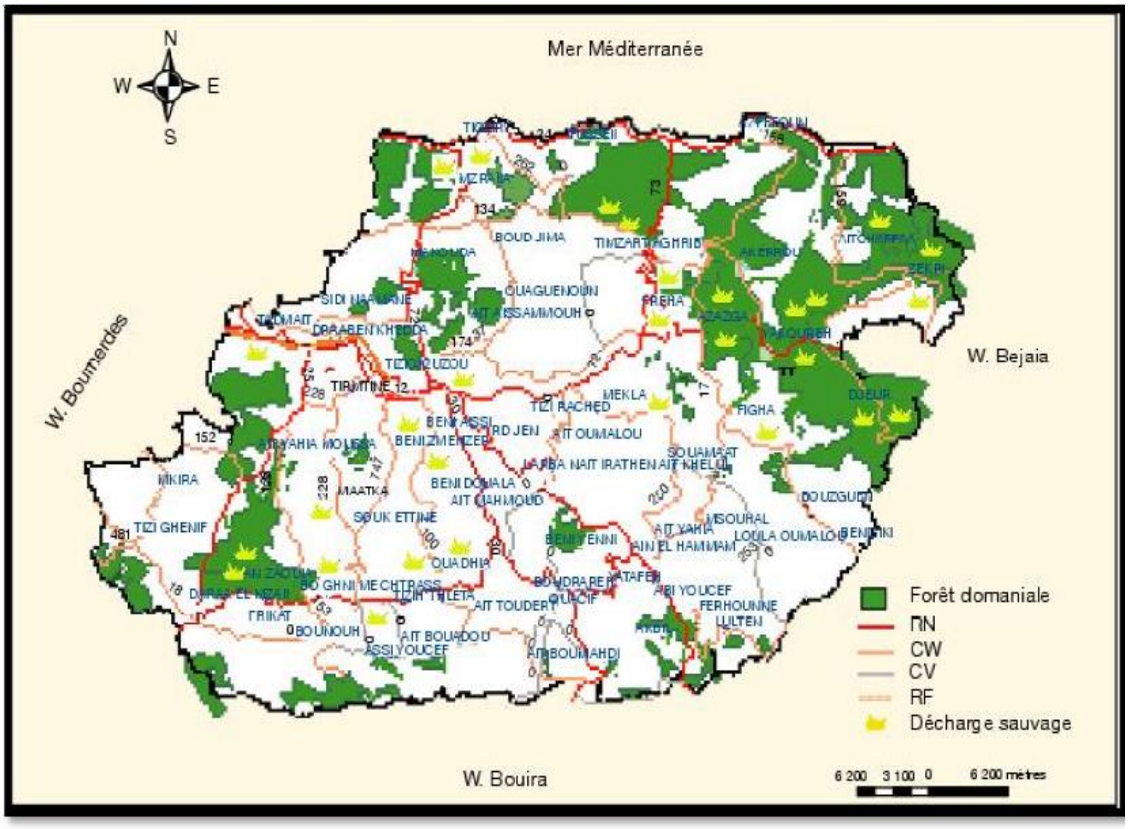


Figure .1: le réseau routier de la wilaya de Tizi-ouzou.

UMMTO

I-2- Situation de projet :

La route nationale 12 (RN12), dite aussi la route de la Kabylie, est la principale route qui traverse la Kabylie de part en part, sur une distance de 250 km environ. Elle relie la RN5 depuis Thenia dans la wilaya de Boumerdes à l'Ouest et la ville de Bejaia via le territoire de la wilaya de Tizi-ouzou, en passant par la ville d'El kseur.

La RN12 passe par Tadmait, Draa Ben Khada, Tizi-ouzou centre, Azazga , Yakouren dans la wilaya de Tizi-ouzou .

I-3- Description de projet :

Notre projet a été proposé par la DTP (Direction des Travaux Publics de Tizi-Ouzou) et consiste à faire l'étude d'aménagement de la RN12 entre Azazga et Bejaia sur 13km700.

Le début de notre tracé est situé à la sortie de Azazga du PK0+00 et prend sa fin au PK4+00. Le tracé passe à proximité du CW158.

I-4- Objectif de projet :

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

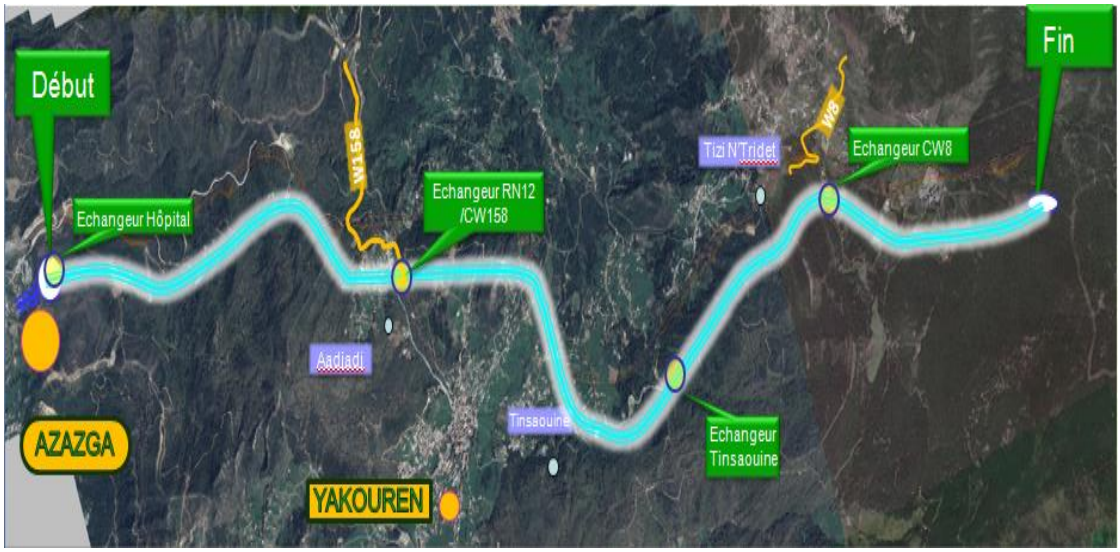


Figure I.2 : Simulation du tracé de notre route sur image satellitaire.

I-5-Démarche de l'étude :

- Etude du trafic.
- Dimensionnement du corps de chaussée.
- Caractéristiques géométriques.
- Etude de l'impact sur l'environnement.
- Etude de la signalisation, éclairage et dispositif de sécurité

Données de notre projet :

- Vitesse de référence : Vr = 80 km /h
- Un trafic moyen journalier : TJMA = 9800 v/ j
- Un pourcentage de poids lourd (PL) z = 30 %
- Taux de croissance annuel : τ = 4 %
- L'horizon : n = 20 ans

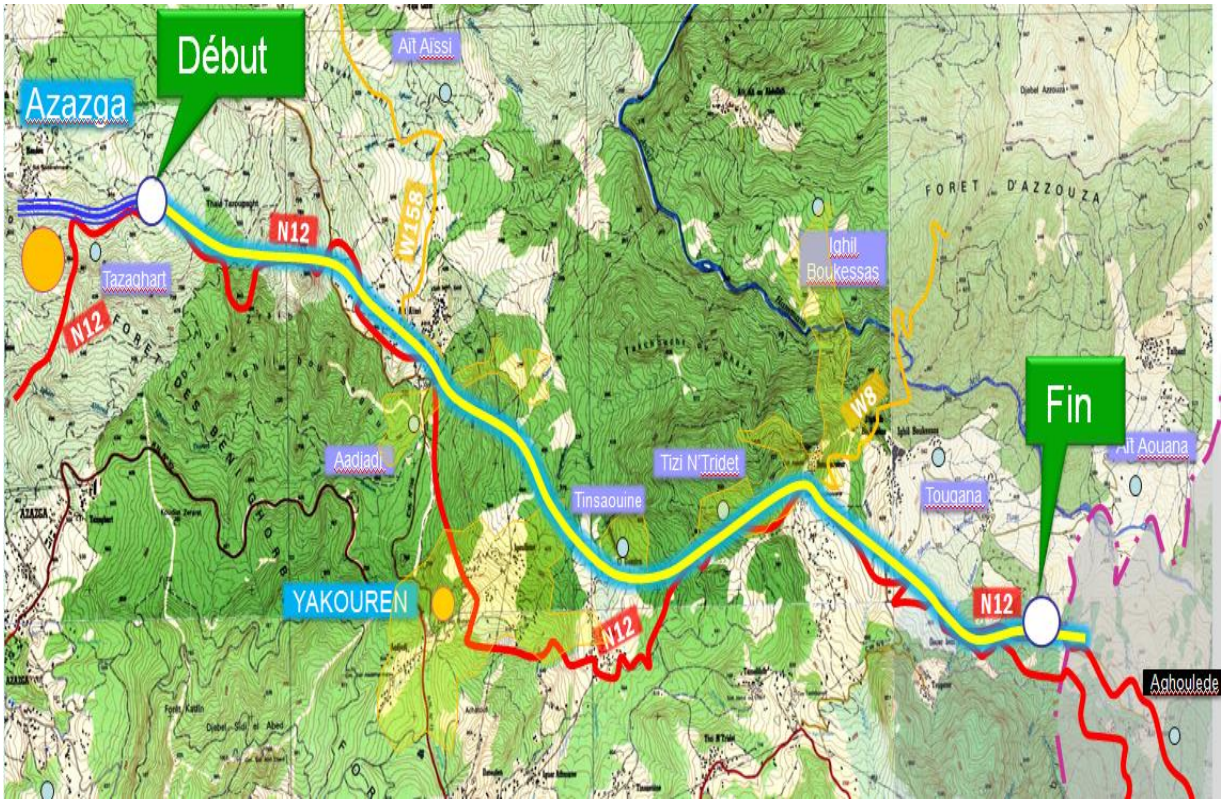


Figure I.3 : Situation du projet.

CHAPITRE II:
ETUDE DE TRAFIC

II-1- Introduction :

L'étude du trafic est un élément essentiel au préalable de chaque projet de réalisation ou d'aménagement d'infrastructure routière, elle permet de déterminer le type d'aménagement qui convient et les caractéristiques des voies à créer ainsi que les caractéristiques des chaussées.

Cette étude impactera directement aux choix possibles pour le développement de réseaux routier, parmi ces choix on peut citer:

- Nécessiter ou non d'une déviation d'agglomération.
- Choix du tracé par rapport aux zonesbâties.
- Position deséchangeurs.
- Géométrie descarrefours.
- Dimensionnement des chaussées en fonction des trafics poids lourdscumulés.

II-2- Définition :

L'étude du trafic est un recensement de l'état existant permettant de hiérarchiser le réseau routier par rapport aux fonctions qu'il assure, et de mettre en évidence les difficultés dans l'écoulement des flux avec leurs conséquences sur les activités humaines.

Dans le domaine de l'étude de trafic il est nécessaire de fixer les définitions des termes couramment employés :

- **Trafic de transit**: origine et destinationen dehors de la zone étudiée (important pour décider de la nécessité d'unedéviation).
- **Trafic d'échange** : origine à l'intérieur de la zone étudiée et destination à l'extérieure de la zone d'échange et réciproquement (important pour définir les points d'échange).
- **Trafic local** : trafic qui se déplace à l'intérieur de la zone étudiée.
- **Trafic journalier moyen annuel (TMJA)** : égal au trafic total de l'année divisée par 365 jours.
- **Unité de véhicule particulier (UVP)** : exprimer par jour ou par heure. On tient compte de l'impact plus important de certains véhicules, en particulier les poids lourds en leur affectant un coefficient multiplicateur de deux.
- **Les trafics aux heurs de pointe** : avec les heures de pointe du matin et les heures de pointe de soir.

- **Le trafic journalier de fin de semaine**.

- **Le trafic journalier moyen d'été** : important pour les régions estivales.

II-3- Analyse du trafic:

Divers méthodes permettant de recueillir des informations de nature et d'intérêt variable en ce qui concerne les trafics. On peut être amené à procéder avec plusieurs méthodes, ces méthodes peuvent être classées en deux catégories :

- Celle qui permet de quantifier le trafic: les comptages manuelsou automatiques
- Celle qui permet d'obtenir des renseignements qualificatifs : les enquêtes

II-3-1- les comptages :

On distingue deux types de comptage.

a) **Les comptages automatiques :** on distingue deux modes, ce qui sont permanents et ce qui sont temporaires. Les comptages permanents sont réalisés en certains points choisis sur les routes les plus importantes : réseau autoroutier, réseau routier national et les chemins wilaya les plus fréquentés.

b) **Les comptages manuels :** ils sont réalisés par des agents qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. les comptages manuels permettent de connaitre le pourcentage de poids lourds, les trafics sont exprimés par le trafic journalier moyen annuel(TJMA).

II-3-2-les enquêtes :

Il est souvent nécessaire de compléter les informations récoltées par les comptages par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux. On peut recourir en fonction du besoin, à plusieurs méthodes, lorsque l'enquête est effectuée sur tout les accès à une zone prédéterminée (une agglomération entière, une ville ou bien un cartier) on parle d'enquête cordon. Elle permet en particulier de distinguer les trafics de transit et d'échange.

II-4-Différents types de trafic :

On distingue quatre types de trafics :

- **Trafic normal :** c'est un trafic existant sur l'enceins aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau projet.
- **Trafic induit :** C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.
- **Trafic dévié :** C'est le trafic qui résulte de :
  - Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuer et qui en

raison de la mauvaise qualité de l'enceins aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.

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

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

II -5-Modèles de présentation de trafic:

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

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

➢ **Prolongation de l'évolution passée:**La méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir,L'évolution des trafics observés dans le passé. On établit en général un modèle de croissance du type exponentiel.

Le trafic Tn à l'année n sera :

$$\mathbf{Tn} = T0\ (1+\tau)\ n$$

Où : **T0** : est le trafic à l'arrivée pour l'origine.

τ: est le taux de croissance.

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

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

➢ **Modèle gravitaire:**Il est nécessaire pour la résolution des problèmes concernant les trafics actuels au futur proche, mais il se prête mal à laprojection.

➢ **Modèle de facteur de croissance:**La méthode la plus utilisée est celle de FRATAR qui prend en considération les facteurs suivants :

- Le taux de motorisation des véhicules légers et leurutilisation.
- Le nombred'emploi.
- La population de lazone.

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

II-6 - Détermination du nombre de voies :

II-6-1- Définition De La Capacité :

Capacité d'une route est le flux horaire maximum des véhicules qui peuvent raisonnablement passer en un point ou s'écouler sur une section de route uniforme (ou deux directions) avec les caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propres durant une période biendéterminer.

La capacité dépend :

- Des conditions detrafic.
- Des conditionsmétéorologiques.
- Le type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire.
- Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des Conducteurs variables d'une route àl'autre)
- Des caractéristiques géométriques de la section considérée (Nombre et largeur desvoies).

II-6-2- Projection Future Du Trafic :

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

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

Avec : $TJMA_h$: le trafic à l'année horizon.

$TJMA_0$: le trafic à l'année de référence.

n : nombre d'année.

τ: taux d'accroissement du trafic **(%).**

II-6-3- Calcul De Trafic Effectif :

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particulier **(uvp)**, en fonction de type de route et de l'environnement. Pour cela on utilise des coefficients à d'équivalence pour convertir les PL en**(uvp)**.

Le trafic effectif est donné la relation suivante :

$$T_{eff}= [(1-z) + p.z]\ TJMA_h$$

Avec:T_{eff}**:**trafic effectif à l'année horizon en**(uvp)**.

Z:pourcentage de poidslourd.

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

Les coefficients d'équivalence P pour le poids lourd sont donnés dans le tableau suivant :

ENVIRONNEMENT	E1	E2	E3
Route de bonne Caractéristique	2-3	4-6	8-16
Route étroite	3-6	6-12	16-24

Tableau II.1: coefficient d'équivalence

II-6-4- Débit de pointe horaire normal :

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

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

Avec :

Q : débit de pointe horaire.

n : nombre d'heure, (en général n=8heures).

T_{eff}: trafic effectif.

II-6-5- Débit Horaire Admissible :

Le débit horairemaximal accepté par voie est déterminé parapplication de laformule:

$$Q_{adm} = K1.K2.C_{th}$$

Environnement	E_1	E_2	E_3
K_1	0.75	0.85	0.95

Tableau II.2 : Valeur de K_1 [Règlement B40]

UMMTO

Valeur de K_2 :

	Catégorie de la route				
environnement	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 : valeur de K_2 [Règlement B40]

	Capacitéthéorique (uvp/h)
Route à 2 voies de 3.5m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3.5m	2400 à 3200
Route à chaussée séparée	1500 à 1800

Tableau II.4 : valeur de la capacité théorique.

II-6-5- Détermination Nombre Des Voies :

- **Cas d'une chaussée bidirectionnelle***:* on compare**Q**à $\mathbf{Q}_{adm}$ et on opte le profil auquel correspond la valeur de $\mathbf{Q}_{adm}$ la plus proche à**Q**.
- **Cas d'une chaussée unidirectionnelle :**le nombre de voie à retenirpar chausséeest le nombre le plus proche du rapport :

$$S.Q/Q_{adm}.$$

Avec: **Qadm:** débit admissible parvoie.

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

II-7-Application au projet :

Les données du trafic :

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

- Le trafic de l'année 2007 :$TJMA_{2007}$ = **9800v/j.**

- Année de mise en service :**2024**
- Le pourcentage des poids lourds : Z=**30%.**
- La vitesse de base sur le tracé Vb=**80km/h**
- Le taux d'accroissement annuelle de trafic noté **τ= 4%.**
- La durée devie estimée n=**20ans.**

II-7-1- Projection future de trafic :

L'année de mise en service (2024).

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

Avec :

TJMAh: trafic à l'horizon (année de mise en service 2024).

$TJMA_0$: trafic à l'année zéro (origine 2007).

TJMA 2024 = $9800\times (1+0,04)^{17}$ =19089 v/j

TJMA2024=19089 v/j

Trafic à l'année (2044) pour une durée de vie de 20ans

TJMA2044 = $19089\times (1+0,04)^{20}$ =41826v/j

TJMA2044=41826

II-7-2- Calcul du trafic effectif:

$$T_{eff}= [(1 – Z) + Z.P]TJMA_h$$

Avec:

P:coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds Pour une route à bonne caractéristique et un environnement**E2** on a : **p=4**

Z:le pourcentage de poids lourds est égal à **30%**

T_{eff}= [(1-0,3)+4×0,3] ×41826=79469 uvp/j

T_{eff}=79469 uvp/j

II-7-3- Débit de pointe horaire normale:

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

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

Avec:

1/n:coefficient de pointe horaire pris est égal à 0.12

Q_N = 0.12 x 79469= 9536uvp/h.

Donc: $Q_N = 9536$ uvp/h

II-7-4)- Débit admissible :

Le débit que supporte une section donnée :

$$Q_{adm} = K_1.K_2.Cth$$

Avec :

K1:coefficient correcteur pris égal à **0,85**pour **E2**

K2:coefficient correcteur pris égal à ***0,99*** pour environnement ***(E2)*** et catégorie **(C2)**

II-7-5- Capacité théorique (Cth):

On a :

$Q_{adm} \leq Q_N K_1.K_2.C_{th} \leq Q_N$

$C_{th} \geq (Q_N / K_1.K_2)$

$C_{th} \geq (9536/ 0{,}85 \times 0{,}99)$

$C_{th1} \geq 11332$

Remarque : D'après B40 on adopte pour l'environnement profil à 2 chaussées séparées

On prend C_{th}= 1800uvp/h.

$$Q_{adm} = K1XK2$$

Donc :

Q_{adm} = 0,85 x 0,99 x 1800 = 1514 uvp /h

Q_{adm}= 1514 uvp/h

II-7-6- Le nombre de voies :

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

Avec : **S=2/3**

N = (2/3) x (9536/1514) = 4

Remarque: On prend N = 3 voies/ sens car un aménagement en 4 voies / sens ne serai pas adéquat et aussi trop couteux pour la wilaya de Tizi-Ouzou ; donc mon axe autoroutier sera aménager en 2 fois 3 voies.

N = 3 voies/ sens

II-7-7- Calcul de la largeur totale :

L_{total}= 2×3×largeur de voie+TPC+2×Accotement

L_{total}=2×(3×3,5)+3+(2×3) =30 m

L_{TOT} =30m

II -7-8- Calcul de l'année de saturation de notre tracé en 2X3 voies:

Teff (2024) = [(1 – 0,3) + 4x0,3]19089 = 36269

T_{eff} (2024) = 36269uvp/j

Q_{2024} = 0, 12 x36269= 4352uvp/h.

Q_{2024}= 4352uvp/h

Qsaturation= 4 x Qadmissible

Qsaturation = 4 × 4352 = 17408 uvp/h

$Q_{saturation}$ = 17408uvp /h

Qsaturation = $\mathbf{(1+\tau)^n}$×Q2024 $\Rightarrow n=\frac{\ln\frac{17408}{4352}}{\ln(1+0{,}04)}$= 35 ,34 = 35 ans

n= 35 ans

D'où notre route sera saturée ***35ans*** après la mise en service. Donc l'année de saturation est : 2059

Les calculs sont représentés dans le tableau suivant

TJMA2007	TJMA2024	TJMA2044	T_{eff}2044	Q2044	N
9800	19089	41826	36269	4352	3

Tableau II.5 : Récapitulation des résultats

II-8-Conclusion:

La capacité théorique de notre projet est de C_{th} =11332 uvp/h.

D'après la B40 on opte pour une route:

- Expresse (autoroute de 2 x 3 voies)
- Largeur utile de voies de 3,5 m
- Largeur total de la route 30 m

CHAPITRE III:
APERÇU GEOTECHNIQUE

III-1- Introduction :

Il est nécessaire est indispensable de connaitre 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.

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

III-2- L'objectif d'une étude 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.

III-3- Les différents essais de laboratoires:

Les essais réalisés au laboratoire sont :

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

III-3-1- Analyse granulométrique :

Il s'agit du tamisage qui permet de distinguer les sols fins, les sols sableux et les sols graveleux, c'est un essai qui a pour objectif de déterminer la répartition des grains suivant leurs dimensions ou leurs grosseurs. Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique.

III-3-2- Equivalent de sable :

Cet essai permet d'estimer la quantité des éléments fins contenus dans un sol c'est-à-dire déterminer le pourcentage de l'impureté soit des éléments argileux ultra fins ou des limons.

III-3-3-Limite atterberg :

Limite de plasticité (W_P) et limite de liquidité (W_L), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance. W_P sépare l'état solide de l'état plastique et W_L sépare l'état plastique de l'état 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 très sensible a une faible variation de leur teneur en eau.

III-3-4- Essai PROCTOR :

Etudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage, il a donc pour but de déterminer une teneur en eau optimale afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol, cette teneur en eau obtenue est appelée (optimum PROCTOR).

L'essai PROCTOR est un essai routier.

III-3-5- Essai CBR (California Bearing Ratio):

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

travaux de terrassements.

L'essai consiste à soumettre des échantillons d'un même sol au poinçonnement, les échantillons sont compactés dans des moules à la teneur en eau optimum (PROCTOR modifié) avec trois (3) énergies de compactage 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant quatre (4) jours. (Il ne concerne que les sols cohérents).

L'indice CBR, issu de l'essai CBR permettra de calculer l'épaisseur de la chaussée par la méthode dite CBR.

III-3-6- Essai Los Angeles :

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

- plus le LA est élevé, moins le granulat est dur.

III-3-7- Essai Micro Deval :

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

III-4- Application au projet :

III-4-1- Reconnaissance du site:

La reconnaissance du sol du nouveau tracé a été faite, à l'aide d'un rétro chargeur, le long du tracé. En effet, trois (03) puits à ciel ouvert ont été creusés à une profondeur allant d'1.00 à 2.50 m, suivant le programme géotechnique donné par le bureau chargé de l'étude.

La description des matériaux obtenus des puits peut être décrite comme suit :

- **Puits 01** (**X:** 3643, 423 - **Y** : 00423, 500)**:** Il a été creusé au pk 0+00. (Carrefour de l'hôpital) du projet d'aménagement de la RN12, à 4 mètres de la rive droite de la RN12 en allant vers la ville d'Yakouren. Au fait c'est à 400 mètres du

carrefour du contournement de la ville d'Azazga comme l'indique la photo, ci-dessous. La profondeur du puits obtenu est d'1,20 mètre.

Photo : 1

Photo : 2

La nature géologique du sol, prise des parois du puits, nous montre qu'il s'agit des éboulis de matrice argileuse de couleur versicolore. Les cailloux sont anguleux et friables. Ils sont de nature gréseuse, de dimensions centimétriques. La couleur des ces cailloux est marron clair à beige. Notant qu'une face de ces pierres est de couleur brunâtre à noirâtre. Ceci est témoin d'une oxydation de la roche par la présence d'une humidité relative au niveau de chaque banc

- **<u>Puits 02</u> (X :** 3645,427 **– Y :** 00424,603**) :** Il a été creusé au pk 2+000, au niveau de l'accotement de la rive droite de la RN12 en allant vers la ville d'Yakouren, à 60 centimètres de la couche de roulement.

Notant que cet accotement est exigu, Il est limité par le front de taille gréseux. Le matériau récupéré du puits à ciel ouvert est de même nature géologique que le front de taille. En fait, il s'agit d'une roche gréseuse jaunâtre fracturée avec des fines de couleurs noirâtre issues de la couche végétale est de grés ayant une face noirâtre témoin d'oxydation (**photo 3**).

La profondeur du puits n'a pas dépassé les 60 centimètres vu la nature rocheuse du sol support.

Photo : 3

Photo : 4

- **Puits 03 (X :** 3644,932 **– Y :**00426,2438**) :** Il a été creusé au pk 4+000, au niveau de l'accotement de la rive droite de la route RN12 en allant vers Yakouren. L'endroit exact du puits se trouve à 2mètres de la couche de roulement.
  La coupe géologique obtenue du puits à ciel ouvert est comme suit :
  - Terre végétale argileuse à caillouteuse de couleur marron sur 30 cm d'épaisseur;
  - Matériaux argileux fin de couleur marron à ocre très humide, avec des passées grisâtres d'origine gréseuse. Le squelette est très altéré et friable.

Photo:5

Photo : 6

III-4-2-Essais au laboratoire:

Les matériaux trouvés à l'ouverture des trois puits à ciel ouvert, sont principalement de formation gréseuse et accessoirement d'éboulis argile et de flysch.Notant que le nouveau tracé de la RN12 aménagée en 2x3 voies (en projet), va franchir une zone rocheuse de formation gréseuse allant du pk 0+400 au pk 3+500. Ils sont distingués au niveau des localités suivantes :

- Sortie d'Azazga : Koudia Zarart ;
- De Lazib youdfen jusqu'à Tizi n'trider ;

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

- **Essais d'identification :**
  - Analyse granulométrique : NF P 94-056
  - Limites d'atterberg : NF P 94 -051
  - Densité : NF P

- **Essais mécaniques :**
  - Essai proctor normal/ modifié : NF P 94-093
  - Essai CBR à 04 jours d'imbibition : NF P: 94-078
  - Essai Los angeles : NF P 18- 573
  - Essai Micro deval : NF P 18 -572

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

N° de puits et **PK**	Nature géologique de sol	Teneur en eau naturelle %	Granulométrie						Limites d'atterberg			Proctor		Indice CBR		
			31.5 mm %	20 mm %	2.0 mm %	0.4 mm %	0.2 mm %	80 *u.*m	IP	WL	WP	w %	¥ T/m^3	I	LA %	*MDE* %
Puits N° 1 **0+00**	Ebolulis	19.12	86.21	86.21	70.55	46.04	34.01	26.75	24.10	56.15	32.05	16.35	1.46	1.79	29.00	33.00
Puits N° 02 **2+00**	Grés altéré	6.69	80.78	64.72	39.51	55.46	20.88	15.76	14.34	30.72	16.38	14.00	1.90	11.00	93.02	90.68
Puits N°03 **4+00**	Grés	3.14	95.65	94.95	91.17	77.08	50.61	34.987	7.73	16.40	8.67	8.80	1.99	10.09	99.97	99.18

Tableau III-1 : Résultats de la reconnaissance du site.

III-4-3 : Interprétation des essais :

a) - au laboratoire des matériaux du sol support :

La synthèse et interprétation des résultats des essais d'identification et mécaniques est faite par famille de matériaux. Nous donnons dans le tableau ci-dessous :

Nature géologique	**Teneur en eau**	**31.5 mm**	**20 Mm**	**0.2 mm**	**80 u.m**	**IP**	**Proctor normal**		**ICBR**	**LA %**	**MDE %**	**Classification GTR**
							W %	¥ T/m^3				
Eboulis d'origine Gréseuse	19.34	92.93	92.92	47.80	43.81	22.73	13.45	1.35	3.62	29.00	28.12	C1A1
Grés	9.77	68.14	84.96	75.07	29.49	7.95	12.32	1.57	8.05	93.02	87.34	B5

Tableau III-2 : Résultats des essais d'indentification et mécaniques.

Les résultats des essais d'identification et mécaniques, obtenus sur les échantillons des matériaux extraits des trois puits de reconnaissance, représentant les différents faciès du nouveau tracé, ont montré que le sol support de la RN12 est très hétérogène du point de vue caractéristiques physiques et mécaniques.

- Les teneurs en eau naturelle obtenues nous montrent que les matériaux (éboulis) sont saturés d'eau, par contre les matériaux gréseux, ne le sont pas.
- La plasticité de ces matériaux gréseux (grés) sont faibles par contre les matériaux (éboulis) sont très plastiques.
- La granulométrie des deux types de matériaux nous montre que le taux des fines est important. Les passants à 80 u.m est 29,49 % pour les matériaux gréseux.
- La portance des éboulis est très faible. Ceci est du à leur forte plasticité qu'ils sont sensible à l'eau. Par contre les matériaux gréseux ne sont pas sensibles à l'eau. Ils ont une portance acceptable.
- La résistance aux chocs du squelette de ces deux types de matériaux est très faible. Ils sont très évolutifs du point de vue granulométrie.

Le classement de ces matériaux selon le guide technique de SETRA, nous montre que nos matériaux sont dispatchés en deux classes distinctes à savoir:

Classes	Natures géologiques du matériau	Observation	Type de matériau
C1A1	Eboulis d'origine gréseuse	D max > 50mm - Tamisât à 80 u. m >12 - La fraction à 0/50 mm> 60 à 80%	Argile à silex, alluvions grisséres.
B5	Grés	D max < 50 mm - IP ≤12 12 <Tamisât à 80 u.m <35	Sables et graves très silt eux.

Tableau III-3 : le classement des matériaux.

b)-prospection des matériaux subnormaux pour Leur utilisation en remblai:

A la lumière des résultats des essais réalisés sur les faciès existants dans la région d'Yakourene, il y-a uniquement les grés qui sont susceptibles d'être utilisés en remblais, car ils possèdent une plasticité acceptable (inférieure à 10). Ce qui les rend moins sensibles à l'eau.

Pour connaitre les caractéristiques intrinsèques de ses matériaux gréseux, nous avons prélevé deux échantillons à l'aide d'un rétrochargeur: Deux échantillons ont été prélevés du rocher gréseux du pk 0+000 « côté gauche » de la RN12 en allant vers la ville d'Yakouren.

Les deux échantillons prélevés ont été soumis aux essais physiques et mécaniques suivants:

ECHANTILLON PK	LA %	Granulométrie (% refus)						Limites d'Atterberg			Indice CBR 04 j d'imbibition'	Proctor Modifié	
		40 Mm	20 Mm	2.0 mm	0.4 Mm	0.2 mm	80 u m	IP	WL	WP		W (%)	γ_d (T/m^3)
Ech 01 Grés jaunâtre PK : 0+000	65.00	93.17	79.56	62.23	56.14	36.86	27.63	10.13	30.99	20.86	11.29	9.90	1.97
Ech 02 Grés ocre à rougeâtre PK : 0+000	75.44	96.38	89.68	73.44	65.89	48.45	32.21	14.05	29.53	15.48	15,27	8.65	2.02

Tableau III-4 : Résultats de la reconnaissance du site.

c)- synthèse et interprétation des résultats des essais au laboratoire des matériaux gréseux remblais :

Les résultats des essais d'identification ont montré que le matériau possède une limite d'Atterberg faible à moyenne. Ce qui confère au mélange une plasticité acceptable et une faible sensibilité à l'eau et ce malgré son fort pourcentage des passants à 80 u.m.

La composition granulaire moyenne de ce type de matériau peut être donnée comme suit :

- Cailloux (%) : 10,32 **à** 20,44
- Gravier (%) : 16,22 **à** 22,98
- Sable grossier (%) : 16,22 **à** 22,98
- Sable fin (%) : 9,23 **à** 18,48
- Inférieurs à 80u.m (%) : 24,02 **à** 32,21.

* (les supérieurs à 50 mm ont été éliminés manuellement).

III-5 Conclusion:

Les résultats de l'étude géotechnique du nouveau tracé de la RN12 a mis en exergue la présence de différentes catégories de sol, allant de sols fins argileux très plastiques et de faibles portances aux sols argileux sableux peu plastiques renfermant des cailloux , ainsi que les sols très peu plastiques, non sensibles à l'eau, et de portance acceptable.

Suivant le GTR ; on distingue les matériaux de classe: B_5 - C_1A_1 .

Concernant les gîtes d'emprunt, il existe uniquement le matériau gréseux (classe B_5) qui puisse être utilisé en remblai. Notant qu'il y-a lieu de préciser que la hauteur du remblai ne doit pas dépasser 03 Mètres vu la faiblesse de la résistance aux chocs et à l'usure du squelette de ces grés.

CHAPITRE IV : DIMMENSIONEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

IV-1-Introduction :

Le réseau routier joue un rôle vital dans l'économie du pays et l'état de son infrastructure est par conséquent crucial. Si les routes ne sont pas correctement construites ou ne sont pas entretenues en temps opportun elles se dégradent, le dimensionnement de la chaussée est fonction de la politique de gestion du réseau routier. Cette politique est définie par le maître de l'ouvrage en fonction de la hiérarchisation de son réseau routier.
Le dimensionnement s'agit en même temps, de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises, et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de chaussée.

IV-2-Principe de la constitution des chaussées :

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

- De la charge desvéhicules.
- Deschocs.
- Desintempéries.
- Des efforts tangentiels dus à l'accélération, au freinage et audérapage.

IV-3- Les différents types de chaussées :

Il existe trois types de chaussée :

1. Chausséesouple.
2. Chaussée semi - rigide
3. Chausséerigide

IV-3-1) Chaussée souple :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

- Les sols et matériaux pierreux àgranulométrie étalée ouserrée.
- Les liants hydrocarbonés qui donnent de la cohésion en établissant desliaisons souples entre les grains de matériauxpierreux.

La chaussée souple est caractérisée par la résistance à la traction et se compose généralement de trois couches différentes :

a) Couche de roulement (de surface ou encore d'usure):

La couche de surface subit directement les agressions du trafic et du climat. Elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation. Elle est en générale composée d'une couche de roulement qui a pour rôle

- D'imperméabiliser la surface dechaussée.
- D'assurer la sécurité (paradhérence).
- D'assurer le confort des usages (diminution de bruit, bonuni).

La couche de liaison a pour rôle essentiel, d'assurer une transition, avec les couches inférieures les plus rigides.

En général l'épaisseur de la couche de roulement varie entre 6 et 8 cm.

b) Couche de base:

Elle a pour objectif de résister aux efforts verticaux et de répartir sur le terrain les Pressions qui en résultent. Elle est constituée d'un matériau non traité (ou traité) de bonnes caractéristiques mécaniques.

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

c) Couche de fondation:

Elle assure un bon uni et bonne portance de la chaussée finie,son rôle est identique à celui de la couche de base, mais elle est constituée d'un matériau non traité de moindre qualité et de coût.

d) Couche de forme:

- **À court terme**, la couche de forme doit assurer la traficabilité quasi tout temps des engins approvisionnant les matériaux de la couche de fondation, permettre le compactage efficace de la couche de fondation, satisfaire les exigences de nivellement de la plate-forme support de chaussée et assurer la protection de l'arase de terrassement vis-à-vis des agents climatiques dans l'attente de la réalisation de lachaussée.

- **À long terme**, elle doit permettre d'homogénéiser la portance du support pour concevoir des chaussées d'épaisseur constante, de maintenir dans le temps, en dépit des fluctuations de l'état hydrique des sols supports sensibles à l'eau, une portance minimale pouvantêtreestiméeavecuneprécisionsuffisanteaustadedudimensionnementdela structure de chaussée et d'améliorer la portance de la plate-forme pour optimiser le coût de l'ensemble couche de forme - structure de chaussée.

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

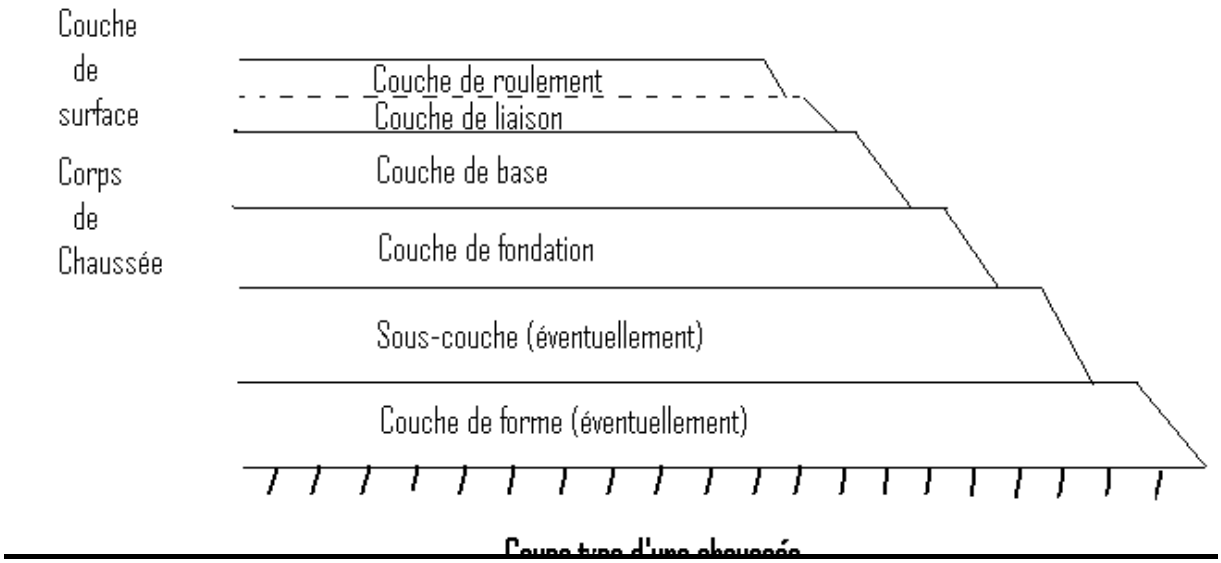


Figure IV.1: différentes couches de chaussée.

IV-3-2) Chaussée semi –rigide :

On distingue :

- Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment,granulat,...).
- La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé strictement minimale doit être de 15 cm. Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental enAlgérie.
- Les chaussées comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

Couche De Surface	*Couche de roulement.* *Couche de liaison.*
Corps De Chaussée	*Couche de base.* *Couche de fondation.* *Sous couche (éventuellement.)* *Couchedeforme(éventuellement.)*

Tableau IV.1 : les différentes couches de chaussée.

IV-3-3) Chaussée rigide :

Une chaussée est dite rigide si elle comporte une dalle en béton. Cette dalle correspond à la fois à la couche de base et à la couche de surface d'une chaussée souple.

Généralement, elle repose sur une couche de fondation en matériau non traité et éventuellement sur une sous-couche entre la couche de fondation et le terrain naturel.

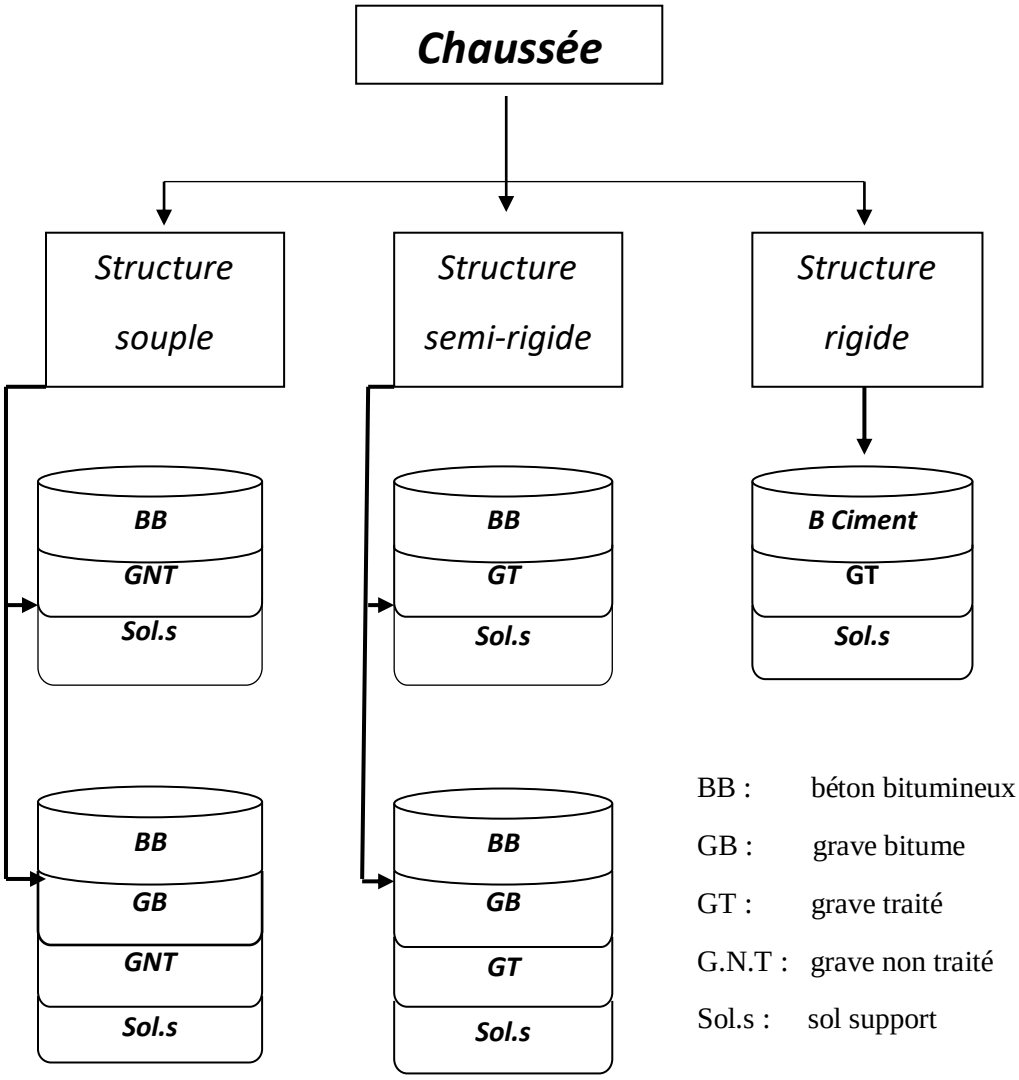


Figure IV.2: différents types de chaussées.

IV-4-Facteurs considérés dans le dimensionnement :

Le nombre des couches, leurs épaisseurs et les matériaux d'exécution, sont conditionnées par plusieurs facteurs parmi les plus importants sont :

IV-4-1-Trafic :

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourds (véhicules supérieurs à 1.5 tonnes), Il intervient comme paramètre d'entrée dans le dimensionnement des structures de chaussées et le choix des caractéristiques intrinsèques des matériaux pour la fabrication des matériaux de chaussée.

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

- De trafic poids lourds « T » à la mise en service, résultat d'une étude de trafic et de comptages sur les voiesexistantes.

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

$$N=T.A.C$$

N : trafic cumulé.

A: facteur d'agressivité globale du trafic.

C : facteur de cumul :

$$c = ((1+\tau)^p - 1)/\tau$$

τ: Taux de croissance du trafic.

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

IV-4-2-Environnement :

L'environnement extérieur de la chaussée est l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement, la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, la température a une influence marquée sur les propriétés des matériaux bitumineux et conditionne la fissuration des matériaux traités par des liants hydrauliques.

IV-4-3-Le Sol Support :

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate–forme support de chaussée » constitue du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme. Les plates formes sont définies à partir de la nature et de l'état du sol de la nature et de l'épaisseur de la couche de forme.

IV-4-4-Matériaux :

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

IV-5-Les principales méthodes de dimensionnement :

On a plusieurs méthodes de dimensionnement pour déterminer les épaisseurs des différentes couches de la chaussée. Mais les plus utilisées en Algérie sont la méthode de CBR et la Méthode du catalogue des structures :

IV-5-1- Méthode CBR :

C'est une méthode semi-empirique, basé sur un essai de poinçonnement sur un échantillon de sol support en compactant des échantillons de 90 à 100% de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'au moins 15 cm. Pour que la chaussée tienne, il faut que la contrainte verticale répartie suivant théorie de BOUSSINESQ, soit inférieure à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice CBR.
La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule présentée ci-après :

$$e = \frac{100+150\sqrt{p}}{Icbr+5}$$

P : Charge par roue.
P =6.5 t (essieu 13 t)
$\mathbf{I_{CBR}}$: indice CBR.
e: épaisseur de la couche de chaussée en (cm)

IV-5-2-Méthode de C.B.R améliorée :

En tenant compte de l'influence du trafic, on aboutit à la formule de PELTIER qui est la suivante :

$$e = \frac{100+\sqrt{p}\,(75+50log\,N10)}{Icbr+5}$$

Avec :

N : Nombre journalier moyen de camion de plus 1500 kg à vide

Log : logarithme décimal
P et I : définit précédemment.

- **Coefficient d'équivalence :**Ces coefficients sont définis selon la qualité mécanique de la couche et sont donnés dans le tableau **V .2.**

L'épaisseur totale à donner à la chaussée est :$\mathbf{e_{eq}} = \sum \mathbf{a_i.e_i}$

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

$\mathbf{a_1 \times e_1}$: couche de roulement.

$\mathbf{a_2 \times e_2}$: couche de base.

$\mathbf{a_3 \times e_3}$: couche de fondation.

Matériaux utilises	Coefficient d'équivalence
Béton bitumeux-enrobe dense (BB)	2.00
Grave bitumineux (GB)	1.50 a 1.70
Grave ciment –grave laitier (GB)(GL)	1.50
Sable ciment (SC)	1.00 a 1.20
Grave concasse ou gravier	1.00
Grave roulé ou gravier-TVO	0.75
Sable	0.50
Tuf	0.60

Tableau IV.2: Coefficient d'équivalence.

IV-5-3) Méthode du catalogue des structures :

Le catalogue des structures est établi par la direction SETRA (Service d'Etude Technique des Routes et Autoroutes). Elle consiste à déterminer la classe du trafic des poids lourds à la 20eme année et la classification du sol support. Une grille combinant les deux données oriente le projecteur sur le type de chaussée qui lui correspond.

a) Détermination de la classe du trafic:

Le trafic caractérisé par le nombre de poids lourds de charge utile supérieur à 50 KN par jour la voie la plus chargée.

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumule sur 20 ans
T_1	$T < 7.3\times10^5$
T_2	$3.7 \times 10^5 < T < 2 \times 10^6$
T_3	$2 \times 10^6 < T < 7.3 \times 10^6$
T_4	$7.3 \times 10^6 < T < 4 \times 10^7$
T_5	$T > 4 \times 10^7$

Tableau IV.3: Classe du trafic.

On commence par la détermination du trafic de poids lourds cumulé sur 20 ans et classer dans l'une des classes définies précédemment.
Le trafic cumulé est donné par la formule.

$$TC_i = TPLi \times ((1 + i)^n - 1/i) \times 365$$

T_{PL} : trafic poids lourds à l'année de mise en service

n: durée de vie (n = 20 ans)

b) Détermination de la classe du sol:

Le sol doit être classé selon la valeur de CBR de densité Proctor modifié maximal.Les différentes catégories sont données par le tableau indiquant les classes de sols :

Classe du sol	Indice CBR
S1	**25-40**
S2	**10-25**
S3	**5-10**
S4	**<5**

Tableau IV.4 : Le classement des sols.

IV-5-4-Méthode L.C.P.C:

Cette méthode est dérivée des essais A.A.S.H.O. Elle est basée sur la détermination du trafic équivalent donné par l'expression suivante :

$$T_{eq}= \frac{T_{MGA}.a.\left[(1+\tau)^{n}-1\right].0.7.\ P.365}{\left[(1+\tau)-1\right]}$$

T_{eq}: trafic équivalent par essieu de 13 tonnes.

T_{GMA}: trafic à l'année de mise de service de la route.

A : coefficient qui dépend du nombre de voies.

τ: Taux d'accroissement annuel.

n: durée de vie de la route.

P : pourcentage de poids lourds.

Une fois la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de l'épaisseur équivalente (en fonction de Teq et I_{CBR}) à partir de l'abaque T.C.P.C.

IV-6-Application au projet:

- **Choix de la méthode de dimensionnement**:

La méthode la plus répandue en Algérie c'est la méthode CBR et catalogue de dimensionnement des chaussées neuves, Malgré que les autres méthodes ont comme point commun : le trafic circulant et le sol sur lequel la chaussée va être construite.

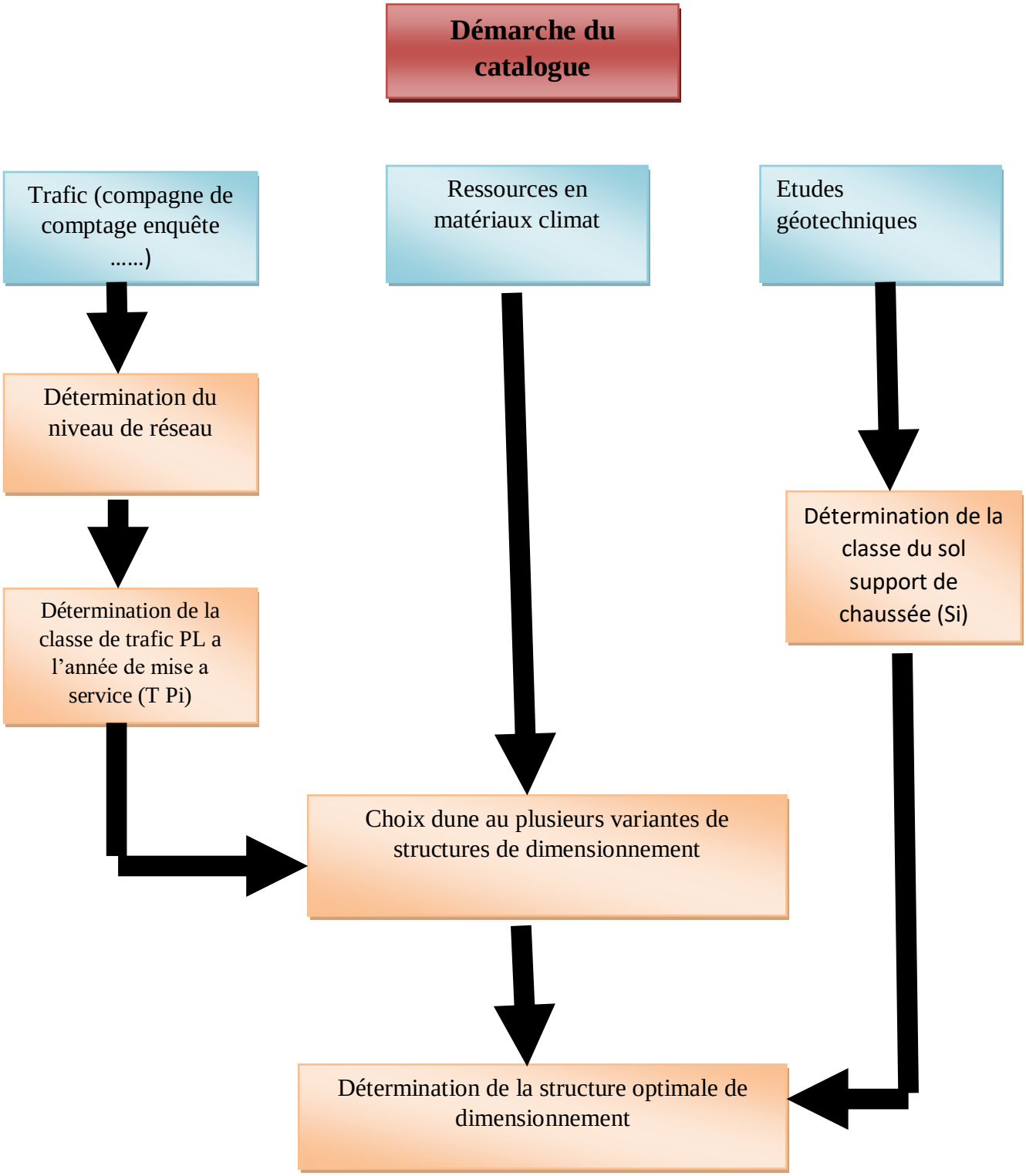


Figure IV.3 : Organigramme de la méthode.

Les données de l'étude :

- Le trafic à l'horizon $TJMA_{2024} = 19089\ V/j$
- Le Pourcentage (%) des poids lourds **PL= 30%**
- Taux d'accroissement annuel $\tau = 4\%$
- Indice CBR **CBR= 10**
- La charge par roue (essieu) **P=6.5 t**
- Log logarithme décimal $TJMA_{2024} = 19089$

IV-6-1-Calcul du nombre de camions par jour :

N= (0, 3 ×19089) /2pl /j /s = 2863, 4 pl/j/s

N= 2863, 4 pl /j/s

Avec:

N : le nombre de camions par jour de plus 1.5t

IV-6-2-Calcul l'épaisseur de la chaussée:

$$e = \frac{100+\sqrt{6,5}(75+50log\frac{2863,4}{10})}{10+5}$$

e= 40,3 cm

e= 40,3 cm

Rappel :

Le trafic à prendre en compte pour le dimensionnement des chaussées c'est le trafic poids lourds sur la voie la plus chargée de la chaussée.

Répartition transversale du trafic :

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

Dans notre cas, il s'agit d'une route bidirectionnelle à 2 voies, répartition du trafic 50% sur chaque voie :

Soit 50% de 19089 v/j = 9544.5 v/j /sens
Ce qui correspond à :

9544.5×30% = 2863.4 pl/j/voie.

$$\mathbf{e=}\frac{\mathbf{100}\sqrt{\mathbf{6,5}}\mathbf{(75+50}\mathit{log}\frac{\mathbf{2863,4}}{\mathbf{10}}\mathbf{)}}{\mathbf{10+5}}$$

e= 40,3 cm

e= 40,3 cm

$e=\sum a_i e_{i=} a_1 e_1 + a_2 e_2 + a_3 e_3$

On propose : $\boldsymbol{e_1}$ = **6 cm** en béton bitumineux BB

$\boldsymbol{e_1}$ **= 6 cm**

$\boldsymbol{e_2}$= **12 cm** en grave bitumineux GB

$\boldsymbol{e_2}$**= 12 cm**

Avec :

- Couche de roulement (Béton bitumineux) BB a_1= 2,00
- Couche de base (grave ciment) GB a_2= 1,50
- Couche de fondation (tout venant) TVO a_3= 0,75

Et on calcule e_3 : une couche non traité GC

$e_3 = 40.3 - (2X6 + 1{,}5X12)/\ 0{,}75$

$\boldsymbol{e_{3=}}$**14 cm**

$\boldsymbol{e_{3=}}$**14 cm**

6 cm de BB

12cm de GB

14 cm de TVO

UMMTO

Figure IV.4:Schémades différentes couches.

Structure de la chaussée avec la méthode CBR :
6(BB) + 12 (GB) + 14(TVO).

IV-6-3-Détermination du type de réseaux principaux:

On a la classification des réseaux principaux suivante :

Réseau principale	**Trafic (véhicule / jour)**
RP1	> 1500
RP2	<1500

Tableau IV.5: Type de réseau principal.

$TMJA_{2024}$ **= 19089 v/j**

Donc d'après le tableau notre réseau est de type RP1

IV-6-4-Répartition transversale du trafic :

En l'absence d'information précise sur la répartition de poids lourds sur les différentes voies de circulation, on adoptera la valeur suivante :

- le trafic qui transite dans une seule direction est :

$TMJA_{2024}$ = (19089 v/j / 2) = 9544,5 v/j/sens

$TMJA_{2024}$ = 9544,5 v/j/sens

- Le nombre de poids lourd par sens :

Z= 30%
$TMJA_{2024}$ **= 9544.5 ×0,3=2863,4 pl/j**

- Chaussée unidirectionnelle de 2 voies :

Sachant que 80% du trafic poids lourds roule sur la voie de droite, on aura :

$TMJA_{2024} = 2863,4 \times 0,8 =$ **2291 pl/j/sens**

IV-6-5Détermination de la classe du trafic TPLi :

Les classes de trafic (TPLi) adopté dans les fiches structures de dimensionnement sont données, pour chaque niveau de réseau principal, en nombre poids lourd par jour et par sens à l'année de mise en service.
Classe (TPLi) pour RP1 :

TPLi	**TPL3**	**TPL4**	**TPL5**	**TPL6**	**TPL7**
Pl /j/sens	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

Tableau IV .6 :Classe du trafic RP1.

TPL = 2291(pl/j/sens) donc la classe est TPL6

IV-6-6-Calcul du trafic cumulé de poids lourds TCi:

La formule qui nous donne le trafic cumulé :

TC_i= TPLi × ((1 + i)^n- 1/i) ×365

TC_{2044}= 2291 × ((1 + 0,04)^{20} -1/0,04) ×365

TC_{2044} = 1,9.10^7 pl/j/sens

IV-6-7-Calcul du trafic cumulé équivalent :

En Algérie l'essieu de référence standard est l'essieu isolé à roues jumelée de 13tonnes

Niveau de réseau principal RPi	**Type de matériaux et structures**	**Valeur de A**
RPi	Chaussées à matériaux traité au bitume : GB/GC, GB/Tuf, GB/GC	**0,6**
	Chaussées à matériaux traité aux liants hydrauliques : GL/GL, BCG/GC	**1**

Tableau IV.7: Valeur des coefficients d'agressivité.

On a: A = 0, 6

$TCE_{2044} = TC_{2044} \times A = 1,9.10^7 \times 0,6 = 1,14.10^7$pl/j/sens.

$TCE_{2044} = 1,14.10^7$pl/j/sens.

$TCE_{2044} = 1,14.10^7$pl/j/sens

IV-6-8-Détermination de la portance de sol-support de chaussée :

Faute de données géotechniques, nous avons pris une valeur de l'indice CBR de 5, ce qui donne un sol de classe S3 :
Le module de déformation à la plaque est donné par la formule suivante :

E_{V2}(MPA) = 5× CBR

Classe de Portance de sol support pour le dimensionnement :

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 4classes de sol support : S3, S2, S1, S0 :
Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous :

Classe du sol-support	S_3	S_2	S_1	S_0
Module (MPA)	25-50	50-125	125-200	>200

Tableau IV.8:Classes de portance de sol-support.

E(MPA) = 5×5= 25 MPA ⟶ la classe de portance de sol-support

IV-6-9-Sur classement des sols supports des chaussées :

Le cas de sols de faible portance (< S4 et S3 en RP1) est rencontré, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussée dans des conditions acceptable.

La couche de forme va jouer le rôle de plateforme pour que les couches suivantes soient résistantes et permet un sur classement de sol support donc une amélioration de la portance du sol terrassé :

-Elle doit être drainante pour que l'eau ne reste pas sur les couches supérieures.

-Elle est réalisée à une cote hors-gel pour ne pas subir des déformations lors des périodes de froid.

-Elle est constituée d'éléments de faible granulométrie pour éviter le poinçonnement de la couche de roulement.

Portance du sol	**Matériaux de CF**	**Epaisseur de CF**	**Portance visée**
$< S_4$	Non traité	50 cm (en 2 couches)	S_3
S_4	Non traité	35 cm	S_3
S_4	Non traité	60 cm (en 2 couches)	S_2
S_3	Non traité	40 cm (en 2 couches)	S_2
S_3	Non traité	70 cm (en 2 couches)	S_1

Tableau IV.9: Choix de la couche de forme.

Matériaux non traité : grave non traitée (GNT), matériaux locaux (TVO, TVC, TUF), et les matériaux locaux.

IV-6-10-Choix de différentes couches constituantes la chaussée :

D'après le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves, on optera pour les matériaux suivants :

- Couche de roulement : Béton Bitumineux (BB).
- Couche de base : Grave Bitume (GB).
- Couche de fondation : Grave Bitume (GB).

IV-6-11-Détermination de la zone climatique :

Détermination de la zone climatique (fascicule1 : dimensionnement des chaussée neuves).

D'après la carte de la zone climatique de l'Algérie : notre projet est dans la zone I (>600mm/an) très humide.(Figure V.5)

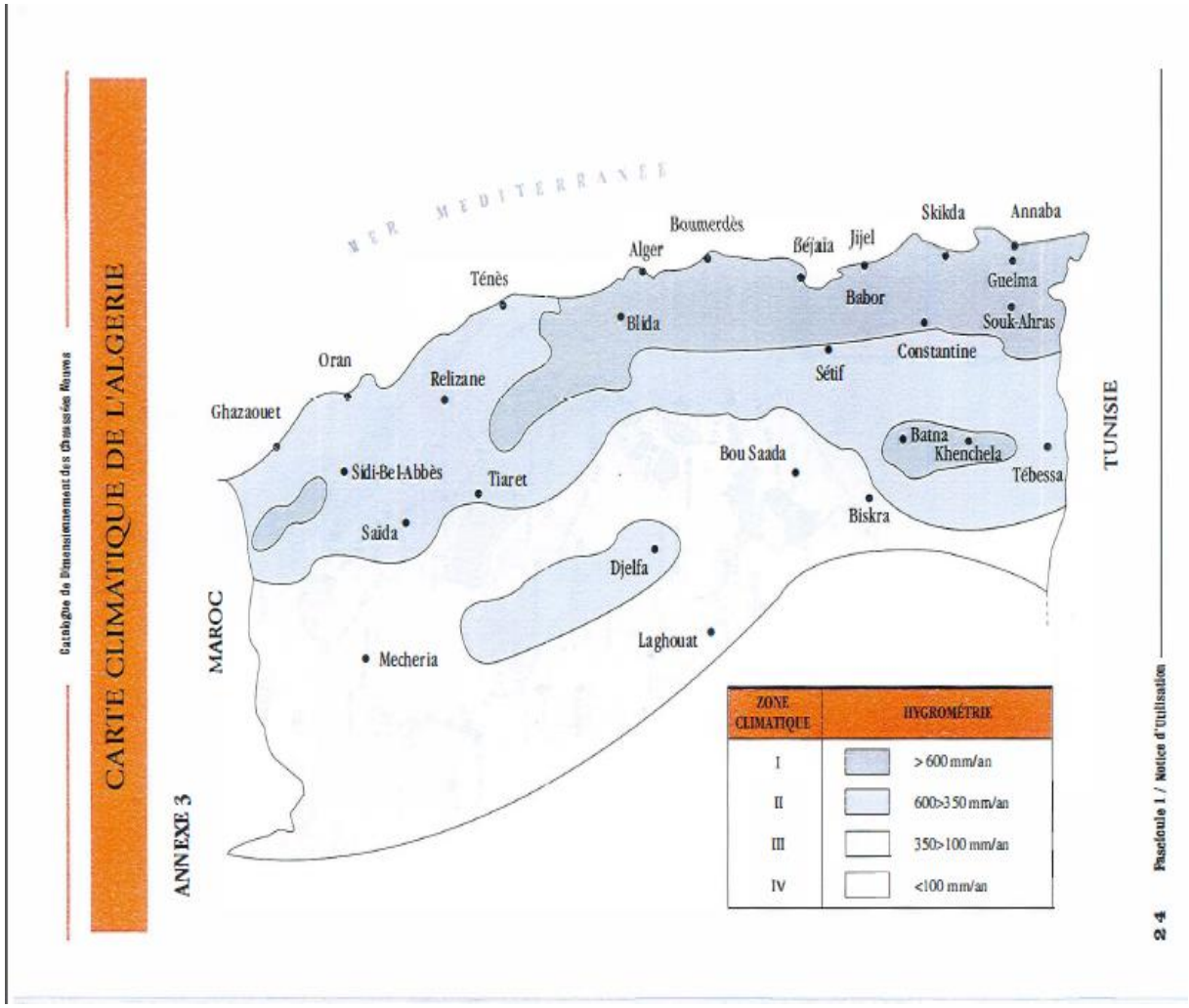


Figure IV.5:Carte climatique.

IV-6-12-Choix de dimensionnement :

Notre projet a pour caractéristiques :

Réseau principal (RP1) ; Zone climatique I. Durée de vie : 20 ans.
Taux d'accroissement 4%. Portance du sol support visée S2, et classe de trafic (TPL6)
Avec toutes ces données le catalogue Algérien (fascicule3) propose la structure suivante :

- Couche de roulement en Béton Bitumineux : BB= 8cm.
- Couche de Base en Grave Bitume : GB= 12cm.
- Couche de fondation en Grave Bitume : GB= 13cm.

Avec une couche de forme en Grave Non Traité : GNT= 40 cm (en deux couches) [fascicule1].

IV-6-13-Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support :

a) Déformation admissible sur le sol support ($\varepsilon_{z,adm}$) :

$$(\varepsilon_{z,adm}) = 22 \times 10^{-3} \times (TCE_i)^{-0,235}$$

$$(\varepsilon_{z,adm}) = 22 \times 10^{-3} \times (1,14.10^{7})^{-0,235}$$

$$(\varepsilon_{z,adm}) = 483,11 \times 10^{-6}$$

b) Calcul de la déformation admissible de traction ($\varepsilon_{z,adm}$) à la base des couches bitumineux :

$$(\varepsilon_{t,adm}) = \varepsilon_6\ (10\ °\ C, 25\ HZ) \times KNe \times K\theta \times Kr \times Kc$$

Avec:

ε_6 (10 ° C, 25 HZ):déformation limite obtenue au bout de 106 cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25 HZ (essai de fatigue).
KNe : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.
K θ : facteur lie à la température.
Kr : facteur lié au risque et aux dispersions.
Kc : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussées.

- **ε_6 (10 ° C, 25 HZ)** = 100×10^{-6}déformation sous le grave bitume.

- **KNe** = $\left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b$

  KNe = $\left(\frac{1,14.10^7}{10^6}\right)^{-0,146}$ = **0, 7**

- **Kθ** = $\sqrt{\frac{E(10°c)}{E(\theta_{eq})}}$

  K θ = $\sqrt{\frac{12490}{7440}}$ = **1, 3**

Avec :

$\boldsymbol{E(10°c)}$= 12500Mpa pour la GB, et $\boldsymbol{E(\theta_{eq})}$ pour la zone climatique I = 20°

Kr = $\mathbf{10^{-tb\delta}}$

δ : f (dispersion)

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

Avec :

SN : dispersion sur la loi de fatigue

Sh : dispersion sur les épaisseurs (en cm)

C : coefficient égale à 0.02

T : fractale de la loi normale qui est fonction du risque adopté (r%)

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

Matériaux	**E (30°C 10Hz) Mpa**	**E (25% 10Hz) Mpa**	**E (20°C, 10Hz) Mpa**	**E (10°C, 10Hz) Mpa**	**ε_6(10° C, 25HZ) 10^{-6}**	**$-\frac{-1}{b}$**	**S_N**	**S_h**	**V**	**K_C**
GB	**3500**	**5500**	**7000**	**12500**	**100**	**6 ,84**	**0,45**	**3**	**0,35**	**1,3**

Tableau IV.10: Performance mécanique des matériaux bitumineux.

	Zone climatique		
Température équivalentes	**I et II**	**III**	**IV**
	20	25	30

TableauIV.11:Choix des températures équivalentes.

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

Tableau IV.12:Valeur de t = f(r%).

$$\delta = \sqrt{0{,}45^2 + (\frac{0{,}02}{-0{,}146}3)^2} = 0{,}609$$

- **Kr =$10^{1{,}282\times-0{,}146\times0{,}609}$ = 0,769**

Kr = 0,769

Pour le réseau RP1 et la classe de trafic TPL6 réalisée en GB/GNT, le risque est de 10%
T=-1,282

- **Kc =1,3** calage pour la GB

Kc =1,3

D'où:

$$(\varepsilon_{t,adm}) = \varepsilon_6\ (10\ ^\circ\text{C},\ 25\ \text{HZ}) \times \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b \times \sqrt{\frac{E(10^\circ c)}{E(\theta_{eq})}} \times 10^{-tb\delta} \times \text{Kc}$$

Avec :

TCEi: Trafic en nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée devie considérée
b: Pente de la droite de fatigue (b < 0)
$E(10°c)$: Module complexe du matériau bitumineux à 10°
$E(\theta_{eq})$: Module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considéré.

$$(\varepsilon_{t,adm}) = 90,97.\ 10^{-6}$$

Calcul automatique du dimensionnement : (a l'aide du logiciel ALIZE III)
Les déformations admissibles sont :

UMMTO

$\boldsymbol{\varepsilon_{z,ad}}$: Sol support = $\mathbf{483{,}11 \times 10^{-6}}$

$\boldsymbol{\varepsilon_{t,ad}}$ **:** A la base de GB = $\mathbf{90,\ 97.\ 10^{-6}}$

La structures de la chaussée devra satisfaire à la condition (essai de simulation) pour les matériaux traités au bitume $\boldsymbol{\varepsilon_z < \varepsilon_{z,ad}}$ et$\boldsymbol{\varepsilon_t < \varepsilon_{t,ad}}$, $\boldsymbol{\varepsilon_z}$ et $\boldsymbol{\varepsilon_t}$ peuvent êtres déterminés à partir d'un calcul automatique avec le logiciel ALIZE III.

IV-7-principe du programme ALIZE III :

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

Les données à rentrer dans le modèle pour les différentes simulations :

- L'épaisseur de chaque couche.
- Le module (E) et le coefficient de poisson (υ) de chaque couche y compris le sol support.
- Le type d'interface entre les couches.

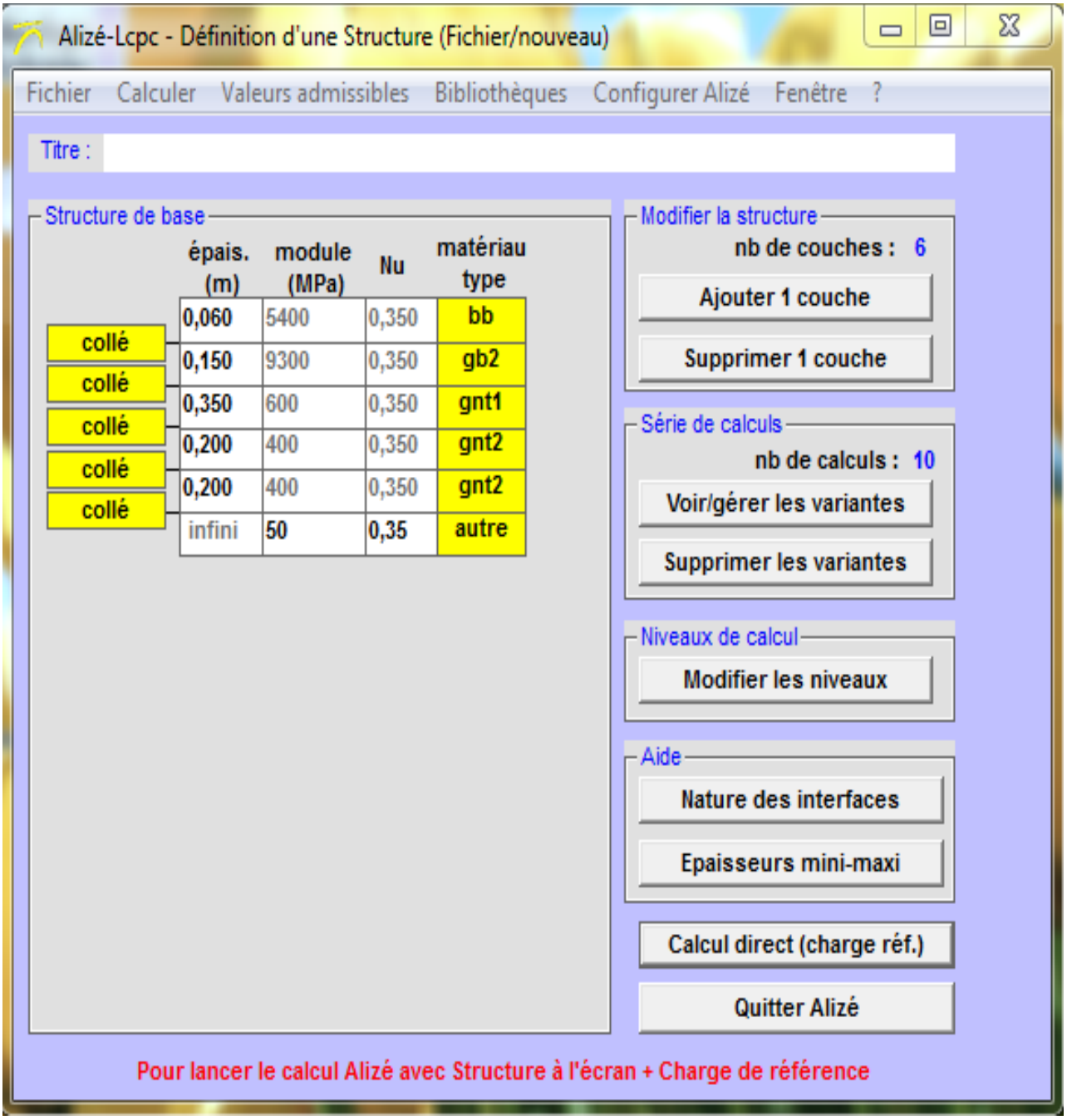
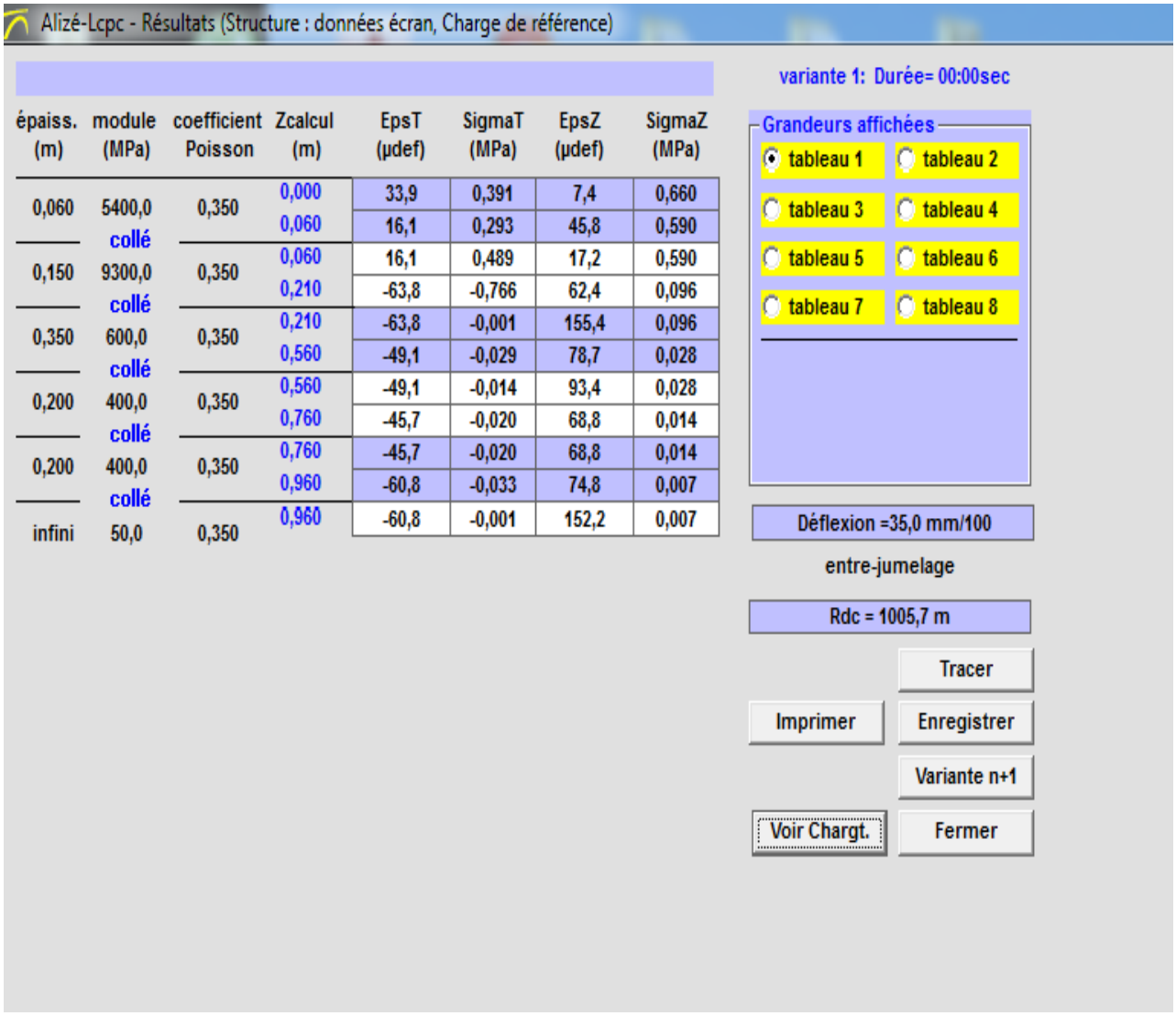


Figure IV.6: Modélisation de la structure.

UMMTO



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,060	5400,0	0,350	0,000	33,9	0,391	7,4	0,660
	collé		0,060	16,1	0,293	45,8	0,590
0,150	9300,0	0,350	0,060	16,1	0,489	17,2	0,590
	collé		0,210	-63,8	-0,766	62,4	0,096
0,350	600,0	0,350	0,210	-63,8	-0,001	155,4	0,096
	collé		0,560	-49,1	-0,029	78,7	0,028
0,200	400,0	0,350	0,560	-49,1	-0,014	93,4	0,028
	collé		0,760	-45,7	-0,020	68,8	0,014
0,200	400,0	0,350	0,760	-45,7	-0,020	68,8	0,014
	collé		0,960	-60,8	-0,033	74,8	0,007
infini	50,0	0,350	0,960	-60,8	-0,001	152,2	0,007

Figure IV.7:Résultat écran ALLIAE III.

Résultats de simulation :

Sol support : $\varepsilon_z = 152{,}2 \times 10^{-6} < \varepsilon_{z,ad} = 483{,}11 \times 10^{-6}$

A la base de GB : $\varepsilon_t = 60{,}8 \times 10^{-6} < \varepsilon_{t,ad} = 90{,}97 \times 10^{-6}$

IV-8- Conclusion :

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

CHAPITRE V: CARACTERISTIQUES GÉOMÉTRIQUES

V-1- Introduction :

Dans tout projet de réalisation d'une infrastructure de transport routière, l'ingénieur doit commencer par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus adéquate à la configuration du terrain.
La route est un ouvrage linéaire, représenté en trois principales représentations graphiques à l'aide du logiciel Piste 5 :

- Tracé en plan.
- Profil en long.
- Profils en travers.

Les caractéristiques géométriques de ces éléments doivent correspondre à la meilleure solution du point de vue économique, et satisfaire certaines conditions minimales dictées par la nature, plus particulièrement la topographie et la géologie ainsi que le trafic futur prévu.

V-2-Présentation et fonctionnement du logiciel piste 5 :

V-2-1- Introduction :

Le logiciel PISTE est un outil de conception adapté aux ouvrages linéaires tels que les tracés routiers.

C'est l'outil de base pour les bureaux d'étude devant concevoir des projets linéaires de génie civil depuis le simple chemin de remembrement jusqu'au projet autoroutier en passant par les projets de renforcement de chaussée existante. Sa souplesse lui permet en outre de pouvoir traiter toutes les études modélisable par profil en travers (canaux, (ligues, barrages, vois ferrées, travaux aéroportuaires, tranchées, …).

Successeur d'une lignée de produits conçus par le SETRA, Piste 5 respecte et reprend une méthode de conception basée sur 3 étapes :

- La définition d'un axe en plan et d'une tabulation.
- La définition le long de cet axe d'un profil en long.
- La construction de profils en travers respectant le profil en long et la tabulation.

En outre, de nombreuses interfaces lui permettent de communiquer avec d'autres produits.

Actuellement, ce produit est une référence en matière de conception routière.

V-2-2-Présentation de piste 5 :

V-2-2-1- L'interface utilisateur :

L'évolution logistique (piste 5) a donnée une interface plus souple et plus fiable, en comparaison avec Piste+ qui travaillait sous MS DOS.

Le logiciel Piste 5 travaille sous WINDOWS et son interface est organisée autour d'un système de menus déroulants permettant d'accéder aux différentes fonctions avec la souris ou le clavier.

Les dialogues nécessaires à l'exécution du programme sont effectués dans des boites de dialogue qui permettent de saisir inter activement les différentes valeurs.

Les résultats de calculs sont dirigés dans des fenêtres des résultats permettant la consultation de l'inégalité des données après l'exécution du calcul.

Les menus droits des modules de conception d'axes en plan et de profil en long sont contextuels. Ils varient en fonction des saisies effectuées en ligne de commande et office d'assistance à l'utilisateur.

La gestion des utilisateurs est accessible par un clic droit dans la zone graphique:

- Conception plane et longitudinal : Interroger, panoramique, zooms, calques.
- Conception transversal : profil, panoramique, zooms, visualisé.
- Module TPL (triangulation par point et ligne) : panoramique, zooms, calques.

La gestion des utilisateurs graphique (zooms, configuration écran....) est accessible dans tous les niveaux de menu.

V-2-2-2-Lancement de piste 5 :

Piste 5 peut être lancé de plusieurs manières

- Depuis un raccourci crée sur le bureau.
- En exécutant le programme Piste 5 depuis le menu Démarrer*
- Par un double-clique sur le nom d'un fichier .dap, .dpl, .typ, .seg

Dans ce dernier cas, vous accédez directement au module de conception correspondant au fichier de travail sur lequel vous avez double-cliqué.

2-2-3- Articulation des fonctions des menues principale :

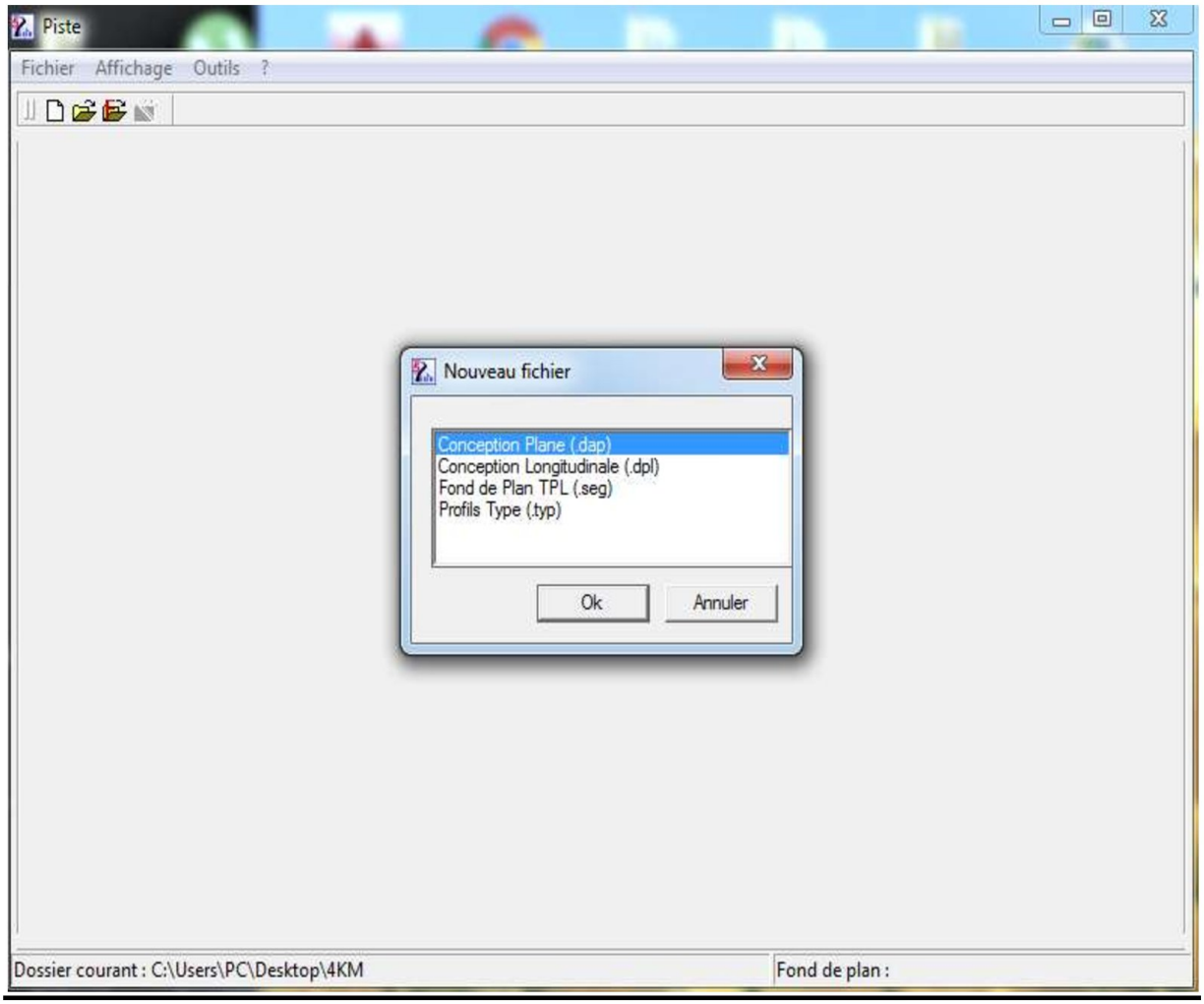


Figure v.1 : menu principal.

Le menu principal de piste 5 proposé lors de l'ouverture du logiciel, est organisé auteur de quatre menus déroulant :

a) **Fichier :** permettent de créer ou d'ouvrir des fichiers de travail correspondant aux différents modules de conception de l'application :

- **Conception plane (.dap) :** Gestion des axes en plan de projet.
- **Conception longitudinale (.dpl) :** Gestion du profil en long associe à un fichier piste.
- **Conception transversale (.pis) :** Regroupe l'ensemble des fonctions liées à l'utilisation d'un fichier piste existant et comprend les modules suivants :

  - Prise en compte du terrain naturel
  - Calcul des dévers
  - Calcul des perspectives
  - Visualisation Sorties (Edition, Implantation, et Dessin)
  - Utilitaires divers.

- **Fond de plan du module TPL (.seg) :** Gestion du fond de plan terrain

- **Profil type (.typ) :** Gestion des profils en travers type

La fonction fond de plan permet la gestion d'un fond de plan (.seg) : ouvrir, fermer, info.

La fonction Propriétés affiche les propriétés des fichiers de travail ouvert.

Les fonctions Importer et exporter permettent l'import et l'export de fichiers. Les fonctions tracés en plan récents, profils en long récents, projets piste récents, fond de plan récents permettent d'ouvrir les demies fichiers de travail utilisés.

b) Affichage : permet la gestion de l'affichage des barres d'outils.

c) Outils : permet d'accélérer à la configuration de piste 5, aux modules de digitalisation, de gestion de fichiers piste et de gestion des tables dévers.

d) (Aide) : permet d'accéder à l'aide en ligne du logiciel ainsi qu'à la rubrique A-propos. [Laide en ligne de piste 5 n'est pas contextuelle. Il s'agit de la version électronique du manuel de référence.]

V-2-3- Organisation de l'application

V-2-3-1- Un projet Piste :

Un projet au sens de piste 5 est constitue par un fichier principal appelé fichier piste.

Ce fichier, organisé par profils en travers, contient toutes les informations nécessaires à l'étude. Il est reconnu par l'extension (.PIS) qui associe à un ensemble de fichiers dont le nombre peut varier en fonction des données qu'il contient

- **PIS** : Données transversal (tabulation, lieu géométrique, décalage, ligne projet terrain naturel, assise, forme et base).
- **PTG** : Profil en travers géologiques.
- **APL** : Elément de l'axe en plan et zone de variation de dévers.
- **PEL** : Elément de profil en long.
- **PLG** : Profil en long géologique.
- **PER**: Perspectives.

NB : Ces fichiers sont indissociables et correspondent à un seul projet piste.

V-2-3-2- Description du fichier Piste :

a) **Organisation :** Le fichier Piste est organisé par profils en travers le long d'un axe réel ou fictif. Nous serons donc amenés à créer un fichier Piste pour chacun des axes de notre projet.

b) **Continu :** Chaque profil en travers est défini par son abscisse curviligne (c'est la seule donnée obligatoire, le numéro du profil n'est que le numéro d'ordre du profil dans le fichier).

L'ordre de prise en compte des éléments ne dépend que de la disponibilité des informations nécessaires à leur définition. Ainsi, on ne peut pas calculer les profils projet si on n'a pas défini le profil en long ou le terrain, mais on peut définir le lieu géométrique après la définition du profil en long.

La modification d'un élément entraîne la perte des éléments qui en dépendent. Ainsi, la modification d'un profil terrain entraîne la suppression du profil projet.

On ne doit donc définir que les informations nécessaires à l'étude.

c) **Terrain naturel :** Le terrain naturel est défini par 40 points maximum par profil pouvant être éventuellement complétés par le positionnement de segments de chaussée existante (projets de renforcement).

Le terrain naturel n'est donc connu dans Piste 5 que par les profils en travers terrain. Le profil en long terrain étant déterminé automatiquement par l'ensemble des cotes terrain à l'axe.

La prise en compte du terrain dans un projet Piste consiste donc, à partir des données terrain disponibles, à générer les différents profils en travers terrain.

- **Projet :** Le profil projet est constitué de 1 à 4 lignes de 40 points maximum chacune.

- **Projet :** ligne supérieure du projet

- **Assise :** ligne de fond de forme permettant de déterminer les quantités de terrassement.

- **Forme :** ligne intermédiaire délimitant une première couche de la structure.

- **Base :** ligne intermédiaire délimitant une seconde couche de la structure

Le nombre de lignes à définir dépend de la nature du projet et de la décomposition désirée du corps de chaussée.

V-2-3-3- Création d'un Projet Piste :

L'initialisation d'un projet Piste peut s'effectuer de trois façons différentes.

- A partir d'un axe en plan (tabulation)
- Par importation directe des profils
- A partir d'un profil en long (tabulation)

V-3- Tracé en plan :

V-3-1- Introduction :

Le tracé en plan est une projection horizontale sur un repère cartésien topographique de l'ensemble des points définissant le tracé de la route. C'est la représentation sur un plan horizontal de l'axe de la route.

V-3-2- Règles à respecter dans le tracé en plan :

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

- Respecter les normesde l'ARP (L'Aménagement des Routes Principales)
- Adapter au maximum le terrain naturel.
- Appliquer les normes du **B40.**
- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.
- Se raccorder sur les réseaux existants.
- S'inscrire dans le couloir choisi.
- Eviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de construction des ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques, si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement.
- Il faut raccorder le nouveau tracé au réseau routier existant.

V-3-3- La vitesse de référence :

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

Choix de la vitesse de référence dépend de:

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

V-3-4- Les éléments du tracé en plan :

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

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

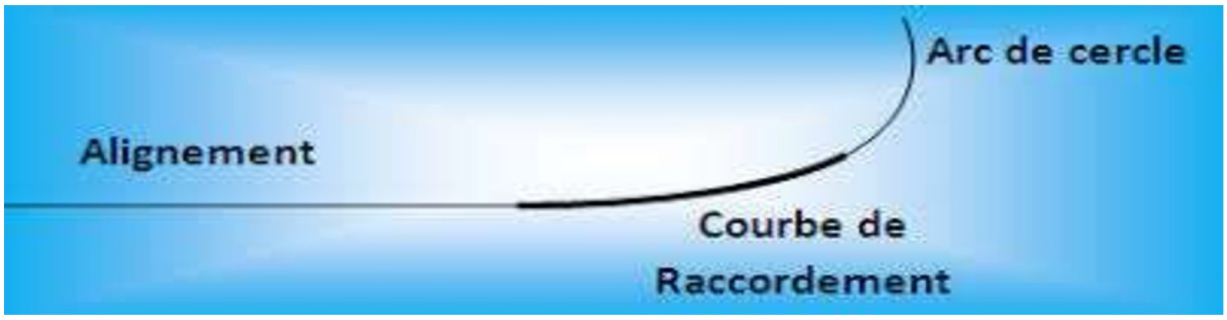


Figure V.2:Les éléments du tracé en plan.

V-3-4-1-Les alignements :

Il existe une longueur minimale d'alignement Lmin qui devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercles.
La longueur maximale Lmax est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes.

Lmin=T.VB/3.6, T= 5 sec

Lmax=T.VB/3.6, T= 60 sec

- **Application au projet :**

Vb= 80 km

$L_{MAX} = 60 \times 80 \div 3{,}6 = 1333.33$ m

$L_{MIN} = 5 \times 80 \div 3{,}6 = 111.11$m

L_{MAX}= 1333.33

L_{MIN}=111.11m

V-3-4-2-Arc de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

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

a) Stabilité en courbe :

Le véhicule subit en courbe une instabilité sous l'effet de la force centrifuge, et afin de réduire cet effet on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur. Pour éviter le glissement des véhicules en temps de pluie, on fait de fortes inclinaisons d'où on a recours à augmenter le rayon. Dans la nécessité de fixer les valeurs de l'inclinaison (dévers) ce qui implique un rayon minimal.

b) rayon en plan :

➢ **Rayon horizontal minimal absolu (RHM) :**

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal.

•ft : coefficient de frottement transversal.
• VB : vitesse de base

Avec : $v = \frac{V_B}{3.6}$ et $Rmin = \frac{v^2}{g(ft+d)}$

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

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

Tableau V.1:Coefficient de frottement transversal.

➢ **Rayon minimal normal (RHN) :**

Le rayon minimal normal doit permettre à des véhicules dépassant VB de 20km/h de rouler en toute sécurité.

$$RHN = RHm(V_B + 20)$$

➢ **Rayon au dévers minimal (RHd) :**

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

Dévers associé

• dmin = 2.5% en catégorie 1 – 2

• dmin = 3% en catégorie 3 – 4

$$RHD = \frac{V_B{}^2}{127 \times 2 \times dmin}$$

➢ **Rayon minimal non déversé (RHnd) :**

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

$$RHD = \frac{vr^2}{127 \times 0.0035} \quad \text{Catég 1 – 2}$$

$$RHD = \frac{vr^2}{127(f' - dmin)} \quad \text{Catég 3-4-5}$$

Avec :

f'= 0.07 catégorie 3

f'= 0.075 catégorie 4 -5

- **visibilité en courbe :**

Pour assurer une bonne visibilité en courbe, on opte pour l'augmentation de rayon de virage et cela pour but d'éliminer tous les obstacles.

- **Surlargeur:**

Un long véhicule à deux (2) essieux, circulant dans un virage, balaye en plan une bande de chaussée plus large que celle qui correspond à la largeur de son propre gabarit.

Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, on donne à la voie parcourue par ce véhicule une surlargeur par rapport à sa largeur normale en alignement.

$$s = \frac{L^2}{2R}$$

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

R : rayon de l'axe de la route.

Rayon (m)	surlargeurs (m)
0	0
0	0
80	0.70
40	1.25
43	1.20
41	1.22
60	0.84
36	1.40
35	1.43
33	1.52

Tableau V.2: rayons et surlargeurs.

- **Application au projet:**

Pour notre projet situé dans un environnement (E2), et classé en catégorie (C2) avec une vitesse de base de 80km/h, donc à partir du règlement B40 on peut avoir le tableau suivant:

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesses km/h	V	80
Rayon horizontal minimal (m) Rayon horizontal normal (m) Rayon horizontal déversé (m) Rayon horizontal non déversé (m)	RHM (7%) RHN (5%) RHd (2.5%) RHnd (-2.5%)	250 450 1000 1400

Tableau V.3 : Rayon de tracé en plan.

V-3-4-3-Courbes de raccordement :

Le fait que le tracé soit constitué d'alignements et d'arcs de cercle ne suffit pas, il faut donc prévoir des raccordements à courbure progressive qui permettent d'éviter la variation brusque de la courbe lors du passage d'un alignement à un cercle ou entre deux courbes circulaires et cela pour assurer:

- La stabilité transversale du véhicule.
- Confort des passagers du véhicule.
- Transition de la forme de la chaussée.
- Un tracé élégant, souple, fluide, et esthétiquement satisfaisant.

a) Type de courbes de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues, nous avons retenu les trois courbes suivantes :

- Parabole cubique : est définie par l'équation suivante : $y = c.x^3$, elle est utilisée en raison de sa courbure vite atteinte (utilisée surtout dans le tracé de chemin de fer).

- Lemniscate : est définie par l'équation : K.F = (1 /R), sa courbe est proportionnelle à la longueur du rayon vecteur F.

- Clothoïde : est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul. La courbure de la clothoïde est proportionnelle par rapport à la longueur de l'arc.

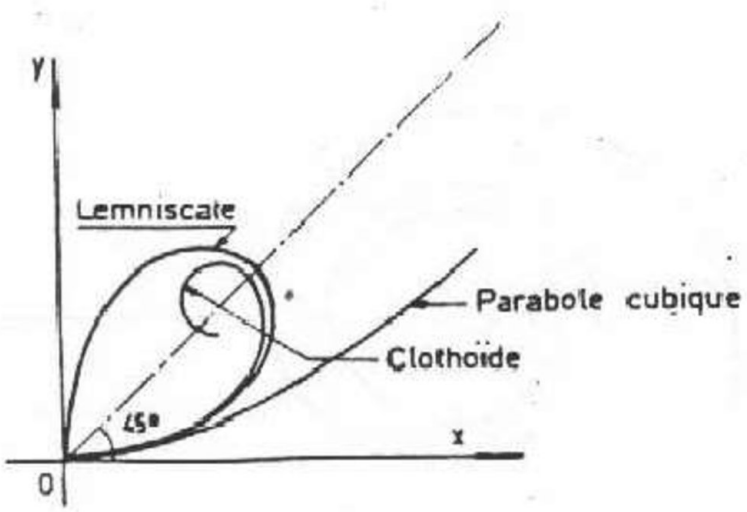


Figure V.3 : comparaison des 3 types de CR.

b) Choix de la courbe de raccordement :

Entre les trois courbes citées auparavant la courbe de raccordement qu'on a choisi pour notre tracé est la clothoïde, car théoriquement c'est l'idéale et la plus utilisée, et aussi parce qu'elle présente 3 propriétés remarquables qui sont :

➢ Variation constante de la courbure qui correspond au conducteur à une rotation constante.

➢ Elle maintient constante la variation de l'accélération, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

➢ Sa courbure est proportionnelle à l'abscisse curviligne.

V-3-5-Eléments de la clothoïde:

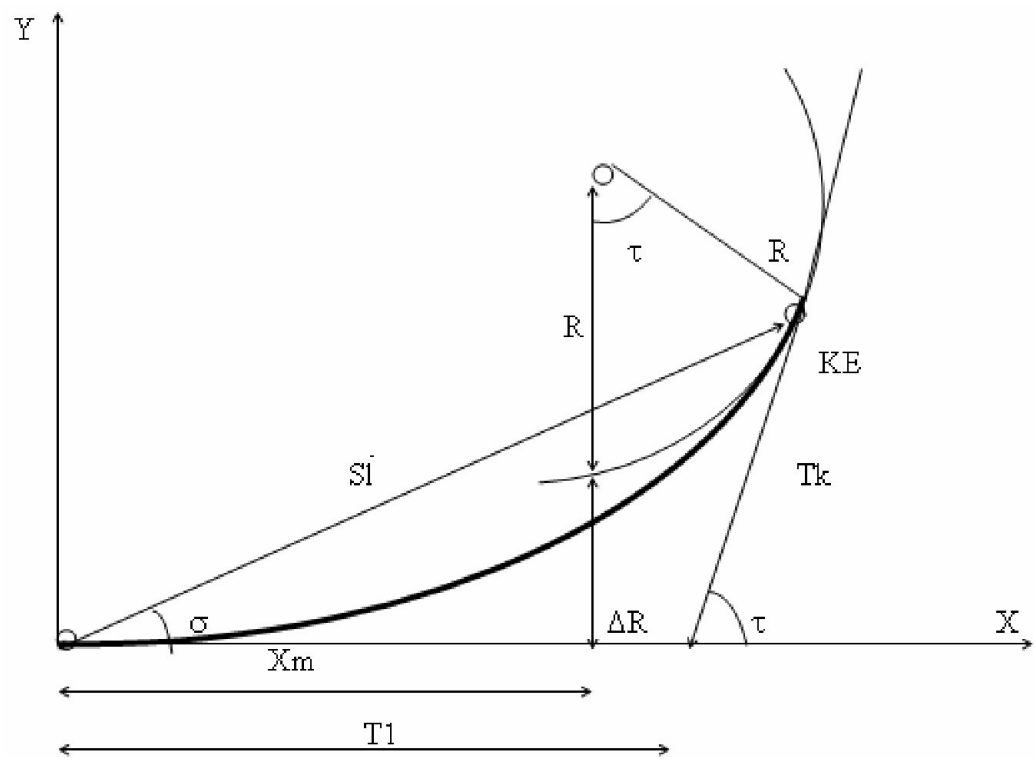


Figure V.4 : Eléments de la clothoïde.

γ: Angle entre alignement
SL : La corde à la clothoïde
T : Grande tangente
δ : L'angle polaire
ΔR : Ripage
L : longueur de clothoïde
XM : Abscisse du centre de cercle
KA : début de clothoïde
R: Rayon de virage
KE : Fin de clothoïde
τ: Angle de tangente

IV-3-6-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 **80km/h**.

• Il s'agit d'implanter une route neuve dans un relief vallonné.

IV-3-7-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.**

- Ouvrir le logiciel piste en cliquant dessus → fichier → nouveau → fond de plan TPL(seg) → dans le même fichier piste ou nous avions enregistré le levé topographique sous forme DXF → nommer dans notre cas « Terrain » → ok.

- Chargement du fichier géométrique en cliquant : Fichier → Lire → Levé (le non donné aux points topographiques).

Ouvrir → ok → ok.

- **On obtient par la suit le nuage de points qui vont représenter notre terrain:**

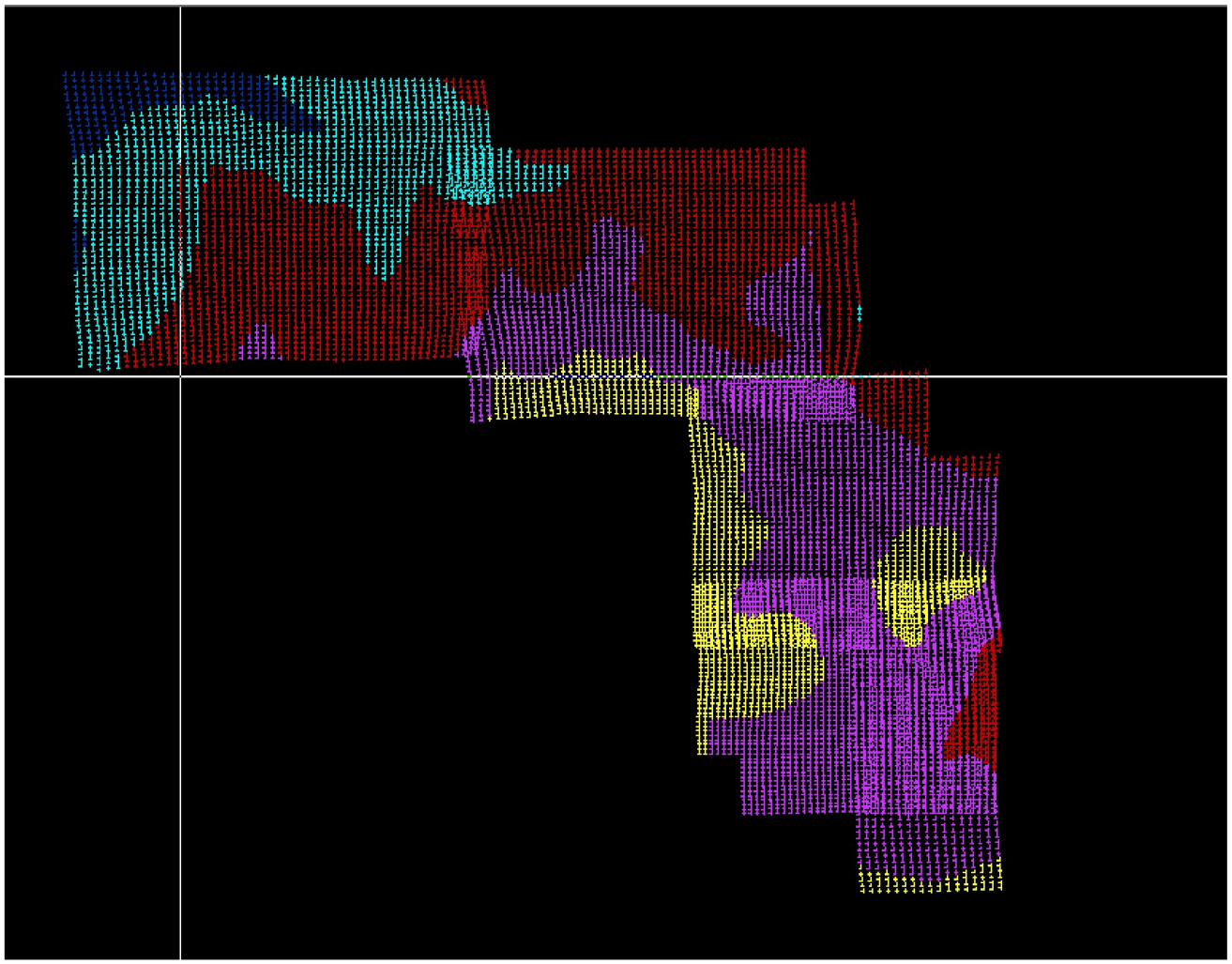


Figure V.5 : Nuage de point.

- **Triangulation du terrain :**

Une fois la structure effectuée, nous lançons la triangulation qui consiste a déterminer, pour tous les points, des facettes triangulaires qui modélisent les sommets.
Calcul → triangulé →oui

1-Calcul des courbes de niveau :

Les courbes de niveau sont les courbes reliant les points de la carte ayant la même altitude :

Une fois la triangulation s'effectuée → calcul → courbe de niveau → choisir la valeur du pat (ex : 20m) → ok.

2-Calcul des Points hauts et bas :

Calcul → Points hauts et bas.

- Nous obtenons la triangulation suivante :

Figure V.6 : triangulation.

3- Nous passons à la conception plane :

Fichier → nouveau→ conception plane → créer un nouveau fichier nommé (conception plane) → ouvrir.
Fichier → fond de plan → Terrain →ouvrir.
Bouton droit → Zoom tout.

- **Etape 2 : Définition de l'axe en plan et tabulation.**

-Construction des éléments de l'axe :

- **Les points** :

Elément → point → nom d'élément → saisir le nom d'élément dans la boite de dialogue (P1, P2,….) → graphiquement → on place le point → exécuter.

- **Droite :**

Elément → droite→ nom d'élément → saisir le nom dans la boite de dialogue point → sélectionner graphiquement les deux points que relit la droite → exécuter

- **Valeur des rayons :**

Elément → distance → nom d'élément → saisir R1 saisir → entrer la valeur du rayon → exécuter.

- **Création d'une liaison :**

Elément → liaison → nom d'élément → saisir sélectionner les deux droites à raccorder sélectionner la distance (rayon) → ok.

- **Création de l'axe en plan :**

Elément → axe→ Nommer l'axe (axe1) →point p1 →fin automatique.

Ces différentes étapes sont représentées dans la figure qui suit :

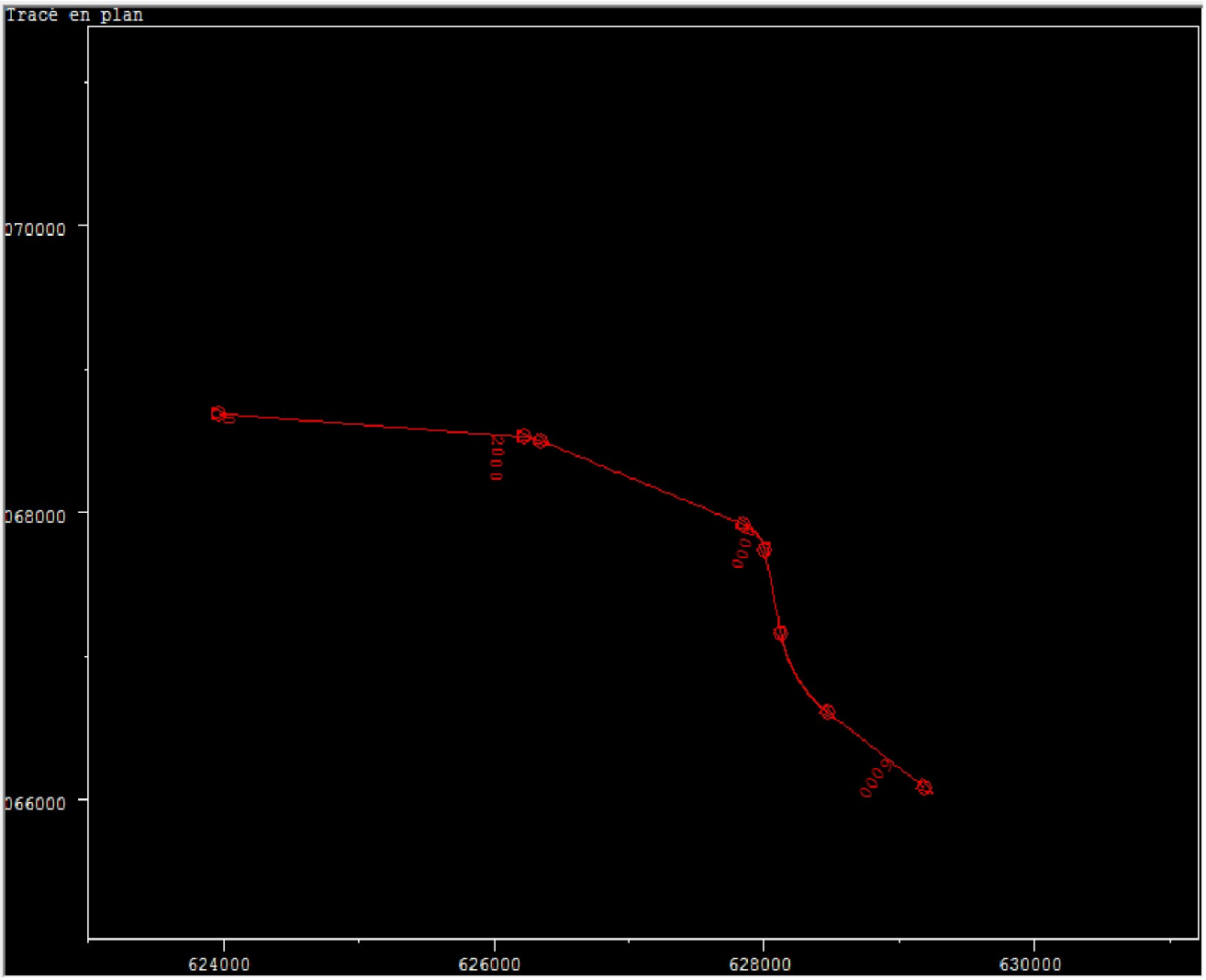


Figure V.7 : axe en plan.

- **Tabulation de l'axe :**

Calcul → Zone → Axe → on saisit Axe1 0 25 → Exécuter. Calcul → Tabuler Axe →Axe1 → création pis → Exécuter.

NB : L'introduction des valeurs 0 à 25 permet au logiciel de donner des résultats des profils chaque 25 mètres.

- **Interpolation de L'AXE :**

Fichier → ouvrir → Fond de plan TPL (.seg) →ok→ ouvrir.
Calcul → interpolation→ Axe projet »→ ouvrir →ok.

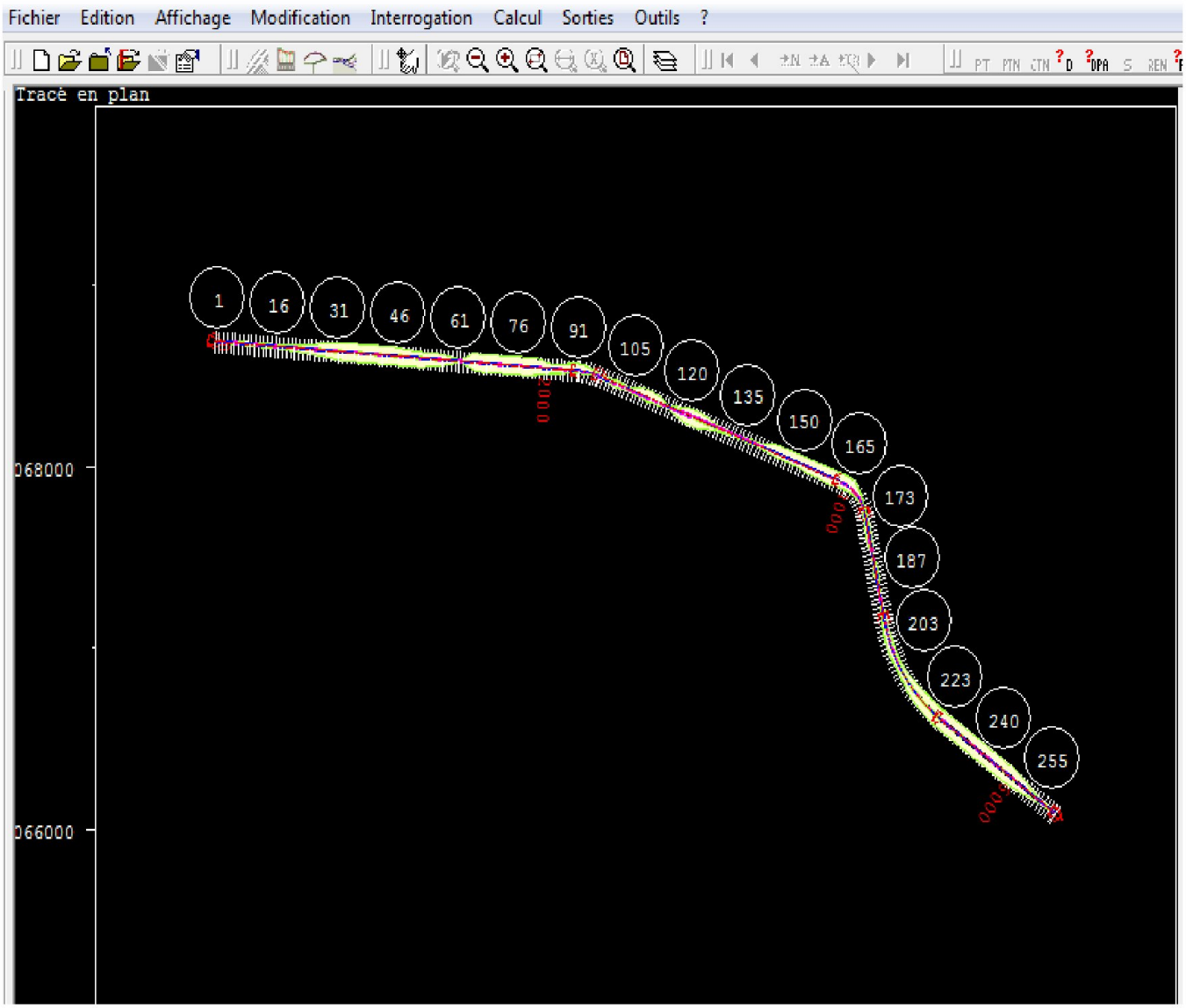


Figure V.8 : interpolation de l'axe.

V-4- Profil en long :

V-4-1- Définition :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développé et représentée sur un plan à une échelle. C'est en général une succession d'alignements droits (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires.
Pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

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

V-4-2- Règles à respecter dans le tracé du profil en long :

- Le respect des valeurs des paramètres géométriques préconisés par le règlement en vigueur.
- Eviter les angles entrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des devers nuls dans une pente du profil en long.
- Recherche un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des déblais.
- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment:
- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison des cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

V-4-3-Coordination du tracé en plan et profil en long :

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

- D'avoir une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.
- De prévoir de loin l'évolution du tracé.

- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs, etc.) pour éviter les défauts résultats d'une mauvaise coordination tracé en plan et profil en long, les règles suivantes sont à suivre:
- D'augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan si le profil en long est convexe.
- D'amorcer la courbe en plan avant un point haut.
- Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe.
- De faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à 6 fois au moins le rayon en plan).

V-5- Déclivités :

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

V-5-1-Déclivité minimum :

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

V-5-2-Déclivité maximum :

La déclivité maximale dépend de :

- Condition d'adhérence.
- Vitesse minimum de poids lourds.
- Condition économique

Elle doit être inférieure à une valeur maximale associée
Selon les B40
Donc la pente maximale:
Imax =6%

V_B km /h	40	60	80	100	120	140
I max %	8	7	6	5	4	3

Tableau V.4 : valeurs des pentes max selon le B40.

D'âpres le B40, pour une vitesse de référence de 80 Km/h on aura une déclivité maximale 6%

V-6-Raccordements en profil en long :

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

V-6-1-Raccordements convexes (angle saillant) :

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

a) Condition de confort :

Elle consiste à limiter l'accélération verticale à laquelle le véhicule sera soumis lorsque le profil en long comporte une forte courbure convexe.
Limitation de l'accélération verticale :g/40 pour cat.1-2

$$\frac{Vr^2}{Rv} < \frac{g}{40}$$

Pour **g**=10m/s

$\boldsymbol{Rvmin}$ =0.3Vr^2 pour 1-2
$\boldsymbol{Rvmin}$ =0.23Vr^2 pour 3-4-5

Dans notre cas $\boldsymbol{Rvmin} = \boldsymbol{0.3Vr^2}$
Avec :
$\boldsymbol{Rv}$: Rayon vertical (m)
$\boldsymbol{Vr}$: Vitesse référence (Km/h).

b) Condition de visibilité :

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme conditions supplémentaires à celle de confort. Il faut que deux véhicules circulent en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum. Le rayon de raccordement est donné par l'expression :

$$Rv = \frac{D_0^2}{2}(h_0 + h_1 + 2\sqrt{h_0 + h_1})$$

Avec :

D_0 : Distance d'arrêt (m)
h_0 : Hauteur de l'œil (m)
h_1 : Hauteur de l'obstacle (m)

c) condition d'esthétique :

Une grande route moderne doit être conçue et réalisée de façon à procurer à l'usager une impression d'harmonie, d'équilibre et de beauté pour cela il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changent le sens de déclivités sur des distances courtes, pour éviter cet effet on imposera une longueur de raccordement minimale et (b>50) pour des dévers d < 10% spécial échangeur.

$$Rvmin = 100 \times \frac{50}{\Delta d\%}$$

Avec :
Δd : changement de dévers (%)
$Rvmin$: Rayon vertical minimum (m).

V-6-2-Raccordements concaves (angle rentrant) :

Dans un raccordement concave, les conditions de visibilité du jour ne sont pas déterminantes. Lorsque la route n'est pas éclairée la visibilité de nuit doit par contre être prise en compte.
Cette condition s'exprime par la relation :

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

Avec :
$R_v^{'}$: Rayon minimum du cercle de raccordement.
d_1: Distance d'arrêt.
Pour une chaussée bidirectionnelle avec une Vr= 80Km/h et catégorie 3 on aura le tableau suivant :

Rayon $R_v^{'}$	Symbole	Valeur
Min absolu	$R_v^{'}$m	2100
Min normal	$R_v^{'}$N	3500

Tableau V.5:Les rayons concaves.

V-6-3-Application au projet :

V-6-3-1-La conception longitudinale :

Fichier → nouveau→ conc long→ nommer profil en long→ ouvrir
Fichier →fond de plan→ ok
Calcul → interpoler → tab → ouvrir → ok
Fichier → ouvrir → cons long → fond de plan →ok
Fichier → projet piste→ tab→ ouvrir
Pour dessiner la ligne rouge on suit les mêmes étapes que la phase de conception pour les points et les droites.
Pour la distance, nous saisissons que les valeurs (R1,R2,……..etc.)
Distance → choisir une valeur de R → exécuter (échappe).
Parabole → nom d'élément : para1 D1 D2 R1 (entre deux droites).
Axe → Point P1→Fin automatique → exécuté.
Zone →0 20 →exécuter
Calcul →Tabuler un axe → <RC>compléter.

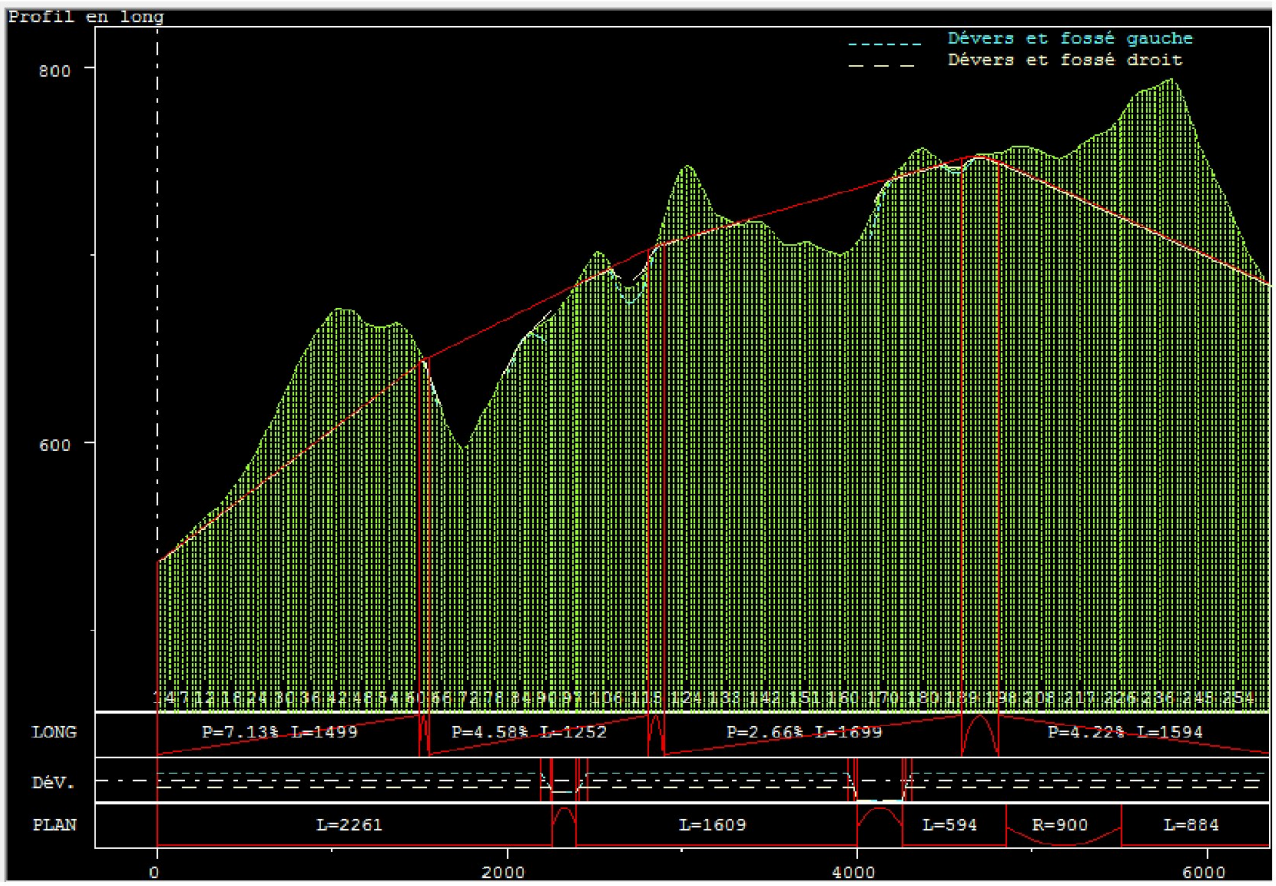


Figure V.9 : profil en long.

V-6-3-2-Les contraintes :

Nous avons essayé de tracer la ligne rouge tout en respectant les règles et les normes tirées du B40, les principales contraintes rencontrées concernent les pentes qui ne doivent pas dépasser la valeur max de 6%.

Remarque : Vu les difficultés que représente le relief de notre terrain naturel, il a été difficile de respecter les déclivités préconisé dans le B40, sur ce on a essayé de diminuer au maximum les valeurs des pentes de notre ouvrage.

V-7-Profil en travers :

V-7- 1-Définition :

En conception routière, le profil en travers d'une route est représenté par une coupe perpendiculaire à l'axe de la route de la surface définie par l'ensemble des points représentatifs de cette surface. Il comprend entre autres les chaussées avec leurs voies, le terre-plein central quand il y en a un, les talus et les accotements.

Un profil en travers prend effet à un point donné d'une route. Tant qu'aucun autre n'est précisé, il reste valide. Il est de plus orienté dans les plans transversaux à la route à l'aide d'un pourcentage de déclivité appelée le dévers.

V-7-2- Les éléments constitutifs du profil en travers :

a) La chaussée : C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules. La route peut être à chaussée unique ou à chaussée séparée par un terre-plein central.

b) La largeur rouable : Elle comprend les sur largeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt. Sur largeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.

c) La plate forme : C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes des talus de remblais, Comprenant la ou les deux chaussées et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les Bandes d'arrêts.

d) assiette : Surface de terrain réellement occupé par la route, ses limites sont les pieds de talus en remblai et Crête de talus en déblai.

e) L'emprise : C'est la surface du terrain naturel appartenant à la collectivité et affectée à la route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc.…), elle coïncidant généralement Avec le domaine public.

f) Les accotements : Les accotements sont les zones latérales de la plate-forme qui bordent extérieurement la chaussée, Ils peuvent être dérasés ou surélevés.

g) Le terre plein central : Le T.P.C assure la séparation des deux sens de circulation, Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend :

- Les sur largeurs de chaussée (bande de guidage).

- Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.

h) Le fossé : C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et talus et les eaux de pluie.

i) Le talus : Le talus est l'inclinaison de terrain qui dépend de la cohésion des sols qui le constitue. Cette Inclinaison exprimé par une fraction (A/B) telle que :
A : la distance sur la base du talus.
B : la hauteur du talus
En terre de moyenne cohésion, l'inclinaison de talus est de (3/2) pour les remblais et (1/1) Pour les déblais.

j) La largeur de la chaussée : La largeur de la chaussée dépend surtout de l'importance de la circulation à écouler. La largeur du gabarit des véhicules étant de 2.50 m, cette même largeur constitue un minimum pour la largeur d'une voie. Sur les routes à circulation intense et rapide, une largeur de voie de 2.50m est insuffisante, il faut au moins 3 m et mieux encore 3.50 m pour que les véhicules de tous Gabarits qui puissent se croiser et se dépasser en toute sécurité. La largeur de voie peut être réduite à 3m (exceptionnellement 2.50 m) sur les routes peu fréquentées.

k) Berme : Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations..). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.

l) Arrondi de talus : En remblai, l'arrondi de talus constitue le raccordement entre la berme de droit et le talus. Sa largeur est de 1m.

m) Bande dérasée de gauche (B.D.G) : est destinée à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurit, elle est dégagée de tous obstacles, revêtus et se raccorde à la chaussée.

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

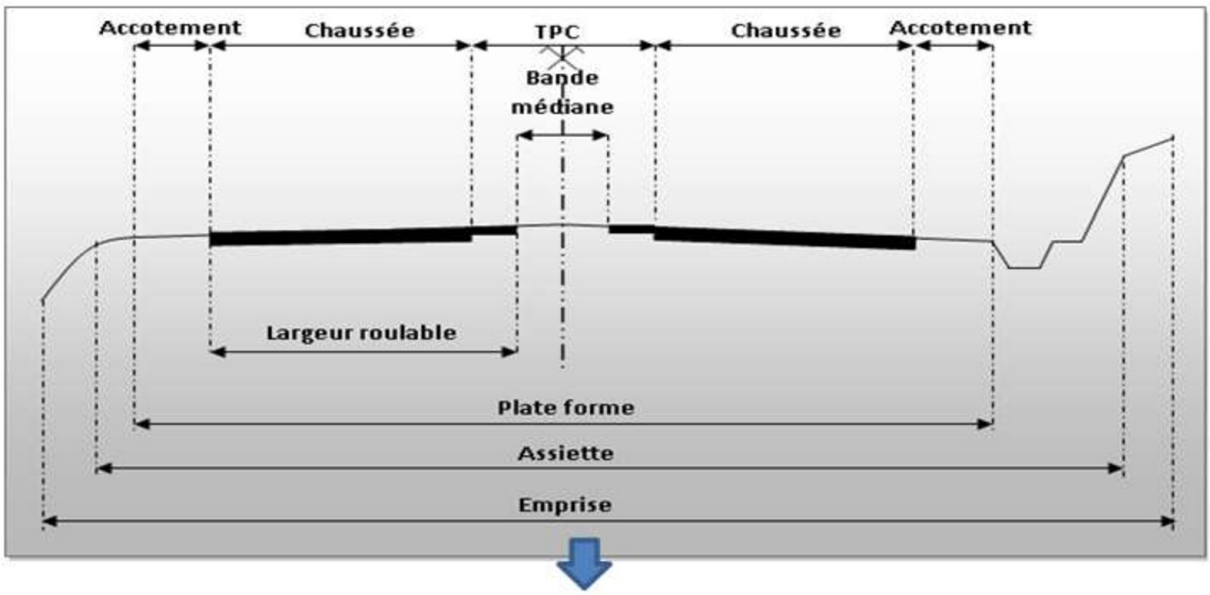


Figure V.10 : éléments constitutifs du profil en travers.

V-7-3-Classification du profil en travers :

V-7-3-1-Profil en travers courant :

Sont levés perpendiculairement à l'axe de la route ; ils contiennent généralement comme indication chiffrée et l'altitude du terrain et celle de la chaussée finie, dans l'axe de la route.

V-7-3-2-Profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes.

Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (Remblais, déblais).

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

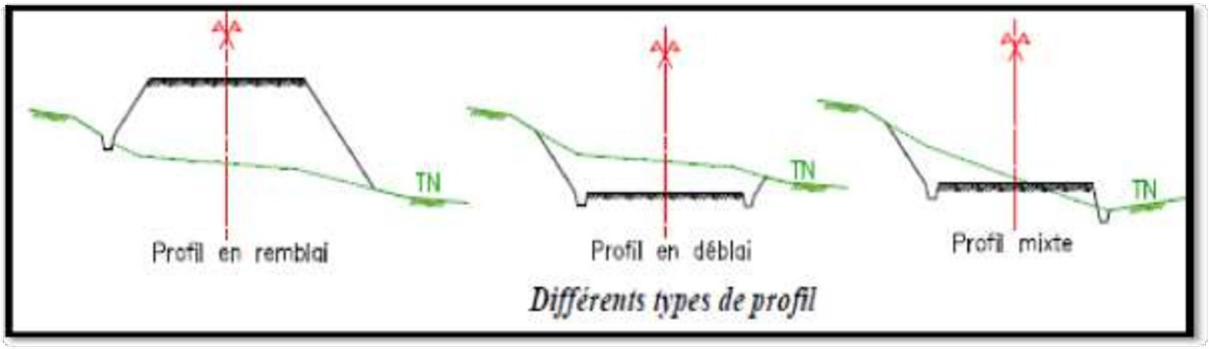


Figure V. 11: différents types de profil.

V-7-4-Application au projet :

- **La conception transversale** : Cette étape a pour but de créer un catalogue qui contiendra les demis profils en travers type que nous appliquerons à notre projet.
- **Le profil en travers type du projet** : Notre projet comportera un profil en travers type, qui contient les éléments constructifs suivant :
  - deux chaussées de 3 voies (2× 3) de 3.5m : (3×3.5) ×2=**21.00 m.**
  - un terre–plein central de **3m**

Conception transversale → nom de fichier piste (profil type) → ok.

L'image ci-après représente le profil en travers type :

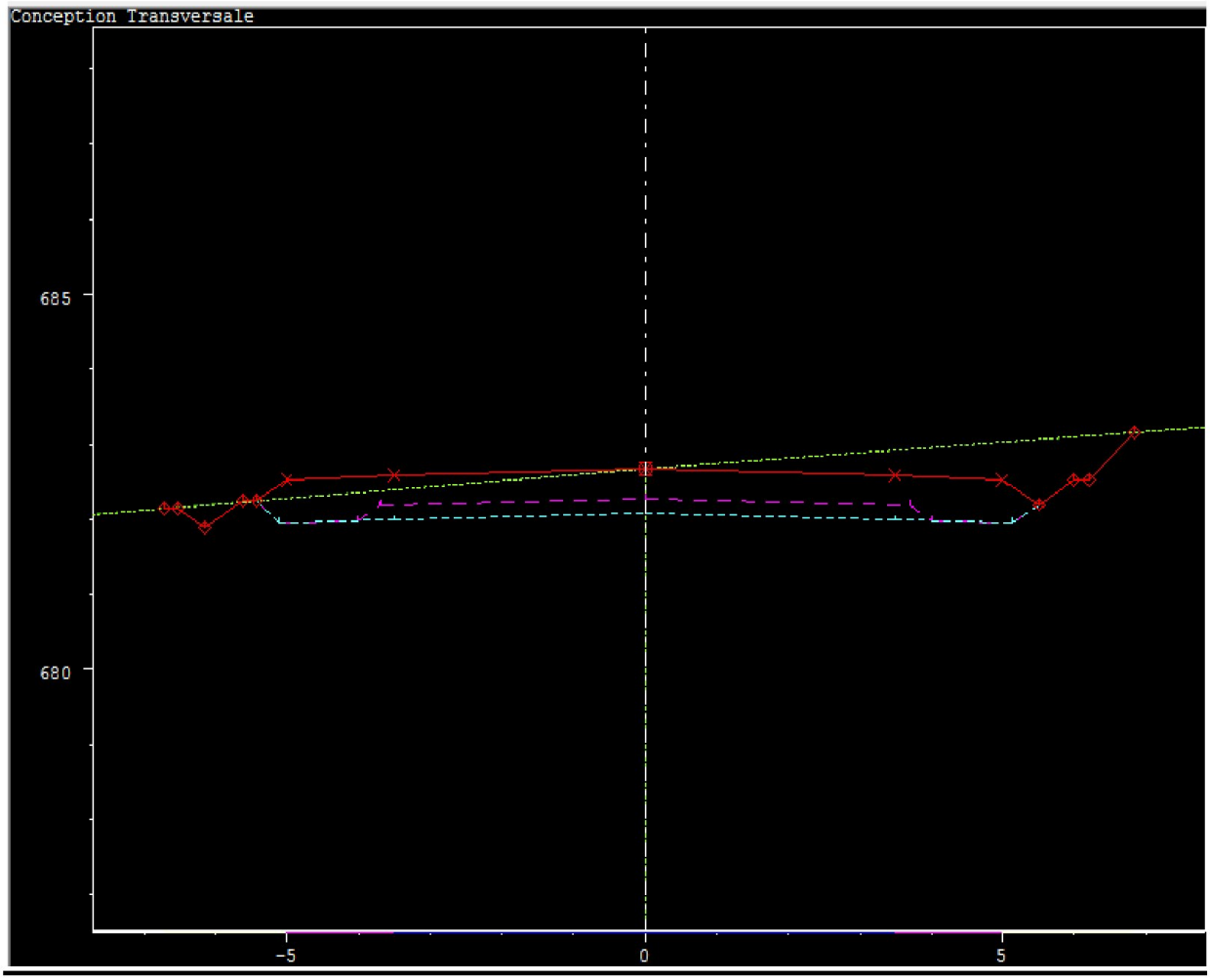


Figure V.12 : profil en travers.

V-8- Conclusion :

Au cours de ce chapitre nous avons pu voir le tracé en plan, le profil en long, le profil en travers ainsi que les conditions à respecter pour avoir ces tracés. Nous avons aussi tout au long de ce chapitre essayé de faire comprendre le logiciel PISTE tout en injectant les données relatives à notre projet, et en illustrant les étapes par les schémas obtenus sur l'écran.
Après avoir établi toutes les étapes sur le logiciel nous avons abouti aux résultats représentés ci-dessous :

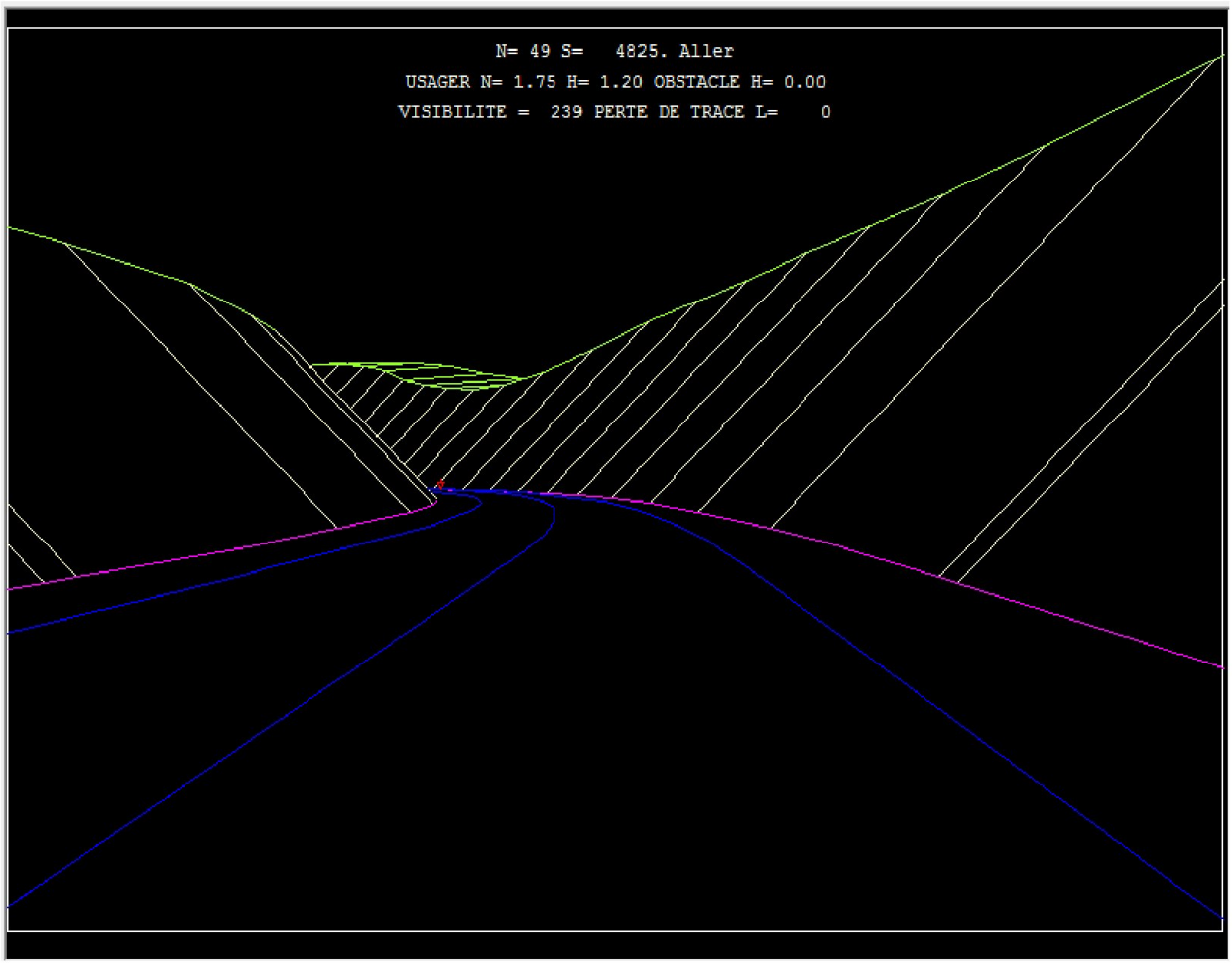


Figure V.13 : La perspective de l'évitement.

CHAPITRE VI:CUBATURE

VI-1-Généralités :

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

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

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

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

a) Cubatures :

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais que comporte le projet à fin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne du projet.

Les éléments qui permettent de définir cette évolution sont :

- Les profils en long.
- Les profils en travers.
- Les distances entre les profils.

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

b) Terrassements :

On appelle terrassement, les différents mouvements de terre qui ont pour objet de creuser des fouilles ou de modifier la configuration du sol en vue de construire des ouvrages, aménager des routes et établir des branchements d'égout et de canalisations (assainissements des routes).

• Déblais :

Les déblais désignent l'opération qui consiste à creuser dans le sol pour dégager des terres.

• Remblais :

Les remblais consistent à transporter et déposer des terres pour combler des cavités (combler une tranchée, aplanir un terrain…etc.).

Les remblais sont commencés par les points les plus bas. Ils sont exécutés par couche de 20cm environ.

Figure VI.1: image de remblai et de déblai.

VI-2- Définition :

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

VI-3- Méthode de calcul des cubatures :

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

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

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

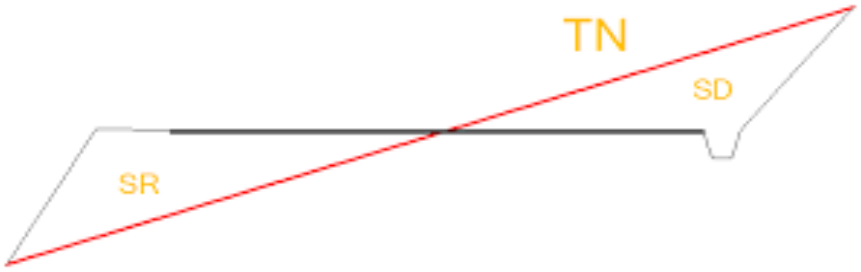


Figure VI.2: section des remblais et déblais.

• **TN** : Terrain Naturelle.
• **SD** : Surface Déblai.
• **SR** : Surface Remblai.

VI.3.1. Formule de SARRAUS :

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

V1 = L1 /6(S1+S2+4S)

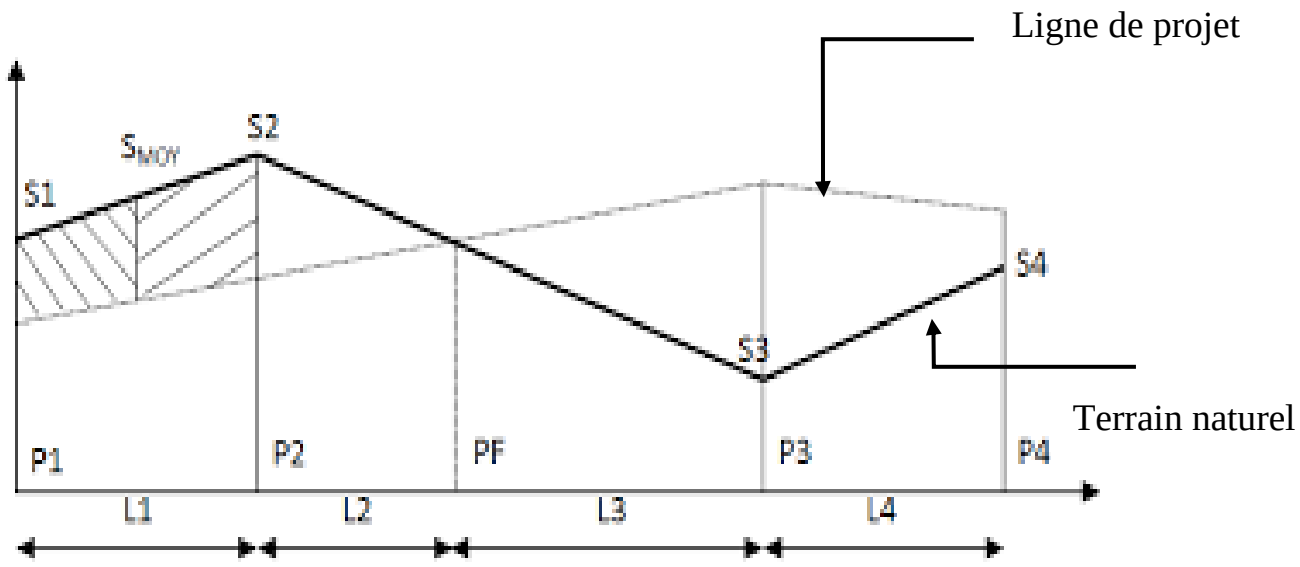


Figure VI.3: schéma de calcul des remblais et déblais.

Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné

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

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions SMOY et (S1+S2)/2 ; Ceci donne :

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

Donc les volumes seront :

$V_1 = \frac{L1}{2} \times (S_1 + S_2)$ → Entre P1 et P2

$V_2 = \frac{L2}{2} \times (S_2 + 0)$ → Entre P2 et PF

$V_3 = \frac{L3}{2} \times (0 + S_3)$ → Entre PF et P3

$V_4 = \frac{L4}{2} \times (S_3 + S_4)$ → Entre P3 et P4

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

$$V = \frac{L1}{2}S1 + \frac{L1+L2}{2}S2 + \frac{L2+L3}{2} \times 0 + \frac{L3+L4}{2}S3 + \frac{L4}{2}S4$$

VI-3-2-Méthode linéaire :

C'est la méthode classique. Les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir les volumes et les surfaces. Cette méthode ne prend pas en compte la courbure du projet donc les résultats sont identiques quel que soit le tracé en plan.

VI-3-3-Méthode de GULDEN :

Dans cette méthode, les sections et les largeurs des profils sont calculées de façon classique mais la distance du barycentre de chacune des valeurs à l'axe est calculée.
Pour obtenir les volumes et les surfaces, ces valeurs sont multipliées par le déplacement du barycentre en fonction de la courbure au droit du profil concerné.
Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée.

VI-4-Application au projet :

Le calcul est effectué à l'aide du logiciel « piste5 » et les résultats obtenus sont :

• Le volume de déblais est de : **VD = 5584948 m3**

VD = 5584948 m3

• Le volume de remblais est de : **VR =1905110 m3**

VR =1905110 m3

VI-5-Conclusion :

Nous avons un volume des déblais supérieur au volume des remblais ce qui prévoit des terres à évacuer, à mettre en dépôt, et à réutiliser comme remblais si elles représentent de bonnes caractéristiques.

CHAPITRE VII: HYDRAULIQUR ET ASSAINISSEMENT

VII-1-Introduction:

L'assainissement routier est une composante essentielle de la conception, de la réalisation et de l'exploitation des infrastructures linéaires. L'eau est la première ennemie de la route car elle pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, Ce qui met en jeu la sécurité de l'usager (glissance, inondation diminution des couches de surface, etc.) Et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation .Les types de dégradation provoqués par les eaux sont engendrés comme suit :

- **Pour les chaussées :**
  - Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées).
  - Dés-enrobage.
  - Nid de poule (dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée avec un important trafic).
  - Décollement des bords (affouillement des flancs).
- **Pour les talus :**
  - Glissement.
  - Erosion
  - Affouillements du pied de talus.

Les études hydrauliques inventorient l'existence de cours d'eau et d'une manière générale des écoulements d'eau en surface. Elles détermineront ensuite l'incidence du projet sur ces écoulements et les équipements à prendre en compte pour maintenir ces écoulements.

VI-2-Objectif de l'assainissement :

Un réseau d'assainissement est constitué d'un assemblage d'ouvrages élémentaires, linéaires ou ponctuels superficiels ou enterrés, il doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- Le maintien de bonne condition de viabilité.
- Réduction du coût d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosions.
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers le corps de chaussée. (danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).
- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amant de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et l'effet de gel).

- Garantir la stabilité de l'ouvrage pour toute sa durée de vie.

VII-3- Définition des termes hydraulique :

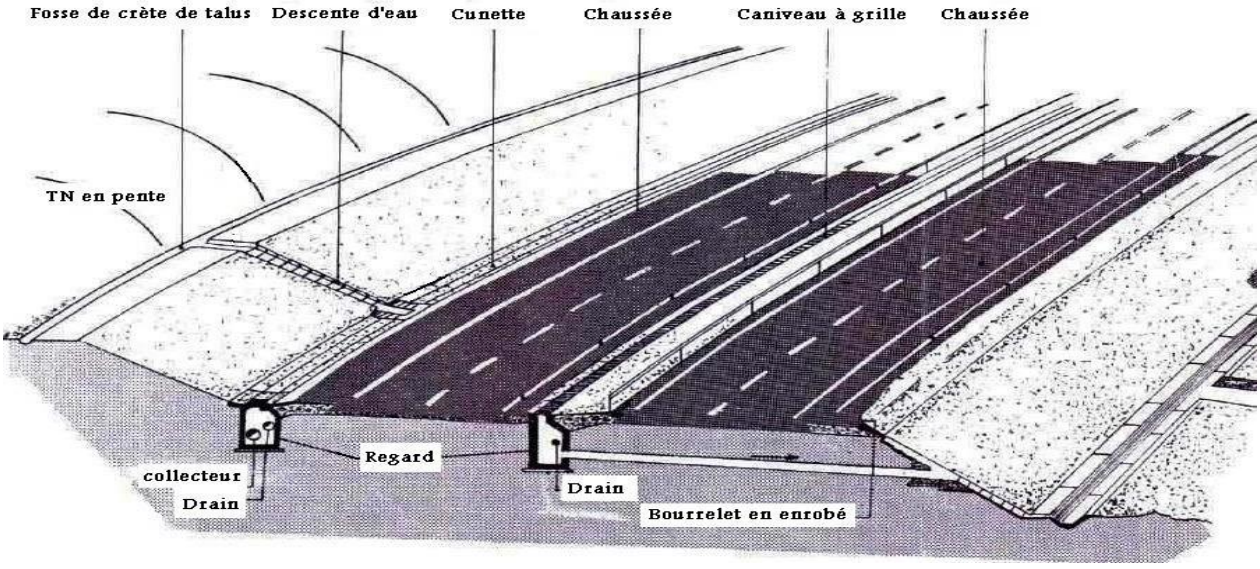


Figure VII -1: assainissement routier

VII-3-1-Bassin versant:

C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de rencontre des versants vers le haut, où la surface totale de la zone susceptible d'alimenter en eau pluviale, d'une façon naturelle, une canalisation en un point considérer.

VI-3-2-Collecteur principal (canalisation):

Conduite principale récoltant les eaux d'autres conduites, dites collecteurs Secondaires, recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

Les collecteurs sont constitués par des tuyaux enterrés alignés, entre les regards avec un diamètre et une pente constante.

VI-3-3-Chambre de visite (cheminée):

Ouvrages placés sur les canalisations pour permettre le contrôle et le nettoyage.

Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent.

Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser **80** à **100m.**

VI-3-4) Sacs:

Ouvrage placé sur les canalisations pour permettre l'introduction des eaux superficielles.

Les sacs sont fréquemment équipés d'un dépotoir, destiné à retenir des déchets solides qui peuvent être entraîné par les eaux superficielles.

VI-3-5) Le regard:

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

VI-3-6) Fossé de pied du talus de déblai :

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

VI-3-7) Fossé de crête de déblai :

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

VI-3-8) Fossé de pied de talus de remblai :

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

VI-3-9) Drain :

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

VI-3-10) Descentes d'eau :

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

VI-3-11) Assainissement de la chaussée:

La détermination du débouché a donné aux ouvrages tels que dalots, ponceaux, ponts, etc. dépend du débit de crue qui est calculé d'après les mêmes considérations. Les ouvrages sous chaussée les plus courants utilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et buses. Parmi les ouvrages destinés à l'écoulement des eaux, on peut citer ces deux catégories :

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

tête de collecteur et dalot)

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

VI-4) Dimensionnement des ouvrages hydrauliques :

VI-4-1) Estimation Des Débits D'apport (Qa) :

Le calcul du débit maximum limite, de fréquence donnée à l'intensité moyenne **I** de la pluie, et de durée " **t**" égale au temps de concentration est effectué par une formule donnant un débit de la méthode dite rationnelle et elle est donnée par:

$$Qa = K \times C \times I \times A$$

- **Qa :** débit d'apport en **m3/s**
- **C :** coefficient de ruissellement.
- **I :** intensité de l'averse de durée égale au temps de concentration en **mm/h**
- **K (= 0.002778) :** coefficient qui permet de convertir les **mm/h en l/s**
- **A :** superficie de la surface drainée (bassin versant)

VI-4-2) 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 couverture végétale, la forme, la pente et la nature du terrain.

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chassée revêtement en enrobés	0.80 à 0.95	0.95
Accotement : sol légèrement perméable	0.15 à 0.40	0.4
Talus	0.10 à 0.30	0.25
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

Tableau (VII-1) : Coefficient de ruissellement.

VI-4-3) Intensité De La Pluie :

La détermination de l'intensité de la pluie, comprend différentes étapes de calcul qui sont :

a) Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle:

$$P_j(\%) = \frac{P_{j\,moy}}{\sqrt{C_V^2+1}} . e^{u\sqrt{ln(C_V^2-1)}}$$

Où :

- **Pjmoy :** pluie journalière moyenne (mm).
- **Cv :** Coefficient de variation.
- **U:** Variable de Gauss.
- **Ln:** Log. Népérien.

Fréquence	Période de retour (ans)	Variable de GAUSS
50	02	0.00
20	05	0.84
10	10	1.28
02	50	2.05
01	100	2.327

Tableau (VII-2): Variable de Gauss

Remarque :

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

b) Calcul de la fréquence d'averses:

La fréquence d averse est donnée par la formule suivante :

$$Pt(\%) = Pj(\%).(\frac{tc}{24})^b$$

Où :

- **Pj :** Hauteur de la pluie journalière maximale (mm).
- **b :** Exposant climatique.
- **Pt :** pluie journalière maximale annuelle.
- **tc :** Temps de concentration (heure).

c) <u>Temps de concentration:</u>

La durée t de l'averse qui produit le débit maximum **Q** étant prise égale au temps de concentration.

Dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé respectivement d'après Ventura, Passini, Giandothi, comme suit :

1/ lorsque A< 5 km :

$$tc = 0{,}127.\sqrt{\frac{A}{P}}$$

2/ lorsque 5km A≤25 km :

$$Tc = 0{,}108\frac{\sqrt[3]{A.L}}{\sqrt{P}}$$

3/ lorsque 25 km A≤200 km :

Où :

$$tc = \frac{4\sqrt{A}}{0{,}8} + \frac{1{,}5L}{\sqrt{H}}$$

- **Tc :** Temps de concentration **(heure)**.
- **A :** Superficie du bassin versant **(km)**.
- **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)**.

d) <u>L'intensité horaire:</u>

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

Où :

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

e) <u>Calcul de débit de saturation:</u>

Le calcul du débit est par la formule de **MANING STIKLER**

$$Q_S = VXS_u$$

Avec :

$$V=K_{st}X\,J^{1/2}R^{2/3}$$

Où :

- **Kst** : coefficient de MANNING STRIKLER.
- **Kst** : 30 en terre.
- **Kst** : 40 en buses métalliques.
- **Kst**: 50 maçonneries.
- **Kst** : 70 bétons (dalots).
- **Kst :** 80 bétons (buses préfabriquées).

Et :

- **J** : pente longitudinale de l'ouvrage
- **Su** : section utile de l'ouvrage **b xHu**
- **Hu**: hauteur utile.

CHAPITRE VIII:
EQUIPEMENT DE LA ROUTE

VIII-1-Sécurité :

VIII-1-1-Introduction:

La route une fois réalisée doit être « habillée » grâce à des équipements qui permettent pour certains d'améliorer la sécurité, pour d'autres d'informer et de guider l'automobiliste.

VIII-1-2- Barrières de sécurité :

Il convient de mener une étude d'ensemble intégrant la présence de barrières afin :

- D'assurer leurs servitudes de fonctionnement, les sujétions d'entretien et d'exploitation.
- De prendre en compte les usagers particuliers (motocyclistes, piétons...).
- De définir la configuration optimale des abords (pente des talus, dispositif d'assainissement…), le dimensionnement de la berme doit permettre la mise en place des dispositifs les plus adaptés.

a) Sur le T.P.C :

Des barrières de sécurité équipent systématiquement le **T.P.C**. Le choix du type de barrière est :

Fonction du volume et de la composition du trafic, du risque à couvrir (obstacle, dénivelé...), des contraintes de visibilité et d'exploitation, de la largeur du **T.P.C**. On utilise les **séparateurs en béton** de type **GBA** (glissière en béton adhérent).ils sont constitués d'un muret continu en béton faiblement armé coulé en place et qui présente un profil spécifique. Ils sont capables de retenir les poids lourds de **12 t** et entrent donc dans la classe des barrières normales de sécurité. Pour les voitures légères, le profil, par sa forme particulière, limite le frottement de la carrosserie sur le dispositif.

Les séparateurs en béton sont des dispositifs rigides qui ne peuvent être implantés que sur un sol stabilisé pour éviter tout risque de rupture par tassement différentiel. Les efforts retransmis au sol lors des chocs de véhicules sont élevés et s'ajoutent au poids mort du dispositif.

b) Sur accotement :

Le même type de glissière sera disposé à droite de chaque voie à la limite de la bande d'arrêt d'urgence pour délimiter la chaussée roulable et protéger les usagers de la route des risques éventuels de sortie.

Les séparateurs en béton de type GBA (simple) sont représentés sur la figure ci-dessous

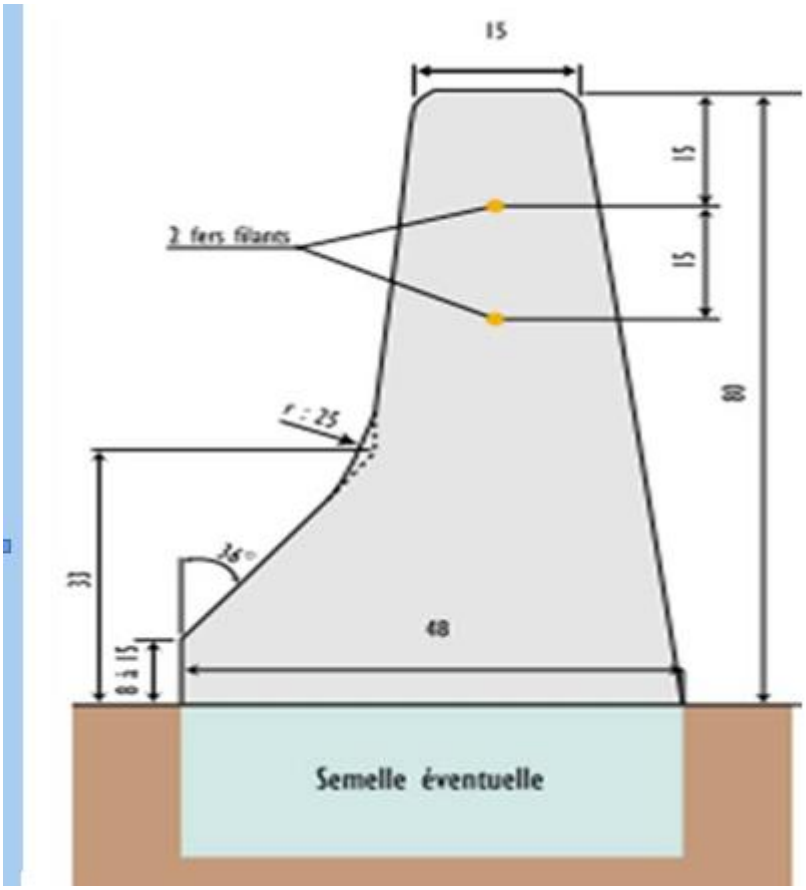


Figure VIII.1 : profil théorique du séparateur de type GBA.

c) Au niveau de l'échangeur :

Nous prévoyons pour chaque bretelle des glissières de sécurité métalliques **(Figure VIII-2)** à droite de la chaussée

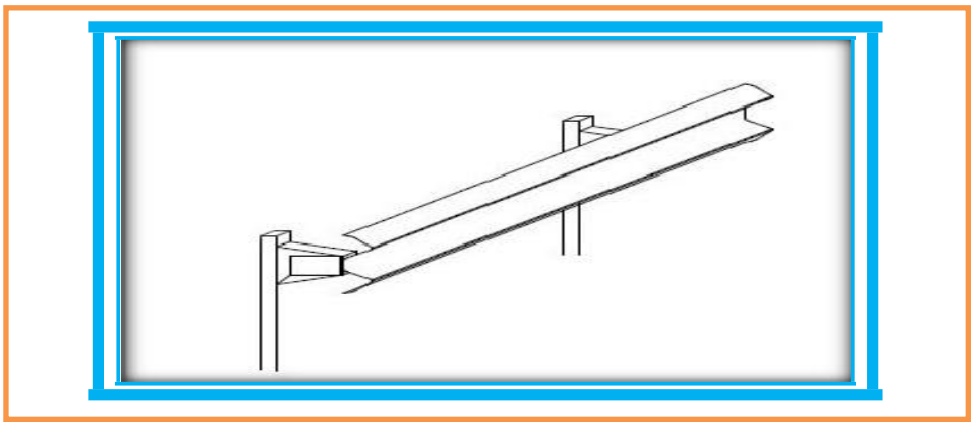


Figure VIII.2: glissière de sécurité.

VIII-2-Signalisation :

VIII-2-1-Introduction :

La signalisation fait partie intégrante du paysage routier. Elle est un outil de communication essentiel pour l'usager de la route. Elle doit, par conséquent être conçue et installée de manière à aider l'usager de la route tout au long de son parcours en lui permettant d'adapter sa conduite aux diverses situations qui se présentent à lui, et ce, en lui évitant hésitations et fausses manœuvres.

Elle doit donc lui permettre d'anticiper toute manœuvre ou tout changement de direction et lui permettre de s'y préparer. En plus de lui servir de guide en lui indiquant la route à suivre ainsi que les dangers qui la parsèment (courbe en pente prononcée, accotement mou, chaussée glissante, etc.), elle lui rappelle les diverses prescriptions du code de la sécurité routière et des règlements municipaux.

Le langage de la signalisation routière doit être clair et compréhensible par tous.
Il est, par conséquent, en constante évolution et fait l'objet de recherches continues afin d'accroître la sécurité routière et la fluidité de la circulation.

VIII-2-2Principe :

La signalisation est composée de panneaux, de marques sur la chaussée et des signaux lumineux. Dans un souci de clarté, elle utilise peu de mots et beaucoup des symboles, pour une bonne part, les panneaux ont ainsi un sens bien évident au premier coup d'œil.

La symbolique de la signalisation est largement uniformisée, selon des normes propres à chaque pays mais qui tiennent compte de conventions internationales. Par exemple le bleu signifie l'obligation, le rouge l'interdiction ; le jaune est associé au danger et l'orange aux travaux routiers.

Pour indiquer l'objet de la signalisation, on utilise autant que possible des silhouettes schématiques aisément reconnaissables : automobile, bicyclette, piéton, voie ferrée, etc.

Dans certains cas, l'automobiliste est toutefois appelé à fournir un effort d'interprétation en fonction du contexte. Par exemple, la silhouette d'un camion signifie généralement que la signalisation concerne spécifiquement les camions mais, à l'occasion, elle s'applique aussi à tout véhicule circulant lentement. En d'autre cas, heureusement très rares, le symbole est abstrait et l'on ne peut le comprendre que si l'on en a appris le sens. Par exemple, il faut savoir qu'un carré noir incliné à 45 représente un transporteur de matières dangereuses.

En somme, tout est fait pour faciliter la reconnaissance et la compréhension instantanée de la signalisation mais l'automobiliste ne peut échapper entièrement à la nécessité d'étudier le système.

VIII-2-3-types de signalisation:

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation verticale.
- Signalisation horizontale.

a) Signalisation verticale :

- Panneau de signalisation d'avertissement de danger : type A
- Panneau de signalisation priorité : type B
- Panneau de signalisation d'interdiction ou de restriction : type C
- Panneau de signalisation d'obligation : type D
- Panneau de signalisation de pré signalisation : type E
- Panneau de signalisation de direction : type E /B
- Panneau de signalisation donnant des indications utiles pour la conduite des véhicules : type E
- Panneau de signalisation spéciale (panneau de confirmation de direction des échangeurs).

b) Signalisation horizontale :

Elle concerne uniquement les marques sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation, avertir ou guider les usagers. Toutes ces marques sont de couleur blanche. La signalisation horizontale se divise en trois types :

1) Marques longitudinales :

•Lignes continues :

Elles ont un caractère impératif (non franchissables sauf du coté ou elles sont doublées par une ligne discontinue). Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route ou le dépassement est interdit.

•Lignes discontinues :

Ce sont des lignes utilisées pour le marquage, elle se différencie par leur module, c'est-à-dire le rapport de la longueur des traits à celle de leurs intervalles.
On distingue :

- Les lignes axiales ou lignes de délimitation de voies pour lesquelles la longueur des traits est égale au tiers de leurs intervalles.

- Les lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération, de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leurs intervalles.
- Les lignes d'avertissement de lignes continues, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement triple de celle de leurs intervalles.

Les modulations des lignes discontinues sont récapitulées dans le tableau suivant :

Type de modulation	Longueur du trait (en mètres)	Intervalle entredeux traits successifs (mètres)	Rapport plein vide
T1 T'1	3.00 1.50	10.00 5.00	Environ1/3
T2 T'2	3.00 0.50	3.50 0.50	Environ1
T3 T'3	3.00 20.00	1.33 6.00	Environ3

Tableau VIII.1: Modulation de la ligne continue.

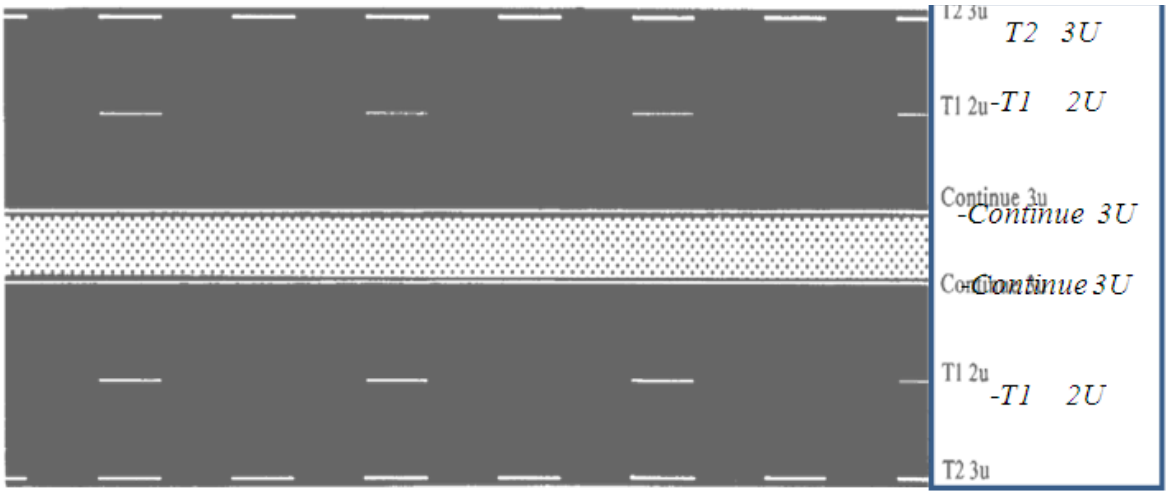


Figure VIII .3: modulation de la ligne.

2) Marques transversales :

- Ligne STOP :

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

3) Autres signalisations :

• Les flèches de rabattement:

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

• Les flèches de sélection:

Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'il doive suivre la direction indiquée.

• Largeur des lignes:

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

U = 7.5cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.

U = 6 cm sur les routes et voies urbaines

U = 5 cm sur les autres routes.

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

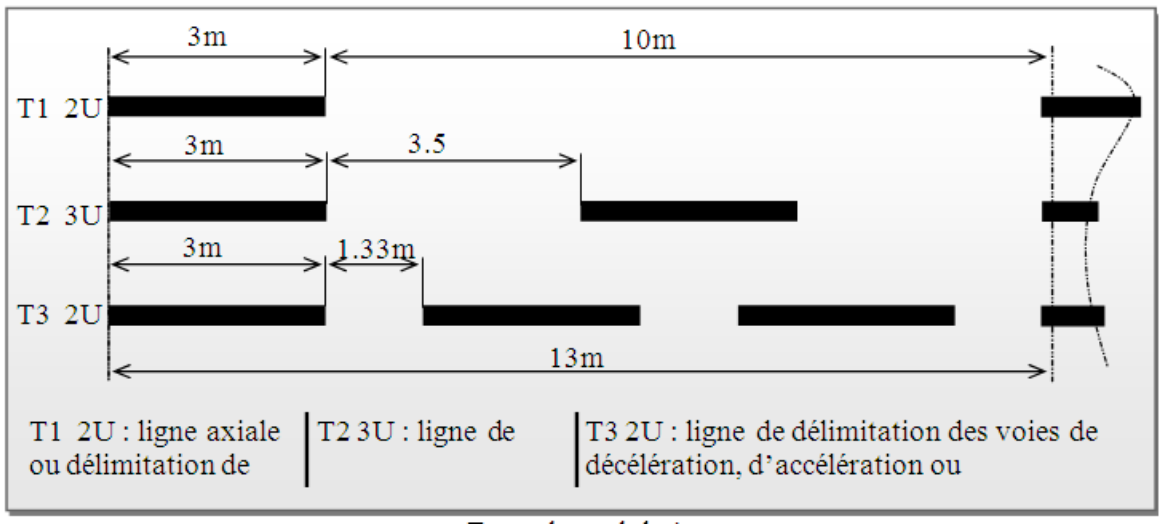


Figure VIII. 4: Types de modulation Référence signalisation routière (art-144).

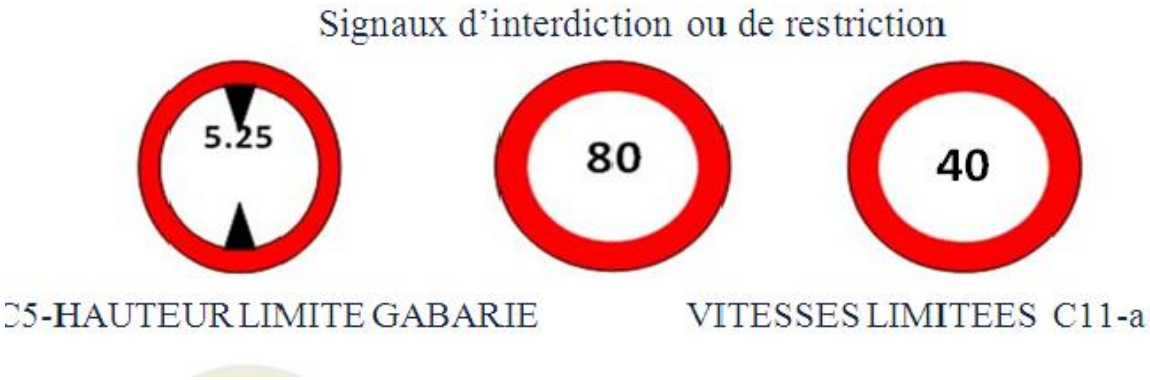
VIII-2-4-Application au projet :

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

- **signalisation horizontale :**
  - marquage de la chaussée en ligne continue.
  - Lignes continue de largeur de 15 cm.
  - marquage de la chaussée en ligne discontinue.
  - Lignes discontinues 3/9/0,15.

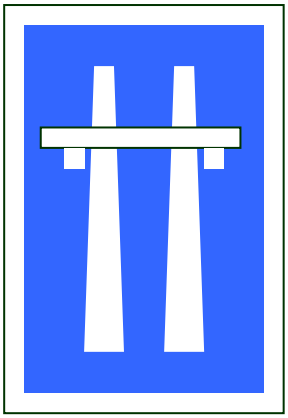
- **signalisation verticale:**
  - Panneau de signalisation d'avertissement de danger : **type A**
  - Panneau de signalisation priorité : **type B**
  - Panneau de signalisation d'interdiction ou de restriction : **type C**
  - Panneau de signalisation d'obligation : **type D**
  - Panneau de signalisation de pré signalisation : **type E**
  - Panneau de signalisation de direction : **type E /B**
  - Panneau de signalisation donnant des indications utiles pour la conduite des véhicules : type E.
  - Panneau de signalisation spéciale (panneau de confirmation de direction des échangeurs).

SIGNALISATION DE DIRECTION (TYPE E4) SIGNALISATION DE DIRECTION

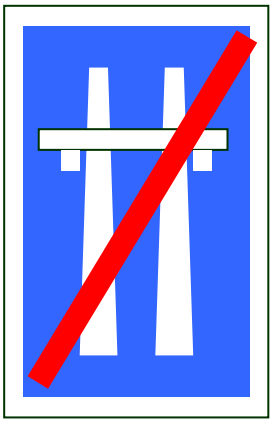


SENS INTERDIT ©

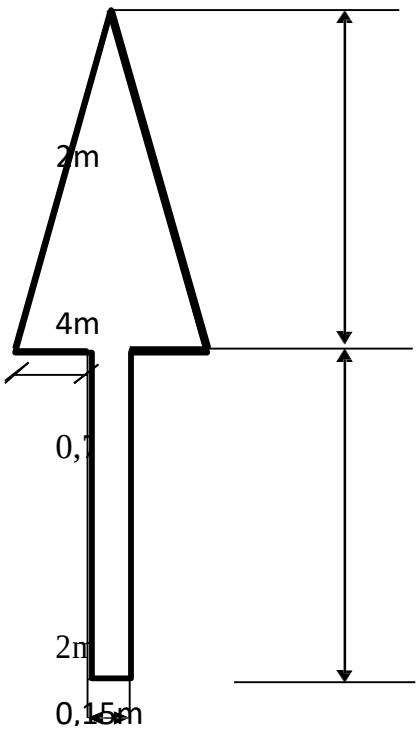
PASSAGE OBLIGATOIRE (D)

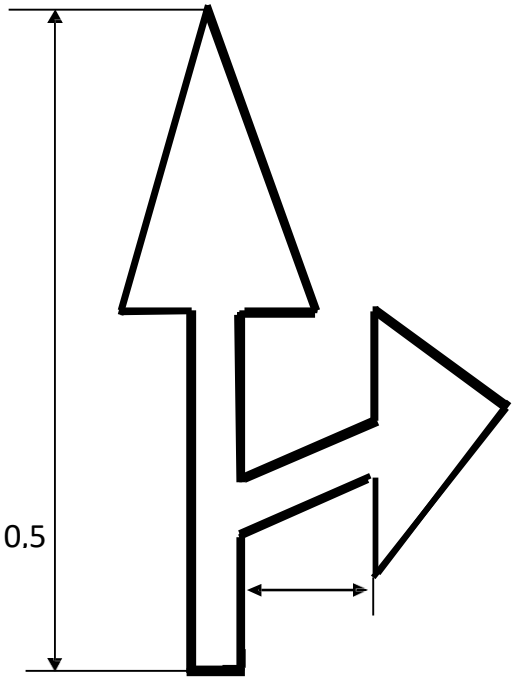


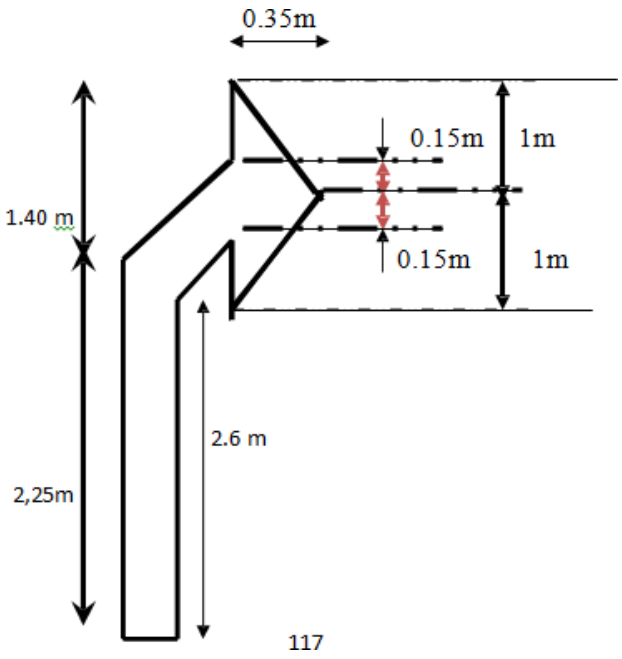
ENTRE DE L'AUTOROUTE (E14)



SORTIE DE L'AUTOROUTE (E15)







FigureVII.5: flèches de sélection.

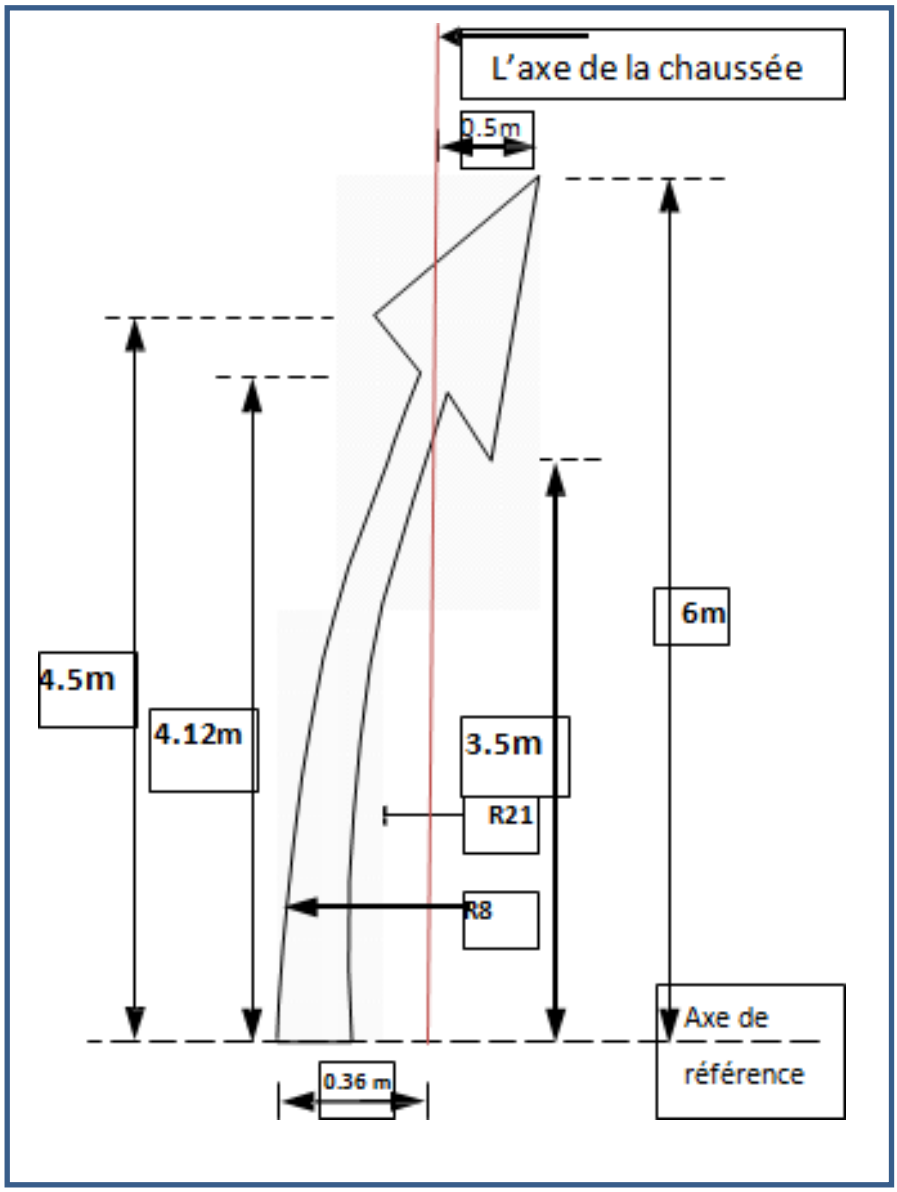


Figure VIII. 6: Flèche de rabattement

VIII-3-Eclairage :

VIII-3-1-Introduction :

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

VIII-3-2-Catégories D'éclairage :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

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

VIII-3-3-Paramètres de l'implantation des luminaires :

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

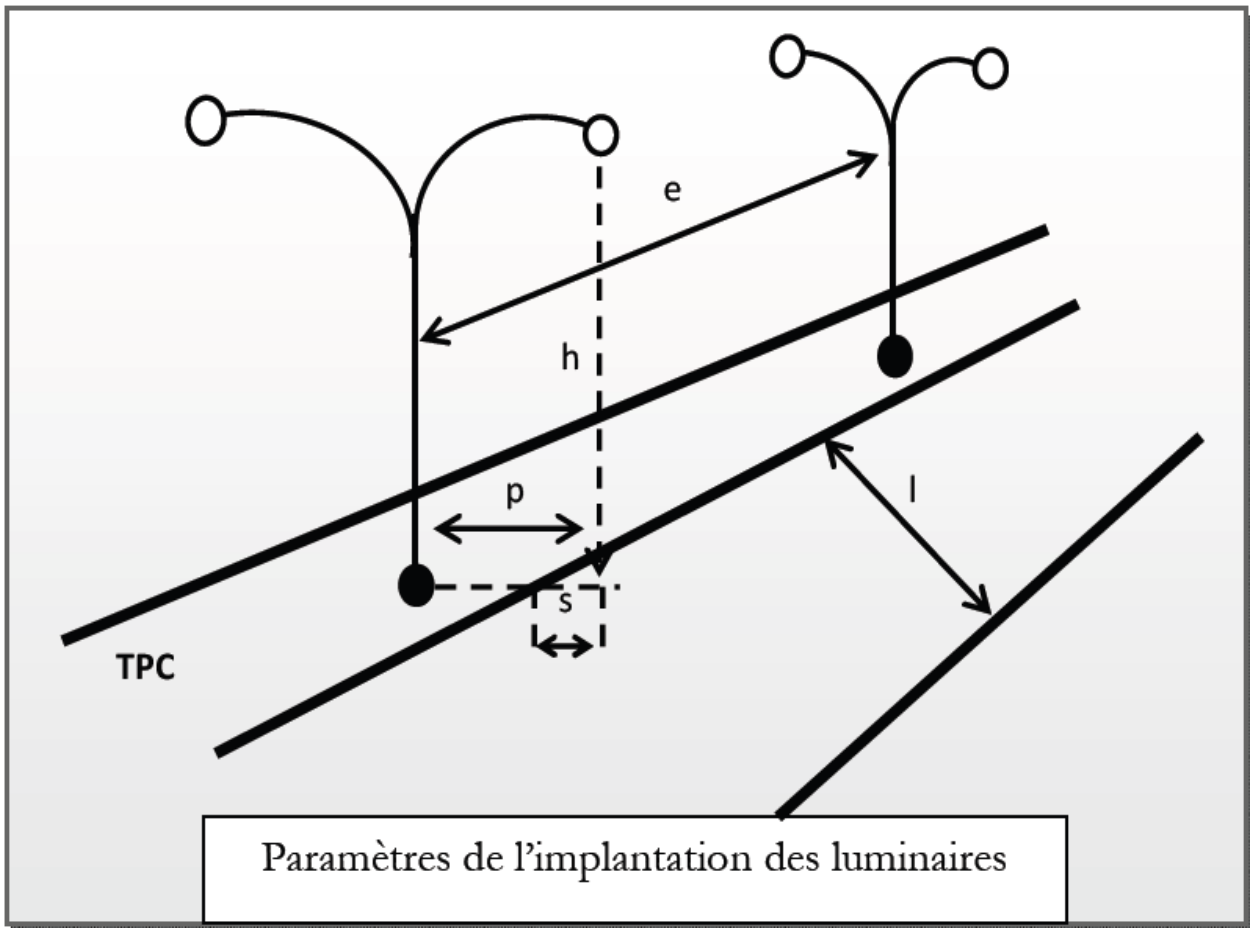


Figure VIII.7:paramètre de l'implantation des luminaires.

VIII.3.4.éclairage appliqué a notre projet :

Eclairage de la voie (le long de la Pénétrante) :

La bordure du TPC doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs lumineux on place. Ensuite, les foyers doivent être suffisamment rapprochés pour que les plages d'éclairement se raccordent sans discontinuité. La hauteur des foyers est en général de 8 à 12m, ainsi l'espacement des supports varie de
20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de notre pénétrante (la voie express).

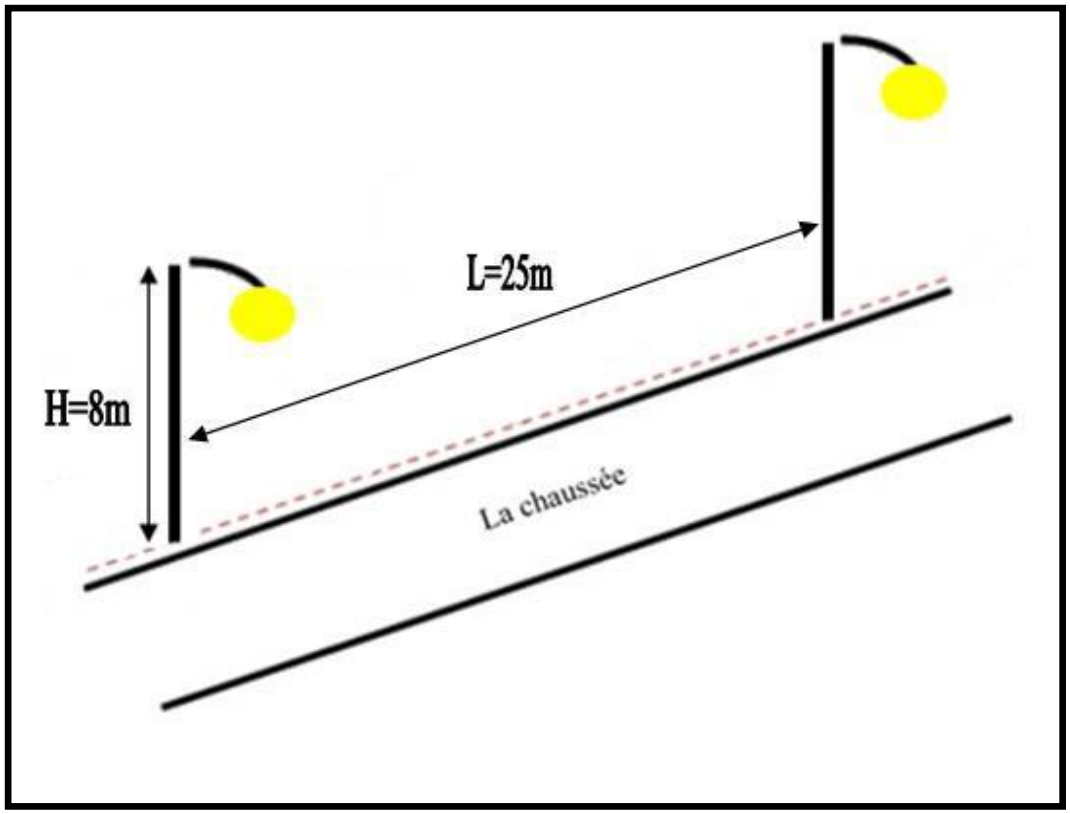


Figure VIII.6: Disposition des lampadaires.

Figure VIII.7 : Un lampadaire.

Chapitre IX :
Impact sur l'environnement

IX-1- Introduction :

Tout projet de construction ou d'aménagement d'une infrastructure doit faire l'objet d'une évaluation de sont impact sur l'environnement.

- Le terme "**environnement**" est à prendre ici au sens large. Ce domaine rassemblera toutes les thématiques qui décrivent les lieux de vie des espèces animales et végétales.

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

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 1935, stipulant qu'une telle étude doit comprendre :

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

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

IX-3- Objectifs :

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

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

IX-4 - Les impacts positifs :

- Dynamiser l'activité économique régionale.
- Permettre un gain de temps pour les usagers.

- Favoriser la découverte et la mise en valeur des régions traversées.
- La création des postes d'emplois temporaire (durant la phase de réalisation).
- Attraction des activités agricoles, pastorales et touristiques.

IX-5-Les Impacts négatifs :

IX-5-1 L'impact sur le paysage :

L'infrastructure portera une défiguration au paysage naturel malgré les efforts de l'ingénieur à adapter le tracé géométrique à la topographie du site.

IX-5-2 L'impact sur la nature :

- **La faune :** L'impact de construction d'une route sur les animaux doit faire partie des données biologique et pour protéger la faune des risques de collision, sachant que sur cette route, il ya lieu de présence d'animaux sauvage sur les abords.
  Le tracé de la route provoquera des accidents dus à la collision des usagers de la route avec les animaux.

- **La flore :** Ces zones naturelles, en outre leurs contributions à l'absorption du gaz carbonique contenu dans l'air. Les implantations vont constituer un espace de vie pour la faune et la flore, elle participe au cycle biologique.
  Notre projet risque d'atténuer le rôle de la zone dans ce concept et ce par :
  - Les terrassements du sol conduit à un déséquilibre dans l'aération des racines et empêche ainsi leur développement.
  - Diminution du couvert végétal.

  Enfin, la connaissance de la flore locale s'avère indispensable dans l'orientation du choix des espèces à planter sur les talus.

- **Les ressources en eaux :** Les routes peuvent contribuer a la modification des écoulements ainsi que la qualité des eaux de surface et souterraines, entrainant parfois un risque d'inondation, d'érosion, de dépôts, ou une modification brutale de la dynamique de la nappe phréatique.

- **L'air :** La pollution résultant du fonctionnement des moteurs à combustion interne, essence ou diesel, est caractérisée par des émissions de polluant gazeux et particulaires auxquelles s'ajoutent celles résultant de l'usure des plaquettes de freins et des pneus , ou encore de l'évaporation d'hydrocarbures aux postes de distribution de carburant.la circulation routière est le principale source de CO et contribue largement à l'accumulation de photo-oxydants dans certaines zones urbaines

IX-6- 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 anti bruit - Rédaction de vitesse - Baisse du profil en long par rapport au terrain naturel - Murs antibruit
Eaux superficielles	-Etanchéifiassions des fossés -Etanchéifiassions de la plateforme -Construction de bassin de traitement des eaux de chaussée
Eaux souterraines	- Etanchéifiassions de la plateforme - Construction de bassin de traitement des eaux 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.

Tableau IX-1 : Impactes et remèdes.

IX-7- Conclusion :

Il faut améliorer les connaissances dans de nombreux domaines pour aboutir à des évaluations et des prévisions plus rigoureuses pour assurer une meilleure économie des aménagements destinés à la protection de l'environnement. Le défi est de limiter le plus possible l'impact sur l'environnement humain tout en préservant les ressources naturelles. Cet engagement permanent doit s'imposer tout le long des trois étapes successives qui marquent la vie de la route :

- Sa conception.
- Sa construction.
- Son exploitation.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale :

Ce projet de fin d'études a été pour nous une opportunité, pour mettre en pratique nos connaissances théoriques et techniques acquises pendant notre cycle de formation à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Notre étude d'aménagement en axe autoroutier de la RN12 présente les données liées à l'étude du trafic concernant la zone d'étude, en employant ces données, tout en respectant le règlement algérien **(B40)**, on a abouti aux caractéristiques suivantes :

- Un Terre-plein central **3 m**
- Deux chaussées de **3** voies de **3.5m** chacune **(3 x 3.5) x 2 = 21.00m**

L'élaboration de ce projet nous a aidés à mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels PISTE+5 et Autocad (version 2016), Excel, compte tenu de leur traitement rapide et exact des données, ces outils nous permettent d'éviter les contraintes existantes avec une détermination d'un meilleur tracé. Aussi, on a utilisé le logiciel ALIZE qui nous a permis de vérifier les épaisseurs des différentes couches constituants le corps de chaussée :

- Couche de roulement **06cm en BB**
- Couche de base **12 cm en GB**
- Couche de fondation **14 cm en TVO**

Ce projet nous permis aussi de connaître des problèmes techniques et administratifs rencontrés dans de tels projets.

C'est une grande occasion pour faire connaissance du déroulement d'un projet particulier des travaux publics (étude d'aménagement d'une route) et par conséquent la maîtrise des nouvelles technologies ainsi que l'utilisation des logiciels de calcul et de dessin notamment, PISTE5 et AUTOCAD.

Dans notre démarche d'étude nous avons essayé de respecter toutes les normes de la conception routière existantes qu'on ne peut négliger et on a pris en considération, le confort, la sécurité des usagers aussi bien que l'économie et environnement.

Par ailleurs, ce projet nous a donné un avant gout de la vie professionnelle dans laquelle nous serons appelées à évoluer pour édifier notre pays et contribuer à son développement.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

[1] MICHEL FAURE ROUTE "Cours élémentaires de l'ENTP" 1997.

[2] R. DUBET. "Cours élémentaire de route**".** Edition Eyrolles.

[3] R.BAYON "V.R.D-Terrassement espaces verts" Eyrolles 1980.

[4] R.COQUAND: ROUTE "circulation- tracée- construction" Tome 1. Edition Eyrolles 1985.

.

[5] Fatima-Zohra KALLI née Rahal "Manuel de projet de route" Edition OPU,2011

[6] Fatima-Zohra KALLI née Rahal "Cours des routes **,** conception des tracés routiers-normes- " Edition OPU,2012

[7] cours de route I et II dirigé par Mr GABI.

[8] Anciens mémoires de fin d'étude, a la bibliothèque du département génie civil de **L'UMMTO.**

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

[10] B40 (Normes techniques d'aménagement des routes).

[11] Les documents SETRA.

[12]. **Logiciels :**

- Piste 5
- Aliz-Lcpc
- Autocad 2016
- Microsoft Excel
- Microsoft Word

[13]. moteurs de recherches (INTERNET).

Annexe

AXE EN PLAN : AXE1

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0.000	623968.239	4068689.547
D1	G = 104.556g	2261.206			
			2261.206	626223.657	4068527.858
C1	XC= 626191.479 YC= 4068079.010 R = -450.000	134.831			
			2396.037	626354.706	4068498.363
D2	G = 123.631g	1608.799			
			4004.836	627853.939	4067914.809
C2	XC= 627763.257 YC= 4067681.835 R = -250.000	249.422			
			4254.258	628008.178	4067731.972
D3	G = 187.146g	594.342			
			4848.600	628127.372	4067149.704
C3	XC= 629009.088 YC= 4067330.197 R = 900.000	663.770			
			5512.370	628477.871	4066603.693
D4	G = 140.193g	884.474			
			6396.844	629191.842	4066081.640
LONGUEUR DE L'AXE 6396.844					

PROFIL EN LONG

Elém	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0.000	535.587
D1	PENTE= 7.132 %	1499.441		
			1499.441	642.528
PAR1	S= 1642.0828 Z= 647.6149 R = -2000.00	51.119		
			1550.559	645.521
D2	PENTE= 4.576 %	1251.575		
			2802.135	702.795
PAR2	S= 3030.9434 Z= 708.0303 R = -5000.00	95.731		
			2897.865	706.259
D3	PENTE= 2.662 %	1698.962		
			4596.827	751.478
PAR3	S= 4676.6739 Z= 752.5409 R = -3000.00	206.346		
			4803.173	749.874
D4	PENTE= -4.217 %	1593.671	6396.844	682.675
LONGUEUR DE L'AXE 6396.844				

TABULATION DU PROFIL EN LONG

Profil	Elément	Abscisse	Cote	Pente	Rayon
1	D1 DRO	0.000	535.587	7.132%	9999999.999
2	D1 DRO	25.000	537.370	7.132%	9999999.999
3	D1 DRO	50.000	539.153	7.132%	9999999.999
4	D1 DRO	75.000	540.936	7.132%	9999999.999
5	D1 DRO	100.000	542.719	7.132%	9999999.999
6	D1 DRO	125.000	544.502	7.132%	9999999.999
7	D1 DRO	150.000	546.285	7.132%	9999999.999
8	D1 DRO	175.000	548.068	7.132%	9999999.999
9	D1 DRO	200.000	549.851	7.132%	9999999.999
10	D1 DRO	225.000	551.634	7.132%	9999999.999
11	D1 DRO	250.000	553.417	7.132%	9999999.999
12	D1 DRO	275.000	555.200	7.132%	9999999.999
13	D1 DRO	300.000	556.983	7.132%	9999999.999
14	D1 DRO	325.000	558.766	7.132%	9999999.999
15	D1 DRO	350.000	560.549	7.132%	9999999.999
16	D1 DRO	375.000	562.332	7.132%	9999999.999
17	D1 DRO	400.000	564.115	7.132%	9999999.999
18	D1 DRO	425.000	565.898	7.132%	9999999.999
19	D1 DRO	450.000	567.681	7.132%	9999999.999
20	D1 DRO	475.000	569.464	7.132%	9999999.999
21	D1 DRO	500.000	571.247	7.132%	9999999.999
22	D1 DRO	525.000	573.030	7.132%	9999999.999
23	D1 DRO	550.000	574.813	7.132%	9999999.999
24	D1 DRO	575.000	576.596	7.132%	9999999.999
25	D1 DRO	600.000	578.379	7.132%	9999999.999
26	D1 DRO	625.000	580.162	7.132%	9999999.999
27	D1 DRO	650.000	581.945	7.132%	9999999.999
28	D1 DRO	675.000	583.728	7.132%	9999999.999
29	D1 DRO	700.000	585.511	7.132%	9999999.999
30	D1 DRO	725.000	587.294	7.132%	9999999.999
31	D1 DRO	750.000	589.077	7.132%	9999999.999
32	D1 DRO	775.000	590.860	7.132%	9999999.999
33	D1 DRO	800.000	592.643	7.132%	9999999.999
34	D1 DRO	825.000	594.426	7.132%	9999999.999
35	D1 DRO	850.000	596.209	7.132%	9999999.999
36	D1 DRO	875.000	597.992	7.132%	9999999.999
37	D1 DRO	900.000	599.775	7.132%	9999999.999
38	D1 DRO	925.000	601.558	7.132%	9999999.999
39	D1 DRO	950.000	603.341	7.132%	9999999.999
40	D1 DRO	975.000	605.125	7.132%	9999999.999
41	D1 DRO	1000.000	606.908	7.132%	9999999.999
42	D1 DRO	1025.000	608.691	7.132%	9999999.999
43	D1 DRO	1050.000	610.474	7.132%	9999999.999
44	D1 DRO	1075.000	612.257	7.132%	9999999.999
45	D1 DRO	1100.000	614.040	7.132%	9999999.999
46	D1 DRO	1125.000	615.823	7.132%	9999999.999
47	D1 DRO	1150.000	617.606	7.132%	9999999.999
48	D1 DRO	1175.000	619.389	7.132%	9999999.999
49	D1 DRO	1200.000	621.172	7.132%	9999999.999
50	D1 DRO	1225.000	622.955	7.132%	9999999.999
51	D1 DRO	1250.000	624.738	7.132%	9999999.999
52	D1 DRO	1275.000	626.521	7.132%	9999999.999
53	D1 DRO	1300.000	628.304	7.132%	9999999.999
54	D1 DRO	1325.000	630.087	7.132%	9999999.999
55	D1 DRO	1350.000	631.870	7.132%	9999999.999
56	D1 DRO	1375.000	633.653	7.132%	9999999.999
57	D1 DRO	1400.000	635.436	7.132%	9999999.999
58	D1 DRO	1425.000	637.219	7.132%	9999999.999
59	D1 DRO	1450.000	639.002	7.132%	9999999.999
60	D1 DRO	1475.000	640.785	7.132%	9999999.999
TANG	D1 DRO	1499.441	642.528	7.132%	9999999.999
61	PAR1 PAR	1500.000	642.568	7.104%	-2015.160
62	PAR1 PAR	1525.000	644.188	5.854%	-2010.290
63	PAR1 PAR	1550.000	645.495	4.604%	-2006.363

TANG	PAR1 PAR	1550.559	645.521	4.576%	-2006.286
64	D2 DRO	1575.000	646.639	4.576%	9999999.999
65	D2 DRO	1600.000	647.783	4.576%	9999999.999
66	D2 DRO	1625.000	648.927	4.576%	9999999.999
67	D2 DRO	1650.000	650.071	4.576%	9999999.999
68	D2 DRO	1675.000	651.215	4.576%	9999999.999
69	D2 DRO	1700.000	652.359	4.576%	9999999.999
70	D2 DRO	1725.000	653.503	4.576%	9999999.999
71	D2 DRO	1750.000	654.647	4.576%	9999999.999
72	D2 DRO	1775.000	655.792	4.576%	9999999.999
73	D2 DRO	1800.000	656.936	4.576%	9999999.999
74	D2 DRO	1825.000	658.080	4.576%	9999999.999
75	D2 DRO	1850.000	659.224	4.576%	9999999.999
76	D2 DRO	1875.000	660.368	4.576%	9999999.999
77	D2 DRO	1900.000	661.512	4.576%	9999999.999
78	D2 DRO	1925.000	662.656	4.576%	9999999.999
79	D2 DRO	1950.000	663.800	4.576%	9999999.999
80	D2 DRO	1975.000	664.944	4.576%	9999999.999
81	D2 DRO	2000.000	666.088	4.576%	9999999.999
82	D2 DRO	2025.000	667.232	4.576%	9999999.999
83	D2 DRO	2050.000	668.376	4.576%	9999999.999
84	D2 DRO	2075.000	669.520	4.576%	9999999.999
85	D2 DRO	2100.000	670.664	4.576%	9999999.999
86	D2 DRO	2125.000	671.808	4.576%	9999999.999
87	D2 DRO	2150.000	672.952	4.576%	9999999.999
88	D2 DRO	2175.000	674.096	4.576%	9999999.999
89	D2 DRO	2200.000	675.240	4.576%	9999999.999
90	D2 DRO	2225.000	676.384	4.576%	9999999.999
91	D2 DRO	2250.000	677.528	4.576%	9999999.999
92	D2 DRO	2261.206	678.041	4.576%	9999999.999
93	D2 DRO	2275.000	678.672	4.576%	9999999.999
94	D2 DRO	2300.000	679.816	4.576%	9999999.999
95	D2 DRO	2325.000	680.960	4.576%	9999999.999
96	D2 DRO	2350.000	682.105	4.576%	9999999.999
97	D2 DRO	2375.000	683.249	4.576%	9999999.999
98	D2 DRO	2396.037	684.211	4.576%	9999999.999
99	D2 DRO	2400.000	684.393	4.576%	9999999.999
100	D2 DRO	2425.000	685.537	4.576%	9999999.999
101	D2 DRO	2450.000	686.681	4.576%	9999999.999
102	D2 DRO	2475.000	687.825	4.576%	9999999.999
103	D2 DRO	2500.000	688.969	4.576%	9999999.999
104	D2 DRO	2525.000	690.113	4.576%	9999999.999
105	D2 DRO	2550.000	691.257	4.576%	9999999.999
106	D2 DRO	2575.000	692.401	4.576%	9999999.999
107	D2 DRO	2600.000	693.545	4.576%	9999999.999
108	D2 DRO	2625.000	694.689	4.576%	9999999.999
109	D2 DRO	2650.000	695.833	4.576%	9999999.999
110	D2 DRO	2675.000	696.977	4.576%	9999999.999
111	D2 DRO	2700.000	698.121	4.576%	9999999.999
112	D2 DRO	2725.000	699.265	4.576%	9999999.999
113	D2 DRO	2750.000	700.409	4.576%	9999999.999
114	D2 DRO	2775.000	701.553	4.576%	9999999.999
115	D2 DRO	2800.000	702.697	4.576%	9999999.999
TANG	D2 DRO	2802.135	702.795	4.576%	9999999.999
116	PAR2 PAR	2825.000	703.789	4.119%	-5012.729
117	PAR2 PAR	2850.000	704.756	3.619%	-5009.825
118	PAR2 PAR	2875.000	705.599	3.119%	-5007.297
TANG	PAR2 PAR	2897.865	706.259	2.662%	-5005.314
119	D3 DRO	2900.000	706.316	2.662%	9999999.999
120	D3 DRO	2925.000	706.982	2.662%	9999999.999
121	D3 DRO	2950.000	707.647	2.662%	9999999.999
122	D3 DRO	2975.000	708.312	2.662%	9999999.999
123	D3 DRO	3000.000	708.978	2.662%	9999999.999
124	D3 DRO	3025.000	709.643	2.662%	9999999.999
125	D3 DRO	3050.000	710.309	2.662%	9999999.999
126	D3 DRO	3075.000	710.974	2.662%	9999999.999

127	D3 DRO	3100.000	711.639	2.662%	9999999.999
128	D3 DRO	3125.000	712.305	2.662%	9999999.999
129	D3 DRO	3150.000	712.970	2.662%	9999999.999
130	D3 DRO	3175.000	713.635	2.662%	9999999.999
131	D3 DRO	3200.000	714.301	2.662%	9999999.999
132	D3 DRO	3225.000	714.966	2.662%	9999999.999
133	D3 DRO	3250.000	715.632	2.662%	9999999.999
134	D3 DRO	3275.000	716.297	2.662%	9999999.999
135	D3 DRO	3300.000	716.962	2.662%	9999999.999
136	D3 DRO	3325.000	717.628	2.662%	9999999.999
137	D3 DRO	3350.000	718.293	2.662%	9999999.999
138	D3 DRO	3375.000	718.959	2.662%	9999999.999
139	D3 DRO	3400.000	719.624	2.662%	9999999.999
140	D3 DRO	3425.000	720.289	2.662%	9999999.999
141	D3 DRO	3450.000	720.955	2.662%	9999999.999
142	D3 DRO	3475.000	721.620	2.662%	9999999.999
143	D3 DRO	3500.000	722.286	2.662%	9999999.999
144	D3 DRO	3525.000	722.951	2.662%	9999999.999
145	D3 DRO	3550.000	723.616	2.662%	9999999.999
146	D3 DRO	3575.000	724.282	2.662%	9999999.999
147	D3 DRO	3600.000	724.947	2.662%	9999999.999
148	D3 DRO	3625.000	725.613	2.662%	9999999.999
149	D3 DRO	3650.000	726.278	2.662%	9999999.999
150	D3 DRO	3675.000	726.943	2.662%	9999999.999
151	D3 DRO	3700.000	727.609	2.662%	9999999.999
152	D3 DRO	3725.000	728.274	2.662%	9999999.999
153	D3 DRO	3750.000	728.939	2.662%	9999999.999
154	D3 DRO	3775.000	729.605	2.662%	9999999.999
155	D3 DRO	3800.000	730.270	2.662%	9999999.999
156	D3 DRO	3825.000	730.936	2.662%	9999999.999
157	D3 DRO	3850.000	731.601	2.662%	9999999.999
158	D3 DRO	3875.000	732.266	2.662%	9999999.999
159	D3 DRO	3900.000	732.932	2.662%	9999999.999

160	D3 DRO	3925.000	733.597	2.662%	9999999.999
161	D3 DRO	3950.000	734.263	2.662%	9999999.999
162	D3 DRO	3975.000	734.928	2.662%	9999999.999
163	D3 DRO	4000.000	735.593	2.662%	9999999.999
164	D3 DRO	4004.836	735.722	2.662%	9999999.999
165	D3 DRO	4025.000	736.259	2.662%	9999999.999
166	D3 DRO	4050.000	736.924	2.662%	9999999.999
167	D3 DRO	4075.000	737.590	2.662%	9999999.999
168	D3 DRO	4100.000	738.255	2.662%	9999999.999
169	D3 DRO	4125.000	738.920	2.662%	9999999.999
170	D3 DRO	4150.000	739.586	2.662%	9999999.999
171	D3 DRO	4175.000	740.251	2.662%	9999999.999
172	D3 DRO	4200.000	740.916	2.662%	9999999.999
173	D3 DRO	4225.000	741.582	2.662%	9999999.999
174	D3 DRO	4250.000	742.247	2.662%	9999999.999
175	D3 DRO	4254.258	742.361	2.662%	9999999.999
176	D3 DRO	4275.000	742.913	2.662%	9999999.999
177	D3 DRO	4300.000	743.578	2.662%	9999999.999
178	D3 DRO	4325.000	744.243	2.662%	9999999.999
179	D3 DRO	4350.000	744.909	2.662%	9999999.999
180	D3 DRO	4375.000	745.574	2.662%	9999999.999
181	D3 DRO	4400.000	746.240	2.662%	9999999.999
182	D3 DRO	4425.000	746.905	2.662%	9999999.999
183	D3 DRO	4450.000	747.570	2.662%	9999999.999
184	D3 DRO	4475.000	748.236	2.662%	9999999.999
185	D3 DRO	4500.000	748.901	2.662%	9999999.999
186	D3 DRO	4525.000	749.567	2.662%	9999999.999
187	D3 DRO	4550.000	750.232	2.662%	9999999.999
188	D3 DRO	4575.000	750.897	2.662%	9999999.999
TANG	D3 DRO	4596.827	751.478	2.662%	9999999.999
189	PAR3 PAR	4600.000	751.561	2.556%	-3002.940
190	PAR3 PAR	4625.000	752.096	1.722%	-3001.335
191	PAR3 PAR	4650.000	752.422	0.889%	-3000.356

192	PAR3 PAR	4675.000	752.540	0.056%	-3000.001
193	PAR3 PAR	4700.000	752.450	-0.778%	-3000.272
194	PAR3 PAR	4725.000	752.152	-1.611%	-3001.168
195	PAR3 PAR	4750.000	751.645	-2.444%	-3002.689
196	PAR3 PAR	4775.000	750.930	-3.278%	-3004.835
197	PAR3 PAR	4800.000	750.006	-4.111%	-3007.608
TANG	PAR3 PAR	4803.173	749.874	-4.217%	-3008.005
198	D4 DRO	4825.000	748.954	-4.217%	9999999.999
199	D4 DRO	4848.600	747.958	-4.217%	9999999.999
200	D4 DRO	4850.000	747.899	-4.217%	9999999.999
201	D4 DRO	4875.000	746.845	-4.217%	9999999.999
202	D4 DRO	4900.000	745.791	-4.217%	9999999.999
203	D4 DRO	4925.000	744.737	-4.217%	9999999.999
204	D4 DRO	4950.000	743.683	-4.217%	9999999.999
205	D4 DRO	4975.000	742.629	-4.217%	9999999.999
206	D4 DRO	5000.000	741.574	-4.217%	9999999.999
207	D4 DRO	5025.000	740.520	-4.217%	9999999.999
208	D4 DRO	5050.000	739.466	-4.217%	9999999.999
209	D4 DRO	5075.000	738.412	-4.217%	9999999.999
210	D4 DRO	5100.000	737.358	-4.217%	9999999.999
211	D4 DRO	5125.000	736.304	-4.217%	9999999.999
212	D4 DRO	5150.000	735.249	-4.217%	9999999.999
213	D4 DRO	5175.000	734.195	-4.217%	9999999.999
214	D4 DRO	5200.000	733.141	-4.217%	9999999.999
215	D4 DRO	5225.000	732.087	-4.217%	9999999.999
216	D4 DRO	5250.000	731.033	-4.217%	9999999.999
217	D4 DRO	5275.000	729.979	-4.217%	9999999.999
218	D4 DRO	5300.000	728.924	-4.217%	9999999.999
219	D4 DRO	5325.000	727.870	-4.217%	9999999.999
220	D4 DRO	5350.000	726.816	-4.217%	9999999.999
221	D4 DRO	5375.000	725.762	-4.217%	9999999.999
222	D4 DRO	5400.000	724.708	-4.217%	9999999.999
223	D4 DRO	5425.000	723.654	-4.217%	9999999.999
224	D4 DRO	5450.000	722.600	-4.217%	9999999.999
225	D4 DRO	5475.000	721.545	-4.217%	9999999.999
226	D4 DRO	5500.000	720.491	-4.217%	9999999.999
227	D4 DRO	5512.370	719.970	-4.217%	9999999.999
228	D4 DRO	5525.000	719.437	-4.217%	9999999.999
229	D4 DRO	5550.000	718.383	-4.217%	9999999.999
230	D4 DRO	5575.000	717.329	-4.217%	9999999.999
231	D4 DRO	5600.000	716.275	-4.217%	9999999.999
232	D4 DRO	5625.000	715.220	-4.217%	9999999.999
233	D4 DRO	5650.000	714.166	-4.217%	9999999.999
234	D4 DRO	5675.000	713.112	-4.217%	9999999.999
235	D4 DRO	5700.000	712.058	-4.217%	9999999.999
236	D4 DRO	5725.000	711.004	-4.217%	9999999.999
237	D4 DRO	5750.000	709.950	-4.217%	9999999.999
238	D4 DRO	5775.000	708.895	-4.217%	9999999.999
239	D4 DRO	5800.000	707.841	-4.217%	9999999.999
240	D4 DRO	5825.000	706.787	-4.217%	9999999.999
241	D4 DRO	5850.000	705.733	-4.217%	9999999.999
242	D4 DRO	5875.000	704.679	-4.217%	9999999.999
243	D4 DRO	5900.000	703.625	-4.217%	9999999.999
244	D4 DRO	5925.000	702.571	-4.217%	9999999.999
245	D4 DRO	5950.000	701.516	-4.217%	9999999.999
246	D4 DRO	5975.000	700.462	-4.217%	9999999.999
247	D4 DRO	6000.000	699.408	-4.217%	9999999.999
248	D4 DRO	6025.000	698.354	-4.217%	9999999.999
249	D4 DRO	6050.000	697.300	-4.217%	9999999.999
250	D4 DRO	6075.000	696.246	-4.217%	9999999.999
251	D4 DRO	6100.000	695.191	-4.217%	9999999.999
252	D4 DRO	6125.000	694.137	-4.217%	9999999.999
253	D4 DRO	6150.000	693.083	-4.217%	9999999.999
254	D4 DRO	6175.000	692.029	-4.217%	9999999.999
255	D4 DRO	6200.000	690.975	-4.217%	9999999.999
256	D4 DRO	6225.000	689.921	-4.217%	9999999.999
257	D4 DRO	6250.000	688.866	-4.217%	9999999.999
258	D4 DRO	6275.000	687.812	-4.217%	9999999.999
259	D4 DRO	6300.000	686.758	-4.217%	9999999.999
260	D4 DRO	6325.000	685.704	-4.217%	9999999.999
261	D4 DRO	6350.000	684.650	-4.217%	9999999.999
262	D4 DRO	6375.000	683.596	-4.217%	9999999.999
263	D4 DRO	6396.844	682.675	-4.217%	9999999.999