

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère 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



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

OPTION : VOIES ET OUVRAGES D'ART (VOA)

Mémoire de fin d'études

THEME

**EVITEMENT DE LA VILLE DE MAKOUA PAR AIT FARES
SUR UN LINEAIRE DE TROIS KILOMETRES**



Elaboré par :

➤ LOKMANE BRAHIM

Encadré par :

➤ Mr. GABI SMAIL

**Promotion
2015/2016**

Sommaire

Chapitre I : présentation du projet.

I-1 Introduction:	1
I-2 Description du projet:	2
I-3 Problème :	2
I-4 Objet du projet :	3

Chapitre II : Etude du trafic

II-1 Introduction :	4
II-2 Analyse de trafic :	4
II-3 paramètres fondamentaux :	5
II-4 Environnement de la route :	6
II-5 calcul de le capacité :	6
II-5-1 Définition :	6
II-5-2 Projection future trafic :	6
II-5-3 Calcul de trafic effectif :	7
II-5-4 Débit point horaire normale :	7
II-5-5 Débit horaire admissible :	7
II-6 Application au projet:	9
II-6-1 Projection future du projet :	10
II-6-2 Calcul du trafic effectif :	10
II-6-3 Débit de pointe horaire normale :	11
II-6-4 Débit admissible :	11
II-6-5 Nombre de voies :	11
II-7 Calcul de l'année de saturation :	12
II-8 Conclusion :	12

Chapitre III : Aperçu Géotechnique

III-1 Introduction :	14
III-2 L'objectif d'une étude géotechnique :	14
III-3 Les différents essais du laboratoire :	14
III-3-1 Analyse granulométrique :	15
III-3-2 Equivalences de sable :	15
III-3-3 Limite atterberg :	15
III-3-4 Essai PROCTOR :	15
III-3-5 Essai CBR (California Bearing Ratio) :	16
III-3-6 Essai Los Angeles :	16
III-3-7 Essai Micro Deval :	16
III-4 Les essais insitu :	17
III-4-1 L'essai de plaque :	17
III-4-2 L'essai pressiométrique :	17
III-5 Condition d'utilisation des sols en remblais :	17
III-6 Condition d'utilisation des sols en remblais :	18
III-6-1 La stabilité des pentes :	18
III-6-2 Recommandation :	18
III-7 Application du projet :	18
III-7-1 Contexte géométrique et topographique :	18
III-7-2 Campagne d'investigation sur le site :	19
III-8 Conclusion :	20

Chapitre IV : Dimensionnement du corps de chaussée.

IV-1 Introduction:	21
IV-2 Facteurs considérer dans le dimensionnement :	21
IV-3 Définition de la chaussée :	22
IV-4 Differents types de chaussées :	22
IV-4-1 Chaussée souple :	22
IV-4-2 Chaussée rigide :	24
IV-4-3 Chaussée semi-rigide :	24
IV-5 Méthodes de dimensionnement des chaussées :	24
IV-5-1 Etude de la méthode CBR :	25
IV-5-2 Methode des catalogues de la structures :	27
IV-5-3 Methode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves(CTTP)	29
IV-5-4 Methode American Association of Highway Official :	30
IV-5-5 Methode (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées :	30
IV-6 Choix de la méthode :	31
IV-7 Application au projet :	31
IV-8 Conclusion :	33
IV-9 Méthode catalogue des structures :	34
IV-9-1 Détermination de la classe du trafic :	35
IV-9-2 Classement de portance du solsupport de chaussée :	35
IV-9-3 classement du sol support :	35
IV-9-4 Durée de vie :	35
IV-9-5 Risque de calcul :	36
IV-9-6 Données clomatique :	36
IV-9-7 Temperature équivalente :	36
IV-9-8 Valeur du coefficient d'agressivité :	36

IV-9-9 Conditionaux interfaces :	36
IV-9-10 Mode de fonctionnement pour le type des stuctures :	37
IV-9-11 Calcul du trafic cumulé de PL(TCi):	37
IV-9-12 Calcul du trafic cummulé équivalent TCEi :	37
IV-10 Principe du programme ALIZE III :	40
IV-11 Conclusion :	43

Chapitre V : Caractéristique Géométrique

PartieI : Presentation du logiciel Piste 5 :

V-I-1 Introduction :	44
V-I-2 Présentation du logiciel :	44
V-I-3 Organigramme de l'application :	44

PartieII : Caracteristiques géometriques :

V-II-1 Introduction :	45
V-II-2 Principes generaux de l'etude géometrique :	46
V-II-3 Tracé en plan :	46
V-II-3-1 Définition :	47
V-II-3-2 Règles a respecter dans le tracé en plan :	47
V-II-3-3 Coordination du tracé en Plan et Du profil en long :	47
V-II-4 combinaison des éléments du tracé en plan :	55
V-II-5 Principes Généraux :	56
V-II-5-1 Calcul des longueurs de voies d'insertion et de décélération :	66
V-II-6 Résultats obtenus avec le Logiciel Piste5 :	59
V-II-6-1 Profil en long :	64
V-II-6-2 profilen travers :	Erreur ! Signet non défini.0
V-II-6-3 Classification du profil en travers :	Erreur ! Signet non défini.
V-II-7 Conclusion :	75

Chapitre VI Cubatures.

VI-1 Introduction :	77
VI-2 Définition :	77
VI-3 Classification des terrassement :	78
VI-4 Classification des terrain :	78
VI-5 Cubatures des terrassement :	78
VI-6 Méthodes de calcul de cubatures :	78
VI-6-1 Formule de Sarraus :	81
VI-6-2 Méthode linéaire :	81
VI-6-3 Méthode de Gulden:	82
VI-7 Application au projet :	82

Chapitre VII Assainissement.

VII-1 Définition :	84
VII-2 Objectifs de l'assainissement :	84
VII-3 Définition des termes hydraulique :	84
VII-4 EtudesHydraulologique :	86
VII-4-1 Estimation du débit de crue :	87
VII-4-2 Coefficient de ruissellement:	87
VII-4-3 Calcul de l'intensité de l'averse I_t :	88
VII-4-4 Calcul de l'intensité de l'averse I_t :	89
VII-5 Surface des bassin versants :	91
VII-6 Détermination des débit de crue des BV :	98
VII-7 Estimation du débit d'apport :	100

VII-7-1 Surface de l'écoulement :	100
VII-8 Estimation des débits de saturation :	104
VII-9 Dimensionnement des ouvrages hydraulique :	105
VII-9-1 Dimensionnement des fossés :	105
VII-9-2 Dimensionnement des buses :	107
VII-10 Conclusion :	111

Chapitre VIII Equipement de route et signalisation

VIII-I- Sécurité

VIII-I-1 Introduction:.....	112
VIII-I-2 Objectifs de signalisation routière :	112
VIII-I-3 Règles a respecter pour la signalisation :	112
VIII-I-4 Types de signalisation :	112
VIII-I-4-1 Signalisation verticale :	112
VIII-I-4-2 Signalisation horizontale :	Erreur ! Signet non défini.
VIII-I-5 Les critères de choix de la signalisation :...	Erreur ! Signet non défini.
VIII-I-6 Les critères de choix de la signalisation :...	Erreur ! Signet non défini.

VIII-II- Eclairage

VIII-II-1 Introduction:.....	Erreur ! Signet non défini.
VIII-II-2 Eclairage d'un point singulier :	Erreur ! Signet non défini.
VIII-II-3 Paramètre de l'implantation des luminaires : .	Erreur ! Signet non défini.

VIII-II-4 Eclairage appliqué a notre projet :. Erreur ! Signet non défini.

Chapitre IX Impacte sur l'environnement

IX-1 Introduction :	120
IX-2 Objectifs :	120
IX-3 L'impact positifs :	120
IX-3-1 L'impact socioéconomique :	120
IX-3-2 Impact sur le bati :	Erreur ! Signet non défini.
IX -4 L'impacts négatifs:	121
IX-4-1 L'impact sur le paysage :	Erreur ! Signet non défini.
IX-4-2 L'impact sur la nature :	Erreur ! Signet non défini.
IX-5 Conclusion :	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre XII Devis quantitatif et estimatif

Devis quantitatif et estimatif :	123
---	------------

Conclusion Générale :	125
------------------------------	------------

Bibliographie

Annexes

INTROCUCTION GENERAL

L'histoire de la route est intimement liée au niveau de développement technologique et de la croissance économique des nations et des civilisations.

La route romaine dont les tracés sont encore apparents à ce jour, témoigne de l'avancée industrielle de l'empire et de la place privilégiée accordée aux réseaux de communication.

Parmi les déferents modes de transports qui existent, le transport routier reste le plus utilisé dans notre pays, vu la disponibilité des matériaux nécessaires.

Notre projet (**Etude d'un évitement de la ville de MAKOUDA**) s'inscrit parfaitement dans la stratégie de développement et de densification du réseau autoroutier d'Algérie.

Pour l'étude de ce projet en APD, nous avons procédé a une structure comportent

(10 chapitres) :

- ✚ Nous aborderons dans le chapitre (I) la présentation global du projet.
- ✚ Le chapitre (II) comportera l'étude et l'analyse du trafic.
- ✚ On passera aux chapitres (III, IV) comprenant respectivement un aperçu sur la géotechnique routière puis dimensionnement du corps de chaussée.
- ✚ On définira dans le chapitre (V) les caractéristiques géométrique de notre projet qui comporte : (le tracé en plan, le profil en long, le profil en travers).
- ✚ Une fois le tracé fini, on définira les cubatures des terrassements et leur calcul automatique (chapitre VI).
- ✚ On passera aux chapitres (XII) comprenant respectivement l'assainissement.
- ✚ Le chapitre (IIX) comportera les différents équipements et signalisations de la route.
- ✚ Le chapitre (IX) portera sur « l'impact sur l'environnement ».
- ✚ On finira par l'élaboration d'un devis quantitatif et estimatif de la totalité du projet

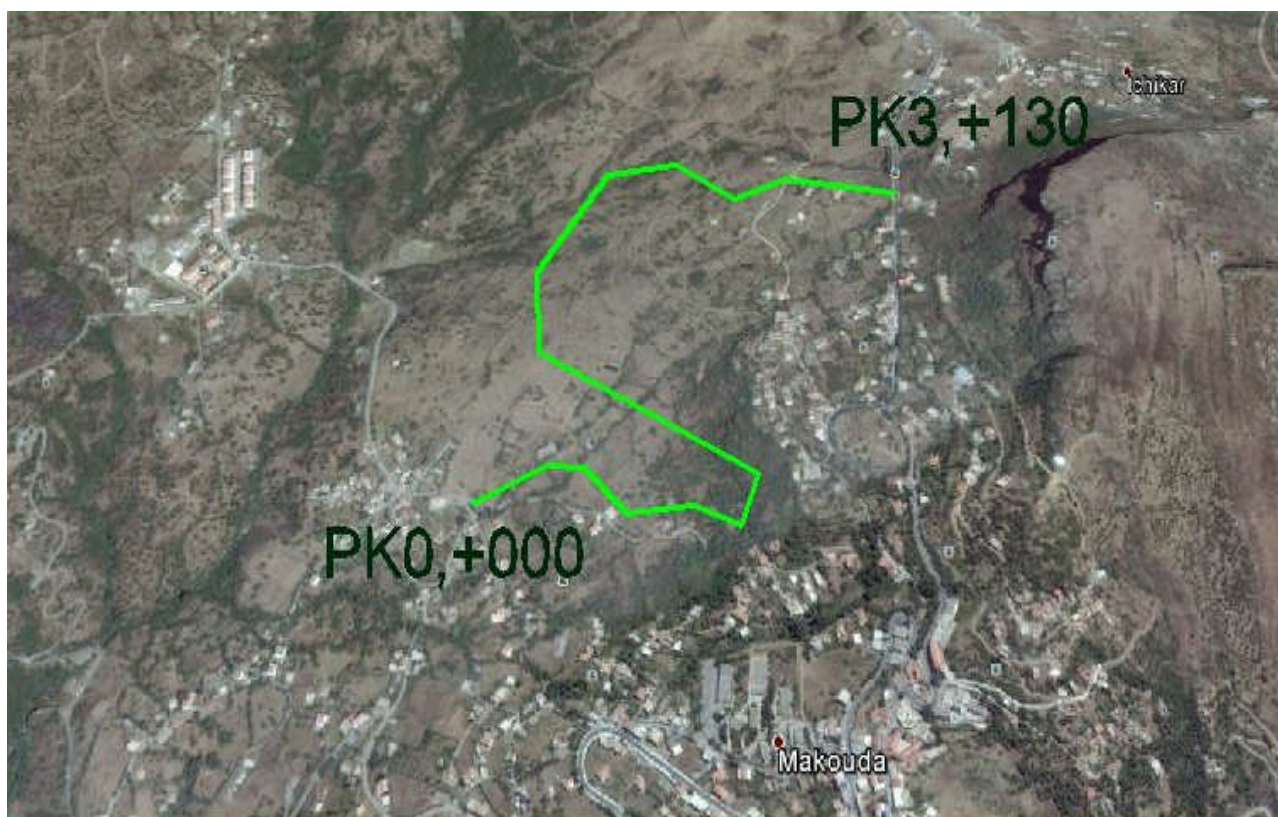


Figure I-2 : Implantation du projet sur le site.

I-2 -Description du projet

Dans le cadre du développement de l'infrastructure de base de la wilaya de Tizi-Ouzou et pour dynamiser les échanges interrégionaux, le schéma directeur routier national a prévu une déviation de la RN72 qui traverse la ville de MAKOUDA et ses agglomérations. La commune de MAKOUDA se situe au nord de la wilaya de Tizi Ouzou.

I-3- Problème :

La RN 72 fait souvent l'objet d'encombres surtout en période estivale.

L'une des conséquences de cet engouement pour la première ville côtière de la wilaya de Tizi Ouzou étant les bouchons qui se forment quotidiennement dans la ville.

I-4-Objectif du projet :

L'objectif de notre travail consiste à amoindrir la sollicitation de la RN72 et de créer une route alternative pour le trafic, vu le flux incessant de véhicules qui s'engagent sur cette route quotidiennement.

Ces problèmes peuvent être résolus par une étude de transport et mise en place d'une cellule qui devra prendre en charge tous les problèmes de déplacement des usagers dans la région. C'est pour cela que les autorités ont pensé au lancement d'une réflexion sur l'aménagement d'une d'déviatiion qui relie la RN72 et Ait farés, qui soulagera cette route du trafic d'échange et de transit.

CHAPITRE II : ETUDE DU TRAFIC

II-1– Introduction :

L'étude de trafic est un élément essentiel qui doit être préalable à tout projet de réalisation d'infrastructure routières, elle permet de déterminer le type d'aménagement qui convient et les caractéristiques à lui donner depuis le nombre de voies jusqu'à l'épaisseur de différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée.

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

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

- ***Différent types de trafic :***

- **Trafic normal** : c'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en compte le nouveau projet.
- **Trafic induit** : c'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement vers d'autre déviation.
- **Trafic dévié** : c'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée, la déviation de trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination
- **Trafic total** : c'est le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme de trafic induit et le trafic dévié.

Le choix de nombre de voies résulte de la comparaison entre l'offre et la demande C.à.d. :

Le débit admissible et le trafic prévisible à l'année d'exploitation.

II-2- Analyse de trafic :

Cette analyse est réalisée par différents procédés complémentaires à savoir :

- **Comptages manuels** : ou compteur-enregistreur, un petit appareil conçu pour tenir dans la main, composé d'un dispositif affichant un nombre entier, et d'une gâchette actionnable par l'utilisateur pour incrémenter ce nombre. Il est également équipé d'une touche de remise à zéro, et parfois d'une seconde gâchette permettant de décrémenter. Il est parfois attaché au corps par une dragonne, afin ne pas le perdre.
- **Comptages automatiques** : Il consiste à dénombrer le nombre de véhicules sur un axe routier simple ou double sens. Les résultats de ces comptages sont fournis par sens, par classe de Véhicule et sont échantillonnés toutes les heures (ou autre temps).

Les résultats De ces comptages rendent compte de la classification des véhicules.

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

Les enquêtes qualitatives : elles permettent de connaître l'appréciation de l'utilisateur par rapport aux réseaux.

II-3- Paramètres fondamentaux :

a) Catégorie de la route

L'ensemble des itinéraires de l'Algérie peut être classé en cinq catégories fonctionnelles, correspondant aux finalités économiques et administratives assignées par la politique d'aménagement sur le territoire :

Catégorie 1 :

Liaison entre les grands centres économiques et les centres d'industrie lourde considérés deux à deux, et liaisons assurant le rabattement des centres d'industries et transformation vers le réseau de base ci-dessus.

Catégorie 2 :

Liaison des pôles d'industries de transformation entre eux, et liaisons de raccordement des pôles d'industries légère diversifiées avec le réseau précédent.

Catégorie 3 :

Liaisons des chefs lieux et daïra et des chefs lieux de wilaya, non desservi par le réseau précédent, avec le réseau de catégorie 1 et 2.

Catégorie 4 :

Liaisons de tous les centres de vie qui ne sont pas reliés au réseau de catégorie 1-2 et 3 avec le chef lieu de daïra, dont ils dépendent, et avec le réseau précédent.

Catégorie 5 :

Routes et pistes non comprises dans les catégories précédentes.

CHAPITRE II : ETUDE DU TRAFIC

II-4- Environnement de la route :

Trois classes d'environnements ont été proposées dans le rapport b20 sur le coût d'aménagement et d'entretien.

Le tableau ci-dessous représente la classification des environnements selon b40 et qui est le croisement des deux paramètres qui sont : la dénivellée moyenne et la sinuosité.

	Faible	Moyenne	Forte
plat	E1	E2	/
Vallonnée	E2	E2	E3
montagneux	/	E3	E3

Tableau II- 1 : Classification des environnements.

Notre route, selon son utilité publique jugée capitale et vis-à-vis de sa situation géographique, elle est donc classée en **catégorie C2**.

La situation de notre projet comme étant un relief vallonné de sinuosités moyenne, il est donc classifié en un **environnement E2**.

II-5- Calcul de la capacité :

II-5-1- Définition :

La capacité d'une route est le flux horaire maximum de véhicules qui peut passer en un point ou s'écouler sur une section de route uniforme pendant un temps donné (en général 1/4 heure).

II-5-2- Projection future trafic :

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

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

TJMA_n : Le trafic à l'année horizon.

TJMA₀ : Le trafic à l'année de référence.

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

N : Année horizon.

CHAPITRE II : ETUDE DU TRAFIC

II-5-3- 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 d'équivalence pour convertir les pl. en (**uvp**).

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + PZ]. TMJA_n$$

T_{eff} : trafic effectif à l'horizon en (U.V.P)²

Z : pourcentage de poids lourds (%).

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

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

Tableau II-2 : Coefficient d'équivalence p.

II-5-4- Débit point horaire normale :

Exprimé en unité de véhicule particulier (uvp) et donné par la formule suivante :

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

q : Débit de pointe horaire.

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

T_{eff} : trafic effectif.

II-5-5- Débit horaire admissible :

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

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

K1 : coefficient lié à l'environnement.

K2 : coefficient de réduction de capacité.

C_{th} : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau .4 : les valeurs du coefficient k1

CHAPITRE II : ETUDE DU TRAFIC

Environnement	V _b =40Km/h	V _b =60Km/h	V _b =80Km/h	V _b =100Km/h	V _b =120Km/h
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 .5 : les valeurs du coefficient k2

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

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

Tableau .6 : les valeurs de la capacité théorique

Catégorie de route		Débit journalière	Débit horaire UVP/h		
			14%	12%	10%
Chaussée séparée	2*3 Voies	65000	9100	7800	6500
	2*2 Voies	45000	6300	5400	4500
Bidirectionnelle	7m	15000	2100	1800	1500
Bidirectionnelle	6m	1750	1500	1250	1750
Bidirectionnelle	5m	1400	1200	1000	1400

Tableau II 5 : Limites de capacité.

Chaussée bidirectionnelle : on compare le débit de pointe horaire **Q** a (**Qadm**) pour les divers type on prend le profil permettant : **Q ≤(Qadm)**.

Chaussée unidirectionnelle : le nombre de voies **N= S*Q/Qadm**

Tel que :

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

Qadm : débit admissible par voie.

II-6- Application au projet :

On se basant sur les résultats des comptages , et des prévisions en 2007 par le service concerné , pour estimer le trafic a l'horizon on fait une projection jusqu'à l'an 2038, tout en sachant que la durée de vie de notre projet estimer a 20 ans, et sa mise en service est prévue pour l'année 2018.

Données de trafics et hypothèses de calcul :

L'affectation du trafic est effectuée sur la base de la campagne de comptage de 2007 réalisé par les services de la DTP, et compte tenu des aménagements existants au alentour de, notre projet nous considérons que le trafic affecté a notre tracé est calculé comme suit :

Route	Section	TMJA 2007 (v/j)
RN 72	Makouda -Tizi ousou	3120
RN 72	Tigzirt - Makouda	2960
Total	/	6080

Tableau II-6 : Trafic affecté au Projet.

- Le trafic de l'année **TJMA₂₀₀₇=6080 (v/j)**.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic **T=4%**.
- La vitesse de bas sur le tracé **VB= 60 km/h**.
- Le pourcentage de poids lourd **Z= 10%**.
- L'année de mise en service : **2018**.
- La durée de vie de projet : **20ans**.
- Le coefficient d'équivalence : **P=4**.
- Catégorie **C2**.
- L'environnement **E2**.

II-6-1- Projection future du projet :

- L'année de mise en service (2018).

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

TJMA_h : le trafic à l'année horizon (année de mise en service 2018.)

TJMA₀ : le trafic à l'année de référence (origine 2007).

$$TJMA_{2018} = 6\,080(1+0,04)^{11} = 9\,360 \text{ (v /j)}.$$

- Trafic à l'année (2038) pour une durée de vie 20 ans.

$$TJMA_{2038} = 9360 (1+0,04)^{20} = 20\,509 \text{ (v /j)}.$$

$$TJMA_{2038} = 20\,509 \text{ (v /j)}.$$

II-6-2- Calcul du trafic effectif :

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

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

Z : pourcentage de poids lourds est égale à **10 (%)**.

$$T_{eff} = [(1 - 0,1) + 4 \times 0,1].20\,509 = 26\,662 \text{ (uvp /j)}.$$

Donc :

$$T_{eff} = 26\,662 \text{ (uvp /j)}.$$

CHAPITRE II : ETUDE DU TRAFIC

II-6-3- Débit de pointe horaire normale :

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

Avec :

(1/n) : coefficient de pointe horaire pris est égale à 0,125

$$Q = 0,125 \times 26\,662 = 3\,333 \text{ (uvp/h)}.$$

Donc : **Q = 3 333 (uvp/h).**

II-6-4- Débit admissible :

Le débit que supporte une section donnée :

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

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

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

C_{th} : capacité effective par voie. D'après **(B40)** on adopte un profil Bidirectionnelle de 7 m a un débit de 12% . On prend:

$$C_{th} = 2000 \text{ (uvp/h)}$$

$$Q_{adm} = 0,85 \times 0,99 \times 2000 = 1683 \text{ (uvp/h)}.$$

Donc:

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

II-6-5- Nombre de voies :

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

$$n = (2/3) \times (3\,333/1683) = 1,98 \approx 2.$$

Donc:

$$n = 2 \text{ voies.}$$

	TMJA 2007 (v/j)	TMJA 2018 (v/j)	TMJA 2038 (v/j)	T_{eff} (uvp/j)	Q (uvp/j)	N
valeurs	6080	9 360	20 509	26 662	3 333	2

Tableau 7- II : Récapitulatifs des résultats.

II-7- Calcul de l'année de saturation :

On a :

$$T_{eff} (2018) = [(1 - Z) + PZ]. TJMA_{2018}$$

$$T_{eff} (2018) = [(1 - 0,1) + 4 * 0, 1]. 9\ 360 = \mathbf{12\ 168\ (uvp/j)}.$$

$$D'o\grave{u} : Q(2018) = 0,125 \times 9\ 360 = \mathbf{1\ 521\ (uvp/j)}.$$

Et on a :

$$: \mathbf{Q_{Saturation}} = 4 \times \text{Admissible}$$

$$Q_{Saturation} = 4 \times 1\ 521 = \mathbf{6\ 084\ (uvp/j)}.$$

$$\mathbf{Q_{Saturation}} = (1+\tau)^n \times Q_{2018}$$

$$\mathbf{n = \ln (Q_{Sat} / Q_{2018}) / \ln(1+\tau)}.$$

$$\mathbf{n = \ln(6084/1521) / \ln (1,04) = 35,345}$$

$$\mathbf{n = 35\ ans.}$$

II-8- Conclusion:

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

- ✓ Largeur utile est 7m (2voies de 3.5m).
- ✓ Chassée bidirectionnelle
- ✓ Accotement de 1.5m de chaque coté.

La saturation surviendra 35 ans après l'année de mise en service soit en 2052

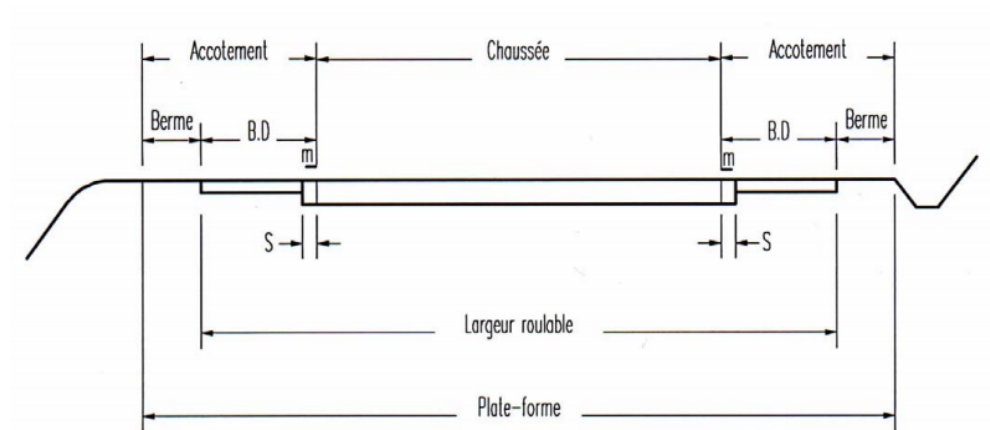


Figure III. 1 : Chaussée à 2 voies de 3,5 m chacune.

III-1- Introduction :

L'étude géotechnique est une science qui consiste à étudier les caractéristiques physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de la chaussée. Pour cela, une mission de sondage doit être faite pour définir les caractéristiques du sol support, de dimensionner la chaussée et éventuellement les fondations des ouvrages d'art prévus.

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 :

Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches. Afin d'appréhender le comportement du sol support / structure, une campagne de reconnaissance géotechnique a été élaborée conformément aux besoins du projet, et ce pour :

- ✓ Dimensionner la structure de chaussée.
- ✓ Etudier la stabilité des parois des talus de déblais et remblais importants, en préconisant par besoin les modalités de confortements ou de protections nécessaires à leur stabilité.
- ✓ Classer les matériaux issus des déblais, et des gites d'emprunts, selon le guide GTR, pour leur éventuelle réutilisation en remblai, couche de forme et structure de chaussée; avec estimation de leur volumes.

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 :

s'agit du tamisage qui permet par exemple 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.



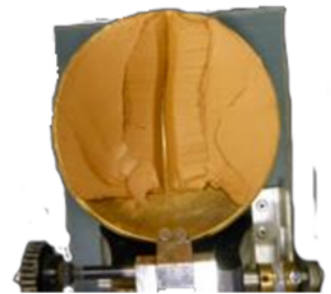
III-3-2- Equivalences de sable :

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 :

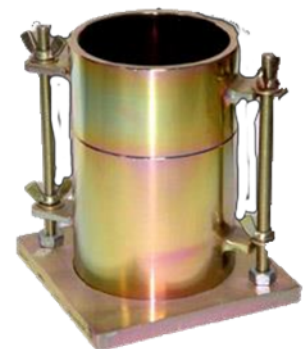
Limite de plasticité (W_p) et limite de liquidité (W_L), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance. W_p sépare l'état solide de l'état plastique et W_L sépare l'état plastique de l'état liquide ; les sols qui présentent des limites d'Atterberg voisines, c'est à dire qui ont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



III-3-4- Essai PROCTOR :

étudier 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, il consiste



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 :

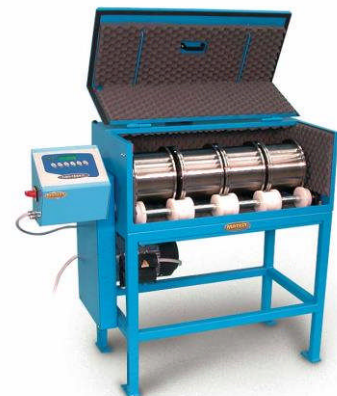
Cet essai a pour but de mesurer la résistance à la fragmentation par chocs des granulats utilisés dans le domaine routier, et leur résistance par frottements réciproques dans la machine dite « Los Angeles ».

- 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- Les essais insitu :

III-4-1- L'essai de plaque :

Ces essais permettront d'apprécier directement le module d'un sol par un essai sur le terrain, ils consistent à charger une plaque circulaire et à mesurer le déplacement vertical sous charge. On déduira ensuite un module de sol **E** en interprétant la valeur du déplacement mesuré à l'aide de la formule de Bassines qui relie (Z), le déplacement, la pression (q_0) le rayon de charge (a) et les caractéristiques du massif E_2 . Après plusieurs approches, on a abouti à l'approche suivante : **$E = 6.73 \text{ CBR}$** .

III-4-2- L'essai préssiométrique :

L'essai préssiométrique est un essai de chargement in situ effectué au sein même du terrain grâce à la réalisation préalable d'un forage. L'analyse des résultats permet d'obtenir, pour une profondeur donnée, les caractéristiques mécaniques du sol et d'effectuer les calculs de fondation. Trois caractéristiques du sol sont notamment déduites :

- le module préssiométrique en qui définit le comportement pseudo-élastique du sol.
- la pression limite P_l qui caractérise la résistance de rupture du sol.
- la pression de fluage P_f qui définit la limite entre le comportement pseudo-élastique et l'état plastique.

III-5- Condition d'utilisation des sols en remblais :

L'idéal est de pouvoir réutiliser les terres provenant des déblais, mais ceci doit répondre à certaines conditions.

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- ✓ Pierre de dimension $> 80 \text{ mm}$.
- ✓ Matériaux plastiques $I_p > 20\%$ ou organiques.
- ✓ Matériaux gélifs.

NB : Les remblais seront réglés et soigneusement compactés sur la surface sur laquelle seront exécutés.

Les matériaux des remblais seront établis par couche de 30 cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage. Une couche ne devra pas être mise en place et compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée qu'après une vérification de son compactage.

III-6- Les Talus :

En géométrie routière, on vérifie la stabilité des talus, dans le cas où les risques de glissements de sol existent.

Fondamentalement, il y a rupture lorsque les contraintes de cisaillement appliquées sont supérieures à la résistance au cisaillement.

III-6-1- La stabilité des pentes :

La vérification de la stabilité des talus passe par la vérification de l'équilibre des forces présentées dans un talus :

- La force motrice : le poids du sol stabilisant.
- La force déstabilisatrice : la somme des forces de résistance au glissement du sol selon un plan de glissement défini.

III-6-2- Recommandation :

- ✓ Un fossé de crête du talus de déblai en béton, qui va recevoir toutes les eaux amont du déblai.
- ✓ Des décentes d'eau au droit du talus, celles-ci seront acheminées vers les semi vers le fossé en aval du talus de déblais.

Les descentes d'eau seront espacées de 25 m

- ✓ Un revêtement des parois de talus moyennant l'implantation d'arbustes.
- ✓ Pour les remblais de plus de 10 m de hauteur, des bermes de 3 m de largeur, seront requises chaque 8 m de hauteur.

III-7- Application du projet :

III-7-1- Contexte géographique et topographique :

Il s'agit d'une étude d'un évitement de la ville de MAKOUDA part ait fares, sur un terrain vallonné.

CHAPITRE III : APERCU GEOTECHNIQUE

	<i>Teneur en eau naturelle</i> %	<i>Granulométrie</i>					<i>Limites d'atterberg</i>			<i>Proctor</i>		<i>Indi ce CBR</i> <i>I</i>	<i>Analyse chimique</i>	
		<i>40 mm</i> %	<i>20 Mm</i> %	<i>2 mm</i> %	<i>0.2 mm</i> %	<i>80 mm</i> %	<i>LP</i>	<i>IP</i>	<i>LL</i>	<i>W</i> %	<i>Ƴ</i> <i>T/m³</i>		<i>CACO³</i> %	<i>Sulfates</i> %
Puits N° 01	19.48	96.79	95	78	80	74.80	24.26	24.40	48.42	16.60	1.62	8.74	28	2
Puits N° 02	11.63	100	94.67	79	63	49.12	21.43	33.03	54.57	14.80	1.74	6.73	18	0.5
Puits N° 03	7.25	100	98.06	80	54	46.82	12.41	16.03	28.44	13.40	1.80	50.77	10	5
Puits N°04	10.03	100	100	98.60	80	93.96	48.66	24.40	48.66	21.90	1.56	3.03	25	Traces

III-7-2- Compagne d'investigation sur le site :

L'étude a été menée essentiellement sur la base de la réalisation des sondages carottés de différentes profondeurs, et des essais de laboratoire.

Les sondages carottés confirment bien les données géologiques qui donnent les résultats des essais de laboratoire suivant :

- Les analyses granulométriques montrent que plus de 50% des éléments passant au tamis 80 µm, ce sont des sols fins.
- Ces sols présentent des densités sèches γ_d faibles à moyennes de l'ordre de 1.76t/m^3 ,

et des teneurs en eau naturelles (w%) moyenne de 15.55 %.

- Les sols sont majoritairement **plastiques**.
 - La limite de liquidité : $43.84\% \leq LL \leq 60.4\%$.
 - L'indice de plasticité : $21.43\% \leq IP \leq 29.03\%$.

- Les limites d'Atterberg permettent de classer ces sols parmi **les argiles plastiques**.

III-8- Conclusion :

D'après le tableau de la DTP on a deux valeurs de CBR qui concerne notre étude du pk 0.00 au pk 3.13 celle des puits 1 et 2. On prend la plus défavorable pour être en sécurité c'est le CBR = 6.73.

CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

IV-1- Introduction :

Le corps de chaussée est dimensionné pour supporter la circulation du trafic (action des essieux Des véhicules) ainsi que les agressions des agents extérieures (des gradients thermiques, pluie Neige, verglas...etc.), pour une durée bien déterminée.

Il est définie comme étant l'épaisseur des différentes couches et matériaux qui seront mise en place pour constituer le corps de chaussée.

Pour cela ,il faudra non seulement assurer a la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques , il est ensuite indispensable que le choix et la mise en œuvre des matériaux soit réalisée conformément aux exigences arrêtée.

IV-2-Facteurs considérer dans le dimensionnement :

- **Trafic :**

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourds (véhicules **supérieur a 3.5t**) .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.

- **Environnement :**

Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et aux déformations, ainsi : La variation de la température intervient dans le choix du liant hydrocarboné, et aussi les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support.

Donc, l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement ; la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, propriétés des matériaux bitumineux

- **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

$$N=T. A. C \quad \text{avec :} \quad C = [(1+ t)p - I] / t.$$

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.

- **Matériaux :**

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

IV-3- Définition de la chaussée :

➤ Sens géométrique :

Partie de la route aménagée pour la circulation des véhicules, elle est constituée d'une ou plusieurs voies.

➤ Sens structurel :

C'est l'ensemble des couches de matériaux superposées qui permettent la reprise des charges.

IV-4- Différents types de chaussées :

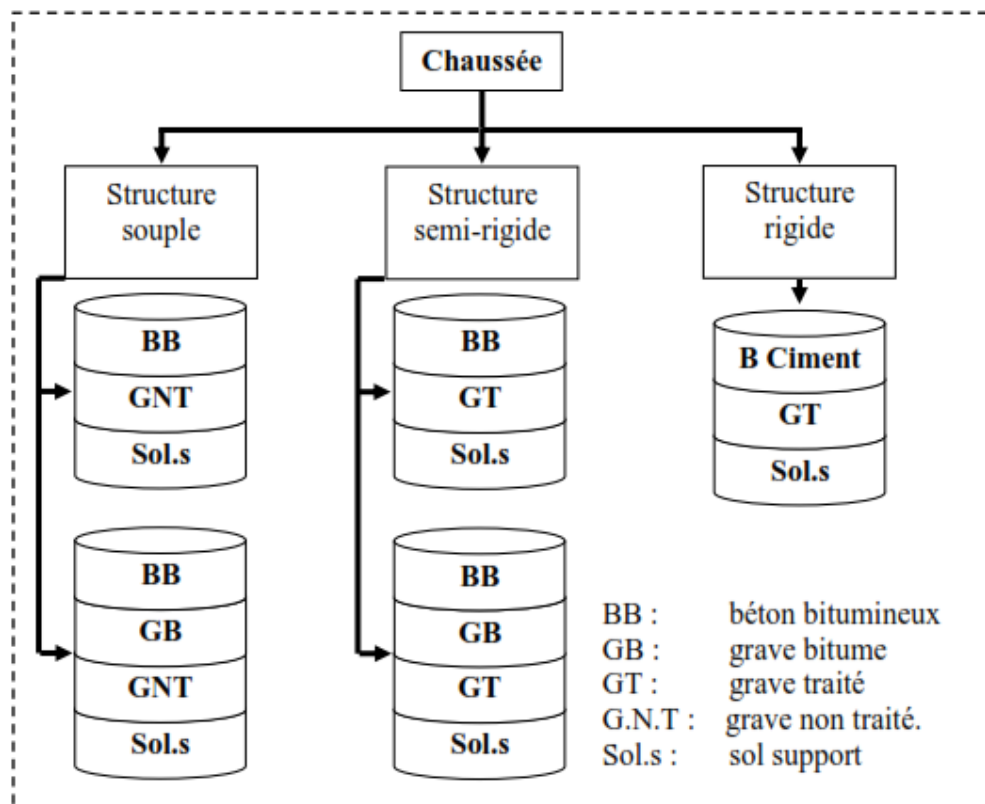


Figure IV-1 : Différents type de chaussée et leurs structures.

IV-4-1- Chaussée souple :

Dans une chaussée souple, on distingue, en partant du haut vers le bas, les couches suivantes :

- La couche de surface ou couche de roulement.
- La couche de base.
- La couche de fondation.
- La couche de forme.

a) La couche de surface:

Elle est constituée d'un matériau traité au liant hydrocarboné qui doit résister aux Efforts tangentiels des pneus et assurer l'adhérence et l'imperméabilisation de la Chaussée. Elle est composée généralement en :

- ✓ **Couche de roulement** : en enrobés denses en béton bitumineux.
- ✓ **Couche de liaison** : d'assurer une transition, avec les couches inférieures

b) La 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.

c) La couche de fondation :

La couche de fondation constitue avec la couche de base le corps de chaussée. 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.

➤ **Sous couche anti-contaminante :**

Si les matériaux de terrain naturel, des remblais ou même de la couche de formes est très fins (argiles ; limon,..) il est susceptible de remonter dans la couche supérieures, la contamination par les particules fines.

➤ **Sous couche drainante :**

Comme on n'est jamais à l'abri de l'infiltration de l'eau dans la chaussée, il convient alors une sous couche drainante, constitué par des matériaux très perméables, assure le drainage de la chaussée.

➤ **Sous couche anticapillaire :**

Empêche la remontée des eaux sous l'action des forces capillaire dans les terrains en présence de nappes aquifères.

d) La couche de forme :

La couche de forme est la surface de terrain préparée, sur laquelle est édifiée la chaussée.

Dans certains cas, on peut avoir intérêt à remplacer sur une certaine épaisseur le sol naturel par un sol meilleur sélectionné à cet effet. On constitue ainsi une couche de forme qui améliore la portance du sol support en permettant entre autres la circulation d'engins de chantiers.

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

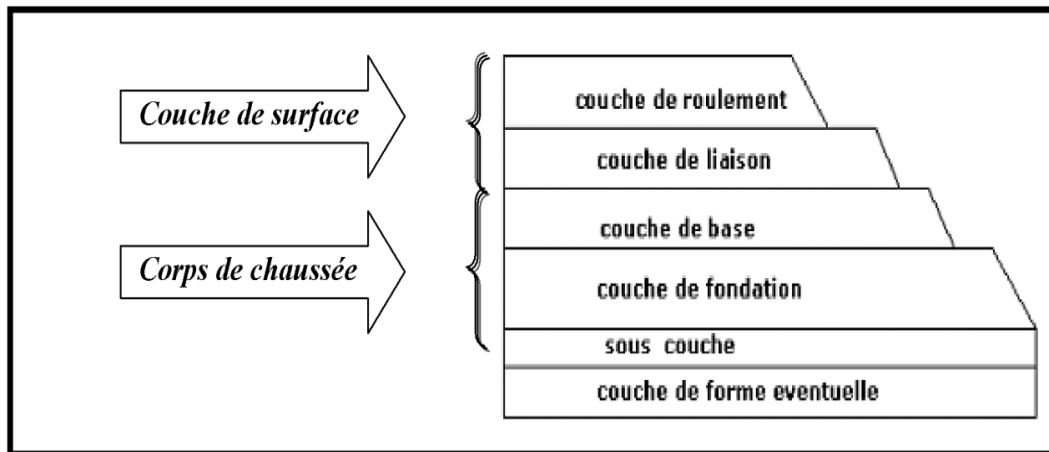


Figure IV-2 : Différentes couches de la chaussée.

IV- 4-2- 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.

IV- 4-3- Chaussée semi-rigide :

C'est un cas intermédiaire entre les chaussées souples et les chaussées rigides. On peut le retrouver dans les chaussées renforcées, qui comportent une couche de base en matériaux traités avec un liant hydrocarboné.

IV-5- Méthodes de dimensionnement des chaussées :

• Méthodes empiriques :

Ces méthodes se basent sur des observations et planches d'essais, elles s'appuient sur trois paramètres :

- ✓ La force portante : obtenue par les différents essais géotechniques.
- ✓ Le trafic par une charge unitaire dite de référence.
- ✓ Caractéristiques mécaniques des différents matériaux constituant les couches.

On peut citer: La méthode CBR (California-Bearing-Ratio)

- **Méthodes rationnelles:**

Ces Méthodes se basent sur la connaissance du sol des matériaux mise en place et du trafic envisagé, elles font appel à des modèles mathématiques élaborés, ces modèles fournissent les contraintes, déformations et déplacement à différents niveaux.

On peut citer :

- ✓ les méthodes des catalogues du dimensionnement des chaussées neuves CTTTP,
- ✓ les méthodes des catalogues des structures (Catalogue des structures type neuf établie par SETRA).

IV-5-1- Etude de la méthode CBR :

C'est une méthode semi-empirique, basée 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 la 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 :

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

En tenant compte de l'influence du trafic, la formule suivante :

$$e = \frac{100+\sqrt{p}(75+50\log\frac{N}{10})}{I_{cbr}+5}$$

e : épaisseur totale du corps de chaussée.

I_{cbr} : indice CBR.

N : désigne le nombre moyen de camions de plus de 1500Kg à vide.

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

Log : logarithme décimal.

CHAPITRE IV :DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

IV-5-1-1- Notion de l'épaisseur équivalente :

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

L'épaisseur équivalente de la chaussée est égale à la somme des épaisseurs équivalentes des différentes couches.

$$e = \sum a_i e_i$$

a_i : Coefficient d'équivalence de chacun de matériau à utiliser.

e_i : Épaisseur de chaque couche.

$$e = a_1 e_1 + a_2 e_2 + a_3 e_3.$$

$a_1 e_1$: Couche de roulement.

$a_2 e_2$: Couche de base.

$a_3 e_3$: Couche de fondation.

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée on fixe e_1 , e_2 et on calcule e_3 tel que :

e_1 : Couche roulement 6 à 8 cm.

e_2 : Couche de base 10 à 25 cm.

e_3 : Couche de fondation 15 à 35 cm.

Tableau ci-dessus indique les coefficients d'équivalences de chaque matériau :

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

Tableau IV-1 : Coefficient d'équivalence.

CHAPITRE IV :DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

Remarque :

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée, on fixe et on calcul telle que :

e_1 = épaisseur de la couche de roulement (**6-8cm**).

e_2 = épaisseur de la couche de base (**10-18cm**).

e_3 = épaisseur de la couche de fondation (**15-30cm**).

IV-5-2- Méthode des catalogues des structures :

Cette méthode du règlement algérien (02A) et consiste a déterminer la classe du trafic des poids lourds a la 20eme année et la classification du sol support. Une argile combinant les deux données oriente le projecteur sur le type de chaussée qui lui correspond.

IV-5-2-1- Détermination de la classe du trafic :

Le trafic est caractérisé par le nombre de poids lourds de charge utiles supérieur a 50 KN par jour sur la voies la plus chargée.

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

Tableau IV-2 : Classe du trafic.

On commence par la détermination du trafic du poids lourds cumule sur 20 ans et classer dans l'une des classes définies précédentes.

Le trafic cumule est donne par la formule :

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

T_{pl} : Trafic poids lourds a l'année de mise en service.

CHAPITRE IV :DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

τ : Taux d'accroissement annuel.

n : Durée de vie ($n = 20$ ans).

IV-5-2-2- Détermination de la classe du sol :

Le sol doit être classé selon la valeur de l'indice CBR. 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-3 : Le classement des sols

a) Caractéristiques du sol support :

Nous avons un indice de **CBR = 5**, donc la portance de sol support est de **S3**. Nous devons donc prévoir une couche de forme en matériau non traité de 40 cm (en deux couches), pour améliorer la portance de sol support.

b) Amélioration de la portance du sol support :

Pour améliorer la portance d'un sol, on a recours aux couches de formes.

Le (CTTP) a fait des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de CF, le mode de sa mise en place (nombre de couches) et la nature du matériau utilisé (les plus répandus en Algérie) pour la réalisation de la CF.

Les résultats de ces recherches sont résumés dans le tableau suivant :

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

Tableau IV-4 : Les résultats de différentes épaisseurs de la couche de forme.

IV-5-3- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) :

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

L'utilisation du catalogue du dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement des chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.

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

- Approche théorique.
- Approche empirique.

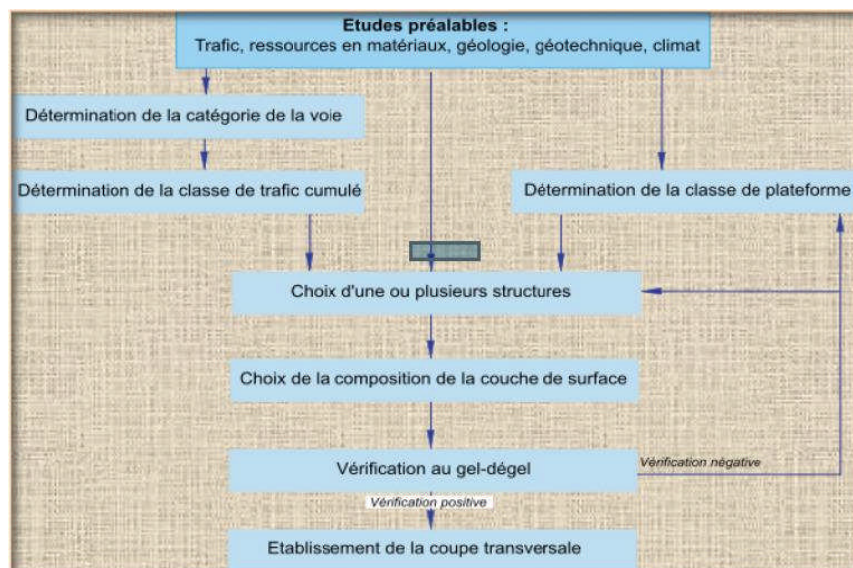


Figure IV-3 : démarches du catalogue

IV-5-4- Méthode A-A-S-H-O (American Association of Highway Official):

Cette méthode est née, à la suite d'un constat fait sur l'accroissement considérable de la circulation routière, qui créait des dommages sur les chaussées américaines et l'exigence des ingénieurs à l'amélioration des techniques de conception routière. Elle est basée sur l'observation du comportement sous trafic de chaussées réelles ou expérimentales. Il s'agit d'établir par régression multiple, des relations entre la durée de vie, l'épaisseur des couches et les propriétés mécaniques des matériaux. Cette méthode permet d'établir des lois d'équivalences entre essieux de charge différents, de relier statiquement les déflexions à la structure de la chaussée, de définir l'indice de qualité de service des chaussées PSI (ou Present Serviceability Index) ou l'indice d'épaisseur pouvant s'exprimer par une forme linéaire des épaisseurs des différentes couches.

IV-5-5- Méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussée)

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

$$T_{eq} = \frac{TJMA \times a [(1+\tau)^N - 1] \times 0.75P \times 365}{(1+\tau) - 1}$$

T_{eq} : Trafic équivalent par essieu de 13t.

TJMA : Trafic à la mise en service de la route.

a : Coefficient qui dépend du nombre de voies.

τ : Taux d'accroissement annuel.

N : Durée de vie de la route.

P : Pourcentage de poids lourds.

CHAPITRE IV :DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

Une fois la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de l'épaisseur équivalente **e** (en fonction de T_{eq} I_{CBR}) a partir de l'abaque **L.C.P.C.**. L'abaque **L.C.P.C** est découpé en un certain nombre de zones pour lesquelles, il est recommandé en fonction de la nature et de la qualité de la couche de base.

IV-6- Choix de la méthode :

On note qu'il n'existe pas actuellement une universellement acceptée pour le calcul des épaisseurs de chaussées, et leurs différentes couches c'est pour quoi lors d'un choix de la méthode a appliquer, il ne faudra pas oublier que la qualité réelle de la chaussée dépend :

- De la disposition constructive adaptée a la chaussée.
- De la qualité des matériaux mise en place.
- Le soin apporte a l'élaboration et a la mise en œuvre des matériaux.

Nous allons faire un pré-dimensionnement des différentes couches avec les méthodes empiriques telles que la méthode CBR. Après ça, on vérifiera si la structure choisi sera apte a supporter le trafic qu'on a, en utilisant le logiciel ALIZE et en se basant sur les théories de la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.

IV-7- Application au projet :

Pour notre projet, nous optons pour l'application des deux méthodes (CBR et CTPP)

1/ Méthode CBR:

- | | |
|---------------------------------------|---|
| • Le trafic a l'horizon | $TJMA_{2038} = 20509$ v/j |
| • Le pourcentage (%) des poids lourds | $PL = 10\%$ |
| • Taux d'accroissement annuel | $\tau = 4 \%$ |
| • Indice CBR | 5 |
| • La charge par roue (essieu) | $P = 6.5$ t |
| • Log : logarithme decimal | |

$$TJMA_{2038} = 20509 \text{ v/j}$$

$$N = (0,10 * 20509) / 2pl/j/s = 1025, 5 \text{ pl/j/s}$$

Avec:

CHAPITRE IV :DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

N: nombre de camions par jour de plus 1,5t

$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5} (75 + 50 \log \frac{1025.5}{10})}{5 + 6.73}$$

$$e = 46.68 \text{ cm}$$

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 20509 v/j = **10255 v/j/sens**

Ce qui correspond à :

$$13796 \times 10\% = \mathbf{1025.5 \text{ PL/j/voie.}}$$

$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5} (75 + 50 \log \frac{1025.5}{10})}{5 + 6.73}$$

$$e = 46.68 \text{ cm} = 47 \text{ cm}$$

$$e = \sum a_i e_i = a_1 e_1 + a_2 e_2 + a_3 e_3.$$

❖ Les coefficients d'équivalence des matériaux utilisés :

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	$a_3 = 0.75$

Pour calculer l'épaisseur de la couche de fondation on fixe l'épaisseur de la couche de roulement et celle de base.

Couche de roulement en BB. **$e_1 = 6 \text{ cm}$**

CHAPITRE IV :DIMENTIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

Couche de base en GB. $e_2 = 14\text{cm}$

$$e = 48 = a_1 e_1 + e_2 a_2 + a_3 e_3 = 2 \times 6 + 1.5 \times 14 + e_3 \times 0.75$$

$$e = 20\text{cm}$$

Remarque:

❖ Nous avons choisit le matériau non traité pour des conditions économiques.
Pour notre cas on a CBR 6.73 $\rightarrow s_3$; à partir du {tableau 3} nous Proposons une couche de forme de 40cm de tuf pour améliorer la portance du sol support cela veut dire obtenir un CBR compris entre 10 et 25.

couche	Epaisseur équivalent en cm	Epaisseur réelle cm
Couche de roulement GR	12	6
Couche de base GB	21	14
Couche de fondation en GC	14,25 =15	19
Total	47,25=48	39

Tableau IV-5 : Dimensionnement du corps de chaussée

IV-8-conclusion :

Structure de la chaussée avec la méthode CBR :

6(BB) + 14 (GB) + 19 (GC) + la couche de forme de 40 cm en tuf.

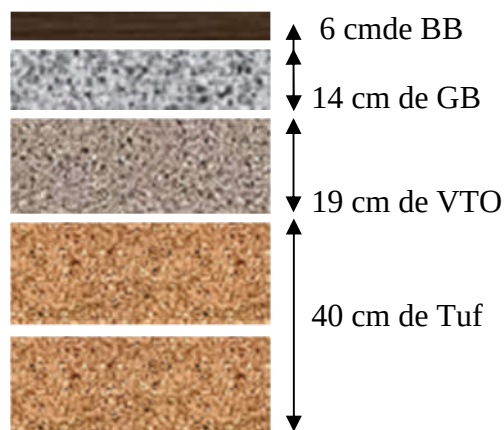


Figure IV-4 : Schémas des différentes couches

CHAPITRE IV :DIMENTIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

IV-9- Méthode catalogue des structures :

a) Classement de la route dans le réseau principal :

Le réseau routier national est décomposé comme suit :

❖ Le réseau principal noté RP :

Il se décompose des routes reliant :

- Les Chefs lieux de wilaya.
- Les ports, les aérodromes et les postes frontaliers.
- Les principales agglomérations et importantes zones industrielles.

Ce réseau principal se décompose en deux niveaux :

- Le réseau principal de niveau 1 (RP1) : Liaisons supportant un trafic supérieur à 1500 véhicules /jour.
- Le réseau principal de niveau 2 (RP2) : Liaisons supportant un trafic inférieur à 1500 véhicules /jour.

❖ Le réseau secondaire noté RS :

Il se compose du reste des routes qui ne sont pas classées en RP.

Le trafic à la mise en service est de **TjMA₍₂₀₁₈₎=9360 v/j**. (déjà calculé dans le chapitre

Notre projet est un tronçon qui supportons trafic supérieur a **1500 V/J** donc il est classe

b) Classement de la route dans le réseau principal :

Niveau du reseau principal RPi	Matériaux types	Structures
RP1	MTB (Matériaux traités au bitume)	GB/GB.GB/GNT.GB/TUF.GB/SG.GB/AG
	MTLH (Matériaux traités au liants hydrauliques)	GL/GL.BCG/GC
	MTN(Matériaux non traités)	GNT/GNT.TUF/TUF.AG/AG.SG/SG
	MTB (matériaux traités au bitumes)	SB/SG

Tableau IV-5 : Classement de la route.

GB : grave bitume, **GL** : grave-laitier, **BCg** : béton de ciment goudonné, **GC** : grave ciment, **GNT** : grave non traitée, **SG** : sable gypseux, **TUF** : encroûtement calcaire, **AG** : arène granitique, **SB** : sable bitume.

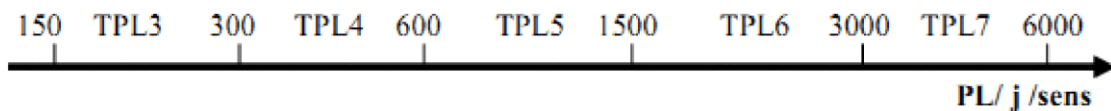
IV-9- 1) Détermination de la classe du trafic :

La classe de trafic TPL_i est donnée en nombre de poids lourds par jour et par sens sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

$N_D = 9360 \times 50\% = 4680$ v/j/sens à l'année de mise en service.

$N_{PL} = 4680 \times 10\% = 468$ PL/j/voie.

Donc : **$TPL_i = 468$ PL/j/voie.**



D'après le classement donné par le catalogue des structures, notre trafic est classé en TPL4 (entre 300 et 600 PL).

IV-9- 2) Classement de portance du sol support de chaussée:

Elle est déterminée sur base du module $E = 5CBR$ avec $CBR = 6.73$ donc $5 \times 6.73 = 33.65$ Mpa
La classe du sol support est **S3**.

IV-9- 3) classement du sol support:

Le passage de S_2 à S_3 nécessite la mise en place d'une couche de forme de 40 cm en TUF en deux couches de 20cm pour chaque.

- ❖ Avec les données citées plus haut, et une classe de sol S_2 , le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves préconise une structure de :

6 BB+ 15 GB + 35 GNT + 40 TUF. (Catalogue/ fascicule3, page 13).

IV-9- 4) Durée de vie :

La durée de vie fixée par niveau de réseau principal RPI et par matériaux types est synthétisée dans le tableau 4 du catalogue / fascicule 2 page 13.

IV-9- 5) Risque de calcul :

Le risque de calcul (r%) adopté dans le dimensionnement de la structure est en fonction du trafic et du niveau de réseau principal, il est donné dans le tableau 5 du catalogue / fascicule 2 page 14.

→ **r = 15 %.**

IV-9- 6) Données climatiques :

La région d'étude est située au nord d'Algérie, caractérisée par un climat très humides, d'une pluviométrie supérieur à 600 mm/an.

→ Alors d'après le tableau 7 du catalogue/fascicule 2 page 15 : Notre projet est situé dans la zone climatique **I**.

IV-9- 7) Température équivalente :

La valeur de température équivalente θ_{eq} retenu pour le calcul de dimensionnement est en fonction de la zone climatique, elle est donnée dans le tableau 8 du catalogue/fascicule 2 page 15.

→ **$\theta_{eq} = 20\text{ °C}$.**

IV-9- 8) Valeur du coefficient d'agressivité :

A : Coefficient d'agressivité du poids lourd par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes.

Il est dans le **tableau 11** du catalogue fascicule 2 page17. Elle est en fonction du niveau de réseau principale.

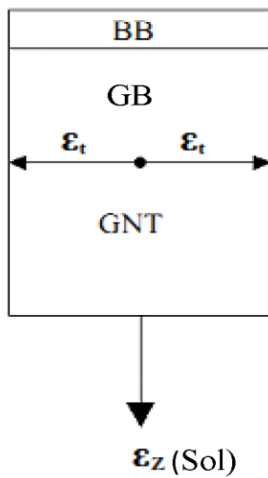
→ **A= 0,6.**

IV-9- 9) Conditions aux interfaces :

Les conditions aux interfaces interviennent dans la modélisation de la structure pour le calcul des contraintes et déformation, elles sont en fonction du type de structure.

→Alors d'après le tableau 3 du catalogue/fascicule page toutes les interfaces sont **collées**.

IV-9- 10) Mode de fonctionnement pour le type de structure :



ϵ_t : Etant la déformation de traction par flexion a la base des matériaux traités bitume.

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

IV-9- 11) Calcul du trafic cumulé de PL(TCi) :

Le TCi est le trafic cumulé de PL sur la période considérée pour le dimensionnement (durée de vie). Il est donné par la formule suivante :

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

i: Taux d'accroissement géométrique, (pris égal à 0.05 dans le calcul de dimensionnement).

N : Durée de vie considérée, (n= 20 ans).

$$Tic = 468 \times 365 \times \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04}$$

$$Tic = 0.509 \times 10^7 \text{ PL/j/sens.}$$

IV-9- 12) Calcul du trafic cumule équivalent TCEi :

$$TCEi = TCi \times A = 0.509 \times 10^7 \times 0.6$$

$$TCEi = 3.054 \times 10^6 \text{ PL/j/sens}$$

❖ Calcul des déformations

Admissibles sur le sol support $\epsilon_{z,ad}$

La déformation verticale $\epsilon_{z,ad}$ calculée par la méthode **Alizé III**, devra être limitée à une valeur admissible verticale $\epsilon_{z,ad}$ qui est donnée par une relation empirique déduite à partir d'une étude statique de comportement des chaussées algériennes. Cette formule est la suivante :

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

$$\epsilon_{z,ad} = 22 \times 10^{-3} (3.054 \times 10^6)^{-0.235} = 658 \times 10^{-6}$$

$$\epsilon_{z,ad} = 658 \times 10^{-6}$$

Chaque valeur de TPL_i correspond à une valeur de $\epsilon_{z,ad}$.

- La vérification $\epsilon_Z < \epsilon_{z,ad}$ sera surtout à faire dans le cas des chaussées à matériaux non traités, car le critère prépondérant dans le calcul de dimensionnement.
- Dans le cas des chaussées traitées au bitume hydraulique, la pression du sol support sera tellement faible que le critère $\epsilon_Z < \epsilon_{z,ad}$ sera pratiquement toujours vérifié.

❖ Calcul des déformations admissibles à la base des couches bitumineuses $\epsilon_{z,ad}$:

$\epsilon_{z,ad}$ Est donnée par la relation suivante :

$$\epsilon_{z,ad} = (10^0 \text{ C } \cdot 25 \text{ Hz}) \cdot k_{ne} \cdot k_{\theta} \cdot k_r \cdot k_c$$

Avec:

$\epsilon_6(10^\circ \text{C}, 25 \text{ Hz})$: Déformation limite au bout de 10⁶ cycles avec une probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25 Hz (essai de fatigue).

k_{ne} : Facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée.

k_{θ} : Facteur lié à la température.

k_r : Facteur lié au risque et aux dispersions.

k_c : Facteur lié au calage des résultants du modèle de calcul avec comportement observé sur chaussée.

$$K_{ne} = \left(\frac{TCEi}{10^6} \right)^b$$

$$K_{\theta} = \sqrt{\frac{E(10^0C, 10 Hz)}{E(\theta_{eq} 10 Hz)}}$$

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

$$\varepsilon_{t,ad} = \varepsilon_6(10^0, 25 Hz) \times \left(\frac{TCEi}{10^6} \right)^b \times \sqrt{\frac{E(10^0C, 10Hz)}{E(\theta_{eq} 10Hz)}} \times 10^{-tb\delta} \times k_c$$

Avec :

TCEi : Trafic en nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur une durée de vie considérée.

b : pente de droite de fatigue $b < 0$.

E (10°C) : Module complexe des matériaux bitumineux à la température équivalente qui est en fonction de la zone climatique considérée

$$\delta : f \text{ (dispersion). } \delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{C}{b} \times Sh \right)^2}$$

Avec :

SN : Dispersion sur la loi de fatigue.

Sh : Dispersion sur les épaisseurs (en cm).

C : Coefficient égal à 0.02.

t : Fractile de la loi normale, qui est fonction du risque adopté (r%).

D'après le tableau 13 du catalogue/fascicule 2 page 18 :

$\varepsilon_6 (10^\circ C, 25 Hz) = 100 \times 10^{-6}$ (déformation sous le grave bitume).
 $b = -0.146$; $1/b = 6084$, $b = 1/6.84$, $b = -0.146$).

$E (10^0C, 10 Hz) = 12500 \text{ Mpa}$; $E (\theta_{eq}, 10 Hz) = 7000 \text{ Mpa}$.

$SN = 45 \text{ (GB)}$.

$Sh = 3 \text{ cm (GB)}$

$K_c = 1.3 \text{ (GB)}$

$$K_{ne} = \left(\frac{TCEi}{10^6} \right)^b = \left(\frac{3.054 \times 10^6}{10^6} \right)^{-0.146}$$

$$K_{ne} = 0.850$$

$$K_{\theta} = \sqrt{\frac{E(10C, 10Hz)}{E(O_{eq} 10Hz)}} = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1.33$$

$$K_{\theta} = 1.33$$

❖ D'après le tableau 16 du catalogue/fascicule 2 page 20:

$$r = 15\% \rightarrow t = 1.036$$

$$\delta = \sqrt{0.45^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} * 3\right)^2}$$

$$\delta = 0.61$$

$$Kr = 10^{-tb\delta} = 10^{-1.036*0.146*0.61}$$

$$kr = 0.81.$$

$$\varepsilon_{t,ad} = 100 * 10^{-6} * 0.850 * 1.33 * 0.81 * 1.3$$

$$\varepsilon_{t,ad} = 119.04 * 10^{-6}$$

❖ **Calcul automatique du dimensionnement:** (a l'aide du logiciel **ALIZE III**)

Les déformations admissibles sont

$$\varepsilon_{z,ad} \text{ sol support} = 658 * 10^{-6}.$$

$$\varepsilon_{t,ad} \text{ a la base de GB} = 119.04 * 10^{-6}$$

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

IV-10- 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 cylindrique.

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

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

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

Fichier Calculer Valeurs admissibles Bibliothèques Configurer Alizé Fenêtre ?

Titre :

Structure de base

	épais. (m)	module (MPa)	Nu	matériau type
collé	0.06	5400	0,350	bb
collé	0.15	9300	0,350	gb2
collé	0.35	600	0,350	gnt1
collé	0.2	400	0,350	gnt2
collé	0.2	400	0,350	gnt2
collé	infini	33.65	0,35	autre

Modifier la structure

nb de couches : 6

Ajouter 1 couche

Supprimer 1 couche

Série de calculs

nb de calculs : 1

Voir/gérer les variantes

Supprimer les variantes

Niveaux de calcul

Modifier les niveaux

Aide

Nature des interfaces

Epaisseurs mini-maxi

Calcul direct (charge réf.)

Quitter Alizé

Tableau IV-5 : Modélisation de la structure.

CHAPITRE IV :DIMENTIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

variante 1: Durée= 00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0.060	5400.0	0.350	0.000	35.8	0.408	5.3	0.660
	collé		0.060	17.3	0.304	44.4	0.590
0.150	9300.0	0.350	0.060	17.3	0.507	15.8	0.590
	collé		0.210	-64.3	-0.773	62.9	0.095
0.350	600.0	0.350	0.210	-64.3	-0.002	155.4	0.095
	collé		0.560	-52.0	-0.032	80.3	0.027
0.200	400.0	0.350	0.560	-52.0	-0.017	94.2	0.027
	collé		0.760	-50.4	-0.024	71.3	0.012
0.200	400.0	0.350	0.760	-50.4	-0.024	71.3	0.012
	collé		0.960	-69.0	-0.039	81.1	0.006
infini	33.7	0.350	0.960	-69.0	-0.001	175.3	0.006

Grandeurs affichées

☒ tableau 1 ☐ tableau 2

☐ tableau 3 ☐ tableau 4

☐ tableau 5 ☐ tableau 6

☐ tableau 7 ☐ tableau 8

Déflexion = 43.8 mm/100

entre-jumelage

Rdc = 993.6 m

Tracer

Imprimer

Enregistrer

Variante n+1

Voir Chargt.

Fermer

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

variante 1: Durée= 00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0.060	5400.0	0.350	0.000	35.8	0.408	5.3	0.660
	collé		0.060	17.3	0.304	44.4	0.590
0.150	9300.0	0.350	0.060	17.3	0.507	15.8	0.590
	collé		0.210	-64.3	-0.773	62.9	0.095
0.350	600.0	0.350	0.210	-64.3	-0.002	155.4	0.095
	collé		0.560	-52.0	-0.032	80.3	0.027
0.200	400.0	0.350	0.560	-52.0	-0.017	94.2	0.027
	collé		0.760	-50.4	-0.024	71.3	0.012
0.200	400.0	0.350	0.760	-50.4	-0.024	71.3	0.012
	collé		0.960	-69.0	-0.039	81.1	0.006
infini	33.7	0.350	0.960	-69.0	-0.001	175.3	0.006

Grandeurs affichées

☒ tableau 1 ☐ tableau 2

☐ tableau 3 ☐ tableau 4

☐ tableau 5 ☐ tableau 6

☐ tableau 7 ☐ tableau 8

Déflexion = 43.8 mm/100

entre-jumelage

Rdc = 993.6 m

Tracer

Imprimer

Enregistrer

Variante n+1

Voir Chargt.

Fermer

Tableau IV-6 : Résultat écran ALLIAE III.

Résultats de simulation :

	Déformation calculées ALLIZE	Déformation admissible
$\epsilon_{Z,ad}$ sol support	175×10^{-6}	658×10^{-6}
$\epsilon_{t,ad}$ à la base de	$64,3 \times 10^{-6}$	$119,3 \times 10^{-6}$

$$\epsilon_{Z,ad} \text{ sol support} = 175.3 \times 10^{-6} < \epsilon_{t,ad} = 658 \times 10^{-6}$$

$$\epsilon_{t,ad} \text{ à la base de GB} = 64.3 \times 10^{-6} < \epsilon_{Z,ad} = 119.3 \times 10^{-6}$$

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

Indice CBR	Méthode	
	CBR	Catalogue
5	6BB+ 14 GB + 19 GC + 40 cm TUF	6BB+15GB+35GC+40 cm TUF

Tableau IV-8 : Récapitulatif des résultats.

IV-11- Conclusion

D'après les méthode ci-dessus, on remarque que la méthode CBR, nous donne le corps de chaussée plus économique et tout en sachant que cette méthode reste la plus utilisée en Algérie, donc on choisi les résultat obtenus dans cette dernière pour construire le corps de chaussée de notre projet.

Notre corps de chaussées sera dimensionné comme suite :

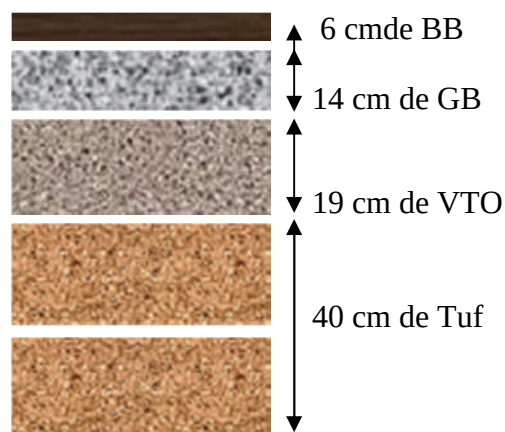


Figure IV-5 : schémas finals des différentes couches.

Partie I : Présentation du logiciel Piste 5 :

V-I-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 spatial, représenté en trois dimensions, la projection de la route sur les trois plans de l'espace nous permet d'avoir les trois principales représentations graphiques de la route à l'aide du logiciel **Piste 5** :

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

V-I-2- Présentation du logiciel Piste 5 :

Le logiciel Piste est l'un des logiciels les plus utilisés dans la conception routière.

Il se base sur la méthode de conception géométrique des routes à partir du tracé en plan (AP), profil en long (PL) et profil en travers (PT).

L'utilisation de ce logiciel suppose connues les normes de conception routière telles que :

- Aménagement des routes principales.
- Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides

Urbaines (ICTAVRU)

- Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de

Liaison (ICAAL).

V-I-3- Organigramme de l'application :

Un projet piste est constitué d'un fichier principal appelé fichier piste, il peut être lancé de plusieurs manières :

- A partir du raccourci sur le bureau avec double clique.
- En exécutant le programme piste 5 du menu démarrer.
- En double cliquant sur le nom d'un fichier : conception plane (dap),

conception longitudinale (dpl), fichier créé (pis), fond de plan (seg) et profil type (typ).

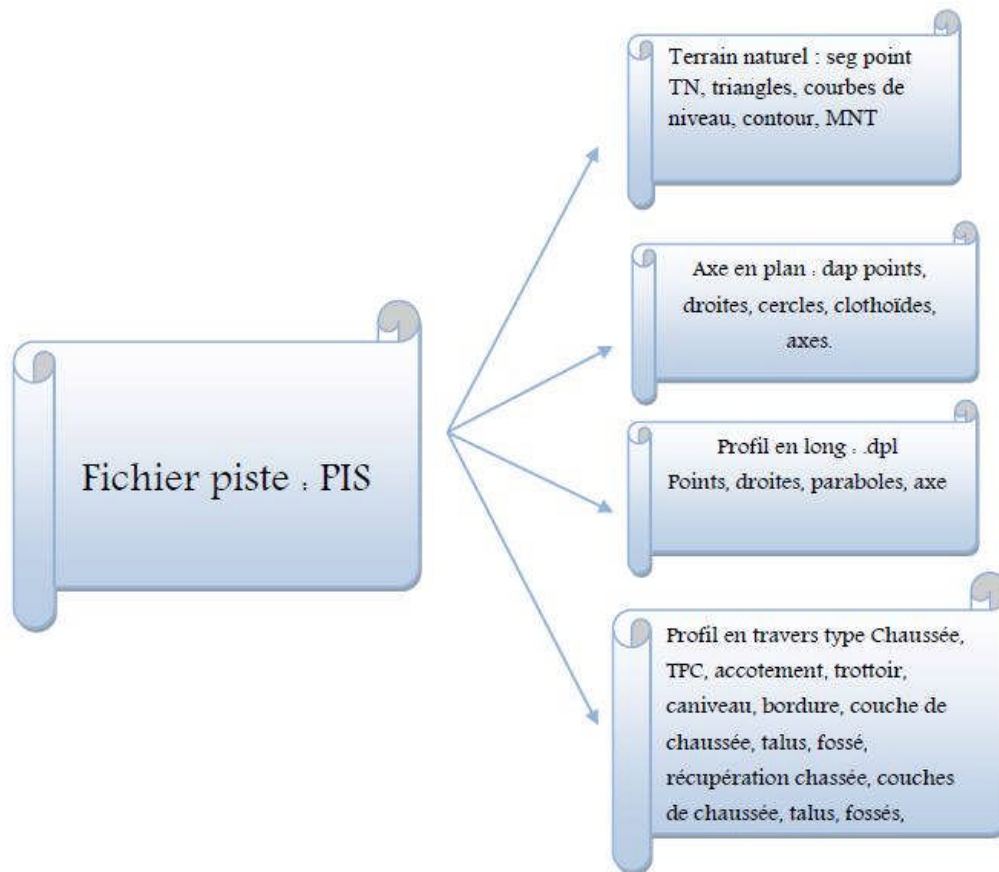


Figure V-I-1 : interaction entre les fichiers principaux du logiciel piste

Partie II : Caractéristiques géométriques :

V-II-1- Introduction :

Une route dans le sens du tracé, est une voie de circulation composée d'une suite de tronçons qui relient les centres à desservir au moyen d'une bande de surface de l'espace, qui doit s'adapter le mieux possible au relief du terrain qui la supporte et qui peut être parcourue de façon sûre et confortable à la vitesse de base.

Cette voie se compose d'éléments géométriques bien définis, dont l'assemblage constitue ce que l'on appelle le tracé.

La surface de roulement d'une route est une conception de l'espace, définie géométriquement par trois groupes d'éléments qui sont :

- Tracé de son axe en situation ou en plan
- Tracé de cet axe en élévation ou profil en long
- Profil 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-II-2- Principes généraux de l'étude géométrique :

Pour parfaire la vue dans l'espace de son projet, l'ingénieur utilisera avec avantage le dessin des perspectives, les photomontages, les modèles, les maquettes, ...etc.

Les principes généraux dont s'inspirera le projeteur sont les suivants :

a) Influences naturelles :

- Le tracé général d'une route se rapprochera des grands axes naturels ou coupures naturelles (vallées, cours d'eau) et des axes construits (voies ferrées, canaux).
- La géologie et l'hydrographie joueront un grand rôle dans le coût de construction (qualité des terrains à excaver, présence et position de nappes phréatiques, approvisionnement en matériaux de construction).
- Les conditions climatiques seront prises en considération en vue d'une exploitation sûre et économique (ensoleillement, humidité, enneigement).

b) Influences techniques et économiques :

- L'équilibre déblais-remblais (mouvement des terres) sera recherché, mais il a moins d'importance que la mécanisation des chantiers.
- Les ouvrages d'art doivent s'adapter au tracé général adopté et non pas l'inverse, mais l'estimation de leur coût peut influencer le choix du tracé à l'origine ou amener une modification locale du tracé.

En secteur accidenté, trouver un compromis rationnel entre un mauvais tracé sans ouvrages d'art et un tracé élégant composé en majeure partie de ponts et tunnels, très coûteux.

- L'évaluation du coût de construction sera donc prise en considération très tôt dans l'étude, mais se souvenir qu'une solution techniquement insuffisante ne peut pas se justifier par un faible coût.

c) Sécurité d'exploitation et confort :

- Supprimer les risques d'inondation, de chutes de pierres et d'avalanches et les prévenir ou en tenir compte (digues, galeries de protection).

- Tracé le plus voisin de l'horizontale et le plus tendu possible (faibles déclivités et longues courbes de grands rayons)
- Pour les routes interrégionales ne pas traverser les agglomérations, se tenir le plus près possible pour faciliter les usages potentiels).

V-II-3- Tracé en plan :

V-II-3-1 - Définition :

Le tracé en plan d'une route représente la projection verticale sur un plan horizontal de la route dans l'espace, il est constitué d'une succession de courbes et d'alignements droits séparés ou pas par des raccordements progressifs. Il vise à assurer de bonnes conditions de sécurité et de confort tout en s'intégrant au mieux dans la topographie du site.

V-II-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 :

- L'adaptation du tracé au terrain naturel pour qu'il n'y ait pas de terrassement important et donc un grand mouvement des terres.
- Il faut raccorder le nouveau tracé au réseau routier existant.
- Eviter les terrains instables ainsi que les terrains agricoles et les propriétés privées.
- Eviter le franchissement des oueds pour éliminer la réalisation des ouvrages d'arts.

V-II-3-3- Les éléments géométriques du tracé en plan :

La route étant destinée à se rendre d'un point A à un point B, le tracé en plan rectiligne étant le plus court semble être la solution idéale, Dans les routes romaines c'était la solution adoptée, Aujourd'hui, on préfère un tracé légèrement infléchi au lieu de la droite, car pour la circulation actuelle les longs alignements présentent de sérieux inconvénients.

La tendance actuelle est donc d'adopter, même en plaine, des courbes de grands rayons (plusieurs Km), raccordées par des alignements courts ou pas d'alignements du tout.

Les grands rayons utilisés n'introduisent pratiquement pas d'accélération centrifuge sensible et n'allongent guère le tracé.

CHAPITRE V : CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUE

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 raccordement entre les précédents.

Les éléments géométriques du tracé en plan sont donc :

- Droites = alignements
- Arcs de cercle
- Courbes de raccordement (CR) de courbure progressive.

Deux conceptions tout à fait valables sont alors envisageables pour un tracé en plan :

- Tracé composé essentiellement d'alignements, reliés par des courbes.
- Tracé composé essentiellement de courbes, reliés par des alignements.

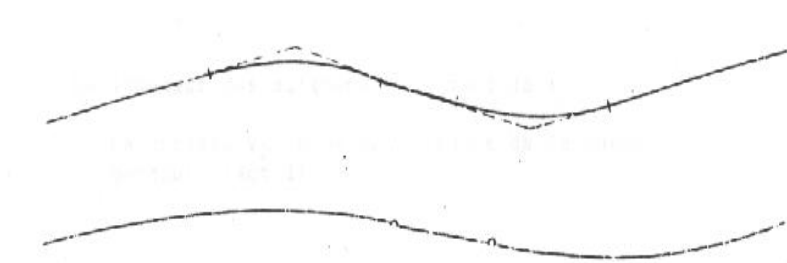


Figure VI-2 : Solutions envisageables pour un tracé en plan.

➤ *Alignements :*

Bien qu'en principe la droite soit l'élément géométrique le plus simple, son emploi dans le tracé des routes modernes est restreint.

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

- De nuit, éblouissement prolongé des phares.
- Difficultés de conduite et monotonie qui peuvent engendrer des accidents

ou un malaise chez le conducteur.

- Mauvaise adaptation de la route au paysage.
- Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.

Il existe toutefois des cas exceptionnels, où l'emploi d'alignements se justifie pleinement, par exemple:

- En plaine, où des sinuosités ne seraient absolument pas motivées

CHAPITRE V : CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUE

- Dans les vallées étroites et rectilignes; où des courbes imposeraient des ouvrages d'art.

- Dans un secteur constitué de grandes parcelles rectangulaires.
- Pour donner une possibilité de dépassement à une route à deux voies.
- En zone urbaine, où existent des passages imposés, des bâtiments, des plans d'alignement.

✓ La longueur minimale :

C'est celle qui correspond à un chemin parcouru durant un temps t d'adaptation.

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

$$L_{\min} = 5 \frac{V_B}{3.6}$$

✓ La longueur maximale :

C'est celle qui correspond au chemin parcouru pendant 1 minute à la vitesse v .

$$L_{\max} = v \cdot t \quad \text{Avec :} \quad t = 60 \text{ secondes}$$
$$V = \text{Vitesse véhicule (m/s)}$$

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

Application au projet :

Pour notre projet, les alignements $L_{\min}$ et $L_{\max}$ sur la (RN72)

a) $L_{\min}$ et $L_{\max}$ sur la RN 72 : ($v = 60 \text{ km/h}$)

$$L_{\min} = 5 \frac{60}{3.6} = 84 \text{ m}$$

$$L_{\max} = 60 \frac{60}{3.6} = 1000 \text{ m}$$

• Arcs de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

- ✓ Stabilité des véhicules en courbe.
- ✓ Visibilité en courbe.

CHAPITRE V : CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUE

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

1) Stabilité en courbe :

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

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

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

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

Tableau VI-1 : Valeurs du dévers.

Ainsi pour chaque V_B , on définit une série de couples (R, d) :

- ✓ **Rayon horizontal minimal absolu RHM :**

$$R_{\min} = \frac{v^2}{g(f_t + d)}$$

Avec : $v = \frac{V_B}{3.6}$

$$RHm = \frac{V_B^2}{127(f_t + d)} \text{ (m)}$$

- | • V_B : vitesse de base
- f_t : coefficient de frottement transversal donné par le (B40)

v	40	60	80	100	120	140
f _t	0.20	0.16	0.13	0.11	0.10	0.09

Tableau VI-2 : Coefficient de frottement transversal.

CHAPITRE V : CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUE

- **Rayon minimal normal RHN :**

Le rayon minimum normal RHN doit permettre à des véhicules dépassant V_B de 20 Km/h de rouler en sécurité.

Avec :

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

- **Rayon au devers minimal RHD:**

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

$$RHD = \frac{V_B^2}{127.2 \cdot dmin}$$

- **Rayon minimal non déversé RHND :**

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toit et le dévers est alors négatif pour l'un des sens de circulation. Le rayon minimal qui permet cette disposition est le rayon minimal non déversé RH' (RHnd) avec :

$$RHnd = \frac{V_B^2}{127.3 \cdot 0.35} \quad \text{Catégories 1 et 2}$$

$$RHnd = \frac{V_B^2}{127 \cdot (f - 0.03)} \quad \text{Catégories 3, 4 et 5}$$

$$\text{Avec : } \begin{cases} f'' = 0,07 & \text{catégorie 3} \\ f'' = 0,075 & \text{catégorie 4 - 5.} \end{cases}$$

Application au projet :

Tout projet routier est dimensionné conformément aux recommandations des normes techniques en vigueur. Ainsi notre projet sera dimensionné conformément aux normes algériennes d'aménagement des routes (B40).

Notre route, selon son utilité publique jugée capitale et vis-à-vis sa situation géographique, elle est donc classée en catégorie C2.

Elle se situe dans un environnement E2

CHAPITRE V : CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUE

Les rayons indiqués dans les normes B40 sont en fonction de la vitesse de base, la catégorie et le sens de circulation. En considérant $V_B=60\text{km/h}$.

				Devers associé %
RAYON	Minimum absolu (m)	RHm	125	7
	Minimum normal (m)	RHN	250	5
	Au divers minimal (m)	RHd	550	2.5
	Non déversé (m)	RHnd	800	-2.5

Tableau VI-3 : Les rayons horizontaux et les dévers associés.

2) Visibilité masquée dans une sinuosité :

Un virage d'une route peut être masqué du côté intérieur de la courbe par le talus du déblai si la route est en tranchée, par une construction ou une forêt. Pour assurer une visibilité étendue au conducteur d'un véhicule, il va falloir reculer le talus ou abattre les obstacles sur une certaine largeur à déterminer, Au lieu de cela, une autre solution serait d'augmenter le rayon du virage jusqu'à ce que la visibilité soit assurée.

3) Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible:

Un long véhicule à deux 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 sur largeur par rapport à sa largeur normale en alignement. La valeur de la sur largeur théorique S est nécessaire pour une voie de circulation :

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

Avec :

L : longueur du véhicule (longueur moyenne est de 10m)
R : rayon de l'axe de la route.

➤ *Courbes de raccordement :*

Le tracé en plan qui, en première approximation, se compose d'une succession de droites et d'arcs de cercles accuse aux points de tangence une discontinuité de courbure qui

n'est plus compatible avec les grandes vitesses pratiquées aujourd'hui, toute fois le passage de l'alignement droit au cercle ne peut se faire brutalement, mais progressivement en introduisant une courbe de raccordement dont la courbure varie linéairement

1) Rôle des courbes de raccordement :

Les courbes de raccordements assurent :

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

2) Types de courbe de raccordement :

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

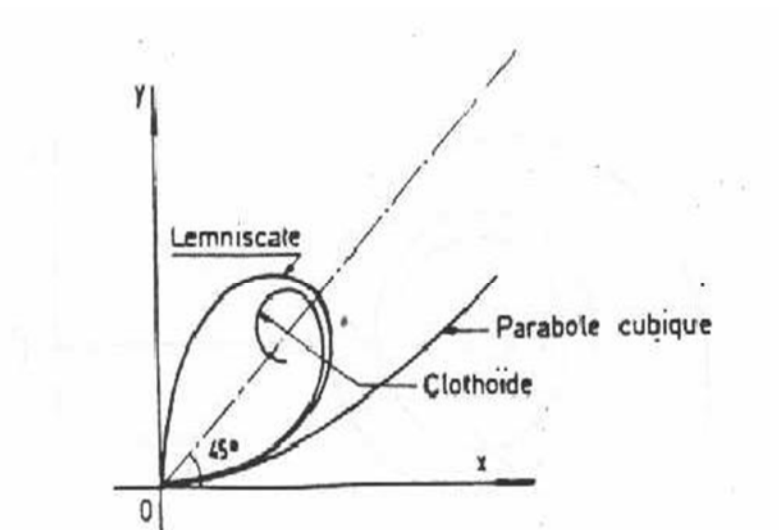


Figure VI-3 : Comparaison des 3 types de courbes de raccordement.

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

3) Les arcs de clothoïde :

CHAPITRE V : CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUE

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

Soit sa longueur L

Soit son paramètres A

Avec $A^2 + L.R$

L : la longueur de le clotoïde.

R : le rayon horizontal.

Le choix de celle-ci doit respecter les optiques, de gauchement ,et de confort dynamique.

Leurs domaines d'utilisation sont les suivants :

Δd : la différence de devers exprimé en

valeur réelle. V_B : vitesse de base.

Soit son paramètre A

Avec $A^2 = L.R$

L : la longueur de la clotoïde.

R : le rayon horizontal.

Le choix de celle-ci doit respecter les conditions optiques, de gauchissement, et de confort dynamique.

Leurs domaines d'utilisation sont les suivants :

- Ils peuvent constituer d'emblée une partie du tracé
- Ils servent de raccordement entre deux alignements droits entre deux cercles, entre cercle et alignement droits
- Ils sont utilisés pour toutes les zones où le devers doit varier

V-II-4- Combinaisons des éléments du tracé en plan :

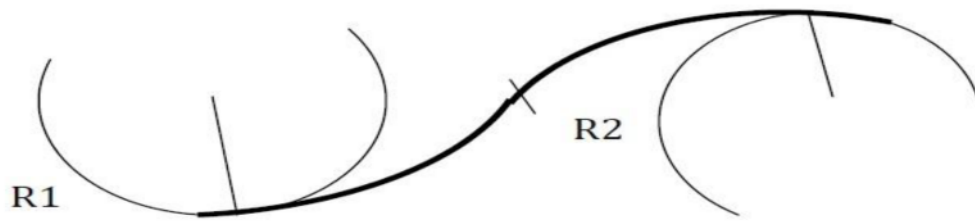
La combinaison des éléments du tracé en plan donne plusieurs types de courbes, qui sont:

1) Courbe en S :

Est une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de concavité opposée tangente

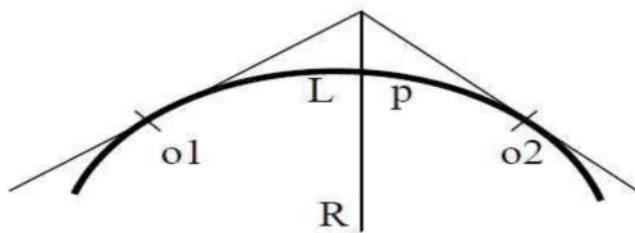
CHAPITRE V : CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUE

en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle.



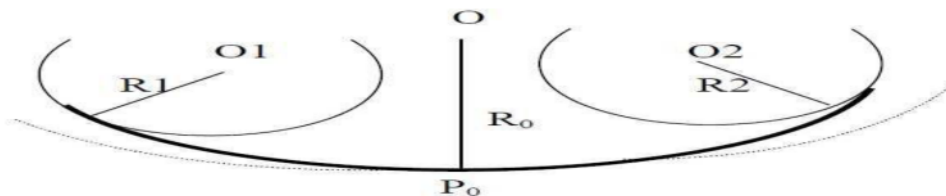
2) Courbe à sommet :

Est une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements



3) Courbe en C :

Est une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux arcs de cercles sécants ou extérieurs l'un à l'autre.



4) Ove :

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



V-II-5- Principes Généraux :

V-II-5-1- Calcul des longueurs de voies d'insertion et de décélération :

a) Voies d'insertion (d'accélération) :

La voie d'insertion permet au conducteur d'augmenter la vitesse jusqu'à atteindre celle pratiquée sur la route principale, elle est de type parallèle, sa longueur est donnée :

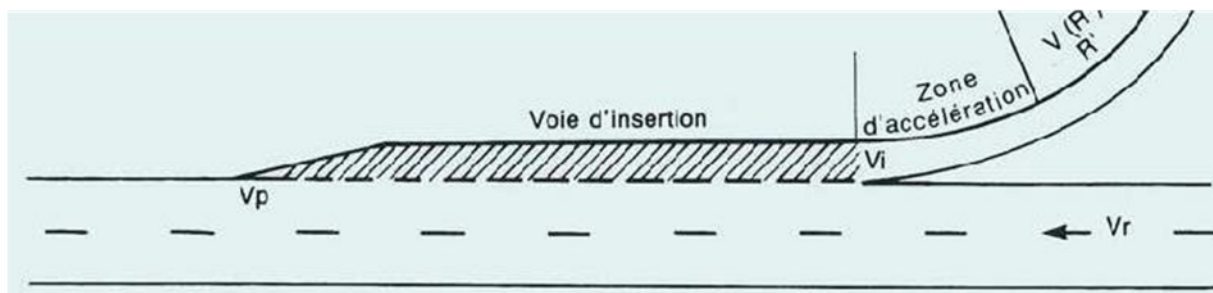


Figure VI-9 : Voie d'insertion.

Va (Km/h)	60	100	120
L (m)	140	240	320
l (m)	40	70	80

Tableau VI-5 : Longueur de voie d'insertion.

Va : vitesse d'approche à vide.

L : longueur de la voie d'insertion comptée du nez d'entrée réduit à 1m jusqu'au point où la longueur se réduit à 1.5m.

Les voies d'insertion ont pour largeur : 3m pour $V_a < 100 \text{ Km/h}$

3.5m pour $V_a > 100 \text{ Km/h}$

Pour notre cas :

La longueur de la voie d'insertion : Pour la RN72

($V_r = 60 \text{ km/h}$) : La longueur de la voie d'insertion $L = 140 \text{ m}$.

La longueur du sifflet d'insertion $l = 40 \text{ m}$.

b) Voie de décélération :

La décélération des véhicules quittant la route principale se fait à l'aide de couloirs de décélération de type parallèle ou diagonal.

b-1) Voie de décélération de type diagonale :

L'usage de tel couloir est recommandé pour les tournes à droite, dans le cas où la vitesse d'approche à vide de carrefour est au moins égale à 80 Km/h , le couloir comporte :

- ✓ Un biseau de sortie rectiligne.
- ✓ Un raccordement progressif.

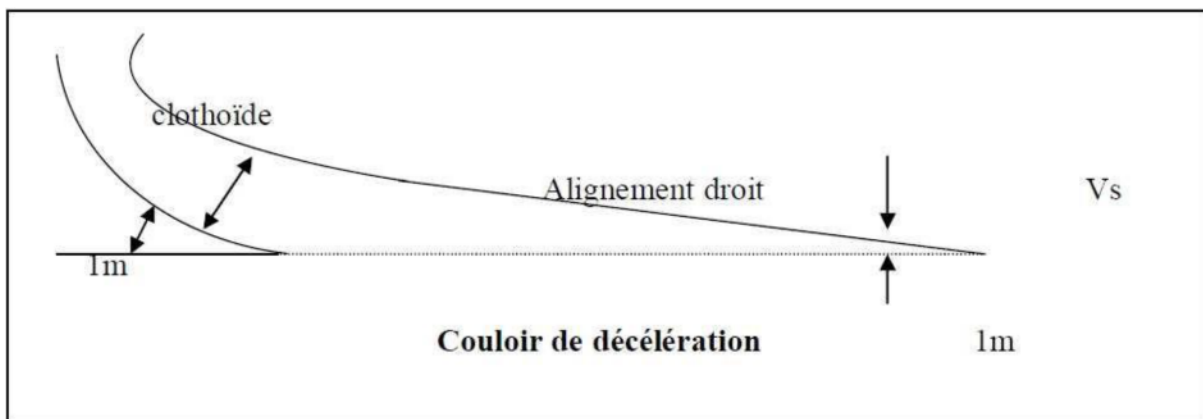


Figure VI-10 : Voie de décélération de type diagonale.

b-2) Voie de décélération de type parallèle :

La voie de décélération de type parallèle comprend un sifflet de raccordement et une voie parallèle à la route principale

Sa longueur est en fonction de la vitesse d'approche à vide

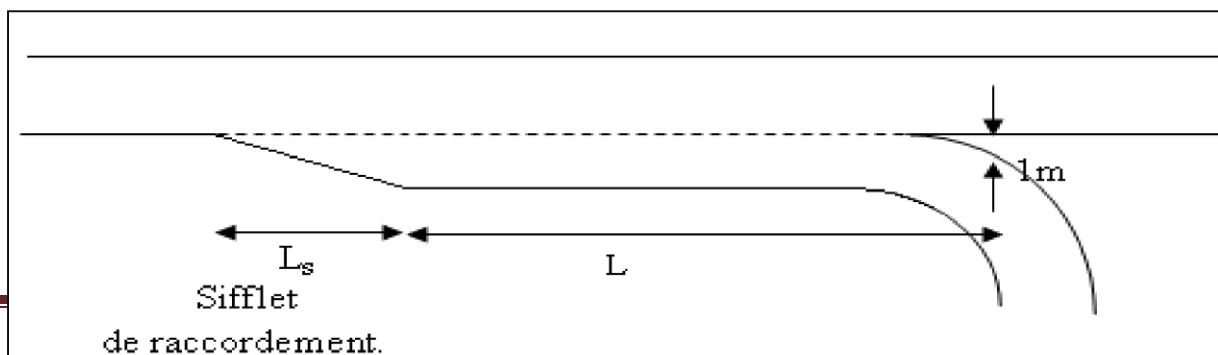


Figure VI-11 : Voie de décélération de type parallèle.

Le tableau ci-dessous donne la longueur de la voie de décélération (L) et la longueur du sifflet de raccordement (Ls) en fonction de la vitesse d'approche.

Va (Km/h)	60	80	100	120
L (m)	70	115	170	240
Ls (m)	40	50	60	75

Tableau VI-6 : Longueur de voie de décélération et de sifflet.

Pour notre cas :

La longueur de la voie de décélération :

Pour la RN 72 ($V_r = 60\text{km/h}$) :

Longueur de décélération : $L = 70\text{m}$.

Longueur de sifflet de raccordement : $L_s = 40\text{m}$.

I-6- Résultats obtenus avec le Logiciel Piste 5 :

Etape 1:

a) Construction du terrain :

Nous allons à présent procéder à la conception du projet à partir du logiciel piste et pour cela nous devons en premier lieu lire le levé topographique sur le logiciel piste :

A partir du levé topographique que nous avons procuré la DTP

Ouvrir le levé sur Autocad → enregistrer le sous forme DXF dans un fichier piste nommer levé topo.

Ouvrir piste en cliquant dessus → fichier → nouveau → fond de plan TPL(seg) → dans le même fichier piste où nous avons enregistré le levé topographique sous forme DXF → nommer (dans notre cas fond de plan) → ok

Fichier → lire → (levé)

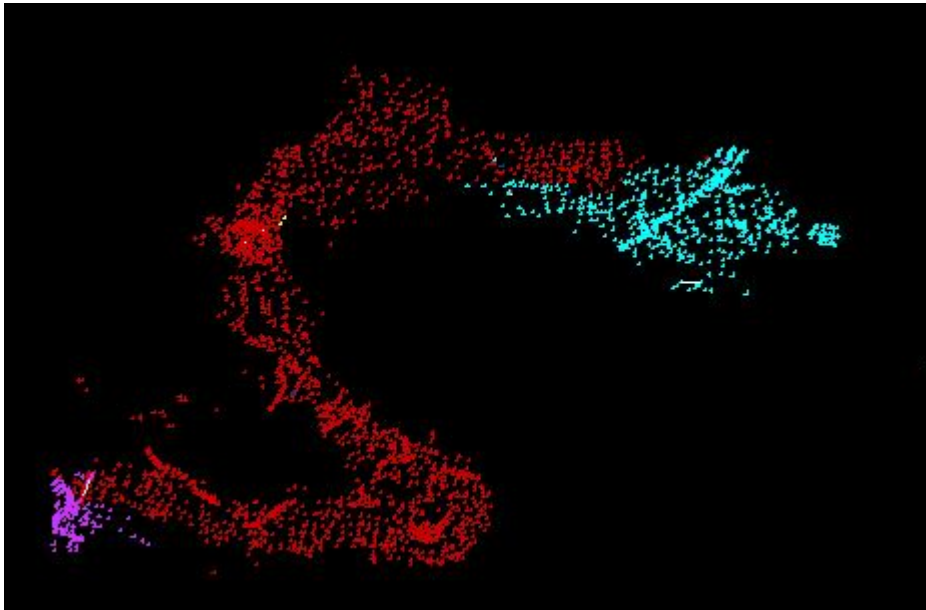


Tableau VI-7 : Nuage de point.

b)triangulation :

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

Fichier → ouvrir fond de plan → (fond de plan) → ok

Calcul → triangulé →oui

Nous obtenons la triangulation suivante :



Tableau VI-8 : Triangulation.

c) 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 : 10m) → ok

Nous obtenons

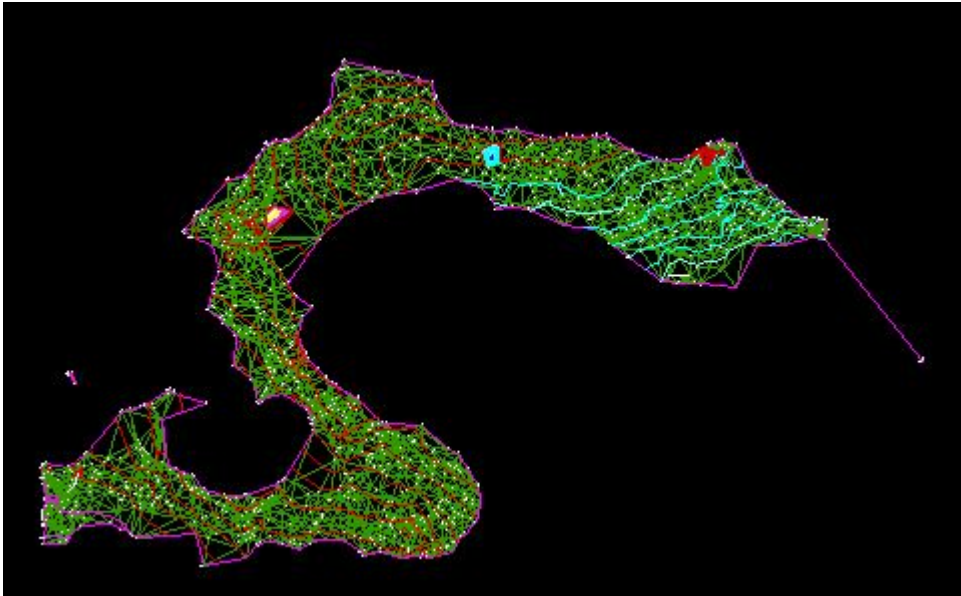


Tableau VI-9 : Calcul des courbes de niveau.

On modifie alors les points à altitudes trop élevée ou trop basse dues a des erreurs de prélèvement topographiques et qui sont représentés par des zones rouges

Modification → cote d'un point → Modifier la cote.

Nous passons à présent à la conception plane pour avoir notre **TEP**

Fichier → nouveau → conception plane → créer un nouveau fichier nommée (axe en plan) → ouvrir.

Fichier → fond de plan → ouvrir.

Etape 2 :

a) Définition de l'axe en plan et tabulation :

Le tracé est une succession de droites (alignements) et de courbes (arc de cercle). On intercale entre ces deux derniers des clothoïdes (courbes de raccordement) qui servent

CHAPITRE V : CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUE

à introduire progressivement la variation de devers.

- **Les points :**

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

- **Droite**

Elément → droite → nom d'élément → saisir le nom dans la boîte de dialogue point → sélectionner graphiquement les deux points qui relient 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.

- **Tabulation :**

Calcul → tabulation avec création de profil → création p1 → 0 20 → ok

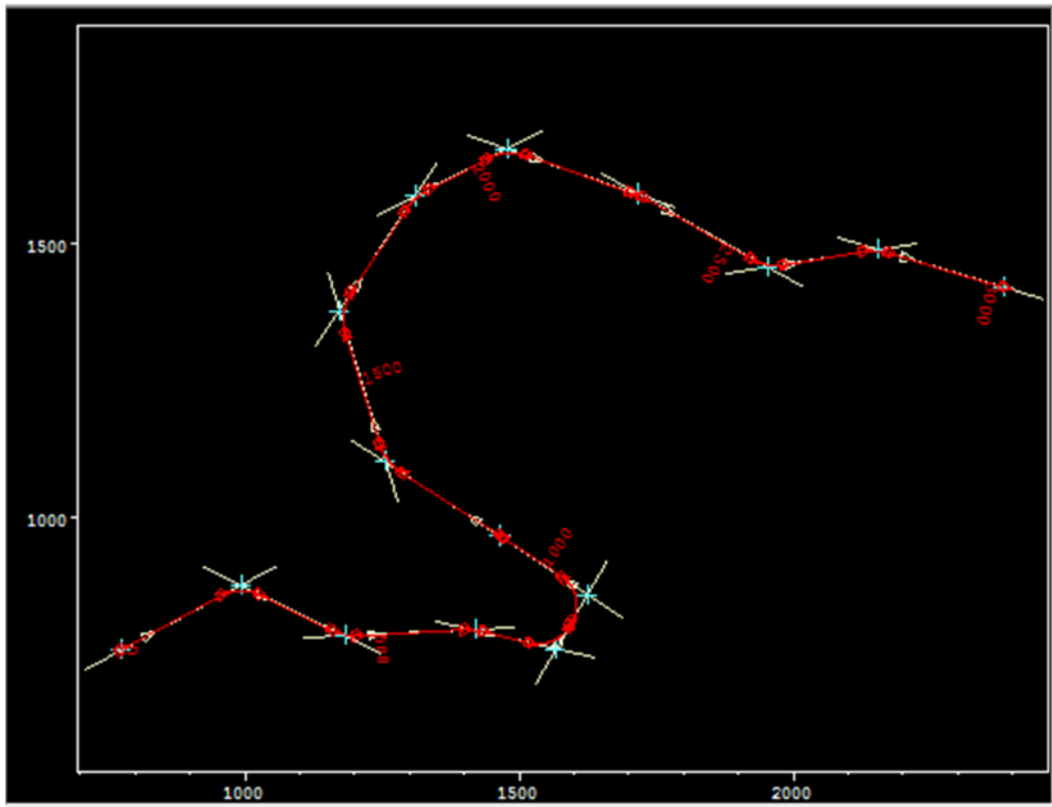


Tableau VI-10 a : Axe en plan avec point droite et cercle.

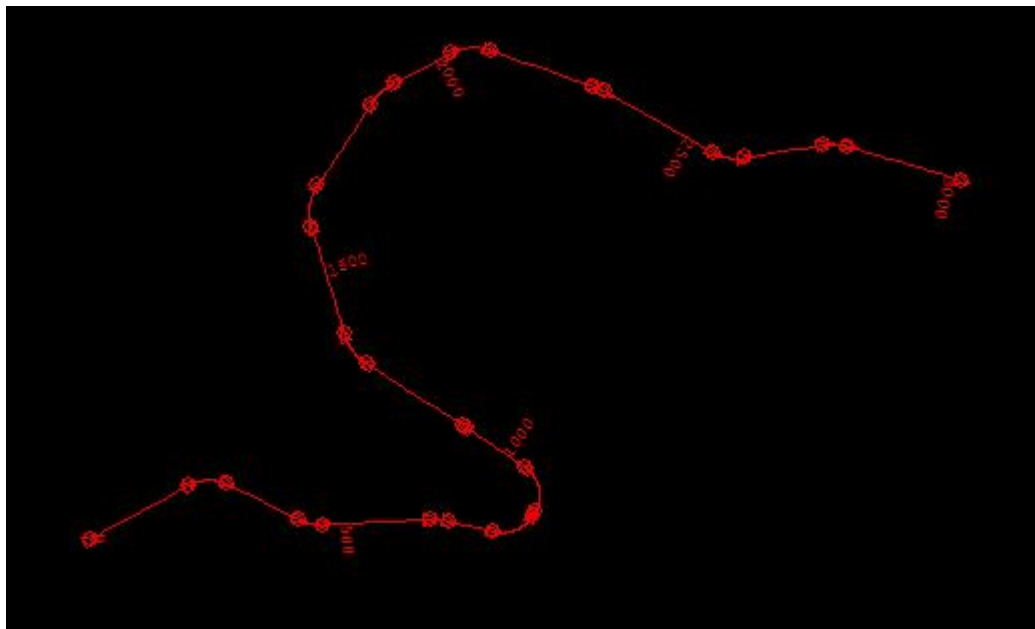


Tableau VI-10 b : Axe en plan .

b) Description du tracé :

Le tracé de notre projet s'étend sur un linéaire de 3km, il débute au **PK 00+00** du village ait fares jusqu'à la RN72.

Contraintes :

- Le tracé est traversé par neufs écoulements d'eau temporaires, ce qui nous mène à prévoir la construction d'ouvrages d'assainissement, on a 9 buses de diamètres déferente .

VI-II-6-1 Profil en long :

II-1- Définition :

Le profil en long ou la ligne rouge d'une route est une ligne continue obtenue par l'exécution d'une coupe longitudinale fictive, donc il exprime la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne.

Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers.

Le profil en long est constitué d'une succession de segments de droite (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires, pour chaque point du profil en long on doit déterminer l'altitude du terrain naturel et du projet ainsi la déclivité de ce dernier.

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

Le tracé de la ligne rouge doit répondre à plusieurs conditions concernant le confort, la visibilité, la sécurité et l'évacuation des eaux pluviales pour cela il faut :

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- Eviter les angles rentrant en déblais, 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 dévers nuls dans une pente du profil en long.
- Recherche un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.

CHAPITRE V : CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUE

- 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.
- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison de cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- Il est recommandable d'éviter la déclivité maximum qui dépend de la vitesse minimum du profil en long ainsi que des conditions d'adhésions sans oublier les conditions économiques.

II-3- Coordination du tracé en plan et profil en long :

Il faut signaler dès maintenant qu'il ne faut pas séparer l'étude de profil en long de celle du tracé en plan, on devra s'assurer que les inflexions en plan et en profil en long se combinent sans porter des perturbations sur la sécurité ou le confort des usagers

Et pour assurer ces derniers objectifs, on doit associer le profil en long concave, même l'égerment, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important et faire coïncider

Les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition $R_{verticala} > R_{hrizta}$ pour éviter un défaut d'inflexion, et aussi supprimer la perte de tracé dans la mesure ou une telle disposition n'entraîne pas de coup sensible, lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée a une distance de 500 m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.

II-4- Déclivité :

On appel déclivité d'une route la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les monté.

- **Déclivité minimale :** La stagnation des eaux sur une chaussée étant très préjudiciable à sa conversation et à la sécurité, donc il est déconseillé d'éviter les pentes inferieur à 1% et sur toute celle inferieur à 0.5% pour éviter la stagnation des eaux.
- **Déclivité maximale :** du point de vue technique, la déclivité maximale

dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée (ce phénomène concerne tous les véhicules), ainsi de la réduction des vitesses qu'elle provoque ou les camions (poids lourds) sont déterminant car la plus part des véhicules légers ont une grande puissance, donc il est conseillé d'éviter les pentes supérieures à 6%.

Notre projet du PK 00+00 au PK 03+13 voit son implantation sur un terrain montagneux, donc on fixe la pente maximale de notre tracé à 10%.

La pente maximale de notre projet sera inférieure à ($I_{\max} = 10\%$).

II-5- Raccordement en profil en long :

Deux déclivités de sens contraire doivent se raccorder en profil en long par une courbe. Le rayon de raccordement et la courbe choisie doivent assurer le confort des usagers et la visibilité satisfaisante.

On distingue deux types de raccordement :

5-1- Raccordement 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, des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité.

Leur conception doit satisfaire à la condition :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

a) Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, elle est limitée à $\ll \frac{g}{40}$ (Catégorie 1-2) et $\frac{g}{30}$ (Catégorie 3-4-5) $\gg$, le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$$R_V \geq 0.3V^2 \rightarrow (\text{Catégories 1-2}).$$

$$R_V \geq 0.23V^2 \rightarrow (\text{Catégories 3-4-5}).$$

CHAPITRE V : CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUE

Avec :

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

V : Vitesse de référence (km/h).

b) Condition de visibilité :

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

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

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

Avec :

D_1 : Distance d'arrêt (m).

h_0 : Hauteur de l'œil (m).

h_1 : Hauteur de l'obstacle (m).

Les rayons assurant ces deux conditions sont donnés pour les normes en fonction de la vitesse base et la catégorie pour le choix bidirectionnelle et pour une vitesse de base $V_R = 60$ Km/h et pour la catégorie C_2 .

Rayon R_v	Symbole	Valeur
Min absolu	R_{vm}	1500
Min normal	R_{vN}	4500
Dépassement	R_{vD}	6000

Tableau VI7 : les valeurs des rayons verticaux

c) Condition d'esthétique :

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

minimale et ($b > 50$) pour des dévers $d < 10\%$ 'spécial échangeur'.

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

Δd : changement de dévers (%)

R_{Vmin} : Rayon vertical minimum (m).

5-2 Raccordement concaves (angle rentrant) :

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

est assurée pour un rayon satisfaisant.

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

Pour une chaussée bidirectionnelle avec une $V_r = 60 \text{ km/h}$ et catégorie C1 on aura le tableau suivant :

Rayon R_V'	Symbole	Valeur
Min absolu	$R_V'm$	1200
Min normal	$R_V'N$	2400

Tableau VI-8 : les rayons concaves.

Application au projet :

La conception longitudinale :

CHAPITRE V : CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUE

Fichier → nouveau → cons 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.)

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 (échapper).

Zon → 0 20 → exécuter

Calcul → Tabuler un axe → <RC>compléter.



Tableau VI-10 : Profil en long .

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 10%. Pour amoindrir ces dernières, nous étions dans l'obligation d'agrandir le déblai du sommet de la montagne.

V-III- Profil en travers :

III-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 autre les chaussée 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,

CHAPITRE V : CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUE

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 divers.

III-2- Les éléments constitutifs du profil en travers :

- **L'emprise de la route** : C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc....) limitée par le domaine public.
- **L'assiette de la route** : C'est la surface de la route délimitée par les terrassements.
- **Plate forme** : C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes des Talus de remblais, comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement les Terre-pleins et les bandes d'arrêts.
- **Chaussée** : C'est la partie affectée à la circulation des véhicules.
- **Largeur rouable** : L'ensemble de la chaussée et des deux bandes dérasées qui La bordent constitue la largeur rouable.
- **Berne** : Bordée à l'extérieur d'un accotement, de largeur 0,75m pour une vitesse de Base 80 à 100, et 1m pour une vitesse de base 120 à 140.
- **Accotement** : L'ensemble d'une bande dérasé et de la berme engazonnée qui lui est à coté, constitue l'accotement.
- **Terre-plein centrale (T.P.C)**: 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.
- **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.

- **Le fossé :** C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et le talus.

III-3- Classification du profil en travers :

a) 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.

b) 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.

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 :

➤ Une chaussées de 2 voies de 3.5m : $(2 \times 3.5) = 7$ m.

Notre tronçon de route a une largeur de 10 m.

CHAPITRE V : CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUE

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

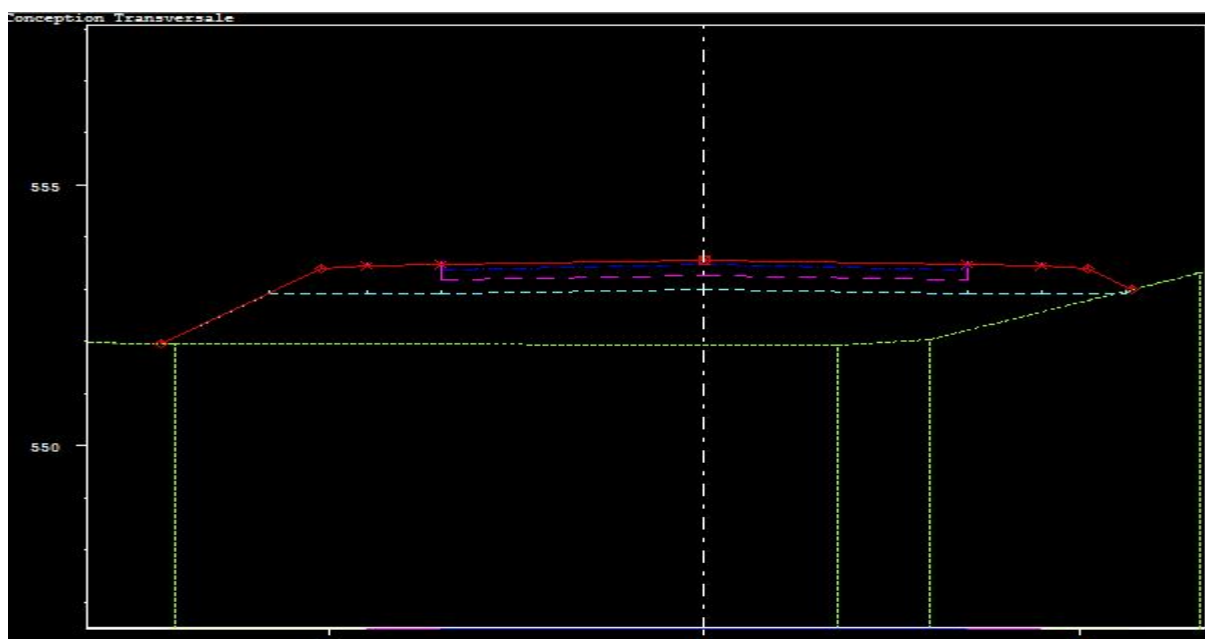
Compléter les tableaux suivants:

The image shows a software interface for road cross-section design, consisting of several windows:

- Plate-forme:** Contains input fields for 'Point de station des' (S= 1.5, H= 0, U= Depont), 'Chaussée' (L= 10.5, D= 0), and 'Terre-plein central' (H= 0, L= 1.5, P= 0, E= 0, IP= Constante). It also has an 'Accotement' section with multiple rows of input fields.
- Editeur de la couche d'assise:** Contains sections for 'ASSISE sous' (E= 0.06, P= 0, SG= 0, SD= 0, ID= Minimum), 'ASSISE sous accotement' (E= 0, L= 0, P= 0), and 'ASSISE sous T.P.C.' (E= 0, L= 0, P= 0).
- Editeur de la couche de base:** Contains sections for 'BASE sous' (E= 0.06, P= 0, SG= 0, SD= 0, ID= Dévers), 'BASE sous accotement' (E= 0, L= 1, P= -100), and 'BASE sous T.P.C.' (E= 0, L= 1.5, P= -99999).
- Editeur de la couche de forme:** Contains sections for 'FORME sous' (E= 0.3, P= 0, SG= 0, SD= 0, ID= Différence), 'FORME sous accotement' (E= 0, L= 1, P= -100), and 'FORME sous T.P.C.' (E= 0, L= 1.5, P= -99999).
- Remblai:** Contains a 'Talus de remblai' section with multiple rows of input fields (H= 0, L= -1, P= 4.67, E= 0) and a 'Fossé de pied de' section (L= 0, P= 0, P1= 100, L0= 0.7, P2= 100).
- Deblai:** Contains a 'Talus de' section with multiple rows of input fields (H= 0, L= 0.7, P= 100, E= 0).

Tableau VI-101: Tableaux des caractéristiques de la chaussée profil en travers. .

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



VI-12: Profil en travers du déblais.

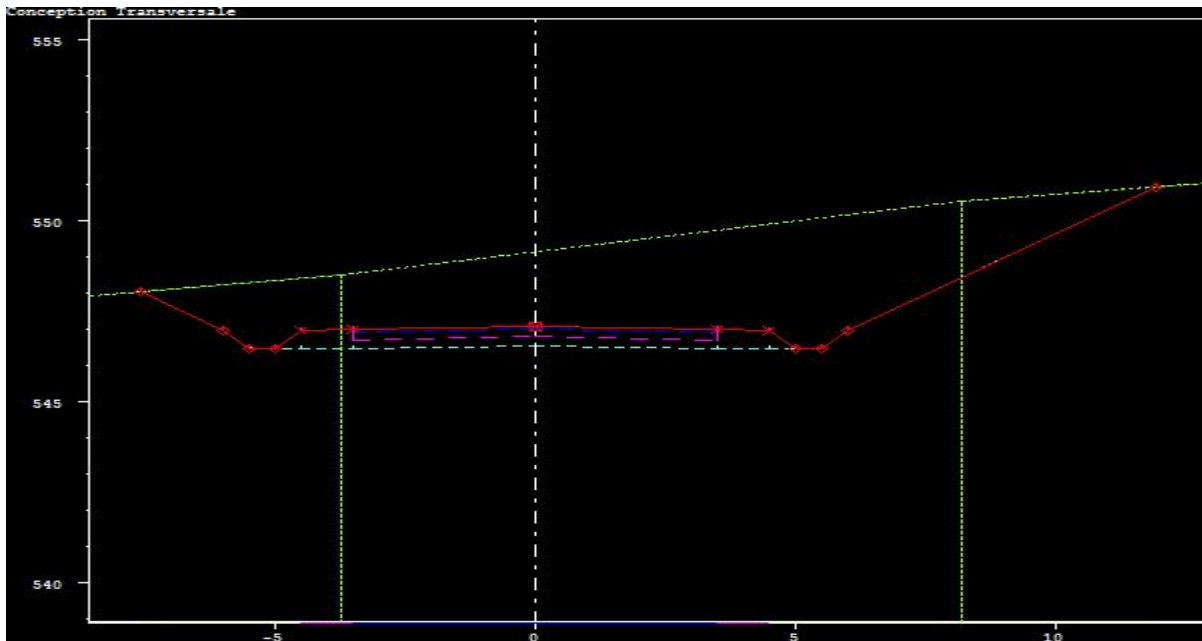
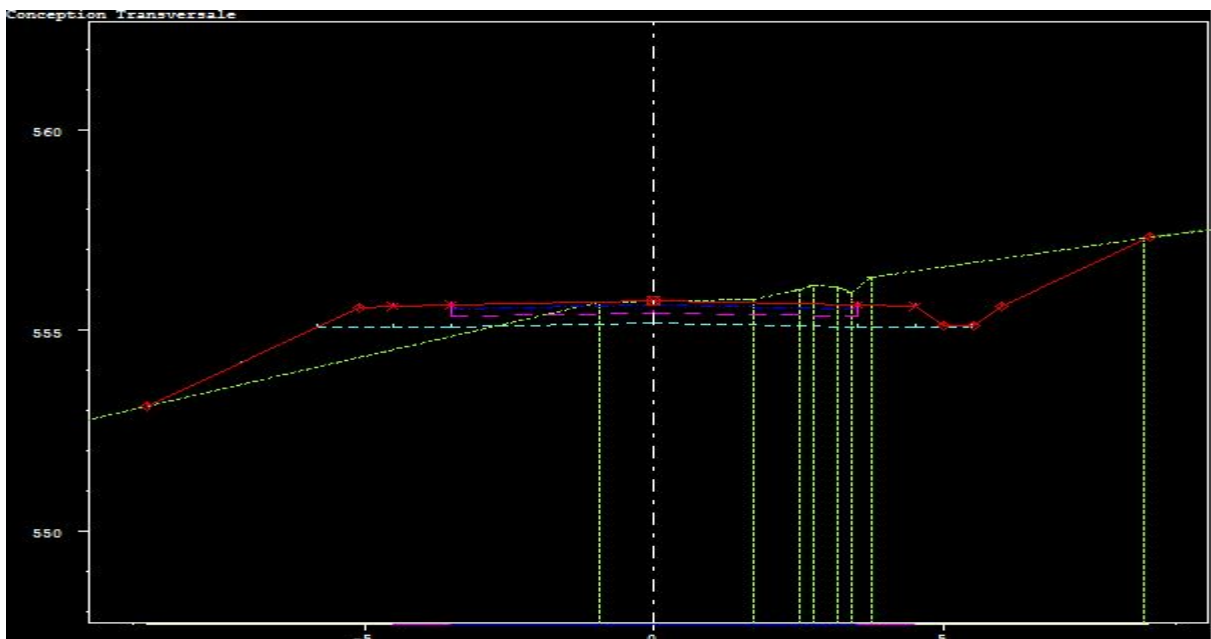


Tableau VI-13: Profil en travers du remblai.



VI-14: Profil en travers mixte.

Calcul du dévers :

Calcul → Dévers → Calculer → recherche semi automatique (compléter le

tableau). Dévers → calculé → fermé.

Dévers → fin → créer un fichier dvt → ok.

***Calcul du projet piste :**

Projet → créer un fichier type.

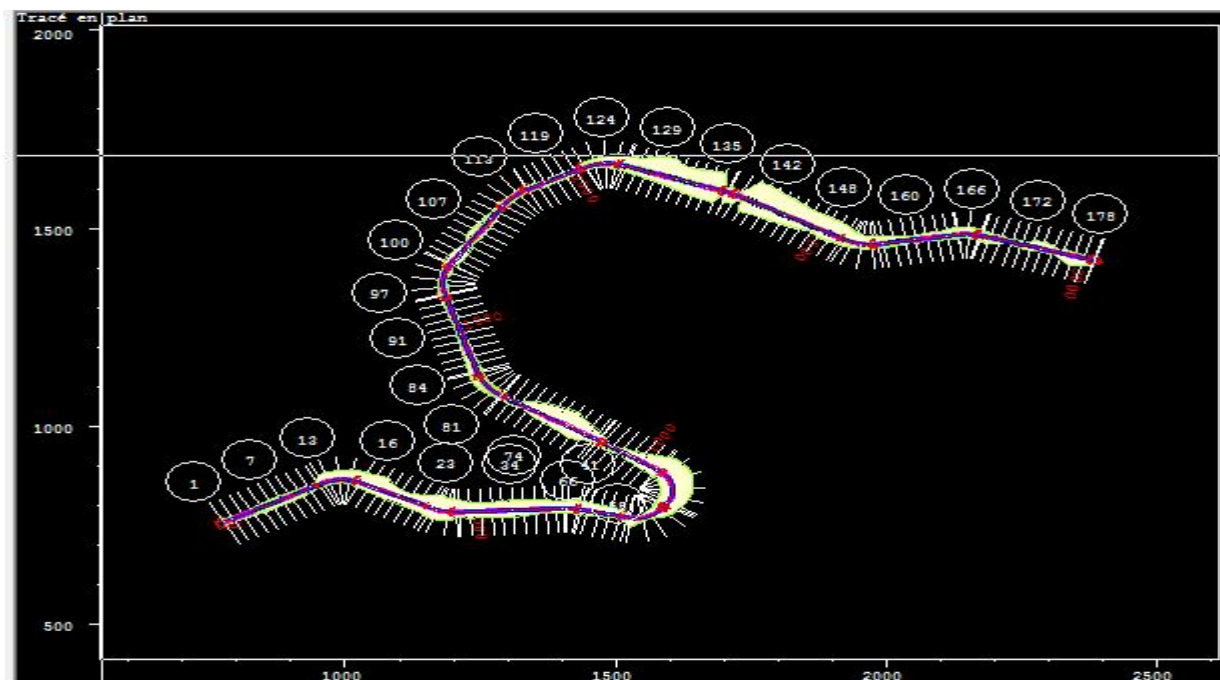
Profil type → Nom de profil

type (T1). Créer → Nouveau →.ok.

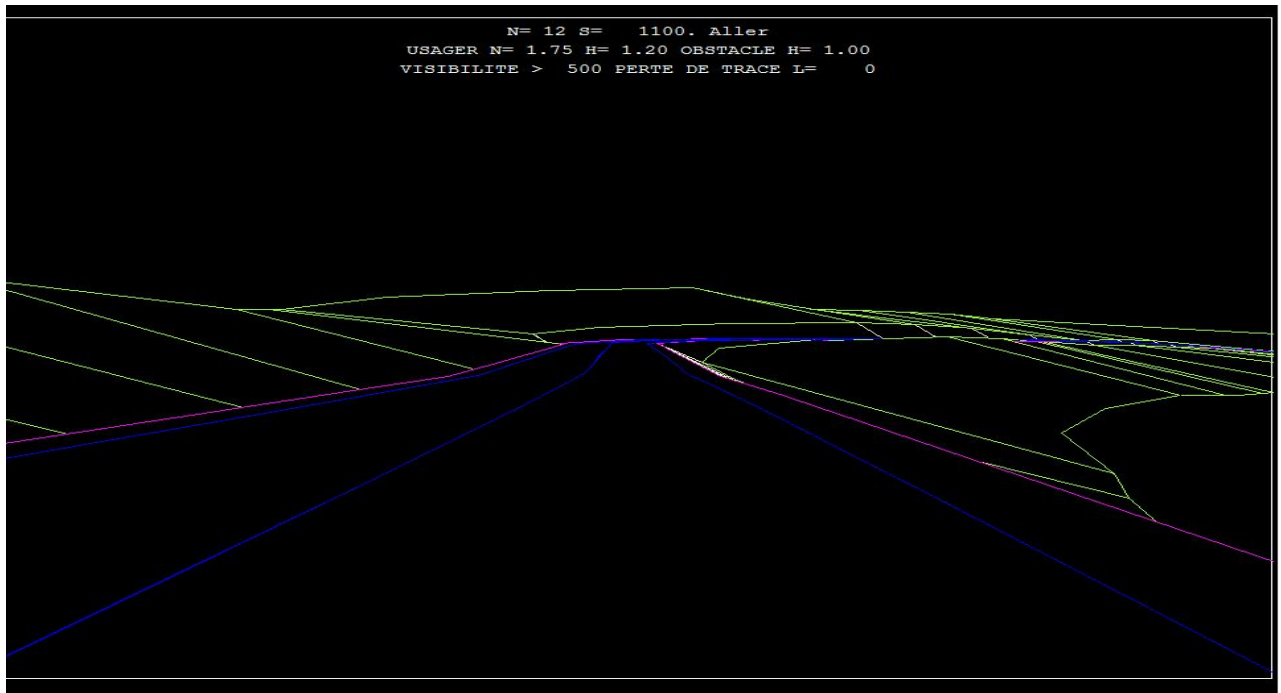
V-II-7 Conclusion

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 :



VI-15: Tracé en plan.



VI-16: La perspective de l'évitement.

CHAPITRE VI : CUBATURES

VI-1 Introduction

La réalisation d'un ouvrage en génie civil nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lesquels l'ouvrage va être implanté.

Pour les voies de circulations ceci est très visibles sur les profils en longs et les profils en travers.

Cette modification s'effectue :

- Soit par apport de terre sur le sol du terrain naturel, qui lui servira de support remblai.
- Soit par excavation des terres existantes au-dessus du niveau de la ligne rouge : déblai.

Pour réaliser ces voies il reste à déterminer le volume de terre qui se trouve entre le tracé du projet et celui du terrain naturel. Ce calcul s'appelle « les cubatures des terrassements »

VI-2- Définition :

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 :

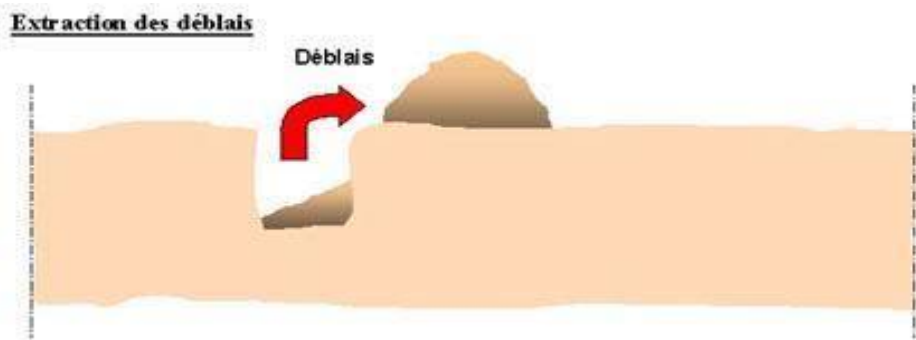
On appelle terrassement, les différents mouvements de terre qui ont pour objet de creuser des fouilles ou de modifier la configuration du sol en vue de construire des ouvrages, aménager des routes et établir des branchements

CHAPITRE VI : CUBATURES

d'égout et de canalisations (assainissements des routes).

- **Déblais :**

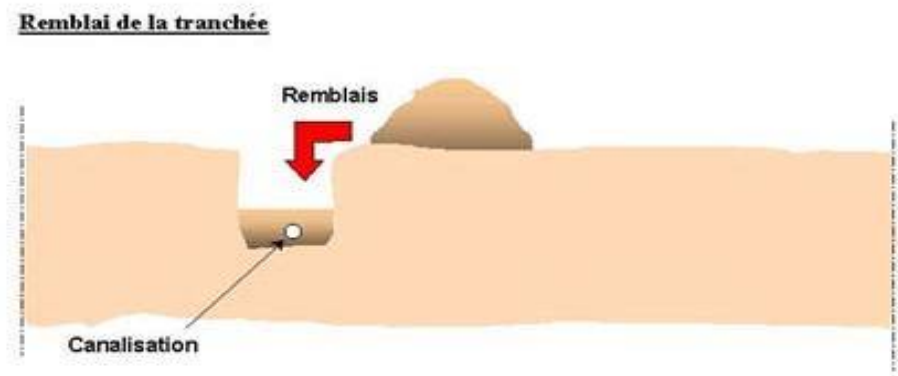
Les déblais désignent l'opération qui consiste à creuser dans le sol pour dégager des terres.



- **Remblais :**

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

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



Cette opération consiste à répartir sur la longueur totale du tracé de la ligne, les volumes de terre nécessaires à la réalisation de la route. En déblais, la terre est enlevée. En remblai, la terre est ajoutée.

CHAPITRE VI : CUBATURES

VI-3- Classification des terrassements :

Ils peuvent être classés en deux grandes catégories :

- Terrassements à grands volumes (routes, voies ferrées, barrages....).
- Terrassements à quantités faibles de terre (fouilles d'ouvrages, canalisations, tranchées...).

Ce qui est important à savoir ce sont les propriétés physiques des matériaux :

- Résistance à la pénétration.
- Masse spécifique.

VI-4- Classification des terrains :

La résistance à la pénétration permet de préciser les possibilités d'extraction d'où trois types de terrain

- ✓ Sol meuble.
- ✓ Sol meuble rocheux.
- ✓ Sol rocheux.

VI-5- Cubatures des terrassements :

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais et remblais que comporte le projet afin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne projet. Les éléments qui permettent 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 joignent ces points différents le moins possible de la ligne du terrain qu'ils représentent.

CHAPITRE VI : CUBATURES

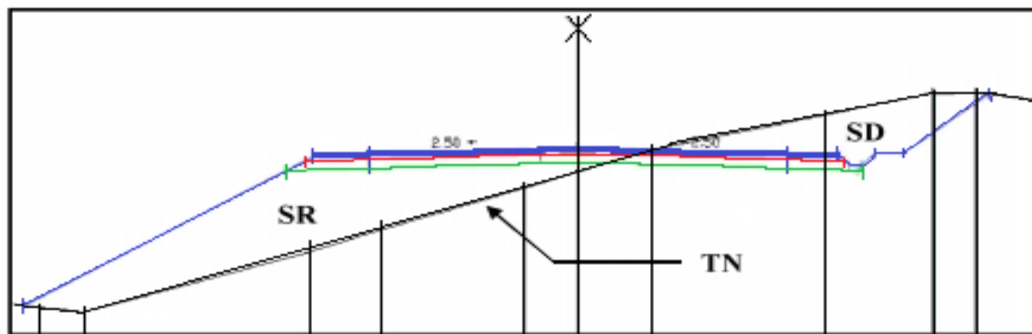
VI-6- Méthodes de calcul de cubature :

Les cubatures sont les calculs effectuées pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet, les cubatures sont fastidieuses mais il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifie le calcul.

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

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

Volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.



Schémas VII-1 : Description des sections déblais et remblais.

TN : terrain naturelle.

SD : surface déblai.

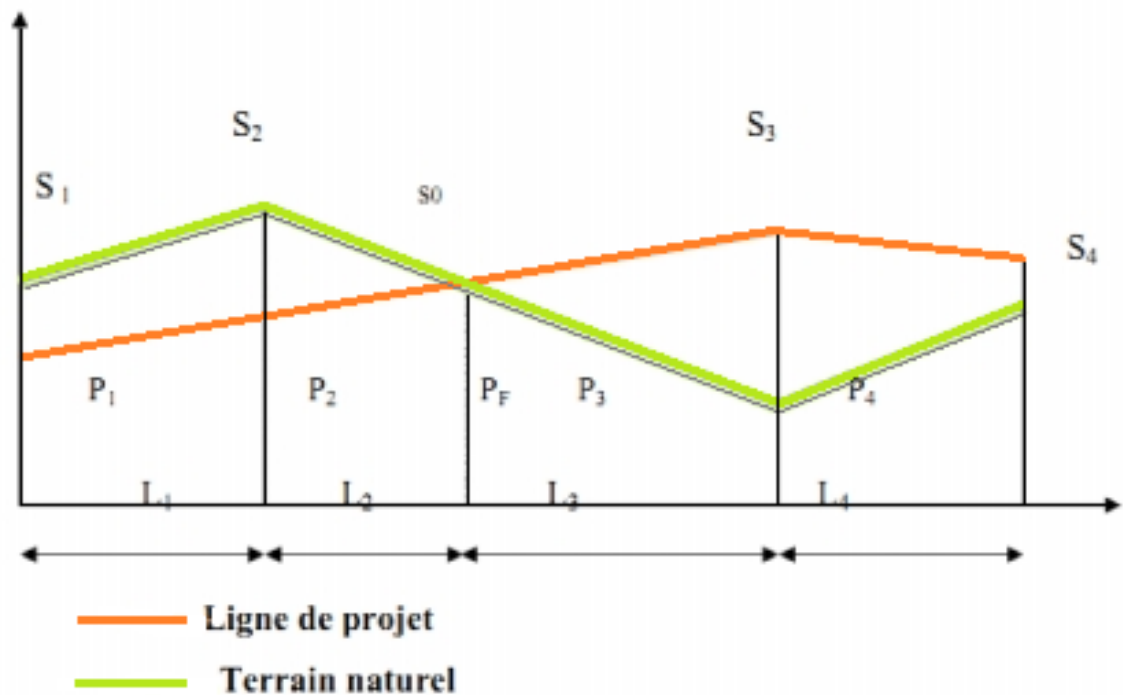
SR : surface remblai.

VI-6-1) Formule de Sarraus :

Cette méthode consiste à calculer séparément les volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs en utilisant la formule des trois niveaux.

Le volume V compris entre S1 et S2 est égale à :
$$V = \frac{L}{6} (S_1 + S_2 + 4S_{moy})$$

CHAPITRE VI : CUBATURES



Schémas VII-2 : Calcul des volumes remblais et déblais.

P_F : profil fictif, c'est le profil où le volume des terrassements est nul.

S_1 et S_2 : surface des deux profils en travers P_1 et P_2 .

S : Base intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance de P_1 et P_2).

Si on applique la formule de SARRAUS, le volume entre P_1 et P_2 de la surface S_1 et S_2 sera :

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

Le volume total terre pour la figure de l'exemple ci-dessus est :

$$V = \frac{L_1}{6}(S_1 + S_2) + \frac{L_2}{2} S_2 + \frac{L_3}{3} S_3 + \frac{L_4}{2}(S_3 + S_4)$$

CHAPITRE VI : CUBATURES

VI-6-2) Méthode linéaire :

C'est la méthode classique. Les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir des 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.

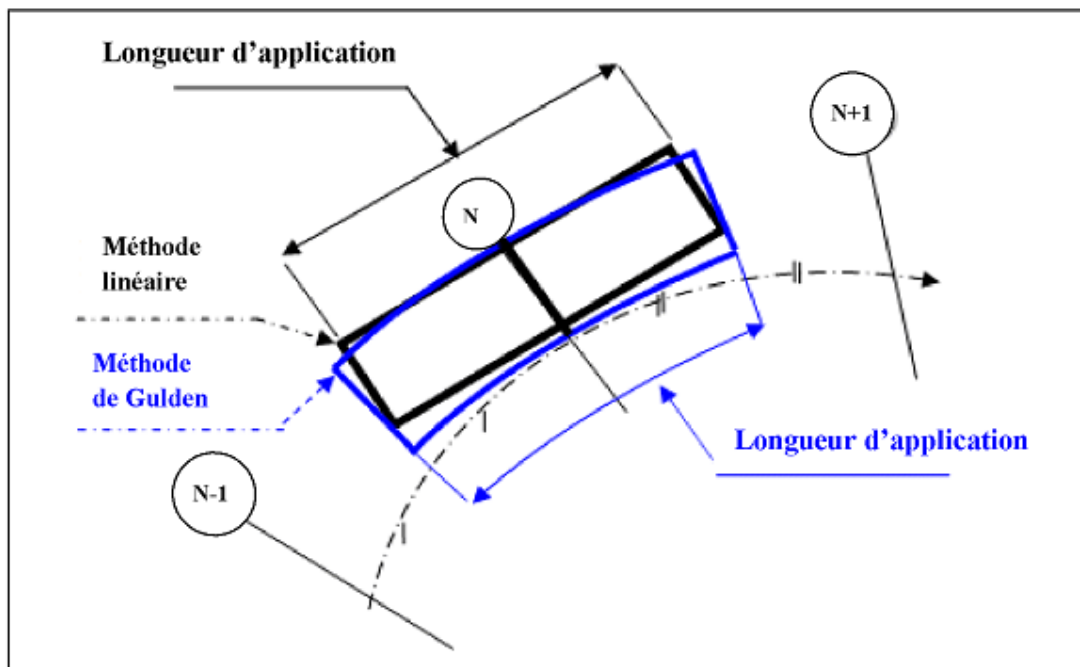
VI-6-3) Méthode de Gulden :

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.

Si on utilise la méthode de Gulden, la quantité (longueur d'application) n'a plus de sens.



Schémas VII-3 : Description de la méthode Gulden.

CHAPITRE VI : CUBATURES

VI-7- Application au projet :

Calcul des cubatures de terrassement :

La méthode choisie pour le calcul est celle de GULDEN.

Le calcul est effectué à l'aide du logiciel « piste +5 » et les résultats obtenus sont joints en annexes.

Ce que l'on peut retenir de ces résultats c'est que :

- Le volume des déblais : $V_d = 326\,424\,m^3$
- Le volume des remblais : $V_r = 392\,127\,m^3$

VII-1- Introduction :

L'eau quelle que soit son origine, pose à l'ingénieur routier des problèmes multiples et complexes, dans ce chapitre nous traitons le phénomène d'interaction entre l'eau et la route. Nous essayons d'analyser les sources de provenance de l'eau vers la route, les effets négatifs de cette eau sur le comportement de la route et les moyens que l'ingénieur doit prévoir pour préserver à la route un niveau minimal de fonctionnement.

Toute accumulation d'eau sur la chaussée favorise en particulier l'aquaplanage, augmente la projection d'eau par les véhicules et tend ainsi à diminuer la sécurité des usagers. De plus l'eau qui stagne en surface finit toujours par s'infiltrer et provoquer l'imbibition des sols et des couches de chaussées, affaissements précoces de la route et formation rapide des nids de poules.

L'eau pénètre dans le corps de chaussée suivant plusieurs chemins :

- par percolation à travers la couche de roulement suite à la fissuration de cette dernière.
- Par infiltration sur les côtés.
- Par remontées capillaires en provenance de la nappe phréatique.

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

VII-2- Objectifs de l'assainissement :

L'assainissement des routes doit remplir les conditions suivantes :

- ✓ Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée.
- ✓ Le maintien de bonne condition de viabilité.
- ✓ Réduction du coût d'entretien.
- ✓ Eviter les problèmes d'érosion.
- ✓ Garantir la stabilité de l'ouvrage durant toute sa durée de vie.

VII-3- Définition des termes hydraulique :

➤ Bassin versant :

C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de partage des

CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT

eaux. C'est la surface totale de la zone susceptible d'être alimentée en eau pluviale, d'une façon naturelle, ce qui nécessite une canalisation en un point bas considéré (exutoire).

➤ **Collecteur principal (canalisation) :**

C'est la conduite principale récoltant les eaux des autres conduites (dites collecteurs secondaires), recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

➤ **Chambre de visite (cheminée) :**

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur contrôle et le nettoyage. Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent. Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 80 à 100m.

➤ **Sacs :**

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

➤ **Fossés de crêtes :**

C'est un outil construit à fin de prévenir l'érosion du terrain ou cours des pluies.

➤ **Décante d'eau :**

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

➤ **Les regards :**

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

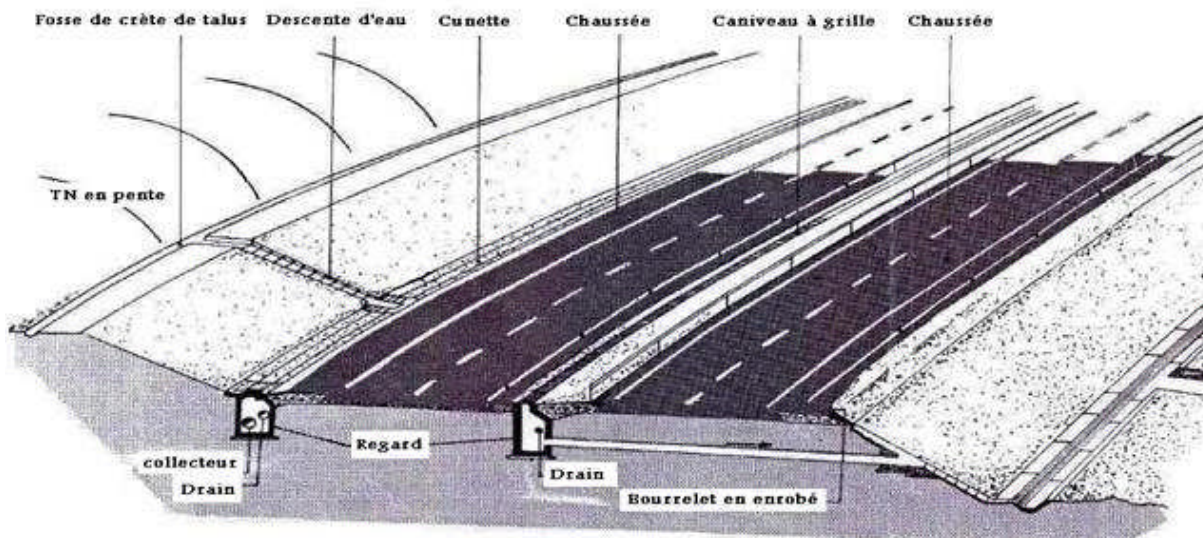


Figure VIII-1-a : Différentes parties de l'assainissement.

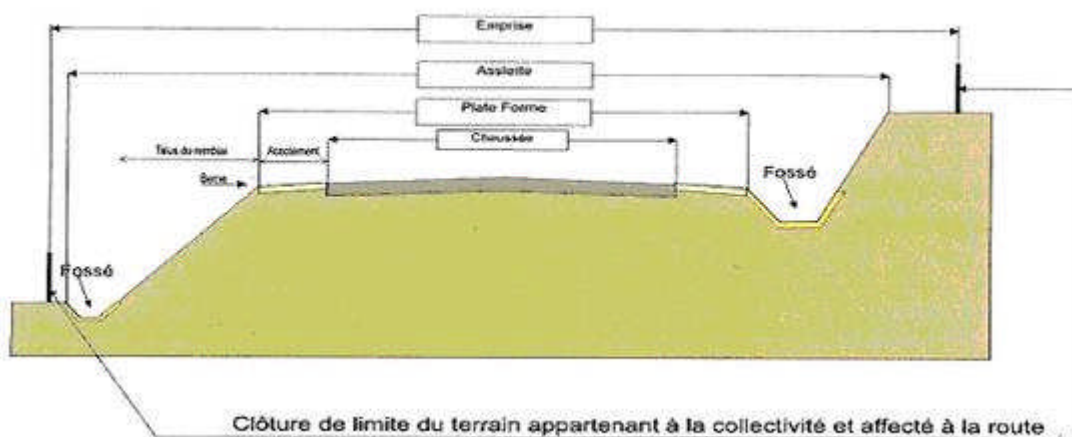


Figure VIII-1-b : Coupe de la route.

VII-4- Etude Hydrologique :

L'étude hydrologique consiste en la détermination des débits de crue de chaque écoulement qui franchit le tracé routier. Par conséquent, tous les Oueds doivent être rétablis par des ouvrages hydrauliques (ponts, dalots et buses,...)

CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT

VII-4-1- Estimation du débit de crue:

Le calcul du débit maximum limite, de fréquence donnée, à l'intensité moyenne '**I**' de la pluie, et de durée '**t**' égal au temps de concentration, est effectué au moyen d'une formule donnant un débit approché par excès, celle-ci se dérive de la méthode dite rationnelle et elle est appliquée dans le cas des superficies inférieures à 200 km², elle est donnée par :

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

Q_a : Débit maximum d'eau pluviale (m³).

C : Coefficient de ruissellement.

I : Intensité de la pluie exprimée mm/h.

K : Coefficient de conversion des unités et est égale à 0.00278.

A : Aire du bassin d'apport (Km²).

VII-4-2- Coefficient de ruissellement « C » :

Il 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. Il peut être choisi suivant le tableau ci-après :

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtu en enrobes	0.80 a 0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 a 0.40	0.40
Talus	0.10 a 0.30	0.30
Terrain naturel	0.05 a 0.20	0.20

Tableau VIII-1 : Valeurs des coefficients de ruissellement.

VII-4-3- Calcul de l'intensité de l'averse I_t :

$$I_t = I * (T_c/24)^B.$$

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

T_c : Temps de concentration (heure).

B : $b-1$, d'où b : exposant climatique.

Pour déterminer l'intensité de la pluie on passe par plusieurs étapes de calcul qui sont :

A/ Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle :

$$P_j = \frac{p_{j\text{moy}}}{\sqrt{c_v^2 + 1}} \times e^{u \sqrt{\ln(c_v^2 + 1)}}$$

$P_{j\text{moy}}$: hauteur de la pluie journalière moyenne (mm).

C_v : coefficient de variation.

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

Fréquence (%)	50	20	10	2	1
Période de retour (ans)	2	5	10	50	100
Variables de Gauss (U)	0,00	0,84	1,28	2,05	2,372

Tableau VIII-2 : Variable de gauss en fonction de la période de retour.

- 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 dimensionnés pour une période de retour 100 ans.

(La période de retour doit prendre en compte le coût d'investissement de l'infrastructure avec les conséquences d'un débordement pour l'utilisateur.)

B/ calcule des fréquences d'averse :

Pour une durée de ($T=15\text{min}=0.25\text{h}$). La fréquence de l'averse est donnée par la formule suivante :

$$P_t (\%) = P_J (\%) (t/24)^b.$$

P_t : hauteur de pluie de durée t (mm)

P_J : pluie journalière maximale annuelle.

b : l'exposant climatique de la région.

T : temps de concentration (temps nécessaire à l'eau pour s'écouler de puis le point le plus éloigné du bassin versant jusqu'à son exutoire ou le point de calcul)

C/ Temps de concentration :

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

La valeur du temps de concentration dépend de la morphologie du bassin versant naturel.

Il est estimé respectivement d'après VENTURA, PASSINI, GIADOTTI. Comme suit :

- **La formule de VENTURA :**

Lorsque : $A < 5 \text{ km}^2$:
$$tc = 0.127 \sqrt{\frac{A}{p}}$$

- **La formule de PASSINI :**

Lorsque : $5 \text{ km}^2 \leq A \leq 25 \text{ km}^2$:
$$tc = \frac{\sqrt[3]{AL}}{\sqrt{p}}$$

- **La formule de GIADOTTI :**

Lorsque : $25 \text{ km}^2 \leq A \leq 200 \text{ km}^2$:
$$tc = \frac{1.5L + 4\sqrt{A}}{0.8\sqrt{H}}$$

T_c : le temps de concentration (heure).

A : superficie de bassin versant (km^2).

L : longueur de thalwegs principaux (m.p.m)

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

CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT

VII -4-4-Application au projet :

Nous présenterons ci-dessous un exemple détaillé des étapes à suivre pour le calcul des débits d'apport pour chaque écoulement qui traverse la chaussée :

Les données pluviométriques de la région (Tizi Ouzou) :

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

a) Calcul de la précipitation :

$$P_j = \frac{p_{j\text{moy}}}{\sqrt{c_v^2 + 1}} \times e^{u \sqrt{\ln(c_v^2 + 1)}}$$

Pour une période de 10ans U=1.28

Pour une période de 50ans U=2.05

- **Pendant 10 ans :**

U=1.28

Cv=0.38 $P_j(10\%) = \frac{63}{\sqrt{0.38^2 + 1}} \times e^{1.28 \sqrt{\ln(0.38^2 + 1)}}$

Pj=63

$$P_j(10\%) = 94.23\text{mm}$$

- **Pendant 50 ans :**

U=1.28

Cv=0.38 $P_j(2\%) = \frac{63}{\sqrt{0.38^2 + 1}} \times e^{2.05 \sqrt{\ln(0.38^2 + 1)}}$

Pj=63

$$P_j(2\%) = 125.03 \text{ mm}$$

b) La fréquence de l'averse :

Pour une durée de 15min=0.25h.

$$P_t (\%) = P_J (\%) (t/24)^b$$

- **Pendant 10 ans :**

$$P_t (10\%) = 94.23 * (0.25/24)^{0.37}$$

$$P_t (10\%) = 17.41 \text{ mm.}$$

- **Pendant 50 ans :**

$$P_t (02\%) = 125.03 * (0.25/24)^{0.37}$$

$$P_t (02\%) = 23.10 \text{ mm.}$$

c) Calcule de l'intensité de l'averse :

Pour une durée de 01 heure.

$$B=b-1 \quad B=0.37-1= -063.$$

$$I=P_j / 24.$$

- **Pendant 10 ans :**

$$I (10\%) = 94.23/24 = 3.93 \text{ mm/h}$$

- **Pendant 50 ans :**

$$I (2\%) = 125.03/24 = 5.20 \text{ mm/h}$$

VII-5- Superficie des bassins versants :

Notre projet le long de 3 kilomètres, traverse plusieurs écoulements dont, la superficie de leurs bassins versants varie.

Il existe **09 bassins versants** qui ont été délimités en fonction de la structure des talwegs et des lignes de crêtes sur la carte d'état major à

L'échelle 1/25000^{ème}, leurs surfaces sont déterminées à l'aide du Logiciel Autocad version 2009.

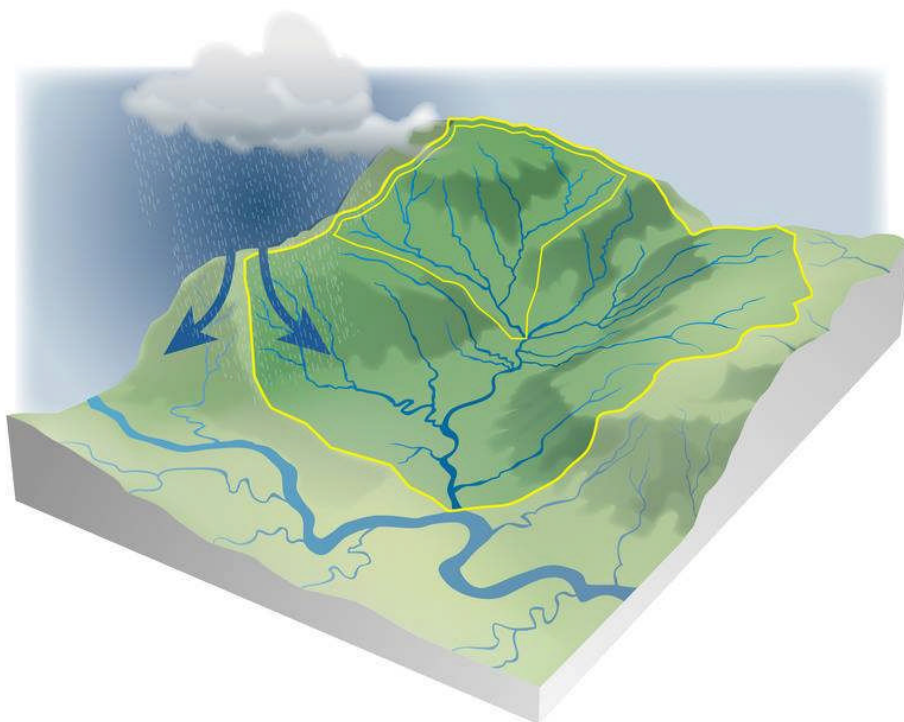


Figure VIII-2 : Représentation d' un bassin versant.

Bassin versant	Surface (HA)	Longueur L(m)	Pente (%)	H max (m)	H min (m)
BV1	1862.4218	47.562	84	550	510
BV2	6366.8279	122.978	91	537	425
BV3	5132.1174	170.953	93	570	410
BV4	3678.4802	103.2732	58	420	360
BV5	7279.425	184.7733	81	500	350
BV6	13028.967	172.4256	81	520	380
BV7	1259.6682	32.9562	91	435	405
BV8	1540.06351	29.8646	93	345	317
BV9	1867.0652	62.7787	87	380	325

Tableau VIII-3 : Caractéristiques des bassins versants.

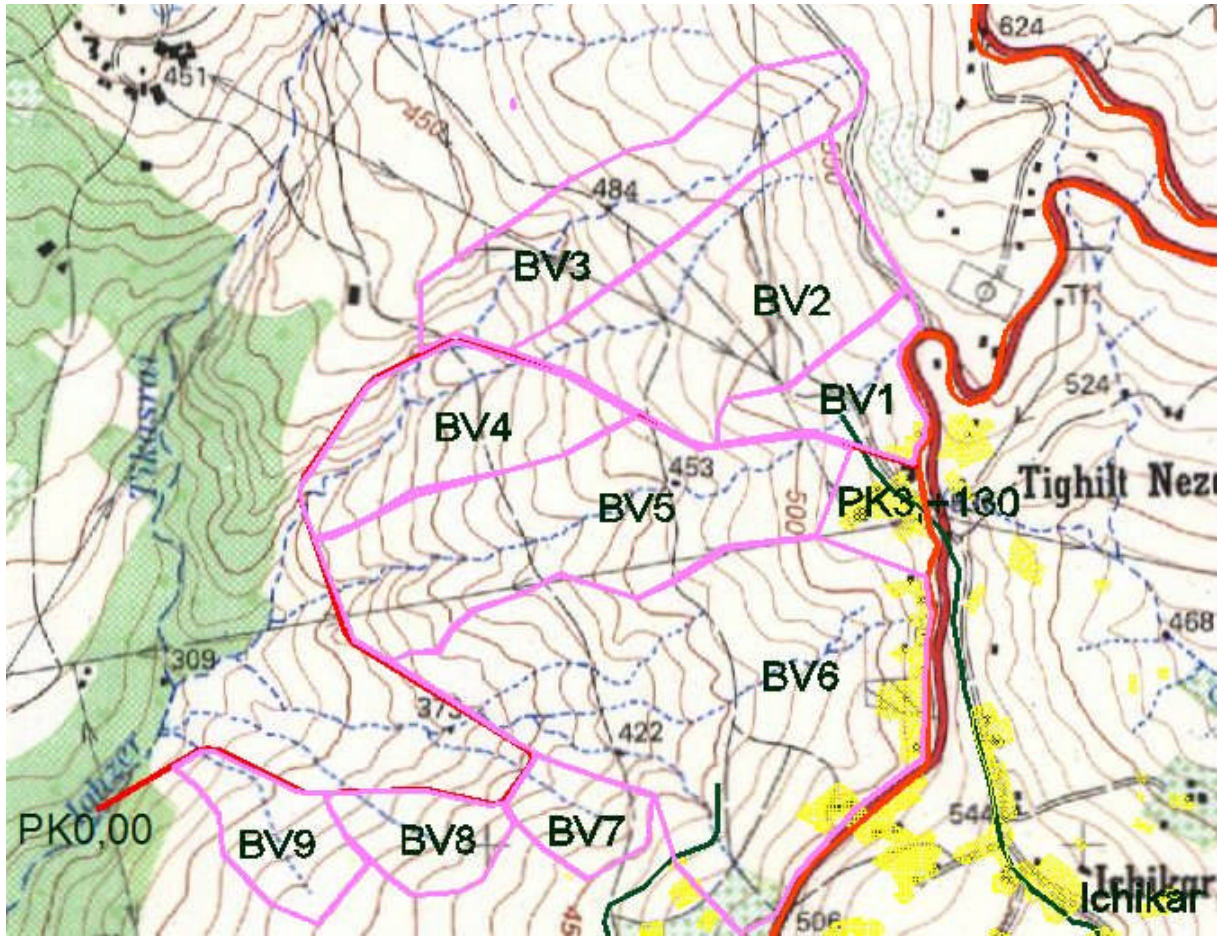


Figure VIII-4 : Représentation des bassins versant du projet.

Application au projet :

Pour (BV 01) (S=0.1862HA, p= 84%)

C=0.20

S < 5km², donc on applique la formule de Ventura :

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{s}{p}}$$

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.1862}{84}} = 5.98 \cdot 10^{-3} \text{ h}$$

Calcul de l'intensité de pluie :

CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT

$$I_t = I \left(\frac{TC}{24} \right)^{b-1}$$

$$I_t (10\%) = 3.93 \left(\frac{5.98 \cdot 10^{-3}}{24} \right)^{-0.63} = \mathbf{732.16 \text{ mm/h.}}$$

$$I_t (02\%) = 5.20 \left(\frac{5.98 \cdot 10^{-3}}{24} \right)^{-0.63} = \mathbf{968.76 \text{ mm/h.}}$$

Intensité de l'averse 10% I (mm/h) = **732.16 mm/h.**

Intensité de l'averse 02% I (mm/h) = **968.76 mm/h.**

Pour (BV 02) (S=0.6367 HA, p= 91%)

$$\mathbf{C=0.20}$$

S < 5km², donc on applique la formule de Ventura:

$$\mathbf{T_c = 0.127 \sqrt{\frac{S}{p}}}$$

$$\mathbf{T_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.6367}{91}} = 10.62 \cdot 10^{-3} \text{ h}}$$

Calcul de l'intensité de pluie :

$$I_t = I \left(\frac{TC}{24} \right)^{b-1}$$

$$I_t (10\%) = 3.93 \left(\frac{10.62 \cdot 10^{-3}}{24} \right)^{-0.63} = \mathbf{509.87 \text{ mm/h.}}$$

$$I_t (02\%) = 5.20 \left(\frac{10.62 \cdot 10^{-3}}{24} \right)^{-0.63} = \mathbf{674.65 \text{ mm/h.}}$$

Intensité de l'averse 10% I (mm/h) = **509.87 mm/h.**

Intensité de l'averse 02% I (mm/h) = **674.65mm/h.**

Pour (BV 03) (S=0.5132HA, p= 93%)

$$\mathbf{C=0.20}$$

S < 5km², donc on applique la formule de Ventura :

$$\mathbf{T_c = 0.127 \sqrt{\frac{S}{p}}}$$

$$\mathbf{T_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.5132}{93}} = 9.43 \cdot 10^{-3} \text{ h}}$$

Calcul de l'intensité de pluie :

$$I_t = I \left(\frac{TC}{24} \right)^{b-1}$$

$$I_t (10\%) = 3.93 \left(\frac{9.43 \cdot 10^{-3}}{24} \right)^{-0.63} = \mathbf{549.52 \text{ mm/h.}}$$

$$I_t (02\%) = 5.20 \left(\frac{9.43 \cdot 10^{-3}}{24} \right)^{-0.63} = \mathbf{727.10 \text{ mm/h.}}$$

Intensité de l'averse 10% I (mm/h) = **549.52 mm/h.**

Intensité de l'averse 02% I (mm/h) = **727.10 mm/h.**

Pour (BV 04) (S=0.3678 HA, p= 58%)

$$C=0.20$$

$S < 5\text{km}^2$, donc on applique la formule de Ventura :

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{S}{p}}$$

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.3678}{58}} = \mathbf{10.11 \cdot 10^{-3} \text{ h}}$$

Calcul de l'intensité de pluie :

$$I_t = I \left(\frac{TC}{24} \right)^{b-1}$$

$$I_t (10\%) = 3.93 \left(\frac{10.11 \cdot 10^{-3}}{24} \right)^{-0.63} = \mathbf{525.94 \text{ mm/h.}}$$

$$I_t (02\%) = 5.20 \left(\frac{10.11 \cdot 10^{-3}}{24} \right)^{-0.63} = \mathbf{695.89 \text{ mm/h.}}$$

Intensité de l'averse 10% I (mm/h) = **525.94 mm/h.**

Intensité de l'averse 02% I (mm/h) = **695.89 mm/h.**

Pour (BV 05) (S=0.7279 HA, p= 81%)

$$C=0.20$$

$S < 5\text{km}^2$, donc on applique la formule de Ventura :

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{S}{p}}$$

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.7279}{81}} = \mathbf{12.04 \cdot 10^{-3} \text{ h}}$$

Calcul de l'intensité de pluie :

$$I_t = I \left(\frac{TC}{24} \right)^{b-1} \quad I_t (10\%) = 3.93 \left(\frac{12.04 \cdot 10^{-3}}{24} \right)^{-0.63} = \mathbf{471.12 \text{ mm/h.}}$$

$$I_t (02\%) = 5.20 \left(\frac{12.04 \cdot 10^{-3}}{24} \right)^{-0.63} = \mathbf{623.36 \text{ mm/h.}}$$

Intensité de l'averse 10% I (mm/h) = **471.12 mm/h.**

Intensité de l'averse 02% I (mm/h) = **623.36 mm/h.**

Pour (BV 06) (S=1.3028 HA , p= 81%)

$$\mathbf{C=0.20}$$

S < 5km², donc on applique la formule de Ventura :

$$\mathbf{T_c = 0.127 \sqrt{\frac{s}{p}}}$$

$$\mathbf{T_c = 0.127 \sqrt{\frac{1.3028}{81}} = 16.10 \cdot 10^{-3} \text{ h}}$$

Calcul de l'intensité de pluie :

$$I_t = I \left(\frac{TC}{24} \right)^{b-1} \quad I_t (10\%) = 3.93 \left(\frac{16.10 \cdot 10^{-3}}{24} \right)^{-0.63} = \mathbf{392.31 \text{ mm/h.}}$$

$$I_t (02\%) = 5.20 \left(\frac{16.10 \cdot 10^{-3}}{24} \right)^{-0.63} = \mathbf{519.08 \text{ mm/h.}}$$

Intensité de l'averse 10% I (mm/h) = **392.31 mm/h.**

Intensité de l'averse 02% I (mm/h) = **519.08 mm/h.**

Pour (BV 07) (S=0.1260HA, p= 91%)

$$\mathbf{C=0.20}$$

S < 5km², donc on applique la formule de Ventura :

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{S}{p}}$$

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.1260}{91}} = 9.20 \cdot 10^{-3} \text{ h}$$

Calcul de l'intensité de pluie :

$$I_t = I \left(\frac{TC}{24} \right)^{b-1} \quad I_t(10\%) = 3.93 \left(\frac{9.2 \cdot 10^{-3}}{24} \right)^{-0.63} = 558.14 \text{ mm/h.}$$

$$I_t(02\%) = 5.20 \left(\frac{9.2 \cdot 10^{-3}}{24} \right)^{-0.63} = 738.50 \text{ mm/h.}$$

Intensité de l'averse 10% I (mm/h) = **558.14 mm/h.**

Intensité de l'averse 02% I (mm/h) = **738.50 mm/h.**

Pour (BV 08) (S=0.1540 HA , p= 93%)

$$C=0.20$$

S < 5km², donc on applique la formule de Ventura :

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{S}{p}}$$

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.1540}{93}} = 5.17 \cdot 10^{-3} \text{ h}$$

Calcul de l'intensité de pluie :

$$I_t = I \left(\frac{TC}{24} \right)^{b-1} \quad I_t(10\%) = 3.93 \left(\frac{5.17 \cdot 10^{-3}}{24} \right)^{-0.63} = 802.47 \text{ mm/h.}$$

$$I_t(02\%) = 5.20 \left(\frac{5.17 \cdot 10^{-3}}{24} \right)^{-0.63} = 1061.79 \text{ mm/h.}$$

Intensité de l'averse 10% I (mm/h) = **802.47mm/h.**

Intensité de l'averse 02% I (mm/h) = **1061.79mm/h.**

Pour (BV 09) (S=0.1867 HA, p= 87%)

$$C=0.20$$

CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT

$S < 5\text{km}^2$, donc on applique la formule de Ventura :

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{S}{p}}$$

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.1876}{87}} = 5.9 \cdot 10^{-3} \text{ h}$$

Calcul de l'intensité de pluie :

$$I_t = I \left(\frac{T_c}{24} \right)^{b-1}$$

$$I_t (10\%) = 3.93 \left(\frac{5.9 \cdot 10^{-3}}{24} \right)^{-0.63} = \mathbf{738.4\text{mm/h.}}$$

$$I_t (02\%) = 5.20 \left(\frac{5.9 \cdot 10^{-3}}{24} \right)^{-0.63} = \mathbf{977.01\text{mm/h.}}$$

Intensité de l'averse 10% I (mm/h) = **738.4mm/h.**

Intensité de l'averse 02% I (mm/h) = **977.01mm/h.**

Les résultats sont résumés dans le tableau suivants :

Bassin versant	Temps de Concentration $T_c(\text{h})$	Intensité de l'averse 10% I (mm/h)	Intensité de l'averse 2% I (mm/h)
BV1	$5.98 \cdot 10^3$	732.16	968.76
BV2	$10.62 \cdot 10^3$	509.87	674.65
BV3	$9.43 \cdot 10^3$	549.52	727.10
BV4	$10.11 \cdot 10^3$	525.94	695.89
BV5	$12.04 \cdot 10^3$	471.12	623.36
BV6	$16.10 \cdot 10^3$	392.31	519.08
BV7	$9.20 \cdot 10^3$	558.14	738.50
BV8	$5.17 \cdot 10^3$	802.47	1061.79
BV9	$5.9 \cdot 10^3$	738.4	977.01

Tableau VIII-4 : Intensité de l'averse.

VII-6- Détermination des débits de crue des bassins versants:

On applique la formule : **$Q_a = K \cdot C \cdot I \cdot A$**

CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT

- **BV 1:** $Qa(10\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 732.16 \cdot 0.1862 \cdot 0.2 = \mathbf{0.0758 \text{ m}^3/\text{s}}$.
 $Qa(02\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 968.76 \cdot 0.1862 \cdot 0.2 = \mathbf{0.1003 \text{ m}^3/\text{s}}$.
- **BV 2 :** $Qa(10\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 509.87 \cdot 0.6367 \cdot 0.2 = \mathbf{0.180 \text{ m}^3/\text{s}}$.
 $Qa(02\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 674.65 \cdot 0.6367 \cdot 0.2 = \mathbf{0.2039 \text{ m}^3/\text{s}}$.
- **BV 3:** $Qa(10\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 549.52 \cdot 0.5132 \cdot 0.2 = \mathbf{0.1568 \text{ m}^3/\text{s}}$.
 $Qa(02\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 727.10 \cdot 0.5132 \cdot 0.2 = \mathbf{0.2075 \text{ m}^3/\text{s}}$.
- **BV 4:** $Qa(10\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 525.94 \cdot 0.3678 \cdot 0.2 = \mathbf{0.1076 \text{ m}^3/\text{s}}$.
 $Qa(02\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 695.89 \cdot 0.3678 \cdot 0.2 = \mathbf{0.1423 \text{ m}^3/\text{s}}$.
- **BV 5:** $Qa(10\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 741.12 \cdot 0.7279 \cdot 0.2 = \mathbf{0.1907 \text{ m}^3/\text{s}}$.
 $Qa(02\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 623.36 \cdot 0.7279 \cdot 0.2 = \mathbf{0.2532 \text{ m}^3/\text{s}}$.
- **BV 6:** $Qa(10\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 392.31 \cdot 1.3028 \cdot 0.2 = \mathbf{0.2842 \text{ m}^3/\text{s}}$.
 $Qa(02\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 519.08 \cdot 1.3028 \cdot 0.2 = \mathbf{0.3760 \text{ m}^3/\text{s}}$.
- **BV 7:** $Qa(10\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 558.14 \cdot 0.1260 \cdot 0.2 = \mathbf{0.391 \text{ m}^3/\text{s}}$.
 $Qa(02\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 738.50 \cdot 0.1260 \cdot 0.2 = \mathbf{0.0517 \text{ m}^3/\text{s}}$.
- **BV 8:** $Qa(10\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 802.47 \cdot 0.1540 \cdot 0.2 = \mathbf{0.0687 \text{ m}^3/\text{s}}$.
 $Qa(02\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 1061.79 \cdot 0.1540 \cdot 0.2 = \mathbf{0.0909 \text{ m}^3/\text{s}}$.
- **BV 9:** $Qa(10\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 738.40 \cdot 0.1867 \cdot 0.2 = \mathbf{0.0766 \text{ m}^3/\text{s}}$.
 $Qa(02\%) = 2.78 \cdot 10^{-3} \cdot 977.01 \cdot 0.1867 \cdot 0.2 = \mathbf{0.1014 \text{ m}^3/\text{s}}$.

Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Bassin versant	C	K	L'intensité de L'adverse		Surface A (HA)	Débit de crue	
			I (10%) (h/mm)	I (2%) (h/mm)		Q m ³ /s (10%)	Q m ³ /s (02%)
BV1	0.2	0.00278	732.16	968.76	0.1862	0.7558	0.1003
BV2	0.2	0.00278	509.87	674.65	0.6367	0.0180	0.0239
BV3	0.2	0.00278	549.52	727.10	0.1532	0.1568	0.2075
BV4	0.2	0.00278	525.94	695.89	0.3678	0.1076	0.1423
BV5	0.2	0.00278	471.12	623.36	0.7279	0.1907	0.2532
BV6	0.2	0.00278	392.31	519.08	1.3028	0.2842	0.3760
BV7	0.2	0.00278	558.14	738.50	0.1260	0.0391	0.0517
BV8	0.2	0.00278	802.47	1061.79	0.1540	0.0687	0.0909
BV9	0.2	0.00278	738.4	977.01	0.1867	0.0766	0.1014

Tableau VIII-5 : Débit de crue des bassins versants

VII-7- Estimation du débit d'apport :

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

Q_a : Débit maximum d'eau pluviale (m³/s).

C : Coefficient de ruissellement.

I_t : Intensité de la pluie exprimée en mm/h.

K : Coefficient de conversion des unités et est égale a 0.00278

A : Air (ha)

VII-7-1- Surface de l'écoulement :

On considère la présence des trois éléments (**chaussée, talus et accotement**), en calculant le débit d'apport par chaque élément et le débit total sur leurs sections respectives.

- ✓ le talus est pris pour une largeur défavorable de 10m.

a) Pour la chaussée : (Exemple : BV6)

Surface de la chaussée : $A_{\text{chaussée}} = 7 \times 100 \times 10^{-4}$
 $A_{\text{chaussée}} = 0.07 \text{ HA}$

Calcul de temps de concentration :

Nous utiliserons la formule de Ventura :

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{A_c}{P}}$$

Avec : $P_{\text{chaussée}} = 2.5\%$

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.07}{2.5}}$$

$T_c = 0.0213 \text{ h}$

Calcul l'intensité de pluie :

$$I_t = I \left(\frac{T_c}{24} \right)^{b-1} \quad I_t(10\%) = 3.93 \left(\frac{0.0213}{24} \right)^{-0.63} = 328.89 \text{ mm/h.}$$

$I_t(10\%) = 328.89 \text{ mm/h.}$

$$I_t(2\%) = 5.20 \left(\frac{0.0213}{24} \right)^{-0.63} = 435.17 \text{ mm/h}$$

$I_t(2\%) = 435.17 \text{ mm/h}$

➤ **Débit d'apport de la chaussée :**

$$Q_{\text{ach}} = K \cdot I_t \cdot C_c \cdot A_c$$

$$Q_{\text{ach}}(10\%) = 2.78 \times 10^{-3} \times 328.89 \times 0.95 \times 0.07$$

$Q_{\text{ach}}(10\%) = 0.0608 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q_{\text{ach}}(2\%) = 2.78 \times 10^{-3} \times 435.17 \times 0.95 \times 0.07$$

$Q_{\text{ach}}(2\%) = 0.0762 \text{ m}^3/\text{s}$

a) Pour l'accotement :

$$A_{acc}=2.5 \times 700 \times 10^{-4}$$

$$A_{acc}=0.175 \text{ H}$$

- **Calcul de temps de concentration :**

$$\text{Avec : } P_{acc} = 4 \%$$

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{Ac}{p}}$$

$$T_c = 0.127 \text{ h}$$

- **Intensité de pluie**

$$I_t = I \left(\frac{T_c}{24} \right)^{b-1} \quad I_t(10\%) = 3.93 \left(\frac{0.175}{24} \right)^{-0.63} = \mathbf{87.26 \text{ mm/h.}}$$

$$I_t(10\%) = \mathbf{87.26 \text{ mm/h.}}$$

$$I_t(2\%) = 5.20 \left(\frac{0.175}{24} \right)^{-0.63} = \mathbf{115.46 \text{ mm/h.}}$$

$$I_t(2\%) = \mathbf{115.46 \text{ mm/h.}}$$

➤ **Débit d'apport de la l'accotement:**

$$Q_{ach} = K \cdot I_t \cdot C_c \cdot A_c$$

$$Q_{ach}(10\%) = 2.78 \times 10^{-3} \times 87.26 \times 0.4 \times 0.2$$

$$Q_{ach}(10\%) = \mathbf{0.0194 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$Q_{ach}(2\%) = 2.78 \times 10^{-3} \times 115.46 \times 0.4 \times 0.2$$

$$Q_{ach}(2\%) = \mathbf{0.0257 \text{ m}^3/\text{s}}$$

b) Pour le talus :

- **Surface du talus:**

$$A_t = 10 \times 700 \times 10^{-4} = 0.7 \text{ HA}$$

$$A_t = 0.94 \text{ HA}$$

- **Calcul de temps de concentration :**

Avec : $P_{ta} = 66\%$

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.7}{66}}$$
$$T_c = \mathbf{0.0131h}$$

- **Intensité de la pluie**

$$I_t = I \left(\frac{T_c}{24} \right)^{b-1} \quad I_t(10\%) = 3.93 \left(\frac{0.0131}{24} \right)^{-0.63} = \mathbf{446.73 \text{ mm/h.}}$$

$$I_t(10\%) = \mathbf{446.73 \text{ mm/h.}}$$

$$I_t(2\%) = 5.20 \left(\frac{0.0131}{24} \right)^{-0.63} = \mathbf{519.09 \text{ mm/h.}}$$

$$I_t(2\%) = \mathbf{519.09 \text{ mm/h.}}$$

- **Débit d'apport du talus :**

$$Q_{at} = K \cdot I_t \cdot C_t \cdot A_t$$

$$Q_{at}(10\%) = 2.78 \times 10^{-3} \times 446.73 \times 0.3 \times 0.7$$

$$Q_{at}(10\%) = \mathbf{0.2608 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$Q_{at}(2\%) = 2.78 \times 10^{-3} \times 519.09 \times 0.3 \times 0.7$$

$$Q_{at}(2\%) = \mathbf{0.3030 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$Q_{théorique} = Q_{ach} + Q_{acc} + Q_{at}$$

$$Q_{théorique}(10\%) = 0.0608 + 0.0194 + 0.2608 = \mathbf{0.341 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$Q_{théorique}(2\%) = 0.0762 + 0.0257 + 0.3030 = \mathbf{0.4049 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Calcule de débit d'apport :

$$Q_{AP} = Q_{th} + Q_{ap}$$

- **Q (BV1) : $Q_a(10\%) = 0.0758 + 0.341 = 0.4168 \text{ m}^3/\text{h}$**

CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT

$$Q_a(02\%) = 0.1003 + 0.4049 = 0.5052 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ **Q (BV2):** $Q_a(10\%) = 0.180 + 0.341 = 0.521 \text{ m}^3/\text{h}$

$$Q_a(02\%) = 0.2039 + 0.4049 = 0.6088 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ **Q (BV3):** $Q_a(10\%) = 0.1568 + 0.341 = 0.4978 \text{ m}^3/\text{h}$

$$Q_a(02\%) = 0.2075 + 0.4049 = 0.6124 \text{ m}^3/\text{h}$$

Pour le BV4 $Q_{AP} = Q_{th} + Q_{ap} + Q_{BV3} + Q_{BV2}$

➤ **Q (BV4):** $Q_a(10\%) = 0.1076 + 0.341 + 0.521 + 0.4978 = 1.4674 \text{ m}^3/\text{h}$

$$Q_a(02\%) = 0.1423 + 0.4049 + 0.6088 + 0.6124 = 1.7684 \text{ m}^3/\text{h}$$

Pour le BV5 $Q_{AP} = Q_{th} + Q_{ap} + Q_{BV1}$

➤ **Q (BV5):** $Q_a(10\%) = 0.1907 + 0.341 + 0.4168 = 0.9485 \text{ m}^3/\text{h}$

$$Q_a(02\%) = 0.2532 + 0.4049 + 0.5052 = 1.1633 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ **Q (BV6):** $Q_a(10\%) = 0.2842 + 0.341 = 0.6252 \text{ m}^3/\text{h}$

$$Q_a(02\%) = 0.3760 + 0.4049 = 0.7809 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ **Q (BV7):** $Q_a(10\%) = 0.391 + 0.0341 = 0.4251 \text{ m}^3/\text{h}$

$$Q_a(02\%) = 0.0517 + 0.4049 = 0.4566$$

➤ **Q (BV8):** $Q_a(10\%) = 0.0687 + 0.341 = 0.4097 \text{ m}^3/\text{h}$

$$Q_a(02\%) = 0.0909 + 0.4049 = 0.4958 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ **Q (BV9):** $Q_a(10\%) = 0.0766 + 0.341 = 0.4176 \text{ m}^3/\text{h}$

$$Q_a(02\%) = 0.1014 + 0.4049 = 0.5063 \text{ m}^3/\text{h}$$

VII-8- Estimation des débits de saturation :

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

$$QS = S K_{st} \sqrt{I} R h^{\frac{2}{3}}$$

CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT

Tel que :

Kst : Coefficient de Manning Strickler.

I : Pente de pose de l'ouvrage.

S : Section mouillée (m²).

Rh : Rayon hydraulique moyen (m) avec : $Rh = \frac{\text{section mouillée}}{\text{périmètre mouillé}}$

Fossés en terre	K = 30
Fossés plats engazonné	K = 15
Collecteur en béton	K = 70

Tableau VIII-7 : Valeurs des coefficients de Manning-Strickler

VII-9- Dimensionnement des ouvrages hydrauliques :

Les ouvrages d'art destinés à l'évacuation des eaux superficielles peuvent être classés en deux grandes catégories :

a) les petits ouvrages tels que les buses, les dalots, les fossés, les radiers submersibles, etc ...

b) les grands ouvrages tels que sont les ponts.

On a réalisé deux types d'ouvrages pour notre chaussée, à fin d'assurer un drainage judicieux sur tout le long de l'itinéraire.

Les deux types sont représentés comme les suivants :

1/ Des buses qui ont pour but d'assurer l'écoulement sous terrain des eaux lorsque leur volume est faible.

2/ Pour le volume important on construit alors des dalots.

On vérifie que le dimensionnement et le calage des ouvrages choisis fournissent

Des conditions d'écoulement acceptables :

- ✓ Un écoulement à surface libre.
- ✓ Une vitesse d'écoulement inférieure à 4 m/s.
- ✓ Une hauteur d'eau amont acceptable.

CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT

- ✓ Une revanche pour le passage des corps flottants.

VII-9-1- Dimensionnement des fossés :

Le fossé est une structure linéaire creusée pour drainer, collecter ou faire circuler des eaux de ruissellement prévenant de la route et du talus. Il permet notamment de drainer la structure de la piste. Un fossé bien entretenu contribue ainsi à la pérennité de la piste cyclable.

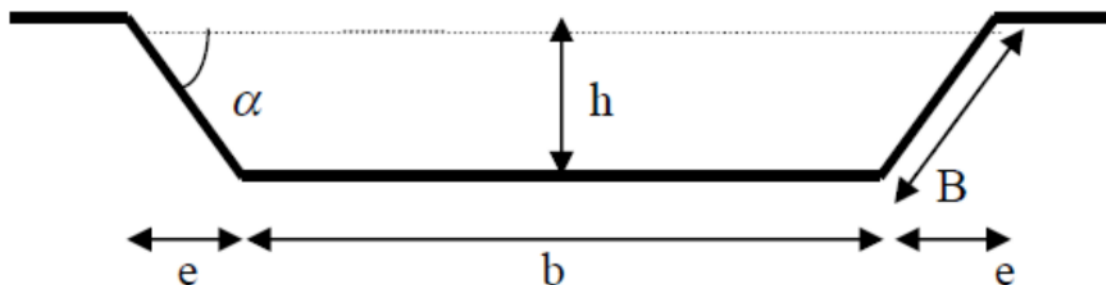
- Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation.

$$Q_a = Q_s = K \times I \times C \times A = K_{st} \times I^{1/2} \times S_m \times R_h^{2/3}$$

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

Les fossés récupèrent les eaux issues de la chaussée, de l' accotement et des talus, pour notre projet, Quelque soit la hauteur des talus, on prévoit des fossés de forme **trapézoïdale** à parois en béton.

Le profil en travers hypothétique d'un fossé est donné par la figure ci-dessous



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

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

Le dimensionnement des fossés doit satisfaire l'égalité entre le débit d'apport et débit desaturation.

- **Calcul de la surface mouillée :**

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

$$Tg = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \text{ donc } e = n.h$$

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

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

- **Calcul de périmètre mouillé :**

$$P_m = b + 2B$$

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

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

- **Calcul de rayon hydraulique :**

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

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

On dimensionne les fossés par rapport aux débits de calcul en considérant une période de retour de **10ans**:

On fixe le **b** et le **n** et le **h**

- **h**= 0.4m
- **b**=0.5m
- **n**=1.5
- **La pente I**= 4%
- **K_{st}**=70

➤ **Vérification:**

$$Q_s = 70 \times 0.04^{1/2} \times 0.4(1.5 \times 0.4 + 0.50) \times \left(\frac{0.4(1.5 \times 0.4 + 0.5)}{0.5 + 2 \times 0.4(\sqrt{1 + 1.5^2})}\right)^{2/3}$$

$$Q_s = 2.55 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Q_s > aux débit de calculs donc les dimensions adoptés.

CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT

VII-9-2- Dimensionnement des buses :



Les buses ces des Ouvrage hydraulique en béton utilisé pour le rétablissement des écoulements naturels.

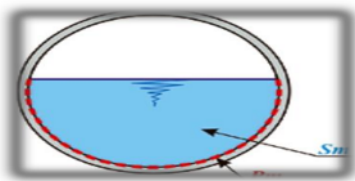
on dimensionne les buses par rapport au débit : $Q_a = Q_{\text{chaussée}} + Q_{\text{accotement}} + Q_{\text{talus}} + Q_{\text{BV}}$.

En considérant une période de retour de 10 ans.

On a des débits moyens nous proposons donc des ouvrage busé avec une pente de (2%).

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

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



- $S_m = 1/2 \pi R^2$ (pour une hauteur de remplissage $= 0.5 \varphi$)
- $P_m = 2\pi R$
- Rayon hydraulique $R_h = S_m / P_m = R/2$
- $K_{st} = 80$ (pour les buses).
- I : la pente de pose qui vérifie la condition de limitation de la vitesse maximale d'écoulement 4 m/s pour notre cas on a : $I = 2.5\%$.

➤ **Pour BV1 :**

On a: $Q_s = 80 (R/2)^{2/3} (0.025)^{1/2} \pi R^{2/2} = Q_a = \mathbf{0.4168 \text{ m}^3/\text{s}}$

$$R^{8/3} = \frac{Q_a \times 2^{2/3}}{K_s \times \frac{1}{2} \times \pi \times I^{1/2}} = \frac{0.4168 \times 2^{2/3}}{80 \times \frac{1}{2} \times 3.14 \times 0.025^{1/2}}$$

R = 0.28m alors on aura **D = 2R = 0.56m**

Une fois le diamètre est calculé, on adoptera un diamètre normalisé commercial tel que :

Φ 400, Φ 500, Φ 800, Φ 1000, Φ 1200, Φ 1500...etc.

✓ D'où le diamètre de la buse est : **Φ800**

➤ **Pour BV2 :**

On a $Q_s = 80 (R/2)^{2/3} (0.025)^{1/2} \pi R^{2/2} = Q_a = \mathbf{0.521 \text{ m}^3/\text{s}}$.

$$R^{8/3} = \frac{Q_a \times 2^{2/3}}{K_s \times \frac{1}{2} \times \pi \times I^{1/2}} = \frac{0.521 \times 2^{2/3}}{80 \times \frac{1}{2} \times 3.14 \times 0.025^{1/2}}$$

R = 0.30 m alors on aura **D = 2R = 0.60 m**

✓ D'où le diamètre de la buse est : **Φ800**

➤ **Pour BV3 :**

On a $Q_s = 80 (R/2)^{2/3} (0.025)^{1/2} \pi R^{2/2} = Q_a = \mathbf{0.4978 \text{ m}^3/\text{s}}$.

$$R^{8/3} = \frac{Q_a \times 2^{2/3}}{K_s \times \frac{1}{2} \times \pi \times I^{1/2}} = \frac{0.4978 \times 2^{2/3}}{80 \times \frac{1}{2} \times 3.14 \times 0.025^{1/2}}$$

R = 0.30m alors on aura **D = 2R = 0.60m**

✓ D'où le diamètre de la buse est : **Φ800**

➤ **Pour BV4 :**

On a $Q_s = 80 (R/2)^{2/3} (0.025)^{1/2} \pi R^{2/2} = Q_a = \mathbf{1.4674 \text{ m}^3/\text{s}}$.

$$R^{8/3} = \frac{Q_a \times 2^{2/3}}{K_s \times \frac{1}{2} \times \pi \times I^{1/2}} = \frac{1.4674 \times 2^{2/3}}{80 \times \frac{1}{2} \times 3.14 \times 0.025^{1/2}}$$

R = 0.45 alors on aura **D = 2R = 0.9 m**

✓ D'où le diamètre de la buse est : **Φ1000**

➤ **Pour BV5 :**

$$\text{On a } Q_s = 80 (R/2)^{2/3} (0.025)^{1/2} \pi R^2/2 = Q_a = \mathbf{0.9485 \text{ m}^3/\text{s}}.$$

$$R^{8/3} = \frac{Q_a \times 2^{2/3}}{Ks \times \frac{1}{2} \times} = \frac{0.9485 \times 2^{2/3}}{80 \times \frac{1}{2} \times 3.14 \times 0.025^2} \frac{1}{1}$$

$$\mathbf{R = 0.38 \text{ m}} \text{ alors on aura } \mathbf{D = 2R = 0.76 \text{ m}}$$

✓ D'où le diamètre de la buse est : **Φ800**

➤ **Pour BV6 :**

$$\text{On a } Q_s = 80 (R/2)^{2/3} (0.025)^{1/2} \pi R^2/2 = Q_a = \mathbf{0.6252 \text{ m}^3/\text{s}}.$$

$$R^{8/3} = \frac{Q_a \times 2^{2/3}}{Ks \times \frac{1}{2} \times} = \frac{0.6252 \times 2^{2/3}}{80 \times \frac{1}{2} \times 3.14 \times 0.025^2} \frac{1}{1}$$

$$\mathbf{R = 0.33 \text{ m}} \text{ alors on aura } \mathbf{D = 2R = 0.66 \text{ m}}$$

✓ D'où le diamètre de la buse est : **Φ800**

➤ **Pour BV7 :**

$$\text{On a } Q_s = 80 (R/2)^{2/3} (0.025)^{1/2} \pi R^2/2 = Q_a = \mathbf{0.4251 \text{ m}^3/\text{s}}.$$

$$R^{8/3} = \frac{Q_a \times 2^{2/3}}{Ks \times \frac{1}{2} \times} = \frac{0.4251 \times 2^{2/3}}{80 \times \frac{1}{2} \times 3.14 \times 0.025^2} \frac{1}{1}$$

$$\mathbf{R = 0.28 \text{ m}} \text{ alors on aura } \mathbf{D = 2R = 0.56 \text{ m}}$$

✓ D'où le diamètre de la buse est : **Φ800**

➤ **Pour BV8 :**

$$\text{On a } Q_s = 80 (R/2)^{2/3} (0.025)^{1/2} \pi R^2/2 = Q_a = \mathbf{0.4097 \text{ m}^3/\text{s}}.$$

$$R^{8/3} = \frac{Q_a \times 2^{2/3}}{Ks \times \frac{1}{2} \times} = \frac{0.4097 \times 2^{2/3}}{80 \times \frac{1}{2} \times 3.14 \times 0.025^2} \frac{1}{1}$$

$$\mathbf{R = 0.27 \text{ m}} \text{ alors on aura } \mathbf{D = 2R = 0.54 \text{ m}}$$

CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT

✓ D'où le diamètre de la buse est : **Φ800**

➤ **Pour BV9 :**

On a $Q_s = 80 (R/2)^{2/3} (0.025)^{1/2} \pi R^2/2 = Q_a = \mathbf{0.4176 \text{ m}^3/\text{s}}$.

$$R^{8/3} = \frac{Q_a \times 2^{2/3}}{K_s \times \frac{1}{2} \times} = \frac{0.4176 \times 2^{2/3}}{80 \times \frac{1}{2} \times 3.14 \times 0.025^2} \times \frac{1}{1}$$

R = 0.28m alors on aura **D = 2R = 0.56 m**

✓ D'où le diamètre de la buse est : **Φ800**

Nous éviterons dans notre projet d'utiliser les buses métalliques pour tous les inconvénients qu'elles peuvent avoir comme la corrosion, dégradation des matériaux, l'enfoncement, poinçonnements et dégradations locales des tôles.

NB : Nous n'avons pas de dalot dans notre projet.

VII-10- Conclusion :

Les résultats de l'étude hydrologique sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

Bassin versant	Type d'ouvrage	Dimensions
BV1	Buse	Φ 800
BV2	Buse	Φ 800
BV3	Buse	Φ 800
BV4	Buse	Φ 1000
BV5	Buse	Φ 800
BV6	Buse	Φ 800
BV7	Buse	Φ 800
BV8	Buse	Φ 800
BV9	Buse	Φ 800

VIII-I- Sécurité :

VIII-I- 1-Introduction :

La prévention routière, ou sécurité routière, est l'ensemble des mesures visant à éviter les accidents de la route ou à atténuer leurs conséquences et de rendre plus facile et plus sûre l'utilisation des routes et des autoroutes, elle correspond à un enjeu majeur de protection des personnes.

VIII) I-2: Objectifs de signalisation routière :

La signalisation routière a pour rôle :

- De rendre plus sûr et plus facile la circulation routière.
- De rappeler certaines prescriptions du code de la route.
- D'indiquer et de rappeler les diverses prescriptions particulières.
- De donner des informations relatives à l'usage de la route.

VIII)I-3- Règles à respecter pour la signalisation:

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

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Eviter les panneaux publicitaires irréguliers.
- Simplicité qui s'obtient en évitant un surplus de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.

VIII)1-4: Types de signalisation :

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation verticale.
- Signalisation horizontale.

VIII)1-4-1 Signalisation verticale :

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

Elles peuvent être classées dans trois classes:

✓ Signaux de danger :

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

✓ Signaux comportant une prescription absolue :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

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

✓ Signaux à simple indication:

Panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminés en pointe de flèche :

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

VIII)1-4-2 Signalisation horizontale :

Elle concerne uniquement les marques sur chaussée qui sont employées pour indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation.

La signalisation horizontale se divise en deux types :

• Marques longitudinales :

Elles sont utilisées pour délimiter les voies de circulation. On trouve :

Les lignes continues :

Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit, notamment parce que la visibilité est insuffisante.

Les lignes discontinues :

Les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir, elles se différencient par leur module, qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle.

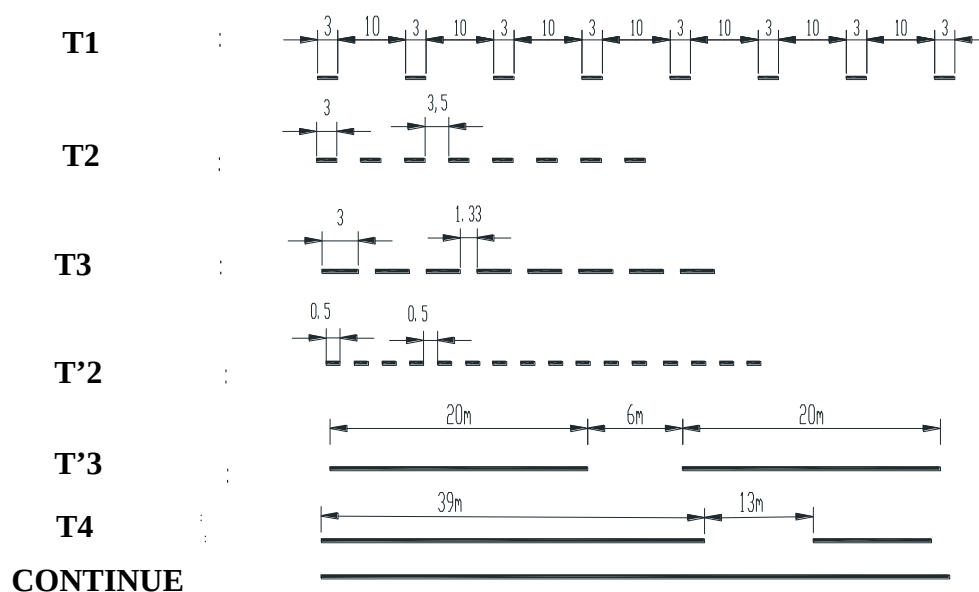
📊 Modulation des lignes discontinues :

Elles sont basées sur une longueur périodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :

Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre deux traits successifs (m)	Rapport Plein/Vide
T ₁	3	10	$\approx 3/1$
T' ₁	1.5	5	
T ₂	3	3.5	≈ 1
T' ₂	0.5	0.5	
T ₃	3	1.33	≈ 3
T' ₃	20	6	
T ₄	39	13	$\approx 1/3$

Tableau X-1- Caractéristiques des lignes discontinues.

b) Marquage des chaussées :



CHAPITRE VIII : EQUIPEMENTS DE ROUTE ET SIGNALISATIONS

T1: Ligne de guidage ou délimitation des voies normales de circulation de même sens. (Largeur l=15cm).

T2: Ligne utilisée pour délimiter les rives de la chaussée (largeur l=18cm).

T3: Ligne de délimitation des voies d'insertion, les voies TAG, TAD (largeur l=18cm).

T'2: Ligne transversale (Cédez le Passage, largeur l= 30cm).

T'3: Ligne utilisée pour délimiter les rives dans les rives de carrefours (largeur =18cm).

T4 : Ligne délimitant une bande d'arrêt d'urgence

Ligne continue : Qui est infranchissable et dont la largeur est de l= 18cm devant les ilots Directionnels.

c) Autres marquages:

- **Flèches de sélection :**

Flèches situées au milieu d'une voie signalant aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.

- **Flèche de rabattement :**

Une flèche légèrement incurvée signalant aux usages qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.

VIII)1-5: Les critères de choix de la signalisation:

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation tout en respectant les critères suivants :

- ✓ Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéités).
- ✓ Cohérence avec les règles de circulation. Choix.
- ✓ Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- ✓ Simplicité : elle s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatigue l'attention de l'utilisateur.
- ✓ Eviter la publicité irrégulière.

VIII).I-6- Application au projet :

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

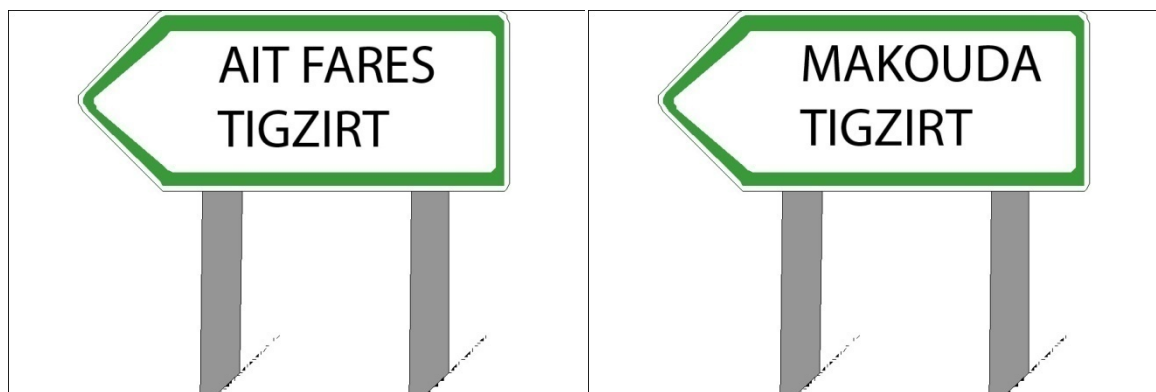
Signalisation horizontale :

- 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



SIGNALISATION DE DIRECTION :





VIII-II- Eclairage :

VIII-II-1 : Introduction:

L'éclairage public doit assurer aux usagers de la route de circuler de nuit avec une sécurité et un confort que possible, c'est à- dire voir tout ce qu'il pourra exister comme obstacles sans l'aide des projecteurs de la voiture ou de croisement ; ainsi que voir tous les éléments de la route (les bordures de trottoir les carrefours...etc.).

Une bonne visibilité des bordures de trottoir des véhicules et des obstacles et l'absence de zone d'ombre sont essentiels pour les piétons.

Il existe quatre classes d'éclairage public :

Classe A : éclairage général d'une route ou autoroute.

Classe B : éclairage urbain (voirie artérielle et de distribution).

Classe C : éclairage des voies dessertes.

Classe D : éclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé

VIII-II-2: Eclairage d'un point singulier :

Les caractéristiques de l'éclairage d'un point singulier, situé sur un itinéraire non éclairé doivent être les suivantes :

- A longue distance 800 à 1000 m du point singulier, tache lumineuse éveillant l'attention de l'automobiliste.
- A distance moyenne 300 à 500 m, idée de la configuration du point singulier.
- A faible distance, distinguer sans ambiguïté les obstacles.
- A la sortie de la zone éclairée, pas de phénomène de cécité passagère.

VIII-II-3: Paramètre de l'implantation des luminaires :

- L'espacement (e) entre luminaires qui varie en fonction de type des voies.
- La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et parfois 12 m pour les grandes largeurs de chaussées.
- La largeur (l) de la chaussée
- La 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.

VIII-II-4: Eclairage appliqué à notre projet :

- 🚦 Eclairage de la voie (le long de l'évitement de la ville MAKOUDA sur 3 km) :
Des lampadaires sont implantés dans l'accotement avec un foyer éclairer une demi-chaussée, espacée de 25 m et une hauteur de 8 m pour chacun des lampadaires

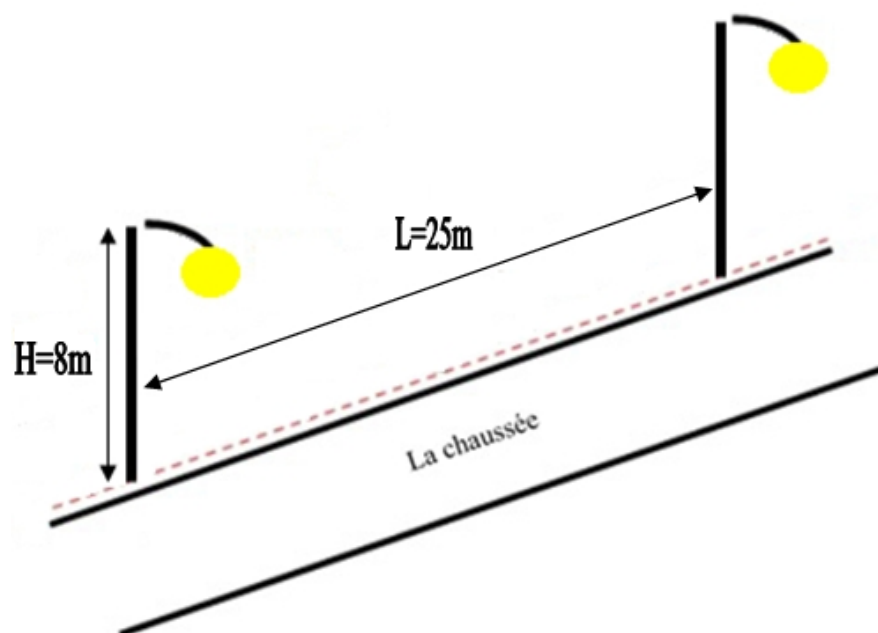


Figure XI. 7 : Disposition des lampadaires.

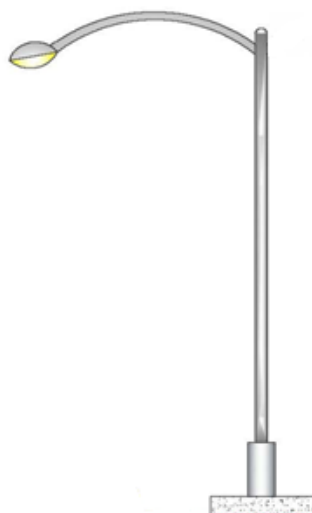


Figure XI. 8 : Un lampadaire.

CHAPITRE IX : IMPACTES SUR L'ENVIRONNEMENT

IX-1- Introduction :

Tout projet de construction ou d'aménagement d'une infrastructure doit faire l'objet d'une évaluation de son 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. Le code de l'environnement a été récemment introduit l'obligation d'y ajouter l'évaluation de l'impact du projet sur la santé de l'homme.

IX-2- 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.
- Limiter ou corriger ce qui peut conduire à des dégradations.
- Gérer et entretenir les abords de la route.

IX-3 - Les impacts positifs :

IX-3 -1 L'impact socioéconomique :

- Dynamiser l'activité économique régionale.
- Soulager la RN72 (la ville de makouda) en créant un évitement
- 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).

IX-3-2 Impact sur le bâti :

- Le tracé de notre projet se situe dans une zone rurale et qui traverse une habitation (village ait farés).

IX-4- Les Impacts négatifs :

IX-4-1 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-4-2 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 a 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 nouvelle infrastructure générera un trafic important ce qui augmentera la pollution de l'air dans les zones traversées.
- La pollution résultant du fonctionnement des moteurs à combustion interne, essence ou diesel, est caractérisée par des émissions de polluant gazeux.
- La circulation routière est la principale source de CO₂.

IX-5- 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.

Chapitre XII Devis quantitatif estimatif.

"LOT ROUTE"

DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF

N°	Désignation des travaux	Unités	Quantités	Prix unitaires	Montant
	Installation de chantier				
1.1	Amené et repli du matériel (y compris toutes installations confondus)	F	1	1 500 000	1 500 000,00
1.1	Dossier d'exécution	F	1	200 000	200 000,00
1.2	Etude géotechnique complémentaire	F	1	150 000	150 000,00
	SOUS TOTAL 1				1 850 000.00
	<u>02 PREPARATION DE TERRAIN</u>				
2.1	Décapage de la terre végétale	M2	30413,68	50	1520684,00
2.2	Débroussaillage et essartage	M2	30413,68	40	1 216547.20
	SOUS TOTAL 2				2767231.20
	<u>03- TERRASSEMENT</u>				
3.1	déblais mis en dépôt	M3	65703	200	13140600,00
3.4	Déblais mis en remblai selon plans	M3	392127	400	156850800,00
	SOUS TOTAL 3				169991400.00
	<u>04- CHAUSSEE</u>				
4.1	Couche de roulement en béton bitumineux e=6,00 cm	T	1277,40	5 000	6387 000.00
4.3	Couche de base en grave bitume e=14,00 cm	T	2980,54	4 000	11922160.00
4.5	Couche de fondation en grave non traite e=19,00cm	M3	4045 ,00	2 000	8090 000.00
4.6	Couche de forme en matériaux sélectionnés 40cm	M3	8515,83	1 500	12773745.00
	SOUS TOTAL 4				39172905.00
	<u>05- ASSAINISSEMENT</u>				
5.1	<u>OUVRAGES BUSES</u>				
5.1.1	Ouvrages busés de diam 1000 compris terrassements	ML	73,50	11 000	808500.00
5.1.2	Ouvrages buses de diam Ø 800 compris terrassements	ML	584,00	10 500	6132000.00
	SOUS TOTAL 5				6940500.00

Chapitre XII Devis quantitatif estimatif.

	<u>6 - Divers</u>				
6.1	Glissière de sécurité	ML	1150	2 000	2 300000.00
	SOUS TOTAL 6				2 300000.00
	<u>7-EQUIPEMENT ROUTIER</u>				
7.1	<u>Marquage horizontale</u>				
7.1.1	Marquage de la chaussée en lignes continues de largeur de 20 cm	ML	1 953,00	50	97650,00
7.1.3	<u>Marquage de la chaussée en lignes discontinue</u>		1088.368	50	544184 .40
7.3	<u>Signalisation verticale</u>				
7.3.1	<u>Panneaux de signalisation verticale :</u>				
7.3.1.1	* Type A : signaux de danger	U	10	410	4100
7.3.1.2	* Type E/B : signaux de direction	U	4	410	1640
	SOUS TOTAL 7				647574.40
	<u>8-ENVIRONNEMENT</u>				
8.1	Total surface pour reboisement	M2	250,00	500	125000
	SOUS TOTAL 8				125000.00
			TOTAL (H.T)		223794610.60
			T.V.A 17		38045083.8
			TOTAL(T.T.C)		261839694.40

Remarque :

Les prix unitaires pris en compte lors de l'élaboration de ce devis sont les plus couramment utilisés pour les travaux routiers, aussi l'absence des détails sur le mode d'exécution de certains postes et le manque de données font de notre montant une estimation approximative

Conclusion :

Le montant total du projet est de : Deux cent soixante et un millions, Huit cent trente neuf mille, Six cent quatorze vingt quatorze Dinars et Quarante centimes.

Conclusion Générale

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

Nous avons essayé d'appliquer toutes les normes, directives et recommandations liées au domaine routier pour contrecarrer les contraintes rencontrées sur le terrain. Par ailleurs, le souci primordial ayant guidé notre modeste travail a été dans un premier temps la prise en considération du confort et de la sécurité des usagers de la route et dans un second temps l'économie et l'aspect environnemental lié à l'impact de la réalisation de cette route

Notre étude d'aménagement d'un évitement de la ville de MAKOUDA en phase APD, 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 à une chaussées de deux voies (bidirectionnelle) de 3.5m chacune et un accotement de 1.5 m

- L'élaboration de ce projet nous a aidés à mieux maitriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels PISTE 5.05, Autocad (version 2009), 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 dont les caractéristiques sont les suivantes :
- Longueur d'axe de 3.50 Km
- Une plate-forme de 10m
- Des faussées trapézoïdales dont la base et de 0.5m et la hauteur et de 0.4m
- Des talus dont les hauteurs variées selon la hauteur des déblais.

Aussi, on a utilisé le logiciel ALIZE qui nous a permis de vérifier les épaisseurs des différentes couches constituant le corps de chaussée :

- Couche de roulement **06cm en BB**
- Couche de base **14 cm en GB**
- Couche de fondation **19 cm en GNT**
- Couche de forme **40 cm en TUF**

CONCLUSION GENERAL

Le Montan totale du lot route s'élève a : Deux cent soixante et un millions, Huit cent trente neuf mille, Six cent quatorze vingt quatorze Dinars et Quarante centimes.

Finalement, grâce a ce projet on s'immerge dans le milieu professionnel par acquisition plusieurs connaissances dans le domaine du génie civil.

BIBLIOGRAPHIE

- **B40** (Normes techniques d'aménagement des routes et trafic et capacité des routes).
- Ancients mémoires de fin d'étude, au département génie civil de **L'UMMTO**.
- Ancients mémoires de fin d'étude, au département génie civil de **L'ENTP**
- Cour de route 4ème année mastère de **UMMTO**
- Code Algérien de la route.
- **ARP** aménagement des route principales (recommandation techniques (**aout 1994**))
- Catalogue de dimensionnement des chaussée neuves (**CTTP**)
- Aménagement des échangeurs (**ICTTAL**)
- Aménagement des carrefours (**SETRA**)
- Recommandation pour l'assainissement routie (**SETRA**)
- Mécanique des sols : théorie et pratique , Manul du laboratoire routier **D. TREMBLAY**
- Cour de terrassement **GTR-de SETRA**
- Site internet :
 - www.courgeniecivil.com
 - www.ana.org.dz
 - www.setra.fr
- Vidéo sur internet (Youtub) de
 - Conception de carrefours
 - Conception d'échangeur
 - Conception des tracés routiers sur piste
 - Utilisation d'ALIZE-LCPC
- Logiciels
 - Piste 5.05
 - Autocad 2009
 - ALIZE-LCPC

Bibliographie

Annexes