

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique**  
**UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU**

**Faculté de génie de la construction**  
**Département de génie civil**



# MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

**En vue d'obtention du diplôme de master en génie civil**  
**Option : Voies et Ouvrages d'Arts**

**THEME**

**Etude d'un tronçon de 3km  
de la Pénétrante de Tizi-Ouzou**



**Encadré par :**  
**Mr. GABI**

**Présenté par :**

**M<sup>elle</sup> : ZERMANE DYHIA**

**M<sup>elle</sup> : SAADI TASSADIT**

**Promotion 2016/2017**

## *REMERCIEMENTS*

*Louange à Dieu, qui nous a guidé, et sans lui nous n'aurions jamais été sur la bonne voie.*

*Nous remercions nos très chers parents pour leurs soutiens et leurs patiences.*

*Nous remercions notre encadreur Monsieur Gabi Smail, pour son suivi et ses précieux conseils durant l'évolution de ce travail.*

*Notre gratitude à tout le personnel de l'ANA.*

*Nous remercions aussi tous les enseignants qui nous ont suivis durant toute la formation.*

*Tous nos remerciements aux membres du jury qui nous ferons l'honneur de juger notre travail.*



# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à:*

*A la mémoire de mon frère*

*A ma très chère famille*

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

*A ma grande mère Ouardia.*

*A mes chers frères : Sofiane, Djoudhi, Nazim et Akli.*

*Mes chères sœurs: Yamina et Alicia.*

*A ma tante Farida et son mari Rabah et leur adorable bébé Wassim.*

*A mes amies : Thiziri et Sabah.*

*A ma chère binôme : Tassadit (Zazie) et sa famille*

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

*Dyhia*

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à:*

*A ma très chère famille*

*Ma chère et tendre mère qui a su veiller sur moi et m'encourager pendant toutes mes années d'études que dieu te bénisse et te protège*

*Mon très cher père qui m'a offert le soutien et le courage et qui ma guider vers le meilleur que dieu te bénisse et te protège*

*Mon cher frère : Zahir et son épouse Christelle.*

*Mes chers frères: Nourdine, Hamza et Nacer.*

*A mes cousines : Zahra, Farida, Tassadit, Karima, Fadila, Djidji.*

*A ma chère binôme : Dyhia et sa famille*

*A tous ce qui me connaisse de prés et de loin.*

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

*Tassadit*

# Sommaire

Introduction générale.....	01
----------------------------	----

## **Chapitre I : Présentation du projet.**

I-Introduction .....	02
II- Présentation du projet .....	02
III-Objectif et utilité du projet.....	03
IV- Géographie .....	03

## **Chapitre II : Données de bases.**

I-Introduction .....	04
II-Choix de la catégorie de la route .....	04
III-Dispositions conventionnelles.....	04
IV-Règles de visibilité .....	05
V- Vérification des règles de visibilité .....	05
VI-Normes géométriques d'après « L'ICTAAL 2000 » .....	06

## **Chapitre III : Etude du trafic.**

I-Introduction .....	07
II-Différents type du trafic.....	07
III-Analyse du trafic .....	07
IV-Calcul de la capacité.....	08
V-Application au projet .....	10

## **Chapitre IV : Etude géotechnique.**

I-Introduction .....	13
II- Objectif de la géotechnique routière.....	13
III- Aperçu sismique.....	13
IV-Aperçu géologique et hydrologique .....	15
V- Aperçu géotechnique .....	17

## **Chapitre V : Dimensionnement du corps de chaussée.**

I-Introduction .....	27
II- Différentes catégories de chaussée .....	27
III- Les paramètres présent en compte pour le dimensionnement des chaussées .....	29
IV-Les méthodes de dimensionnement.....	29
V-Application au projet .....	33
VI- Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support .....	38
VII-Conclusion.....	42

## **Chapitre VI : Etude géométrique.**

### **❖ PARTIE I : Présentation brève du logiciel PISTE.**

I-Introduction .....	43
II- Présentation du logiciel Piste 5.....	43
III-Organigramme de l'application .....	43

### **❖ PARTIE II : Caractéristiques géométriques.**

I-Introduction .....	44
II- Tracé en plan.....	44
III- Profil en long .....	52
IV- Profil en travers.....	55
V-Conclusion .....	57

## **Chapitre VII : Cubature et terrassement.**

I- Introduction .....	59
II- Définitions.....	59
III- Le compactage.....	59
IV-Cubature de terrassement.....	60
V-Méthodes de calculs.....	60
VI. Application au projet .....	62

## **Chapitre VIII : Assainissement.**

I-Introduction .....	63
II- Dégradations causées par l'eau .....	63
III- Objectif de l'assainissement routier .....	63
IV-Assainissement de la chaussée.....	64
V-Quelques définitions .....	65
VI-Etude hydrologique .....	65
VII- Application au projet .....	69
VIII-Conclusion .....	78

## **Chapitre IX : Equipement de la route.**

I- Signalisation .....	79
II-Sécurité .....	84
III- Eclairage.....	86

**Chapitre X : Impact sur l'environnement.**

I-Introduction ..... 88  
II-Cadre juridique ..... 88  
III-Etude d'impact sur l'environnement ..... 88  
VI- Conclusion ..... 92

**Conclusion général ..... 93**

**Bibliographie**

**Annexes**

# Liste des tableaux

## Chapitre II : Données de bases.

Tableau II-1 : Paramètres géométriques d'après l'ICTAAL2000.....	06
--	----

## Chapitre III : Etude du trafic.

Tableau III-1 : Coefficients d'équivalence (P) .....	08
Tableau III-2 : Valeurs de K1 .....	09
Tableau III-3 : Valeurs de K2.....	09
Tableau III-4 : Valeurs de la capacité théorique .....	09
Tableau III-5 : Résultats de calcul.....	11

## Chapitre IV : Etude géotechnique.

Tableau IV-1 : Coefficient d'accélération de zone A .....	14
Tableau IV-2 : Classification géotechnique des sites selon les unités.....	14
Tableau IV-3 : Les points d'observations géologiques.....	16
Tableau IV-4 : Reconnaissances géologiques et géotechniques réalisées.....	19
Tableau IV-5 : Etat actuel des puits de reconnaissances et résultats.....	20
Tableau IV-6 : Résultats des essais carottés et préssiométriques .....	20
Tableau IV-7 : Résultats des essais physiques .....	21
Tableau IV-8 : Résultats des essais physiques .....	21
Tableau IV-9 : Résultats des essais chimiques .....	22
Tableau IV-10 : Classification des roches selon la teneur en carbonate .....	22
Tableau IV-12 : Classifications des sols selon LCPC.....	25
Tableau IV-13 : Classification des sols selon le GTR.....	25
Tableau IV-14 : Conditions de réutilisation des sols en remblai.....	26

## Chapitre V : Dimensionnement du corps de chaussée.

Tableau V-1 : Les coefficients d'équivalence.....	30
Tableau V-2 : Classe du trafic .....	32
Tableau V-3 : Le classement des sols.....	32
Tableau V-4 : Sur classement de couche de forme en matériaux non traités.....	33
Tableau V-5:Dimensionnement du corps de chaussée.....	34
Tableau V-6 : Classification des réseaux principaux .....	35
Tableau V-7:Classe de portance du sol-support.....	36
Tableau V-8 : Données de vie adoptées .....	37
Tableau V-9 : Performances mécaniques des matériaux bitumineux .....	40

<b>Tableau V- 10:</b> Déformations .....	41
<b>Tableau V-11:</b> Comparaison des deux méthodes.....	42

**Chapitre VI : Etude géométrique.**

<b>Tableau VI-1 :</b> Valeurs extrêmes du tracé en plan REF ICTAAL200.....	46.
<b>Tableau VI-2 :</b> Valeurs minimales des rayons du tracé en plan Selon ICTAAL2000.....	46
<b>Tableau VI-3 :</b> Valeurs limites des paramètres du profil en long.....	52

**Chapitre VIII : Assainissement.**

<b>Tableau VIII-1:</b> Coefficients de ruissellement en fonction de type de chaussée .....	66
<b>Tableau VIII-2 :</b> Variable de gauss en fonction de la période de retour .....	67
<b>Tableau VIII-3 :</b> Caractéristiques des bassins versants .....	70
<b>Tableau VIII-4 :</b> Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle .....	70
<b>Tableau VIII-5 :</b> Temps de concentration.....	70
<b>Tableau VIII-6 :</b> Intensité de l'averse .....	70
<b>Tableau VIII-7 :</b> Débits des crues des bassins versants.....	71
<b>Tableau VIII-8:</b> Les calculs des débits d'apports de BV N°01 .....	73
<b>Tableau VIII-9 :</b> Les débits d'apports de BV N°02 .....	73
<b>Tableau VIII-10 :</b> Les débits d'apport de BV N°03.....	73
<b>Tableau VIII-11 :</b> Types d'ouvrages de notre projet .....	78

**Chapitre IX : Equipement de la route.**

<b>Tableau IX-1 :</b> Caractéristiques des lignes discontinues .....	81
--	----

# Liste des figures

## Chapitre I : Présentation du projet.

Figure I-1: La pénétrante reliant Tizi-Ouzou à l'autoroute Est-Ouest .....	02
Figure I-2: Implantation de tronçon PK29+700 jusqu'au PK32+700 .....	03

## Chapitre IV : Etude géotechnique.

Figure IV-1 : Zonage sismique de l'Algérie .....	13
Figure IV-2 : Ensemble géologique du Nord de l'Algérie .....	15
Figure IV-3 : Coupe schématique du projet.....	15
Figure IV-4 : Sondage carotté .....	19
Figure IV-5 : Abaque de la classification GTR.....	23
Figure IV-6 : Diagramme de CASAGRANDE.....	24

## Chapitre V : Dimensionnement du corps de chaussée.

Figure V-1 : Schéma récapitulatif .....	27
Figure V-2 : Démarche du catalogue .....	31
Figure V-3: Schéma des différentes couches .....	35
Figure V-4: Classe de trafic TPL i pour RP1 .....	36
Figure V-5: La structure donnée par le catalogue Algérien .....	38
Figure V-6 : Résultats écran-Alize III .....	41

## Chapitre VI : Etude géométrique.

Figure VI-1 : L'interaction entre les fichiers principaux du logiciel piste .....	44
Figure VI- 2: Schéma des éléments du tracé en plan.....	45
Figure VI-3 : Nuage de points .....	48
Figure VI-4: Triangulation du terrain.....	49
Figure VI-5: Calcul des courbes de niveau.....	49
Figure VI-6: Construction de l'axe en plan.....	50
Figure VI-7: Axe en plan .....	51
Figure VI-8 : Interpolation de l'axe.....	51
Figure VI-9: Terrain naturel .....	54
Figure VI-10: Eléments du profil en long.....	54
Figure VI-11: Eléments constitutifs du profil en travers en section courante .....	55
Figure VI.12 : Profil en travers.....	57
Figure VI-13 : Profil en long .....	57
Figure VI-14 : Profil en travers .....	58
Figure VI-15: perspective de la Pénétrante .....	58

## **Chapitre VII : Cubature et terrassement.**

<b>Figure VII-1 : Calcul des volumes remblais et déblais .....</b>	<b>61</b>
<b>Figure VII-2 : Description de la méthode Gulden .....</b>	<b>62</b>

## **Chapitre VIII : Assainissement.**

<b>Figure VIII-1 :Réseau d'assainissement routier .....</b>	<b>65</b>
<b>Figure VIII-2 : Délimitation des bassins versants .....</b>	<b>69</b>
<b>Figure VIII-3 : Schéma d'un fossé .....</b>	<b>74</b>
<b>Figure VIII-4 : Dimension du fossé calculé.....</b>	<b>75</b>
<b>Figure VIII-5 : Système de drainage transversal (buse) .....</b>	<b>75</b>
<b>Figure VIII-6 : Illustration d'une buse .....</b>	<b>76</b>
<b>Figure VIII-7 : Buse de diamètre 1200 mm.....</b>	<b>76</b>
<b>Figure VIII-8 : Un dalot (système de drainage transversal) .....</b>	<b>77</b>
<b>Figure VIII-9 : Illustration d'un dalot.....</b>	<b>77</b>

## **Chapitre IX : Equipement de la route.**

<b>Figure IX-1:Types de modulation.....</b>	<b>80</b>
<b>Figure IX-2:Signalisation horizontale .....</b>	<b>82</b>
<b>Figure IX-3:Signalisation d'interdiction .....</b>	<b>83</b>
<b>Figure IX-4 : Murette en béton armé .....</b>	<b>85</b>
<b>Figure IX-5 : Séparation en béton armé .....</b>	<b>85</b>
<b>Figure IX-6 : Paramètres de l'implantation des luminaires .....</b>	<b>87</b>

## **Chapitre X : Impact sur l'environnement.**

<b>Figure X-1: Impact du trafic sur l'aire.....</b>	<b>89</b>
<b>Figure X-2:passage pour faunes.....</b>	<b>90</b>

## Introduction générale.

---

Le réseau routier appuie sur deux grands axes transversaux, l'autoroute Est-Ouest et celle du haut plateau, cela est complété par la réalisation des pénétrantes Nord-Sud ;qui relie le Nord du pays avec les autres autoroutes transversaux et le Sud.

Dans ce sens la pénétrante de Tizi-Ouzou fait partie, et elle contribuera à l'amélioration de la communication de la ville avec l'intérieur et le reste du pays.

Les caractéristiques géométriques de cette pénétrante répondent à celle d'une liaison autoroutière avec une vitesse de référence de 110 Km/h et une déclivité maximale de 6%, cette autoroute est constituée de deux chaussées à 3 voies séparées par un terre-plein central, le tracé a été conçu pour garantir le plus haut degré de sécurité et le confort optimal pour les usagers, il s'agit d'une voie rapide d'accès limités destinés au trafic de moyen et grand parcours.

Dans le cadre de notre projet de fin d'étude, nous avons procédé à l'étude d'une partie de 3 km de cette pénétrante, du PK29+700 au PK32+700, ce tronçon se situe à Draa-El-Mizane.

Les données nécessaires de notre projet (levée topographique, trafic,...etc.) sont fournies par l'ANA (agence nationale des autoroutes).

L'essentielle de notre étude s'est portée sur les étapes suivantes :

- La conception d'un tracé en plan, profil en long et en travers de la route avec les logiciels PISTE+5 et AUTOCAD.
- Le dimensionnement du corps de chaussée.
- L'assainissement de la route.
- Calcul des volumes des remblais et déblais.

## I- Introduction :

Dans le cadre d'aménagement et de modernisation des infrastructures routières en vue de les adopter aux besoins de développement économique et social, caractérisés par l'accroissement de parc automobile, et d'autre part par l'extension des échanges commerciaux, les flux du trafic routier de la wilaya de Tizi-Ouzou qui est constituée d'un relief accidenté formé à 94% des montagnes et piémonts, il est primordial de dynamiser et de renforcer les infrastructures.

Le schéma directeur routier national a prévu une pénétrante Nord-Sud, de la ville de Tizi-Ouzou (RN12) à la wilaya de Bouira (autoroute Est-Ouest) au niveau de Djebahia, en suivant le cours de la RN25 qui représente le seul moyen de liaison entre eux, qui dans son état actuel traverse plusieurs agglomérations telles que Draa Ben Kheda, Draa El Mizan, Aomar....

### ❖ La pénétrante :

C'est une nouvelle autoroute de deux chaussées à 3 voies séparée par un terre-plein central. Elle commence au niveau de l'échangeur avec la route nationale 12 au Nord-Ouest de Tizi-Ouzou près de la ville de Draa-Ben-Kheda, pour prendre fin au niveau de Bouira à la ville de Djebahia.

Le terrain traversé par cet axe autoroutier est constitué d'un relief accidenté et des pentes importantes en partie, ainsi que des butées qui ont nécessité des tunnels. Le tracé traverse aussi un nombre important d'Oueds et de talwegs par des grands viaducs dont la portée atteint 600ML.



**Figure I-1:** La pénétrante reliant Tizi-Ouzou à l'autoroute Est-Ouest.

## II-Présentation du projet :

Notre travail consiste à étudier un tronçon de 3Km de la dite pénétrante, reliant Tizi-Ouzou à l'autoroute Est-Ouest, en respectant le couloir établi et approuvé par la direction des travaux publics de Tizi-Ouzou. Véhiculant un trafic journalier important estimé à l'ordre de 8000véhicules/Jour/sens avec un pourcentage de 35% en poids lourds.

## Chapitre I : Présentation du projet.

Notre projet commence du PK 29+700 jusqu'au PK 32 +700, le terrain devient moins accidenté, bien que le relief devient assez vallonné, le tracé passe juste à côté du Barrage de Draa-El-Mizan.

### III- Objectif et utilité du projet :

Ce projet constituera une pénétrante Nord-Sud qui reliera la ville de Tizi-Ouzou à l'autoroute Est –Ouest, une fois achevé il présentera plusieurs avantages tels que :

- ✓ Offrir un nouvel axe de développement et d'échange entre les deux Wilayas, Bouira et Tizi-Ouzou, et réduire ainsi considérablement les coûts de transport.
- ✓ Dynamiser l'activité économique régionale en reliant la willaya de Tizi-Ouzou à l'autoroute Est-Ouest avec un temps de parcours ne dépassant pas les 30mn.
- ✓ Soulager la RN12 principal axe de Tizi-Ouzou en offrant un raccourci vers l'intérieur du pays.
- ✓ Permettre un gain de temps pour les usagers de l'actuelle RN25.

### IV- Géographie:

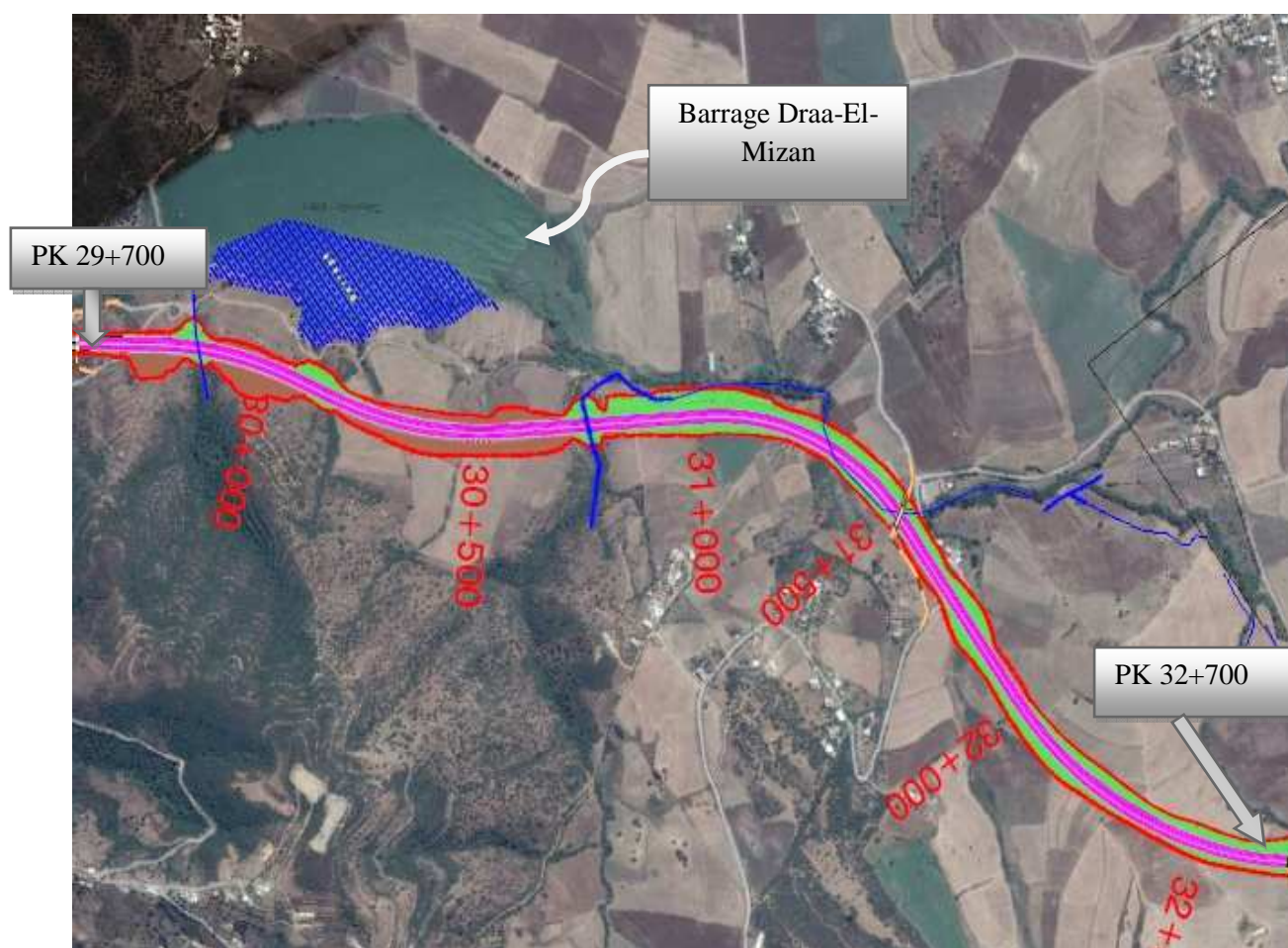


Figure I-2: Implantation du tronçon PK29+700 jusqu'au PK32+700.

### I-Introduction :

Pour la conception géométrique on utilise les normes de **l'ICTAAL2000** « Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison » qui traitent la conception des autoroutes interurbaines, qu'il s'agisse de la réalisation d'infrastructures nouvelles ou de l'aménagement du réseau existant.

Les critères proposés sont basés principalement sur les dispositions de l'ICTAAL2000, et au cas où ces dernières ne sont pas assez explicites, on a fait appel aux principes énoncés dans d'autres règlements dont on cite le B40.

### II-Choix de la catégorie de la route :

Pour choisir la catégorie de notre route on utilise L'ICTAAL2000, ce dernier Propose deux catégories de vitesse de référence pour les autoroutes, qui se distinguent comme suit :

- ✓ **La catégorie L1** : Appropriée en région de plaine ou vallonnée où les contraintes de relief sont modérées, la vitesse maximale autorisée pour cette catégorie est de 130km/h.
- ✓ **La catégorie L2** : Mieux adaptée aux sites de relief plus difficile, compte tenu des impacts économiques et environnementaux qu'elle implique, la vitesse maximale autorisée pour cette catégorie est de 110km/h.

**Donc notre projet est de catégorie L2.**

- ✓ **La vitesse de base :**

La vitesse de base de notre projet d'après le règlement ICTAAL2000 est de **110km/h**.

### III-Dispositions conventionnelles :

#### III-1-Vitesse :

Pour rendre compte des vitesses effectivement pratiquées par les usagers, on utilise par convention la vitesse  $V_{85}$ , écrêtée au niveau de la vitesse maximale autorisée, notée  $v_{85}^e$ .

#### III-2-Point d'observation :

L'œil du conducteur de véhicule léger est positionné à une hauteur de 1m du sol, Et distant de 2m du bord droit de la voie.

#### III-3-Point observé :

Le point observé est le moins contraignant des deux feux arrière, positionné aune hauteur de 0.6m du sol et distant respectivement de 1m et de 2.5m du borddroit de la voie considérée.

### **IV-Règles de visibilité :**

#### **IV-1-Visibilité en section courante :**

La distance de visibilité à rechercher est la distance d'arrêt **da** sur l'arrière d'un véhicule arrêté sur sa voie.

Les contraintes de conception ne permettent pas d'atteindre cet objectif en toute circonstance. Néanmoins, une étude d'ensemble, intégrant en amont cette sujétion de visibilité, permet de réduire le nombre et l'importance de telles situations.

Par contre, cette distance d'arrêt doit être assurée aussi à l'approche de points ou zones présentant un risque particulier de ralentissement ou de retenue des véhicules (réduction du nombre de voie, points d'accès, gares de péage...).

#### **IV-2- Visibilité sur un lit d'arrêt :**

Sur la voie de droite ou, le cas échéant, sur la voie spécialisée pour véhicules lents, le chauffeur d'un poids lourd, observant à 2,50 m de haut et à 2,50 m de la rive, doit voir le début du marquage en damier au moins à une distance de 170 m.

### **V- Vérification des règles de visibilité :**

Compte tenu des vitesses élevées pratiquées sur autoroute, les règles de visibilité conduisent à des distances de visibilité importantes.

Il est le plus souvent possible de respecter les règles de visibilité en soignant la coordination du tracé en plan, du profil en long et de l'implantation des points singuliers (accès, péages...), et en adaptant le traitement des accotements ou du terre-plein central (distance du talus de déblais, position des équipements, hauteur des plantations...).

Dans ce cadre, l'interruption de la visibilité sur un point donné pendant moins de deux secondes est acceptable.

Lorsque les règles de visibilité ne peuvent être malgré tout respectées, une réduction locale de la vitesse maximale autorisée peut être mise en œuvre, sous réserve que le traitement de la voie et son environnement en permette une perception claire par l'utilisateur.

## Chapitre II : Données de bases.

### VI-Normes géométriques d'après « L'ICTAAL 2000 »:

Les paramètres géométriques adoptés dans notre projet de classe **L2** sont dans le tableau ci-après :

**Tableau II-1** : Paramètres géométriques d'après l'ICTAAL2000.

N°	Désignations des paramètres.	Symbole Unité	Catégorie	
			L1	L2
1	Vitesse maximale	V(Km/h)	130	110
2	<b>Tracé en plan</b>			
(1)	Rayon minimum absolu	$R_m(m)$	600	400
(2)	Rayon minimum non déversé	$R_{nd}(m)$	1000	650
(3)	Longueur minimum de clothoïde	$L_s(m)$	Max {14  $\Delta\delta$   et R/9}	Min {14  $\Delta\delta$   et R/9}
(4)	Rayon minimum sans courbe de transition	$R(m)$	1 500	975
3	<b>Profil en long</b>			
(1)	Déclivité maximum	P(%)	5	6
(2)	Déclivité minimum	P(%)	0.2	0.2
(3)	Rayon minimal de raccordement de convexe	$R_v(m)$	12 500	6 000
(4)	Rayon minimal de raccordement de concave	$R_v(m)$	4 200	3 000
4	<b>Profil en travers</b>			
(1)	Nombre de voies de chaque chaussée	N	2 à 4	2 à 4
(2)	Largeur de voie	L(m)	3.5	3.5
(3)	Dévers minimum	d(%)	2.5	2.5
(4)	Dévers maximum	d(%)	7	7

### **I-Introduction :**

Pour résoudre la plupart des problèmes d'aménagement ou d'exploitation routiers, il est insuffisant de connaître la circulation en un point donné sur une route existante, il est souvent nécessaire de connaître les différents courants de circulation, leurs formations, leurs aboutissements, en d'autres termes, de connaître l'origine et la destination des différents véhicules.

L'étude du trafic constitue une approche essentielle de la conception des réseaux routiers, elle doit être préalable à tout projet de réalisation ou d'aménagement d'infrastructure de transport, elle permet de déterminer le type d'aménagement qui convient et, au-delà, les caractéristiques à lui donner depuis le nombre de voie jusqu'à l'épaisseur des différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée.

### **II-Différents types du trafic :**

On distingue quatre types de trafics :

**II-1- Trafic normal :** C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre compte du nouveau projet.

**II-2- Trafic dévié :** C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres routes ayant la même destination, la dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens pour atteindre la même destination.

**II-3- Trafic induit :** C'est le trafic nouveau dû à l'aménagement, qui ne s'effectuaient pas antérieurement à cause de la mauvaise qualité de la route par exemple, c'est un trafic qui avant se faisaient ailleurs d'autre destinations.

**II-4- Trafic total :** Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.

### **III- Analyse du trafic :**

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

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

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

### IV-Calcul de la capacité :

#### IV-1-Définition :

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

#### IV-2- Projection futur du trafic :

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

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

Avec :

- TJMA<sub>h</sub>** : le trafic à l'année horizon.
- TJMA<sub>0</sub>** : le trafic à l'année de référence.
- n** : nombre d'année.
- τ** : taux d'accroissement du trafic (%).

#### IV-3- calcul du trafic effectif :

C'est le trafic traduit en unité de véhicule particulier (uvp), en fonction de type de route et de l'environnement. Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les poids lourds en (uvp).le trafic effectif est donné par la relation suivante :

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

Avec :

- T<sub>eff</sub>** : trafic effectif à l'année horizon en (uvp/h).
- Z** : pourcentage de poids lourd.
- P** : coefficient d'équivalence pour le poids lourd, il dépend de la nature de route.

Le tableau ci-dessous nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence «**P** » pour les poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristiques de notre route.

**Tableau III-1** : coefficients d'équivalence (P).

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

#### IV-4- Débit de pointe horaire normal :

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

## Chapitre III : Etude du trafic.

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

Avec : **Q** : débit de pointe horaire.  
**n** : nombre d'heure, (en général n=8heures).  
**T<sub>eff</sub>** : trafic effectif.

### IV-5-Débit horaire admissible :

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

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

Avec : **K<sub>1</sub>** : coefficient lié à l'environnement.  
**K<sub>2</sub>** : coefficient de réduction de capacité.  
**C<sub>th</sub>** : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

**Tableau III-2** : Valeurs de K1.

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

**Tableau III.3** : Valeurs de K2.

Environnement	Catégorie de la route				
	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1	1	1	1	1
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

**Tableau III.4** : Valeurs de la capacité théorique.

Type de route	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3.5m	1500 à 2000 uvp/h
Route à 3 voies de 3.5m	2400 à 3200 uvp/h
Route à chaussées séparées	1500 à 1800 uvp/h

### IV-6- Détermination de nombre de voies :

Cas d'une chaussée bidirectionnelle : on compare **Q** à **Q<sub>adm</sub>** on opte le profil auquel correspond la valeur de **Q<sub>adm</sub>** la plus proche à **Q**.

Cas d'une chaussée unidirectionnelle : le nombre de voie à retenir par chaussée est le nombre le plus proche du rapport.

$$n = S \cdot Q / Q_{\text{adm}}$$

## Chapitre III : Etude du trafic.

---

Avec :  $Q_{adm}$  : débit admissible par voie.  
 $S$  : coefficient de dissymétrie, en général égale à 2/3.

### V-Application au projet :

#### V-1-Les données du trafic :

On se basant sur les résultats des compactages, et des prévisions effectuées en 2012 par le service concerné, pour estimer le trafic à l'horizon on fait une projection jusqu'à l'an 2039, tout en sachant que la durée de vie de notre aménagement estimer c'est 20 ans, et sa mise en service est prévue pour l'année 2019.

On a :

- Le trafic à l'année 2012:  $TJMA_{2012}=8000\text{v/j}$ .
- Le taux d'accroissement annuel du trafic :  $\tau =4\%$ .
- La vitesse de base sur le tracé :  $V_B=110\text{ Km/h}$ .
- Le pourcentage de poids lourds :  $Z=35\%$ .
- L'année de mise en service : **2019**.
- La durée de vie du projet: **20ans**.
- Le coefficient d'équivalence de poids lourds: **P=8**.
- Environnement : **E3**.
- Catégorie : **L2**.
- Les coefficients correcteurs : **K1=0.95**.  
**Et :K2= 0.96**.
- La capacité théorique :  $C_{th}= 2400\text{uvp/h}$  pour une chaussée séparée à 3 voies.

#### V-2-Projection futur du trafic :

L'année de mise en service (2019) :

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

- $TJMA_{2019}=8\ 000(1+0.04)^7=10528\text{ V/J}$ .

$$TJMA_{2019}=10528\text{ V/J}$$

Trafic à l'année 2039 pour une durée de vie de 20 ans.

- $TJMA_{2039}= 10528(1+0.04)^{20}=23\ 069\text{ V/J}$ .

$$TJMA_{2039}=23\ 069\text{V/J}$$

#### V-3-Calcul du trafic effectif :

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

### Chapitre III : Etude du trafic.

- $T_{\text{eff}} = [(1 - 0.35) + (8 \times 0.35)]23\ 069 = 79\ 588 \text{ uvp/j} .$

$$T_{\text{eff}} = 79588 \text{ uvp/j.}$$

#### V-4- Débit de pointe horaire normal :

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

Avec:

(1/n): coefficient de pointe horaire pris égale à 0,12.

- $Q = 0.12 \times 79588 = 9551 \text{ uvp/h.}$

$$Q = 9551 \text{ uvp/h.}$$

#### V-5-Débit admissible :

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

- $Q_{\text{adm}} = 0.95 \times 0.96 \times 2400 = 2189 \text{ uvp/h.}$

$$Q_{\text{adm}} = 2189 \text{ uvp/h}$$

#### V-6-Le nombre de voies :

$$n = S \cdot Q / Q_{\text{adm}}$$

- $n = (2/3) \times (9\ 551/2\ 189) \approx 2.9 = 3.$

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

Tableau III-5 : Résultats de calcul.

	TJMA 2012 V/J	TJMA 2019 V/J	TJMA 2039 V/J	$T_{\text{eff}}$ (uvp/j)	Q (uvp/j)	n
Valeur	8 000	10 528	23 069	79 588	9 551	3

#### V-7-Calcul de l'année de saturation :

On a:

$$T_{\text{eff}}(2019) = [(1 - Z) + (P \times Z)]TJMA_{2019} .$$

- $T_{\text{eff}}(2019) = [(1 - 0.35) + (8 \times 0.35)]10\,528 = 36322 \text{ uvp/j} .$

**D'où :**  $Q_{2019} = 0.12 \times 36\,322 = 4\,359 \text{ uvp/j} .$

**Et on a :**

$$Q_{\text{Saturation}} = 6 \times Q_{\text{adm}} .$$

- $Q_{\text{saturation}} = 6 \times 4\,359 = 26\,154 \text{ uvp/j} .$

On a aussi :

$$Q_{\text{Saturation}} = (1 + \tau)^n \times Q_{2019} \quad n = \ln(Q_{\text{Sat}} \times Q_{2019}) / \ln(1 + \tau) .$$

$$n = \ln(26\,154 / 4359) / \ln(1 + 0.04) = 45.6 \text{ ans} \approx 46 \text{ ans}$$

$$n=46 \text{ ans} .$$

### I-Introduction :

L'exécution de chaque projet routier doit être précédée par une reconnaissance des terrains traversés. Dans cette étape de l'étude on s'intéresse aux caractéristiques physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de la chaussée. Pour cela, une campagne de puits doit être faite pour déterminer les caractéristiques de ce sol.

### II- Objectif de la géotechnique routière :

La géotechnique routière a pour objectif :

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

### III-Aperçu sismique :

Ce projet a été élaboré en fonction de réglage des paramètres de calcul sismiques définis dans le document technique réglementaire (RPOA 2008<sup>3</sup>) normative en vigueur au moment de la rédaction de ce projet.

Le but de ce document est spécifier le coefficient d'accélération sismique utilisé pour le design des ouvrages et terrassement ainsi comme classification des sites possibles dans le tronçon3.après les RPOA 2008.

#### III-1-Coefficient d'accélération sismique :

D'après le RPOA 2008 le coefficient d'accélération sismique est défini en fonction de la zone sismique et de l'importance de pont.

Le territoire Algérien a été devisé en 5 zones de sismicité, La distribution de ces zones est présentée en la figure suivante :



Figure IV-1 : Zonage sismique de l'Algérie.

## Chapitre IV : Etude géotechnique.

D'après le RPOA 2008 les ponts d'autoroutes, routes express et voies à grande circulation ainsi que liaisons assurant la continuité de réseau autoroutier sont classés dans le groupe 2 (pont important).

**Tableau IV-1** : Coefficient d'accélération de zone A.

Groupe de pont	Zone sismique			
	I	II <sub>a</sub>	II <sub>b</sub>	III
1	0,15	0,25	0,30	0,40
2	0,12	<b>0,20</b>	0,25	0,30
3	0,10	0,15	0,20	0,25

### III-2-Classifications des sites :

D'après le RPOA les sites sont classés en 4 catégories en fonction des propriétés mécaniques des sols qui les constituent.

Les classifications des sites pour chaque unité sont indiquées ci-dessous :

**Tableau IV-2** : Classification géotechnique des sites selon les unités.

Unité	Catégorie
PR-SCH	S1, S2 (rocheux, ferme)
T1 <sub>CG</sub>	S2, S3 (ferme, meuble)
T1 <sub>M</sub>	S2, S3 (ferme, meuble)
T1 <sub>Malt</sub>	S3, S4 (meuble, très meuble)
Q <sub>A</sub>	S3, S4 (meuble, très meuble)
Q <sub>CE</sub>	S3, S4 (meuble, très meuble)

**Avec :**

**PR-SCH** : Schistes et phyllade du protérozoïques supérieur.

**T1<sub>CG</sub>** : (Oligocène-Miocène) Alternance de calcaires gréseux et marnes grisâtres avec altération variable.

**T1<sub>M</sub>** : (Oligocène-Miocène) Argiles marneuses sombres fermes et caillouteuses.

**T1<sub>Malt</sub>** : (Oligocène-Miocène) Argiles brunâtres Product d'alternation de l'unité T1<sub>M</sub>.

**Q<sub>A</sub>** : Quaternaire. Graviers, sables et limons. Dépôt de canal, plaines inondables et terrasses basses récentes.

**Q<sub>CE</sub>** : Quaternaire. Dépôt colluvial et argiles d'altération.

### IV-Aperçu géologique et hydrologique:

#### IV-1-Géologie régional :

Le projet de réalisation de la pénétrante reliant Tizi-Ouzou à l'autoroute Est-Ouest au niveau de Djebahia est situé dans le domaine interne de tell. Cette zone appelée aussi socle kabyle ou kabylide, est composée principalement de massifs cristallophylliens métamorphiques (gneiss, marbres, amphibolites, micaschistes, et schistes) et d'un ensemble sédimentaire paléozoïque peu métamorphique.

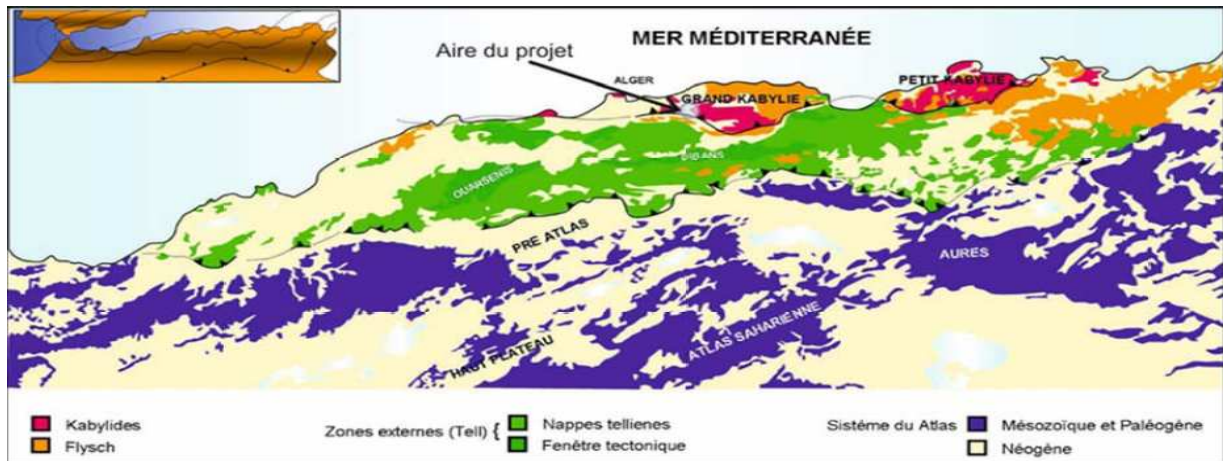


Figure IV-2 : Ensemble géologique du Nord de l'Algérie.

L'aire du projet comporte essentiellement trois ensembles géologiques différents qui sont du Nord au Sud. Comme le montre la figure suivante :

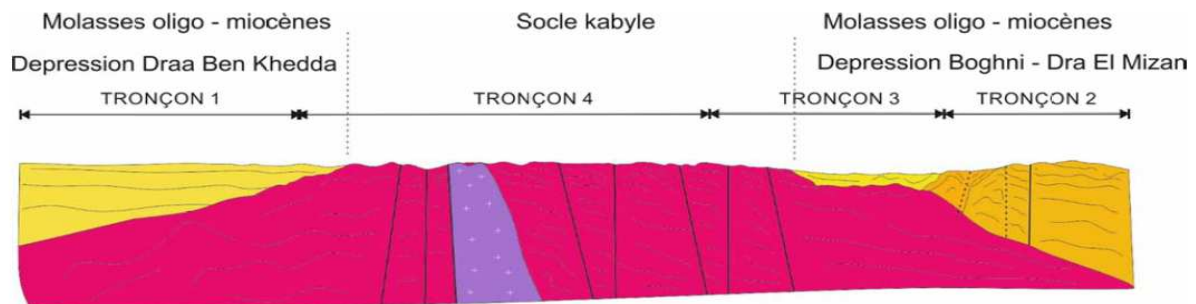


Figure IV-3 : Coupe schématique du projet.

Notre projet se trouve sur le tronçon 3, qui est situé sur la bordure de socle kabyle métamorphique et sur la dépression Dra- El-Mizan et Boghni, bassin formé entre le socle et la chaîne de Djurdjura.

#### IV-2-Géologie du site :

Dans le tronçon 3, le projet traverse deux unités géologiques. Le tronçon débute dans le socle kabyle, avec les schistes comme lithologie principale de sub-tronçon. A la suite de projet traverse la dépression Boghni- Dra El Mizan, caractérisée par une sédimentation molassique de forte variabilité des faciès granulaires et calcaires à la fois horizontalement et verticalement.

## Chapitre IV : Etude géotechnique.





Les deux unités précédentes sont éventuellement couvertes par dépôts quaternaires d'origine alluvial, colluvial et éluvial.



### IV-3-Les points d'observations géologiques :

Dans notre tronçon (PK 29+700 au PK 32+700), on a eu 7 points d'observations géologiques qui ont pour but d'avoir une idée d'avance de type du sol qui sera traversé par le tracé.

Le tableau suivant représente les résultats des POG.

**Tableau IV-3** : Les points d'observations géologiques.

POG	PK	X	Y	Description	Photos
POG 7	29+700	575 081	4 047 362	Schiste brunâtres à séricite (PR-SCH), roche cassée en fragments anguleux.	
POG 8	30+300	575 081	4 047 362	Argile rougeâtre (Q <sub>CE</sub> ) mobilisée par un glissement. On peut observer la structure faible et le haute teneur en petites graviers anguleux.	
POG 9	30+300	574 665	4 046 973	Contact irrégulier et discordante entre les schistes bruns (PR-SCH) et les argiles rougeâtres éluviaux-colluviaux (Q <sub>CE</sub> ).	
POG 10	31+400	573 940	4 046 054	Affleurement de grés (T <sub>1CG</sub> ).	

<b>POG 11</b>	31+550	573 800	4 046 109	Dépôt alluvial d'oued (Q <sub>A</sub> ) composé par argiles et limons bruns et graviers arrondis.	
<b>POG 12</b>	32+250	573 800	4 046 109	Alternance de grés et marnes (T1 <sub>CG</sub> ) sous une couverture de terre végétale. Présence de concrétions carbonatées sous le grés.	

### IV-4-Hydrologie :

Etant donné qu'il n'y a pas d'essais de mesure directe de la perméabilité, on peut résumer les matériaux en les suivantes types :

- Le substrat rocheux métamorphique (schistes et gneiss) ou sédimentaire (marnes et grès) que est considéré imperméable.
- L'altération argileuse des roches. En raison de leur nature prédominante argileuse sont de très faible perméabilité.
- Les dépôts alluviaux composés par cailloutis et sables majoritairement, de grande perméabilité mais de faible extension et importance.

Vu la faible perméabilité générale des matériaux, le ruissellement superficiel est prédominant sur la circulation phréatique.

Après les résultats des piézomètres installés, que sont sèches, on peut déduire que les eaux météoriques sont rapidement évacuées par la circulation superficielle bien par la infiltration profonde dehors du champ d'application des piézomètres.

### V- Aperçu géotechnique :

#### V-1-Essais au laboratoire :

Les essais réalisés au laboratoire sont :

- ✓ Essai CBR.
- ✓ Essai PROCTOR.
- ✓ Analyse granulométrique.
- ✓ Limites d'Atterberg.

### **a)-Essai CBR :**

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.

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

### **b)-Essai PROCTOR :**

L'essai PROCTOR est un essai routier, il consiste à 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 ).

### **c)-Analyse granulométrique.**

Il 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.

### **d)-Limite d'Atterberg :**

Limite de plasticité (Wp) et limite de liquidité (WL), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance. WP sépare l'état solide de l'état plastique et WL 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 ( $IP = WL - WP$ ), sont très sensible a une faible variation de leur teneur en eau.

## **V-2- Essais in-situ :**

Les essais en place (appelés aussi essai in-situ) mettent en œuvre des équipements lourds. Ils présentent l'avantage de permettre l'étude du terrain tel qu'il existe à l'état naturel, mais ont l'inconvénient de fournir uniquement des indications globales et ne donnent pas de caractéristiques qui peuvent être injectées dans les modèles de calcul.

Les essais réalisés in-situ sont :

### **a)-Puits de reconnaissance:**

Les puits de reconnaissance sont réalisés pour connaître les coupes lithologiques et les caractéristiques de compactage d'un sol pour les sites prévus en remblai et déblai. Les forages de puits sont exécutés à la profondeur de 4m.

### b)-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  $E_m$  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.

**NB:** cet essai est réalisé parallèlement à sondages carottés.

### Exemple d'un sondage carotté :



**Figure IV-4 :** Sondage carotté.

### V-3- Tableau récapitulative avec la situation des reconnaissances utilisées :

**Tableau IV-4 :** Reconnaissances géologiques et géotechniques réalisées.

Reconnaissance	Type	X	Y	PK	Profondeur (m)	Tronçon
<b>SCP138</b>	Sondage carotté et pressio	575.042	4.047.239	29+830	30	Remblai
<b>SPC139</b>	Sondage carotté et pressio	574.815	4.047.066	30+120	30	Remblai
<b>P68</b>	Puit	574.738	4.047.027	30+200	3,2	Déblai
<b>P69</b>	Puit	574.467	4.046.739	30+600	0,6	Déblai
<b>SCP140</b>	Sondage carotté et pressio	574.400	4.046.615	30+740	15	Remblai
<b>P70</b>	Puit	574.271	4.046.415	30+980	3,2	Remblai
<b>P71</b>	Puit	574.061	4.046.210	31+180	3,7	Remblai

## Chapitre IV : Etude géotechnique.

<b>SCP141</b>	Sondage carotté et pressio	573.847	4.046.135	31+500	30	Remblai
<b>P78</b>	Puit	573.849	4.046.110	31+500	3,8	Remblai
<b>P72</b>	Puit	573.546	4.046.173	31+800	3	Remblai
<b>P73</b>	Puit	573.212	4.046.167	32+180	3,2	Remblai

### V-4-Résultats des essais:

A partir de l'information disponible (compagne géotechnique) et de la description géologique réalisée, on a défini les paramètres de calcul de différentes unités géotechniques.

#### V-4-1- Résultats des essais in-situ :

##### a) Puits de reconnaissances :

**Tableau IV-5 :** Etat actuel des puits de reconnaissances et résultats.

<b>Puits</b>	<b>PK</b>	<b>Profondeur</b>	<b>Description</b>
<b>P<sub>68</sub></b>	30+200	3.20	Colluvions argile sableuse, graveleuse et caillouteuse de couleur rougeâtre.
<b>P<sub>69</sub></b>	30+600	0.60	Marne schisteuse grisâtre dure.
<b>P<sub>70</sub></b>	30+980	3.20	Argile schisteuse 0.50compacte grisâtre.
<b>P<sub>71</sub></b>	31+180	3.70	Argile lioneuse plus ou moins schisteuse verdâtre avec des blocs de calcaires durs
<b>P<sub>72</sub></b>	31+800	3.00	Tuff, (limon sableux) jaunâtre compacte a la base.
<b>P<sub>73</sub></b>	32+180	3.20	Gâlets, cailloux, gravier et même des blocs à matrice argilo-sableuse
<b>P<sub>78</sub></b>	31+500	3.80	Argile limoneuse brunâtre à limon argileux pâteux carbonaté devant plus compacte en allant vers la base avec un écoulement d'eau à partir de 3.5m

##### b)-Sondages carottés et préssiométriques :

Le tableau suivant représente le niveau de la Nappe Phréatique :

**Tableau IV-6 :**Résultats des essais carottés et préssiométriques.

<b>Nom</b>	<b>Longueur</b>	<b>PK</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Nappe phréatique</b>
<b>SCP-138</b>	15	29+830	575.042	4.047.239	Sèche
<b>SCP-139</b>	15	30+115	574.815	4.047.066	Sèche
<b>SCP-140</b>	15	30+740	574.400	4.046.615	Sèche
<b>SCP-141</b>	30	31+482	573.847	4.046.135	Sèche

## Chapitre IV : Etude géotechnique.

### V-4-2- Résultats des essais au laboratoire:

Les essais de laboratoire se font sur des échantillons prélevés par des procédés spéciaux. Ils donnent avec précision toutes les caractéristiques physiques et mécaniques de sols.

#### a)-Essais physiques:

Les caractéristiques des échantillons extraits à partir des sondages carottés sont représentées dans les tableaux suivants :

**Tableau IV-7 : Résultats des essais physiques.**

Sondage	profondeur	unité	$W_n\%$	$\gamma_d(t/m^3)$	$\gamma_h(t/m^3)$	SR(%)	$\gamma_s(t/m^3)$
SC-139	2.70-3.00	Q <sub>CE</sub>	17.05	1.88	2.20	100	-
	5.80-6.00	T1 <sub>Malt</sub>	17.20	1.75	2.05	88.63	-
	6.60-6.80	T1 <sub>Malt</sub>	20.86	1.54	1.86	76.69	-
SC-141	10.70-11.50	T1 <sub>CG</sub>	23.01	1.59	1.96	91.46	-
	12.45-13.00	T1 <sub>CG</sub>	16.40	1.79	2.08	90.46	-
	14.30-14.50	T1 <sub>CG</sub>	3.02	2.55	2.63	100	-
	19.00-19.35	T1 <sub>CG</sub>	24.28	1.61	2.01	99.61	-

$\gamma_d$ :Densité sèche ,  $\gamma_h$  : Densité humide ,  $W_n$  : Teneur en eau naturelle , **SR** : Degré de saturation.

**Tableau IV-8 : Résultats des essais physiques.**

Sondage	I <sub>p</sub> : Profondeur	Unité	Limite d'Atterberg				Granulométries			VBS
			WL (%)	WP (%)	IP (%)	I <sub>c</sub>	<2mm	<80 $\mu$ (%)	< 2 $\mu$ m	
SC-139	2.70-3.00	Q <sub>CE</sub>	44	20	24	1.12	99.96	92.66	44.89	-
	5.80-6.00	T1 <sub>Malt</sub>	45	16	21	0.96	82.46	65.12	44.15	-
	6.60-6.80	T1 <sub>Malt</sub>	46	16	25	0.84	100	94.88	47.00	-
SC-141	10.70-11.05	T1 <sub>CG</sub>	41	26	15	1.20	99.60	58.65	21.12	3.50
	12.45-13.00	T1 <sub>CG</sub>	53	27	26	1.40	98.78	56.74	20.65	4.48
	14.30-14.50	T1 <sub>CG</sub>	NM	NM	-	-	Mat dur	Mat dur	Mat dur	-
	19.00-19.35	T1 <sub>CG</sub>	51	34	32	1.57	98.63	64.71	28.25	3.25

$W_L$ :Limite de liquidité ,  $W_p$ :Limite de plasticité , Indice de plasticité ,  $I_c$  : Indice de consistance , **VBS** :bleu de méthylène .

### c)- Essais chimiques :

**Tableau IV-9** : Résultats des essais chimiques.

Sondage	profondeur	unité	Essai chimiques				
			So <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	CaCo <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (%)	Mo (%)	Gypses (%)	Sels solubles (%)
SCP-139	2.70-3.00	Q <sub>CE</sub>		3.61	-	-	-
	5.80-6.00	T1 <sub>Malt</sub>		2.64	-	-	-
	6.60-6.80	T1 <sub>Malt</sub>		4.4	-	-	-
	12.06-12.40	T1 <sub>M</sub>		6.16	-	-	-
SCP-141	10.70-11.05	T1 <sub>CG</sub>	0.35	6.16	5.22	0.54	-

### V-5-Interprétation des résultats:

#### 1) Présence d'eau :

D'après l'observation des résultats des essais, on remarque l'absence de la nappe phréatique.

#### 2) Analyses chimiques :

**Tableau IV-10** : Classification des roches selon la teneur en carbonate.

Classification LCPC	
% de CaCO <sub>3</sub>	Roche
00 à 010	Argile ou Silt
10 à 030	Argile ou Silt-Marneux
30 à 070	Marne
70 à 090	Calcaire-Marneux
90 à 100	Calcaire

Selon les résultats des essais chimiques, la teneur en carbonate (CaCo<sub>3</sub><sup>-2</sup>) varie de **3 à 7%**, ce qui nous donne d'après la classification LCPC que notre sol est de **l'argile ou Silt**.

#### 3) Portance du sol :

Dans notre tronçon le sol est de très faible portance (classe de portance S4), ce qui nous conduit à adopter un indice de CBR faible donc on prévoit une couche de forme.

<b>I<sub>CBR</sub> = 3.</b>
-----------------------------

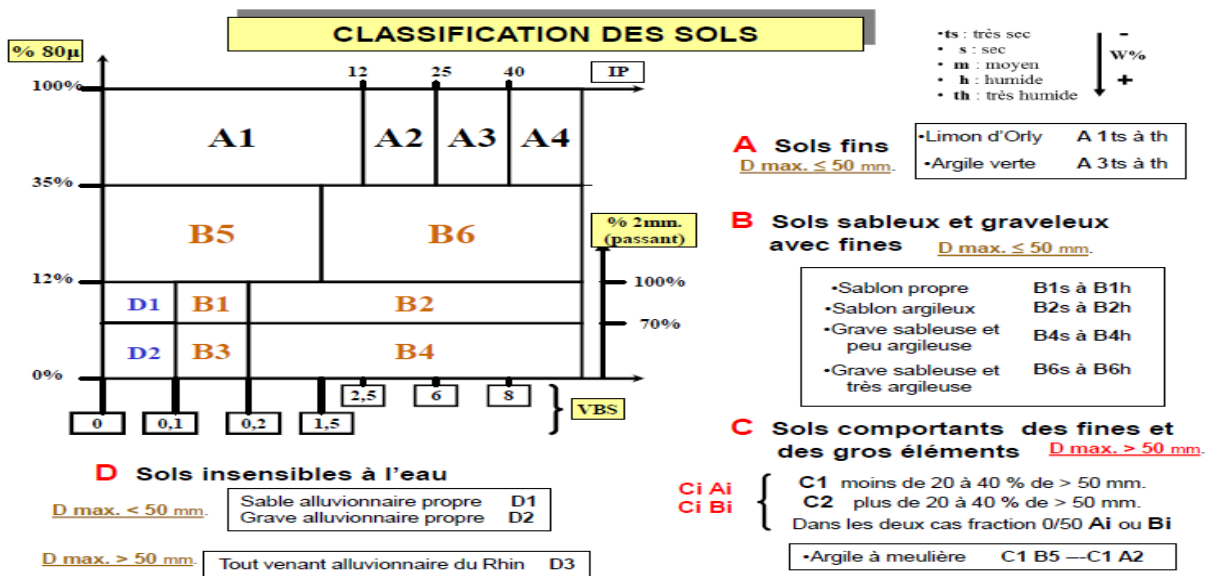
## V-6- Classification des sols :

### V-6-1) Classification des sols selon le GTR :

Dans un projet routier, et pour des raisons économiques la réalisation des remblais et des couches de forme nécessite d'étudier la possibilité de réutiliser les matériaux de déblais extraits du sol avant de rechercher des matériaux d'emprunts.

L'utilisation du GTR permet de :

- Déterminer les caractéristiques des matériaux.
- Définir leurs conditions de mises en œuvre, on tenant compte de leurs teneurs en eau et la météorologie au moment des travaux.



**Figure IV-5 :Abaque de la classification GTR.**

**On distingue 3 familles :**

**1. Les sols de classe :A, B, Cet D:**

**Classe A :** sols fins.

**Classe B :** sols sableux et graveleux avec fines.

**Classe C :** sols comportant des fines et des gros éléments.

**Classe D :** sols insensibles à l'eau ; recommandés pour les couches de formes et les platesformes autoroutières.

**Les paramètres retenus pour la classification des sols se rangent en deux catégories :**

❖ Paramètre de nature :

- ✓ La granulométrie.
- ✓ Indice de plasticité.
- ✓ la valeur au bleu de méthylène( sur la fraction 0/50 mm).

❖ Paramètre d'état hydrique:

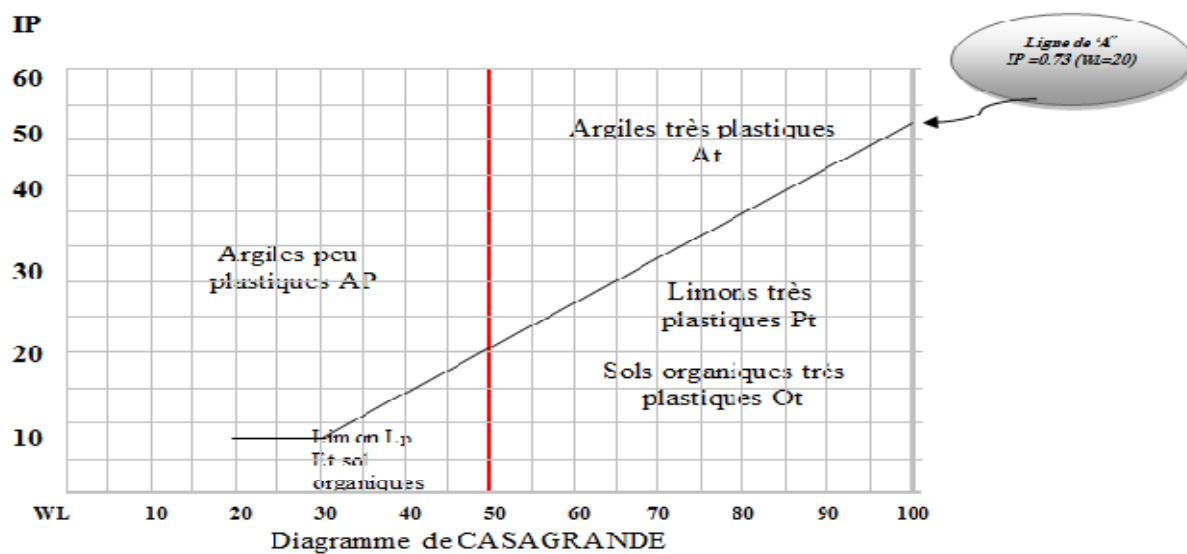
- ✓ **L'état très humide (th) :** Etat d'humidité très élevé ne permettant plus la réutilisation du sol dans des conditions technico-économiques normales.

## Chapitre IV : Etude géotechnique.

- ✓ **L'état humide (h)**: Etat d'humidité élevé autorisant toutefois la réutilisation du sol en prenant des dispositions particulières (aération, traitement, etc...) estimées comme normales dans le contexte technico-commercial actuel.
- ✓ **L'état d'humidité moyenne (m)** : Etat d'humidité optimale (minimum de contraintes pour la mise en œuvre).
- ✓ **L'état sec (s)** : Etat d'humidité faible mais autorisant encore la mise en œuvre en prenant des dispositions particulières ( arrosage, sur compactage, etc... ) estimées comme normales dans le contexte technico-économique actuel.
- ✓ **L'état très sec (ts)** : Etat d'humidité très faible n'autorisant plus la réutilisation du sol dans des conditions technico-économiques normales.

### V-6-2) Classification du sol selon LCPC :

Pour connaître la plasticité du sol on utilise le Diagramme suivant :



**Figure IV-6** : Diagramme de CASAGRANDE.

Les limites d'Atterberg dépendent étroitement de la granulométrie des échantillons, les valeurs des limites de liquidité et celles de l'indice de plasticité augmentent régulièrement avec le taux d'éléments fins (limons et argiles).

D'après le diagramme de plasticité de CASAGRANDE, basé sur le couple (IP-WL), il ressort que les sols en place s'intègrent dans les domaines représenté dans le [tableau III-14](#).

## Chapitre IV : Etude géotechnique.

### V-6-3) Application au projet:

A partir de **graphe IV-6** et du **tableau IV-8**, la classification des sols selon le **LCPC** sera comme suite :

**Tableau IV-12** : classifications des sols selon LCPC.

N°	Classification de CASAGRANDE.		
	W <sub>L</sub>	I <sub>p</sub>	Nature du sol
SC-139	44	24	Argiles peu plastiques A <sub>p</sub>
	45	21	Argiles peu plastiques A <sub>p</sub>
	46	25	Argiles peu plastiques A <sub>p</sub>
SC-141	41	15	Argiles peu plastiques A <sub>p</sub>
	53	26	Argiles très plastiques A <sub>t</sub>
	N.M	-	-
	51	32	Argiles très plastiques A <sub>t</sub>

A partir de **graphe IV-5** et du **tableau IV-8**, la classification des sols selon le **GTR** sera comme suite :

**Tableau IV-13** : Classification des sols selon le GTR.

Classification GTR.							
Classement selon la nature.						Classement selon l'état hydrique.	
N°	I <sub>c</sub>	Paramètres de nature 1 <sup>er</sup> niveau	Classe	Paramètres de nature 2 <sup>eme</sup> niveau	Sous classe en fonction de la nature	Paramètres d'état.	Sous classe fonction de l'état
SC-139	1.12	D <sub>max</sub> ≤ 50mm. Et Tamisat à 80µm > 35%.	A Sols fins.	12 < I <sub>p</sub> ≤ 25	A <sub>2</sub>	1.05 < I <sub>c</sub> ≤ 1.2	A <sub>2 m</sub>
	0.96			12 < I <sub>p</sub> ≤ 25	A <sub>2</sub>	0.9 < I <sub>c</sub> ≤ 1.05	A <sub>2 h</sub>
	0.84			12 < I <sub>p</sub> ≤ 25	A <sub>2</sub>	I <sub>c</sub> ≤ 0.9	A <sub>2 th</sub>
SC-141	1.20			12 < I <sub>p</sub> ≤ 25	A <sub>2</sub>	1.05 < I <sub>c</sub> ≤ 1.2	A <sub>2 m</sub>
	1.40			25 < I <sub>p</sub> ≤ 40	A <sub>3</sub>	I <sub>c</sub> > 1.3	A <sub>3 ts</sub>
	-			-	-	-	-
	1.57	25 < I <sub>p</sub> ≤ 40	A <sub>3</sub>	I <sub>c</sub> > 1.3	A <sub>3 ts</sub>		

### V-7-Conditions de réutilisation du sol du site en remblai:

D'après GTR-SETRA- LCPC on a :

## Chapitre IV : Etude géotechnique.

**Tableau IV-14 :** Conditions de réutilisation des sols en remblai.

Sol	Observation générales	Situation Météorologique	Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
<b>A<sub>2</sub>h</b>	Sols normalement inutilisables en l'état			NON
<b>A<sub>2</sub>h</b>	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible. La mise en dépôt provisoire et le drainage préalable ne sont habituellement pas des solutions envisageables dans le climat français moyen. Le matelassage est à éviter au niveau de l'arase-terrassement.	pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	
<b>A<sub>2</sub>m</b>	Ces sols ne posent pas de problème de réutilisation en remblai sauf par pluie forte ou moyenne.	pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	
<b>A<sub>2</sub>ts</b>	Sols normalement inutilisables en l'état.			

### V-8 : Conclusion :

En se référant au fascicule I et II du GTR SETRA-LCPC, les échantillons des sols examinés dans l'état d'extraction sont jugés :

**A<sub>2</sub>h** et **A<sub>2</sub>ts** : des sols inutilisables.

**A<sub>2</sub>m** et **A<sub>2</sub>h** : des sols utilisables mais sans garanties de qualité suffisantes.

### I-Introduction :

La chaussée est une structure composite, multicouches plus au moins complexe. Son dimensionnement consiste à déterminer l'épaisseur de ses différentes couches. Ces épaisseurs doivent être suffisantes pour qu'elles assurent la sécurité et le confort des passagers, et pour répondre aux normes exigées.

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

### II- Différentes catégories de chaussée :

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

- ✓ Chaussée souple.
- ✓ Chaussée semi-rigide.
- ✓ Chaussée rigide.

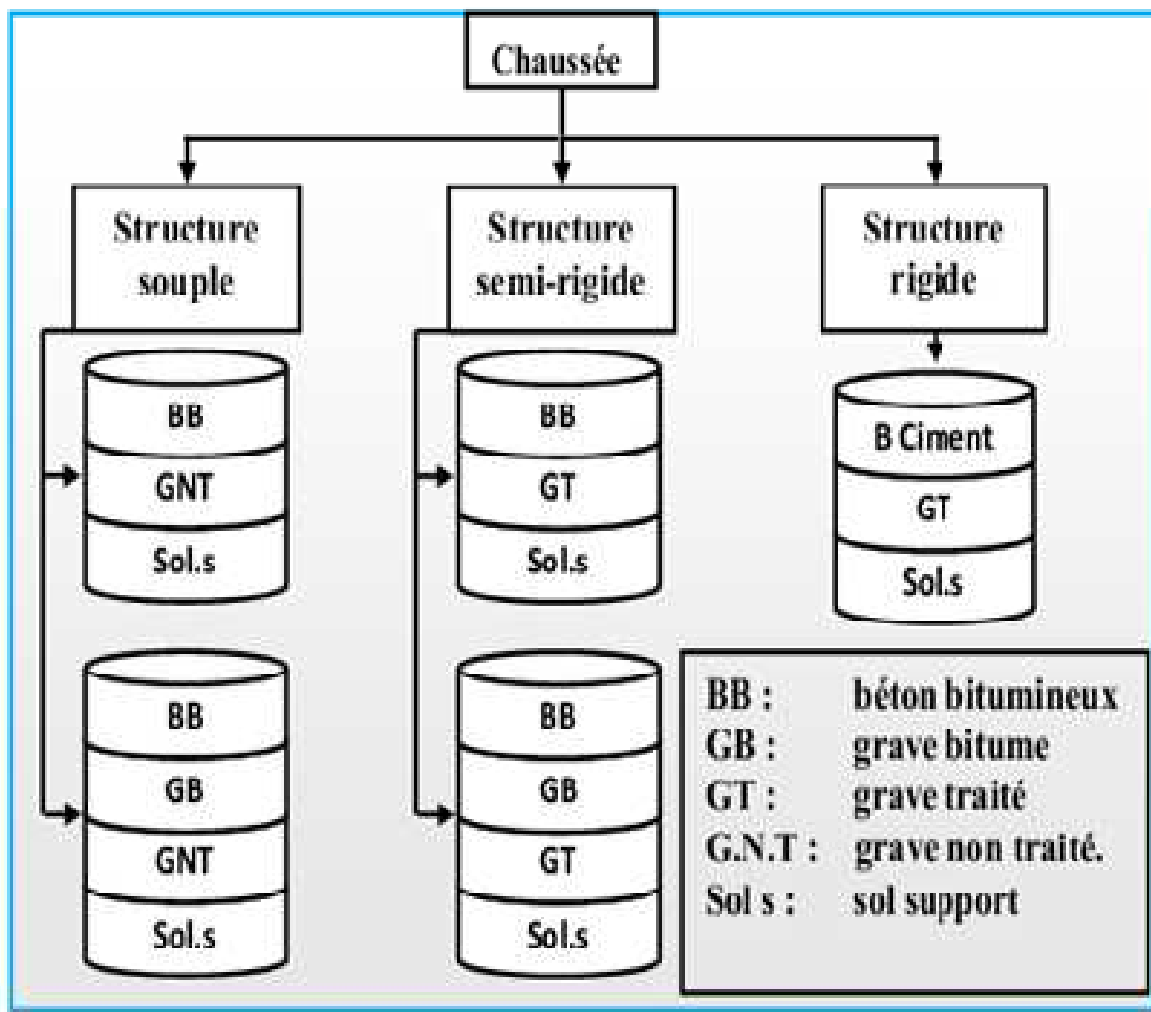


Figure V-1 :Schéma récapitulatif.

### II-1-Chaussée souple :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

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

La chaussée souple se compose généralement de trois couches différentes:

#### a)-Couche de surface (roulement):

La couche de surface est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoqué par la circulation. Elle est en générale composée de :

❖ **couche de roulement** : en enrobés denses en béton bitumineux, qui a pour rôle:

- ✓ D'imperméabiliser la surface de chaussée.
- ✓ D'assurer la sécurité (par l'adhérence) et le confort des usagers (diminution de bruit).

❖ **couche de liaison** : en enrobés semi-denses en béton bitumineux, qui a pour rôle :

- ✓ assurer une transition avec les couches inférieures les plus rigides.

L'épaisseur de la couche de roulement en général varie entre **6 et 8 cm**.

#### b)-Couche de base :

La couche de base est formée en générale de grave concassé ou de grave bitume, tuf, sable gypseux...

Elle reprend les efforts verticaux et répartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

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

#### c)-Couche de fondation :

Couche inférieure du corps de chaussée, composée en général de graves traités avec du bitume, du ciment ou du laitier (matière vitreuse produite dans les hauts-fourneaux), elle a le même rôle que celui de la couche de base.

L'épaisseur de la couche de fondation est environ de **20cm**, et elle est éventuellement complétée par des sous couches.

#### d)-Couche de forme :

Elle est prévue pour répondre à certains objectifs à court terme. Elle est constituée de :

- ✓ **Sol rocheux**: joue le rôle de nivellement afin d'aplanir la surface.
- ✓ **Sol peu portant (argileux à teneur en eau élevée)**: Elle assure une portance –suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.

On tient compte de cette couche dans le cas d'amélioration de la portance du sol support à long terme.

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

### II-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 train naturel.

Utilisée pour des constructions à grandes sollicitations de charges (Cas d'une piste d'aérodrome où station de service).

### II-3- Chaussée semi-rigide :

C'est un cas intermédiaire entre les chaussées souples et les chaussées rigides. Représente une faible déformabilité, comporte une couche de base et quelques fois une couche de fondation traitée aux liants hydrauliques (ciment, laitier....)

#### On distingue :

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

**Remarque :** En Algérie, pour des raisons économiques la plupart des ouvrages routiers sont réalisées avec des chaussées souples, les chaussées rigides sont réservées juste à quelques cas particuliers telles que les stations de services, les parcs....etc.

### III- Les paramètres pris en compte pour le dimensionnement des chaussées :

Les critères pris en compte pour dimensionner une chaussée sont :

- ✓ Le trafic.
- ✓ La qualité de la plate-forme support de la chaussée.
- ✓ Les caractéristiques des matériaux disponibles.
- ✓ Les conditions climatiques.

### IV-Les méthodes de dimensionnement:

Plusieurs méthodes existent pour le dimensionnement du corps de chaussée, parmi les plus connues et les plus utilisées en Algérie, on peut citer deux méthodes ont comme point commun leurs prises en considération le trafic circulant sur la voie à construire et le sol utilisé.

#### IV-1-Méthode California – Bearing – Ratio (CBR):

C'est une méthode semi empirique, qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié. La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient en tenant compte de l'influence du trafic par l'application de la formule présentée ci-après :

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

Avec :

**e**: épaisseur totale du corps de chaussée.

**I<sub>CBR</sub>**: indice CBR (sol support).

**N**: désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide.

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

**Log**: logarithme décimal.

### ❖ Notion de l'épaisseur équivalente :

La notion de l'épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte des qualités mécaniques des différentes couches d'une chaussée. Donc l'épaisseur équivalente de la chaussée est égale à la somme des épaisseurs équivalentes des couches, Elle est donnée par la relation suivante :

$$e_{eq} = \sum a_i e_i$$

D'où :

$$e_{eq} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$$

Avec :

- **a<sub>1</sub> x e<sub>1</sub>** : couche de roulement ; en général de 6 à 14 cm.
- **a<sub>2</sub> x e<sub>2</sub>** : couche de base ; en général de 10 à 20 cm.
- **a<sub>3</sub> x e<sub>3</sub>** : couche de fondation ; en général de 20 à 31.5 cm.

### ❖ Le coefficient d'équivalence :

Les valeurs usuelles du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé sont données dans le tableau suivant :

**Tableau V-1** : Les coefficients d'équivalence.

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux	2.00
Grave-bitume	1.60 à 1.70
Grave-ciment, grave laitier	1.50
Sable laitier	1.30
Sable-ciment	1.00 à 1.20
Grave concassée non traitée	1.00
Grave sableuse (TVO)	0.75
Sable	0.50

### IV-2-Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

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

- ✓ Approche théorique.
- ✓ Approche empirique.

Elle fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement des chaussées (trafic, matériaux, sol support et environnement..). Ces derniers constituent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.

La démarche du catalogue est la suivante :

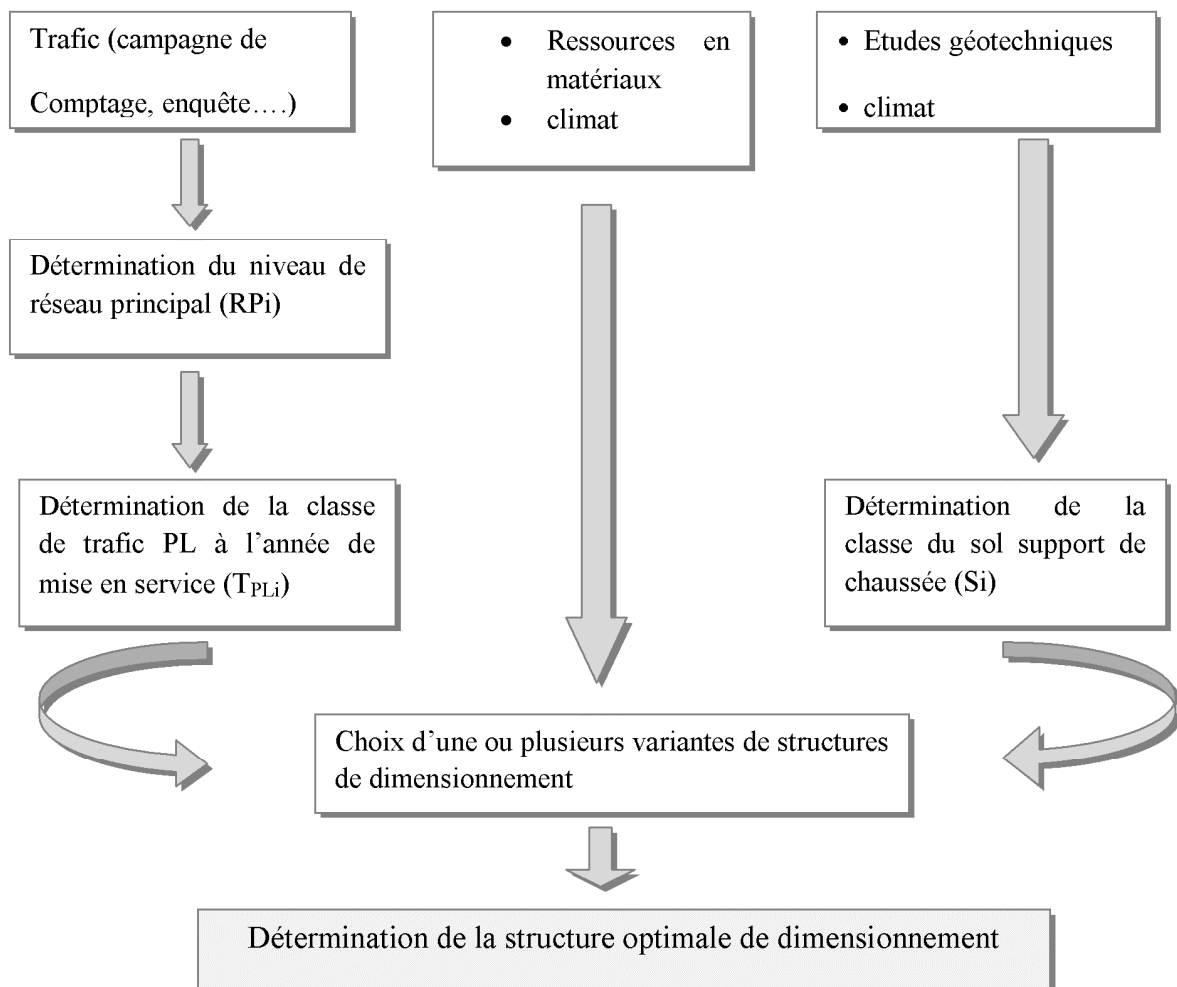


Figure V-2 : Démarche du catalogue.

#### ❖ Détermination de la classe du trafic :

La classe du trafic (T<sub>PLi</sub>) est déterminée à partir du trafic de poids lourd par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

Les classes de trafics adoptées sont dans le tableau suivant:

**Tableau V-2 : Classe du trafic.**

Classe du trafic	Trafic poids lourds cumulé sur 20 ans.
T <sub>1</sub>	$T < 7.3 \cdot 10^5$
T <sub>2</sub>	$7.3 \cdot 10^5 < T < 2 \cdot 10^6$
T <sub>3</sub>	$2 \cdot 10^6 < T < 7.3 \cdot 10^6$
T <sub>4</sub>	$7.3 \cdot 10^6 < T < 4 \cdot 10^7$
T <sub>5</sub>	$T > 4 \cdot 10^7$

Le trafic cumulé « T<sub>c</sub> » est donné par la formule:

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

Avec :

**T<sub>pl</sub>** : trafic poids lourds à l'année de mise en service.

**τ** : taux d'accroissement annuel.

**n** : durée de vie (n=20 ans).

### ❖ Détermination de la classe du sol :

Le sol doit être classé selon la valeur du CBR du sol support. Les différentes catégories du sol sont données dans le tableau suivant :

**Tableau V-3 : Le classement des sols.**

Classe de sol	Indice C.B.R
S0	>40
S1	25 à 40
S2	10 à 25
S3	5 à 10
S4	<5

### ❖ Sur classement du sol support de la chaussée :

Pour améliorer la portance d'un sol (<S<sub>4</sub>, S<sub>3</sub>), on a recours aux couches de formes. Le (CTTP) a fait des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de couche de forme, le mode de sa mise en place (nombres de couches), et la nature de matériau utilisé (les plus répandus en Algérie) pour sa réalisation.

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

## Chapitre V : Dimensionnement du corps de chaussée.

**Tableau V-4** : Sur classement de couche de forme en matériaux non traités.

Classe de portance du sol terrassé ( $S_i$ )	Matériau de couche de forme	Epaisseur de couche de forme	Classe de portance du sol support visée ( $S_j$ )
< $S_4$	Matériau N.T	50 cm (en 2c)	$S_3$
$S_4$	Matériau N.T	35 cm	$S_3$
$S_4$	Matériau N.T	60 cm (en 2c)	$S_2$
$S_3$	Matériau N.T	40 cm (en 2c)	$S_2$
$S_3$	Matériau N.T	70 cm (en 2c)	$S_2$

**NB** : Matériaux non traités : Grave non traitée (G.N.T), matériaux locaux (T.V.O, tufs, ect...). Pour l'utilisation des matériaux locaux, il est recommandé de faire une étude spécifique au laboratoire.

### V-Application au projet:

Nous utilisons donc pour le calcul les deux méthodes explicitées plus haut et les comparées afin d'obtenir le corps de chaussée le plus adéquat.

#### V-1-Méthode California – Bearing – Ratio (CBR):

Données :

- Le trafic moyen :  $TJMA_{2012}=23\ 069V/J$
- L'année de mise en service : 2019
- Le pourcentage (%) des poids lourds :  $Z=35\%$
- Taux d'accroissement annuel :  $\tau =4\%$
- La durée de vie estimée : 20 ans
- Indice CBR : 3
- $TJMA_{2019}=10\ 528V/J$
- $TJMA_{2039}=23\ 069V/J$

#### 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 3 voies : répartition du trafic 50% sur chaque voie, soit **50% de 10528V/J=5264V/J/sens** ; ce qui correspond à : **5264×35%=1843 PL/j/voie**.

$N_{20ans}=1843(1+0.04)^{20}=4039V/j/voie$  (à la 20<sup>ème</sup> année).

## Chapitre V : Dimensionnement du corps de chaussée.

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 \log \frac{4039}{10})}{3 + 5} = 77.93 \approx 78 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \boxed{e = 78 \text{ cm}}$$

Avec :

$$\boxed{e = \sum a_i e_i = a_1 e_1 + a_2 e_2 + a_3}$$

### Remarque :

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

Les coefficients d'équivalence des matériaux utilisés :

- **Couche de roulement BB**             $a_1=2.00.$
- **Couche de base GB**                 $a_2=1.50.$
- **Couche de fondation**               $a_3=1.00.$

Dans notre calcul on fixe l'épaisseur de la couche de roulement et celle de base, puis on calcule l'épaisseur de la couche de fondation.

On fixe :

Couche de roulement en BB :  $e_1=7\text{cm}.$

Couche de base en GB :  $e_2=22\text{cm}.$

$$e = 2 \times 7 + 1.5 \times 22 + 1 \times e_3$$

$$78 = 14 + 33 + 1 \times e_3$$

$$\Rightarrow e_3 = \frac{78 - (14 + 33)}{1} = 31$$

$$\Rightarrow \boxed{e_3 = 31 \text{ cm}}$$

### Remarque :

- Nous avons choisi le matériau non traité pour des conditions économiques.
- Pour notre cas on a un **CBR=3**  $\Rightarrow$  **S<sub>4</sub>** le sol est de faible portance (tableau V.4), alors nous proposons une couche de forme de **60 cm de tuf** pour améliorer la portance du sol support, c'est-à-dire obtenir un CBR compris entre **10 et 25**  $\Rightarrow$  **S<sub>2</sub>** (tableau V.3).

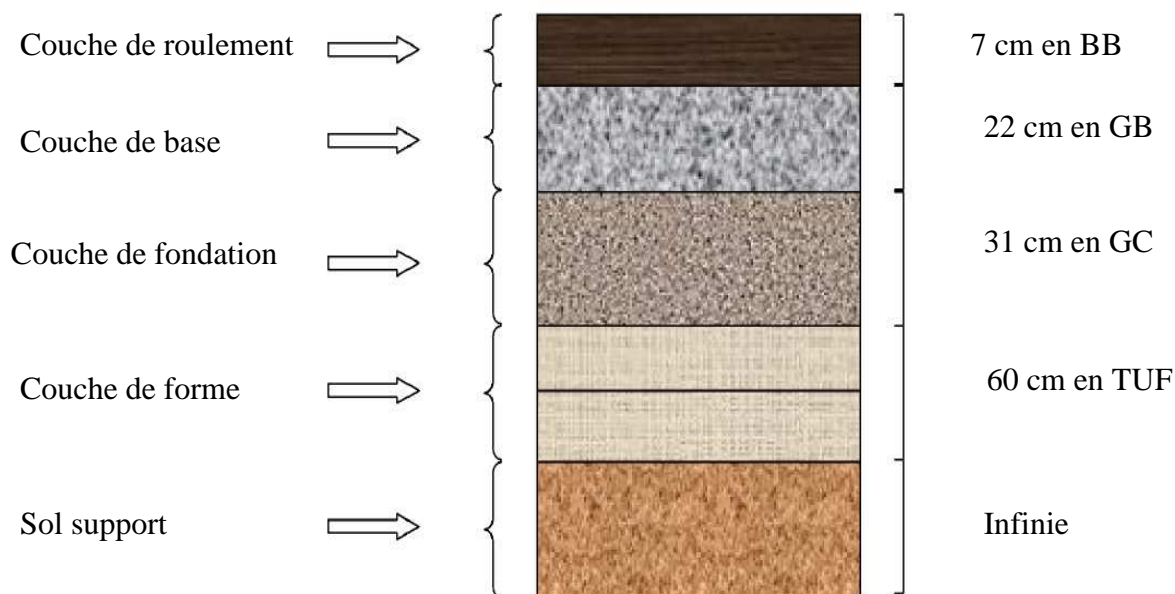
**Tableau V-5:** Dimensionnement du corps de chaussée.

Couches	Epaisseur réelle cm	Epaisseur équivalente cm
Couche de roulement en BB.	07	14
Couche de base en GB.	22	33
Couche de fondation en GC.	31	31
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>78</b>

### Conclusion :

Structure de chaussée retenue avec la méthode CBR :

**7(BB) +22(GB) +31(GC)**avec une couche de forme de **60 cm** en tuf.



**Figure V-3:** Schéma des différentes couches.

### V-2-Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

#### ➤ Détermination du type de réseau :

Les études initiées par les services du ministère des travaux publics ont abouti en 1996 à la décomposition du réseau routier national en deux types :

- Réseau principale RP.
- Réseau secondaire RS.

**NB:** Seul le réseau principal (RP) est pris en considération dans le présent catalogue.

#### ➤ Classement de la route dans le réseau principal :

Le réseau principal se décompose en deux niveaux sont classés dans le tableau suivant :

**Tableau V-6 :** Classification des réseaux principaux.

RP	Trafic V/J
RP1	>1500V/J
RP2	<1500V/J

TJMA<sub>2019</sub> = 10 528V/J (à l'année de mise en service).

Notre projet s'agit d'une infrastructure autoroutière d'un taux de trafic supérieur à 1500V/J, Donc elle est classée dans le réseau principal de **niveau 1**  $\Rightarrow$  **RP1**

## Chapitre V : Dimensionnement du corps de chaussée.

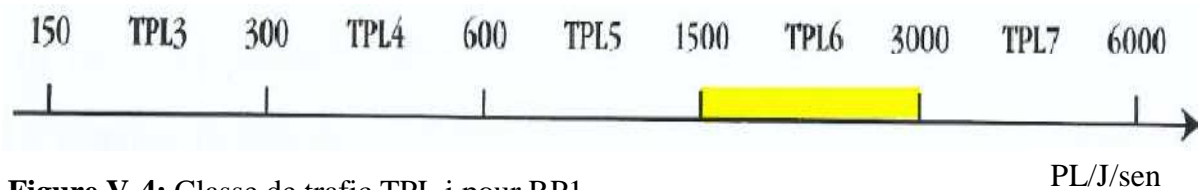
➤ **Détermination de la classe du trafic  $TPL_i$  pour RP1 :**

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

On a :

$$\left. \begin{array}{l} N_0 = 5\,264 \text{ V/J/sens. (à l'année de mise en service).} \\ N_{PL} = 5\,264 \times 35\% = 1\,843 \text{ PL/j/voie.} \end{array} \right\} \Rightarrow \boxed{TPL_i = 1\,843 \text{ PL/j}}$$

❖ **Classe  $TPL_i$  pour RP1 :**



**Figure V-4:** Classe de trafic  $TPL_i$  pour RP1.

⇒ D'après le classement donné par le catalogue des structures, notre trafic est classé en  $TPL_6$  (entre 1500 et 3000 PL).

➤ **Sol support :**

❖ **Classe de portance du sol support :**

Elle est déterminée sur base du module  $E(\text{MPa}) = 5 \times \text{CBR}$

Avec ⇒  $\text{CBR} = 3 < 5E < 5 \times 5 = 25 \text{ Mpa.}$

**Tableau V-7:** Classe de portance du sol-support.

Classe de sol-support	$S_4$	$S_3$	$S_2$	$S_1$	$S_0$
Module (MPa)	<25	25-50	50-125	125-200	>200

⇒ D'après le tableau la classe du sol support est  $S_4$ .

❖ **Sur classement du sol support:**

D'après l'étude précédente on a un sol de faible portance ( $S_4$  en RP1), donc le recours à une couche de forme devient nécessaire et on a adopté une portance visé de  $S_2$

Le passage de  $S_4$  à  $S_2$  nécessite la mise en place d'une couche de forme de 60 cm en TUF en deux couches de 30 cm pour chacune. (**Tableau 5, page 13 du catalogue-fascicule 1.**)

➤ **Matériaux :**

On utilise les matériaux traités en au Bitume(MTB)

➤ **Données climatiques :**

❖ **Etat hydrique du sol-support :**

La région de Tizi-Ouzou est située au Nord du pays, très humide et d'une pluviométrie supérieure à 600mm/an  $\Rightarrow$  **Zone climatique I .Tableau du catalogue-fascicule 2, p 15.**

❖ **Température équivalente :**

La valeur de température équivalente  $\theta_{eq}$  retenue 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.**

Pour la **zone climatique I**  $\Rightarrow$   $\theta_{eq}=20^{\circ}\text{C}$ .

➤ **Durée de vie :**

D'après **le tableau-4 du fascicule 2 page 13** on a :

**TableauV-8** : Données de vie adoptées.

Niveau de réseau principal(RP)	Matériaux types	Structures types	Durée de Vie (année)
RP1	MTB(Matériaux traités au Bitume)	GB/GB ;GB/GNT ;GB/TUF ;GB/SG	<b>20</b>

$\Rightarrow$  Alors la durée de vie est égale à **20 ans.**

➤ **Risque de calcul :**

Les risques de calcul (r%) adoptés dans le dimensionnement des structures sont en fonction du trafic et du niveau de réseau principal, ils sont donnés dans **les tableaux 5 et 6 du catalogue (fascicule-2) page 14.**

$\Rightarrow$   $r=5\%$

D'après les données précédentes :

Taux d'accroissement : **4%**.

La zone climatique: **I.**

Durée de vie : **20 ans.**

Portance de sol : **S2.**

Classe de trafic : **TPL<sub>6</sub>.**

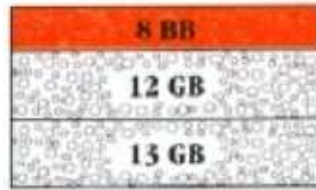
Type : **MTB.**

On trouve la structure suivante (d'après catalogue-fascicule 3, page 13) :

- Couche de roulement **BB =8cm.**
- Couche de base **GB =12cm.**
- Couche de fondation **GB =13cm.**
- Couche de forme **TUF=60cm.**

**NB :**

Tenant compte de l'aspect pratique et les résultats précis, la structure retenue est celle de la méthode du catalogue.



**Figure V-5:** La structure donnée par le catalogue Algérien.

### VI- Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support :

Il faudra vérifier les déformations  $\epsilon_t$  et  $\epsilon_z$  calculées à l'aide d'ALIZE III sont inférieures aux valeurs admissibles calculées ( $\epsilon_{t,adm}$ ,  $\epsilon_{z,adm}$ ).

#### ❖ Mode de fonctionnement pour le type de structure:

**Ou :**

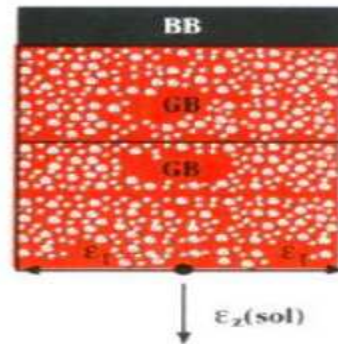
$\epsilon_t$  : Etant la déformation de traction par flexion

A la base des matériaux traités au bitume

$\epsilon_z$  : Etant la déformation verticale sur le sol

Support.

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



#### ❖ Calcule de la déformation admissible sur le sol support $\epsilon_{z,adm}$ :

Données par une relation empirique déduite à partir d'une étude statistique de comportement des chaussées Algériennes :

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

#### ➤ Calcul du trafic cumulé de PL ( $TC_i$ ) :

Le  $TC_i$  est le trafic cumulé de PL sur la période considérée pour le dimensionnement. Il est donné par la formule suivante :

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

Où :

**i** : taux d'accroissement ( $\tau$ ) pris égal à 4%.

**n** : durée de vie = 20 ans.

**TPL<sub>i</sub>** = 1 843 PL/J/sens.

## Chapitre V : Dimensionnement du corps de chaussée.

$$AN : TC_i = 1\ 843 \times 365 \times \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04} = 20.03 \times 10^6 \text{ PL/J/sens.}$$

$$TC_i = 20.03 \times 10^6 \text{ PL/J/sens.}$$

➤ **Calcul du trafic cumulé équivalent (TCE<sub>i</sub>) :**

Le trafic à prendre en compte dans le calcul du dimensionnement :

$$TCE_i = TC_i \times A$$

**Avec :**

**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 page 17**. Elle est en fonction du niveau de réseau principale (RP1). **A = 0,6.**

$$AN : TCE_i = 20.03 \times 10^6 \times 0.6 = 1.20 \times 10^7 \text{ PL/J/sens.}$$

**TCE<sub>i</sub> = 12.0 × 10<sup>6</sup> PL/J/sens.** (pour  $TPL_6 : 9.8 \times 10^6 < TCE_6 < 19.6 \times 10^6$ , **Tableau a, fascicule I de catalogue, page 30**)

$$\Rightarrow \epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (12.0 \times 10^6)^{-0.235} = 477.3 \times 10^{-6}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 477.3 \times 10^{-6}$$

Dans le cas des chaussées traitées au bitume hydraulique, la pression sur le sol support sera tellement faible que le critère  $\epsilon_z < \epsilon_{z,adm}$  sera pratiquement toujours vérifié.

❖ **Calcul des déformations admissibles à la base des couches bitumineuses  $\epsilon_{t,adm}$  :**

Le calcul de la déformation admissible de traction ( $\epsilon_{t,adm}$ ) à la base des couches bitumineuses est donnée par la relation suivante :

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times k_{ne} \times k_{\theta} \times k_r \times k_c$$

Où :

**$\epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{ Hz})$  :** déformation limite détenue au bout de  $10^6$  cycles avec une probabilité de rupture de 50% à  $10^\circ\text{C}$  et 25Hz (essai de fatigue).

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

**$k_{\theta}$  :** facteur lié à la température.

**$k_r$  :** facteur lié au risque et aux dispersions.

**$k_c$  :** facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement observé sur chaussées.

**Avec :**

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

## Chapitre V : Dimensionnement du corps de chaussée.

D'ou:

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times \left(\frac{TCE_i}{10^6}\right)^b \times \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{eq})}} \times 10^{-tb\delta} \times kc$$

Avec:

- TCEi**: trafic en nombre cumulé d'essieux équivalents de 13t sur la durée de considérée.
- b**: pente de la droite de fatigue ( $b < 0$ ).
- E(10°C)**: module complexe du matériau bitumineux à 10°C.
- E(θeq)**: module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente.

$\delta = f(\text{dispersion}) \implies$

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

Avec :

- SN**: Dispersion sur la loi de fatigue.
- Sh**: Dispersion sur les épaisseurs (en cm).
- C**: Coefficient égal à 0.02.
- t**: Fractale de la loi normale, qui est fonction du risque adopté (r%).

➤ D'après le **tableau 16 du catalogue/fascicule 2, page 20.**

Avec  $\implies r\% = 5\% \implies t = -1,645$

➤ Du catalogue des structures des chaussées neuves on tire de **tableau 13 du catalogue/fascicule 2, page 18** les valeurs suivantes pour des matériaux traités en bitume (MTB):

**Tableau V-9** : Performances mécaniques des matériaux bitumineux.

Matériau (MTB)	E(30°C,10Hz) (Mpa)	E(25°,10Hz) (Mpa)	E(20°C,10Hz) (Mpa)	E(10°C,10Hz) (Mpa)	$\epsilon_6(10^\circ\text{C},25\text{Hz}) (10^{-6})$	-1/b	SN	Sh (cm)	$\nu$	Kc Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3

**AN :**

$$\left. \begin{aligned} -1/b = 6,84 \quad b = \frac{-1}{6,84} = -0,1462. \\ TCE_i = 12,0 \times 10^6. \end{aligned} \right\} \quad k_{ne} = \left(\frac{12,0 \times 10^6}{10^6}\right)^{-0,1462} = 0,6954$$

$$\boxed{K_{ne} = 0,6954}$$

$$k_{\theta} = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1,3363.$$

$$\boxed{k_{\theta} = 1,3363}$$

$$\delta = \sqrt{0,45^2 + \left(\frac{0,02}{-0,1462} 3\right)^2} = 0,6090$$

$$\boxed{\delta = 0,6090}$$

## Chapitre V : Dimensionnement du corps de chaussée.

$$k_r = 10^{-(-1.645) \times (-0.1462) \times (0.6090)} = 0.7137$$

$$K_r = 0.7137$$

Donc:

$$\epsilon_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} \times 0.6954 \times 1.3363 \times 0.7137 \times 1.3 = 86.22 \times 10^{-6}$$

$$\epsilon_{t,adm} = 86.22 \times 10^{-6}$$

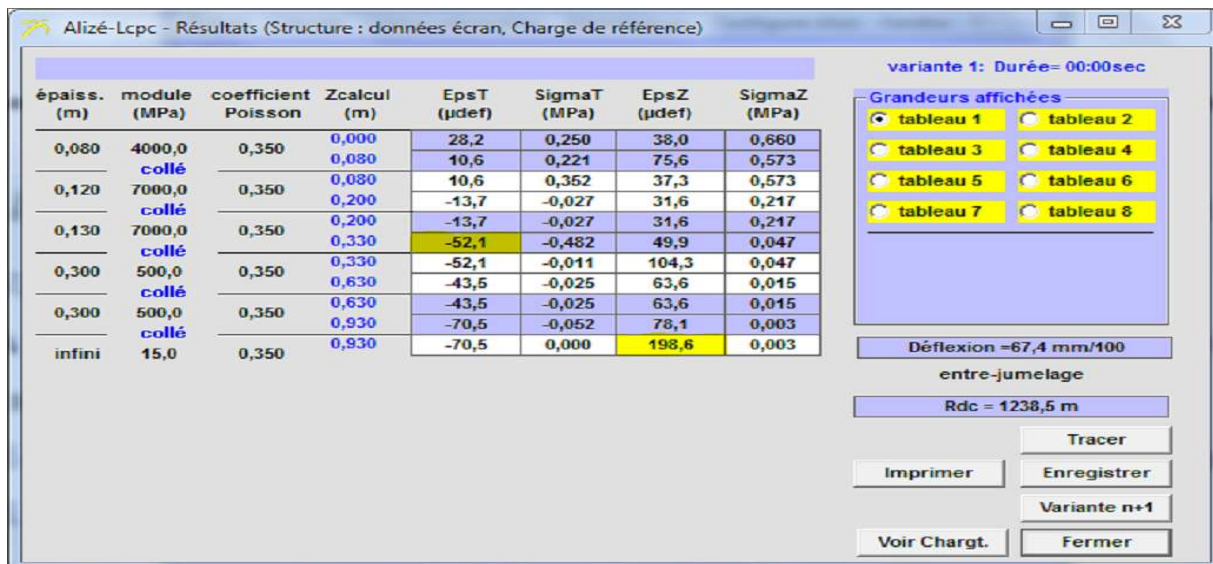
Les déformations admissibles sont :

$$\left\{ \begin{array}{l} \epsilon_{z,adm} \text{ sol support} = 477.3 \times 10^{-6} \\ \epsilon_{t,adm} \text{ à la base de GB} = 86.22 \times 10^{-6} \end{array} \right.$$

### ❖ Calcul par le logiciel alize III:

ALIZE III est un logiciel de dimensionnement du corps de chaussée, il met en œuvre la méthode rationnelle du dimensionnement d'une structure de chaussée. Il a été développé par le LCPC et le SETRA.

Le calcul est donné par la figure ci-dessous :



**Figure V-6 : Résultats écran-Alize III.**

D'après le tableau ci-dessous les déformations calculées par ALIZE III sont :

$$\epsilon_z = 52.1 \times 10^{-6} \text{ et } \epsilon_t = 198.6 \times 10^{-6}$$

### ❖ Comparaison des résultats:

**Tableau V- 10: Déformations.**

Déformation admissible calculée	Déformation calculée par ALIZE III
$\epsilon_{z,adm} = 477.3 \times 10^{-6}$	$\epsilon_z = 198.6 \times 10^{-6}$
$\epsilon_{t,adm} = 86.22 \times 10^{-6}$	$\epsilon_t = 52.1 \times 10^{-6}$

D'après le tableau ci-dessous la structure **8BB+12GB+13GB** est vérifié puisque:

## Chapitre V : Dimensionnement du corps de chaussée.

---

$$\begin{aligned} \epsilon_t &< \epsilon_{t,adm} \\ \epsilon_z &< \epsilon_{z,adm} \end{aligned}$$

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

**Tableau V-11:** Comparaison des deux méthodes.

<b>Méthode CBR.</b>	<b>Catalogue des structures.</b>
7 BB +22 GB +31 GC+ 60 Tuf.	8BB+12 GB+13 GB+60Tuf.

### **VII-Conclusion :**

D'après les résultats présentés dans le tableau ci-dessus, on remarque très bien que la méthode du catalogue nous donne le corps de chaussée le plus économique, ainsi il tient compte des paramètres du trafic, le climat et des matériaux ainsi que les normes en vigueur en Algérie.

## Chapitre VI : Etude géométrique.

---

### ❖ PARTIE I : Présentation brève du logiciel PISTE.

#### I-Introduction :

les concepteurs des projets linéaires sont confrontés à des grandes difficultés, lors de la conception de leurs projets. C'est pour cela que le service d'étude technique des routes et autoroutes «**SETRA**», depuis près de 30 ans a conçu un logiciel d'aide à la conception des projets linéaires de génie civil, appelé «**piste+**».

Actuellement ce logiciel est l'outil de base des bureaux d'études, il facilite aux ingénieurs les tâches de travail quelque soit le cerneau (route, structure, comptabilité...) avec l'exactitude des résultats et diminution de la durée d'étude.

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.

#### II- 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 la 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 (ICTAAL).

#### III-Organigramme de l'application :

##### III-1-Un projet piste :

Un projet au sens de **Piste5** est constitué par un fichier principal appelé fichier Piste. Ce fichier est organisé par profils en travers, contient toutes les informations nécessaires à l'étude. Il est reconnu par l'extension.

Le schéma suivant résume l'interaction entre les fichiers principaux du logiciel piste5.

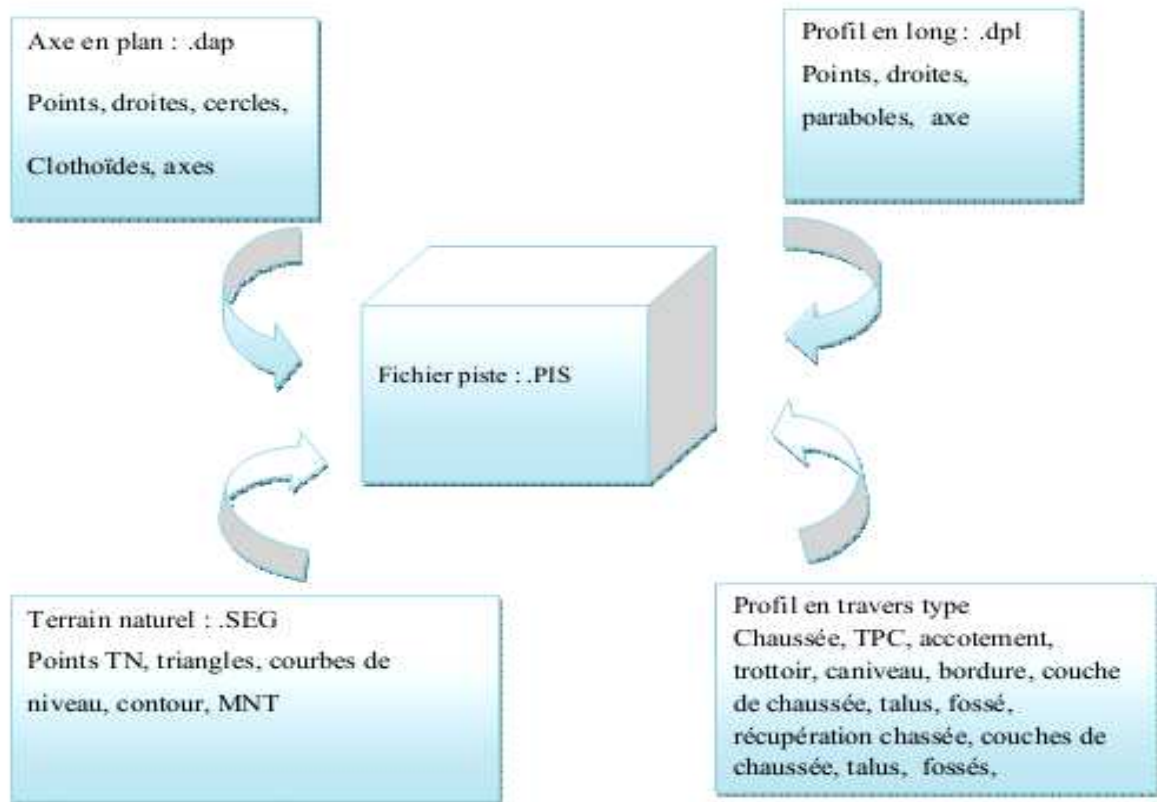


Figure VI-1 : L'interaction entre les fichiers principaux du logiciel piste.

### ❖ PARTIE II : Caractéristiques géométriques.

#### I-Introduction :

Lors de la réalisation d'un projet routier, l'ingénieur doit commencer par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus favorable à la configuration du terrain.

Les caractéristiques du tracé doivent assurer les conditions de confort, de stabilité et la condition optique. Ces conditions sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et la rugosité de la chaussée assurée par la couche de roulement.

#### II-Tracé en plan:

##### II-1-Définition :

Le tracé en plan est une projection horizontale sur un repère cartésien topographique de l'ensemble des points déterminant le tracé de la route. Autrement dit C'est la représentation sur un plan horizontal de l'axe de la route à une échelle réduite.

## Chapitre VI : Etude géométrique.

Il est constitué en général par une succession d'alignements droits et d'arcs de cercle reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif, plus essentiellement des arcs de clothoïde.

### II-2- Règles à respecter dans le tracé en plan :

Pour faire un bon tracé en plan dans les normes on doit respecter certaines recommandations :

- ✓ L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- ✓ Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant.
- ✓ Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- ✓ Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts.
- ✓ Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- ✓ Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- ✓ Eviter au maximum les propriétés privées.
- ✓ Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.

### II-3- Les éléments géométrique du tracé en plan :

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments:

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

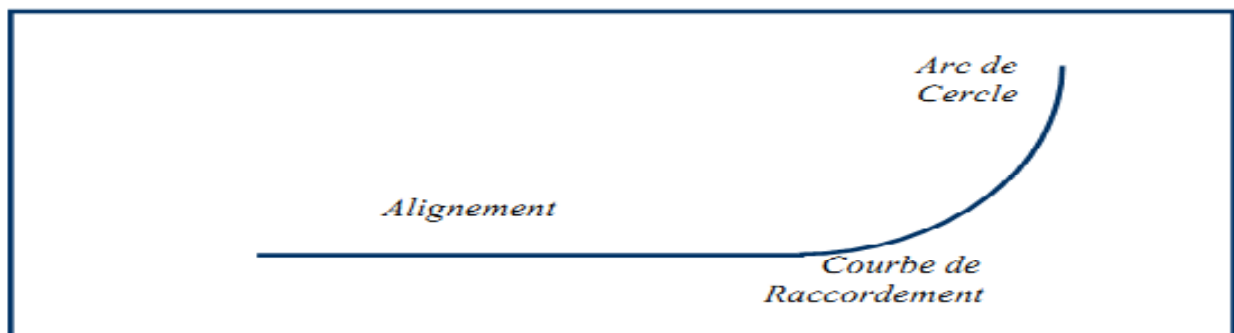


Figure VI- 2: Schéma des éléments du tracé en plan.

#### a)-Les alignements droits:

La droite est l'élément géométrique le plus simple, son emploi dans le tracé des routes est restreint.

#### ✓ Les Avantages :

- ❖ L'alignement droit c'est le plus court chemin pour relié deux points.
- ❖ Bonne conditions de visibilité.
- ❖ La facilité de réalisation.
- ❖ Absence de la force centrifuge.
- ❖ Dépassement facile.

## Chapitre VI : Etude géométrique.

✓ **Les inconvénients :**

- ❖ Eblouissement causé par les phares.
- ❖ Monotonie de conduite qui peut provoquer des accidents.
- ❖ La vitesse excessive.

✓ **La longueur des alignements dépend de :**

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

❖ **Les règles des alignements:**

Le tableau suivant représente les valeurs extrêmes des alignements droits dans le tracé en plan :

**Tableau VI-1 :** Valeurs extrêmes du tracé en plan REF ICTAAL2000.

Vitesse de base	$V_B$ (Km /h)	110
La longueur minimale	$L_{min}(m)$	152
La longueur maximale	$L_{max}(m)$	1833

**Remarque :**

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

**b)-Les arcs de cercle:**

Trois éléments interviennent pour limiter les cubatures :

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

❖ **Stabilité des véhicules en courbe :**

Le véhicule subit en courbe une instabilité à l'effet de la force centrifuge, afin de réduire cet effet on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur, pour éviter le glissement des véhicules, en fait de fortes inclinaisons d'où on a recours à augmenter le rayon. D'où la nécessité de fixer les valeurs de l'inclinaison (dévers) ce qui implique un rayon minimal. Les rayons en plan doivent respecter les valeurs minimales résumées dans le tableau suivant :

**Tableau VI-2 :** Valeurs minimales des rayons du tracé en plan Selon ICTAAL2000.

Catégorie		$L_1$	$L_2$
Rayon minimal	$R_m(m)$	600	400
Rayon minimal non déversé	$R_{nd}(m)$	1000	650
Rayon minimum sans courbe de transition	$R(m)$	1500	975

## Chapitre VI : Etude géométrique.

---

Il est conseillé de remplacer les longs alignements droits par des grands rayons. L'emploi de rayons supérieurs ou égaux à 1,5 Rnd est souhaitable, dans la mesure où cela n'induit pas de surcoût sensible, afin d'améliorer le confort et faciliter le respect des règles de visibilité.

### ❖ Visibilité en courbe :

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.

### ❖ 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 bande sur la largeur théorique S est nécessaire pour une voie de circulation.

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

Avec :

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{L} : \text{Longueur du véhicule (longueur moyenne est de 10m).} \\ \mathbf{R} : \text{Rayon de l'axe de la route.} \end{array} \right.$$

### c)- Courbes de raccordement progressive :

Les courbes de rayon inférieur à 1.5Rnd sont introduites par des raccordements progressifs (clothoïde).

Il faut d'après (**PICTAAL2000**) que la longueur de clothoïde soit au moins égale au:  $\text{MAX} : \{14|\Delta\delta| \text{ et } R/9\}$ .

Où :  $\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{R} \text{ (m) le rayon de courbure.} \\ \mathbf{\Delta\delta(\%)} \text{ la différence des pentes transversales des éléments du tracé raccordés.} \end{array} \right.$

### Remarque :

Tous les raccordements de notre tracé ce font sans clothoïde ( $R > 1.5Rnd$ ).

### II-4-Enchaînement des éléments du tracé en plan :

Des courbes circulaires de rayon modéré ( $< 1,5 Rnd$ ) ne peuvent être utilisées qu'en respectant les règles d'enchaînement du tracé en plan ci-après :

## Chapitre VI : Etude géométrique.

---

- Introduire de telles courbes sur une longueur de 500 à 1 000 m à l'aide de courbes de plus grand rayon. En ce cas, deux courbes successives doivent satisfaire à la condition :  $R1 \leq 1,5R2$ , où  $R1$  est le rayon de la première courbe rencontrée et  $R2 (<1,5Rnd)$  celui de la seconde. Cette recommandation est impérative dans une section à risque, comme après une longue descente, à l'approche d'un échangeur, d'une aire ou dans une zone à verglas fréquent.
- Séparer deux courbes successives par un alignement droit d'au moins (200m), sauf pour deux courbes de sens contraire introduites par des raccordements progressifs.

### II-5- Application au projet :

Nous allons à présent procéder à la conception du projet à partir du logiciel **PISTE 5** en effectuant les différentes étapes suivantes.

#### Etape 1 : Construction du terrain :

**1-** Comme première étape de la construction du terrain, nous devons copier le fichier Excel qui contient le levé topographique que nous a procuré l'ANA dans un Blok notes, et l'enregistrer sous format (Levé. xyz), pour que ce dernier puisse être lu par le logiciel Piste 5.

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

Nouveau → Choisir fond de plan TPL (.seg)

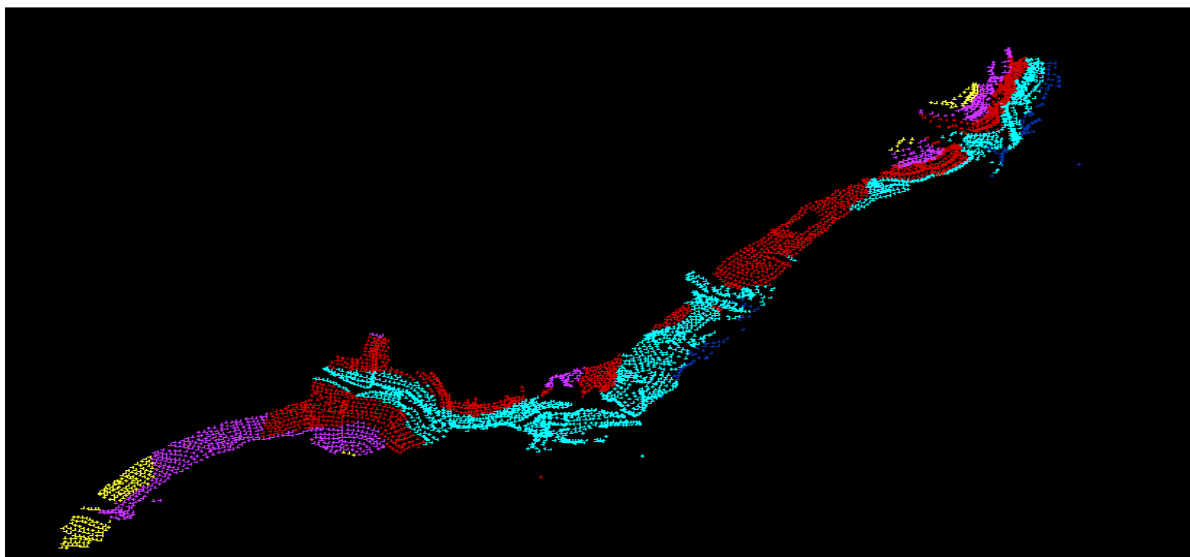
Puis une boîte de dialogue va apparaître, on lui donne le nom de (Terrain), puis on clique sur ouvrir et OK sur les fenêtres qui vont suivre.

#### 3- Chargement du fichier géométrique :

Fichier → Lire → Levé (le nom donné aux points topographiques).

Ouvrir → ok → ok.

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



**Figure VI-3 : Nuage de points.**

## Chapitre VI : Etude géométrique.

---

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

### 4- Triangulation du terrain :

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

Calcul → Trianguler.

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

Calcul → Points hauts et bas.

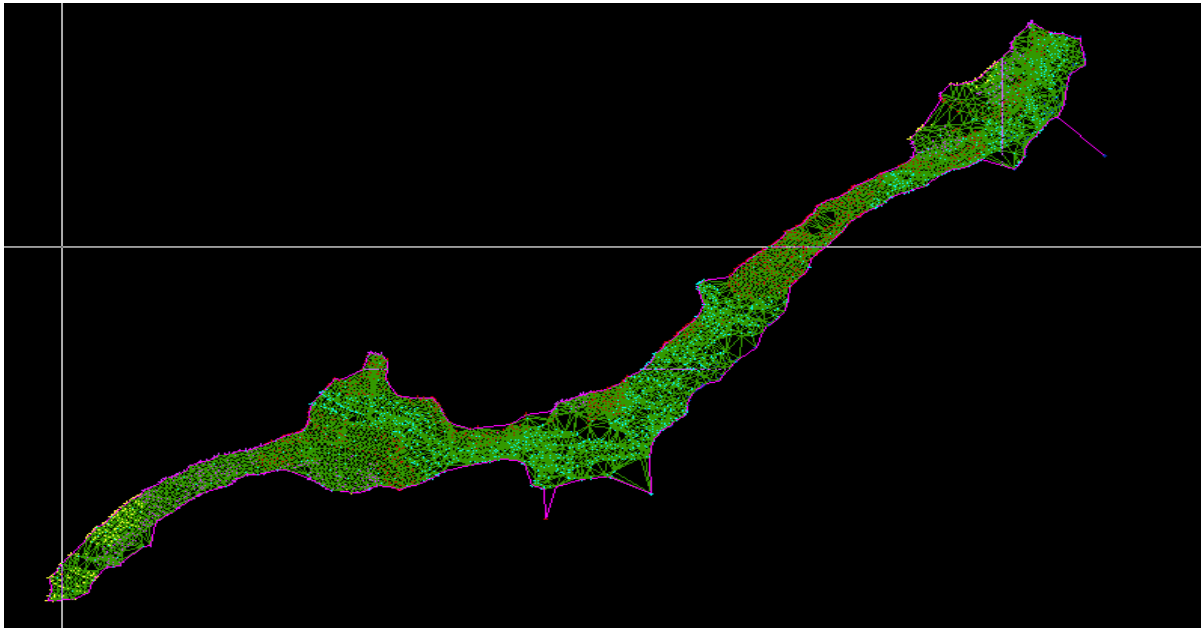


Figure VI-4: Triangulation du terrain.

### 5-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 effectuée → calcul → courbe de niveau → choisir la valeur du pas (ex : 1m) → ok

Nous obtenons :

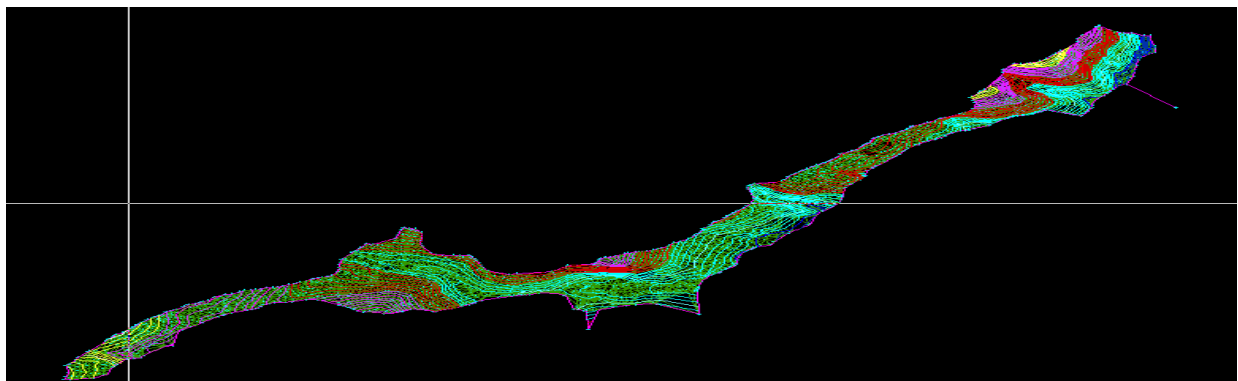


Figure VI-5: Calcul des courbes de niveau.

On passe maintenant à la conception plane.

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

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

## Chapitre VI : Etude géométrique.

---

Fichier → Fond de plan → Terrain → Ouvrir.

Bouton droit → Zoom tout.

### Etape 2 : Définition de l'axe en plan et tabulation :

#### 1- Construction des éléments de l'axe :

- **Point :**

Elément → Point → nom d'élément

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

On refait la même chose pour tous les points.

- **Droite :**

Elément → droite → nom d'élément

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

La même chose pour toutes les droites.

- **Rayon :**

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

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

- **Création d'une liaison :**

Elément → liaison → nom d'élément

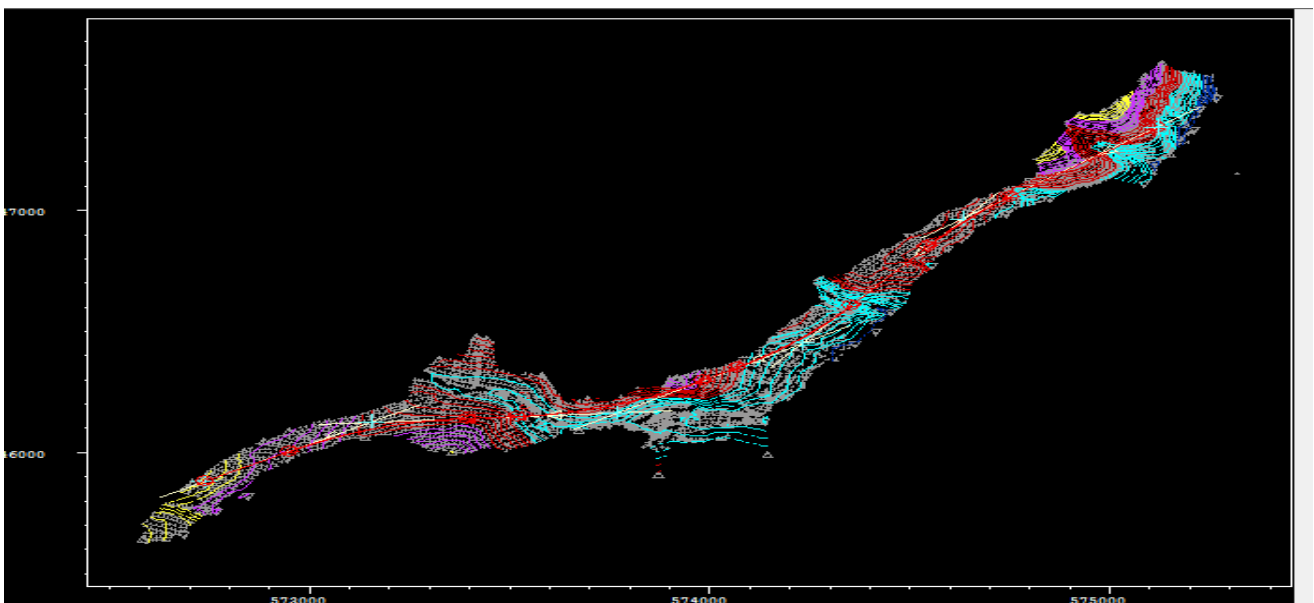
En bas on écrit (LIA L1 D1 D2 R1) → Exécuter.

Exécuter la même chose pour les autres Liaisons.

Ces différentes étapes sont représentées dans la photo qui suit.

- **Construction de L'axe :**

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



## Chapitre VI : Etude géométrique.

FigureVI-6: Construction de l'axe en plan.

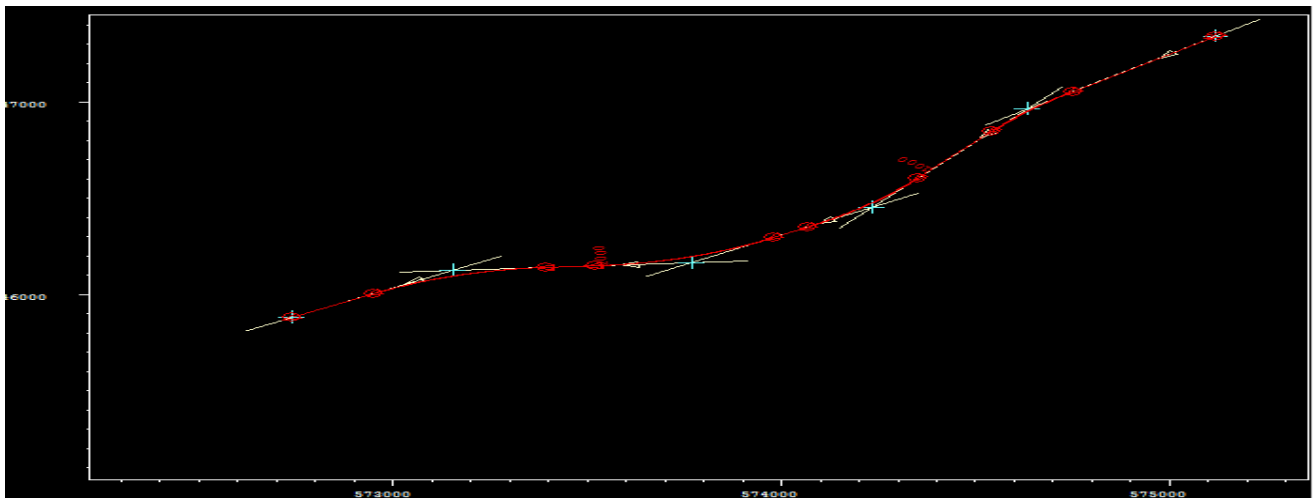


Figure VI-7: Axe en plan.

### 2-Tabulation de l'axe :

On fait :

Calcul → Zone → Axe → on saisit Axe1 0 10 → Exécuter.

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

**NB:**L'introduction des valeurs 0 à 10 permet au logiciel de donner des résultats des profils chaque 10 mètres.

### 3-Interpolation de l'axe :

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

Calcul → interpolation → Axe projet » → ouvrir ok.

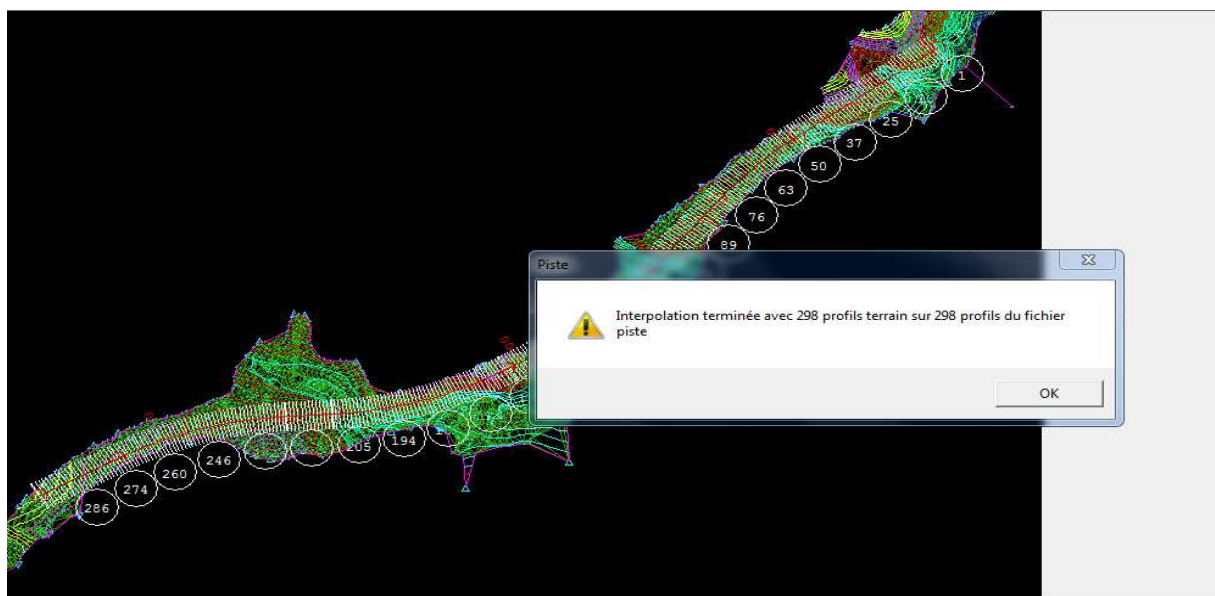


Figure VI-8: Interpolation de l'axe.



## Chapitre VI : Etude géométrique.

### III-Profil en long :

#### III-1-Définition :

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

#### III-2- règles à respecter dans le tracé du profil en long :

Pour tracé un profil en long, il est indispensable de :

- ✓ Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- ✓ Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- ✓ Rechercher un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- ✓ Eviter une hauteur excessive en remblai.
- ✓ 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 de dévers nul dans une pente du profil en long.
- ✓ Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, au niveau du virage pour permettre une bonne distinction du carrefour et pour prévoir de loin l'évolution du tracé.

#### III-3- Caractéristiques de notre profil en long :

Tous les paramètres de notre profil en long doivent respecter les valeurs limites données dans le tableau suivant : **ICTAAL**.

**Tableau VI-3** : Valeurs limites des paramètres du profil en long.

Catégorie	L1	L2
Déclivité maximum (%)	5	6
Rayon minimal en angle saillant (m)	12 500	6 000
Rayon minimal en angle rentrant (m)	4 200	3 000

➡ Dans notre cas on a une route de catégorie **L<sub>2</sub>**

##### a)- Déclivité maximum :

La déclivité maximum dépend de :

- ✓ Condition d'adhérence entre pneus et chaussée.
- ✓ Vitesse minimum de PL.
- ✓ Condition économique.

## Chapitre VI : Etude géométrique.

---

Toute fois dans les sinuosités (dans une courbe en plan), il est nécessaire de réduire de déclivité maximum.

Déclivité maximum :  **$I_{max} = 6\%$ . (ICTAAL).**

### **b)-Raccordement convexe (angle saillant) :**

Les rayons minimaux admissibles des raccords paraboliques en angle saillant sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain et des obstacles d'une part, des distances d'arrêt et de visibilité d'autre part.

La conception doit satisfaire aux conditions suivantes :

- ✓ Condition de confort.
- ✓ Condition de visibilité.

Rayon minimal en angle saillant : **6000 m. (ICTAAL).**

### **c)- Raccordement concave (angle rentrant) :**

Dans un raccordement concave, les conditions de confort et de visibilité de jour ne sont pas déterminantes, par contre on a un problème de visibilité de nuit pour les routes non éclairées.

Rayon minimal en angle rentrant : **3 000 m. (ICTAAL).**

### **III-4-Coordination du tracé en plan et profil en long :**

La coordination du tracé en plan et du profil en long doit faire l'objet d'une étude d'ensemble, afin d'assurer une bonne insertion dans le site, le respect des règles de visibilité et, autant que possible, un certain confort visuel ; ces objectifs incitent à :

- associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important ;
- faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :  $R_{vertical} > 6R_{horizontal}$ , pour éviter un défaut d'inflexion ;
- supprimer les pertes du tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de surcoût sensible ; lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500 m au moins, créant une perte du tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.

### **III-5- Application au projet :**

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

#### **❖ La conception longitudinale**

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

## Chapitre VI : Etude géométrique.

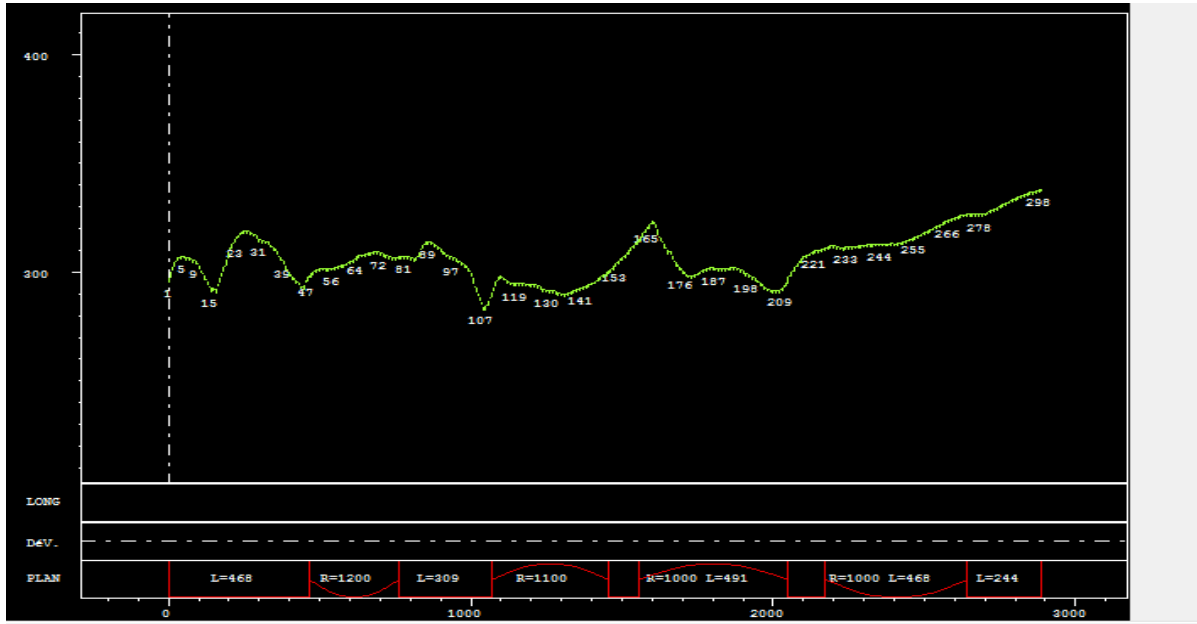


Figure VI-9: Terrain naturel.

Pour dessiner la ligne rouge on suit les mêmes étapes que la phase conception pour les points et les droites.

Pour la distance, nous saisissons que les valeurs (R1, R2, ...etc.).

Distance → choisir une valeur de R → exécuter (échappe).

Parabole → nom d'élément : para1 D1 D2 R1 (entre deux droites).

Axe → Point P1 → Fin automatique → exécuté (échapper).

Zone → 0 20 → exécuter

Calcul → Tabuler un axe → <RC>compléter.

L'image ci-après représente le profil en long après les tabulations.

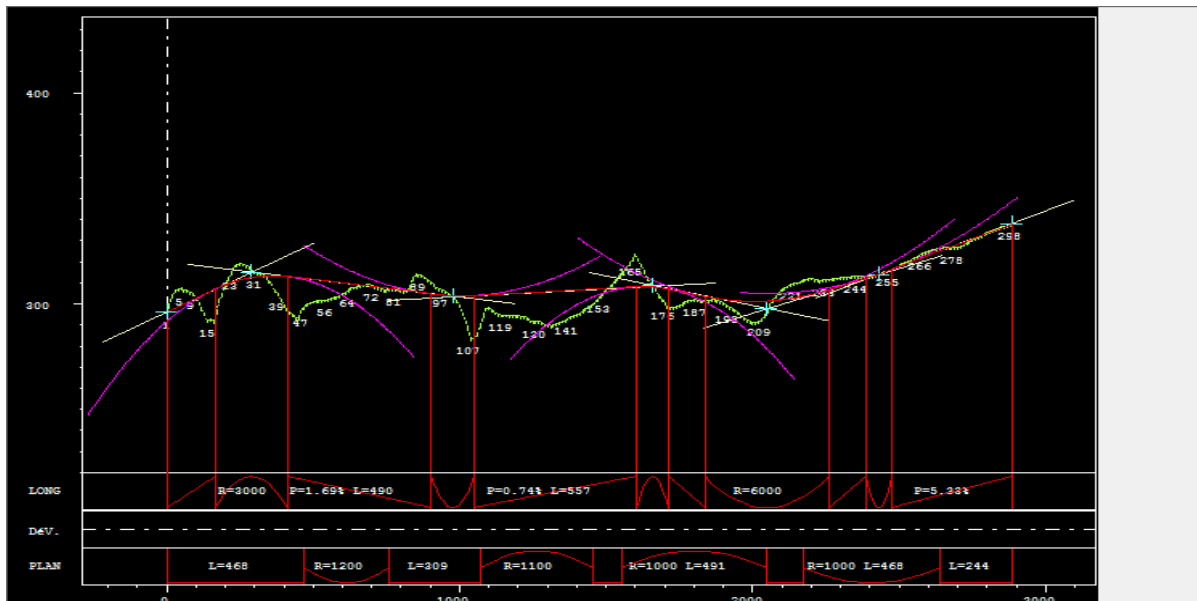


Figure VI-10: Eléments du profil en long.

## Chapitre VI : Etude géométrique.

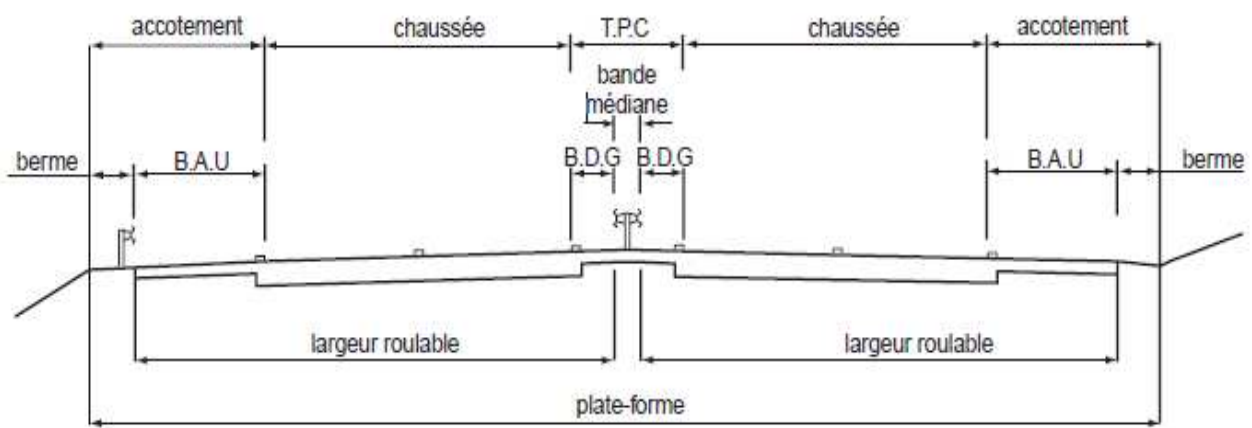
### IV-Profil en travers :

#### IV-1- Définition :

Le profil en travers d'une chaussée est une coupe perpendiculaire à l'axe de la route de l'ensemble des points définissant sa surface sur un plan vertical. Son choix dépend du taux de trafic que la route conçu va recevoir.

#### IV-2-Les éléments qui composent le profil en travers :

Le schéma suivant présente les différentes constituent du profile en travers.



**FigureVI-11:** Eléments constitutifs du profil en travers en section courante.

**T.P.C :** terre-plein central

**B.A.U :** bande d'arrêt d'urgence

**B.D.G :** bande dérasée de gauche

#### 1)- Chaussée :

Surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules comporte 2 à 4voies de circulation larges de 3,5 m.

#### 2)- Terre-plein central(T.P.C) :

Le T.P.C assure la séparation matérielle des deux sens de circulation. Sa largeur résulte decelle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.

##### a) Bande dérasée de gauche (B.D.G) :

Elle est destinée à permettre de légers écarts de trajectoire et à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité. Elle contribue dans les courbes à gauche au respect des règles de visibilité.

Elle est dégagée de tout obstacle, revêtue et se raccorde à la chaussée sans dénivellation. Sa largeur est de 1,00 m.

##### b) Bande médiane :

Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, et à implanter certains équipements.

Sa largeur dépend, pour le minimum, des éléments qui y sont implantés.

## Chapitre VI : Etude géométrique.

---

### 3)- Accotement :

Zone latérale de la plate-forme qui borde extérieurement la chaussée. L'accotement est constitué de la berme et de la bonde dérasée.

#### a) Zone de sécurité :

La largeur de la zone de sécurité est, à compter du bord de la chaussée, de 10 m pour la Catégorie L1, et de 8,50 m pour la catégorie L2. En déblai, la zone de sécurité ne s'étend pas au-delà d'une hauteur de 3 m.

#### b) La bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) :

La B.A.U facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, Sa largeur est de 2,50 m, ou de 3,00 m lorsque le trafic poids lourd excède 2 000 v/j (deux sens confondus).

#### c) La berme :

Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements : barrières de sécurité, signalisation verticale...

Sa largeur qui dépend surtout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place est de 1,00 m minimum.

### IV-3-Classification de profil en travers :

Ils existent deux types de profil :

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

#### a)-Le profil en travers type :

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

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

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

#### b)-Le profil en travers courant :

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

### IV- 4-Application au projet :

- **La conception transversale** : Cette étape a pour but de créer un catalogue qui contiendra les demis profils en travers types que nous appliquerons à notre projet.
- **Le profil en travers type du projet** : Notre projet comportera un profil en travers type, qui contient les éléments constructifs suivant :
  - Deux chaussées de 3 voies de 3.5m chacune :  $(3 \times 3.5) \times 2 = 21\text{m}$ .
  - Terre-plein centrale de 3 m.
  - Une bonde d'arrêt d'urgence de 2.5 m pour chaque côté :  $2.5 \times 2 = 5\text{m}$ .

Notre tronçon de route a une largeur de 29 m.

Conception transversale → Nom de fichier piste (profil type) → Ok.

## Chapitre VI : Etude géométrique.

Calcul → Dévers    Calculer    Recherche semi-automatique (Compléter le tableau).  
Dévers → Calculé → Fermé.  
Dévers → Fin    Créer un fichier.dvt → Ok.  
Projet Créer un fichier. Type.  
Profil type Nom de profil type (T 1).  
Créer Nouveau Ok. →

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

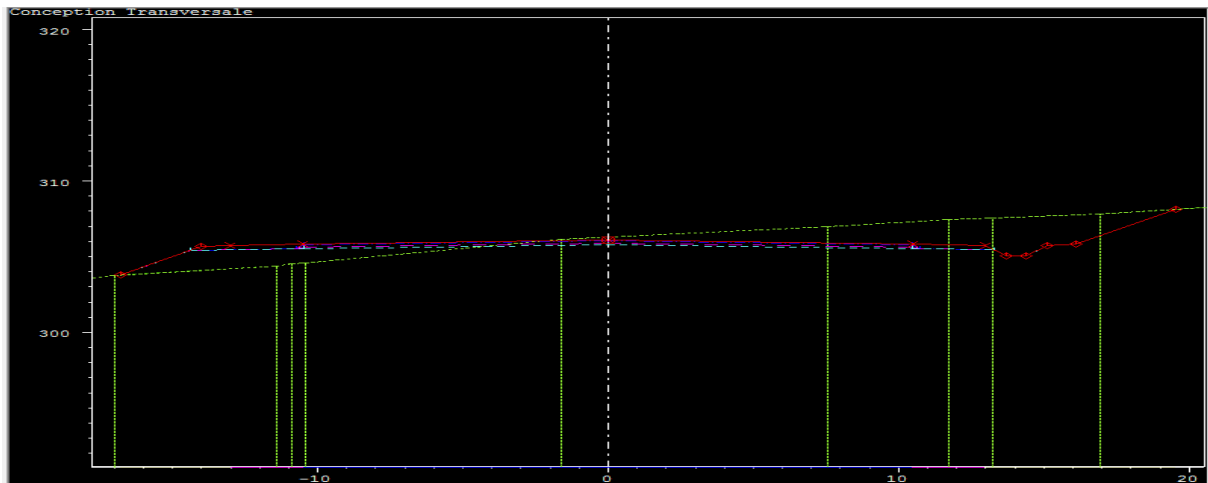


Figure VI.12 : Profil en travers.

### Conclusion :

A travers cette étude géométrique, d'une part nous avons essayé de respecter les conditions pour obtenir les différents tracés (tracé en plan ; profil en long ; profil en travers) et d'autre part nous avons illustré les différentes étapes de ces tracés.

Nous rappelons que nous avons fait appel au logiciel piste 5, et que les résultats du calcul sont joints aux annexes.

Après avoir établi toutes les étapes sur le logiciel nous avons abouti aux résultats représentés ci-dessous :

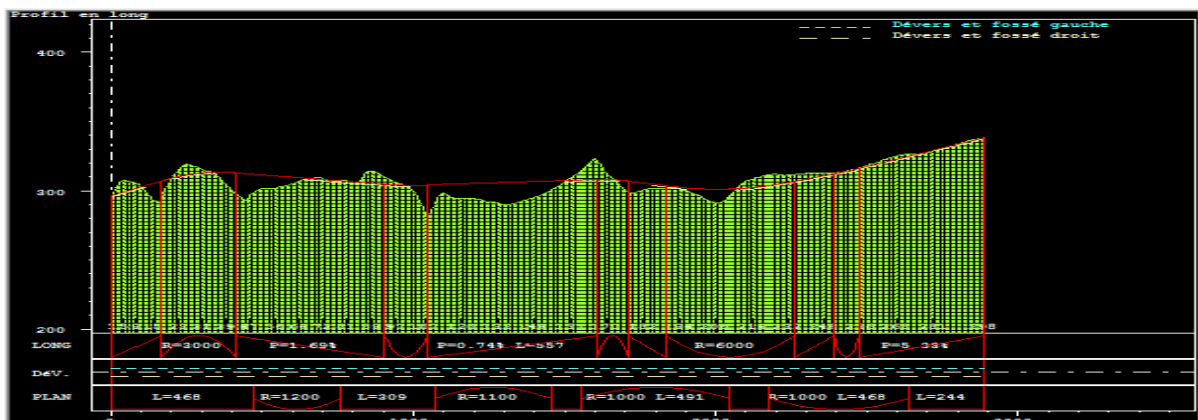


Figure VI- 13- Profil en long.

## Chapitre VI : Etude géométrique.

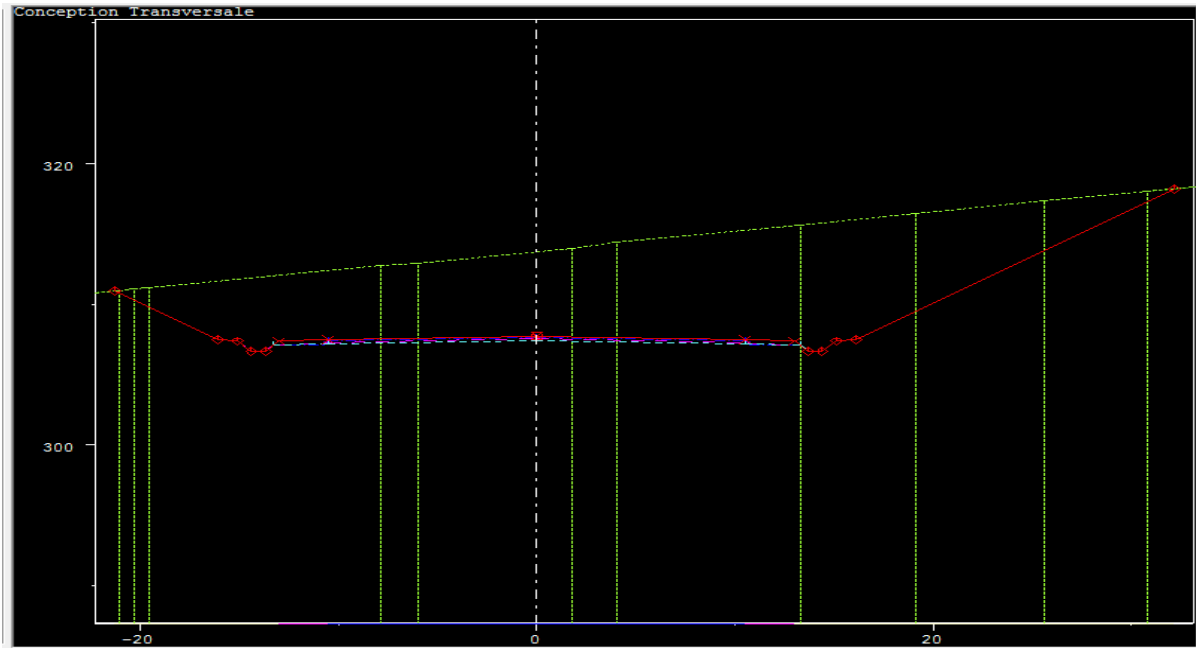


Figure VI-14 : Profil en travers.

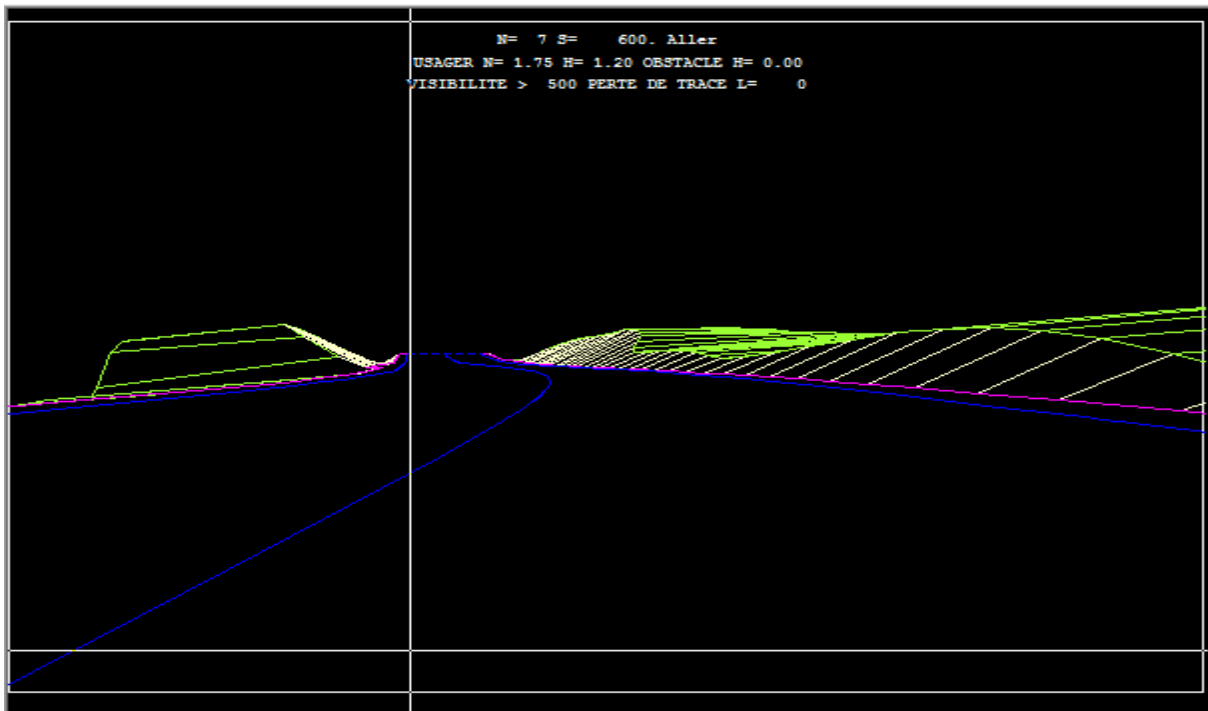


Figure VI-15: perspective de la Pénétrante.

# Chapitre VII : Cubature et terrassement.

---

## I- Introduction :

La réalisation d'une infrastructure routière nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lequel sera implanté le projet, car il n'est pas possible que le projet suit exactement les ondulations du relief du terrain.

Cette modification s'effectue soit par apport au sol sur le terrain naturel, qui lui servira de support remblai, soit par excavation des terres existantes au-dessus du niveau de la ligne rouge, cas de déblai.

L'ensemble de ces deux opérations constitue les cubatures des terrassements.

## II- Définitions:

### II-1-Cubatures :

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

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

### II-2-Les terrassements :

Comprennent l'ensemble des travaux des déblais et de remblais exécutés pour donner à la route et à ses abords la forme déterminée par les plans et profils en long et en travers.

#### • Les déblais:

Ils consistent à extraire les terres avec des engins mécaniques selon la profondeur donnée par le topographe. Le déblai peut être utilisé comme remblai, s'il est consistant et s'il répond aux normes techniques.

#### • Les remblais:

Les remblais consistent à transporter et déposer des terres pour combler des cavités (comblent une tranchée, aplanir un terrain...etc.). Les remblais sont constitués par des couches superposées qui ne doivent contenir aucun débris végétal. Les remblais sont commencés par les points les plus bas. Ils sont exécutés par couche de 20cm environ.

## III- Le compactage :

Les matériaux mis en œuvre supportent les charges routières, il est nécessaire d'en améliorer la résistance au cisaillement:

- ✓ En resserrant les grains solides les uns contre les autres.
- ✓ En diminuant le volume des vides par expulsion de l'air, par le compactage.

La diminution des vides conduit à réduire les entrées d'eau ultérieures. Elle réduit également les causes de l'attrition.

#### ❖ Les paramètres du compactage :

Trois facteurs influents sur le compactage:

## Chapitre VII : Cubature et terrassement.

---

### ➤ Les forces appliquées par le compacteur :

Plus les forces sont élevées, plus vite se fait le réarrangement des grains.

### ➤ La capacité du sol à évacuer l'air :

- Pour un sol granulaire, les vides sont jointifs, l'air n'a aucune difficulté à s'évacuer.
- Pour un sol argileux, en revanche, les vides sont microscopiques et l'air s'évacuera difficilement.

### ➤ La quantité d'eau contenue dans le sol :

Elle réduit la résistance au cisaillement, c'est à dire qu'elle réduit la contrainte de cisaillement sur le plan de rupture.

### IV- Cubature de terrassement :

Cubature de terrassement représente 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 du 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.

### V-Méthodes de calcul :

Les calculs effectués pour l'obtention des volumes des terrassements existants dans notre projet sont appelés cubatures. Bien que les cubatures soit fastidieuses, il existe plusieurs méthodes qui simplifient leurs calcul entre autre :

- ✓ La méthode linéaire.
- ✓ La méthode de Sarraus.
- ✓ La méthode de Gulden.

#### V-1-méthode linéaire :

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

#### V-2- méthode de Sarraus :

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

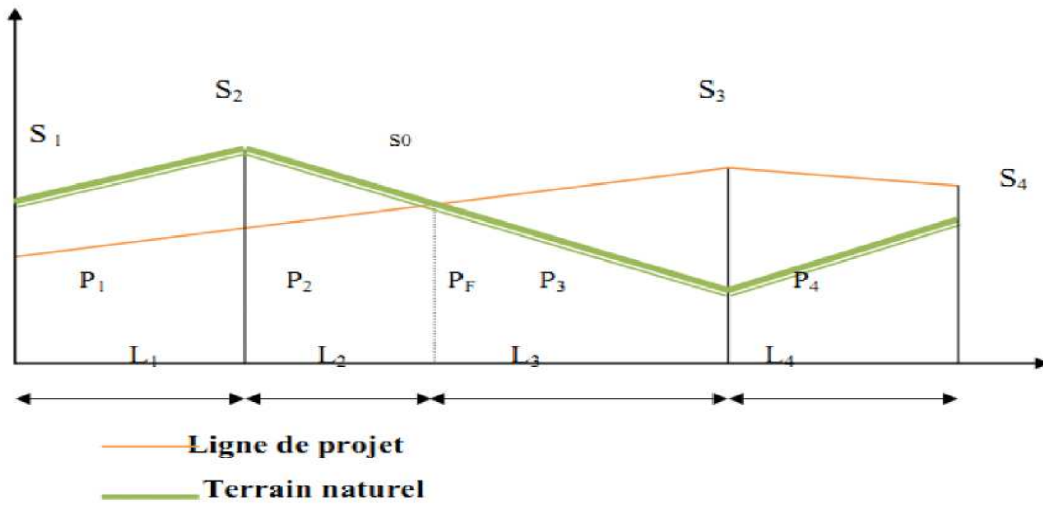
Le volume V compris entre S1 et S2 est égale à :

$$V = \frac{L}{6} (S1 + S2 + 4S_{moy})$$

## Chapitre VII : Cubature et terrassement.

Avec :

$$S_{\text{moy}} = \frac{S_1 + S_2}{2}$$



**FigureVII-1 : Calcul des volumes remblais et déblais.**

**P<sub>F</sub>** : Profil fictif, c'est le profil où le volume des terrassements est nul.

**S<sub>1</sub>** et **S<sub>2</sub>** : Surface des deux profils en travers P<sub>1</sub> et P<sub>2</sub>.

**L<sub>1</sub>** : Distance entre ces deux profils.

**S** : Base intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance de P<sub>1</sub> et P<sub>2</sub>).

Si on applique la formule de Sarraus, le volume entre P<sub>1</sub> et P<sub>2</sub> de surface S<sub>1</sub> et S<sub>2</sub> sera :

$$v_1 = \frac{L_1}{6} (S_1 + S_2).$$

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

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

### V-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

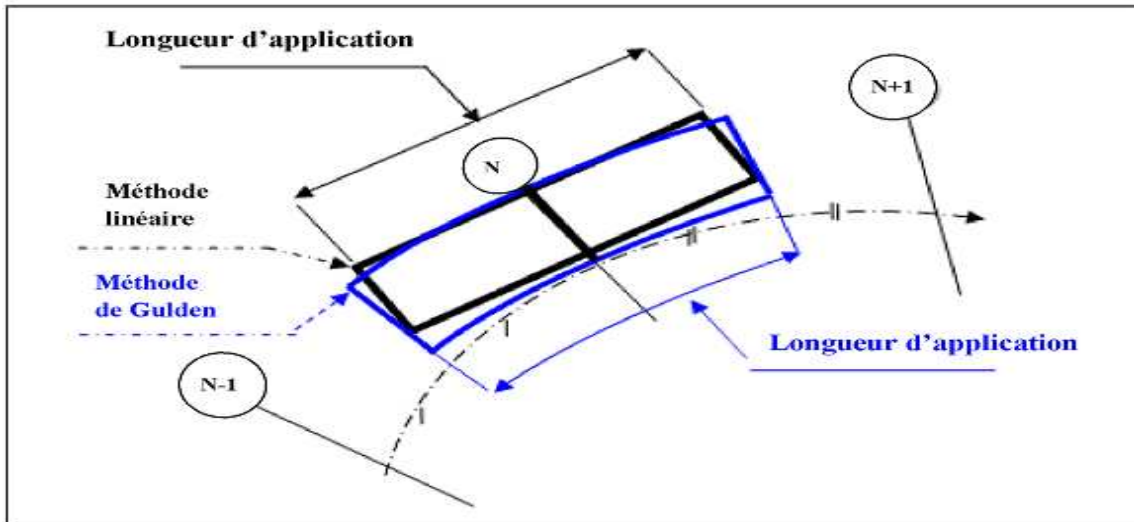


Figure VII-2 : Description de la méthode Gulden.

**N.B :** Pour le cas de notre projet on utilise la méthode de Gulden intégrée dans le logiciel PISTE.

### VI- Application au projet :

#### Calcul des cubatures de terrassement :

La méthode choisie pour le calcul est celle de Gulden.

Le calcul s'est effectué à l'aide du logiciel piste+5, les résultats sont joints en annexes.

Les principaux résultats à retenir sont :

- Volume Déblais :  $V_D=257\ 079\ m^3$ .
- Volume Remblais :  $V_R=516\ 020\ m^3$ .

### **I-Introduction :**

L'assainissement routier est un élément essentiel dans la conception, la réalisation et l'exploitation des infrastructures linéaires.

Alors des ouvrages hydrauliques doivent faire l'objet d'un dimensionnement garantissant le bon rétablissement des écoulements naturels, évitant ainsi l'inondation et l'érosion des terrains avoisinant le projet d'un côté ; et d'un autre côté assurant la stabilité de l'ouvrage lui-même vis-à-vis des infiltrations qui peuvent nuire à la portance du corps de chaussée.

Une part de cet aspect est prise en compte dans la conception du tracé lui-même, en déversant la chaussée longitudinalement « profil en long » d'une pente minimale 0.5% et transversalement « profil en travers » d'une pente allant de 2.5% à 7% tel que l'ICTAAL le recommande; et enfin, l'eau est collecté et acheminé à l'aide de caniveaux, buses et dalots.

### **II- Dégradations causées par l'eau :**

Les ruissellements des eaux en surfaces de la route engendrent de graves dégâts (dégradations) à cause de mauvais drainage et entretien. Ces dégradations présentent sous forme de :

#### **1)- Pour les chaussées :**

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

#### **2)- Pour les talus :**

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

### **III- Objectif de l'assainissement routier:**

Trois grands principes doivent toujours être présents à l'esprit lors de l'étude d'assainissement d'un projet routier:

#### **III-1- la sécurité de l'usager:**

Il faut éviter que l'eau stagne sur la chaussée afin d'éviter les problèmes d'aquaplanage, de verglas et de projections d'eau entraînant des pertes de visibilité. Il est nécessaire de réaliser des ouvrages qui ne soient pas des obstacles.

#### **III-2-La protection de la route:**

Pour faire durer la structure de chaussée, il faut: drainer l'eau qui s'infiltré dans le corps de chaussée (danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel),et éviter que les écoulements naturels ou le ruissèlement ne détériorent une partie du projet.

### **III-3- La protection des milieux récepteurs:**

La protection des ressources en eau et des écosystèmes, qui entrent dans le cadre du développement durable, constitue aujourd'hui un enjeu majeur et exige la mise en œuvre de mesures appropriées vis-à-vis de la pollution d'origine routière.

D'autre part, la route peut constituer un obstacle préjudiciable à l'écoulement naturel donc la réalisation d'ouvrages hydrauliques est nécessaire afin de limiter les risques d'inondation et de submersion aux abords de la route et d'éviter de modifier les niveaux d'eaux des écoulements naturels.

### **IV-Assainissement de la chaussée :**

L'assainissement d'une voie routière doit régler plusieurs types de problèmes posés par l'eau :

- La création de la route perturbe les écoulements naturels. Il faut donc rétablir les écoulements par des ouvrages suffisamment dimensionnés.
- Ces écoulements servent souvent d'exutoires aux eaux de plate-forme. Leurs débits seront donc augmentés et les risques de pollution accrus. Ces impacts doivent être évalués et corrigés si nécessaire par des moyens appropriés.
- Les eaux recueillies par la plate-forme doivent également être collectées et évacuées.

Il faut donc dimensionner correctement l'ensemble du réseau de recueil des eaux de plate forme.

Le réseau d'assainissement routier est composé de: L'architecture d'un réseau d'assainissement peut être décomposée conventionnellement en 5 grandes parties :

**IV-1-Les réseaux de collecte longitudinaux :** il s'agit d'ouvrages de récolte des eaux qui longent la route telle que : le réseau de crête de talus de déblai, le réseau de pied de talus de déblai, le réseau de terre-plein centrale, le réseau de crête de remblai et le réseau de pied de talus de remblai.

**IV-2-Les ouvrages transversaux :** ils assurent le transfert des écoulements d'un réseau longitudinal vers un autre.

**IV-3-Les ouvrages de raccordement :** il s'agit des regards et des différents raccordements des liaisons transversales avec le réseau longitudinal, ces ouvrages sont généralement préfabriqués.

**IV-4-Les ouvrages de contenance et de dépollution :** leur rôle est de stocker et différer les débits à l'aval vers l'exutoire ce qui permet l'eau de débarrassée de ces déchets solides et de limitée la pollution.

**IV-5-Les exutoires :** c'est les points de rejet des eaux hors de l'emprise de la route, ils désignent aussi les points les plus bas de l'assainissement.

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

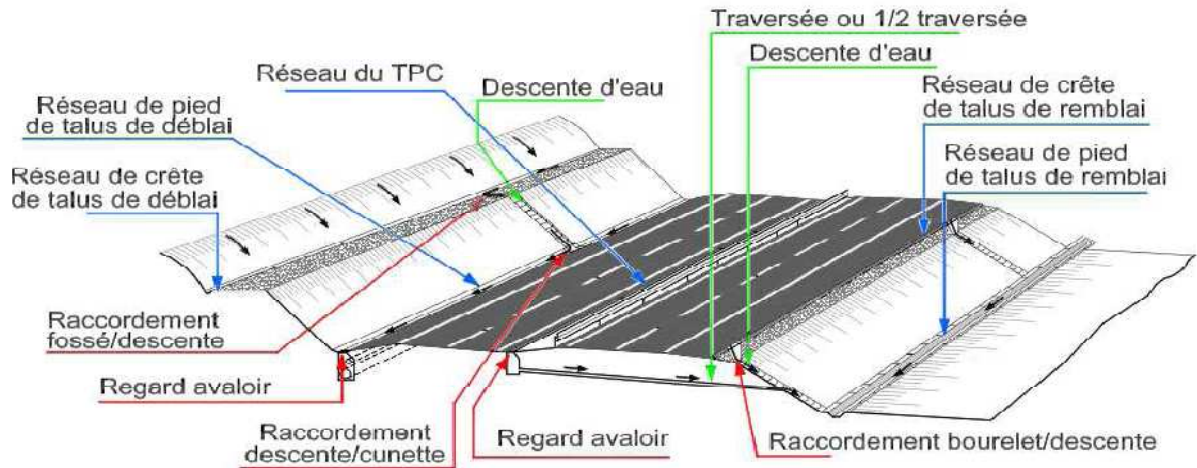


Figure VIII-1 : Réseau d'assainissement routier.

### V-Quelques définitions :

- 1) **Bassin versant**: Surface naturelle telle que toute l'eau reçue sur sa surface s'écoule vers un point unique : l'exutoire du bassin versant.
- 2) **Caniveau** : Famille d'ouvrages de collecte et de transport longitudinal des eaux de ruissellement de la route.
- 3) **Dalot** : Ouvrage hydraulique enterré de section rectangulaire préfabriqué ou coulé en place et à forte capacité.
- 4) **Buse** : Ouvrage hydraulique en béton utilisé pour le rétablissement des écoulements naturels.

### VI-Etude hydrologique :

L'étude hydrologique consiste à 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,...).

Cependant nous nous sommes basés dans nos calculs sur des données issues des supports suivants:

- Données topographiques.
- Données hydrologiques.
- Carte d'état-major éditée au 1/25000.

#### VI-1-Estimation des débits de crue:

Pour le dimensionnement de réseau d'assainissement, La méthode **diterationnelle** est la plus utilisée pour le drainage routier.

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

## Chapitre VIII : Assainissement.

Avec :

- K** : coefficient qui permet la conversion des unités (les mm/h en l/s).
- I** : intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration (mm/h).
- C** : coefficient de ruissellement.
- A** : aire du bassin versant (m<sup>2</sup>).

### Remarque :

D'après SETRA: la formule  $Q_a = K.C.I.A$  est empirique, elle a été faite pour les unités suivantes :

En (m<sup>3</sup>/s) valable pour : **I** en (mm/h) , **A** en (km<sup>2</sup>) et **K= 0.278**.

Ou

En (l/s) valable pour : **I** en (mm/h) ; **A** en (ha) et **K= 2.78**.

### a)- Coefficient de ruissellement:

Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative à des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée.

Sa valeur est obtenue en tenant compte des paramètres suivants : la pente du bassin versant, la perméabilité du sol et la couverture végétale. Il peut être choisi suivant le tableau ci-après :

**Tableau VIII-1** : Coefficients de ruissellement en fonction de type de chaussée.

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

### b)- Calcul de l'intensité de l'averse $I_t$ :

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

- t<sub>c</sub>** : Temps de concentration (heure).
- B** : b-1, d'où **b** : exposant climatique.
- I** : intensité de l'averse pour une durée de 1h.

$$\text{Avec : } I = \frac{P_j(\%)}{24h}$$

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

## Chapitre VIII : Assainissement.

### ❖ Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle :

Formule de « GALTON » 
$$P_j(\%) = \frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{Cv^2+1}} \times e^{u \sqrt{\ln(Cv^2+1)}}$$

Avec :

- P<sub>j</sub>**: pluie moyenne journalière.
- Cv**: coefficient de variation climatique.
- U** : variation de Gauss, donnée par le tableau suivant :

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

<b>Fréquence (%)</b>	<b>50</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>Période de retour (ans)</b>	2	5	10	50	100
<b>Variable de Gauss (U)</b>	0.00	0.841	1.282	2.057	2.327

- 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.

### ❖ Calcul des fréquences d'averse :

La fréquence d'averse est donnée par la formule suivante :

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

- P<sub>j</sub>** : Hauteur de la pluie journalière maximale (mm).
- b** : Exposant climatique.
- P<sub>t</sub>** : pluie journalière maximale annuelle.
- t<sub>c</sub>** : Temps de concentration en heure.

### ❖ 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 $A < 5 \text{ km}^2$ :

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$$

## Chapitre VIII : Assainissement.

- La formule de PASSINI lorsque  $5\text{km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$  :

$$t_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}}$$

- La formule de GIADOTTI lorsque  $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$  :

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

- tc**: Temps de concentration (heure).
- A** : Superficie du bassin versant ( $\text{km}^2$ ).
- L** : Longueur de bassin versant (km).
- P** : Pente moyenne du bassin versant (m.p.m).
- H** : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m).

### VI-2- Estimation des débits de saturation ( $Q_s$ ) :

Le calcul du débit est déterminé par la formule de **Manning Strickler**.

$$Q_s = K_{st} \times I^{\frac{1}{2}} \times R_H^{\frac{2}{3}} \times S_m$$

- Q<sub>s</sub>**: Débit de saturation  $\text{m}^3/\text{s}$ .
- I** : pente longitudinale de l'ouvrage.
- R<sub>H</sub>**: Rayon hydraulique = (**surface mouillée/ périmètre mouillée**).
- S<sub>m</sub>**: surface mouillée ( $\text{m}^2$ ).
- K<sub>st</sub>**: coefficient de rugosité qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage tel que :
  - o Paroi en terre :  $K_{st} = 40$ .
  - o En buses métalliques :  $K_{st} = 40$ .
  - o Maçonneries :  $K_{st} = 50$ .
  - o Bétons (Dalots) :  $K_{st} = 70$ .
  - o Buses préfabriquées (bétons) :  $K_{st} = 80$ .

**Pour que l'ouvrage soit capable d'acheminer l'eau de ruissellement en toute sécurité, il faut vérifier que :**

$$Q_a \leq Q_s$$

- $Q_a$  : Débit d'apport en prévenance du bassin versant ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).
- $Q_s$  : Débit d'écoulement au point de saturation ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

### VII- Application au projet :

#### VII-1-Données pluviométrique :

Les caractéristiques de la pluie interviennent dans l'estimation des débits d'apport provenant du bassin versant.

D'après les informations récoltées au niveau local, les données pluviométriques se rapportant à la région de Draa-El-Mizan sont :

- o La pluie journalière moyenne :  $P_{j\text{moy}} = 61,1\text{mm}$ .
- o Le coefficient de variation :  $C_v = 0,38$ .
- o L'exposant climatique :  $b = 0,37$ .

#### VII-2-Détermination des bassins versants :

On ouvrant une carte d'état-major avec Map Info à l'échelle 1/25000, et on intercalant le tracé en plan obtenu par le logiciel piste 5 sur cette carte, on dessine les lignes de partage des eaux, qui délimitant les bassins versants.

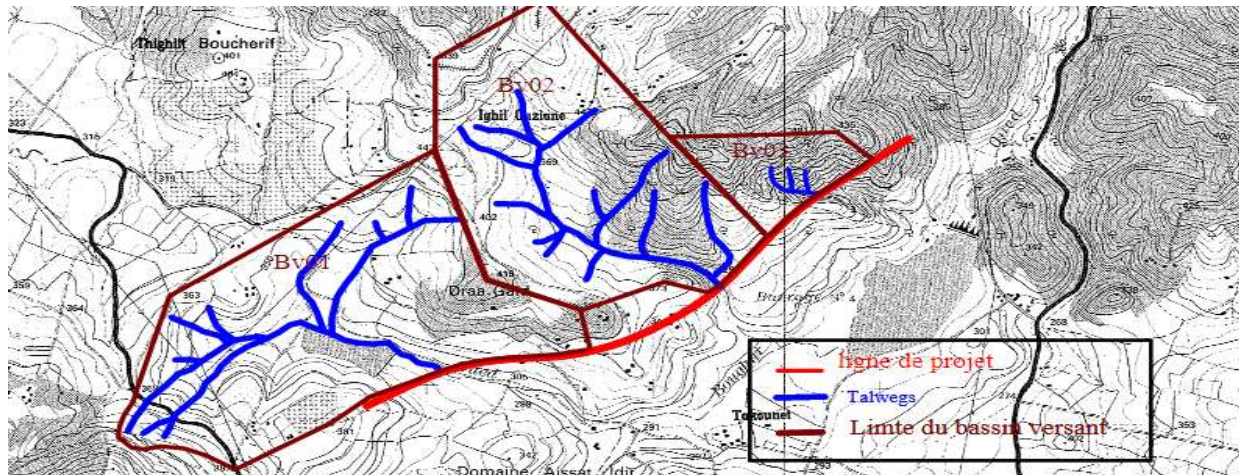


Figure VIII-2 : Délimitation des bassins versants.

Ce logiciel nous permet de calculer certains paramètres nécessaire au calcul de débit, telle que l'aire et le périmètre des bassins versants ainsi que la longueur des talwegs.

La dénivelée du bassin versant et la différence d'altitude entre le point le plus haut ( $H_{\text{max}}$ ) et celle du plus bas ( $H_{\text{min}}$ ).

$$\Delta H = H_{\text{max}} - H_{\text{min}}$$

La pente est le rapport entre la dénivelée et la longueur du talweg :

$$P = \frac{H_{\text{max}} - H_{\text{min}}}{L}$$

Dans notre projet on a 03 bassins versants représentés dans le tableau suivant :

## Chapitre VIII : Assainissement.

**Tableau VIII-3 :** Caractéristiques des bassins versants.

N° BV	Surface de BV (ha)	Longueur (m)	Long linéaire (m)	H <sub>max</sub> (m)	H <sub>min</sub> (m)	Dénivellement (m)	Pente (%)
BV N°1	181.1	1624.4	1046	443	300	143	09
BV N°2	152.8	1570.0	445.5	545	295	250	16
BV N°3	25.84	256,2	555.4	511	350	161	63

**NB :** Les fossés, les buses et les dalots sont dimensionnés pour des périodes de retour respectives de 10ans et 50ans.

❖ **Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle :**

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

**Tableau VIII-4 :** Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle.

P <sub>j</sub> <sub>moy</sub>	u	C <sub>v</sub>	P <sub>j</sub>	
61.1	1.282	0.38	<b>91.46</b>	P <sub>j</sub> (10%)
61.1	2.057	0.38	<b>121.57</b>	P <sub>j</sub> (2%)

❖ **Temps de concentration :**

A < 5 km<sup>2</sup>, donc on applique La formule de VENTURA.

$$t_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$$

**Tableau VIII-5 :** Temps de concentration.

N° du BV	BV N°1	BV N°2	BV N°3
t <sub>c</sub> (heure)	0.57	0.39	0.08

❖ **Intensité de l'averse :**

I<sub>t</sub> = I × (t<sub>c</sub>/24)<sup>B</sup>. Avec:  $I = \frac{P_j(\%)}{24h}$

**Tableau VIII-6 :** Intensité de l'averse.

N° du BV	Fréquence au dépassement t (%)	t <sub>c</sub> (h)	B	P <sub>j</sub> (%)	I (mm/h)	I <sub>t</sub> (mm/h)
BV N°1	10%	0.57	-0.63	91.46	3.811	<b>40.21</b>
	2%			121.57	5.065	<b>53.45</b>
BV N°2	10%	0.39		91.46	3.811	<b>51.07</b>
	2%			121.57	5.065	<b>67.88</b>
BV N°3	10%	0.08		91.46	3.811	<b>138.56</b>
	2%			121.57	5.065	<b>184.15</b>

## Chapitre VIII : Assainissement.

### VII-3- Détermination des débits des crues des bassins versants :

$$Q_a = K.C.I.A \quad \text{Avec : } C=0.2 \text{ (Terrain naturel).}$$

- Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau VIII-7 : Débits des crues des bassins versants.

Bassin versant	C	K	Intensité à l'averse		Surface A(ha)	Débit d'apport(m <sup>3</sup> /s)	
			I <sub>t</sub> (10%)	I <sub>t</sub> (2%)		Q <sub>a</sub> (10%)	Q <sub>a</sub> (2%)
BV N°1	0.2	2.78	40.21	53.45	181.1	<b>4.05</b>	<b>5.38</b>
BV N°2			51.07	67.88	152.8	<b>4.34</b>	<b>5.77</b>
BV N°3			138.56	184.15	25.84	<b>2.00</b>	<b>2.64</b>

### VII-4- Estimation du débit d'apport :

#### VII-4-1) Surface de l'écoulement :

On considère la présence de trois éléments (**chaussée, berme et talus**), on calcule le débit d'apport pour chaque élément et le débit total sur leurs sections respectives.

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

**NB :**

D'après l'ICTAAL :

- ❖ La pente d'une B.A.U est identique à celle de la chaussée portant le marquage de rive, elle peut être portée à 4% pour des raisons techniques.
- ❖ La berme extérieure présente une pente transversale de 8% qui peut être portée jusqu'à 25% dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement.

Donc :

$$Q_a = Q_{ach} + Q_{ab} + Q_{at}$$

Avec :

- $Q_{ach} = K. I. C_{ch}. A_{ch}$
- $Q_{ab} = K. I. C_b. A_b$
- $Q_{at} = K. I. C_{at}. A_{at}$

Et:

- $Q_{ach}$ : Débit rapporté par la chaussée (chaussée + B.A.U).
- $Q_{ab}$ : Débit rapporté par la berme.
- $Q_{at}$ : Débit rapporté par le talus.

#### VII-4-2) Exemple de calcul de débit pour BV1 :

a) La chaussée :  $P_{ch}=2.5\%$ ,  $C_{ch}=0.95$

• Surface de la chaussée :

$$A_{ch} = 13 \times 1046 \times 10^{-4} = \mathbf{1.3598 \text{ ha.}}$$

• Calcul de temps de concentration :

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{1.3598}{2.5}} = \mathbf{0.094 \text{ h.}}$$

- Calcul de l'intensité de pluie :

$$I_t(10\%) = 3.811 \left( \frac{0.094}{24} \right)^{-0.63} = \mathbf{125.17 \text{ mm/h.}}$$

$$I_t(2\%) = 5.065 \left( \frac{0.094}{24} \right)^{-0.63} = \mathbf{166.36 \text{ mm/h.}}$$

- Débit d'apport de la chaussée :

$$Q_{ach}(10\%) = 2.78 \times 10^{-3} \times 125.17 \times 0.95 \times 1.3598 = \mathbf{0.45 \text{ m}^3/\text{s.}}$$

$$Q_{ach}(2\%) = 2.78 \times 10^{-3} \times 166.36 \times 0.95 \times 1.3598 = \mathbf{0.60 \text{ m}^3/\text{s.}}$$

### b) La berme : $P_b=8\%$ , $C_b=0.4$

- Surface de la berme :

$$A_b = 1 \times 1046 \times 10^{-4} = \mathbf{0.1046 \text{ ha.}}$$

- Calcul de temps de concentration :

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.1046}{8}} = \mathbf{0.015 \text{ h.}}$$

- Calcul de l'intensité de pluie :

$$I_t(10\%) = 3.811 \left( \frac{0.015}{24} \right)^{-0.63} = \mathbf{397.80 \text{ mm/h.}}$$

$$I_t(2\%) = 5.065 \left( \frac{0.015}{24} \right)^{-0.63} = \mathbf{528.65 \text{ mm/h.}}$$

- Débit d'apport de la berme :

$$Q_{ab}(10\%) = 2.78 \times 10^{-3} \times 397.80 \times 0.4 \times 0.1046 = \mathbf{0.046 \text{ m}^3/\text{s.}}$$

$$Q_{ab}(2\%) = 2.78 \times 10^{-3} \times 528.65 \times 0.4 \times 0.1046 = \mathbf{0.061 \text{ m}^3/\text{s.}}$$

### b) Letalus : $P_t=66\%$ , $C_t=0.25$

- Surface du talus :

$$A_t = 10 \times 1046 \times 10^{-4} = \mathbf{1.046 \text{ ha.}}$$

- Calcul de temps de concentration :

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{1.046}{66}} = \mathbf{0.016 \text{ h.}}$$

- Calcul de l'intensité de pluie :

$$I_t(10\%) = 3.811 \left( \frac{0.016}{24} \right)^{-0.63} = \mathbf{381.92 \text{ mm/h.}}$$

$$I_t(2\%) = 5.065 \left( \frac{0.016}{24} \right)^{-0.63} = \mathbf{507.59 \text{ mm/h.}}$$

- Débit d'apport du talus :

$$Q_{at}(10\%) = 2.78 \times 10^{-3} \times 381.92 \times 0.25 \times 1.046 = \mathbf{0.28 \text{ m}^3/\text{s.}}$$

$$Q_{at}(2\%) = 2.78 \times 10^{-3} \times 507.59 \times 0.25 \times 1.046 = \mathbf{0.37 \text{ m}^3/\text{s.}}$$

## Chapitre VIII : Assainissement.

**Conclusion:**

$$Q_a = Q_{ach} + Q_{ab} + Q_{at}$$

$$Q_a(10\%) = 0.45 + 0.046 + 0.28 = \mathbf{0.776 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$Q_a(2\%) = 0.60 + 0.061 + 0.37 = \mathbf{1.031 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Les résultats des calculs des bassins versants BV1, BV2 et BV3 sont résumés dans les tableaux ci-dessous :

❖ **Pour le bassin versant N°01 :**

**Tableau VIII-8:** Les calculs des débits d'apports de BV N°01.

	fréq %	K	P (%)	A (ha)	t <sub>c</sub> (h)	I <sub>t</sub> (mm/h)	C	Q <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Qa=ΣQ <sub>i</sub> (10%)	Qa=ΣQ <sub>i</sub> (2%)
<b>Chaussée</b>	10%	2.78	2.5	1.3598	0.094	125.17	0.95	0.45	<b>0.776</b>	<b>1.031</b>
	2%					166.36		0.60		
<b>Berme</b>	10%		8	0.1046	0.015	37.80	0.40	0.046		
	2%					528.65		0.061		
<b>Talus</b>	10%		66	1.046	0.016	381.92	0.25	0.28		
	2%					507.59		0.37		

❖ **Pour le bassin versant N°02 :**

**Tableau VIII-9 :** Les débits d'apports de BV N°02.

	Fréq %	K	P(%)	Surface A(ha)	t <sub>c</sub> (h)	I <sub>t</sub> (mm/h)	C	Q <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Qa=ΣQ <sub>i</sub> (10%)	Qa=ΣQ <sub>i</sub> (2%)
<b>Chaussée</b>	10%	2.78	2.5	0.579	0.061	164.40	0.95	0.25	<b>0.437</b>	<b>0.58</b>
	2%					218.45		0.334		
<b>Berme</b>	10%		8	0.045	0.009	548.78	0.40	0.027		
	2%					729.36		0.036		
<b>Talus</b>	10%		66	0.4455	0.01	513.54	0.25	0.16		
	2%					682.52		0.21		

❖ **Pour le bassin versant N°03 :**

**Tableau VIII-10 :** Les débits d'apport de BV N°03.

	Fréq %	K	P(%)	Surface A (ha)	t <sub>c</sub> (h)	I <sub>t</sub> (mm/h)	C	Q <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Qa=ΣQ <sub>i</sub> (10%)	Qa=ΣQ <sub>i</sub> (2%)
<b>Chaussée</b>	10%	2.78	2.5	0.722	0.071	153.49	0.95	0.293	<b>0.505</b>	<b>0.661</b>
	2%					204.00		0.389		
<b>Berme</b>	10%		8	0.0555	0.01	513.54	0.4	0.032		
	2%					682.52		0.042		
<b>Talus</b>	10%		66	0.5554	0.012	457.81	0.25	0.180		
	2%					608.45		0.230		

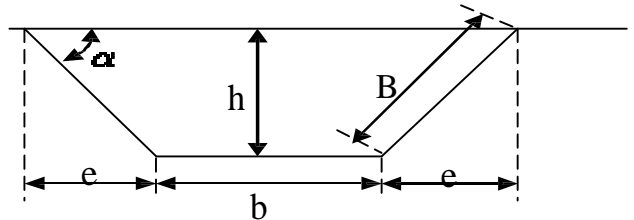
### VII-5-Dimensionnement des ouvrages hydrauliques :

On réalise deux types de drainage pour notre chaussée, afin d'assurer un drainage judicieux sur tout le long de l'itinéraire. Les deux types sont les suivants :

#### VII-5-1) Système de drainage longitudinal :

##### ❖ Dimensionnement des fossés :

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



**Figure VIII-3** : Schéma d'un fossé.

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

$$Q_a = Q_s K.C.I.A = K_{st} \times I^{\frac{1}{2}} \times \frac{2}{H} \times S_m$$

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

##### • Calcul de la surface mouillée ( $S_m$ ) :

$$S_m = b \times h + 2 \times \frac{e \times h}{2}, \quad \tan \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \quad \text{D'où : } e = n \times h$$

$$S_m = b \times h + n \times h^2 \quad \Longrightarrow \quad \boxed{S_m = h(b + n \times h)}$$

##### • Calcul de périmètre mouillé :

$$P_m = b + 2 \times B, \quad \text{où } B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + n^2 \times h^2} = h\sqrt{1 + n^2}$$

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

##### • Calcul de rayon hydraulique :

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

On aura alors :

$$\boxed{Q_a = Q_s = K_{st} \times I^{\frac{1}{2}} \times \left( \frac{h(b+nh)}{b+2h\sqrt{1+n^2}} \right)^{\frac{2}{3}} \times h(b + n \times h)}$$

## Chapitre VIII : Assainissement.

- **Calcul de la hauteur h :**

On dimensionne les fossés par rapport aux débits de calcul d'une période de retour de **10ans**:

**On a:**

Pour les fossés en béton :  $K_{st} = 70$  et la pente longitudinale de fossé  $I = 4\%$ .

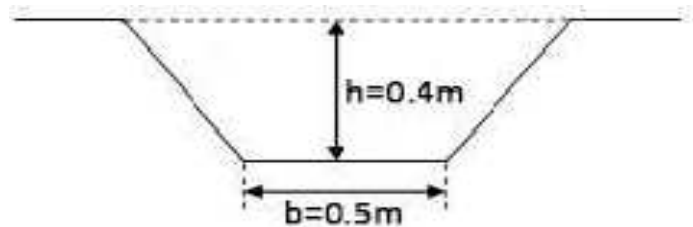
On fixe :  $b = 0.5m$ ,  $n = 1,5$  et on calcule  $Q_s$  pour les différentes valeurs de h.

**Vérification :** pour  $h = 0.4m$ .

$$Q_a = Q_s = 70 \times 0.04^{\frac{1}{2}} \times \left( \frac{0.4(0.5 + 1.5 \times 0.4)}{0.5 + 2 \times 0.4 \sqrt{1 + 1.5^2}} \right)^{\frac{2}{3}} \times 0.4(0.5 + 1.5 \times 0.4) = 2.527 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Pour  $h = 0.4$  on a:  $Q_s = 2.527 \text{ m}^3/\text{s} > Q_a (0.776 \text{ m}^3/\text{s}, 0.437 \text{ m}^3/\text{s}, 0.505 \text{ m}^3/\text{s})$ .

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



**Figure VIII-4 :** Dimension du fossé calculé.

### VII-5-2) Système de drainage transversal :

L'écoulement des bassins versants à travers l'autoroute via les ponts, des dalots et des buses.

- ❖ **Dimensionnement des buses :**

Les buses ces des Ouvrages hydrauliques en béton utilisées pour le rétablissement des écoulements naturels.



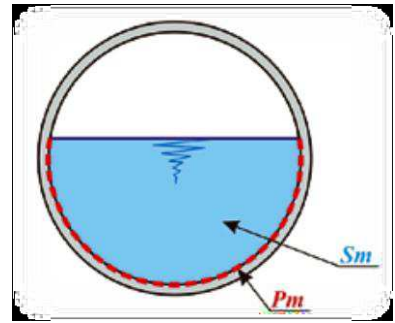
**Figure VIII-5 :** Système de drainage transversal (buse).

On dimensionne les buses par rapport au débit :  $Q_a = Q_{ch} + Q_b + Q_t + Q_{Bv}$ , en considérant une période de retour de **10 ans**.

Leur dimensionnement s'effectue avec la formule de **Manning Strickler** :

$$Q_s = S \times K_{st} \sqrt{I} R h^{2/3}$$

- $S_m = 1/2 \pi R^2$  (pour une hauteur de remplissage =  $0.5 \phi$ )
- $P_m = 2\pi R$
- 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 :  
 $I = 2.5\%$ .



**Figure VIII-6** : Illustration d'une buse.

### Application au projet :

#### ➤ Bassin versant N°03 :

$$Q_a = Q_{ch} + Q_b + Q_t + Q_{BV} = 0.505 + 2.00 = 2.505 \text{ m}^3/\text{s}.$$

### Calcul du rayon hydraulique :

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

$$\overset{8/}{\leftarrow} \frac{Q_a \times 2^{2/3}}{K_{st} \times \frac{1}{2} \times \pi \times I^{1/2}} R^{8/3} = \frac{2.505 \times 2^{2/3}}{80 \times \frac{1}{2} \times 3.14 \times (0.025)^{1/2}} = 0.2$$

$$R = 0.547 \text{ m. Alors on aura : } D = 2R = 1.094 \text{ m.}$$

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

**D'où: le diamètre de la buse est de 1.094 m, on adoptera un  $\Phi 1200$  mm.**



**Figure VIII-7** : Buse de diamètre 1200 mm.

## Chapitre VIII : Assainissement.

### ❖ Dimensionnement des dalots :

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

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



**Figure VIII-8** : Un dalot (système de drainage transversal).

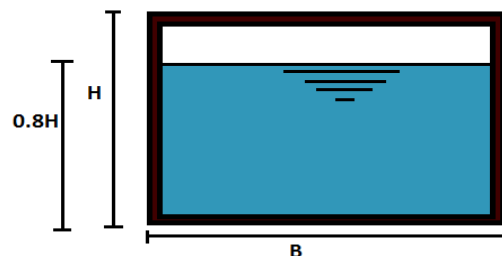
La section d'un dalot est calculée comme pour le fossé, seulement on change la hauteur de remplissage et la hauteur du dalot.

Pour le débit qui est rapporté par le bassin versant connu, doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot c'est-à-dire

$$Q_a = Q_s = K.C.I.A = K_{st} \times I^{\frac{1}{2}} \times R_H^{\frac{2}{3}} \times S_m$$

Avec :

- **Q<sub>a</sub>**: Débit de crue pour une période de retour de **50ans** en m<sup>3</sup>/h.
- **Q<sub>s</sub>**: Débit de saturation du dalot
  - **S<sub>m</sub>** : Surface mouillée : **S<sub>m</sub> = 0.8 H x B.**
- **P<sub>m</sub>** : Périmètre mouillé : **P<sub>m</sub> = 1.6H + B.**
- **R<sub>h</sub>** : Rayon hydraulique **R<sub>h</sub> =  $\frac{S_m}{P_m}$ .**
- **K<sub>st</sub> = 70** (pour les dalots).
- **I = 2.5%**.



**Figure VIII-9** : Illustration d'un dalot.

## Chapitre VIII : Assainissement.

---

### Application au projet :

#### ➤ Bassin versant N°01 :

$$Q_a = Q_{ch} + Q_b + Q_t + Q_{BV} = 5.38 + 1.031 = \mathbf{6.411 \text{ m}^3/\text{s}}.$$

$$\text{D'après la formule de Manning Strickler : } Q_s = 70 \times \left( \frac{0.8 \times B \times H}{1.6 \times H \times B} \right)^{2/3} \times \sqrt{I} \times 0.8 \times B \times H$$

On fixe : **B = 2m** et pour **H=1.5 m**.

$$Q_s = 70 \times \left( \frac{0.8 \times 2 \times 1.5}{1.6 \times 1.5 \times 2} \right)^{2/3} \times \sqrt{0.025} \times 0.8 \times 2 \times 1.5 = \mathbf{17.2 \text{ m}^3/\text{s}}.$$

$$Q_s > Q_a (\text{BV N}^\circ 01) = \mathbf{6.411 \text{ m}^3/\text{s}}.$$

Dons on va adopter un dalot de dimension : **H×B = 1.5m x 2 m**.

#### ➤ Bassin versant N°02 :

$$Q_a = Q_{ch} + Q_b + Q_t + Q_{BV} = 5.77 + 0.58 = \mathbf{6.35 \text{ m}^3/\text{s}}.$$

On fixe : **B = 2m** et pour **H=1.5 m**.

$$\text{On aura } Q_s > Q_a (\text{BV N}^\circ 02) = \mathbf{6.35 \text{ m}^3/\text{s}}.$$

Dons on va adopter un dalot de dimension : **H×B = 1.5m x 2 m**.

### VIII-Conclusion :

**Tableau VIII-11** : Types d'ouvrages de notre projet.

Bassin versant	Type d'ouvrage	Dimension
<b>BV N°01</b>	Dalot	Φ 1200
<b>BV N°02</b>	Dalot	1.5m × 2m
<b>BV N°03</b>	Buse	1.5m × 2m

## I- Signalisation.

### I-1-Introduction :

Tenant compte de l'importance du développement du trafic et l'augmentation de la vitesse des véhicules, le conducteur devra être guidé et informé pendant son trajet par des signaux simples susceptibles d'être compris par tous les intéressés. La signalisation routière comprend la signalisation verticale et la signalisation horizontale dont l'objectif de faciliter et rendre la circulation routière rapide, aussi de donner les informations relatives à l'usager de la route.

### I-2- Catégories de signalisation :

On distingue :

- la signalisation par panneau.
- la signalisation par feux.
- la signalisation par marquage des chaussées.
- la signalisation par balisage.
- la signalisation par bornage.

### I-3-Efficacité de la signalisation:

Pour concevoir une bonne signalisation, on doit respecter les critères suivants :

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation.
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Complémentation entre la signalisation verticale et horizontale.
- Simplicité qui s'obtient en évitant un surplus de signaux qui fatiguent l'attention de l'usager.

### I-4-Types de signalisation:

On distingue deux types de signalisation :

#### I-4-1-Signalisation routière verticale :

Elle comprend les panneaux, les balises, les bornes et les feux tricolores qui transmettent un message visuel sur le trajet traversé par l'usager à travers leurs emplacements, leurs couleurs, et leurs formes. Les signaux verticaux peuvent être classés dans quatre classes:

##### a) Signaux de danger :

Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150m en avant de l'obstacle signalé (signalisation avancé). Ces signaux annoncent les différents dangers de la route.

##### b) Signaux comportant une prescription absolue:

Panneaux de forme circulaire, on trouve ceux qui désignent :

- L'interdiction.
- L'obligation.

- La fin de prescription: En générale, ils succèdent les panneaux cités si dessus, pour annoncer leur fin.

### c) Panneaux à simple indication:

Leurs formessont on général rectangulaire, des fois terminés en pointe de flèche, Ils offrent un supplément d'information pour les usagers de la route, on distingue :

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

### d) Signaux de position des dangers :

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

### I-4-2- Signalisation routière horizontale :

Ces signaux horizontaux sont représentés par des marquessur chaussées, généralement avec la couleur blanche, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation. On trouve :

#### a) Marquage longitudinal :

**Ligne continue :** elle est destinée pour annoncer au conducteur l'interdiction de changée de voie.

**Lignes discontinues :** les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation, et on peut les franchir.

- **Modulation des lignes discontinues :**

Elles sont basées sur une longueur périodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :

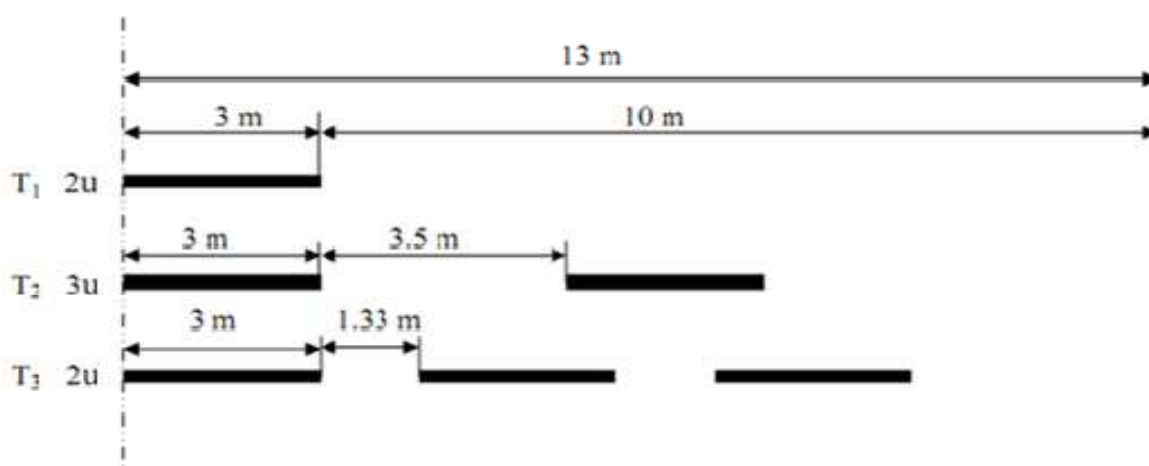


Figure IX-1: Types de modulation.

## Chapitre IX : Equipement de la route.

Tableau IX-1 :Caractéristiques des lignes discontinues.

Rapport plein/vide	Intervalle entre deux traits successifs(m)	Longueur du trait(m)	Type de modulation
$\approx 1/3$	10	3	$T_1$
	5	1.5	$T'_1$
$\approx 1$	3.5	6	$T_2$
	0.5	0.5	$T'_2$
$\approx 3$	1.33	3	$T_3$
	6	20	$T'_3$

### b) Marquage transversal :

**Lignes transversales continues** : éventuellement tracées à la limite où les conducteurs devaient marquer un temps d'arrêt (stop).

**Lignes transversales discontinues** : éventuellement tracées à la limite où les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

### c) Autre marquage :

**Flèche de rabattement** : une flèche légèrement incurvée, signalant aux usagers qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.

**Flèche de sélection** : flèche située au milieu d'une voie, signalant aux usagers notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.

### I-5- Caractéristiques générales des marques :

- Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussée définitive, et l'orange pour les marques provisoires.
- La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route, à savoir :
  - **U = 7.5cm** sur les autoroutes et voies rapides urbaines.
  - **U = 6cm** sur les routes et voies urbaines.
  - **U = 5cm** pour les autres routes.

### I-6-Application au projet :

## 1)-Signalisation horizontale :

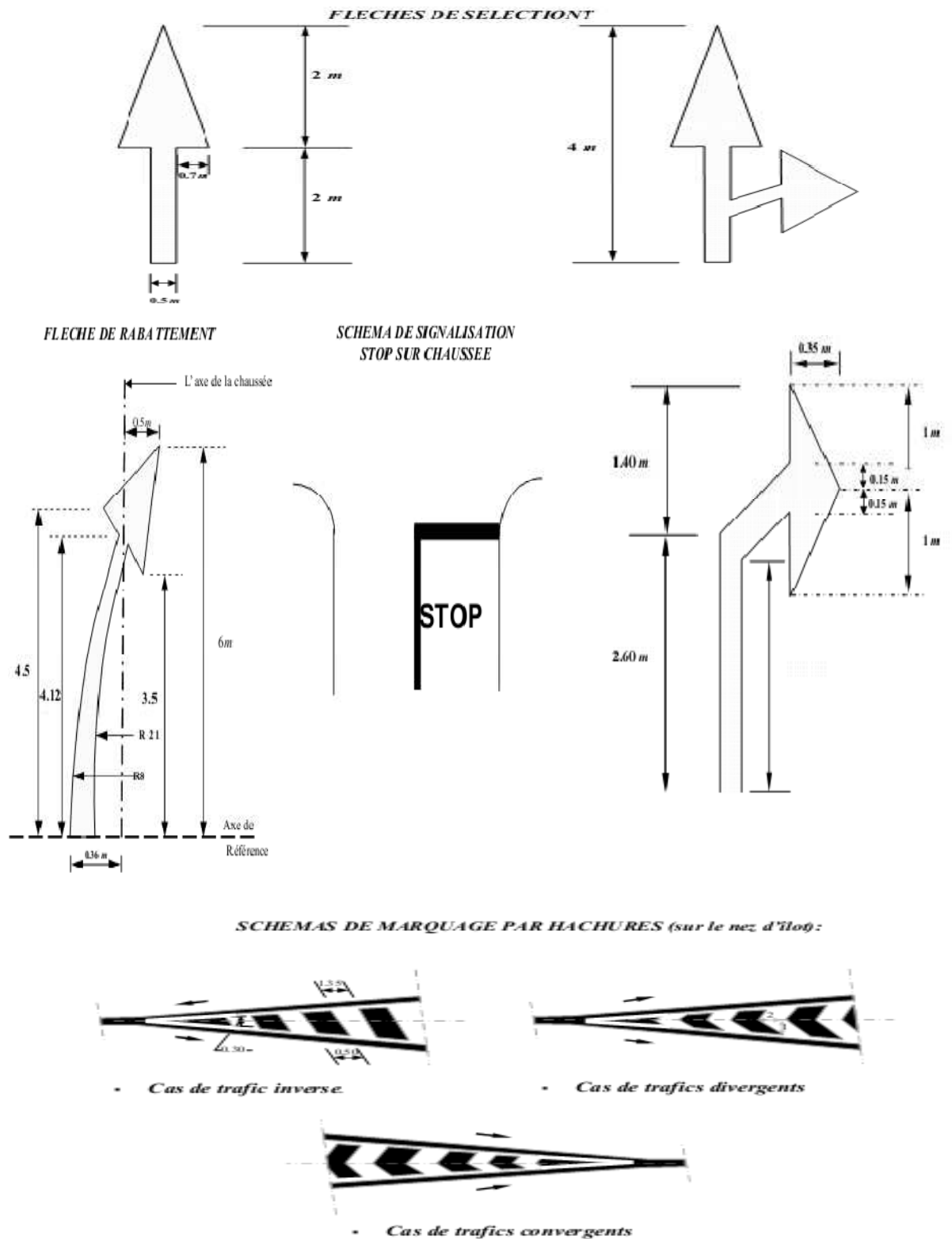
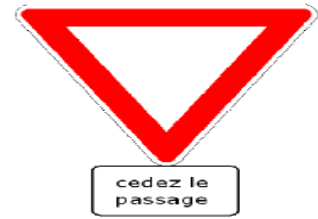
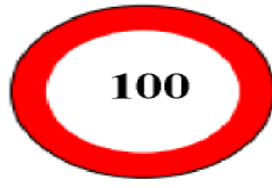
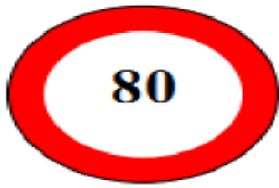


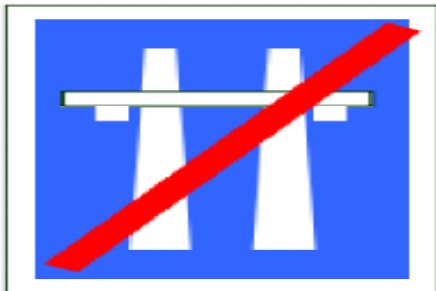
Figure IX-2: Signalisation horizontale.

2-Signalisation verticale :



**VITESSES LIMITEES**

**SORTIE DE  
L'AUTOROUTE**



**ENTREE DE  
L'AUTOROUTE**

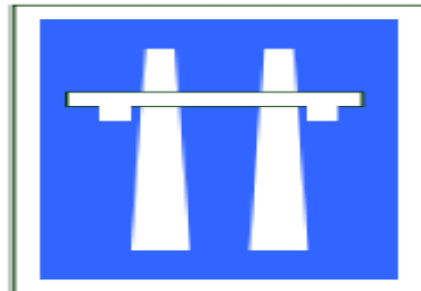
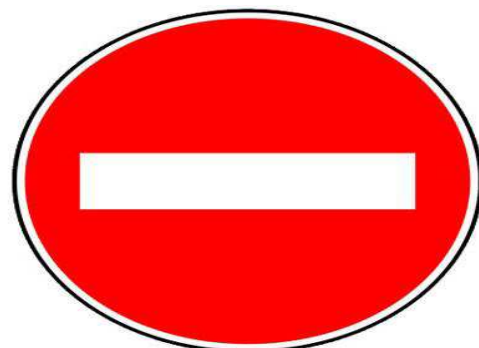
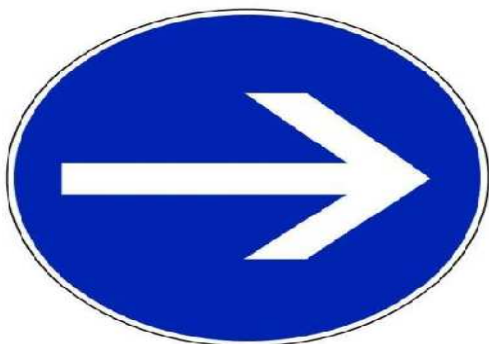


Figure IX-3:Signalisation d'interdiction.



Sens obligatoire. Sens interdit.

## II-Sécurité:

### II-1-Introduction :

La route une fois réalisée aura besoin des équipements qui serviront à assurer la sécurité d'un côté, et à guider les usagers de la route d'un autre côté.

### II-2- Dispositifs de retenue :

Les dispositifs de retenue constituent eux même des obstacles, ils ne doivent pas être implantés que si le risque en leurs absences le justifie. Les dispositifs de retenue implantés sont :

#### II-2-1) Glissières de sécurité :

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

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

Concernant les autres types de routes, des glissières doivent être prévues dans les cas suivants :

##### a) Sur le TPC :

Eventuel pour les cas des routes à deux chaussées de type R.

##### b) Sur les accotements :

- ✓ En présence d'obstacles durs ou autres configurations agressives.
- ✓ Lorsque la hauteur des remblais dépasse 4 mètres, ou en présence d'une dénivellation brutale de plus de 1m (cas des ouvrages d'arts par exemple).

Pour les autres cas, des glissières peuvent être implantées en cas de problèmes spécifiques.

Il est à noter cependant :

- ❖ Que les glissières doivent être implantées à distance des voies de façon à respecter les dégagements de sécurité nécessaires.
- ❖ Qu'il faut vérifier qu'elles n'entravent pas la visibilité.

#### II-2-2) Murettes de protection en béton armé :

L'implantation de ce type d'ouvrage nécessite des prescriptions spéciales dont il faut tenir compte dès la conception des projets.

Leurs implantations (au lieu d'une simple glissière) sont envisagées lorsque le danger potentiel représenté par la sortie d'un véhicule lourd de la chaussée, et notamment d'un véhicule de transport en commun, est important en particulier dans les cas suivants :

- ❖ Les sections où la route surplombe directement sur la mer.
- ❖ Lorsque la hauteur de la dénivellation est supérieure à 10 m.

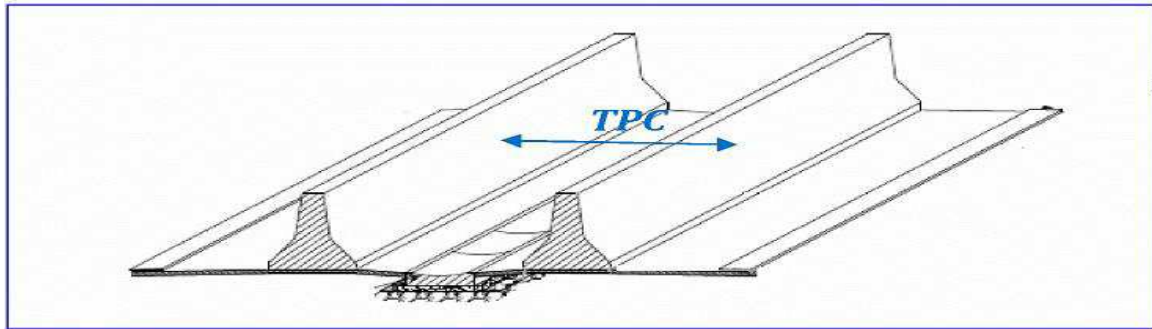


Figure IX-4 :Murette en béton armé.

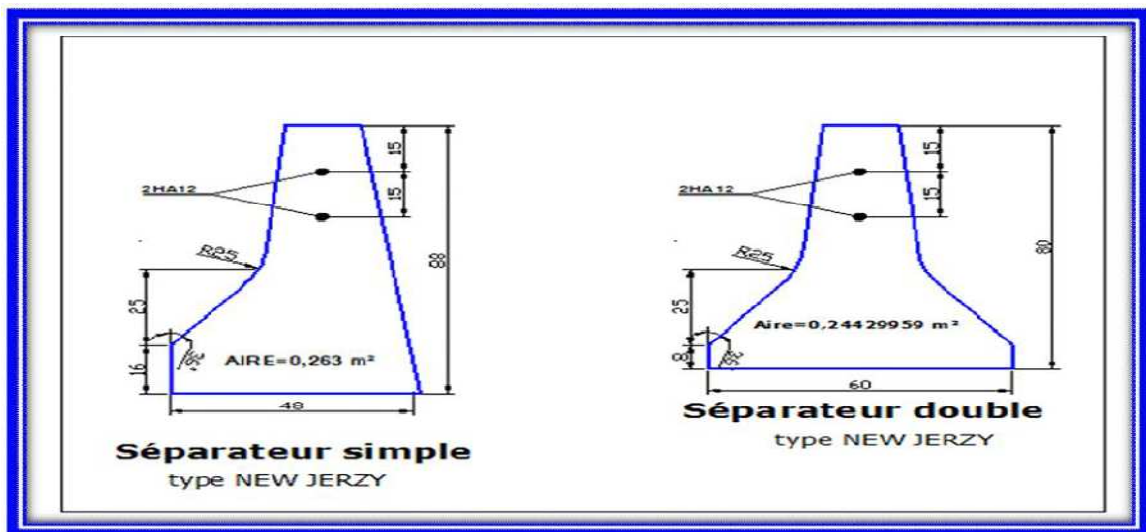


Figure IX-5 :Séparation en béton armé

### II-3- Application au projet :

Pour notre cas, des glissières de sécurité rigides sont prévues tout le long de l'itinéraire, elles sont implantées sur les TPC, et en présence d'un TPC de 3m il convient d'adopter un dispositif de retenue constitué d'une glissière en béton.

On doit prévoir des sections revêtues et protégées dans le TPC qui seront utilisées en cas d'urgence ou d'accident, pour permettre aux éléments de la protection civile d'évacuer les blessés vers l'hôpital le plus proche.

### III- Eclairage :

#### III-1- Introduction :

L'éclairage public doit assurer aux usagers de la route de circuler la nuit avec une sécurité et un confort, 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 voir tous les éléments de la route (les bordures de trottoir, les carrefours...etc.).

Une bonne visibilité des bordures de trottoir, des véhicules, des obstacles et l'absence de zone d'ombre sont essentiels pour les piétons.

#### III-2- Catégories d'éclairage :

Il existe quatre classes d'éclairage public.

- **Classe A** : éclairage général d'une route ou autoroute.
- **Classe B** : éclairage urbain (voirie artérielle et distribution).
- **Classe C** : éclairage des voies dessertes.
- **Classe D** : éclairage d'un point singulier (carrefour, virage....) situé sur un itinéraire non éclairé.

⇒ Pour notre projet on s'intéressera à la **catégorie A**.

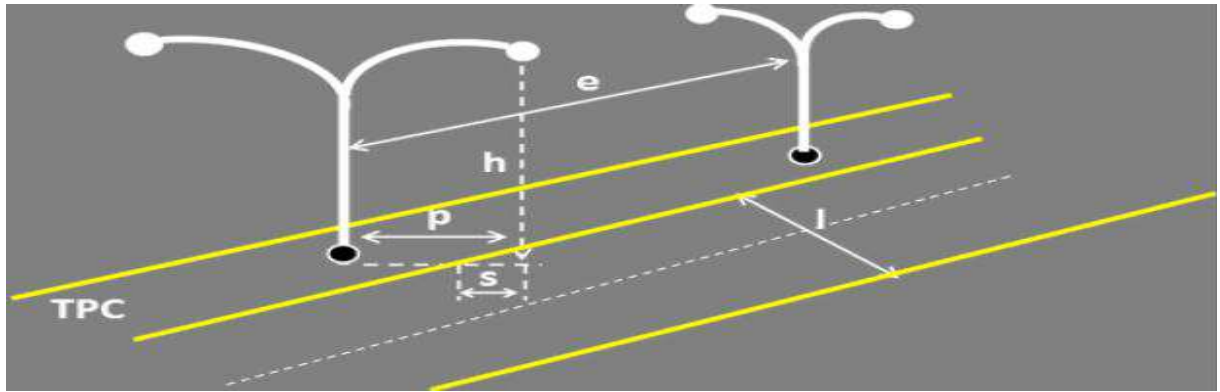
#### III-3- Eclairage d'un point singulier :

Les caractéristiques de l'éclairage d'un point singulier, situé sur un itinéraire non éclairé doivent être les suivantes :

- ✓ A longue distance 800 à 1000m du point singulier, tache lumineuse éveillant l'attention de l'automobiliste.
- ✓ A distance moyenne 300 à 500m, 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.

#### III-4- Paramètres de l'implantation :

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



**Figure IX-6** : paramètres de l'implantation des luminaires.

### III-5- Application au projet

Pour l'éclairage de la voie, des lampadaires de 8m de hauteur seront implantés dans le terre-plein central avec deux foyers portés par le même support éclairant chacun une demi-chaussée, espacés de 20m.

### **I-Introduction :**

A présent le développement intensif des constructions en générale, et des voies de communication en particulier, a sérieusement altérée l'environnement ce qui le rend un sujet très sensible et même très important qu'il ne faut jamais sous-estimer dans l'étude d'une route.

Alors tout projet de construction ou d'aménagement d'une infrastructure doit faire l'objet d'une évaluation de son impact sur l'environnement, pour minimisée aux maximum tous les paramètres qui nuisant à ce dernier.

Cependant, il ne faut pas ignorer les effets positifs dus à la construction des routes, qu'on doit optimiser au maximum.

### **II-Cadre juridique :**

D'après le décret n°90-78 du 27 février 1990, une étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie doit comprendre : une analyse détaillée du projet, de l'état initial du site et de son environnement, ainsi que pour des conséquences prévisibles directes et indirectes à court, moyen et long termes du projet sur l'environnement.

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

### **III-Etude d'impact sur l'environnement :**

#### **III-1- Effets négatifs :**

On intervient dans cet environnement par la construction d'un aménagement routier, plusieurs paramètres physiques et naturels tels que l'eau, l'air, la faune, et la flore seront perturbés. L'altération des paysages et des nuisances dus au bruit et la poussière peuvent être aussi les conséquences de cette intervention.

#### **III-1-1-Impact sur la nature :**

##### **➤ Les ressources en eau :**

Les phases des travaux donnent lieu à la mise en œuvre de toutes les dispositions adaptées pour pallier les inconvénients mis en évidence lors des études de conception. Car les routes peuvent contribuer à la modification des écoulements et à la qualité des eaux de surface et souterraines, entraînant parfois un risque accru d'inondation, d'érosion, de dépôts, ou une modification brutale de la dynamique de la nappe phréatique, et la pollution de cette dernière, par le déversement des sédiments et des matières polluantes (fuites d'hydrocarbures aux postes de distribution de carburant, Les détritrus résultants de l'usure des plaquettes de freins et des pneus).

Pour cela la conception des bassins antipollution ou des merlons anti déversement est un moyen assez efficace de réduire ou de supprimer ce type de nuisances. Aussi le drainage des routes

## Chapitre X : Impact sur l'environnement.

---

doit être conçu de façon à retenir l'eau dans des micros-bassins pour qu'elle soit utilisable par l'homme et la nature ou pour affaiblir les inondations et évacuer les eaux stagnantes.

### ➤ L'air :

La pollution de l'air due au trafic routier est essentiellement causée par les gaz des moteurs à combustion interne, essence ou diesel, qui sont caractérisés par des émissions polluantes auxquelles s'ajoutent celles résultant de l'usure des plaquettes de freins et des pneus, ou encore de l'évaporation d'hydrocarbures aux postes de distribution de carburant.

La circulation routière est la principale source de CO<sub>2</sub>.

La réduction de ces effets exige une modification de la politique nationale dont les principaux objectifs devront veiller à :

- ✓ Rechercher les effets réels sur le climat de la pollution atmosphérique.
- ✓ Utiliser d'autres sources d'énergies.
- ✓ Régler le trafic.
- ✓ Contrôler les véhicules.
- ✓ Encourager des plantations dans les villes sujettes aux pollutions de l'air.



**Figure X-1** : Impact du trafic sur l'aire.

### ➤ La faune:

Les projets routiers peuvent générer des impacts sur les animaux qui doivent faire partie des données essentielles prises en compte lors de la conception de son tracé pour atténuer la coupure biologique, et pour protéger la faune des risques de collision, tout en sachant que sur cette route il y a la présence d'animaux sauvages et domestiques sur les abords.

Utiliser des passages inférieurs spécifiques pour la sécurité des animaux de la région, afin qu'ils puissent traverser l'autoroute en sécurité, ainsi que pour la sécurité des automobilistes (figure 1).



**Figure VIII-2:** passage pour faunes.

### ➤ **La flore :**

Des 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.

Connaissance approfondie de la flore locale vise à orienter le choix des espèces à planter sur le talus selon un certain nombre de critères : particularités de la climatologie et du paysage.

### **III-1-2- Impact sur le cadre humain :**

#### ➤ **La destruction :**

Les projets d'aménagements routiers nécessitent parfois, la destruction de certaines habitations et le déplacement des populations du lieu de leur vie ou de travail, et leur réinstallation par la suite ailleurs, ce qui peut provoquer un bouleversement sur le plan économique et culturel de la vie des individus affectés.

Les populations touchées par la destruction sont ceux qui sont situées au périmètre d'accueil ou sur l'emprise du projet, donc elles seront obligées de se déplacer.

#### ➤ **Le bruit :**

Le bruit essentiellement au niveau sonore, Il est lié exclusivement à la circulation routière qui a pour origine le bruit émis par les moteurs des véhicules et de roulement.

Le bruit lié au roulement est devenu la source principale émise par les véhicules et les poids lourds.

Deux facteurs sont bien évidemment à l'origine de ce bruit: le revêtement routier et le pneumatique. Les progrès réalisés dans le domaine des enrobés ont permis de diminuer ce bruit: particulièrement pour les enrobés à faible granulométrie.

Les préventions à prendre dans un projet routier pour lutter contre le bruit sont :

- ✓ Réduction de la vitesse.
- ✓ Implantation de la voie par rapport aux zones bâties, et isolation des bâtiments.
- ✓ Construction des buttes de terre, des murs antibruit.

### ➤ La sécurité :

Lorsque un tronçon routier traverse une agglomération, il faut prendre en compte le risque potentiel des piétions qui peuvent traversées la voie.

Pour assurer la sécurité des piétons on doit:

- ✓ Implantée des passerelles au niveau d'agglomération.
- ✓ Implantée des trottoirs tout le long de la route.

Pour assurer la sécurité des automobilistes on doit:

- ✓ Réduire la vitesse au niveau des points singuliers.
- ✓ Des panneaux de signalisation seront implantés.

### III-1-3-Impacts sur l'agriculture :

L'agriculture est une activité économique principale et inépuisable. De ce fait elle doit se faire octroyer un grand intérêt. Lorsqu'un tronçon routier traverse un territoire agricole, on aura :

- ✓ Une diminution de la surface agricole notamment le décroissement du potentiel agricole.
- ✓ La désorganisation du territoire agricole.

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

**Mesures préventives :** Devant intervenir en amont, lors des choix du tracé et la détermination des caractéristiques du projet. Sinon on aura recours aux mesures curatives.

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

### III-2- Effets positifs :

Cependant, a présence d'une route a tout de même des effets bénéfiques pour l'environnement que l'on résume général à :

- ✓ Dynamiser l'activité économique régionale en reliant la RN25 et CW128.
- ✓ Une réduction des embouteillages ce qui réduit le taux de pollution.
- ✓ Un confort pour les usagers et une meilleur sécurité.
- ✓ La stimulation des activités économiques et agricoles dans la région traversée.
- ✓ Le développement touristique (mise en valeurs les régions traversées).
- ✓ Un meilleur accès aux régions isolées.
- ✓ La création des postes d'emplois temporaire (durant la phase de réalisation).

### **VI- Conclusion :**

Le défi c'est d'intégrer l'équipement dans le paysage en limitant 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.

Notre projet n'a pas un grand impact sur l'environnement. Car il traverse une région montagneuse sans aucune agglomération ni de terrain agricole. Donc il ne nécessite pas de dispositif spécial sur ce point, telle que : la passerelle ou la destruction de structure existante.

Cependant l'impact sur les réseaux hydrauliques naturelles reste assez important d'où la réalisation d'ouvrage d'évacuation, telle que : dalot et ouvrage busé.

## Conclusion général.

---

### Conclusion général :

Notre projet de fin d'étude consiste à la conception d'un tronçon autoroutier de 3 km au niveau Draa-El-Mizane. Il sera d'un apport très considérable pour la wilaya de Tizi-Ouzou. Une fois achevé, il constituera une pénétrante Nord - Sud qui reliera la ville de Tizi-Ouzou à l'autoroute Est -Ouest.

Donc, la wilaya sera raccordée au réseau routier de l'intérieur du pays par un raccourci permettant de gagner l'autoroute est-ouest en 30 mn. Des retombées socioéconomiques telles que la stimulation du développement et la réduction du nombre d'accidents seront générées. Aussi une baisse des coûts de transport ainsi qu'un gain du temps, sont des avantages dont les automobilistes vont en bénéficier.

Pour notre étude nous avons appliqué rigoureusement toutes les normes, directives et recommandations liées au domaine routier pour faire face aux contraintes rencontrées sur le terrain. Par ailleurs, le souci primordial ayant guidé notre 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

Enfin, ce projet de fin d'étude nous a permis de faire une synthèse des connaissances que l'on a reçu durant nos 10 semestres de formation à l'université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou et d'élargir nos connaissances dans le domaine de génie civil en général et celui de la conception des routes en particulier ainsi il nous a permis de franchir un grand pas vers la vie professionnelle.

**AXE EN PLAN**

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0.000	575119.850	4047343.450
D1	GIS = 257.840g	468.362			
			468.362	574750.494	4047055.458
C1	XC= 575488.363 YC= 4046109.124 R = 1200.000	292.413			
			760.775	574543.968	4046849.473
D2	GIS = 242.327g	309.133			
			1069.908	574353.246	4046606.187
C2	XC= 573487.550 YC= 4047284.841 R = -1100.000	385.578			
			1455.486	574067.561	4046350.182
D3	GIS = 264.642g	100.507			
			1555.992	573982.161	4046297.186
C3	XC= 573454.879 YC= 4047146.876 R = -1000.000	491.149			
			2047.141	573519.085	4046148.940
D4	GIS = 295.910g	126.157			
			2173.298	573393.189	4046140.840
C4	XC= 573457.395 YC= 4045142.903 R = 1000.000	468.091			
			2641.389	572949.843	4046004.524
D5	GIS = 266.110g	244.101			
			2885.490	572739.520	4045880.630
LONGUEUR DE L'AXE 2885.490					

**PROFIL EN LONG**

Elém	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0.000	296.245
D1	PENTE= 6.517 %	166.007		
			166.007	307.064
PR1	S= 361.5292 Z= 313.4358 R = -3000.00	246.286		
			412.293	313.006
D2	PENTE= -1.692 %	490.492		
			902.785	304.707
PR2	S= 1004.3127 Z= 303.8475 R = 6000.00	146.150		
			1048.935	304.013
D3	PENTE= 0.744 %	556.784		
			1605.719	308.154
PR3	S= 1628.0298 Z= 308.2372 R = -3000.00	106.422		
			1712.141	307.058
D4	PENTE= -2.804 %	124.088		
			1836.229	303.579
PR4	S= 2004.4518 Z= 301.2208 R = 6000.00	422.942		
			2259.171	306.628
D5	PENTE= 4.245 %	130.412		
			2389.583	312.164
PR5	S= 2049.9570 Z= 304.9549 R = 8000.00	86.495		
			2476.077	316.304
D6	PENTE= 5.327 %	409.413		
			2885.490	338.111
LONGUEUR DE L'AXE 2885.490				

**TABULATION**

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	296.245	296.245	575119.850	4047343.450	357.840g	2.50	-2.5
2	10.000	298.924	296.897	575111.964	4047337.301	357.840g	2.50	-2.5
3	20.000	303.883	297.548	575104.078	4047331.152	357.840g	2.50	-2.5
4	30.000	306.346	298.200	575096.192	4047325.003	357.840g	2.50	-2.5
5	40.000	307.237	298.852	575088.306	4047318.854	357.840g	2.50	-2.5
6	50.000	307.445	299.504	575080.419	4047312.705	357.840g	2.50	-2.5
7	60.000	306.648	300.155	575072.533	4047306.557	357.840g	2.50	-2.5
8	70.000	306.525	300.807	575064.647	4047300.408	357.840g	2.50	-2.5
9	80.000	305.319	301.459	575056.761	4047294.259	357.840g	2.50	-2.5
10	90.000	304.962	302.111	575048.875	4047288.110	357.840g	2.50	-2.5
11	100.000	302.506	302.762	575040.989	4047281.961	357.840g	2.50	-2.5
12	110.000	300.655	303.414	575033.103	4047275.812	357.840g	2.50	-2.5
13	120.000	297.814	304.066	575025.217	4047269.663	357.840g	2.50	-2.5
14	130.000	295.352	304.718	575017.330	4047263.514	357.840g	2.50	-2.5
15	140.000	292.047	305.369	575009.444	4047257.365	357.840g	2.50	-2.5
16	150.000	292.787	306.021	575001.558	4047251.216	357.840g	2.50	-2.5
17	160.000	291.566	306.673	574993.672	4047245.067	357.840g	2.50	-2.5
18	170.000	296.261	307.322	574985.786	4047238.919	357.840g	2.50	-2.5
19	180.000	301.448	307.944	574977.900	4047232.770	357.840g	2.50	-2.5
20	190.000	304.443	308.532	574970.014	4047226.621	357.840g	2.50	-2.5
21	200.000	308.468	309.087	574962.128	4047220.472	357.840g	2.50	-2.5
22	210.000	312.142	309.609	574954.241	4047214.323	357.840g	2.50	-2.5
23	220.000	314.928	310.097	574946.355	4047208.174	357.840g	2.50	-2.5
24	230.000	316.957	310.552	574938.469	4047202.025	357.840g	2.50	-2.5
25	240.000	318.571	310.974	574930.583	4047195.876	357.840g	2.50	-2.5
26	250.000	318.999	311.363	574922.697	4047189.727	357.840g	2.50	-2.5
27	260.000	318.875	311.718	574914.811	4047183.578	357.840g	2.50	-2.5
28	270.000	318.265	312.039	574906.925	4047177.429	357.840g	2.50	-2.5
29	280.000	317.456	312.328	574899.039	4047171.281	357.840g	2.50	-2.5
30	290.000	316.653	312.583	574891.152	4047165.132	357.840g	2.50	-2.5
31	300.000	315.089	312.805	574883.266	4047158.983	357.840g	2.50	-2.5
32	310.000	314.432	312.993	574875.380	4047152.834	357.840g	2.50	-2.5
33	320.000	314.153	313.148	574867.494	4047146.685	357.840g	2.50	-2.5
34	330.000	313.793	313.270	574859.608	4047140.536	357.840g	2.50	-2.5
35	340.000	312.459	313.359	574851.722	4047134.387	357.840g	2.50	-2.5
36	350.000	311.015	313.414	574843.836	4047128.238	357.840g	2.50	-2.5
37	360.000	309.560	313.435	574835.950	4047122.089	357.840g	2.50	-2.5
38	370.000	306.316	313.424	574828.063	4047115.940	357.840g	2.50	-2.5
39	380.000	305.073	313.379	574820.177	4047109.791	357.840g	2.50	-2.5
40	390.000	301.886	313.301	574812.291	4047103.643	357.840g	2.50	-2.5
41	400.000	299.496	313.189	574804.405	4047097.494	357.840g	2.50	-2.5
42	410.000	297.560	313.044	574796.519	4047091.345	357.840g	2.50	-2.5
43	420.000	296.157	312.876	574788.633	4047085.196	357.840g	2.50	-2.5
44	430.000	295.120	312.707	574780.747	4047079.047	357.840g	2.50	-2.5
45	440.000	293.431	312.537	574772.861	4047072.898	357.840g	2.50	-2.5
46	450.000	293.214	312.368	574764.975	4047066.749	357.840g	2.50	-2.5
47	460.000	296.908	312.199	574757.088	4047060.600	357.840g	2.50	-2.5
48	468.362	298.418	312.057	574750.494	4047055.458	357.840g	2.50	-2.5
49	470.000	298.611	312.030	574749.203	4047054.450	357.753g	2.50	-2.5
50	480.000	300.025	311.861	574741.351	4047048.258	357.223g	2.50	-2.5
51	490.000	300.828	311.691	574733.551	4047042.000	356.692g	2.50	-2.5
52	500.000	301.381	311.522	574725.803	4047035.678	356.162g	2.50	-2.5
53	510.000	301.808	311.353	574718.109	4047029.291	355.631g	2.50	-2.5
54	520.000	301.717	311.184	574710.467	4047022.840	355.101g	2.50	-2.5
55	530.000	301.729	311.015	574702.880	4047016.326	354.570g	2.50	-2.5

**TABULATION**

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
56	540.000	301.871	310.845	574695.347	4047009.749	354.039g	2.50	-2.5
57	550.000	302.298	310.676	574687.870	4047003.110	353.509g	2.50	-2.5
58	560.000	302.864	310.507	574680.448	4046996.408	352.978g	2.50	-2.5
59	570.000	303.158	310.338	574673.082	4046989.644	352.448g	2.50	-2.5
60	580.000	303.353	310.168	574665.773	4046982.820	351.917g	2.50	-2.5
61	590.000	303.996	309.999	574658.521	4046975.935	351.387g	2.50	-2.5
62	600.000	304.700	309.830	574651.326	4046968.989	350.856g	2.50	-2.5
63	610.000	305.546	309.661	574644.190	4046961.984	350.326g	2.50	-2.5
64	620.000	306.699	309.492	574637.112	4046954.920	349.795g	2.50	-2.5
65	630.000	307.649	309.322	574630.093	4046947.797	349.265g	2.50	-2.5
66	640.000	307.936	309.153	574623.134	4046940.616	348.734g	2.50	-2.5
67	650.000	308.359	308.984	574616.235	4046933.377	348.204g	2.50	-2.5
68	660.000	308.738	308.815	574609.397	4046926.080	347.673g	2.50	-2.5
69	670.000	308.978	308.646	574602.619	4046918.727	347.143g	2.50	-2.5
70	680.000	309.325	308.476	574595.903	4046911.318	346.612g	2.50	-2.5
71	690.000	309.367	308.307	574589.250	4046903.853	346.082g	2.50	-2.5
72	700.000	308.997	308.138	574582.658	4046896.333	345.551g	2.50	-2.5
73	710.000	308.409	307.969	574576.130	4046888.758	345.021g	2.50	-2.5
74	720.000	307.839	307.799	574569.664	4046881.129	344.490g	2.50	-2.5
75	730.000	307.282	307.630	574563.263	4046873.447	343.960g	2.50	-2.5
76	740.000	306.734	307.461	574556.926	4046865.711	343.429g	2.50	-2.5
77	750.000	306.750	307.292	574550.653	4046857.923	342.899g	2.50	-2.5
78	760.000	307.053	307.123	574544.446	4046850.083	342.368g	2.50	-2.5
79	760.775	307.077	307.110	574543.968	4046849.473	342.327g	2.50	-2.5
80	770.000	307.293	306.953	574538.276	4046842.213	342.327g	2.50	-2.5
81	780.000	307.232	306.784	574532.107	4046834.343	342.327g	2.50	-2.5
82	790.000	307.042	306.615	574525.937	4046826.473	342.327g	2.50	-2.5
83	800.000	306.629	306.446	574519.767	4046818.603	342.327g	2.50	-2.5
84	810.000	306.144	306.277	574513.598	4046810.733	342.327g	2.50	-2.5
85	820.000	306.298	306.107	574507.428	4046802.863	342.327g	2.50	-2.5
86	830.000	308.224	305.938	574501.259	4046794.993	342.327g	2.50	-2.5
87	840.000	311.898	305.769	574495.089	4046787.123	342.327g	2.50	-2.5
88	850.000	314.010	305.600	574488.920	4046779.253	342.327g	2.50	-2.5
89	860.000	313.874	305.431	574482.750	4046771.383	342.327g	2.50	-2.5
90	870.000	313.770	305.261	574476.580	4046763.514	342.327g	2.50	-2.5
91	880.000	312.872	305.092	574470.411	4046755.644	342.327g	2.50	-2.5
92	890.000	311.626	304.923	574464.241	4046747.774	342.327g	2.50	-2.5
93	900.000	310.328	304.754	574458.072	4046739.904	342.327g	2.50	-2.5
94	910.000	309.211	304.589	574451.902	4046732.034	342.327g	2.50	-2.5
95	920.000	307.936	304.440	574445.732	4046724.164	342.327g	2.50	-2.5
96	930.000	306.992	304.308	574439.563	4046716.294	342.327g	2.50	-2.5
97	940.000	306.509	304.192	574433.393	4046708.424	342.327g	2.50	-2.5
98	950.000	305.883	304.093	574427.224	4046700.554	342.327g	2.50	-2.5
99	960.000	305.161	304.011	574421.054	4046692.684	342.327g	2.50	-2.5
100	970.000	304.246	303.946	574414.885	4046684.814	342.327g	2.50	-2.5
101	980.000	303.080	303.897	574408.715	4046676.944	342.327g	2.50	-2.5
102	990.000	301.756	303.865	574402.545	4046669.074	342.327g	2.50	-2.5
103	1000.000	299.601	303.849	574396.376	4046661.204	342.327g	2.50	-2.5
104	1010.000	295.661	303.850	574390.206	4046653.334	342.327g	2.50	-2.5
105	1020.000	291.894	303.868	574384.037	4046645.464	342.327g	2.50	-2.5
106	1030.000	288.244	303.903	574377.867	4046637.594	342.327g	2.50	-2.5
107	1040.000	283.723	303.954	574371.697	4046629.724	342.327g	2.50	-2.5
108	1050.000	283.721	304.021	574365.528	4046621.854	342.327g	2.50	-2.5
109	1060.000	285.895	304.096	574359.358	4046613.984	342.327g	2.50	-2.5
110	1069.908	289.478	304.169	574353.246	4046606.187	342.327g	2.50	-2.5

**TABULATION**

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
111	1070.000	289.531	304.170	574353.189	4046606.114	342.332g	2.50	-2.5
112	1080.000	294.648	304.244	574346.983	4046598.273	342.911g	2.50	-2.5
113	1090.000	297.766	304.319	574340.706	4046590.488	343.490g	2.50	-2.5
114	1100.000	298.343	304.393	574334.358	4046582.761	344.069g	2.50	-2.5
115	1110.000	297.382	304.468	574327.941	4046575.092	344.647g	2.50	-2.5
116	1120.000	295.865	304.542	574321.454	4046567.482	345.226g	2.50	-2.5
117	1130.000	295.148	304.616	574314.898	4046559.931	345.805g	2.50	-2.5
118	1140.000	294.808	304.691	574308.274	4046552.439	346.384g	2.50	-2.5
119	1150.000	294.814	304.765	574301.582	4046545.008	346.962g	2.50	-2.5
120	1160.000	294.813	304.839	574294.823	4046537.639	347.541g	2.50	-2.5
121	1170.000	294.661	304.914	574287.997	4046530.331	348.120g	2.50	-2.5
122	1180.000	294.605	304.988	574281.105	4046523.085	348.699g	2.50	-2.5
123	1190.000	294.503	305.063	574274.147	4046515.903	349.277g	2.50	-2.5
124	1200.000	294.413	305.137	574267.124	4046508.784	349.856g	2.50	-2.5
125	1210.000	294.065	305.211	574260.037	4046501.729	350.435g	2.50	-2.5
126	1220.000	293.861	305.286	574252.886	4046494.739	351.014g	2.50	-2.5
127	1230.000	293.185	305.360	574245.672	4046487.814	351.592g	2.50	-2.5
128	1240.000	292.066	305.434	574238.395	4046480.955	352.171g	2.50	-2.5
129	1250.000	291.700	305.509	574231.056	4046474.163	352.750g	2.50	-2.5
130	1260.000	291.568	305.583	574223.655	4046467.437	353.329g	2.50	-2.5
131	1270.000	291.579	305.658	574216.194	4046460.779	353.907g	2.50	-2.5
132	1280.000	291.005	305.732	574208.673	4046454.189	354.486g	2.50	-2.5
133	1290.000	290.352	305.806	574201.091	4046447.668	355.065g	2.50	-2.5
134	1300.000	290.054	305.881	574193.451	4046441.216	355.644g	2.50	-2.5
135	1310.000	289.781	305.955	574185.753	4046434.833	356.222g	2.50	-2.5
136	1320.000	290.197	306.029	574177.997	4046428.521	356.801g	2.50	-2.5
137	1330.000	290.782	306.104	574170.184	4046422.280	357.380g	2.50	-2.5
138	1340.000	291.397	306.178	574162.314	4046416.110	357.959g	2.50	-2.5
139	1350.000	291.983	306.252	574154.389	4046410.012	358.537g	2.50	-2.5
140	1360.000	292.514	306.327	574146.408	4046403.986	359.116g	2.50	-2.5
141	1370.000	293.086	306.401	574138.374	4046398.033	359.695g	2.50	-2.5
142	1380.000	293.756	306.476	574130.285	4046392.153	360.273g	2.50	-2.5
143	1390.000	294.466	306.550	574122.143	4046386.347	360.852g	2.50	-2.5
144	1400.000	295.092	306.624	574113.949	4046380.615	361.431g	2.50	-2.5
145	1410.000	295.710	306.699	574105.703	4046374.958	362.010g	2.50	-2.5
146	1420.000	296.740	306.773	574097.406	4046369.376	362.588g	2.50	-2.5
147	1430.000	297.736	306.847	574089.058	4046363.870	363.167g	2.50	-2.5
148	1440.000	298.635	306.922	574080.661	4046358.440	363.746g	2.50	-2.5
149	1450.000	299.518	306.996	574072.215	4046353.086	364.325g	2.50	-2.5
150	1455.486	300.220	307.037	574067.561	4046350.182	364.642g	2.50	-2.5
151	1460.000	300.805	307.071	574063.725	4046347.802	364.642g	2.50	-2.5
152	1470.000	302.311	307.145	574055.228	4046342.529	364.642g	2.50	-2.5
153	1480.000	303.598	307.219	574046.731	4046337.256	364.642g	2.50	-2.5
154	1490.000	305.029	307.294	574038.234	4046331.983	364.642g	2.50	-2.5
155	1500.000	306.437	307.368	574029.738	4046326.710	364.642g	2.50	-2.5
156	1510.000	307.890	307.442	574021.241	4046321.437	364.642g	2.50	-2.5
157	1520.000	309.431	307.517	574012.744	4046316.165	364.642g	2.50	-2.5
158	1530.000	310.884	307.591	574004.247	4046310.892	364.642g	2.50	-2.5
159	1540.000	312.038	307.666	573995.750	4046305.619	364.642g	2.50	-2.5
160	1550.000	313.738	307.740	573987.253	4046300.346	364.642g	2.50	-2.5
161	1555.992	314.716	307.784	573982.161	4046297.186	364.642g	2.50	-2.5
162	1560.000	315.328	307.814	573978.752	4046295.080	364.897g	2.50	-2.5
163	1570.000	317.191	307.889	573970.208	4046289.884	365.534g	2.50	-2.5
164	1580.000	319.347	307.963	573961.612	4046284.774	366.171g	2.50	-2.5
165	1590.000	321.319	308.037	573952.966	4046279.750	366.807g	2.50	-2.5

**TABULATION**

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
166	1600.000	323.363	308.112	573944.270	4046274.812	367.444g	2.50	-2.5
167	1610.000	321.504	308.183	573935.525	4046269.962	368.080g	2.50	-2.5
168	1620.000	318.339	308.226	573926.732	4046265.199	368.717g	2.50	-2.5
169	1630.000	315.214	308.237	573917.892	4046260.525	369.354g	2.50	-2.5
170	1640.000	312.129	308.213	573909.005	4046255.939	369.990g	2.50	-2.5
171	1650.000	309.260	308.157	573900.073	4046251.443	370.627g	2.50	-2.5
172	1660.000	309.184	308.067	573891.097	4046247.036	371.264g	2.50	-2.5
173	1670.000	307.215	307.944	573882.077	4046242.718	371.900g	2.50	-2.5
174	1680.000	303.757	307.787	573873.014	4046238.492	372.537g	2.50	-2.5
175	1690.000	302.071	307.597	573863.910	4046234.356	373.173g	2.50	-2.5
176	1700.000	300.414	307.374	573854.764	4046230.311	373.810g	2.50	-2.5
177	1710.000	299.064	307.117	573845.579	4046226.358	374.447g	2.50	-2.5
178	1720.000	298.431	306.838	573836.354	4046222.497	375.083g	2.50	-2.5
179	1730.000	298.225	306.557	573827.091	4046218.729	375.720g	2.50	-2.5
180	1740.000	298.862	306.277	573817.791	4046215.053	376.356g	2.50	-2.5
181	1750.000	299.578	305.997	573808.455	4046211.471	376.993g	2.50	-2.5
182	1760.000	300.193	305.716	573799.084	4046207.982	377.630g	2.50	-2.5
183	1770.000	301.081	305.436	573789.678	4046204.587	378.266g	2.50	-2.5
184	1780.000	301.601	305.156	573780.238	4046201.286	378.903g	2.50	-2.5
185	1790.000	301.908	304.875	573770.766	4046198.080	379.540g	2.50	-2.5
186	1800.000	301.997	304.595	573761.262	4046194.968	380.176g	2.50	-2.5
187	1810.000	301.868	304.314	573751.728	4046191.952	380.813g	2.50	-2.5
188	1820.000	301.725	304.034	573742.164	4046189.031	381.449g	2.50	-2.5
189	1830.000	301.602	303.754	573732.572	4046186.207	382.086g	2.50	-2.5
190	1840.000	301.518	303.474	573722.951	4046183.478	382.723g	2.50	-2.5
191	1850.000	301.770	303.209	573713.304	4046180.845	383.359g	2.50	-2.5
192	1860.000	302.027	302.960	573703.631	4046178.309	383.996g	2.50	-2.5
193	1870.000	302.153	302.727	573693.933	4046175.870	384.633g	2.50	-2.5
194	1880.000	301.809	302.511	573684.211	4046173.528	385.269g	2.50	-2.5
195	1890.000	301.066	302.312	573674.466	4046171.284	385.906g	2.50	-2.5
196	1900.000	300.330	302.130	573664.700	4046169.137	386.542g	2.50	-2.5
197	1910.000	299.421	301.964	573654.912	4046167.087	387.179g	2.50	-2.5
198	1920.000	298.554	301.815	573645.104	4046165.136	387.816g	2.50	-2.5
199	1930.000	297.811	301.683	573635.277	4046163.283	388.452g	2.50	-2.5
200	1940.000	297.166	301.567	573625.433	4046161.528	389.089g	2.50	-2.5
201	1950.000	296.186	301.468	573615.571	4046159.872	389.725g	2.50	-2.5
202	1960.000	294.669	301.385	573605.693	4046158.314	390.362g	2.50	-2.5
203	1970.000	293.350	301.320	573595.800	4046156.856	390.999g	2.50	-2.5
204	1980.000	292.345	301.271	573585.893	4046155.496	391.635g	2.50	-2.5
205	1990.000	291.809	301.238	573575.973	4046154.235	392.272g	2.50	-2.5
206	2000.000	291.302	301.222	573566.040	4046153.074	392.909g	2.50	-2.5
207	2010.000	291.403	301.223	573556.097	4046152.012	393.545g	2.50	-2.5
208	2020.000	291.647	301.241	573546.143	4046151.050	394.182g	2.50	-2.5
209	2030.000	292.596	301.275	573536.181	4046150.187	394.818g	2.50	-2.5
210	2040.000	294.579	301.326	573526.210	4046149.424	395.455g	2.50	-2.5
211	2047.141	296.154	301.373	573519.085	4046148.940	395.910g	2.50	-2.5
212	2050.000	296.871	301.394	573516.232	4046148.756	395.910g	2.50	-2.5
213	2060.000	299.215	301.478	573506.253	4046148.114	395.910g	2.50	-2.5
214	2070.000	301.578	301.579	573496.273	4046147.472	395.910g	2.50	-2.5
215	2080.000	303.839	301.696	573486.294	4046146.830	395.910g	2.50	-2.5
216	2090.000	305.488	301.831	573476.315	4046146.188	395.910g	2.50	-2.5
217	2100.000	306.947	301.982	573466.335	4046145.546	395.910g	2.50	-2.5
218	2110.000	307.654	302.149	573456.356	4046144.904	395.910g	2.50	-2.5
219	2120.000	308.507	302.333	573446.377	4046144.262	395.910g	2.50	-2.5
220	2130.000	309.250	302.534	573436.397	4046143.620	395.910g	2.50	-2.5

**TABULATION**

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
221	2140.000	309.774	302.752	573426.418	4046142.978	395.910g	2.50	-2.5
222	2150.000	310.137	302.986	573416.439	4046142.336	395.910g	2.50	-2.5
223	2160.000	310.698	303.237	573406.459	4046141.694	395.910g	2.50	-2.5
224	2170.000	311.186	303.505	573396.480	4046141.051	395.910g	2.50	-2.5
225	2173.298	311.371	303.597	573393.189	4046140.840	395.910g	2.50	-2.5
226	2180.000	311.738	303.789	573386.502	4046140.387	395.483g	2.50	-2.5
227	2190.000	312.201	304.090	573376.531	4046139.628	394.846g	2.50	-2.5
228	2200.000	312.296	304.407	573366.568	4046138.770	394.210g	2.50	-2.5
229	2210.000	311.611	304.742	573356.614	4046137.812	393.573g	2.50	-2.5
230	2220.000	311.279	305.093	573346.670	4046136.754	392.937g	2.50	-2.5
231	2230.000	311.002	305.460	573336.737	4046135.597	392.300g	2.50	-2.5
232	2240.000	311.383	305.844	573326.816	4046134.341	391.663g	2.50	-2.5
233	2250.000	311.655	306.245	573316.909	4046132.986	391.027g	2.50	-2.5
234	2260.000	311.787	306.663	573307.015	4046131.531	390.390g	2.50	-2.5
235	2270.000	311.887	307.087	573297.136	4046129.978	389.753g	2.50	-2.5
236	2280.000	312.242	307.512	573287.274	4046128.326	389.117g	2.50	-2.5
237	2290.000	312.325	307.936	573277.428	4046126.576	388.480g	2.50	-2.5
238	2300.000	312.458	308.361	573267.601	4046124.727	387.844g	2.50	-2.5
239	2310.000	312.680	308.785	573257.792	4046122.780	387.207g	2.50	-2.5
240	2320.000	312.765	309.210	573248.004	4046120.735	386.570g	2.50	-2.5
241	2330.000	312.894	309.635	573238.236	4046118.592	385.934g	2.50	-2.5
242	2340.000	312.984	310.059	573228.490	4046116.352	385.297g	2.50	-2.5
243	2350.000	313.040	310.484	573218.767	4046114.014	384.660g	2.50	-2.5
244	2360.000	312.981	310.908	573209.068	4046111.579	384.024g	2.50	-2.5
245	2370.000	312.985	311.333	573199.394	4046109.048	383.387g	2.50	-2.5
246	2380.000	313.011	311.757	573189.746	4046106.419	382.751g	2.50	-2.5
247	2390.000	313.086	312.182	573180.124	4046103.695	382.114g	2.50	-2.5
248	2400.000	312.990	312.613	573170.530	4046100.874	381.477g	2.50	-2.5
249	2410.000	313.159	313.057	573160.965	4046097.958	380.841g	2.50	-2.5
250	2420.000	313.603	313.513	573151.429	4046094.946	380.204g	2.50	-2.5
251	2430.000	313.928	313.982	573141.924	4046091.838	379.568g	2.50	-2.5
252	2440.000	314.576	314.463	573132.451	4046088.636	378.931g	2.50	-2.5
253	2450.000	315.238	314.957	573123.010	4046085.340	378.294g	2.50	-2.5
254	2460.000	315.644	315.463	573113.602	4046081.949	377.658g	2.50	-2.5
255	2470.000	316.154	315.982	573104.229	4046078.464	377.021g	2.50	-2.5
256	2480.000	316.797	316.513	573094.892	4046074.886	376.384g	2.50	-2.5
257	2490.000	317.514	317.045	573085.590	4046071.214	375.748g	2.50	-2.5
258	2500.000	318.234	317.578	573076.326	4046067.450	375.111g	2.50	-2.5
259	2510.000	319.001	318.110	573067.099	4046063.593	374.475g	2.50	-2.5
260	2520.000	319.582	318.643	573057.912	4046059.644	373.838g	2.50	-2.5
261	2530.000	320.236	319.176	573048.765	4046055.603	373.201g	2.50	-2.5
262	2540.000	320.891	319.708	573039.658	4046051.471	372.565g	2.50	-2.5
263	2550.000	321.792	320.241	573030.594	4046047.249	371.928g	2.50	-2.5
264	2560.000	322.553	320.774	573021.572	4046042.935	371.291g	2.50	-2.5
265	2570.000	323.255	321.306	573012.594	4046038.532	370.655g	2.50	-2.5
266	2580.000	323.880	321.839	573003.660	4046034.040	370.018g	2.50	-2.5
267	2590.000	324.433	322.372	572994.771	4046029.458	369.382g	2.50	-2.5
268	2600.000	325.014	322.904	572985.929	4046024.787	368.745g	2.50	-2.5
269	2610.000	325.605	323.437	572977.134	4046020.029	368.108g	2.50	-2.5
270	2620.000	325.988	323.970	572968.387	4046015.182	367.472g	2.50	-2.5
271	2630.000	326.362	324.502	572959.688	4046010.249	366.835g	2.50	-2.5
272	2640.000	326.494	325.035	572951.040	4046005.228	366.199g	2.50	-2.5
273	2641.389	326.512	325.109	572949.843	4046004.524	366.110g	2.50	-2.5
274	2650.000	326.618	325.568	572942.423	4046000.153	366.110g	2.50	-2.5
275	2660.000	326.615	326.100	572933.807	4045995.078	366.110g	2.50	-2.5

**TABULATION**

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
276	2670.000	326.564	326.633	572925.191	4045990.002	366.110g	2.50	-2.5
277	2680.000	326.621	327.166	572916.575	4045984.927	366.110g	2.50	-2.5
278	2690.000	326.693	327.698	572907.958	4045979.851	366.110g	2.50	-2.5
279	2700.000	327.010	328.231	572899.342	4045974.776	366.110g	2.50	-2.5
280	2710.000	327.562	328.763	572890.726	4045969.700	366.110g	2.50	-2.5
281	2720.000	328.220	329.296	572882.110	4045964.625	366.110g	2.50	-2.5
282	2730.000	328.948	329.829	572873.494	4045959.549	366.110g	2.50	-2.5
283	2740.000	329.688	330.361	572864.877	4045954.474	366.110g	2.50	-2.5
284	2750.000	330.407	330.894	572856.261	4045949.398	366.110g	2.50	-2.5
285	2760.000	331.114	331.427	572847.645	4045944.323	366.110g	2.50	-2.5
286	2770.000	331.802	331.959	572839.029	4045939.247	366.110g	2.50	-2.5
287	2780.000	332.541	332.492	572830.413	4045934.172	366.110g	2.50	-2.5
288	2790.000	333.312	333.025	572821.796	4045929.096	366.110g	2.50	-2.5
289	2800.000	333.900	333.557	572813.180	4045924.021	366.110g	2.50	-2.5
290	2810.000	334.485	334.090	572804.564	4045918.945	366.110g	2.50	-2.5
291	2820.000	335.071	334.623	572795.948	4045913.870	366.110g	2.50	-2.5
292	2830.000	335.597	335.155	572787.331	4045908.794	366.110g	2.50	-2.5
293	2840.000	336.175	335.688	572778.715	4045903.719	366.110g	2.50	-2.5
294	2850.000	336.669	336.221	572770.099	4045898.643	366.110g	2.50	-2.5
295	2860.000	336.924	336.753	572761.483	4045893.568	366.110g	2.50	-2.5
296	2870.000	337.301	337.286	572752.867	4045888.492	366.110g	2.50	-2.5
297	2880.000	337.805	337.819	572744.250	4045883.417	366.110g	2.50	-2.5
298	2885.490	338.111	338.111	572739.520	4045880.630	366.110g	2.50	-2.5

**VOLUMES TERRASSEMENT**

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
1	0.000	162.5	314.0	0.0	0.0
2	10.000	0.0	1712.3	0.0	0.0
3	20.000	0.0	3272.9	0.0	0.0
4	30.000	0.0	4798.9	0.0	0.0
5	40.000	0.0	5216.1	0.0	0.0
6	50.000	0.0	4776.1	0.0	0.0
7	60.000	0.0	4058.4	0.0	0.0
8	70.000	0.0	3529.8	0.0	0.0
9	80.000	0.0	2849.9	0.0	0.0
10	90.000	24.0	1859.2	0.0	0.0
11	100.000	513.5	787.8	0.0	0.0
12	110.000	1242.5	159.7	0.0	0.0
13	120.000	2762.8	0.0	0.0	0.0
14	130.000	4753.0	0.0	0.0	0.0
15	140.000	7043.5	0.0	0.0	0.0
16	150.000	7393.0	0.0	0.0	0.0
17	160.000	6301.3	0.0	0.0	0.0
18	170.000	4550.8	0.0	0.0	0.0
19	180.000	2593.5	0.0	0.0	0.0
20	190.000	1344.8	0.0	0.0	0.0
21	200.000	227.4	131.4	0.0	0.0
22	210.000	0.0	888.8	0.0	0.0
23	220.000	0.0	1810.8	0.0	0.0
24	230.000	0.0	2617.1	0.0	0.0
25	240.000	0.0	3610.6	0.0	0.0
26	250.000	0.0	3974.5	0.0	0.0
27	260.000	0.0	3963.5	0.0	0.0
28	270.000	0.0	3593.7	0.0	0.0
29	280.000	0.0	3036.8	0.0	0.0
30	290.000	0.0	2406.4	0.0	0.0
31	300.000	0.5	1660.1	0.0	0.0
32	310.000	138.3	1097.0	0.0	0.0
33	320.000	90.6	768.4	0.0	0.0
34	330.000	206.8	634.9	0.0	0.0
35	340.000	498.2	366.1	0.0	0.0
36	350.000	994.0	148.6	0.0	0.0
37	360.000	1618.4	0.0	0.0	0.0
38	370.000	2774.6	0.0	0.0	0.0
39	380.000	4090.8	0.0	0.0	0.0
40	390.000	5804.1	0.0	0.0	0.0
41	400.000	7313.8	0.0	0.0	0.0
42	410.000	8199.1	0.0	0.0	0.0
43	420.000	8957.2	0.0	0.0	0.0
44	430.000	9572.3	0.0	0.0	0.0
45	440.000	10081.8	0.0	0.0	0.0
46	450.000	8488.2	0.0	0.0	0.0
47	460.000	6623.6	0.0	0.0	0.0
48	468.362	3144.6	0.0	0.0	0.0
49	470.000	3560.0	0.0	0.0	0.0
50	480.000	5279.1	0.0	0.0	0.0
51	490.000	4666.2	0.0	0.0	0.0
52	500.000	4224.9	0.0	0.0	0.0
53	510.000	3978.6	0.0	0.0	0.0
54	520.000	3907.1	0.0	0.0	0.0
55	530.000	3806.8	0.0	0.0	0.0

**VOLUMES TERRASSEMENT**

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
56	540.000	3602.0	0.0	0.0	0.0
57	550.000	3295.8	0.0	0.0	0.0
58	560.000	2958.3	0.0	0.0	0.0
59	570.000	2704.3	0.0	0.0	0.0
60	580.000	2407.5	0.0	0.0	0.0
61	590.000	2080.7	0.0	0.0	0.0
62	600.000	1710.4	0.0	0.0	0.0
63	610.000	1286.3	0.0	0.0	0.0
64	620.000	818.8	0.0	0.0	0.0
65	630.000	433.8	1.8	0.0	0.0
66	640.000	273.2	51.5	0.0	0.0
67	650.000	144.1	140.7	0.0	0.0
68	660.000	63.5	253.4	0.0	0.0
69	670.000	22.4	360.5	0.0	0.0
70	680.000	0.9	513.0	0.0	0.0
71	690.000	0.3	570.1	0.0	0.0
72	700.000	0.9	523.2	0.0	0.0
73	710.000	10.0	395.5	0.0	0.0
74	720.000	43.7	278.3	0.0	0.0
75	730.000	103.2	188.5	0.0	0.0
76	740.000	160.3	136.7	0.0	0.0
77	750.000	98.2	130.1	0.0	0.0
78	760.000	16.0	114.8	0.0	0.0
79	760.775	13.1	109.8	0.0	0.0
80	770.000	2.4	301.3	0.0	0.0
81	780.000	1.2	357.8	0.0	0.0
82	790.000	10.1	359.2	0.0	0.0
83	800.000	19.8	323.8	0.0	0.0
84	810.000	114.3	255.0	0.0	0.0
85	820.000	92.3	283.8	0.0	0.0
86	830.000	0.0	1012.9	0.0	0.0
87	840.000	0.0	2384.5	0.0	0.0
88	850.000	0.0	3473.5	0.0	0.0
89	860.000	0.0	3743.6	0.0	0.0
90	870.000	0.0	3768.3	0.0	0.0
91	880.000	0.0	3455.1	0.0	0.0
92	890.000	0.0	3013.5	0.0	0.0
93	900.000	0.0	2514.7	0.0	0.0
94	910.000	0.0	2075.8	0.0	0.0
95	920.000	0.0	1628.6	0.0	0.0
96	930.000	0.0	1349.6	0.0	0.0
97	940.000	0.0	1208.2	0.0	0.0
98	950.000	0.5	1017.0	0.0	0.0
99	960.000	33.9	811.7	0.0	0.0
100	970.000	135.4	546.0	0.0	0.0
101	980.000	393.8	311.5	0.0	0.0
102	990.000	757.8	98.4	0.0	0.0
103	1000.000	1662.3	0.0	0.0	0.0
104	1010.000	3494.0	0.0	0.0	0.0
105	1020.000	5928.7	0.0	0.0	0.0
106	1030.000	8486.9	0.0	0.0	0.0
107	1040.000	10269.1	0.0	0.0	0.0
108	1050.000	11170.1	0.0	0.0	0.0
109	1060.000	9848.0	0.0	0.0	0.0
110	1069.908	4081.8	0.0	0.0	0.0

**VOLUMES TERRASSEMENT**

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
111	1070.000	4078.9	0.0	0.0	0.0
112	1080.000	4459.9	0.0	0.0	0.0
113	1090.000	2406.6	0.0	0.0	0.0
114	1100.000	2237.1	0.0	0.0	0.0
115	1110.000	2808.6	0.0	0.0	0.0
116	1120.000	3602.1	0.0	0.0	0.0
117	1130.000	4161.9	0.0	0.0	0.0
118	1140.000	4419.7	0.0	0.0	0.0
119	1150.000	4400.8	0.0	0.0	0.0
120	1160.000	4415.3	0.0	0.0	0.0
121	1170.000	4483.0	0.0	0.0	0.0
122	1180.000	4580.7	0.0	0.0	0.0
123	1190.000	4697.2	0.0	0.0	0.0
124	1200.000	4882.0	0.0	0.0	0.0
125	1210.000	5171.9	0.0	0.0	0.0
126	1220.000	5446.8	0.0	0.0	0.0
127	1230.000	5595.1	0.0	0.0	0.0
128	1240.000	5972.4	0.0	0.0	0.0
129	1250.000	6263.4	0.0	0.0	0.0
130	1260.000	6676.0	0.0	0.0	0.0
131	1270.000	7073.0	0.0	0.0	0.0
132	1280.000	7351.4	0.0	0.0	0.0
133	1290.000	7725.9	0.0	0.0	0.0
134	1300.000	7764.2	0.0	0.0	0.0
135	1310.000	7794.7	0.0	0.0	0.0
136	1320.000	7641.4	0.0	0.0	0.0
137	1330.000	7452.5	0.0	0.0	0.0
138	1340.000	7217.2	0.0	0.0	0.0
139	1350.000	6895.1	0.0	0.0	0.0
140	1360.000	6555.9	0.0	0.0	0.0
141	1370.000	6040.8	0.0	0.0	0.0
142	1380.000	5734.0	0.0	0.0	0.0
143	1390.000	5382.3	0.0	0.0	0.0
144	1400.000	5008.1	0.0	0.0	0.0
145	1410.000	4625.2	0.0	0.0	0.0
146	1420.000	4124.7	0.0	0.0	0.0
147	1430.000	3657.3	0.0	0.0	0.0
148	1440.000	3129.7	0.0	0.0	0.0
149	1450.000	2101.7	0.0	0.0	0.0
150	1455.486	1211.3	0.0	0.0	0.0
151	1460.000	1571.0	0.0	0.0	0.0
152	1470.000	1565.4	0.0	0.0	0.0
153	1480.000	1047.1	0.0	0.0	0.0
154	1490.000	597.1	0.8	0.0	0.0
155	1500.000	224.8	103.7	0.0	0.0
156	1510.000	13.2	385.6	0.0	0.0
157	1520.000	0.0	957.3	0.0	0.0
158	1530.000	0.0	1632.0	0.0	0.0
159	1540.000	0.0	2222.4	0.0	0.0
160	1550.000	0.0	2335.4	0.0	0.0
161	1555.992	0.0	1673.3	0.0	0.0
162	1560.000	0.0	2546.3	0.0	0.0
163	1570.000	0.0	4493.6	0.0	0.0
164	1580.000	0.0	5579.2	0.0	0.0
165	1590.000	0.0	6865.7	0.0	0.0

**VOLUMES TERRASSEMENT**

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
166	1600.000	0.0	7329.1	0.0	0.0
167	1610.000	0.0	6477.5	0.0	0.0
168	1620.000	0.0	5043.4	0.0	0.0
169	1630.000	0.0	3557.7	0.0	0.0
170	1640.000	50.5	2103.6	0.0	0.0
171	1650.000	580.9	1180.0	0.0	0.0
172	1660.000	995.1	876.2	0.0	0.0
173	1670.000	1422.1	302.8	0.0	0.0
174	1680.000	2338.7	76.4	0.0	0.0
175	1690.000	2831.6	0.0	0.0	0.0
176	1700.000	3303.1	0.0	0.0	0.0
177	1710.000	3879.6	0.0	0.0	0.0
178	1720.000	3892.1	0.0	0.0	0.0
179	1730.000	3766.8	0.0	0.0	0.0
180	1740.000	3315.0	0.0	0.0	0.0
181	1750.000	2768.9	0.0	0.0	0.0
182	1760.000	2178.1	0.0	0.0	0.0
183	1770.000	1643.0	0.0	0.0	0.0
184	1780.000	1287.7	0.9	0.0	0.0
185	1790.000	1043.2	28.7	0.0	0.0
186	1800.000	878.2	46.0	0.0	0.0
187	1810.000	764.5	55.8	0.0	0.0
188	1820.000	693.1	62.3	0.0	0.0
189	1830.000	636.1	65.6	0.0	0.0
190	1840.000	581.3	75.3	0.0	0.0
191	1850.000	439.5	141.9	0.0	0.0
192	1860.000	305.4	222.5	0.0	0.0
193	1870.000	221.0	257.1	0.0	0.0
194	1880.000	231.2	206.5	0.0	0.0
195	1890.000	347.6	101.6	0.0	0.0
196	1900.000	490.6	33.6	0.0	0.0
197	1910.000	714.5	0.0	0.0	0.0
198	1920.000	961.2	0.0	0.0	0.0
199	1930.000	1222.6	0.0	0.0	0.0
200	1940.000	1434.3	0.0	0.0	0.0
201	1950.000	1851.4	0.0	0.0	0.0
202	1960.000	2464.6	0.0	0.0	0.0
203	1970.000	3028.1	0.0	0.0	0.0
204	1980.000	3383.8	0.0	0.0	0.0
205	1990.000	3677.5	0.0	0.0	0.0
206	2000.000	3879.6	0.0	0.0	0.0
207	2010.000	3871.1	0.0	0.0	0.0
208	2020.000	3759.9	0.0	0.0	0.0
209	2030.000	3287.6	0.0	0.0	0.0
210	2040.000	2052.8	0.0	0.0	0.0
211	2047.141	855.7	0.0	0.0	0.0
212	2050.000	921.6	0.0	0.0	0.0
213	2060.000	597.4	0.0	0.0	0.0
214	2070.000	32.2	130.9	0.0	0.0
215	2080.000	0.0	809.0	0.0	0.0
216	2090.000	0.0	1443.8	0.0	0.0
217	2100.000	0.0	2022.6	0.0	0.0
218	2110.000	0.0	2441.3	0.0	0.0
219	2120.000	0.0	2831.7	0.0	0.0
220	2130.000	0.0	3191.7	0.0	0.0

**VOLUMES TERRASSEMENT**

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
221	2140.000	0.0	3479.9	0.0	0.0
222	2150.000	0.0	3707.4	0.0	0.0
223	2160.000	0.0	3965.1	0.0	0.0
224	2170.000	0.0	2778.7	0.0	0.0
225	2173.298	0.0	2107.4	0.0	0.0
226	2180.000	0.0	3571.0	0.0	0.0
227	2190.000	0.0	4334.9	0.0	0.0
228	2200.000	0.0	4138.4	0.0	0.0
229	2210.000	0.0	3720.8	0.0	0.0
230	2220.000	0.0	3275.1	0.0	0.0
231	2230.000	0.0	2932.8	0.0	0.0
232	2240.000	0.0	2867.3	0.0	0.0
233	2250.000	0.0	2769.0	0.0	0.0
234	2260.000	0.0	2631.7	0.0	0.0
235	2270.000	0.0	2440.6	0.0	0.0
236	2280.000	0.0	2290.1	0.0	0.0
237	2290.000	0.0	2094.5	0.0	0.0
238	2300.000	0.0	1984.2	0.0	0.0
239	2310.000	0.0	1844.4	0.0	0.0
240	2320.000	0.0	1686.2	0.0	0.0
241	2330.000	0.0	1541.8	0.0	0.0
242	2340.000	0.0	1391.8	0.0	0.0
243	2350.000	0.0	1222.2	0.0	0.0
244	2360.000	0.0	1019.6	0.0	0.0
245	2370.000	0.0	855.3	0.0	0.0
246	2380.000	0.0	691.1	0.0	0.0
247	2390.000	0.0	549.3	0.0	0.0
248	2400.000	0.0	388.2	0.0	0.0
249	2410.000	0.0	294.9	0.0	0.0
250	2420.000	0.0	255.9	0.0	0.0
251	2430.000	0.0	202.7	0.0	0.0
252	2440.000	0.0	232.8	0.0	0.0
253	2450.000	0.0	281.9	0.0	0.0
254	2460.000	0.0	273.6	0.0	0.0
255	2470.000	0.0	300.7	0.0	0.0
256	2480.000	0.0	313.5	0.0	0.0
257	2490.000	0.0	348.7	0.0	0.0
258	2500.000	0.0	419.3	0.0	0.0
259	2510.000	0.0	501.1	0.0	0.0
260	2520.000	0.0	528.5	0.0	0.0
261	2530.000	0.0	648.9	0.0	0.0
262	2540.000	0.0	688.8	0.0	0.0
263	2550.000	0.0	758.1	0.0	0.0
264	2560.000	0.0	860.8	0.0	0.0
265	2570.000	0.0	912.8	0.0	0.0
266	2580.000	0.0	933.2	0.0	0.0
267	2590.000	0.0	960.4	0.0	0.0
268	2600.000	0.0	975.6	0.0	0.0
269	2610.000	0.0	987.8	0.0	0.0
270	2620.000	0.0	943.8	0.0	0.0
271	2630.000	0.0	854.1	0.0	0.0
272	2640.000	0.0	399.9	0.0	0.0
273	2641.389	0.0	340.1	0.0	0.0
274	2650.000	0.0	517.7	0.0	0.0
275	2660.000	0.0	352.1	0.0	0.0

**VOLUMES TERRASSEMENT**

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
276	2670.000	9.8	168.4	0.0	0.0
277	2680.000	70.6	66.1	0.0	0.0
278	2690.000	153.3	19.8	0.0	0.0
279	2700.000	201.2	1.0	0.0	0.0
280	2710.000	215.1	0.0	0.0	0.0
281	2720.000	162.7	0.4	0.0	0.0
282	2730.000	112.7	6.1	0.0	0.0
283	2740.000	73.7	35.9	0.0	0.0
284	2750.000	45.9	66.7	0.0	0.0
285	2760.000	33.2	90.4	0.0	0.0
286	2770.000	19.8	120.5	0.0	0.0
287	2780.000	10.6	196.5	0.0	0.0
288	2790.000	0.0	242.2	0.0	0.0
289	2800.000	0.0	282.3	0.0	0.0
290	2810.000	0.0	310.6	0.0	0.0
291	2820.000	0.0	331.2	0.0	0.0
292	2830.000	0.0	340.7	0.0	0.0
293	2840.000	0.5	341.3	0.0	0.0
294	2850.000	3.8	328.6	0.0	0.0
295	2860.000	18.5	264.5	0.0	0.0
296	2870.000	37.2	237.5	0.0	0.0
297	2880.000	19.6	182.7	0.0	0.0
298	2885.490	4.9	63.3	0.0	0.0
		516020	257079	0	0