

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté du Génie de la Construction

Département de génie civil



# Mémoire de Fin D'études



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

## Thème

**Etude de la déviation de la RN25 sur 3Km au niveau du barrage de  
TLATHA**

Présente par :

Mr. Chabane koussaila

Mr. Hamama Nourdine

Encadré par :

Mr. H.DEHMOUS

2015/2016

## *Remerciements*

*Avent tout, on tien remercier notre bon dieu de nous avoir donnée le courage et la bonne volonté pour aller jusqu'au bout de notre travail.*

*On tien a avent tout a remercié Mr DEHMOUS d'avoir encadrée notre projet, et sont soutien permanent et sont encouragement.*

*On remercie nos parents et frères pour nous avoir soutenus et encouragées tout le long de notre cursus universitaire.*

*On tien a remercier Mr GABI de nous avoir beaucoup apportée par ces vastes connaissances dans ce domaine.*

*On tien également a remercier tout le corps pédagogique du DEPARTEMENT DU GENIE CIVIL de nous avoir transmis de grandes connaissance durent toute la durée de notre formation.*

*On remercie les membres de jury qui nous en fait l'honneur d'examinée ce modeste travail.*

*Et aussi, tous ce qui nous aidée de prêt ou de loin dans la réalisation de ce projet de fin d'étude.*

## **DEDICACE**

*Je dédie ce modeste travail à :*

*La mémoire de mon père.*

*Ma très chère mère.*

*Mes frères Mohamed, Nacer, et à mes sœurs Karima et Ouiza.*

*Toute ma famille.*

*Mes amis : mouhamed, hilal, , amer, kamel, salim, arezki et autre*

*Koussaila*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes très chers parents.*

*Mon frère, et à ma sœurs*

*Toute ma famille.*

*Tous mes amis : Farid, Rafik, Hakim, Fares, Nacer, Rezaq et autre*

*Nourdine.*

## SOMMAIRE

### Chapitre I : Présentation du projet

1-introduction .....	01
2-Présentation du tracée.....	02
3-Objectif de l'étude.....	03
4-Description du projet.....	04
5-Démarche de l'étude.....	04
6-Paramètre du projet.....	04

### Chapitre II : étude du trafic

1-introduction .....	05
2-Différent types de trafic.....	05
3-analyse du trafic.....	06
4-Détermination du nombre de voies .....	07
5-Application à notre projet.....	10

### Chapitre III : Dimensionnement du corps de chaussée

1-introduction .....	13
2-Principe de dimensionnement.....	13

<b>3-Les chaussées souples.....</b>	<b>14</b>
<b>4-Méthode de dimensionnement des chaussées souples.....</b>	<b>14</b>
<b>5-méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuve.....</b>	<b>16</b>
<b>6-Méthode d'ALIZE III.....</b>	<b>25</b>
<b>7-Conclusion.....</b>	<b>27</b>

#### **Chapitre IV : caractéristiques géométrique**

<b>1-tracé en plan .....</b>	<b>28</b>
<b>2- profil en long.....</b>	<b>42</b>
<b>3-profil en travers.....</b>	<b>52</b>

#### **Chapitre V : cubature**

<b>1-introduction.....</b>	<b>59</b>
<b>2-définition.....</b>	<b>59</b>
<b>3-Méthode de calcul .....</b>	<b>60</b>
<b>4-description de la méthode.....</b>	<b>60</b>

#### **Chapitre VI : assainissement**

<b>1-Introduction .....</b>	<b>62</b>
<b>2-Assainissement routier .....</b>	<b>62</b>

<b>3-Différents systèmes d'assainissement .....</b>	<b>63</b>
<b>4-Assainissement de la chaussée.....</b>	<b>63</b>
<b>5-Rétablissement des écoulements naturels (bassins versants &lt; 100 Km<sup>2</sup>).64</b>	<b>64</b>
<b>6-Conception des ouvrages hydrauliques.....</b>	<b>65</b>
<b>7-Facteurs influençant le choix des ouvrages hydrauliques.....</b>	<b>65</b>
<b>8-Nature et fonction des réseaux .....</b>	<b>66</b>
<b>9)-objectif de l'assainissement.....</b>	<b>67</b>
<b>10-Quelque définition .....</b>	<b>67</b>
<b>11-Détermination des bassins versants.....</b>	<b>68</b>
<b>12-Dimensionnement des ouvrages d'évacuation .....</b>	<b>69</b>
<b>13-Application au projet.....</b>	<b>73</b>
<b>14-Conclusion.....</b>	<b>84</b>

## **Chapitre VII : aperçu géotechnique**

<b>1-Introduction .....</b>	<b>85</b>
<b>2-Les différents essais en laboratoire .....</b>	<b>85</b>
<b>3-les essais d'identification.....</b>	<b>85</b>
<b>4-Les essais in situ.....</b>	<b>89</b>
<b>5-Conditions d'utilisation des sols en remblais.....</b>	<b>90</b>
<b>6-Les Moyens de Reconnaissance.....</b>	<b>90</b>

<b>7-Les études géologiques.....</b>	<b>91</b>
<b>8-Géologie de site.....</b>	<b>91</b>
<b>9-Les études Hydrographie et hydrogéologie .....</b>	<b>91</b>
<b>10-conclusion.....</b>	<b>92</b>

### **Chapitre VIII : ouvrage d'art**

<b>1-introduction.....</b>	<b>93</b>
<b>2-difinition de certains ponts .....</b>	<b>93</b>
<b>3-Critaire de choix de pont.....</b>	<b>96</b>
<b>4-étude comparative.....</b>	<b>97</b>
<b>5-résultat.....</b>	<b>98</b>
<b>6-mur de soutènement .....</b>	<b>99</b>

### **Chapitre IX : signalisation et éclairage**

<b>1-signalisation.....</b>	<b>100</b>
<b>1-1-Introduction.....</b>	<b>100</b>
<b>1-2-Catégorie de signalisation .....</b>	<b>100</b>
<b>1-3-Règles a respectée pour la signalisation.....</b>	<b>100</b>
<b>1-4-Types de signalisation.....</b>	<b>101</b>
<b>1-5-Application au projet .....</b>	<b>103</b>

<b>1-6-conclusion.....</b>	<b>104</b>
<b>2- éclairage .....</b>	<b>105</b>
<b>2-1-introduction.....</b>	<b>105</b>
<b>2-2-éclairage d'un point singulier .....</b>	<b>105</b>
<b>2-3-paramètre d'implantation des lumières .....</b>	<b>105</b>
<b>2-4-éclairage de la voie.....</b>	<b>106</b>
<b>2-5-Conclusion .....</b>	<b>107</b>

## **Chapitre X : impact sur l'environnement**

<b>1-introduction.....</b>	<b>108</b>
<b>2-impact négatif.....</b>	<b>108</b>
<b>2-1-l'impact sur la qualité de l'air.....</b>	<b>108</b>
<b>2-2-L'impact sur les ressources hydrique.....</b>	<b>108</b>
<b>2-3-L'impact sur la faune et la flore.....</b>	<b>109</b>
<b>2-4-Les nuisances sonores.....</b>	<b>109</b>
<b>2-5-L'impact sur les structures existantes.....</b>	<b>110</b>
<b>2-6-L'impact sur la sécurité.....</b>	<b>110</b>
<b>3-Impact positif.....</b>	<b>110</b>
<b>4-Conclusion.....</b>	<b>111</b>

## **Chapitre XI : Devis quantitatif et estimatif**

<b>1-introduction.....</b>	<b>112</b>
<b>2-devis quantitatif et estimatif.....</b>	<b>112</b>
<b>3-conclusion.....</b>	<b>114</b>

### **CONCLUSION GENERAL**

### **Bibliographie**

### **Annexes**

Notre système de transport est basé essentiellement sur le réseau routier, ce dernier doit supporter un volume important de transport soit de marchandise ou bien de passager, ce qui le rend très important pour le développement socio-économique de notre pays.

La ville de DRAA EL MIZANE et celle de TIZI OUZOU sont reliées par une seule voie de desserte, la RN25, ce qui la rend fondamentale au développement de cette région.

Cependant avec la réalisation du barrage à TIZI N TLATHA, un tronçon de 3 km de la RN25 sera submergé par les eaux. Ainsi une déviation de 9km est prévue.

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous avons procédé à l'étude d'une partie de 3 km de cette déviation, (du pk0 au pk3). Cette déviation prend naissance à la casse de Oued Qssari.

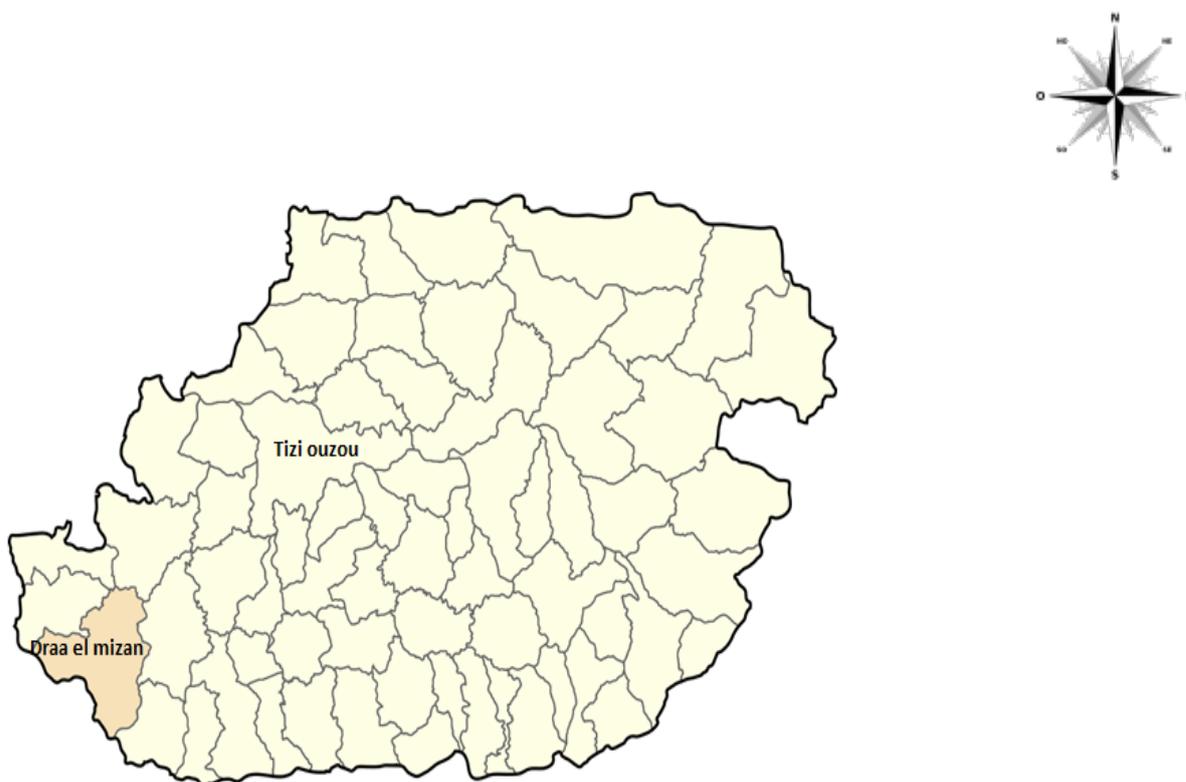
Les données nécessaires à notre projet (levée topographiques, trafic,...etc.) Sont fournies par la DTP de TIZI OUZOU (direction des travaux publics).

L'essentiel de notre étude a porté sur les éléments suivants :

- Détermination du nombre de voie à l'aide des données relatives au trafic
- 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 remblais et déblais.

**1-Introduction :**

DRAA EL MIZAN est une commune de la wilaya de TIZI OUZOU, situé à 42Km au sud-ouest du chef lieu de TIZI OUZOU et à 110 Km au sud-est d'Alger dans la région de Kabylie. Sa démographie est d'environ 39000 habitants avec une densité de 481Hab /Km<sup>2</sup>.



**Figure n° 1 : Situation de DRAA EL MIZAN dans la wilaya de TIZI OUZOU**

La RN 25 représente le seul moyen de liaison entre cette grande ville, et le chef lieu de la wilaya Tizi-Ouzou. Elle présente un trafic très dense, c'est pour cela qu'elle est classée dans un ordre d'importance assez élevé.

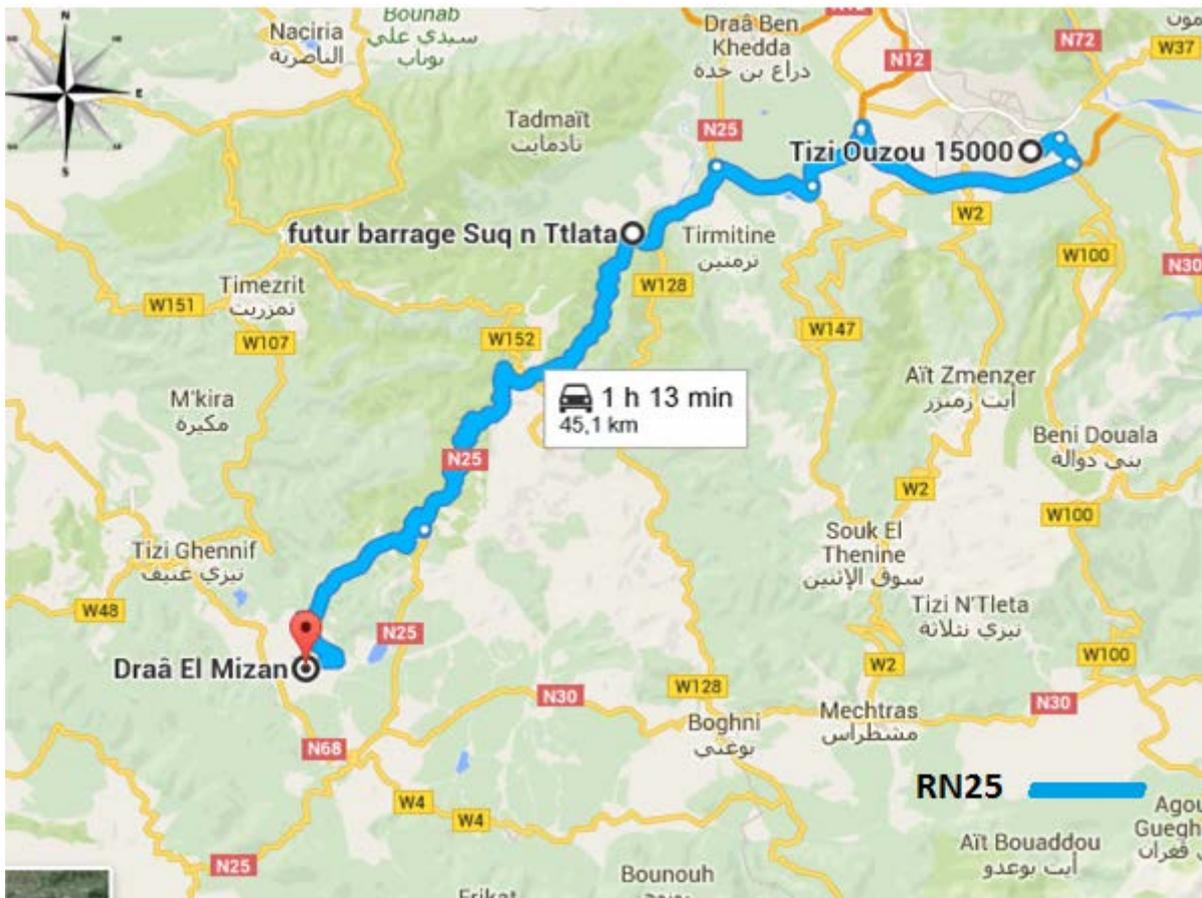


Figure n° 2 : La liaison entre TIZI OUZOU et DRAA EL MIZAN

Le manque en ressource hydraulique de la région central de notre pays a poussée les responsables à envisager l'implantation d'un barrage. L'étude de l'avant projet détaillé de ce projet a révélée que la cuvette de SUQ N TLATHA est l'emplacement optimal pour celui ci.

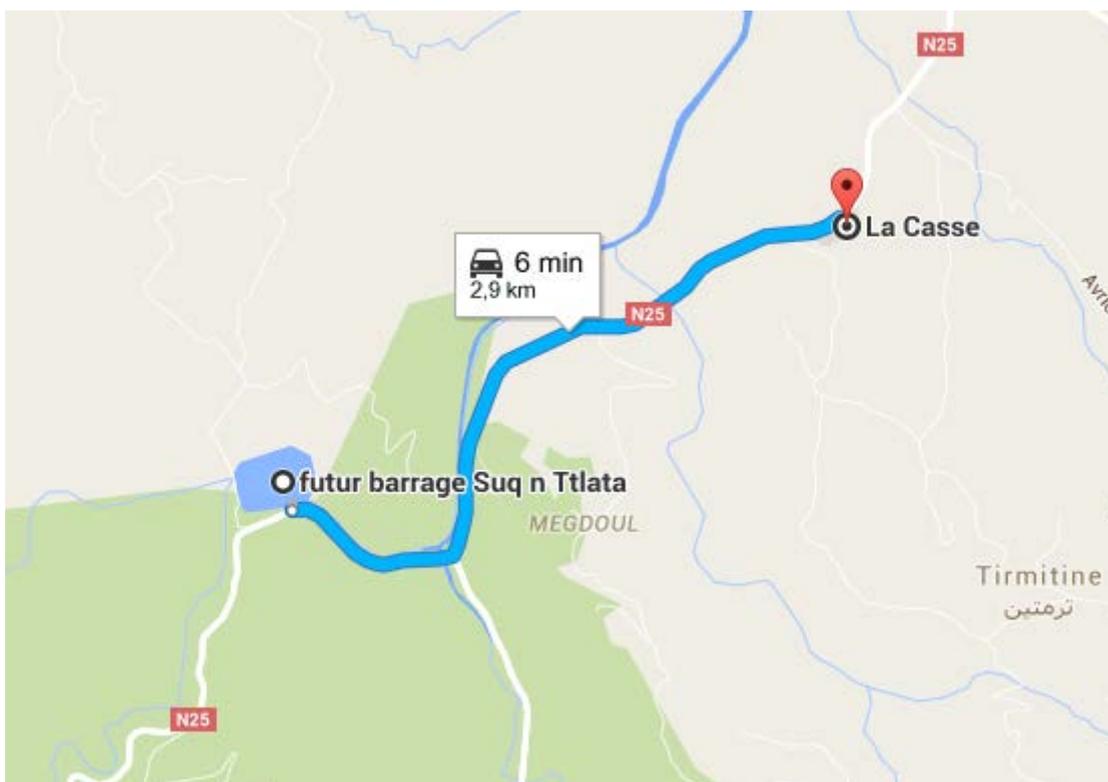


Figure n°3 : Plan du barrage de SUQ N TLATHA

Le problème est qu'une partie de cette route sera submergée par le futur barrage de Tlatha, ce qui a poussé les organismes concernée (DTP) à envisager une déviation de cette dernière pour assurer la continuité du trafic.

## 2- Présentation du tracé :

Le tracé qu'on nous a proposé a pour point de départ la Casse de Oued Ksarri dans la zone qui ne sera pas atteinte par les eaux du futur barrage, et se termine 9 Km plus loin.

Notre tronçon traverse un terrain vallonné mais il présente tout de même une petite zone montagneuse, c'est ce qui a imposée la réalisation d'un pont

## 3-Objectif de l'étude :

- Dévier la RN 25 au niveau du barrage de TIZI N TLATHA.
- Réaliser le meilleur tracé possible.
- Assurer la pérennité dans le temps.
- Doter la chaussée d'une structure adéquate capable de supporter le trafic actuel et futur.

#### 4-Description du projet

Ce projet est un nouveau tracé qui s'étend sur une longueur de 3 Km qui prend naissance au niveau de la Casse

Du PK0 au PK0+130 le tracé de notre déviation est confondue avec celui de la RN 25 ce qui implique aucun volume de déblai ni de remblai.

Du PK0+130 au PK0+650 on a un volume assez important de déblai, et on a un ouvrage busé aux PK0+520

Du PK0+650 au PK0+860 on a un remblai assez important avec la présence d'un dalot (3.0x3.0) de longueur 57m aux PK0+770.

Du PK0+860 jusqu'à PK2+120 on a un terrain presque plat avec tantôt des petite déblais et tantôt de petite remblais mais pas en grande quantité, dans cette partie le tracé intercepte une route secondaire qui mène vers ZERROUDA, avec la présence d'un mur de soutènement qui s'étend sur une distance de 100m à partir de PK1+120

Au PK 2+120 il sera aménagé par un pont jusqu'au PK2+600 afin de traverser une certain partie de barrage, puis après cette ouvrage jusqu'à PK3 le trace s'étend sur une plate forme de déblai.

#### 5-Démarche de l'étude :

Dans notre projet le profil en long et le tracé en plan sont donnés par la DTP, alors nos objectifs d'étude sont les suivant :

- ✓ Etude du trafic pour faire un bon dimensionnement.
- ✓ Dimensionnement du corps de chaussée.
- ✓ Calcul des ouvrages hydrauliques.
- ✓ Etude de l'impact sur l'environnement.
- ✓ Etude de la signalisation, éclairage et dispositif de sécurité.

#### 6- Paramètre du projet :

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

Trafic moyen journalier annuel.....2200 v/j

Pourcentage des poids lourd.....22.7%

Taux de croissance annuel.....4%

Durée de vie.....20 ans

Indice CBR..... $I=5$

**1- Introduction :**

Le trafic est un paramètre primordiale dans le dimensionnement des routes, car il régie une multitude de caractéristiques de cette dernière, telle que le nombre de voie, leur largeur, les dimensions du corps de chaussée, l'ordre d'importance .....etc.

Pour obtenir le trafic il existe plusieurs procédés :

- Le comptage sur la route, elle représente la méthode la plus fiable mais elle est assez coûteuse.
- Les statistiques.
- Des enquêtes de circulation.

**2- Différent types de trafic :**

- **Trafic local :**

C'est le trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre compte du nouveau projet.

- **Trafic dévié :**

C'est le trafic vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autre route ayant la même destination, la déviation de trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens pour atteindre la même destination.

- **Trafic induit :**

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

- **Trafic total**

C'est le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.

**3 - analyse du trafic :**

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

- celle qui permet de quantifier le trafic : les comptages manuels ou automatiques
- celle qui permet d'obtenir des renseignements qualitatifs : les enquêtes

### 3-1- les comptages :

On distingue deux types de comptage.

- a- les comptages automatiques : on distingue deux modes, ce qui sont permanents et ce qui sont temporaires. Les comptages permanents sont réalisés en certains points choisis sur les routes les plus importantes : réseau autoroutier, réseau routier national et les chemins wilaya les plus fréquentée.
- b- les comptages manuels : ils sont réalisés par des agents qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds, les trafics sont exprimés par le trafic journalier moyen annuel (TJMA)

### 3-2-les enquêtes :

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

## 4- Détermination du nombre de voies :

### 4-1-calcul de la capacité :

La capacité est le nombre maximum des véhicules qui peuvent passer par une direction de la route (ou deux direction) avec des caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propre, durant une période bien déterminée. La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire (UVP/H)

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

- **Q** : débit de point horaire
- **n** : nombre d'heure (en général 8 heure)
- **T<sub>eff</sub>** : trafic effectif

Le débit de pointe horaire « Q » correspond à 12% du trafic futur

$$Q = 0,12T \text{ (uvp/h)}$$

**La capacité théorique :**

La capacité d'une route dépend de la largeur de la voie et l'accotement et elle est donnée dans le tableau suivant :

<b>Capacité théorique des routes en uvp/h</b>									
Dégagement latérale ou largeur des accotements	Largeur de chaussée unique								2 chaussées Autoroute Ou route express (2)
	4m	2 voies			3 voies		4 voies (1)		
		5m	6m	7m	9m	10.5m	12m	14m	
1.80 et plus	1100	1300	1600	2000	2600	3200	3000 4500*	3400 5100*	1800 5400*
1.20	1000	1200	1500	1900	2400	3000	2950 4400*	3300 5000*	1750 5300
0.60	(x)	1100	1350	1700	2200	2700	2900 4300*	3200 4800*	1700 5100*
0.00	(x)	(x)	1200	1500	2000	2400	2650 4000*	3000 4500*	1500 4500*

**Tableau n°1 : Valeur de la capacité théorique**

(1) pour sens de la circulation sur route à 2x2 voies

Valeur avec \* : capacité pour les deux sens.

(2) Capacité pour une seule voie de 3.50m

Valeur avec \* : capacité pour les deux sens réunis.

(x) capacité non applicable.

Cette capacité  $C_t$  est affectée d'un coefficient  $k_2$  pour obtenir la capacité effective

$$C_{\text{eff}} = k_2 \cdot C_t$$

**4-2-Paramètre de la circulation :**

On connaît le trafic actuel et la durée de vie de l'ouvrage et le taux de croissance, on détermine le trafic futur avec la méthode des intérêts composés.

$$TMJA_n = (1+\tau)^n \cdot TMJA$$

- $TMJA_n$  : le trafic à l'année de l'horizon
- $TMJA$  : le trafic à l'année actuelle
- $n$  : nombre d'année
- $\tau$  : taux de croissance en (%)

**4-3-Calcul de 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 PL en (**uvp**) le trafic effectif donné par la relation :

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

Avec :

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

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

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

**Tableau n°2 : Coefficient d'équivalence**

**4-4-Le débit admissible " $Q_{\text{adm}}$ "**

C'est le nombre maximum de véhicule pouvant passer pendant une heure

$$Q_{\text{adm}} = K \cdot C_{\text{eff}} \quad Q_{\text{adm}} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_t$$

Valeur de  $K_1$  :

Environnement	$E_1$	$E_2$	$E_3$
$K_1$	0.75	0.85	0.95

Tableau n°3 : Valeur de  $K_1$

Valeur de  $K_2$  :

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

Tableau n°4 : valeur de  $K_2$

#### 4-5-Calcul du nombre de voie

a) cas d'une chaussée bidirectionnel

On compare « d » et « Q » et on choisi le type de route dont le débit

$$Q_{adm} \geq Q$$

$$\Rightarrow K_1 K_2 C_t \geq Q \quad \Rightarrow \quad C_t \geq \frac{Q}{K_1 K_2}$$

b) cas d'une chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport :

$$n = S.d / Q$$

Avec

-S : coefficient de dissymétrie (généralement égal à 2/3)

-Q : débit admissible par voie

**5-Application à notre projet :****➤ Donnée du trafic**

- le trafic à l'année 2015 : TMJA<sub>2015</sub>=2200 v/j
- le taux d'accroissement annuel du trafic :  $\tau=4\%$
- la vitesse de base sur le tracé : Vr=60Km/h
- le pourcentage de poids lourds : 22.7%
- année de mise en service : 2018
- duré de vie : 20ans

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

$$TMJA_n = (1+\tau)^n \cdot TMJA_{2015}$$

$$TMJA_{2018} = (1+0.04)^3 \times 2200 = 2475 \text{ V / j}$$

$$TMJA_{2018}=2475 \text{ v/j}$$

**➤ Calcul du TMJA à l'horizon(2038)**

$$TMJA_{2038} = (1+0.04)^{20} \times 2475$$

$$TMJA_{2038}=5423 \text{ V/j}$$

**➤ Calcul des trafics effectifs :**

$$T_{\text{eff}} = [(1-Z) + P \cdot Z] TMJA_h$$

$$T_{\text{eff}} = [(1-0.227) + 6 \times 0.227] \times 5423 = 11579 \text{ uvp/j}$$

$$T_{\text{eff}}=11579 \text{ uvp/j}$$

Avec :  $T_{\text{eff}}$  : trafic effectif à l'horizon

Z : pourcentage des poids lourd

P : coefficient d'équivalence (P= 6, route de bonne caractéristique, E2)

**➤ Débit de pointe horaire normal**

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

Avec :

-(1/n) coefficient de pointe prise égal à 0.12 (n=8 heures)

$$-Q = (1/n) T_{\text{eff}} = 0.12 \times T_{\text{eff}}$$

$$-Q = 0.12 \times 11579$$

$$-Q = 1390 \text{ uvp/h}$$

$$Q = 1390 \text{ uvp/h}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{-catégorie } C_2 \\ \text{-environnement } E_2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} K_1 = 0.85 \\ K_2 = 0.99 \end{array}$$

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

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

$$C_{\text{th}} \geq 1390 / (0.85 \times 0.99)$$

$$C_{\text{th}} \geq 1652 \text{ uvp/h}$$

$$C_{\text{th}} \geq 1652 \text{ uvp/h}$$

➤ **Débit admissible**

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

- $K_1$  : coefficient correcteur pris égal à 0.85 pour  $C_2$

- $K_2$  : coefficient correcteur pris égal à 0.99 pour environnement  $E_2$  et catégorie  $C_2$

- $C_{\text{th}}$  : capacité théorique

- $C_{\text{th}} = 2000 \text{ uvp/h}$  d'après le document de B40

$$Q_{\text{adm}} = 0.85 \times 0.99 \times 2000$$

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

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

➤ **Nombre de voies**

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

Avec:  $S = 2/3$

$$N = 2/3 \times (1390 / 1683)$$

$$N = 0.55 \approx 1 \text{ voie}$$

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

Les calculs sont représenté dans le tableau suivant :

TMJA 2015 (v/j)	TMJA2018 (v/j)	TMJA2038 (v/j)	T <sub>eff</sub> (uvp/j)	Q (Uvp/j)	N
2200	2475	5423	11579	1390	1

**Tableau n°5 : Résultat de calcul**

**6-Conclusion :**

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

- Chaussée bidirectionnelle de 2x1 voies de 3.5m
- Accotement de 1.5m de chaque coté

**1-Introduction :**

La chaussée est constituée de plusieurs couches. La couche de surface ou revêtement repose sur une assise résistante (corps de chaussée) qui dépend du sol ; support sur lequel on la construit et du trafic supporté. Le revêtement et le corps de chaussée constituent les éléments de la structure de la chaussée. Celle-ci dépend en outre des conditions d'utilisation, en particulier du poids et du nombre de poids lourds qui y circulent ainsi que des conditions climatiques.

**2-Principe de dimensionnement :**

La structure d'une chaussée routière doit résister à diverse sollicitation, notamment celles dues au trafic et elle doit assurer la diffusion des efforts induits par ce même trafic dans le sol de fondation. L'application d'une charge roulante induit ainsi une déformation en flexion des couches de la structure. Cette flexion entraîne des sollicitations en compression au droit de la charge et des sollicitations en traction à la base des couches d'enrobés

On distingue deux familles principales de structure de chaussées actuellement utilisées sur les réseaux routier, les structures rigides dont les couches d'assises sont essentiellement constituées de matériaux traités aux liants hydrauliques (ciment), et les structures souples qui sont réalisées avec des bétons bitumineux, ainsi différentes méthodes sont développées pour le dimensionnement de ces structures de chaussée.

**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 tels que les stations de service, les parcs....etc.

**3-Les chaussées souples :**

Elles sont constituées de couches superposées de différents matériaux classés selon un ordre de résistance telle que les matériaux les plus résistants sont en surface.

Ces couches sont :

- Couche de forme : elle est constituée en générale du même matériau que le terrain naturel dans le but d'offrir une surface plane pour les couches supérieures

Le corps de la chaussée est constituée de :

- Sous couche : elle est réalisée en trois sous couches :
  - sous couche anti-contaminante ( $\approx 10\text{cm}$ ) réalisée en sable ou matériaux synthétique dans le but d'éviter la contamination des couches supérieures par les fines, et ce soit lors du compactage ou bien en service.
  - sous couche drainante : 10 à 20cm de sable propre qui assure un bon drainage

-sous couche anti capillaire : de 10 à 15 cm de sable ou gravier qui empêche la remontée des eaux par capillarité

- Couche de fondation : réalisée en grave concassée ou tout venant d'oued sur une épaisseur d'environ 20 cm
- Couche de base : réalisée en grave concassée ou grave-bitume sur 10 à 20 cm, son rôle est de répartir la contrainte sur la couche de fondation sans se déformée
- Couches de surfaces : réalisée en béton bitumineux son rôle est :

-protège le corps de chaussée

-absorbe les efforts horizontaux (cisaillement)

Elle est constituée par deux couches :

-couche de roulement : elle est réalisée par des enrobées denses, elle doit assurer l'imperméabilité de la chaussée, elle doit être relativement lisse pour éviter une usure excessive des pneumatiques.

- couche de liaison : elle est réalisée en enrobée semi-dense et elle représente un complément pour obtenir l'épaisseur de la couche de surface.

#### 4-Méthodes de dimensionnement des chaussées souples :

Concevoir une chaussée, définit la qualité des matériaux et leur épaisseur, en fonction des matériaux disponibles, plusieurs méthodes sont utilisées dans le dimensionnement :

-méthode CBR :

-méthode CBR améliorée

-méthode de catalogue des structures

-méthode de l'asphalte intitulé

##### 4-1- méthode CBR :

C'est une méthode empirique basée sur l'indice CBR du terrain support, elle ne tient pas compte du trafic. L'épaisseur équivalente d'un seul matériau est donnée par :

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

Avec :

p : charge par roue (p=6,5tonne)

I : indice CBR

e : épaisseur de la chaussée

**4-2- méthode CBR amélioré :**

L'épaisseur équivalente est donnée par la formule qui tient compte du trafic :

$$e = \frac{100 + \sqrt{p}(75 + 50 \log_{10} \frac{N}{10})}{I + 5}$$

Avec :

p : charge par roue (p=6,5tonne)

I : indice CBR

N : nombre moyen journalier des PL supérieur à 1,5tonne

Log : logarithme décimal

e : épaisseur équivalant d'un seul matériaux type

Si la chaussée est constituée de couche de qualité différente elle aura une épaisseur

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

Avec :

$a_i$  : coefficient d'équivalence des matériaux des couches

$e_i$  : épaisseur des différentes couches

Matériaux utilisé	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux	2
Grave-bitume	1,6 à 1,7
Grave-ciment, grave laitier	1,5
Sable laitier	1,3
Sable-ciment	1 à 1,2
Grave concassée non traitée	1
Grave sableuse (TVO)	0,75
Sable	0,5

**Tableau n°1 : Les coefficients d'équivalence**

**5-Méthode des catalogues de dimensionnement des chaussées neuves :**

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

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

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

- Approche théorique.
- Approche empirique.

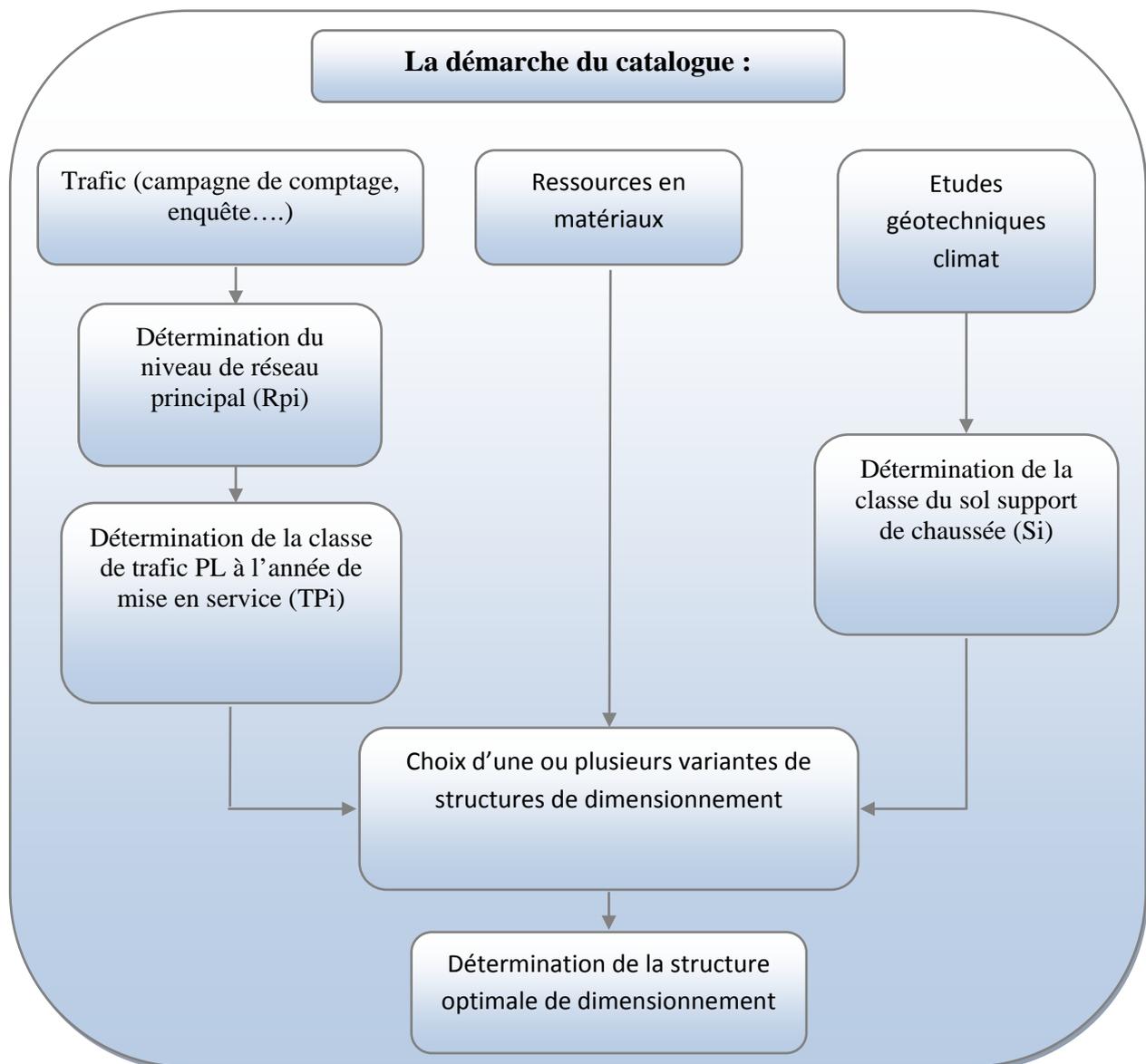


Figure n°1 : Démarche du catalogue

**5-1 : Détermination de la classe de trafic :**

La classe de trafic (TPL) est déterminée à partir du trafic poids lourds par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service. Les classes de trafics adoptés sont dans le tableau suivant :

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

**Tableau n°2 : Déterminant la classe du trafic**

Le trafic cumulé est donné par la formule suivante :

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

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).

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

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

Classe de sol	Indice C.B.R
<b>S0</b>	<b>&gt;40</b>
<b>S1</b>	<b>25 à 40</b>
<b>S2</b>	<b>10 à 25</b>
<b>S3</b>	<b>5 à 10</b>
<b>S4</b>	<b>&lt;5</b>

**Tableau n°3 : Classe de sol**

**Application au projet :****1- Méthode CBR amélioré:**

Donnée :

$$PL=22.7\% \quad \tau=4\% \quad CBR=5$$

$$TMJA_{2018}=2475 \text{ v/j (année de mise en service)}$$

$$N_{PL2018} = 2475 \times 0.227 = 562 \text{ PL/j}$$

$$N_{PL2038} = (562/2) \times (1+0.04)^{20} = 616 \text{ PL/j/sens}$$

-calcul de l'épaisseur équivalente :

$$E_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{p}) \left( 75 + 50 \log \frac{N}{10} \right)}{I + 5}$$

$$E_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{6,5}) \left( 75 + 50 \log \frac{616}{10} \right)}{5 + 5}$$

$$E_{eq} = 52 \text{ cm}$$

Le corps de chaussée est composé de trois couches principales de différents matériaux d'où la nécessité d'un coefficient d'équivalence de chaque matériaux qui est donnée par la formule suivante :

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

On dispose pour chaque couche les matériaux suivant :

$e_1$  : Couche de roulement : béton bitumineux (BB)

$e_2$  : Couche de base : grave bitumineux (GB)

$e_3$  : Couche de fondation : grave concassée (GC)

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

$$e_{eq} = 2x e_1 + 1,6x e_2 + 1x e_3 = 52 \text{ cm}$$

**-Calcul de l'épaisseur  $e_1$  :**On suppose :  $e_2=12 \text{ cm}$        $e_3=20 \text{ cm}$ 

$$e_1 = \frac{E_{eq} - a_2 e_2 - a_3 e_3}{a_1}$$

$$e_1 = \frac{52 - 1,6 \times 12 - 1 \times 20}{2} = 7 \text{ cm}$$

Donc la structure proposée est : 7 (BB) +12(GB) +20 (GC)

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

- Détermination du type de réseau : d'après le catalogue on a la classification des réseaux principaux suivant :

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

**Tableau n°4: Classification des réseaux principaux**

On a : TJMA=2200 >1500 v/j donc le niveau principal est de niveau 1 (**RP1**)

- **Types des structures :**

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

Niveau de réseau	Matériaux types	Structures
RP1	MTB (traités au bitume)	GB/GB.GB/GNT.GB/TUF
	MTLH (traités aux liants hydrauliques)	GL/GL Bcg/GC
RP2	MNT (non traités)	GNT/GNT TUF/TUF
	MTB (traités au bitume)	SB/SG

**Tableau n°5: Choix des structures types par niveau de réseaux principal.**

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

N° 1 traités au bitume → GB/GNT

- **Détermination de la classe de trafic TPL<sub>i</sub> pour RP1 :**

Les classes de trafic (TPL<sub>i</sub>) 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

**Classe TPL<sub>i</sub> pour RP1 :**

TPL <sub>i</sub>	TPL <sub>3</sub>	TPL <sub>4</sub>	TPL <sub>5</sub>	TPL <sub>6</sub>	TPL <sub>7</sub>
PL/j/sens	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

**Tableau n°6 : Classe de trafic TPL<sub>i</sub> pour RP1**

$$N_{PL} = 2475 \times 22.7 \% = 562 \text{ PL/j}$$

$$N_{PL} = 562/2 = 281 \text{ PL/j/sens}$$

Donc la classe de trafic est de  $\longrightarrow$  TPL 3 (entre 150 et 300 PL)

<b>TPL<sub>i</sub> = 281 PL / J</b>
-------------------------------------

- Détermination de la portance de sol support de chaussée :**

Le tableau suivant regroupe les classe de portance des sols par ordre de S<sub>4</sub> à S<sub>0</sub> .cette classification sera également utilisée pour les sol-supports de chaussée.

Classe de sol	Indice CBR
S <sub>0</sub>	> 40
S <sub>1</sub>	25-40
S <sub>2</sub>	10-25
S <sub>3</sub>	05-10
S <sub>4</sub>	< 05

**Tableau n°7: Classe de portance de sol selon catalogue**

- Classe de portance de sol supports pour le dimensionnement :**

Pour le dimensionnement des structures on distingue 4 classes de sols support à savoir : S<sub>3</sub> , S<sub>2</sub>, S<sub>1</sub>, S<sub>0</sub>. Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

$$E(\text{MPa}) = 5.CBR$$

Classe de sol-support	S <sub>3</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>0</sub>
Module (MPa)	25-50	50-125	125-200	> 200

Tableau n°8 : Classe de portance de sol supports

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

25 < 50 → La classe de portance de sol support est de S<sub>3</sub>

- **Sur classement des sols supports de chaussée :**

Le cas de sols de faible portance (S<sub>3</sub> en RP1) est rencontré, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussée dans des conditions acceptable

Classe de portance de sol terrassé (S <sub>i</sub> )	Matériaux de couche de forme	Epaisseur de matériaux de couche de forme	Classe de portance de sol support visée (S <sub>i</sub> )
< S <sub>4</sub>	Matériaux non traités	50 cm (en 2 couches)	S <sub>3</sub>
S <sub>4</sub>	''	35 cm	S <sub>3</sub>
S <sub>4</sub>	''	60 cm (en 2 couches)	S <sub>2</sub>
S <sub>3</sub>	''	40 cm (en 2 couches)	S <sub>2</sub>
S <sub>3</sub>	''	70 cm (en 2 couches)	S <sub>1</sub>

Tableau n°9: Sur classement avec couche de forme en matériaux non traité

Dans notre cas (sol de faible portance S<sub>3</sub>) nous avons choisis les matériaux non traité, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussée dans des conditions acceptable et on a adopté une portance visée de S<sub>2</sub> pour la mise en œuvre d'une couche de forme de 40 cm (en 2 couche)

- **Détermination de la zone climatique :**

D'après la carte climatique de l'Algérie.

On a : pluviométrie > 600 mm

Climat : très humide

Région : nord

Donc notre projet est dans la **zone climatique I**

- **Choix de dimensionnement :**

Réseau principal (RP1)

Taux d'accroissement : 4%

La zone climatique I

Durée de vie : 20 ans

Portance de sol : S2

Classe de trafic TPL<sub>3</sub>

Avec toutes ces données le catalogue Algérien propose la structure suivante :

-Couche de roulement BB=6 cm

-Couche de base GB= 15 cm

-Couche de fondation GNT= 30 cm

-Couche de forme TUF= 40 cm

**Calcul du trafic cumulé équivalent de PL (TC<sub>i</sub>) :**

Le TCE<sub>i</sub> est le trafic à prendre en compte dans le calcul du dimensionnement, il correspond au nombre cumulé d'essieu équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée.

Le calcul de TCE<sub>i</sub> qui fait intervenir l'agressivité (A) de PL est donnée par la formule :

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

A : coefficient d'agressivité des PL par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes

TPL<sub>i</sub> = 281 PL/j/sens

Durée de vie n=20 ans

Taux d'accroissement i=4%

Aggressivité A= 0.6 tiré de tableau (fascicule 2 du catalogue)

Niveau de réseau principal (RP i)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP <sub>1</sub>	Chaussées à matériaux traités au bitume :GB/GC ,GB/Tuf ,GB/GC	0.6
RP <sub>2</sub>	Chaussées à matériaux traités au liants hydraulique :GL/GL ,Bcg/GC	1

**Tableau n°10 : Valeur du coefficient d'agressivité A**

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

$$TCE_i = 281 \times \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04} \times 365 \times 0.6 = 1.83 \times 10^6$$

$$TCE_i = 1.83 \times 10^6 \text{ Pl /j/sens}$$

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

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

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (1.83 \times 10^6)^{-0.235} = 7.43 \times 10^{-4}$$

<b><math>\epsilon_{z,adm} = 743 \times 10^{-6}</math></b>
---

**Calcul de la déformation admissible de traction ( $\epsilon_{t,adm}$ ) à la base des couches bitumineux :**

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6 (10^0 \text{ C}, 25 \text{ HZ}) \times Kne \times K\theta \times Kr \times Kc$$

Avec :

$\epsilon_6 (10^0 \text{ C}, 25 \text{ HZ})$  : déformation limite obtenue au bout de  $10^6$  cycles avec une probabilité de rupture de 50% à  $10^0 \text{ C}$  et 25 HZ (essai de fatigue)

$Kne$  : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée

$K\theta$  : facteur lié à la température

$Kr$  : facteur lié au risque et aux dispersions

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

$-\epsilon_6 (10^0 \text{ C}, 25 \text{ HZ}) = 100 \times 10^{-6}$  déformation sous la grave bitume

$$-Kne = \left( \frac{TCE_i}{10^6} \right)^b$$

$$-Kne = \left( \frac{1.83 \times 10^6}{10^6} \right)^{-0.146} = 0,916$$

$$K\theta = \sqrt{\frac{E(10^0 \text{ c})}{E(\theta_{eq})}}$$

$$-K\theta = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1.34$$

Avec :  $E(10^0 \text{ c}) = 12500 \text{ Mpa}$  pour la GB, et  $\theta_{eq}$  pour la zone climatique I =  $20^0$

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

$\delta$ : f(dispersion)

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

Avec :

SN : dispersion sur la loi de fatigue

Sh : dispersion sur les épaisseurs (en cm)

C : coefficient égale à 0.02

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

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

Matériaux	E(30°C 10Hz)Mpa	E(25%, 10Hz Mpa	E(20°C, 10Hz Mpa	E(10°C 10Hz) Mpa	$\epsilon_6(10^\circ\text{C},$ 10Hz) $10^6$	$\frac{-1}{b}$	$S_N$	$S_h$ (cm)	$\nu$	$K_C$ calage
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3

**Tableau n°11: Performance mécanique des matériaux bitumineux**

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

**Tableau n°12: Choix des températures équivalentes**

r %	2	3	5	7	10	12	15
T	-2.054	-1.881	-1.645	-1.520	-1.282	-1.175	1.036
r %	20	23	25	30	35	40	50
T	-0.842	-0.739	-0.674	-0.524	-0.385	-0.253	0

**Tableau n°13 : Valeur de  $t=f(r\%)$**

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

$$K_r = 10^{0,842 \times -0,146 \times 0,609} = 0,84$$

Pour le réseau RP1 et la class de trafic TPL3 réalisée en GB/GNT, le risque est de 20%

$$T = 0,842 \longrightarrow$$

$K_c = 1,3$  calage pour la GB

D'où :

$$\epsilon_{t,ad} = \epsilon_6 (10^\circ C, 25 \text{ Hz}) \cdot \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b \cdot \sqrt{\frac{E(10^\circ C)}{E(\theta_{eq})}} \cdot 10^{-tb\delta} \cdot K_c$$

Avec :

TCE i : trafic en nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée

B : pente de la droite de fatigue ( $b < 0$ )

$E(10^\circ C)$  : module complexe du matériau bitumineux à  $10^\circ$

$E(\theta_{eq})$  : module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considéré.

$$\epsilon_{t,ad} = 100 \times 10^{-6} \times 0,916 \times 1,34 \times 0,84 \times 1,3 = 1,34 \times 10^{-4}$$

$$\epsilon_{t,adm} = 1,34 \times 10^{-4}$$

### 6-Méthode d'ALIZE III:

#### -principe du programme ALIZE III :

ALIZE III est un programme mis au point au laboratoire central des ponts et chaussées parisiens. Il permet de déterminer à partir d'un modèle multicouche, élastique et linéaire, les contraintes et les déformations aux différentes interfaces de la structure. La charge prise en compte dans la modélisation est une charge unitaire correspondant à un demi-essieu de 13 tonnes présenté par une empreinte circulaire de rayon (r) avec une symétrie de révolution.

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

Le (input) du programme ALIZE III est pour chaque couche :

- l'épaisseur
- le module de rigidité (E)
- le coefficient de poisson (v).

**-Résultats de calcul de ( $\epsilon_t, \epsilon_z$ ) par ALIZE III :**

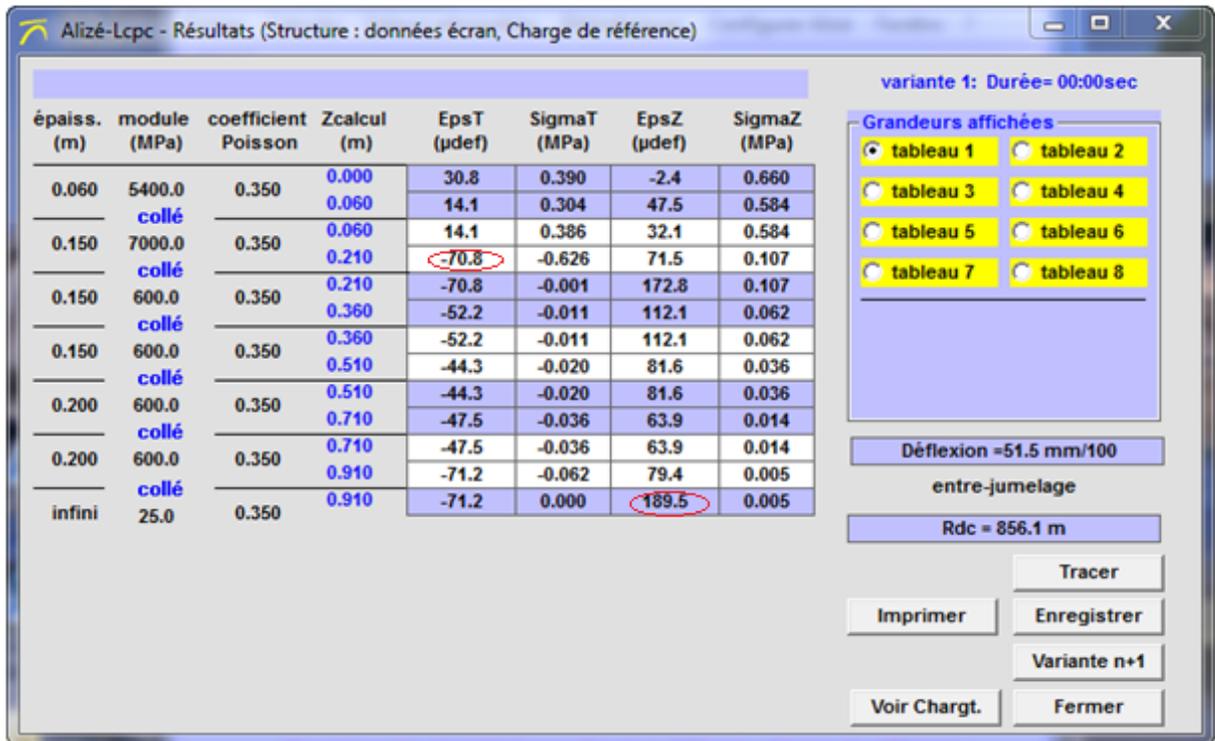


Figure n°2 : Résultats donnée par le logiciel ALIZE III.

**-Résultats de la simulation :**

	Déformation calculé (ALIZE)	Déformation admissibles
$\epsilon_z$ (sol support)	$189.5 \times 10^{-6}$	$743 \times 10^{-6}$
$\epsilon_t$ (à la base de la grave –bitume)	$70.8 \times 10^{-6}$	$134 \times 10^{-6}$

Tableaun°14 : Résultats de la simulation.

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

Donc la structure : 6BB + 15 GB +30 GNT + 40 TUF est vérifié.

L'application des deux méthodes nous donne les résultats suivants :

	CBR	CATALOGUE DES STRUCTURE
BB	7	6
GB	12	15
GNT	20	30
$\Sigma$	39	51

**Tableau n°15 : Résultats des deux méthodes**

#### **7-Conclusion :**

D'après les résultats obtenues on remarque que la méthode dite du catalogue de dimensionnement de chaussée qui s'appuie sur des lois de comportement à la fatigue nous donne un Corps de chaussée un peu plus large que la méthode dite CBR.

Nous proposons d'appliquer la méthode du catalogue puisqu'elle fait appel aux spécificités géologiques et climatiques du pays et tient compte des ressources locales des matériaux disponibles.

## 1-Tracé en plan

### 1- 1- Définition :

Le tracé en plan est la projection de la route sur un plan horizontal. Il est constitué par une succession d'alignement droit et d'arc de cercle reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif, dite des arcs de clothoïde.

### 1-2- Alignement droits

L'utilisation des alignements droits dans le tracé des routes reste restreinte, car s'ils représentent des avantages comme :

- Bonne condition de visibilité
- Il représente le plus court chemin pour relier entre deux points
- Absence de la force centrifuge
- Dépassement facile
- Facilité de réalisation

Cependant il représente aussi des inconvénients qu'on ne peut pas nier telle que :

- Monotonie de conduite qui peut provoquer des accidents
- Eblouissement des usagers à cause des feux de route.
- Mauvaise appréciation des distances entre les véhicules.
- Mauvais aspect esthétique

La longueur minimum correspond à un chemin parcouru durant un temps « t » d'adaptation.

$$L_{\min} = v \cdot t$$

Avec :

T = 5 secondes

v : vitesse de véhicule

$$L_{\min} = 5 \cdot v = 5 \times \frac{V_b}{3.6}$$

Avec  $V_b$  : vitesse de base en (Km/h)

La longueur maximum est celle qui correspond à un chemin parcourue durant une minute à la vitesse « v »

$$L_{\max} = 60.v \qquad L_{\max} = 60 \cdot \frac{Vb}{3.6}$$

Avec  $Vb$  : est la vitesse de base ou de référence

Selon le les normes B40 :

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

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

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

$$L_{\min} = 3v \quad \text{ou bien} \quad L_{\min} = 0 \quad (\text{le tracé devient sous forme de S})$$

### 1-3- Les arcs de cercle :

Ils servent en association avec des arcs de clothoïde à relier deux alignement droits .Trois éléments interviennent pour limiter les cubatures :

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

#### a) visibilité en courbe

La visibilité dans un virage peut être considérablement réduite à cause de la présence d'un talus de terrassement ou par une construction ou bien avec une végétation dense. Pour remédiée à ce problème on peut procéder avec deux solutions soit, reculer les talus et abattre les obstacles sur une certaine largeur donnée, ou bien, lors que les biens à abattre sont de grande valeur, il est préférable d'augmentée le rayon du virage jusqu'à obtention d'une bonne visibilité.

**b) stabilité en courbe :**

Dans un virage, lorsqu'un véhicule roule avec une certaine vitesse il subit l'effet de la force centrifuge qui tend à le faire sortir de la route vers l'extérieure de la courbe, cette force est contrée principalement avec l'adhérence des roue sur la chaussée, et aussi en avec l'inclinaison de la chaussée transversalement vers l'intérieur, d'une pente dit dévers exprimée par sa tangente, et cela pour réduire au maximum le risque de dérapage.

Physiquement la force centrifuge est donnée par la formule suivante :

$$F_c = MV^2 / r$$

Avec -**F<sub>c</sub>** : force centrifuge

-**V** : vitesse du véhicule

-**r** : rayon de courbure du virage

-**M** : masse du véhicule

**Remarque :**

On remarque que la force centrifuge est proportionnel au carrée de la vitesse, et dispropotionnelle au rayon de courbure.

**1-4- La vitesse de référence :**

La vitesse de référence est une vitesse théorique, qui sert à déterminer les valeurs des caractéristiques géométriques qui intervient dans l'élaboration du tracé d'une route.

**1-5- Rayon en plan****1-5-1 : Rayon horizontal minimal absolu :**

$$R_{H \min} = \frac{V_r^2}{127 \cdot (f_t + d_{\max})}$$

$F_t$  : coefficient de frottement transversal.

**1-5-2 : Rayon minimal normal :**

$$RHN = \frac{(Vr+20)^2}{127(ft+dmax)}$$

C'est le rayon minimal absolue relatif à la vitesse de référence immédiatement supérieur c'est à dire Vr+20

**1-5-3 : Rayon au dévers minimal**

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieure du virage et tel que l'accélération centrifuge due à la vitesse Vr serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit. Et il assure aussi l'évacuation des eaux de la surface de la chaussée, le divers de cette dernier est au minimum 2,5%(béton bitumineux) ou 2%(béton de ciment).

$$RHd = \frac{Vr^2}{127 \times 2 \times dmin}$$

Dévers associé : d min = 2.5% catégorie 1,2

d min = 3% catégorie 3, 4,5

**1-5-4 : Rayon minimal non déversé :**

Si le rayon est suffisamment grand, on néglige l'effet de la force centrifuge, alors si la chaussée est non déversée donc le devers est considéré comme négatif sur l'un des deux coté de la route, ce qui permet l'évacuation des eaux vers l'extérieure de la courbe. Le rayon de courbure doit être supérieur ou égal au rayon non déversée.

$$RH_{Nd} = \frac{Vr^2}{127 \times f' - dmin}$$

F'=0.06 → catégorie 1-2

F'=0.07 → catégorie 3

F'=0.075 → catégorie 4-5

**1-6-Application au projet :**

La détermination de l'environnement dépend de deux paramètres, qui sont la sinuosité moyenne et le type de terrain :

-la sinuosité moyenne déterminé par la formule suivante :

$$\sigma = \frac{Ls}{L}$$

Avec :

-L s : longueur totale des tronçons de rayon est inférieure à 200m

-L : longueur totale du tronçon

Dans notre cas on a aucune courbe dans le rayon est inférieure à 200m

Alors la sinuosité est nulle

$$\sigma = 0 < 0,1 \quad \longrightarrow \quad \text{faible sinuosité}$$

- La nature de notre terrain est vallonnée et montagneux.

Ce qui implique que notre route est d'environnement E2.

Notre route est classée en catégorie C2 avec une vitesse de référence de 60Km/h.

Les normes du B40 nous donnent le tableau suivant

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

**Tableau n°1 : Les rayons en plans.**

**1-6-1-Sur largeur**

Un long véhicule a 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. Ce problème concerne spécialement les virages de faible rayon (inférieure à 200 m).

Dans le cas de notre projet les virages sont de rayon assez large donc on ne prévoit pas de sur largeur

**1-6-2-Raccordement à courbure progressive**

On doit intercaler entre l'alignement droit et l'arc de cercle une courbe de transition qui permet de changer progressivement le dévers.

**1-6-3-Condition à satisfaire :**

-Longueur de la courbe de raccordement

-Condition de gauchissement

-Accroître progressivement le dévers de la valeur minimale en l'alignement droit à sa valeur en courbe

Cela revient à limiter la pente relative du profil en long à une valeur donnée :  $0.5/V_r$

$$L_1 \geq 2l \Delta \delta V_r$$

L : Longueur de raccordement

l : Longueur de la moitié de chaussée

$V_r$  : Indice de référence

$$\Delta \delta = \delta_{\max} - \delta_{\min}$$

**a-Condition de confort dynamique :**

Destiné à limiter la variation de la force centrifuge entre l'alignement droit et une courbe.

Cela revient à limiter l'accélération transversale par unité de temps à la valeur :

$$g \cdot (5/V_r)$$

$$\frac{\Delta t}{t} \leq g \cdot \frac{5}{V_r}$$

$$L_2 \geq \left( \frac{V_r^2}{127R} - \delta \right) \cdot \frac{V_r^2}{18}$$

**b-Condition optique :**

Assurer une visibilité au virage, l'arc de raccordement doit se développer dans un angle  $\alpha$

$$\geq 3^\circ = \frac{1}{18} r^2$$

$$L_3 \geq \frac{R}{9}$$

Finalement  $L = \max(L_1, L_2, L_3)$

**c- Les courbes de raccordement :**

Le raccordement d'un alignement droit à une courbe circulaire doit être fait par des courbes progressives permettant l'introduction du devers et la condition du confort et de sécurité.

La courbe de raccordement la plus utilisée est la "clothoïde" grâce à ses particularités c'est-à-dire pour son accroissement linéaire des courbures. Elle assure à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation du devers (condition de gauchissement) et assure l'introduction de devers et de la courbure de façon à respecter les conditions de stabilité et de confort dynamique.

**1-6-4-Rôle des courbes de raccords :**

Les courbes de raccords assurent :

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

-La transition de la chaussée

-Un trace élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant

#### **1-6-5-Types de courbe de raccordement :**

Parmi les courbes mathématiques connue qui satisfont la condition d'une variation progressive et continue de la courbure, nous avons :

- Parabole cubique
- Lemniscate
- Clothoïde

Toutefois la clothoïde reste la courbe de raccordement progressif la plus utilisée

La clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul.

La courbure de la clothoïde est linéaire par rapport à la longueur de l'arc parcourue à vitesse constante, la clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversal, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers

#### **1-6-6-Expression mathématique de la clothoïde :**

La courbure d'une courbe  $C = \frac{1}{R}$  linéairement proportionnel à la longueur curviligne, son expression :

$$A^2 = L.R$$

L : la longueur de l'arc de raccordement

R : rayon de cercle

A : paramètre de clothoïde



**1-6-8-Le dévers**

Le dévers est par définition la pente transversal de la chaussée il permet l'évacuation des eaux pluvial pour les alignements droits et assure la stabilité des véhicule en courbe. La pente transversale choisie résulte d'un compromis entre la limitation de l'instabilité du véhicule lors qu'il passe d'un versant à l'autre et la recherche de l'écoulement rapide des eaux de pluie

**a) Devers en alignement**

En alignement le devers est destiné à assurer l'évacuation rapide des eaux superficielle de la chaussée. Il est pris égal à :  $d_{\min} = 2.5\%$

**b) Devers en courbe :**

En courbe permet de :

- Assurer un bon écoulement de l'eau superficielle
- Compenser une fraction de la force centrifuge et assurer la stabilité dynamique des véhicules
- Améliorer le guidage optique

**c) rayon de courbure :**

Pour assurer une stabilité du véhicule et réduire l'effet de la force centrifuge, on est obligé d'incliner la chaussée transversalement vers l'intérieur d'une pente dite dévers, exprimée par sa tangente d'où le rayon de courbure.

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse de base (Km/h)	$V_r$	60
Longueur minimale (m)	$L_{min}$	84
Longueur maximale (m)	$L_{max}$	1000
Devers minimal (%)	$d_{min}$	2.5
Devers maximal (%)	$d_{max}$	7
Temps de perception réaction	$t_1$	2
Coefficient de frottement longitudinal	$f_L$	0.42
Coefficient de frottement transversal	$F_t$	0.16
Distance de freinage (m)	$d_0$	35
Distance d'arrêt (m)	$d_1$	70
Distance de visibilité de dépassement minimale (m)	$d_{min}$	250
Distance de visibilité de dépassement normale (m)	$d_N$	350
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	$d_{md}$	120
Rayon minimal absolu (m) (7%)	RHm	125
Rayon minimal normal (m) (5%)	RHN	250
Rayon au devers minimal (m) (2.5 %)	RHd	550
Rayon non déversé (m) (-2.5%)	RHnd	800

Tableau n°2 : Paramètre fondamentaux de l'axe en plan

**1-7-Taches effectuées :**

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

**1-Construction du terrain :**

a-construction du fichier fond de plan :

-ouvrir piste en clique sur fichier → nouveau

-choisir fond de plan **TPL (seg)** → ok

Une boîte de dialogue va apparaitre, donner un nom au nouveau fichier (ex : terrain), puis ouvrir et confirmer la création du nouveau fichier

**2-chargement du fichier géométrique :**

Fichier → lire → on aura le nom donne au point topographique →

Ouvrir, on aura un nuage de point

Maintenant il nous reste à exploiter le fichier ouvert pour tracer notre axe en plan

**3-Triangulation du terrain :**

Elle permet de construire un modèle surfacique du terrain à partir du fichier géométrique précédent.

Calcul → trianguler → ok → triangulation effectuée

Calcul → courbe de niveau (nombre de pas), ok

Calcul → point hauts et bas

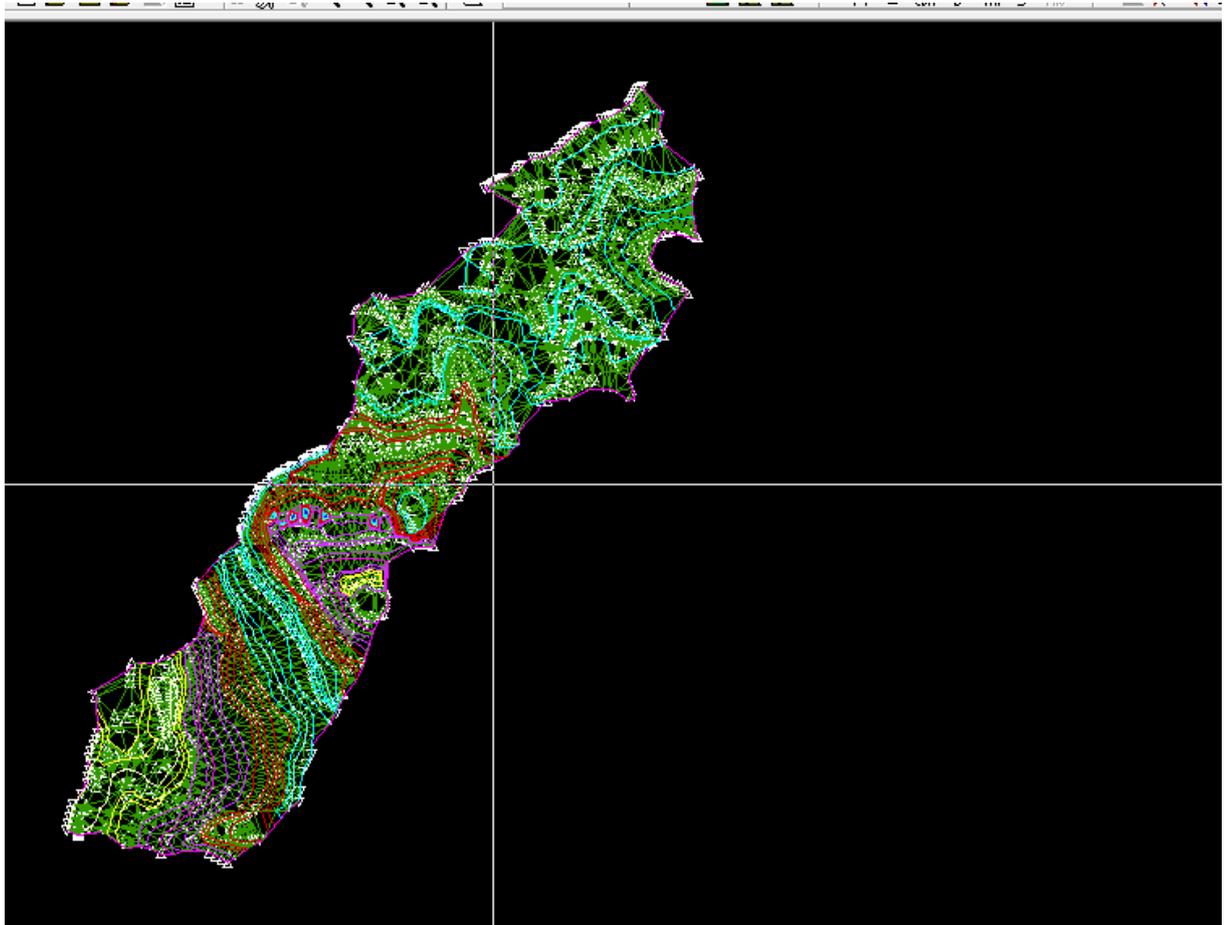


Figure n° 2: Triangulation du terrain.

**4-définition de l'axe en plan et tabulation :**

Fichier → nouveau, donner un nom (ex : axe en plan), et choisir : "conception plane (dap)" puis ouvrir, ok

Fichier → fond de plan → ouvrir

**5-définition des éléments de l'axe (point, droit, cercle) :****-Points :**

Élément → point → nom d'élément : en bas de la page de terrain on écrit (poi p1) → graphiquement, on sélectionne le premier point sur le graphique exécuté

Élément → point → nom d'élément : en bas de la page de terrain on écrit (Poi P2) → graphiquement, on sélectionne le deuxième point sur le graphe, → exécuté

Même chose pour les autres points

**-Droites : (liaison entre deux points)**

Élément → droite → nom d'élément : on donne un nom pour la droite en bas du graphe (DRO D1 P1P2)

→ Entrer

Élément → droite → nom d'élément : on donne un nom pour la droite en bas du graphe (DRO D2 P2 P3) → Entrer

Même chose pour les autres droites

**- Cercles : (deux droites et un rayon)**

On détermine d'abord le rayon

**-Le rayon :**

Élément → distance en bas du graphe : Dis R1 (ex : +60) → Entrer

On détermine un autre rayon s'il existe en tenant compte le signe

Et on passe au cercle

Élément → cercle : on écrit bas du graphe CER C1 D1 D2 R1 → Exécuter

Même chose pour les autres cercles

**6-construction de l'axe :**

Élément → axe → nom d'élément (Axe Ax)

→ Point (on clique sur le point P1) → fin automatique

→ Exécuter : on aura notre axe rouge

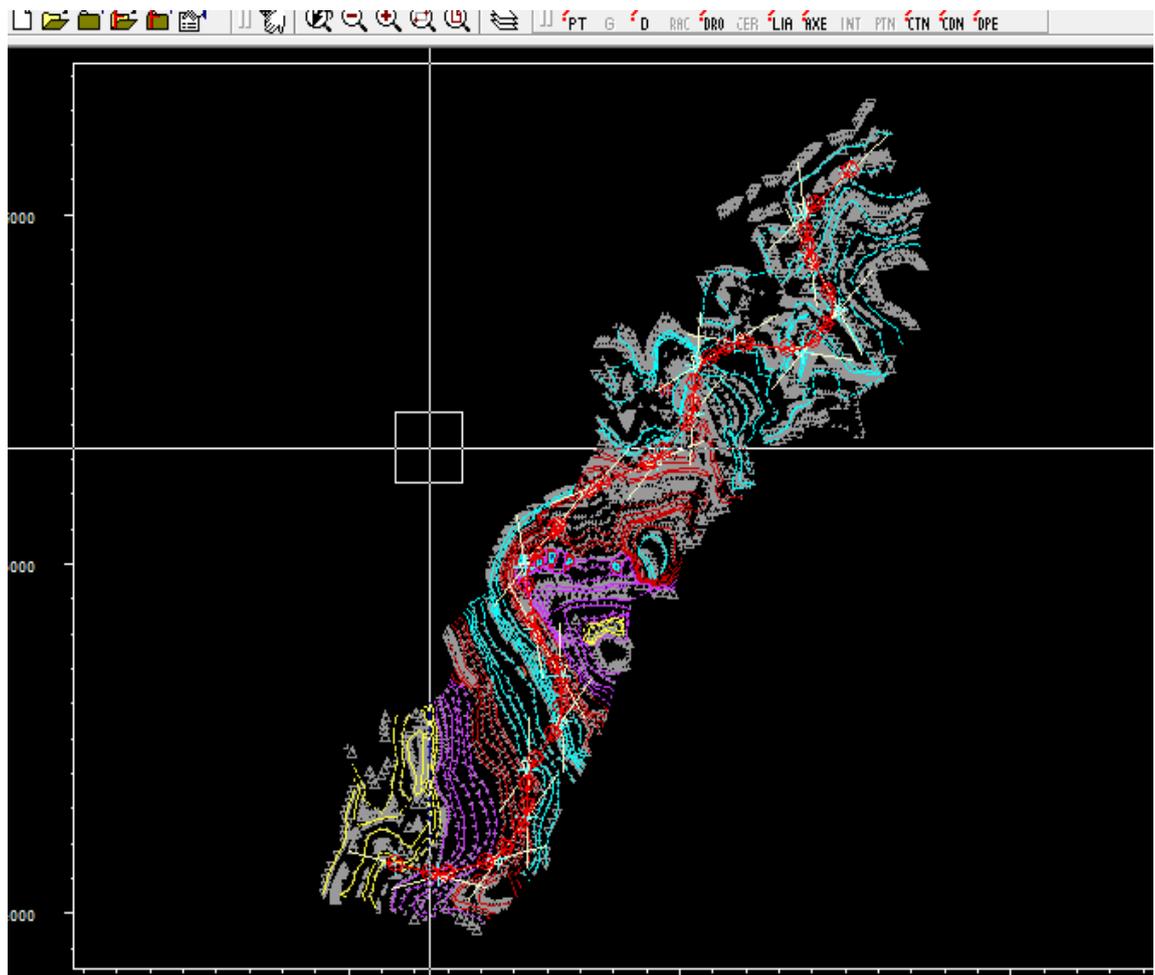


Figure n° 3 : Axe en plan

**7- tabulation de l'axe :**

Calcul → zone → Axe : on sélectionne sur le graphe « Ax » et on donne des valeurs (Ex : de 0 à 20), pour que le logiciel nous donne les résultats chaque 20 m → Exécuter  
-un clic sur F2 nous permet de voir les résultats en mode texte

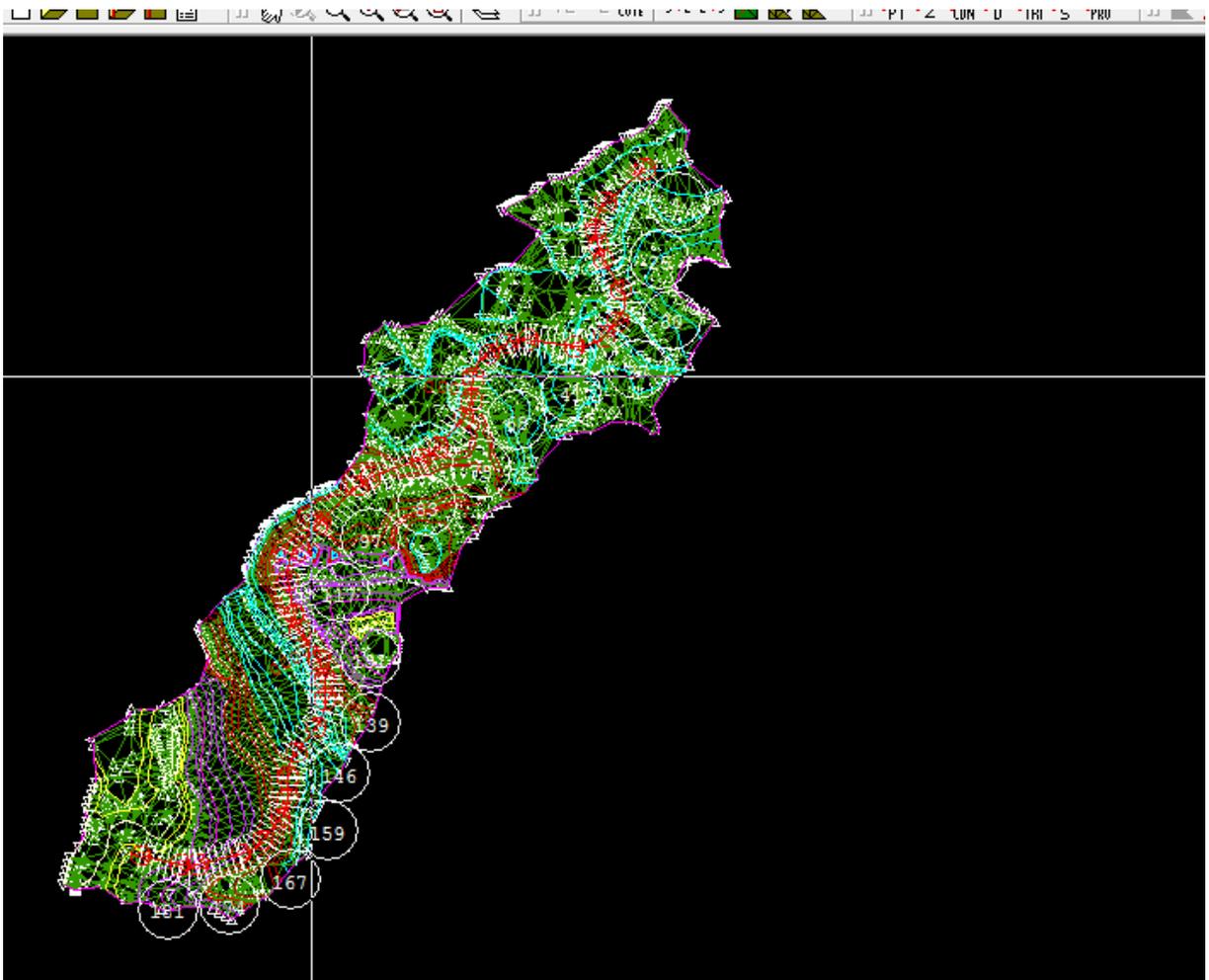


Figure n° 4 : Tabulation axe en plan.

## 2- Profil en long

### 2-1-Définition :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développé et représenté sur un plan à une échelle.

Le profil en long est composé d'éléments rectilignes caractérisés par leur déclivité (pente ou rampe) et des arcs de raccordement caractérisés par leur rayon.

Les types de rayon :

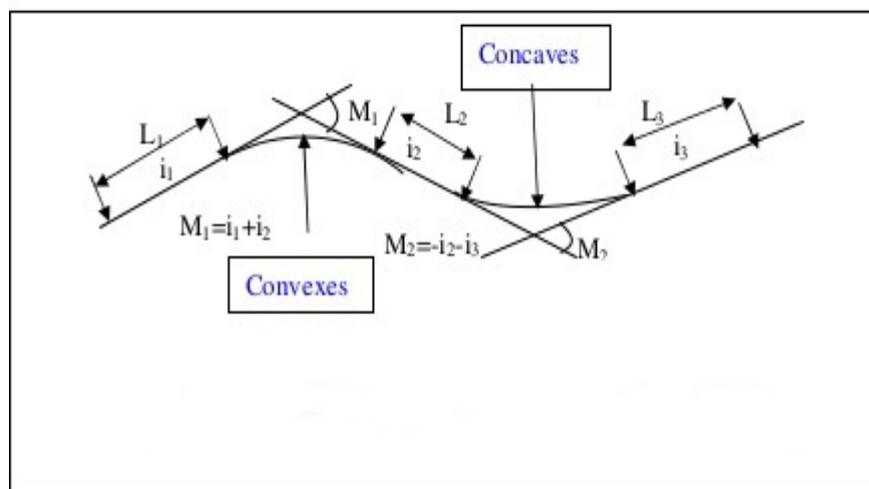
- les rayons en angles rentrants (concaves)
- les rayons en angles saillants (convexes)

**-les rayons en angle saillant (convexes) :**

Les rayons correspondants doivent être dimensionnés au regard des contraintes de sécurité et de visibilité sur obstacle ou sur dépassement

**- les rayons en angle rentrants (concaves) :**

Ces rayons ne posent pas de problème de sécurité majeur mais leur dimensionnement est essentiellement conditionné par des contraintes de confort dynamique, les conditions de visibilité et l'évacuation des eaux de ruissellement.



**Figure n° 5 : Raccordement en convexe et concave**

**2-2-Règle à respecter dans le tracé du profil en long :**

Le tracé du profil en long doit répondre à certain condition concernant le confort des passager, la visibilité, la sécurité et l'évacuation des eaux pluviale ; parmi ces conditions :

- éviter les angles entrants en déblais, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en léger déblai qui complique l'évacuation des eaux
- rechercher un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des déblais
- éviter les hauteurs excessives en remblais.

-éviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pente voisine, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison des cercles et arcs à courbure progressive de très grand rayon.

-remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.

-adapter le profil en long aux grandes lignes de paysage.

-limité la déclivité

### **2-3-Coordination du tracé en plan et profil en long :**

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

-assurer les conditions minimales de visibilité

-d'envisager de loin l'évolution du tracé

-de distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefour, échangeurs...etc.).

-de faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long (Rayon de raccordement vertical > 6 fois le rayon en plan).

### **2-4-Déclivités :**

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

#### **a)Déclivité minimum :**

Les tronçons de route absolument horizontaux sont si possibles à éviter, pour la raison de l'écoulement des eaux pluviales. La pente transversale seule de la chaussée ne suffit pas, il faut encore que l'eau accumulée latéralement s'évacue longitudinalement avec facilité par des fosses ou des canalisations ayant une pente suffisante.

-déclivité minimum =  $i_{\min} = 0.5\%$ , de préférence  $i = 1\%$

**c) Déclivité maximum :**

Du point de vue technique la déclivité max dépend de l'adhérence entre pneu et chaussée ainsi que la réduction des vitesses qu'elle provoque. Le problème de l'adhérence concerne tous les véhicules, tandis que pour la réduction des vitesses ce sont les camions (poids lourd) qui sont déterminants, car la plupart des véhicules légers ont une grande réserve de puissance. Remarquons encore que les poids lourd moderne sont munis de dispositif de freinage puissant, leur permettant de descendre des pentes importantes. La seule restriction est que ces pentes ne soient pas trop longues (max=1.5- 2 Km).

Bien que les camions soient capables de gravir des rampes de l'ordre 10 à 20%, ils ne le font qu'à très faible vitesse et moyennement une forte consommation de carburant. L'augmentation excessive d'une rampe a les inconvénients suivants plus ou moins dépendants les uns des autres :

- effort de traction considérablement accru
- consommation de carburant excessive
- faible vitesse
- coût élevé du transport
- gêne du trafic

Vr (Km/h)	40	60	80	100	120	140
$I_{max}$ (%)	8	7	6	5	4	4

**Tableau n°3 : Valeur de la déclivité maximale (B40)**

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

Les changements de déclivité constituent des points particuliers dans le profil en long. Ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort, en distinguant deux types de raccordement :

**2-5-1-raccordement convexes (angle saillant) :**

Les rayons minimums admissible des raccordements parabolique en angle saillants sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain et des obstacles d'une part, des distance d'arrêt et de visibilité d'autre part.

**a-Condition de confort :**

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure convexe, le véhicule est soumis à une accélération verticale importante qui modifie sa stabilité et gêne les usagers. L'accélération verticale est limitée à :

$g/40$  (catégorie 1-2)

$g/30$  (catégorie 3-4-5)

$V^2 / R_v < g/40$  avec :  $g=10m/s^2$  et  $v=V/3.6$

$R_v \geq 0.3 v^2$  (catégorie 1-2)

$R_v \geq 0.23 v^2$  (catégorie 3-4-5)

Tel que :

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

$V$  : vitesse de référence (Km/h)

$g/40$  : accélération vertical

**b-Condition de visibilité :**

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

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_v = \frac{d^2}{2(h_0+h_1+2X\sqrt{h_0+h_1})}$$

Avec : - d : distance d'arrêt (m)

-h<sub>0</sub> : hauteur de l'œil (m)

-h<sub>1</sub> : hauteur de l'obstacle (m)

### 1- Chaussée unidirectionnelle (4 voies ou 2 chaussée)

$$h_0 = 1.10\text{m}$$

$$h_1 = 0.15\text{m}$$

} Collision avec un obstacle fixe

d=d<sub>1</sub>=distance d'arrêt

Le rayon minimal absolu est :  $RVm_1 = \frac{d^2}{2(1,10+0,15+2\sqrt{1,10 \cdot 0,15})}$

$$RVm_1 = 0.24 d_1^2$$

### 2- Chaussée bidirectionnelle (2 ou 3 voies)

$$h_0 = 1.10\text{m}$$

$$h_1 = 1.20\text{m}$$

} Collision avec un véhicule en sens inverse

d = d<sub>md</sub> : distance de manœuvre de dépassement

Le rayon minimal absolu est :  $RVm_2 = \frac{d_{md}^2}{2(1,10+1,20+2\sqrt{1,10 \cdot 1,20})}$

$$RVm_2 = 0.11 d_{md}^2$$

Les rayons assurant ces conditions sont données pour les normes en fonction de la vitesse de référence et la catégorie, pour choix bidirectionnelle et pour une vitesse de référence V<sub>r</sub> = 60Km/h et pour la catégorie 2 on a :

rayon	symbole	valeur
Min-absolu	$R_{vm}$	1500
Min-normal	$R_{vn}$	4500
dépassement	$R_{vd}$	6000

**Tableau n° 4 : Rayons des raccordements convexes**

### 2-5-2-Raccordement concaves (angle rentrant)

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

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

Avec :  $R'_v$  : rayon minimum de cercle de raccordement

$d_1$  : distance d'arrêt

Pour une chaussée bidirectionnel avec une vitesse  $Vr= 60\text{Km/h}$  et de catégorie 2 on a le tableau suivant :

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	$R'_{vm}$	1200
Min- normal	$R'_{vn}$	2400

**Tableau n° 5 : rayons des raccordements concaves**

### 3-Application au projet :

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

Le fichier est déjà ouvert et interpoler

Visualisation de l'axe :

→ Fichier → projet piste → ouvrir (on cherche notre axe « axe projeté »  
ouvrir → on aura le terrain avec les profils

Création du profil en long :

Fichier → nouveau → conception longitudinal → ok

(Donner un nom exp : profil en long) → ouvrir → ok

→ Bouton droit → zoom tout

L »axe longitudinalement :

Fichier → projet piste : on cherche notre axe « axe projeté » → ouvrir : on aura le profil en long

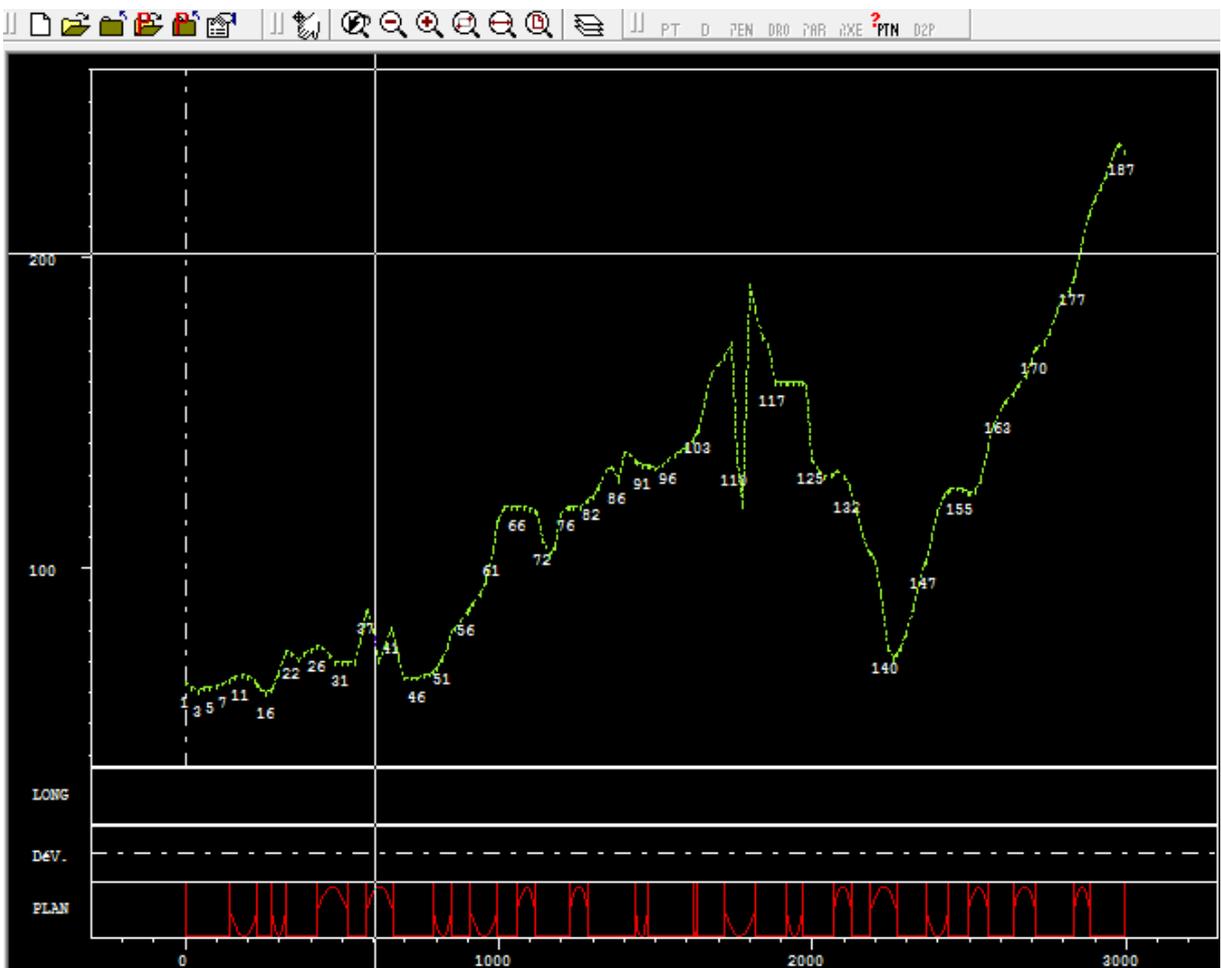


Figure n° 6 : Profil en long

**Conception des éléments du profil en long :****-Point :**

Élément → point → nom d'élément → graphiquement → profil terrain : on sélectionne sur le graphe « profil n 1 » et on sélectionne → exécuter

2<sup>ème</sup> point

Élément → point → graphiquement : écrire p2 en bas et sélectionner sur le graphe un point → exécuté

La même chose avec les autres points

Le dernier point : comme le premier point : au lieu de sélectionner un « p » graphiquement on sélectionne "profil terrain"

**-Droites :**

Élément → droite → nom d'élément : on écrit D1 et sélectionner sur le graphe entre P1 et P2 → Exécuter

On fait la même chose avec le reste des droites

**-Parabole (cercle) :**

Élément → distance : R1 → donner sa valeur avec considération du signe, Exécute

Élément → parabole → nom d'élément → PARA 1

Et sur le graphe on sélectionne D1 et D2 et distance R1 → ok → exécuter

La même chose avec les autres paraboles si existent

**-Dessiner l'axe :**

Élément → Axe : sélectionner → point P1 sur le graphe → fin automatique exécuté : on aura l'axe en rouge

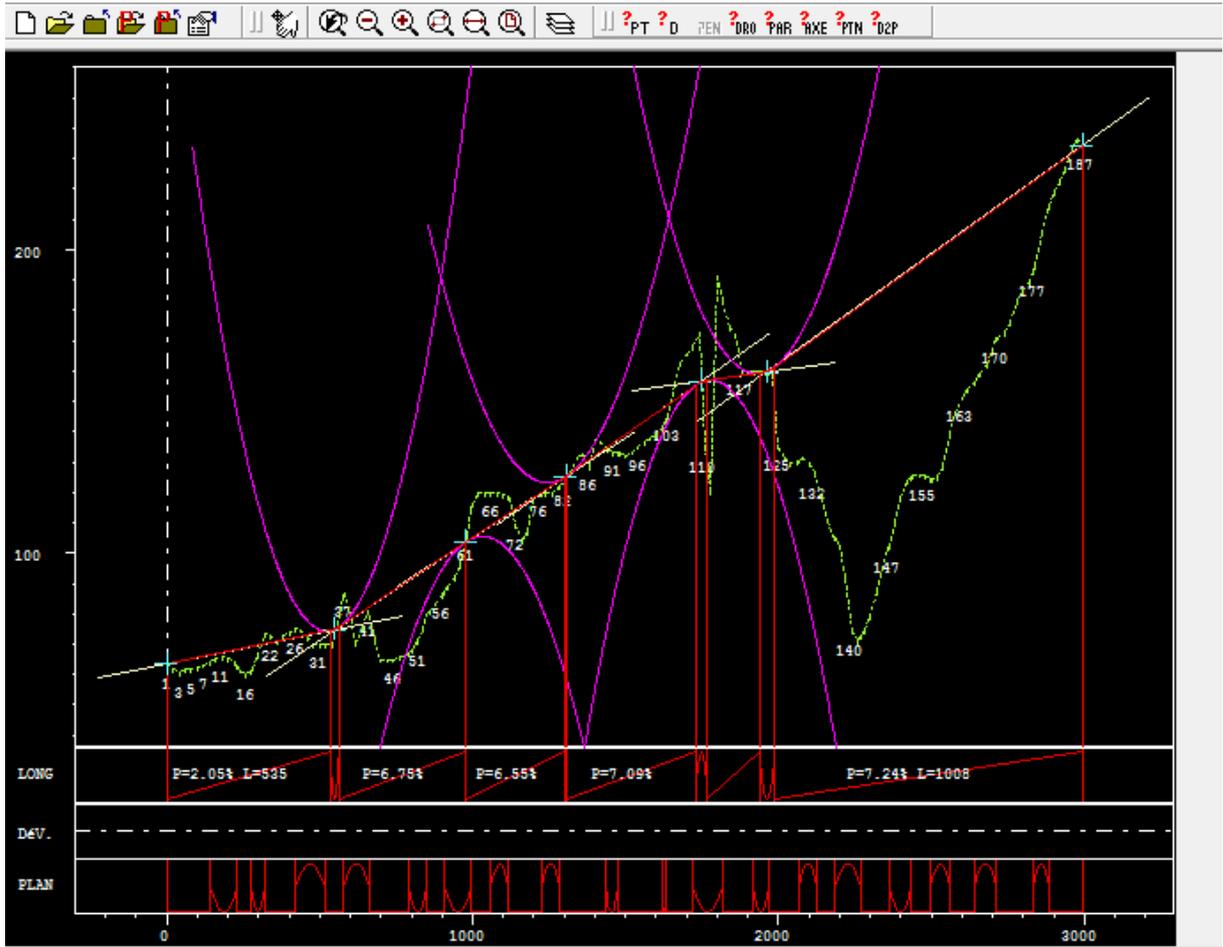


Figure n° 7 : Eléments du profil en long

-Calculer les zones et tabuler :

Calcul → zone → saisir une valeur

Ex : tabuler l'axe → (Ac) compléter

Et on aura la tabulation en bas du graphe.

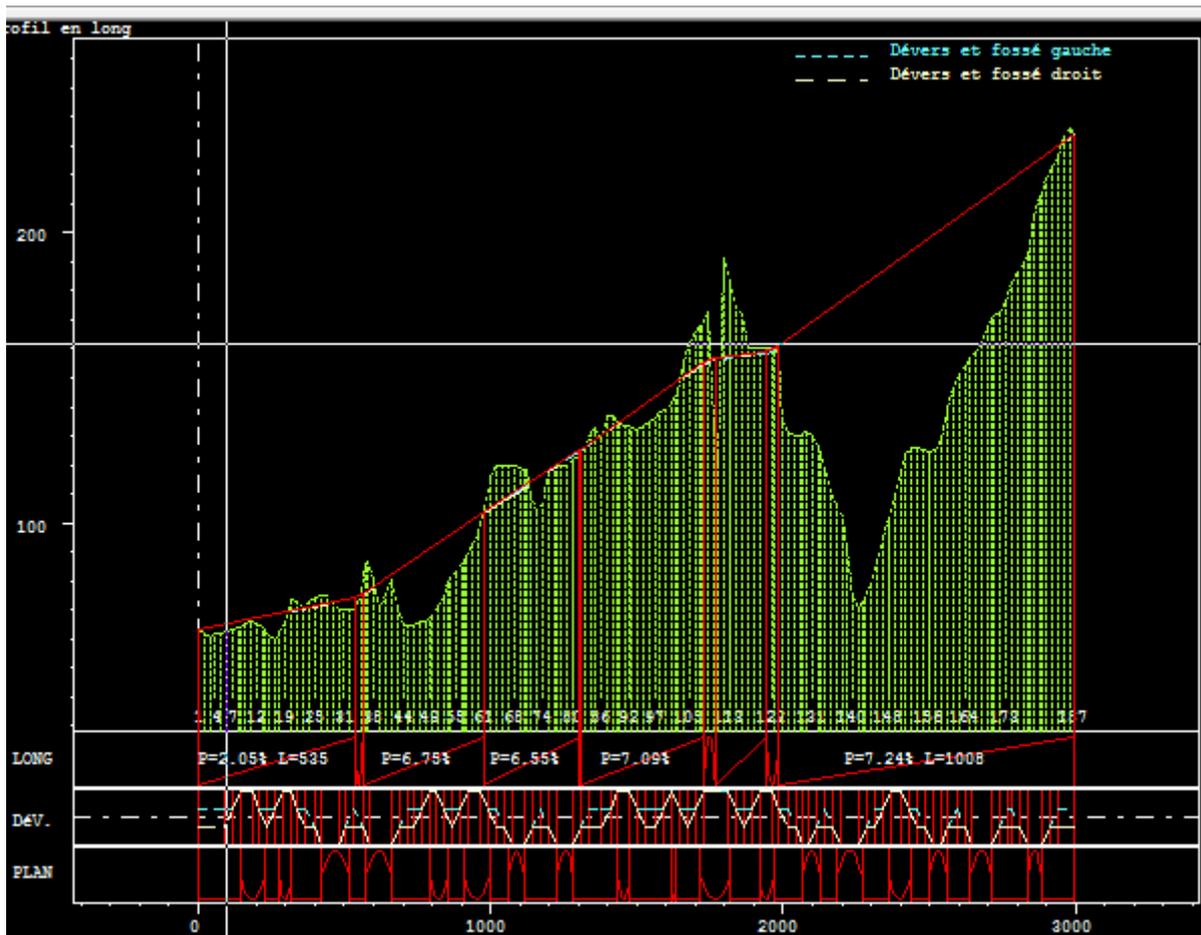


Figure n° 8 : Profil en long

### 3-Le profile en travers :

#### 3-1 : Définition :

Le profil en travers d'une chaussée est une coupe transversale de la route. Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profil en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leur dimension, en établie tout d'abord un profil unique appelé « profil en travers types » contenant toute les dimensions et tout les détails constructif (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimension des couche de la superstructure, système d'évacuation des eaux .....etc.)

## 3-2 : Les éléments du profil en travers :

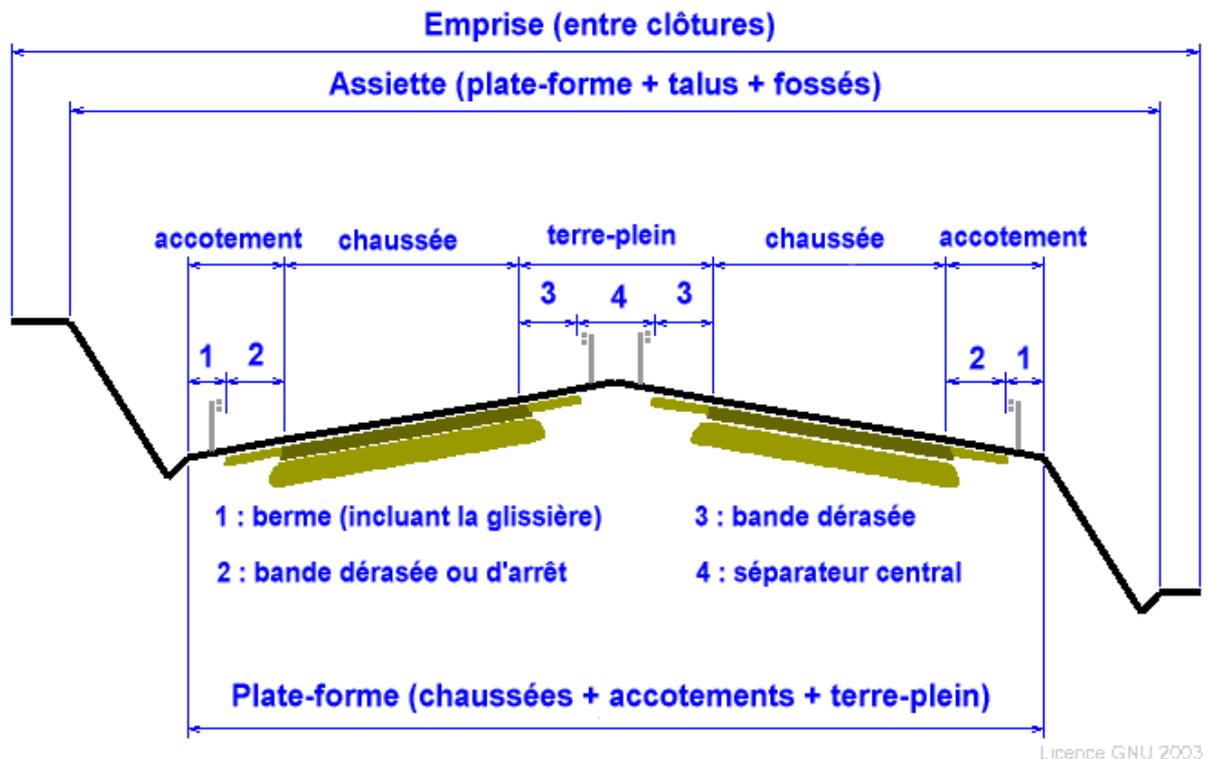


Figure n° 9 : Profil en travers

## a) Chaussée :

La chaussée est la surface aménagée de la route sur laquelle circule normalement les véhicules. La route peut être à chaussée unique ou à chaussée séparée par un terre plein central.

## b) La largeur roulable :

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

## c) La plate forme :

C'est la surface de la route située entre les faussées ou les crêtes des talus du remblai, comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement le terre plein et les bande d'arrêts.

**d) L'assiette :**

Surface occupée par la route et par ses dépendances

**e) L'emprise :**

C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendance (talus, chemin de désenclavement, exutoire ...etc.) limitée par le domaine publique.

**f) Les accotements :**

Les accotements sont les zones latérales de la plate forme qui borde extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasée ou surélevée

**g) Le terre- plain central**

Il assure la séparation des deux sens de circulation, il s'étant entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend :

- Les sur largeur de chaussée (bande de guidage)
- Une partie central engazonné, stabilité ou revêtue.

**h) Le fossé :**

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

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

Il existe deux types de profils :

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

**3-3-1-Le profil en travers type :**

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

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

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

**3-3-2-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.

**3-4-La largeur de la chaussée :**

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

La largeur de voie peut être réduite à 3m (exceptionnellement 2.50m) sur les routes peu fréquentées.

**3-5-Pente transversale :**

La pente transversale permet de favoriser l'évacuation des eaux de surface de la chaussée, en alignement droit le profil en travers de la chaussée est caractérisé par une pente transversale varie de 2.5% à 5% vers l'extérieur.

Les zones de variation de versants doivent être traitées avec un soin particulier de façon à assurer un bon écoulement des eaux. Et on dispose de deux solutions :

-Profil en forme toit

-Profil en forme unique

**3-6-Application au projet :**

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

-chaussée :  $3.5 \times 2 = 7.00\text{m}$

-Accotement :  $1.5\text{m} \times 2$

-Plate forme : 10m

### 3-7-La conception transversale sur piste :

#### 3-7-1-Construction de profil en travers :

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

##### 1-Ouverture du module de conception transversale :

Fichier → Ouvrir → Conception transversale → ok

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

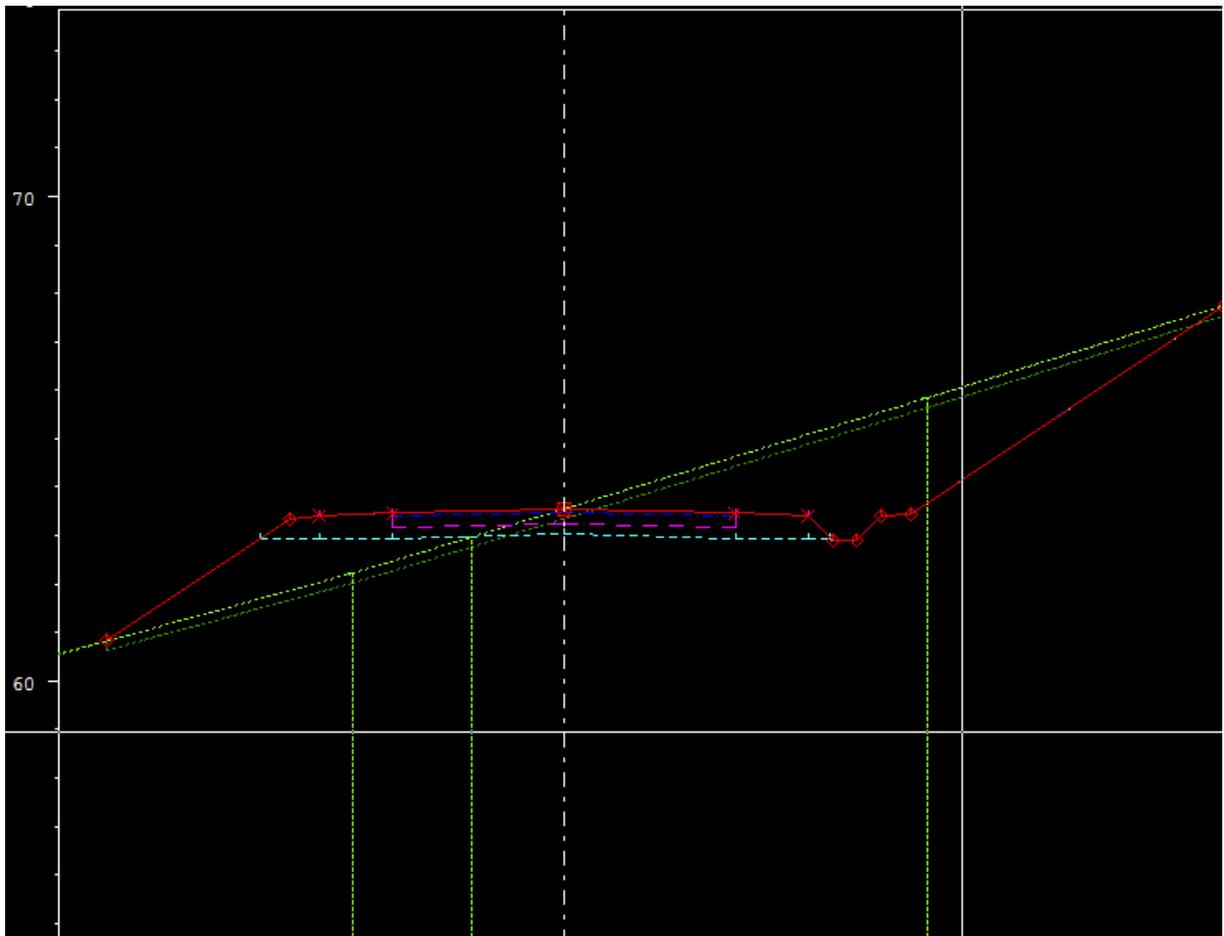


Figure n° 10 : Profil en travers

**2-Fichier profil type :**

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

Calcul → Projet

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

Ouvrir → OK

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

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

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

- On donne un nom T1 et on clique sur créer → nouveau
- On passe à la définition de la ligne du projet :
- Créer la plate forme : on clique sur plate forme sur le menu droit et on y'introduit nos données. (largeur des voies). On valide OK par la suite on peut visualiser, effacer ou modifier les données.
- Créer les talus de délais, même chose pour la plate forme.
- Créer les talus de remblais.
- Créer le fossé du pied de remblais.

Une fois c'est terminée on clique sur entrer visualiser.

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

La construction du demi-profil type est terminée, fermer pour quitter la fenêtre graphique.

On clique sur OUI pour confirmer les enregistrements et les modifications. Nous obtenons ainsi le profil enregistré dans le catalogue.

On ferme la fenêtre, on se retrouve par la suite à « construction du profil ». On saisie sur la première ligne 1 T n (1 étant le premier profil et n le dernier).

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

### 3-Calcul des perspectives :

Dans le menu de la conception transversale, on fait :

Calcul → perspective.

On donne les valeurs implicites, ensuite on clique sur le bouton droit → visualiser perspective.

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

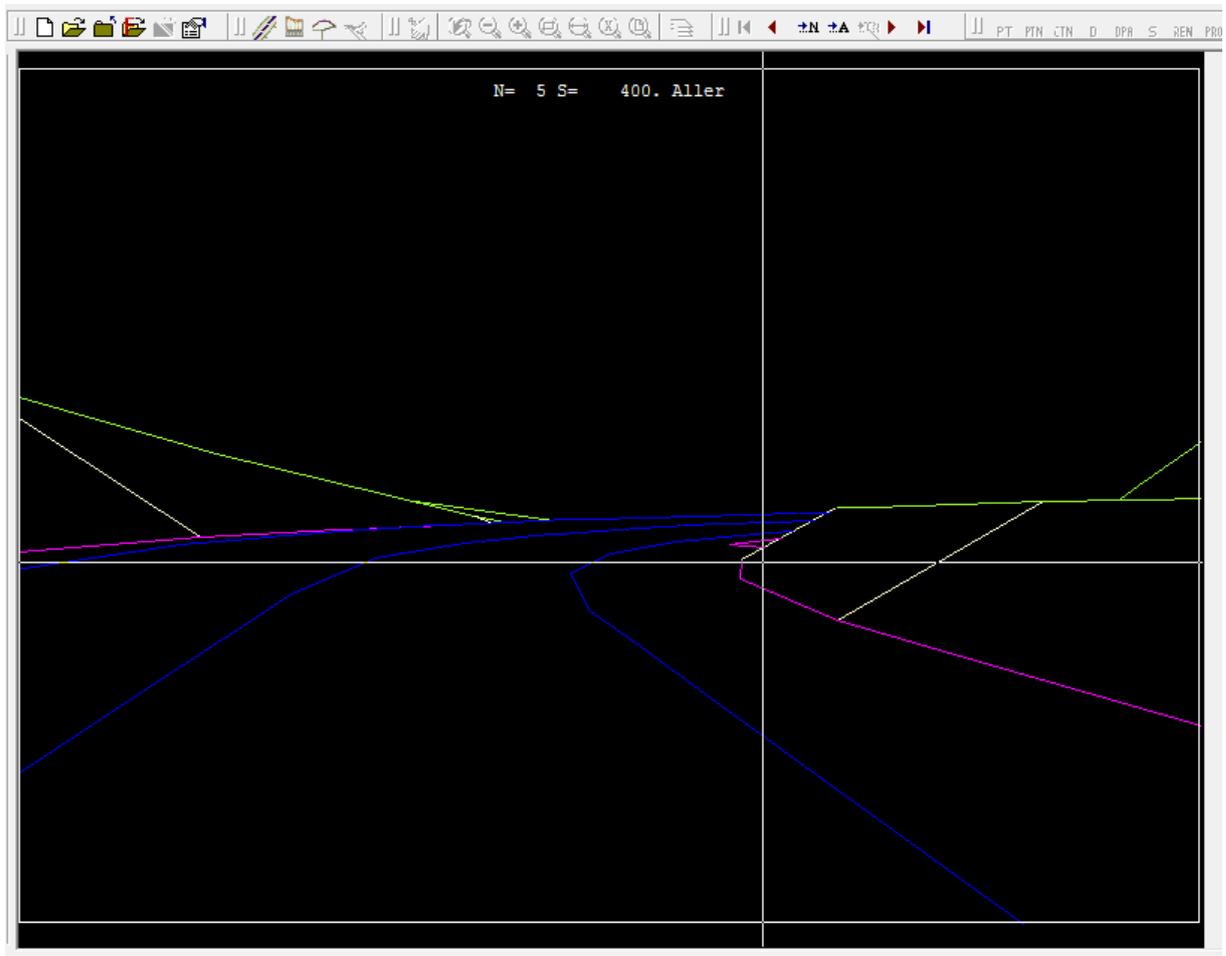


Figure n° 11 : Vue en perspective

**1-Introduction :**

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

Cette modification s'effectue soit par rapport de terre sur le sol du terrain naturel, qui lui servira de support : remblais. Soit par excavation des terres existantes au dessus du niveau de la ligne rouge : déblais

Pour réaliser ce projet il reste à déterminer le volume de terre se trouvant entre le tracé du projet et celui du terrain naturel.

**2-Définition :**

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

- Le profil en long
- Le profil 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 possibles de la ligne du terrain qu'il représente.

**3-Méthode de calcul :**

La méthode que nous allons utiliser est celle de la moyenne des aires, c'est une méthode simple mais elle présente un inconvénient de donner des résultats avec une marge d'erreurs, pour être en sécurité on prévoit une majoration des résultats.

#### 4-Description de la méthode :

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

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

Avec : h : hauteur entre deux profils.

$S_0$  : surface limitée à mi-distance des profils

$S_1, S_2$  : surface des deux profils.

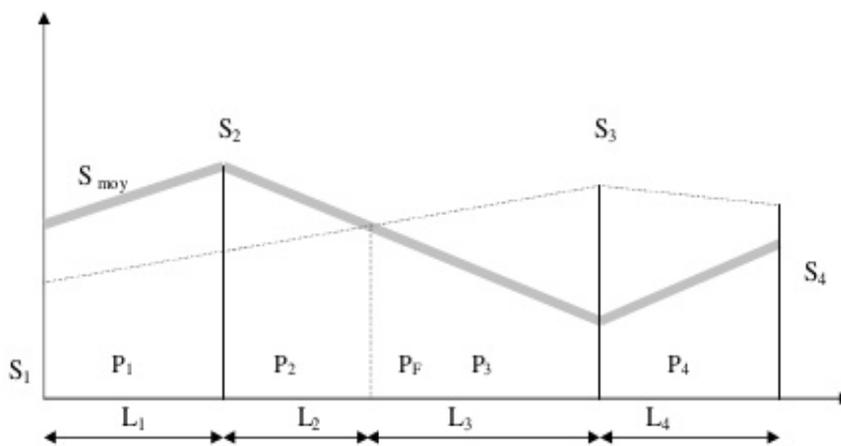


Figure n° 1 : Profil en long d'un tracé donné

**PF** : profil fictive, surface nulle.

**Si** : distance entre ces deux profils.

**Li** : distance entre ces deux profils.

**S<sub>MOY</sub>** : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li)

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions et  $(S_1+S_2)/2$

Ceci donne :

$$V_i = \frac{L_i}{2} \times (S_1 + S_{i+1})$$

Donc les volumes seront :

Entre P1 et P2 :  $V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2)$

Entre P2 et PF :  $V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0)$

Entre PF et P3 :  $V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3)$

Entre P3 et P4 :  $V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4)$

Le volume total V :

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

**Remarque :**

Les résultats de calcul des cubatures sont joints en annexes.

**1)-Introduction :**

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

L'eau est le premier ennemi de la route car elle pose de multiples problèmes sur la chaussée, ce qui met en jeu la sécurité des usagers (glissement, inondation, diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par des enrobages couche de surface,...etc.) et influe sur la perméabilité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation. Les types de dégradation engendrée par les eaux sont :

- Sur la chaussée :
  - Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées)
  - Désenrobage.
  - nid de poule (gel-dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée avec un important trafic)
  - décollement des bords (affouillement des flancs)
- Sur les talus :
  - glissement
  - érosion
  - affouillement du pied de talus

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

**2)-Assainissement routier :****2-1-Définition :**

L'assainissement c'est l'évacuation des eaux usées, pluviales et industrielles.

L'eau est le premier ennemi de la route, car elle influe sur la viabilité de la chaussée d'une part, et d'autre part c'est le problème de longévité de l'ouvrage, d'où la nécessité d'une protection contre la nocivité des eaux. La présente étude hydraulique, nécessite la connaissance des données hydrauliques pour la détermination des débits pour cela on met

en place des caniveaux ou des conduites pour que celle-ci soit drainée et collectée avec des réseaux d'assainissements locaux.

### **3-Différents systèmes d'assainissement :**

Les trois types de réseaux :

- Le réseau unitaire : dans ce système toutes les eaux sont recueillies dans un réseau unique de collecte qui aboutit à une station d'opération.
- Le réseau séparatif : il comprend un réseau des eaux pluviales et un autre réseau des eaux usées.
- Le réseau pseudo-séparatif : c'est réseau mixte.

Le choix du réseau dépend de :

-La topographie du site

-des répartitions démographiques et l'emplacement de la station d'épuration

-des conditions du rejet (destination des eaux)

### **4-Assainissement de la chaussée**

Il s'agit de la collecte et de l'évacuation des eaux superficielles dans l'emprise de la route.

La détermination du débouché a donné aux ouvrages (dalots, ponceaux, pont....etc.) dépend du débit qui est calculé d'après les mêmes conditions. Les ouvrages sous chaussée les plus courants utilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et les buses à section circulaire.

Quand la hauteur du remblai est insuffisante, il est préférable de construire un dalot dont la dalle en béton armé.

L'assainissement de la plate-forme vise trois objectifs :

-la sécurité des usagers, en évacuant l'eau des chaussées et des talus ;

-la pérennité de l'infrastructure, en collectant les eaux et en les évacuant de la route ;

-La lutte contre la pollution routière

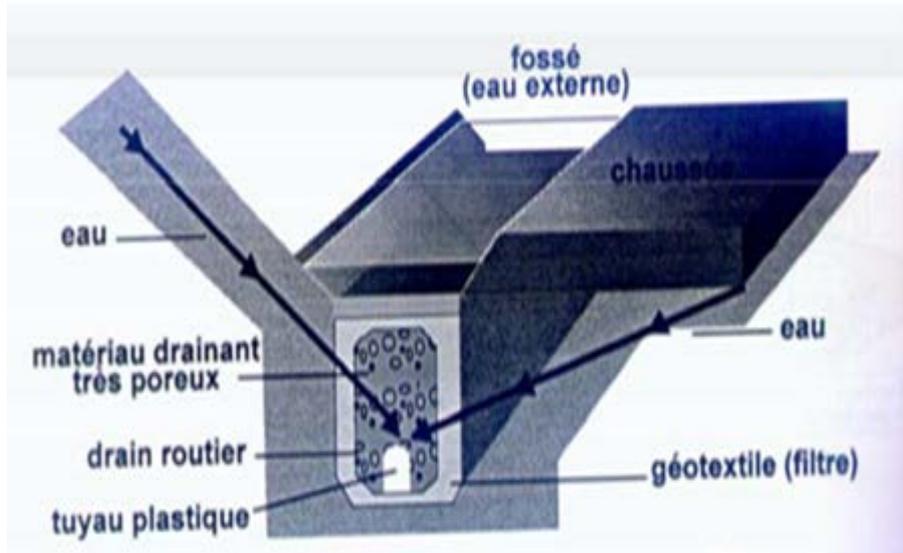


Figure n° 1 : Principe de drain

#### 5-Rétablissement des écoulements naturels (bassins versants < 100 Km<sup>2</sup>) :

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

Ce rétablissement doit être adapté aux enjeux qu'il convient d'identifier et doit être conçu dans le respect des réglementations en vigueur.

La route peut constituer un obstacle préjudiciable à l'écoulement naturel et réciproquement, celui-ci peut générer des dommages à la route. Les ouvrages hydrauliques de rétablissement des écoulements naturels devront donc être correctement dimensionnés pour limiter les risques :

-d'inondation et de submersion ou de dégradation de la route dans des seuils admissibles

-d'inondation en amont de la voie

-de rupture de l'ouvrage routier

**6-Conception des ouvrages hydrauliques :**

On distingue généralement cinq familles d'ouvrages :

Les buses circulaires, les dalots, les buses arches, les ouvrages à voute cintrée et les ouvrages d'arts.

Dans la mesure du possible, les produits industrialisés seront à rechercher plutôt que des ouvrages coulés en place plus coûteux. Les ouvrages en béton armé, sous réserve de dispositions constructives soignées, présentent d'excellentes garanties de solidité et de longévité

**7-Facteurs influençant le choix des ouvrages hydrauliques :**

Le choix des ouvrages est guidé par le souci permanent de la pérennité de la route, de la sécurité des usagers, du coût d'investissement et des modalités d'entretien ultérieur de l'ouvrage. Les facteurs influençant le choix sont :

-l'importance du débit à évacuer qui fixe la section d'écoulement et le type de l'ouvrage ;

-les caractéristiques hydrauliques de l'ouvrage : coefficient de rugosité, coefficient d'entonnement créant une perte de charge à l'entrée, forme de la section d'écoulement

- la largeur du lit d'un ouvrage est adapté au débit à évacuer, et il est généralement préférable d'éviter les ouvrages multiples qui augmentent les pertes de charges et rendent plus difficile le passage des corps flottants

-la rapidité et la facilité de mise en œuvre : les produits industrialisés approvisionnés en élément transportables et montés sur place peuvent constituer une solution intéressante pour réduire les délais d'exécution.

-la résistance aux agents chimiques.

-la résistance au choc.

**8-Nature et fonction des réseaux :**

Le réseau d'assainissement doit collecter les eaux de ruissellement provenant des bassins versants routiers et des talus pour les évacuer vers des exutoires. Son architecture se développe principalement tout le long de l'infrastructure suivant une logique hydraulique gravitaire (entre un point haut et un point bas) par assemblage d'ouvrage élémentaire (linéaires ou ponctuels, enterrés ou superficiels)

Le réseau de plate-forme, ont la spécificité d'être principalement des réseaux linéaires parallèles à l'axe de la route

L'architecture d'un réseau d'assainissement peut être décomposée conventionnellement en 5 grandes parties :

a- Les réseaux de collecte longitudinaux : il s'agit des 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 plain centrale, le réseau de crête de remblai et le réseau de pied de talus de remblai.

b- les ouvrages transversaux : ils assurent le transfert des écoulements d'un réseau longitudinal vers un autre.

c- 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.

d- 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 de débarrasser l'eau de ces déchets solides et de limiter la pollution.

e- les exutoires : c'est les points de rejet des eaux hors de l'emprise de la route, il désigne aussi le point le plus bas de l'assainissement.

**9)-objectif de l'assainissement :**

L'assainissement d'une route doit remplir les conditions suivantes :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant  
Directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning)
- Le maintien de la bonne condition de viabilité
- Réduction du cout d'entretien.
- Evitée les problèmes d'érosions.
- Assures l'évacuation des eaux d'infiltration à traves de corps de chaussée (danger de ramollissement du terrain sous jacent et effet de gel)
- Evacuation des eaux qui s'infiltré dans le terrain en amant de la plate-forme.

**10-Quelque définition :****Bassin versant :**

C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de partage des eaux. C'est la surface totale de la zone susceptible d'être alimentée en eau pluviale, d'une façon naturelle, ce qui nécessite une canalisation en un point bas considéré (exutoire)

Collecteur principal (canalisation) :

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

**Chambre de visite (cheminée) :**

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur contrôle et le nettoyage. Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent.

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

**Fossés de crêtes :**

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

**Les regards :**

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

**11-Détermination des bassins versants**

On ouvrant une carte d'état major avec l'AUTOCAD 2009 à l'échelle 1/25000, et on intercalant le tracée en plan obtenue par le logiciel piste 5 sur cette carte, on dessine les lignes de partage des eaux, qui délimitent les bassins versants, le logiciel nous permet de calculer certain paramètre nécessaire au calcul de du débit, telle que :

- Aires des bassins versants
- Leur périmètre
- La longueur des talwegs

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

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

La pente et rapport entre la dénivelée et la longueur du talweg

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



Figure n°2 : Schéma des bassins versant

N° BV	Surface du BV (km <sup>2</sup> )	Périmètre (km)	Longueur (km)	Hmax (m)	Hmin (m)	Dénivellement (m)	Pente (%)
BV N°1	0.0904	1.234	0.372	110	70	40	11
BV N°2	0.3061	2.427	0.592	192	100	92	15

Tableau n° 1 : Caractéristique des bassins versants.

### 12-Dimensionnement des ouvrages d'évacuation :

Pour évaluer l'ordre de grandeur du débit maximum des eaux de ruissellement susceptible d'être recueillies par les fossés ou par exutoire, on peut employée la méthode appelée la **méthode rationnelle** dont nous rappelons brièvement le principe :

$$Q_a = Q_s$$

Avec :  $Q_a$  : débit d'apport en prévenance du bassin versant ( $m^3/s$ )

$Q_s$  : débit d'écoulement au point de saturation ( $m^3/s$ )

### 12-1- Calcul des débits d'apports :

Le débit d'apport est calculé en appliquons la méthode rationnelle

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

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 (ha)

#### 12-1-1-L'intensité de la pluie :

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

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

**T<sub>c</sub>** : Temps de concentration (heure)

**B=b-1**, **b** : exposant climatique

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

#### a-Hauteur de la pluie journalière maximale :

La relation obtenue est la suivante

$$P_j = \frac{P_{jmoy}}{\sqrt{A=C_v^2+1}} \cdot \exp\left(u \cdot \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}\right)$$

**P<sub>j moy</sub>** : hauteur de la pluie journalière moyenne (mm)

$C_v$  : coefficient de variation.

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

Fréquence au dépassement (%)	50	20	10	5	2	1
Période de retour (années)	2	5	10	20	50	100
Variable de GAUSS (U)	0	0.841	1.282	1.645	2.057	2.327

**Tableau n° 2 : Valeur du Variable de Gauss (Fonction de la période de retour)**

**Remarque :**

-Les buses seront dimensionnées pour une période de retour 10 ans

-Les ponceaux (dalots) seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans

-Les ponts dimensionnées pour une période de retour 100 ans.

**b-Calcul de fréquence d'averse :**

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

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

Avec :  $t=0.25 \text{ h}$ ,  $b=0.28$

$T_c$  : Temps de concentration

$P_t$  : hauteur de pluie journalière maximale annuel

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

b : Exposant climatique

**c-Temps de concentration :**

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

Dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé respectivement d'après VENTURA, PASSINI, et GIANDOTHI comme suit :

$$1/ \text{ lorsque } A < 5 \text{ km}^2 : t_c = 0.127 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}} \longrightarrow \text{VENTURA}$$

$$2/ \text{ lorsque } 5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2 : t_c = 0,108 \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}} \longrightarrow \text{PASSINI}$$

$$3/ \text{ lorsque } 25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2 : t_c = \frac{4\sqrt{A}}{0,8} + \frac{1,5 L}{\sqrt{H}} \longrightarrow \text{GIANDOTHI}$$

$T_c$  : Temps de concentration (heure)

A : Superficie du bassin versant ( $\text{km}^2$ )

L : Longueur du thalweg (Km)

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

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

BV N°	1	2
$T_c$	<b>0.115</b>	<b>0.181</b>

**Tableau n° 3 : Temps de concentration des BV**

**12-1-2-Le 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 couverture végétale, la pente et la nature de terrain.

Type de chaussée	Coefficient de ruissellement « C »	Valeurs prises
Chaussées revêtue en enrobé	0.8-0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15-0.4	0.35
Talus, sol perméable	0.1-0.3	0.25
Terrain naturel	0.05-0.2	0.2

Tableau n° 4 : Coefficient de ruissellement

**12-2-Calcul de débit de saturation**

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

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

Avec :

**K<sub>st</sub>** : coefficient de Manning Strickler relatif aux matériaux de l'ouvrage :

- paroi en terre **K<sub>st</sub>**=30
- en buse métalliques **K<sub>st</sub>**=40
- maçonneries **K<sub>st</sub>**=50
- bétons (dalots) **K<sub>st</sub>**=70
- buses préfabriquées **K<sub>st</sub>**=80 béton

**I** : pente de pose de l'ouvrage

**S** : section mouillée (m<sup>2</sup>)

**R** : Rayon hydraulique moyenne(m)

**13-Application au projet****13-1-Données pluviométrique :**

Les données hydrauliques sont tirées de l'étude effectuée par L' A.N.R.H dans la région de TIZI OUZOU:

-La pluie journalière moyenne :  $P_j = 63$  mm

-Le coefficient de variation :  $CV = 0.38$

-L'exposant climatique  $b = 0.37$

**13-2-Calcul pluviométrique :**

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

Pendant 10 ans :

$$U = 1.282 \quad C_v = 0.38 \quad p_j = 63$$

$$P_j(10\%) = \frac{63}{\sqrt{0.38^2+1}} \cdot e^{1.282 \cdot \sqrt{\ln(0.38^2+1)}}$$

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

Pendant 50 ans :

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

$$P_j(2\%) = \frac{63}{\sqrt{0.38^2+1}} \cdot e^{2.057 \cdot \sqrt{\ln(0.38^2+1)}}$$

$$\mathbf{P_j(2\%) = 125.35 \text{ mm}}$$

Pendant 100 ans :

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

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

$$\mathbf{P_j(1\%) = 138.42 \text{ mm}}$$

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

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

Avec :

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

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

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

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

$$I = \frac{94.3}{24} = \mathbf{3.93 \text{ mm/h}}$$

Pour  $P_j(2\%) = 125.35 \text{ mm}$

$$I = \frac{125.35}{24} = \mathbf{5.23 \text{ mm/h}}$$

Pour  $P_j(1\%) = 138.42 \text{ mm}$

$$I = \frac{138.42}{24} = \mathbf{5.76 \text{ mm/h}}$$

**Remarque :**

Les intensités de pluie et le débit pour chaque BV sont résumés dans le tableau n° 5.

**13-3-Dimensionnement des ouvrages hydrauliques :**

**13-3-1-Calcul des débits d'apports des BV :**

Le débit d'apport est évalué à l'aide de la formule rationnelle suivante :

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

Telle que :

- ✓ **K** : coefficient de conversion des unités (les mm/h en l/s),  $K = 0.2778$ .
- ✓ **C** : coefficient de ruissellement.

✓ I : l'intensité de l'averse exprimée (mm /h).

N°	PK	Surface(Km <sup>2</sup> )	K	C	I <sub>10</sub>	Débit d'apport (m <sup>3</sup> /s)
BV1	PK0+540	0.0904	0.2778	0.2	113.68	0.57
BV2	PK0+760	0.3061	0.2778	0.2	85.42	1.45

Tableau n° 5 : Débit d'apport des bassins versants.

### 13-3-2-Dimensionnement des fossés :

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

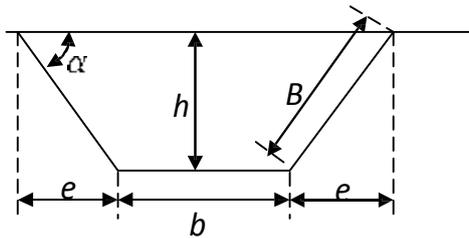


Figure n° 3 : Fosse

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

$$Q_a = Q_s$$

$$K.I.C.A = K_{st} \cdot I^{1/2} \cdot S_m \cdot R_h^{2/3}$$

S<sub>m</sub> : surface mouillée

P<sub>m</sub> : périmètre mouillé

R : rayon hydraulique R= S<sub>m</sub>/U

Avec :

U : périmètre mouillé

P : pente du talus,  $P=1/n$

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

- **Calcul de la surface mouillée :**

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

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

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

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

- **Calcul du périmètre mouillé :**

$$P_m = b + 2B$$

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

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

- **Calcul du rayon hydraulique :**

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

On aura alors :

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

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

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

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

- **Calcul du débit d'apport :**

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

On considère la présence de ces trois éléments pour une section de 100m. Le talus est pris pour une largeur défavorable de 10m on a :

$$Q_a = Q_c + Q_A + Q_t$$

Avec :

$Q_A = K \cdot l \cdot C_A \cdot A_A$  : débit apporté par l'accotement.

$Q_t = K \cdot l \cdot C_t \cdot A_t$  : débit apporté par le talus.

$Q_c = K \cdot l \cdot C_c \cdot A_c$  : débit apporté par la chaussée.

$C_c$  : coefficient de ruissellement de la chaussée

$C_A$  : coefficient de ruissellement de l'accotement

$C_t$  : coefficient de ruissellement du talus

$A_c$  : Surface de la chaussée

$A_A$  : surface de l'accotement

$A_t$  surface du talus

- **Calcul des surfaces :**

Surface de la chaussée :

$$A_c = 7 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0.07 \text{ ha}$$

**Surface de l'accotement**

$$A_A = 1.5 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0.015 \text{ ha}$$

**Surface du talus :**

$$A_t = 10 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0.1 \text{ ha}$$

$$A = A_c + A_A + A_t = 0.07 + 0.015 + 0.1 = \mathbf{0.185 \text{ ha}}$$

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

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

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

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

$T_c$  la durée de chute de pluie varient de 10 à 60 minute, on prend  $t_c = 0.25 \text{ h}$

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

- **Calcul des débits :**

$$Q_C = 0.2778 \times 10^{-2} \times 0.95 \times 69.7 \times 0.07 = 0.0128 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_A = 0.2778 \times 10^{-2} \times 0.35 \times 69.7 \times 0.015 = 0.0010 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_T = 0.2778 \times 10^{-2} \times 0.25 \times 69.7 \times 0.1 = 0.0048 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{D'où : } Q_a = Q_A + Q_T + Q_C = \mathbf{0.0186 \text{ m}^3/\text{s}}$$

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

Le calcul ce fera par itération, on fixe le paramètre « n » et on fait variée « b » et « h ». On calcul à chaque fois le débit de saturation qui doit être supérieur ou égal au débit d'apport :

$$Q_s \geq Q_a$$

Pour les faussée en béton :  $K_{st} = 70$

On fixe :  $b = 0.5 \text{ m}$ ,  $n = 1.5$ , et on calcule  $Q_s$  pour différente valeur de (h)

**Application :**

$$Q_a = 0.0186 \text{ m}^3/\text{s} \quad K = 70 \quad I = 4\%$$

$$Q_s = K \cdot I^{1/2} \times h(nh + b) \times \left[ \frac{h(nh + b)}{b + 2h\sqrt{1 + n^2}} \right]^{2/3}$$

Après calcul itératif on trouve :

$$H = 0.4 \text{ m.}$$

D'où les dimensions du fossé sont :

$$B \times H = 0.50 \text{ m} \times 0.4 \text{ m}$$

**Verification:**

$$Q_s = 70 \times 0,04^{1/2} \times 0,4(1,5 \times 0,4 + 0,50) \times \left[ \frac{0,4(1,5 \times 0,4 + 0,5)}{0,5 + 2 \times 0,4(\sqrt{1 + 1,5^2})} \right]^{2/3}$$

$$Q_s = 2.289 \text{ m}^3/\text{s}$$

D'où :

$$Q_s > Q_a \quad \text{c'est vérifié.}$$

### 13-3-3-Dimensionnement des buses :

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

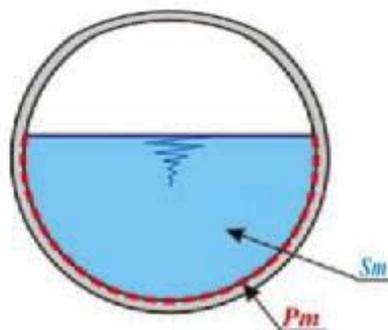


Figure n° 4 : Buse

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

$Q_s$  : débit maximum ( $m^3/s$ )

$K_{st}$  : coefficient de rugosité de canalisation

$I$  : Pente de canalisation (m/m)

$R_h$  : Rayon hydraulique ( $R_h = S_m / P_m$ )

$S_m$  : section transversale de l'écoulement (section mouillée)

### Exemple de calcul :

BV 1 :

$Q_a = 0.57$

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

$S_m = 1/2 \times \pi \times R^2$  (pour une hauteur de remplissage égale à  $0.5 \varnothing$ )

$R_h$  : rayon hydraulique  $= R/2 \implies R_h = S_m / P_m = \pi R^2 / 2 / 2 \pi (R/2) = R/2$

$K_{st} = 80$  (pour les buses)

$I$  : la pente de pose qui vérifié la condition de limitation de la vitesse maximale d'écoulement à  $4m/s$  pour notre cas, On a  $I = 2.5\%$

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

$0.57 = 80 (0.025)^{1/2} (1/2 \pi R^2) (R/2)^{2/3} \implies R = 0.313 \implies R = 0.626$

Le débit est assuré pour un diamètre :  $\varnothing = 2R = 800 \text{ mm}$

### 13-3-4-Dimensionnement des dalots :

Les dalots sont constitués de deux murettes verticales au pied droit sur le quelles repose une dalle ou une série de dalle accolées (on utilise généralement des dalles de 1 m de large), les pieds droits sont posés sur une fondation ou radier.

L a section de dalot est calculée comme pour le fossé, seulement on change la hauteur B de remplissage et la hauteur du dalot.

On fixe la hauteur tenant compte du profil en long et on calcule l'ouverture L nécessaire et

On fixe aussi la hauteur de remplissage à  $\varnothing = 0.8 h$

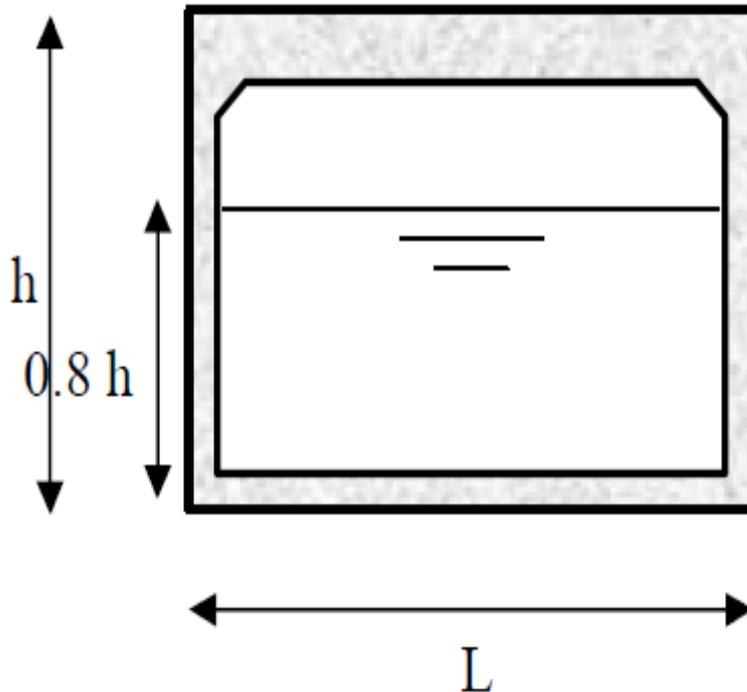


Figure n° 5 : Dalot

-On a :

- Périmètre mouillé =  $P_m = (2 \times 0.8 \times h) + L$
- Section mouillée :  $S_m = 0.8 \times h \times L$
- Rayon mouillé  $R_m = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L}$

Le débit rapporté par le bassin versant, doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot.

$$Q_s = Q_a$$

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

$$Q_s = K_{st} \cdot i^{1/2} \cdot 0,8H \cdot L \cdot \left[ \frac{0,8H \cdot L}{1,6H + L} \right]^{2/3}$$

On tire la valeur de  $h$  qui vérifie cette inégalité, par itération

**a-Calcul des surfaces :**

Surface de la chaussée :

$$A_c = 7 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0.07 \text{ ha}$$

- **Surface de l'accotement**

$$A_A = 1.5 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0.015 \text{ ha}$$

- **Surface du talus :**

$$A_t = 10 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0.1 \text{ ha}$$

$$A = A_c + A_A + A_t = 0.07 + 0.015 + 0.1 = \mathbf{0.185 \text{ ha}}$$

**b-Calcul des débits d'apport :**

-Pour la chaussée :

$$C=0.95 \quad P=2.5\% \quad I(2\%)=5.23 \text{ mm/h} \quad A=0.07 \text{ ha}$$

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} \quad t_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.07}{2.5}} = 0.021 \text{ h}$$

$$I_t = I \cdot \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 5.23 \cdot \left(\frac{0.021}{24}\right)^{-0.63} = \mathbf{113.68 \text{ mm/h}}$$

$$(Q_a)_c = K \cdot C \cdot I \cdot A = 0.2778 \times 10^{-2} \times 0.95 \times 113.68 \times 0.07 = \mathbf{0.021 \text{ m}^3/\text{s}}$$

-Pour l'accotement :

$$C=0.4 \quad P=4\% \quad I(2\%)=5.23 \text{ mm/h} \quad A=0.015 \text{ ha}$$

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} \quad t_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.015}{4}} = 0.0078 \text{ h}$$

$$I_t = I \cdot \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 5.23 \cdot \left(\frac{0.0078}{24}\right)^{-0.63} = \mathbf{824.17 \text{ mm/h}}$$

$$(Q_a)_c = K \cdot C \cdot I \cdot A = 0.2778 \times 10^{-2} \times 0.4 \times 824.17 \times 0.015 = \mathbf{0.014 \text{ m}^3/\text{s}}$$

-Pour le talus :

$$C=0.25 \quad P=66\% \quad I(2\%)=5.23 \text{ mm/h} \quad A=0.1 \text{ ha}$$

$$T_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} \quad t_c = 0.127 \sqrt{\frac{0.1}{66}} = 0.0049 \text{ h}$$

$$l_t = l \cdot \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 5.23 \cdot \left(\frac{0.0049}{24}\right)^{-0.63} = \mathbf{1104.61 \text{ mm/h}}$$

$$(Q_a)_t = K \cdot C \cdot l \cdot A = 0.2778 \times 10^{-2} \times 0.25 \times 1104.61 \times 0.1 = \mathbf{0.077 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$Q_a = (Q_a)_c + (Q_a)_a + (Q_a)_t + (Q_{b2}) = \mathbf{0.021 + 0.014 + 0.077 + 2.61 = 2.722 \text{ m}^3/\text{s}}$$

**c-Calcul de la hauteur :**

**-Données :**

En fixant la longueur  $L = 2 \text{ m}$

Avec :

$K_{st} = 70$  (dalot en béton)

$l$  : pente de l'ouvrage :  $i = 2.5\%$

**d-Application**

On a :

$$Q_a = Q_s = K_{st} \cdot i^{1/2} \cdot H \cdot L \cdot \left[ \frac{0.8H \cdot L}{1.6H + L} \right]^{2/3} \times 0.8 \times h \times L$$

$$H = \frac{1}{0.8B} \left( \frac{Q_a}{K_{st} \cdot i^{1/2}} \right)^3 (1, 6H + B)^2$$

Après un calcul itératif on opte pour : **H=1.5 m.**

**14-Conclusion :**

Les résultats complets de l'étude hydrologique sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

Bassin versant	Type d'ouvrage	Dimensions	Localisation
1	Buse	800mm	PK0+540
2	Dalot	2.0m×1.5m	PK0+760

**Tableau n° 6 : Localisation des ouvrages d'assainissement.**

**1-Introduction :**

Il est indispensable de connaître les caractéristiques mécaniques et physiques de notre terrain à franchir. Pour assurer la durabilité de l'infrastructure ainsi que le confort et la sécurité de l'utilisateur, telle que d'éviter les problèmes de dégradation du corps de chaussée, à long ou à court terme depuis la mise en œuvre de la route et aussi les problèmes aux niveaux de l'exécution.

**2-Les différents essais en laboratoire :**

Les essais réalisés au laboratoire sont :

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

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

Les essais seront fait à différente teneur en eau avec une la même énergie de compactage, afin d'apprécier la stabilité du sol aux accidents lors du terrassement, ces essais seront précéder d'essai PROCTOR.

La classification des sols rencontrés sera utile et nécessite la détermination des limites d'Atterberg.

**3-Les essais d'identification :**

**3-1- Analyse granulométrique :** Il s'agit du tamisage (soit au passant de 2 mm, soit au passant de 80  $\mu\text{m}$ ) qui permet par exemple de distinguer les sols fins, sols sableux (riches en fines) et sols graveleux (pauvres en fines), c'est un essai qui a pour objectif de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.

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

**3-2-Equivalent de sable :**

C'est un essai qui nous permet de mesurer la propreté d'un sable c'est-à-dire déterminer la quantité d'impureté soit des éléments argileux ultra fins ou des limons.

**3-3-Limite d'Atterberg :**

Limite de plasticité ( $W_p$ ) et limite de liquidité ( $W_L$ ), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol

$W_p$  sépare l'état solide de l'état de plastique et  $W_L$  sépare l'état plastique de l'état liquide ; les sols qui présentent des limites d'Atterberg voisines, c'est-à-dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité ( $I_p = W_L - W_p$ ) sont donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau.



Figure n° 1 : coupelle

### 3-4-Essai PROCTOR :

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

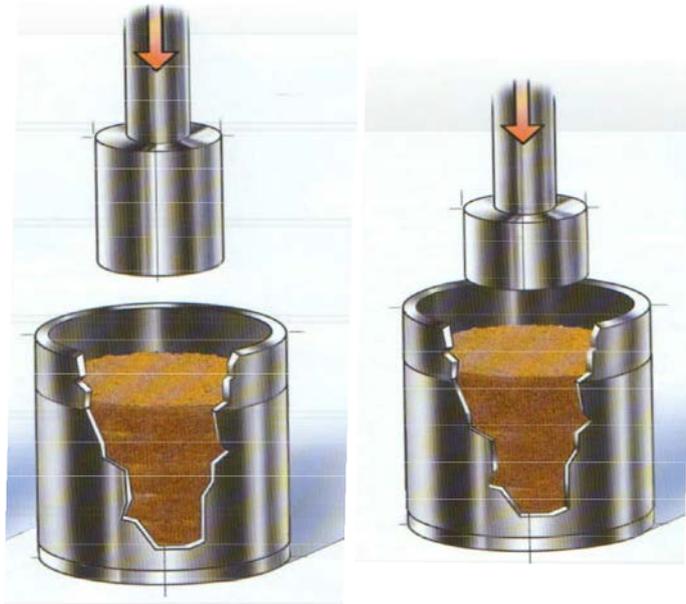


Figure n° 2 : Essai PROCTOR

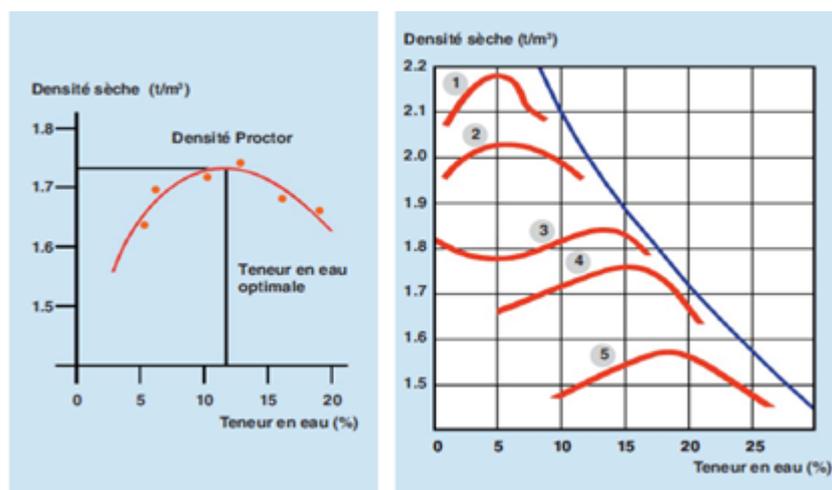


Figure n°3 : Courbe PROCTOR

**3-5-Essai CBR (california Bearing Ratio) :**

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

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



Figure n°4 : Moule CBR

**3-6-Essai Los Angeles :**

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

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

**3-7-Essai Micro Deval :**

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

**4-Les essais in situ :****4-1-Les essais de plaque :**

Ces essais permettront d'apprécier directement le module d'un sol par un essai sur le terrain, ils consistent à charger une plaque circulaire et à mesurer le déplacement vertical sous charge. On déduira ensuite un module de sol  $E$  en interprétant la valeur du déplacement mesuré à l'aide de la formule Bossinesq qui relie  $Z$ , le déplacement, la pression  $q_0$  le rayon de charge  $a$  et les caractéristiques du massif  $E_2$ .

Après plusieurs approches, on a abouti à l'approche suivante :  $E = 5 \text{ CBR}$ .

**4-2-Les essais pressiométriques :**

C'est un essai in situ effectué directement sur le terrain naturelle et ce à travers un forage, l'analyse de ces résultats nous permet de déterminer, pour une profondeur donnée, les caractéristiques mécaniques du sol, ce qui permet d'effectuer le calcul des épaisseurs de la couche fondation

Les caractéristiques données par cet essai sont :

- Le module pressiométrique  $E_M$  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.

Cet essai est effectué à l'aide d'un pénétromètre statique ou dynamique



Figure n° 5 : Pénétrromètre

#### 5-Conditions d'utilisation des sols en remblais :

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

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- Pierre de dimension  $> 800$  mm
- Matériaux plastique  $I_p > 20\%$  ou organique
- Matériaux gélifs
- On évite les sols à forte teneur en argile.

Les remblais seront rès et soigneusement compactés sur la surface pour laquelle seront exécutés.

Les matériaux des remblais seront établis par couche de 30 cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage. Une couche ne devra pas être mise en place et

compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée après vérification de son compactage

#### **6-Les Moyens de Reconnaissance :**

Les moyens de reconnaissance du sol pour l'étude d'un tracé routier sont essentiellement :

- l'étude des archives et documents existants.
- Les visites de site et les essais « in-site »
- Les essais de laboratoire

#### **7-Les études géologiques :**

L'étude géologique s'avère d'une nécessité et importance indiscutable, et doit intervenir bien en amont de toute étude pour contribuer au choix du tracé, à détecter ses points critiques (durs), et à bien connaître la nature du terrain qui servira d'assise pour le projet, afin d'éviter ou du moins limiter d'éventuels problèmes pouvant se poser en phase de réalisation ou après.

#### **8-Géologie de site :**

L'étude est basé essentiellement sur les essais in situ représenté par les puits de reconnaissance et les sondages carottés à montré que la géologie est argileuse.

#### **9-Les études Hydrographie et hydrogéologie :**

##### **9-1-Introduction :**

Le drainage judicieux des eaux superficielles et souterraines garantit la pérennité de l'infrastructure, par conséquent la connaissance de l'hydrogéologie du présent projet est nécessaire on distingue les :

- Les eaux superficielles (la pluie, les oueds....)
- Les eaux souterraines (les nappes d'eaux....)

##### **9-2-Comment empêcher l'eau d'entrer dans le sol ?**

- Eviter l'implantation de la route dans des terrains à écoulement difficile (marécage, zone humide, nappe,.....)
- Imperméabiliser la surface de la chaussée (2 couche de BB)

- Couper les remontées capillaires par une couche de sable propre
- Evacuer les eaux de surface (pentes transversales et longitudinal ouvrages d'assainissement (dalots, buses, fosses, caniveaux, entretien des ouvrages)

**9-3-Le drainage routier :**

Le captage des eaux infiltrées de surface ou souterraine se fait par un réseau de drainage (matériaux propre perméable et de tuyaux en PVC perforé ou béton poreux

**10-Conclusion :**

Une attention particulière doit être portée au niveau des terrassements lors de la construction par l'entrepreneur. Des dispositions doivent être prises pour assurer un bon drainage par des moyens adéquats

Les recommandations suivantes doivent être prises en compte lors de la réalisation des terrassements :

- drainage de la nappe avant les travaux d'excavation
- Protéger la plate forme argileuse par une couche drainante de nature graveleuse de 20 cm d'épaisseur ou une nappe géotextile.
- Protéger tous les talus de déblais par des masques drainant sableux ou par des nappes de géotextiles drainantes.
- réaliser un fossé de crête de talus de déblai qui récoltera les eaux en amont des talus de déblai.

## 1-introduction

Lors de l'étude de l'avant-projet sommaire, les contraintes topographiques du terrain naturelle nous imposée le franchissement du barrage TIZI N TLATHA sur un linéaire d'environ 500 mètre ce qui nous pousse à faire une étude comparative entre différente variante de types de pont.

## 2- définition de certains ponts

### 2-1 :-Ponts suspendus :

Le pont suspendu désigne un ouvrage Métallique, dont le tablier est attaché Par l'intermédiaire de tige de suspension Verticale à un certain nombre de Câble flexible ou de chaine dont les extrémités sont relié au culé sur les berges.



Figure n° 1 : pont suspendus

### 2-1-1 : Matériaux :

Le béton, le béton armé, le béton précontraint et l'acier.

### 2-1-2 : Caractéristique :

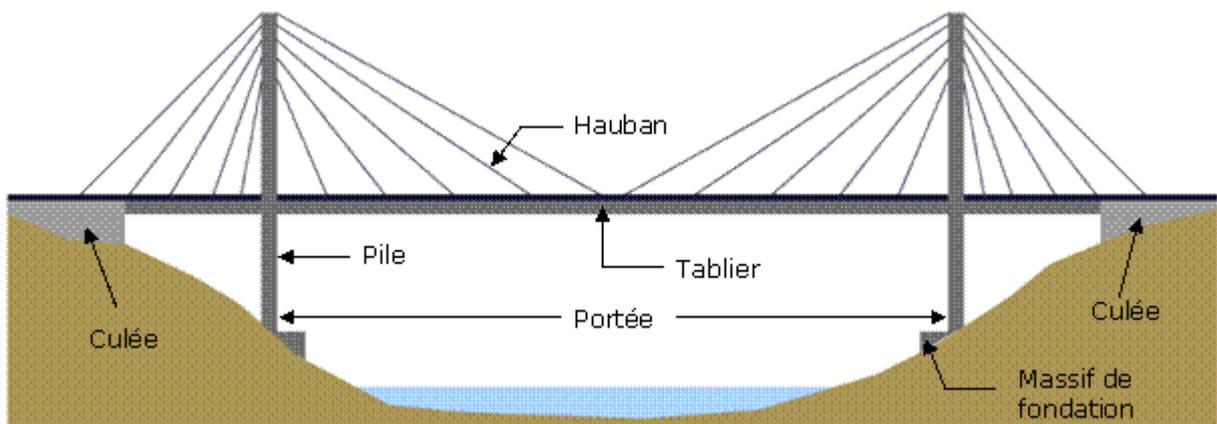
Le principe est de maintenir le poids du tablier par deux câbles porteurs solidement arrimés aux berges, il ne peut être construit sur n'importe quel sol car il nécessite la présence du massif d'ancrages imposants et lourds.

**2-1-3 : Raison de construction :**

On avait besoin de trouver un type de pont capable de résister à des poids lourds sur plusieurs kilomètres.

**2-2 : Ponts à haubans :**

Type de pont dont le tablier est suspendu par l'intermédiaire de câble appelé haubans. Ces câbles sont ancrés dans des pylônes situés de chaque côté de la travée centrale.



**Figure n° 2 : pont à haubans**

**2-2-1 : Matériaux :**

Le béton, l'acier, les alliages à base d'aluminium et la fonte.

**2-2-2 : Caractéristique :**

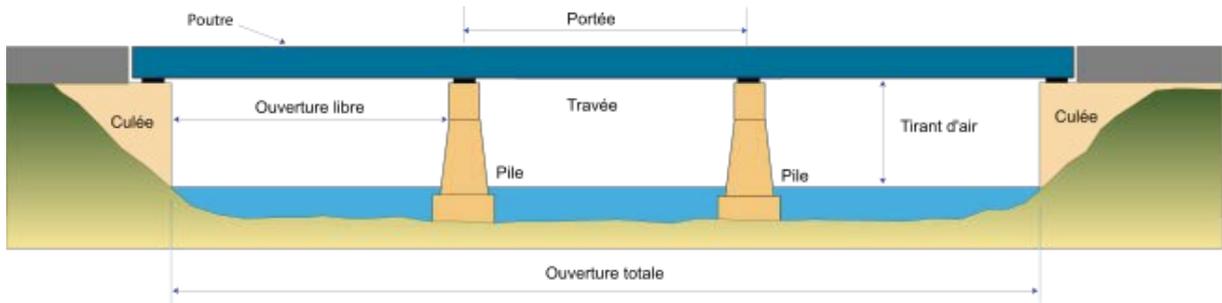
L'intérêt principale est de permettre du fait de l'absence de pilier régulièrement espacés, le passage de bateau sous le tablier

**2-2-3 : Raison de construction :**

On recherche un type de pont permettant le passage de bateau sous le tablier.

**2-3 : Pont à poutre :**

Type de pont dont le tablier repose est supporté par des poutres qui s'appuient sur des piles.



**Figure n°3 : Pont à poutre**

**2-3-1 : Matériaux :**

Le métal, le béton armé, le béton précontraint et l'acier

**2-3-2 : Caractéristique :**

Le pont le plus simple qu'il soit dont le principe et la réalisation, le tablier est soutenu par une ou plusieurs poutres, il est très simple et léger, mais il reste tout de même très solide.

**2-3-3-Raison de construction :**

On recherche un type de pont simple à construire, au départ sur une distance de 20 à 100 mètres, les avancées technologiques ont permis le développement de la distance de ces ponts.

**2-4 : Les ponts en arcs :**

Est un pont en forme de voûte, avec de chaque côté du pont une butée ces butées sont importantes car elles supportent tout le poids du pont. Le principe d'un pont en arc est de transférer tout le poids du pont vers ces butées.



Figure n° 4: Pont en arcs

**2-4-1 : Matériaux :**

L'acier, le ciment, le béton armé

**2-4-2 : Caractéristique :**

Un pont en arc peut être très long car plusieurs arcs peuvent être alignés pour former une ligne continue d'une petite portée jusqu'au 150 m.

**3- Critère de choix de pont :**

Le critère principal dans le choix est la portée totale de l'obstacle à franchir

Cependant il y a d'autres critères à ne pas négliger tels que :

- La Masse des véhicules
- La fréquentation
- Le vent

- Les vibrations engendrées par la circulation
- Les hauteurs, longueur et largeur à traverser
- Le type et la nature du terrain
- les risques de tremblement de terre
- l'environnement (esthétique)
- les normes de sécurité

#### 4-Etude comparative :

La portée totale à franchir sur notre projet est de 480 mètre. Notre ouvrage enjambe un barrage d'eau avec une profondeur d'eau assez importante, ce qui nous pousse à choisir le type de pont avec le minimum d'appuis possibles. Car si celle-ci sont plongée dans une telle profondeur d'eau, elle devienne très difficile soit pour l'étude, la réalisation et l'entretien.

Ce qui nous permet de railler forfaitairement un certain nombre de pont qui ont des travées trop courtes telle que :

- Les ponts en béton armée
- Les ponts en treille (métallique)
- Les ponts à poutre
- Les ponts à voute

Les variantes de choix compatible avec notre projet sont

- Variante 1 : Le pont en encorbellement
- Variante2 : Le pont en arc
- Variante 3 : Le pont à hauban

Variante	Esthétique	Cout de réalisation	entretien	Nombre de piles
Variante 1	+	+++	++++	+
Variante 2	++	++	+++	++
Variante 3	++++	+	+	++++

**Tableau n° 1 : Comparaison et choix de variante**

Décompte de point :

- Variante 1 : 9 point
- Variante2 : 9 point
- Variante 3 : 10 point

#### **5- Résultat :**

Les résultats de notre étude comparative ont révélé que le pont à hauban est la meilleure variante pour notre projet. Mais cependant, vu que le nombre de point récoltée par les trois variantes sont rapprochée, et que le pont suspendue est assez délicat à l'étude et à la réalisation et que les entreprises nationales n'ont pas suffisamment de savoir-faire dans ce type de pont.

Ce qui nous laisse le droit de rabattre notre choix sur le pont en encorbellement.

#### **6-Mur de soutènement :**

##### **6-1-Définition :**

Les ouvrages de soutènement sont des structures conçues pour créer un dénivelé entre des terres en leur amont et en leur aval. La conception de ce type d'ouvrage peut être très variée, allant des murs poids en béton ou en maçonnerie aux parois ancrées, en passant par les murs en sol renforcé.

##### **6-2-Généralités sur les ouvrages de soutènement**

Les ouvrages de soutènement sont des structures liées au sol pour les quelles l'action de celui-ci intervient doublement :

- Le matériau derrière le mur (généralement du remblai) exerce des poussées sur l'ouvrage.
- L'ouvrage à son tour sollicite le sol de fondation et y crée des contraintes et éventuellement des tassements.

Ces ouvrages qui sont considérés généralement comme élément secondaires par rapport à d'autres ouvrages d'art (ponts,...) restent cependant délicats et demandent un soin particulier depuis la conception jusqu'à la réalisation.

### 6-3-Différents types des ouvrages de soutènement

Un ouvrage de soutènement peut retenir soit des terres en remblai, c'est-à-dire rapportées, soit le terrain en place. On dit dans ce dernier cas, qu'il s'agit d'un ouvrage de soutènement en déblai. Les systèmes de soutènement peuvent être classés en deux grandes catégories :

- Les murs de soutènement (murs-poids en maçonnerie ou béton, murs en béton armé avec semelle, murs à contreforts, murs cellulaires, murs-caissons, etc.). il contre la poussée à l'aide de leur poids.
- Les écrans de soutènement (rideaux de palplanches, parois en béton moulé dans le sol, parois préfabriquées, parois de type berlinois, blindages de fouilles, etc.). il contre la poussée des terres principalement avec leur résistance à la flexion.

### 6-4-Classement des ouvrages de soutènement

Tous ces ouvrages ont en commun la force de poussées exercées par le massif de sol retenu. Cette force de poussée est généralement reprise soit par le poids de l'ouvrage de soutènement, soit par l'encastrement de l'ouvrage de soutènement, soit par des ancrages

- Ouvrages de soutènement qui reprennent la poussée par leur poids
- Ouvrages de soutènement qui reprennent la poussée par leur encastrement
- Ouvrages de soutènement reprenant en totalité ou en partie la poussée par leur ancrage dans le massif retenu ou dans le sol de fondation

### 6-5-Modes de rupture des ouvrages de soutènement :

Cinq modes de ruptures peuvent être rencontrés dans les ouvrages de soutènement :

- Le glissement de l'ouvrage sur sa base
- le renversement de l'ouvrage
- le poinçonnement du sol de fondation
- le grand glissement englobant l'ouvrage
- la rupture des éléments structuraux de l'ouvrage

**1-Signalisation :****1-1-Introduction :**

Compte tenue de l'importance du développement du trafic et l'augmentation de la vitesse des véhicules, la circulation devra être guidée et disciplinée par des signaux simples susceptibles d'être compris par tous les intéressés. La signalisation routière comprend la signalisation verticale et la signalisation horizontale

L'objet de la signalisation routière :

- rendre plus sûre la circulation routière
- faciliter cette circulation
- donner des informations relatives à l'usage de la route

**1-2-Catégorie de signalisation**

On distingue :

- la signalisation par panneau
- la signalisation par feux
- la signalisation par marquage
- la signalisation par balisage
- la signalisation par bornage

**1-3-Règles à respecter pour la signalisation :**

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

- cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité)
- cohérence avec les règles de circulation
- cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Éviter la publicité irrégulière.
- Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur

**1-4-Types de signalisation :**

On distingue deux types de signalisation :

**1-4-1 : Signalisation vertical :**

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme, on distingue :

- Signalisation avancée.
- Signalisation de position.
- Signalisation de direction.

Elles peuvent être classées en quatre classes

**a) Signaux de danger :**

Ces signaux annoncent les différents dangers de la route, et imposent aux usagers de la route une vigilance particulière, leur forme est triangulaire, et ils sont placés à 150m avant l'obstacle

**b) Les signaux de prescription :**

C'est des panneaux de forme circulaire, qui signalise :

- Signaux d'interdiction : il met en relief les différentes interdictions ou restrictions
- Signaux d'obligation : il indique aux usagers de la route et différentes obligations
- Signaux de fin de prescription : en générale ils succèdent les panneaux cités ci-dessus, pour annoncer leur fin.

**c) Signaux de simple indication :**

Leur forme est en général rectangulaire, Il offre un supplément d'information pour les usagers de la route.

- Signaux d'indication
- Signaux de direction
- Signaux de localisation
- Signaux divers

**1- 4-2 : Signalisation horizontal :**

Se sont toutes les marques peintes sur la chaussée indiquent les différentes parties de la route ainsi que les voies affectées au multiple sens de circulation. La signalisation horizontale est destinée à régler la circulation, guider et avertir les usagers de la route. Elle est employée soit seul, soit en complément à d'autres moyens de signalisation. Toutes les marques de signalisation horizontale sont de couleur blanche, sauf celle qui indique un emplacement de stationnement. Ces derniers peuvent être bleus et celle utilisée pour une signalisation temporaire sont de couleur jaune.

On distingue deux types de marquage :

**1-4-2-1 : Marquage longitudinal :**

-Ligne continue : elle est destinée pour annoncer au conducteur l'interdiction de changer de voie

-Ligne discontinues : les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir

**1-4-2-2 : 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

**1-4-3 : Autre marquage :**

**a-Flèche de rabattement** : une flèche légèrement incurvée signalant aux usagers qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.

**b-Flèches de sélection** : flèches situées au milieu d'une voie signalant aux usagers notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.

**1-4-4 : Largeur des lignes :**

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

U=7.5cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.

U=6cm sur les routes et voies urbaines.

U=5cm sur les autres routes.

**1-6-Application au projet :**

Dans le cadre de notre étude tout en respectant les critères énoncés ainsi que la réglementation routière algérienne, les différents types des panneaux de signalisation utilisés pour notre projet sont les suivant :

**1-6-1 : Signalisations d'avertissement :**

Double virage premier  
à droite



Danger virage à  
gauche



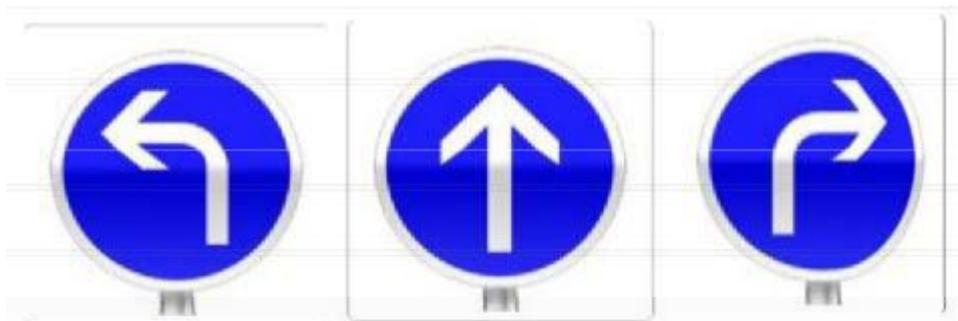
Danger virage à  
droite



Dépassement interdit



Vitesse limité

**1-6-2 : Signaux d'obligations :****1-6-3 : sens obligatoire :****1-7-Conclusion :**

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

## 2-Eclairage

### 2-1-Introduction :

L'éclairage public doit assurer aux usagers de la route de circuler de nuit avec une sécurité et un confort satisfaisant, c'est-à-dire voir tout ce qu'il pourra exister comme obstacles sans l'aide des feux de route ou de croisement, ainsi que voir tout les éléments de la route (les bordures de trottoir, les carrefours.....etc.)

Une bonne visibilité des bordures de trottoir, des véhicules et des obstacles et l'absence de zone d'ombre sont essentiels pour les piétons.

Il existe quatre classes d'éclairage public.

- **Classe A** : éclairage général d'une route ou autoroute.
- **Classe B** : éclairage urbain (voirie artérielle et distribution)
- **Classe C** : éclairage des voies dessertes.
- **Classe D** : éclairage d'un point singulier (carrefour, virage....) situé sur un itinéraire non éclairé.

### 2-2-Eclairage d'un point singulier :

Les caractéristiques de l'éclairage d'un point singulier, situé sur un itinéraire non éclairé doivent être les suivantes :

A longue distance 800 à 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.

### 2-3-Paramètre de l'implantation des luminaires :

-L'espacement (E) entre linaire qui varie en fonction de type des voies.

-la hauteur(H) du luminaire : elle est généralement de l'ordre 8 à 10m et parfois 12m pour les grandes largeurs de chaussées.

- la largeur(L) de la chaussée.

-La porte à faux(P) du foyer par rapport au support.

-L'inclinaison ou non du foyer lumineux et son surplomb(S) par rapport au bord de la chaussées

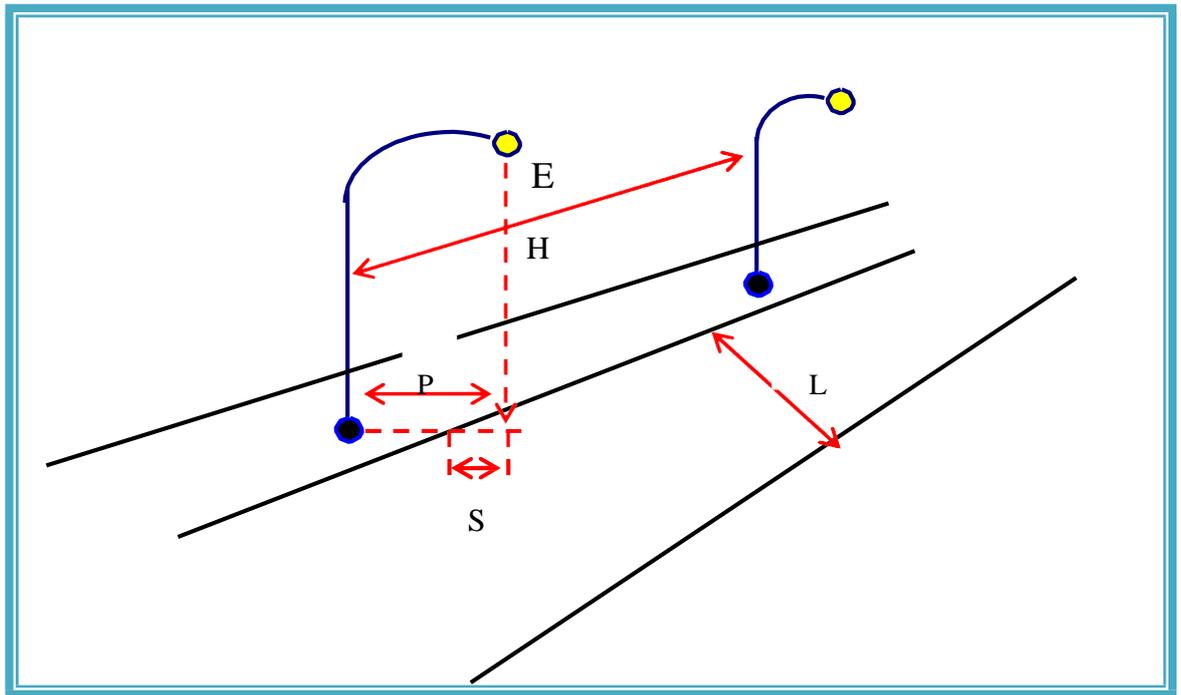


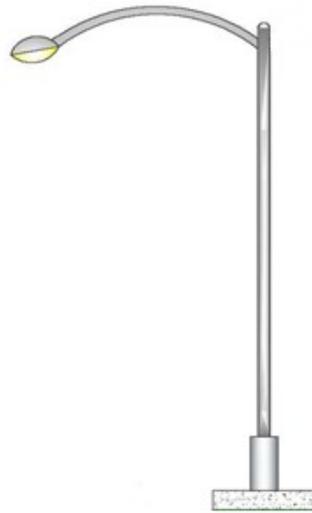
Figure1 : Paramètre de l'implantation des luminaires

#### 2-4-Eclairage de la voie

Pour l'éclairage de la voie des lampadaires sont implantés du part et d'autre de la voie espacée de 20 m l'un par rapport à l'autre

##### 2-4-1 : Eclairage des carrefours giratoires :

Pour les carrefours on implante des lampadaires au périmètre de l'anneau central pour faire éclairer la demi-chaussée intérieur de carrefour, et aussi sur la partie extérieur de carrefour pour que les usagers identifient les différentes voies d'accès.



**Figure 2 : Un lampadaire**

**2-5- Conclusion :**

L'éclairage permet de garantir aux usagers de la voie de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible.

**1-Introduction :**

De nos jours le développement intensif des constructions en générale et des voies de communication en particulier a sérieusement altéré l'environnement, ce qui le rend un élément à ne pas sous-estimé dans l'étude d'une route, surtout en milieu forestier

Ce qui nous pousse en tant qu'ingénieur à étudier et comprendre tous les paramètres qui nuisent à l'environnement pour les minimiser au maximum

Cependant, il existe comme certain effet positif due à la construction d'une route, qu'il faut optimiser au maximum

**2-Effet négatif**

Ils sont en général causés par la réalisation de l'ouvrage lui-même, les plus importants sont les suivants

**3-L'impact sur la qualité de l'air**

La pollution de l'air due au trafic routier est essentiellement causée par les gaz d'échappement et la poussière. La réduction de ces effets exige une modification de la politique nationale qui devra fixer comme objectifs :

- La limitation des rejets de gaz carbonique en optant pour des véhicules moins polluants.
- Développer les énergies renouvelables
- Réduire les pentes des tronçons pour éviter les surconsommations inutiles
- Une meilleure gestion du trafic
- Favoriser et stimuler les activités agricoles
- L'utilisation des autres moyens de transport

**4-L'impact sur les ressources hydriques**

Les réseaux routiers peuvent modifier les écoulements et la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines, entraînant parfois un risque accru d'inondation, d'érosion et de dépôts.

Pour éviter la pollution à court ou à long termes des eaux superficielles et souterraines, la conception de bassins antipollution ou de merlons anti déversement est un moyen assez efficace pour réduire ou bien supprimer ce type de nuisance. Aussi le drainage des routes soit conçu de façon à retenir l'eau dans des micro-bassins pour une utilisation ultérieure soit par l'homme soit par la nature, ou bien pour réduire le risque des eaux stagnantes et d'inondation.

### **5-L'impact sur la faune et la flore**

Les projets routiers peuvent générer des impacts importants sur le milieu naturel et il est nécessaire de s'engager dans une étude approfondie sur ces effets sur l'écosystème.

Le choix du tracé doit prendre en compte les problèmes liés à l'environnement biologique. Des précautions peuvent être prises à un stade précoce de la planification du projet pour protéger le milieu naturel et faciliter le déplacement de la faune par l'implantation de passages pour faune et encore de franchissement revêtue ou non, ces passages doivent être conçus de telle sorte que leur entretien soit le plus simple possible et leur gestion soit écologique.

### **6-Les nuisances sonores**

C'est l'un des impacts les plus ressentis des voies de circulation et il apparaît dès le début des travaux de réalisation avec les engins d'excavation et de déplacement des matériaux, c'est pour cela qu'une attention particulière doit être apportée aux normes applicables aux niveaux sonores des engins, aux horaires de travail, aux itinéraires de transport des matériaux et à toute autre aspect ayant une influence sur la gestion du chantier, cependant même les constructeurs d'engins et de véhicules travaillent et développent constamment des moteurs de moins en moins bruyants.

Cependant, l'amplitude des ondes sonores diminue avec l'éloignement de la source du son, ce qui montre que l'amélioration du tracé d'une route peut minimiser l'impact du bruit, et ceci en respectant les deux règles suivantes :

- Eloignement des habitations, soit verticalement, soit horizontalement, par rapport aux voies de circulation

- Une bonne orientation de ces habitation par rapport aux voies et surtout par rapport aux point de la circulation qui génèrent le plus de nuisance sonores, tell qui les feux ; les carrefours et les rampes

On peut aussi aboutir a un résultat positif avec une bonne insertion des nouvelle voies en tissu urbain, comportant notamment

- La diminution de la réflexion due à des façades parallèles
- La mise en tranchée ou en tunnel des voies de circulation
- La protection par des écrans plains (en verre ou en béton)
- La réalisation de plantation avec des épaisseurs importantes (mais)

### **7-L'impact sur les structures existantes**

la destruction touche en général les bâtis qui ont été construite sans la permission du service d'urbanisme de la commune ainsi que par le plan directeur d'architecture et d'urbanisme, et aussi la destruction de certaine structure de faible valeur tell que les clôtures qui gênent la route

### **8-L'impact sur la sécurité**

Lorsque un tronçon routier traverse une agglomération il faut prendre en compte le risque potentiel des piétons que peuvent traversée la voie

Pour assurer leur sécurité on doit :

- Implantée des passerelles au niveau des centre qui générant les mouvements de foules
- Implantée des trottoirs tout le long de la route

### **9-Impact positif**

Cependant, la présence d'une route a tout de même des effets bénéfiques pour l'environnement que l'on résume en général à :

- Une Réduction des embouteillages ce qui réduit le taux de pollution
- Un confort pour les usagée et une meilleur sécurité
- La stimulation des activités économiques et agricoles dans la région traversée

- Le développement touristique
- Un meilleur accès aux régions isolées

**10-Conclusion :**

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 : les passerelles ou la destruction de structure existante.

L'impact sur les réseaux hydraulique naturelle reste assez important d'où la réalisation d'ouvrage d'évacuation, telle que : dalot et ouvrage busé.

Cependant, il y'a lieu de précisé qu'avec la réalisation de cette déviation, le temps de parcoure est diminuer, ce qui réduit considérablement la pollution et la consommation en carburent des véhicules.

**1-Introduction :**

Pour une évaluation du cout réel d'un projet routier, on doit connaître son impact sur la collectivité, les responsables du chantier doivent équiper leur étude d'un plan d'exécution de l'ouvrage (PEO) qui comprend un devis quantitatif et estimatif.

**2-Devis quantitatif et estimatif :**

Lors de la soumission a un marché, le service technique ce donne la tache de prévoir le cout approximatif du projet, et cela en fonction des quantités de travaux a réalisée, ce devis sous forme d'un tableau ou figure les quantités avec leur unité de mesure ainsi que les prix unitaire et leur montant total.

N°	Désignation des travaux	U	Quantités	PU HT	Montant HT
1	<b>L'installation de Chantier</b>				
1.1	Amené et repli du matériel (y compris toutes installations confondus)	F	1	1 500 000	1 500 000,00
1.2	Dossier d'exécution	F	1	200 000	200 000,00
1.3	Etude géotechnique complémentaire	F	1	150 000	150 000,00
	<b>Total (1)</b>				<b>1 850 000.00</b>
2	<b>Travaux préparatoires</b>				
2.1	Déboisement et débroussaillage	M <sup>2</sup>	30000	40.00	1 200000.00
2.2	Décapage de la terre végétale	M <sup>2</sup>	30000.00	50	1500000.00
	<b>Total (2)</b>				<b>2700 000.00</b>
3	<b>Terrassement généraux</b>				
3.1	Déblais (extraction transport et mise en dépôt)	M <sup>3</sup>	217235	140	30412900.00
3.2	Remblais en provenance d'emprunts	M <sup>3</sup>	614474.5	400	245789800.00
	<b>Total (3)</b>				<b>276202700.00</b>
4	<b>Travaux de chaussée</b>				
4.1	Mise en place d'une Couche de forme en	M <sup>3</sup>	8000	800.00	6400000.00

	matériaux sectionnés (TUF) Ep = 40 cm				
4.2	Fourniture, transport et mise en œuvre de grave concassées pour une couche de fondation ep=30cm	M <sup>3</sup>	6000	1600.00	9600000.00
4.3	Fourniture, transport et mise en œuvre de grave concassées pour une couche de base ep=15cm	M <sup>3</sup>	3000	1600.00	4800000.00
4.4	Fourniture, transport et mise en œuvre du béton bitumineux ep= 6cm	T	12000	4200.00	50400000.00
	<b>Total (4)</b>				<b>71 200 000.00</b>
5	<b>Travaux d'assainissement</b>				
5.1	Fourniture et pose de buse en béton	ML	15	20 000.00	300 000.00
5.2	Fourniture et pose de dalot	ML	20	11 000	220 000.00
	<b>Total (5)</b>				<b>520 000.00</b>
	<b>5- Divers</b>				
	Glissière de sécurité	ML	2150	2 000	43 00 000.00
	<b>Total (6)</b>				<b>2 300 000.00</b>
	<b>6-EQUIPEMENT ROUTIER</b>				
6.1	Marquage horizontale				
6.1.1	Marquage de la chaussée en lignes continues de largeur de 20 cm	ML	3000	50	150000.00
6.1.2	Marquage de la chaussée en lignes discontinue	ML	1875	50	93750 .00
6.2	Signalisation verticale				
6.2.1	Panneaux de signalisation verticale :				
6.2.1.1	signaux de danger	U	9	410	3690.00
6.2.1.2	signaux de direction	U	3	410	1230.00
	<b>SOUS TOTAL (7)</b>				<b>248670.00</b>
				Total en HT	<b>355021370.00</b>
				TVA 17%	<b>60353632.90</b>
				<b>TOTAL EN TTC</b>	<b>415375002.90</b>

**3-Conclusion :**

Le montant de notre projet est arrêté à :

*Quatre cent quinze millions trois cent soixante- quinze mille et deux Dinars et quatre vingt dix centimes*

En réalisant ce travail, nous avons pu avoir un aperçu des difficultés techniques dans la réalisation d'un projet routier. C'est aussi une occasion d'appliquer et d'approfondir les connaissances acquises durant notre cursus universitaire et les adapter aux exigences réelles qu'impose le terrain tout en veillant au respect des normes imposées par la réglementation algérienne.

Le fait que ce projet traverse plusieurs types de relief en allant du terrain vallonné au terrain montagneux, rend le travail assez délicat, car on doit trouver le tracé le plus adéquat aux deux conditions. À l'issue de cette contrainte et dans le but de garantir une sécurité maximale des usagers de la route, et cela même au détriment de l'aspect économique, nous avons choisi une variante dans laquelle le volume de remblai est assez important par rapport à celui du déblai, et donc la nécessité de trouver un parc d'approvisionnement.

Et aussi, faire un bon dimensionnement du corps de chaussée car la RN 25 est une route qui possède un trafic très agressif.

Notre travail a été effectué sur la base des données suivantes :

- Le trafic à l'année 2015  $TMJA=2200v/j$
- Un taux d'accroissement annuel du trafic noté  $\tau=4\%$
- Une vitesse de base de :  $V_B=60km/h$
- Le pourcentage de poids lourds  $Z=22.7\%$
- L'année de mise en service est : 2018
- Une durée de vie de 20 ans
- La route est de catégorie C2
- L'environnement E2

Les résultats obtenus par cette étude sont les suivants :

- Une longueur d'axe : 2994.643 m
- Une chaussée bidirectionnelle  $(1 \times 3.5) \times 2 = 7.00m$
- Un accotement de 1.5m de chaque côté  $2 \times 1.5 = 3.00m$
- Largeur totale de la plateforme de : 10m

- Couche de roulement : BB= 6 cm
- Couche de base : GB= 15 cm
- Couche de fondation : GNT =30 cm
- Couche de forme : TUF= 40 cm

Avec l'utilisation des codes de calcul, telle que les logiciel PIST5 AUTOCAD, ALIZE III, on a put réaliser un travail affinée. Ceci nous prépare à une bonne insertion dans la vie professionnelle.

## BIBLIOGRAPHIE

- B40, normes techniques d'aménagement des routes, Alger
- SETRA, Aménagement des Routes Principales (A.R.P) ,1994
- SETRA, conception et dimensionnement de structure de chaussée (guide technique), le laboratoire centrale des ponts et chaussées, Paris, 1994
- CTTP Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :
  - Fascicule1
  - Fascicule2
  - Fascicule3
- I.C.T.A.A.L (Instruction sur les Condition Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison), Ministère de l'équipement des transports et du logement, Direction des routes SETRA, 2000.
- Cours de routes 1 ère année MASTER.
- Code algérien de la route
- Recommandation pour l'assainissement routière (SETRA)
- Site web
- Mémoire de fin d'étude dans le thème Evitement de la RN12 sur 5 Km année 2013/2014

### Axe en plan

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0.000	5517.100	6127.950
D1	GIS = 252.795g	143.498			
			143.498	5411.275	6031.033
C1	XC= 5472.060				
	YC= 5964.662	86.978			
	R = 90.000				
			230.476	5382.904	5952.361
D2	GIS = 191.271g	45.830			
			276.306	5389.168	5906.960
C2	XC= 5508.042				
	YC= 5923.362	44.292			
	R = 120.000				
			320.598	5403.091	5865.179
D3	GIS = 167.774g	100.366			
			420.963	5451.755	5777.400
C3	XC= 5381.787				
	YC= 5738.611	98.332			
	R = -80.000				
			519.295	5441.776	5685.683
D4	GIS = 246.024g	56.038			
			575.334	5404.701	5643.662
C4	XC= 5337.214				
	YC= 5703.206	89.328			
	R = -90.000				
			664.662	5324.237	5614.146

D5	GIS = 309.211g	126.629			
			791.291	5198.931	5632.404
C5	XC= 5185.955				
	YC= 5543.344	60.530			
	R = 90.000				
			851.821	5140.622	5621.094
D6	GIS = 266.395g	57.422			
			909.243	5091.017	5592.171
C6	XC= 5136.349				
	YC= 5514.421	87.832			
	R = 90.000				
			997.075	5046.551	5520.449
D7	GIS = 204.267g	63.295			
			1060.370	5042.312	5457.295
C7	XC= 4952.514				
	YC= 5463.322	56.382			
	R = -90.000				
			1116.752	5021.726	5405.792
D8	GIS = 244.149g	107.906			
			1224.659	4952.750	5322.810
C8	XC= 4860.468				
	YC= 5399.517	59.747			
	R = -120.000				
			1284.406	4904.913	5288.051

D9	GIS = 275.846g	149.964			
			1434.369	4765.615	5232.508
C9	XC= 4802.653				
	YC= 5139.620	40.879			
	R = 100.000				
			1475.249	4731.744	5210.131
D10	GIS = 249.821g	143.155			
			1618.404	4630.803	5108.621
C10	XC= 4737.167				
	YC= 5002.854	14.293			
	R = 150.000				
			1632.696	4621.223	5098.022
D11	GIS = 243.755g	84.793			
			1717.489	4567.425	5032.481
C11	XC= 4660.181				
	YC= 4956.346	101.917			
	R = 120.000				
			1819.406	4541.752	4936.991
D12	GIS = 189.687g	98.844			
			1918.249	4557.695	4839.441
C12	XC= 4685.993				
	YC= 4860.410	48.709			
	R = 130.000				
			1966.959	4574.270	4793.941
D13	GIS = 165.833g	99.028			
			2065.986	4624.903	4708.836
C13	XC= 4521.774				
	YC= 4647.481	61.360			

	R = -120.000				
			2127.346	4641.735	4650.524
D14	GIS = 198.386g	57.460			
			2184.806	4643.192	4593.082
C14	XC= 4513.234				
	YC= 4589.785	85.689			
	R = -130.000				
			2639.454	4473.317	4186.389
C17	XC= 4385.222				
	YC= 4252.262	74.282			
	R = -110.000				
			2713.737	4412.804	4145.776
D18	GIS = 283.865g	121.149			
			2834.885	4295.525	4115.399
C18	XC= 4270.451				
	YC= 4212.205	49.451			
	R = -100.000				
			2884.336	4246.578	4115.096
D19	GIS = 315.346g	110.307			
			2994.643	4139.460	4141.430
LONGUEUR DE L'AXE 2994.643					

### Profil en long

Elém	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0.000	63.547
D1	PENTE= 2.046 %	534.849		
			534.849	74.491
PR1	S= 522.5717 Z= 74.3654	28.242		
	R = 600.00			
			563.091	75.734
D2	PENTE= 6.753 %	414.951		
			978.042	103.756
PR2	S= 1032.0675 Z= 105.5803	1.596		
	R = -800.00			
			979.638	103.862
D3	PENTE= 6.554 %	324.838		
			1304.476	125.151
PR3	S= 1245.4929 Z= 123.2184	4.848		
	R = 900.00			
			1309.324	125.482
D4	PENTE= 7.092 %	418.850		
			1728.174	155.188
PR4	S= 1777.8209 Z= 156.9488	39.811		
	R = -700.00			
			1767.986	156.880
D5	PENTE= 1.405 %	171.707		

			1939.693	159.292
PR5	S= 1928.4527 Z= 159.2133	46.654		
	R = 800.00			
			1986.347	161.308
D6	PENTE= 7.237 %	1008.296		
			2994.643	234.276
LONGUEUR DE L'AXE 2994.643				

TABULATION

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	63.547	63.547	5517.100	6127.950	352.795g	2.50	-2.5
2	20.000	61.886	63.956	5502.351	6114.442	352.795g	2.50	-2.5
3	40.000	60.495	64.365	5487.601	6100.935	352.795g	2.50	-2.5
4	60.000	61.751	64.775	5472.852	6087.427	352.795g	2.50	-2.5
5	80.000	61.637	65.184	5458.103	6073.919	352.795g	2.50	-2.5
6	100.000	62.384	65.593	5443.353	6060.411	352.795g	2.50	-0.6
7	120.000	63.308	66.002	5428.604	6046.904	352.795g	2.86	2.8
8	140.000	64.093	66.412	5413.855	6033.396	352.795g	6.38	6.3
9	143.498	64.318	66.483	5411.275	6031.033	352.795g	7.00	7.0
10	160.000	65.194	66.821	5400.193	6018.838	341.123g	7.00	7.0
11	180.000	65.732	67.230	5390.019	6001.667	326.976g	7.00	7.0
12	200.000	65.248	67.639	5383.881	5982.675	312.829g	4.16	4.1
13	220.000	63.954	68.049	5382.079	5962.798	298.682g	2.50	0.6
14	230.476	62.761	68.263	5382.904	5952.361	291.271g	2.50	-1.2
15	240.000	61.564	68.458	5384.206	5942.926	291.271g	2.50	-2.1
16	260.000	60.002	68.867	5386.940	5923.113	291.271g	2.50	1.2
17	276.306	61.418	69.201	5389.168	5906.960	291.271g	4.26	4.2
18	280.000	62.020	69.276	5389.729	5903.309	289.312g	4.91	4.9
19	300.000	66.234	69.685	5394.696	5883.960	278.701g	7.00	7.0
20	320.000	73.317	70.095	5402.803	5865.702	268.091g	6.10	6.1
21	320.598	73.545	70.107	5403.091	5865.179	267.774g	6.00	6.0
22	340.000	72.631	70.504	5412.499	5848.209	267.774g	2.58	2.5
23	360.000	70.726	70.913	5422.196	5830.717	267.774g	2.50	-0.8
24	380.000	72.953	71.322	5431.893	5813.226	267.774g	0.54	-2.5
25	400.000	74.091	71.732	5441.590	5795.734	267.774g	-2.97	-2.9
26	420.000	74.873	72.141	5451.288	5778.242	267.774g	-6.49	-6.4
27	420.963	74.954	72.161	5451.755	5777.400	267.774g	-6.66	-6.6
28	440.000	74.841	72.550	5458.926	5759.814	282.923g	-7.00	-7.0
29	460.000	72.401	72.959	5461.774	5740.070	298.839g	-7.00	-7.0
30	480.000	70.000	73.369	5459.648	5720.236	314.754g	-7.00	-7.0
31	500.000	70.000	73.778	5452.682	5701.544	330.670g	-3.54	-3.5
32	519.295	70.000	74.173	5441.776	5685.683	346.024g	-0.15	-2.5
33	520.000	70.000	74.187	5441.310	5685.155	346.024g	-0.02	-2.5
34	540.000	70.000	74.619	5428.078	5670.157	346.024g	1.50	-2.5
35	560.000	76.535	75.533	5414.846	5655.160	346.024g	-2.01	-2.5
36	575.334	85.702	76.560	5404.701	5643.662	346.024g	-4.71	-4.7
37	580.000	86.882	76.876	5401.525	5640.245	349.325g	-5.53	-5.5
38	600.000	80.503	78.226	5386.067	5627.619	363.472g	-7.00	-7.0
39	620.000	70.137	79.577	5368.206	5618.710	377.619g	-7.00	-7.0
40	640.000	75.565	80.927	5348.821	5613.958	391.766g	-7.00	-7.0
41	660.000	80.727	82.278	5328.866	5613.594	5.913g	-7.00	-7.0
42	664.662	79.108	82.593	5324.237	5614.146	9.211g	-7.00	-7.0
43	680.000	70.961	83.629	5309.060	5616.358	9.211g	-4.30	-4.3
44	700.000	65.000	84.979	5289.269	5619.241	9.211g	-0.78	-2.5
45	720.000	65.000	86.330	5269.477	5622.125	9.211g	2.50	-2.5
46	740.000	65.000	87.681	5249.686	5625.009	9.211g	2.50	-2.0
47	760.000	65.904	89.031	5229.895	5627.892	9.211g	2.50	1.4
48	780.000	66.202	90.382	5210.104	5630.776	9.211g	5.01	5.0
49	791.291	67.155	91.144	5198.931	5632.404	9.211g	7.00	7.0
50	800.000	68.115	91.733	5190.266	5633.241	3.051g	7.00	7.0
51	820.000	70.885	93.083	5170.347	5631.981	388.904g	5.93	5.9
52	840.000	74.907	94.434	5151.196	5626.361	374.757g	2.50	2.4
53	851.821	80.040	95.232	5140.622	5621.094	366.395g	2.50	0.2
54	860.000	81.049	95.784	5133.557	5616.974	366.395g	2.50	-1.1
55	880.000	83.612	97.135	5116.279	5606.900	366.395g	2.50	-0.2

TABULATION

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
56	900.000	86.266	98.486	5099.002	5596.827	366.395g	3.15	3.7
57	909.243	87.497	99.110	5091.017	5592.171	366.395g	4.77	4.7
58	920.000	88.976	99.836	5082.069	5586.211	358.786g	6.67	6.6
59	940.000	91.982	101.187	5067.582	5572.482	344.639g	7.00	7.0
60	960.000	96.181	102.538	5056.476	5555.899	330.492g	7.00	7.0
61	980.000	105.823	103.886	5049.299	5537.275	316.345g	4.11	4.7
62	997.075	114.536	105.005	5046.551	5520.449	304.267g	2.50	1.7
63	1000.000	116.001	105.197	5046.355	5517.530	304.267g	2.50	0.9
64	1020.000	119.680	106.507	5045.016	5497.575	304.267g	2.07	-2.5
65	1040.000	120.000	107.818	5043.676	5477.620	304.267g	-1.45	-2.5
66	1060.000	120.000	109.129	5042.337	5457.665	304.267g	-4.97	-4.5
67	1060.370	120.000	109.153	5042.312	5457.295	304.267g	-5.03	-5.0
68	1080.000	120.000	110.440	5038.881	5438.007	318.152g	-7.00	-7.0
69	1100.000	119.391	111.750	5031.177	5419.595	332.299g	-7.00	-7.0
70	1116.752	118.619	112.848	5021.726	5405.792	344.149g	-6.99	-6.5
71	1120.000	118.404	113.061	5019.650	5403.295	344.149g	-6.42	-6.4
72	1140.000	109.233	114.372	5006.866	5387.915	344.149g	-2.90	-2.5
73	1160.000	103.956	115.683	4994.081	5372.534	344.149g	0.62	-2.5
74	1180.000	106.924	116.993	4981.297	5357.154	344.149g	0.86	-2.5
75	1200.000	117.788	118.304	4968.513	5341.773	344.149g	-2.66	-2.6
76	1220.000	120.000	119.615	4955.728	5326.393	344.149g	-6.17	-6.7
77	1224.659	120.000	119.920	4952.750	5322.810	344.149g	-6.99	-6.5
78	1240.000	120.000	120.926	4942.217	5311.670	352.288g	-7.00	-7.0
79	1260.000	120.000	122.236	4926.511	5299.326	362.898g	-7.00	-7.0
80	1280.000	121.784	123.547	4908.975	5289.758	373.508g	-7.00	-7.0
81	1284.406	122.143	123.836	4904.913	5288.051	375.846g	-7.00	-7.0
82	1300.000	123.372	124.858	4890.428	5282.275	375.846g	-4.26	-4.2
83	1320.000	126.159	126.239	4871.850	5274.868	375.846g	-0.74	-2.5
84	1340.000	131.699	127.658	4853.273	5267.460	375.846g	2.50	-2.5
85	1360.000	132.855	129.076	4834.695	5260.053	375.846g	2.50	-2.5
86	1380.000	128.605	130.495	4816.118	5252.645	375.846g	2.50	-2.5
87	1400.000	137.251	131.913	4797.540	5245.237	375.846g	2.50	0.5
88	1420.000	136.985	133.331	4778.962	5237.830	375.846g	4.47	4.4
89	1434.369	134.990	134.351	4765.615	5232.508	375.846g	7.00	7.0
90	1440.000	134.484	134.750	4760.446	5230.276	372.261g	7.00	7.0
91	1460.000	133.323	136.168	4743.277	5220.084	359.529g	7.00	7.0
92	1475.249	133.234	137.250	4731.744	5210.131	349.821g	7.00	7.0
93	1480.000	133.107	137.587	4728.393	5206.762	349.821g	6.16	6.7
94	1500.000	132.275	139.005	4714.291	5192.580	349.821g	2.65	2.6
95	1520.000	133.476	140.424	4700.189	5178.398	349.821g	2.50	-0.8
96	1540.000	135.161	141.842	4686.086	5164.216	349.821g	2.50	-2.5
97	1560.000	136.579	143.261	4671.984	5150.035	349.821g	2.50	-2.5
98	1580.000	138.087	144.679	4657.882	5135.853	349.821g	2.50	0.2
99	1600.000	139.084	146.098	4643.779	5121.671	349.821g	3.76	3.7
100	1618.404	141.335	147.403	4630.803	5108.621	349.821g	7.00	7.0
101	1620.000	141.653	147.516	4629.683	5107.483	349.143g	6.72	6.7
102	1632.696	143.886	148.417	4621.223	5098.022	343.755g	4.49	4.4
103	1640.000	144.889	148.935	4616.589	5092.376	343.755g	3.20	3.2
104	1660.000	155.826	150.353	4603.899	5076.917	343.755g	2.50	-0.2
105	1680.000	162.552	151.772	4591.210	5061.458	343.755g	2.50	-1.7
106	1700.000	165.926	153.190	4578.521	5045.999	343.755g	2.50	2.2
107	1717.489	167.588	154.430	4567.425	5032.481	343.755g	5.43	5.4
108	1720.000	167.984	154.608	4565.853	5030.523	342.423g	5.87	5.8
109	1740.000	172.813	155.927	4554.854	5013.847	331.812g	7.00	7.0
110	1760.000	134.716	156.722	4546.774	4995.576	321.202g	7.00	7.0

**TABULATION**

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
111	1780.000	120.291	157.048	4541.838	4976.219	310.592g	7.00	7.0
112	1800.000	191.282	157.329	4540.181	4956.311	299.981g	7.00	7.0
113	1819.406	182.975	157.602	4541.752	4936.991	289.687g	5.79	5.7
114	1820.000	182.724	157.611	4541.848	4936.404	289.687g	5.69	5.6
115	1840.000	174.264	157.892	4545.074	4916.666	289.687g	2.50	2.5
116	1860.000	171.806	158.173	4548.300	4896.928	289.687g	2.50	-1.5
117	1880.000	160.000	158.454	4551.526	4877.190	289.687g	2.50	-0.5
118	1900.000	160.000	158.735	4554.752	4857.451	289.687g	3.38	3.3
119	1918.249	160.000	158.991	4557.695	4839.441	289.687g	6.59	6.5
120	1920.000	160.000	159.016	4557.989	4837.715	288.829g	6.90	6.9
121	1940.000	160.000	159.297	4562.979	4818.368	279.035g	7.00	7.0
122	1960.000	160.000	159.835	4570.874	4800.014	269.241g	7.00	7.0
123	1966.959	160.000	160.140	4574.270	4793.941	265.833g	5.82	5.8
124	1980.000	158.554	160.874	4580.938	4782.733	265.833g	3.52	3.5
125	2000.000	135.203	162.296	4591.164	4765.545	265.833g	2.50	0.0
126	2020.000	131.699	163.744	4601.390	4748.357	265.833g	1.49	-2.5
127	2040.000	129.727	165.191	4611.616	4731.169	265.833g	-2.03	-2.5
128	2060.000	130.379	166.638	4621.842	4713.981	265.833g	-5.55	-5.5
129	2065.986	130.464	167.071	4624.903	4708.836	265.833g	-6.60	-6.6
130	2080.000	131.657	168.086	4631.349	4696.402	273.268g	-7.00	-7.0
131	2100.000	129.862	169.533	4637.947	4677.546	283.878g	-5.15	-5.5
132	2120.000	126.062	170.980	4641.325	4657.857	294.488g	-1.63	-2.5
133	2127.346	124.169	171.512	4641.735	4650.524	298.386g	-0.33	-2.5
134	2140.000	118.288	172.428	4642.056	4637.874	298.386g	1.89	-2.5
135	2160.000	110.816	173.875	4642.563	4617.880	298.386g	-0.41	-2.5
136	2180.000	106.213	175.322	4643.071	4597.887	298.386g	-3.93	-3.5
137	2184.806	105.502	175.670	4643.192	4593.082	298.386g	-4.77	-4.5
138	2200.000	102.535	176.770	4642.690	4577.905	305.826g	-7.00	-7.0
139	2220.000	91.393	178.217	4639.341	4558.208	315.620g	-7.00	-7.0
140	2240.000	74.421	179.664	4633.012	4539.256	325.414g	-7.00	-7.0
141	2260.000	71.159	181.112	4623.855	4521.498	335.208g	-6.57	-6.5
142	2270.495	72.954	181.871	4617.987	4512.800	340.348g	-4.73	-4.5
143	2280.000	74.641	182.559	4612.359	4505.141	340.348g	-3.06	-3.0
144	2300.000	79.238	184.007	4600.515	4489.025	340.348g	0.46	-2.5
145	2320.000	87.474	185.454	4588.671	4472.909	340.348g	2.50	-1.0
146	2340.000	95.148	186.901	4576.827	4456.793	340.348g	2.50	2.5
147	2360.000	101.640	188.349	4564.983	4440.677	340.348g	6.02	6.0
148	2361.258	102.169	188.440	4564.238	4439.664	340.348g	6.24	6.5
149	2380.000	110.022	189.796	4554.361	4423.758	330.405g	7.00	7.0
150	2400.000	118.093	191.243	4546.687	4405.314	319.795g	7.00	7.0
151	2420.000	123.765	192.691	4542.179	4385.852	309.184g	3.76	3.7
152	2435.792	125.191	193.834	4540.942	4370.120	300.806g	2.50	0.5
153	2440.000	125.620	194.138	4540.889	4365.912	300.806g	2.50	0.5
154	2460.000	125.953	195.585	4540.636	4345.914	300.806g	1.72	-2.5
155	2480.000	125.433	197.033	4540.382	4325.916	300.806g	-1.80	-2.5
156	2498.149	124.515	198.346	4540.152	4307.769	300.806g	-4.99	-4.5
157	2500.000	124.606	198.480	4540.112	4305.918	301.985g	-5.32	-5.5
158	2520.000	124.924	199.927	4537.500	4286.122	314.718g	-7.00	-7.0
159	2540.000	128.422	201.375	4531.008	4267.241	327.450g	-6.80	-6.5
160	2560.000	138.988	202.822	4520.893	4250.025	340.182g	-3.28	-3.5
161	2561.087	139.646	202.901	4520.247	4249.151	340.875g	-3.09	-3.0
162	2580.000	146.248	204.270	4508.921	4234.004	340.875g	0.23	-2.5
163	2600.000	151.399	205.717	4496.944	4217.987	340.875g	1.25	-2.5
164	2620.000	154.003	207.164	4484.968	4201.970	340.875g	-2.27	-2.5
165	2639.454	156.545	208.572	4473.317	4186.389	340.875g	-5.69	-5.6

### TABULATION

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
166	2640.000	156.630	208.612	4472.990	4185.953	341.190g	-5.79	-5.7
167	2660.000	159.049	210.059	4459.553	4171.176	352.765g	-7.00	-7.0
168	2680.000	162.198	211.506	4443.666	4159.073	364.340g	-7.00	-7.0
169	2700.000	167.021	212.954	4425.852	4150.041	375.915g	-7.00	-7.0
170	2713.737	170.678	213.948	4412.804	4145.776	383.865g	-7.00	-7.0
171	2720.000	171.169	214.401	4406.740	4144.206	383.865g	-5.90	-5.9
172	2740.000	172.737	215.848	4387.379	4139.191	383.865g	-2.38	-2.3
173	2760.000	175.985	217.296	4368.018	4134.176	383.865g	1.14	-2.3
174	2780.000	183.056	218.743	4348.657	4129.161	383.865g	2.50	-2.3
175	2800.000	186.392	220.190	4329.296	4124.146	383.865g	-0.86	-2.3
176	2820.000	189.519	221.638	4309.935	4119.132	383.865g	-4.38	-4.3
177	2834.885	192.906	222.715	4295.525	4115.399	383.865g	-7.00	-7.0
178	2840.000	194.454	223.085	4290.543	4114.244	387.121g	-7.00	-7.0
179	2860.000	205.497	224.533	4270.681	4112.205	399.854g	-7.00	-7.0
180	2880.000	212.872	225.980	4250.810	4114.153	12.586g	-7.00	-7.0
181	2884.336	214.194	226.294	4246.578	4115.096	15.346g	-7.00	-7.0
182	2900.000	219.092	227.427	4231.367	4118.836	15.346g	-4.24	-4.2
183	2920.000	222.376	228.875	4211.945	4123.610	15.346g	-0.73	-2.3
184	2940.000	226.524	230.322	4192.523	4128.385	15.346g	2.50	-2.3
185	2960.000	233.324	231.769	4173.102	4133.160	15.346g	2.50	-2.3
186	2980.000	236.237	233.217	4153.680	4137.934	15.346g	2.50	-2.3
187	2994.643	234.276	234.276	4139.460	4141.430	15.346g	2.50	-2.3

### Volume chaussée

No PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
1	0.000	33.9	16.8	4.2	0.0	0.0
2	20.000	70.7	33.6	8.4	0.0	0.0
3	40.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
4	60.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
5	80.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
6	100.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
7	120.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
8	140.000	43.0	19.7	4.9	0.0	0.0
9	143.498	36.6	16.8	4.2	0.0	0.0
10	160.000	66.8	30.7	7.7	0.0	0.0
11	180.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
12	200.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
13	220.000	55.8	25.6	6.4	0.0	0.0
14	230.476	36.6	16.8	4.2	0.0	0.0
15	240.000	54.1	24.8	6.2	0.0	0.0
16	260.000	66.5	30.5	7.6	0.0	0.0
17	276.306	36.6	16.8	4.2	0.0	0.0
18	280.000	43.4	19.9	5.0	0.0	0.0
19	300.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
20	320.000	32.1	17.3	4.3	0.0	0.0
21	320.598	31.1	16.8	4.2	0.0	0.0
22	340.000	61.3	33.1	8.3	0.0	0.0
23	360.000	66.4	33.6	8.4	0.0	0.0

24	380.000	62.2	33.6	8.4	0.0	0.0
25	400.000	62.2	33.6	8.4	0.0	0.0
26	420.000	32.6	17.6	4.4	0.0	0.0
27	420.963	31.1	16.8	4.2	0.0	0.0
28	440.000	60.7	32.8	8.2	0.0	0.0
29	460.000	67.4	33.6	8.4	0.0	0.0
30	480.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
31	500.000	72.0	33.0	8.3	0.0	0.0
32	519.295	36.6	16.8	4.2	0.0	0.0
33	520.000	37.9	17.4	4.3	0.0	0.0
34	540.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
35	560.000	55.0	29.7	7.4	0.0	0.0
36	575.334	31.1	16.8	4.2	0.0	0.0
37	580.000	38.4	20.7	5.2	0.0	0.0
38	600.000	62.2	33.6	8.4	0.0	0.0
39	620.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
40	640.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
41	660.000	45.2	20.7	5.2	0.0	0.0
42	664.662	36.6	16.8	4.2	0.0	0.0
43	680.000	64.7	29.7	7.4	0.0	0.0
44	700.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
45	720.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
46	740.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
47	760.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
48	780.000	57.3	26.3	6.6	0.0	0.0
49	791.291	36.6	16.8	4.2	0.0	0.0
50	800.000	52.5	24.1	6.0	0.0	0.0

51	820.000	73.0	33.6	8.4	0.0	0.0
52	840.000	58.0	26.7	6.7	0.0	0.0
53	851.821	36.5	16.8	4.2	0.0	0.0
54	860.000	51.4	23.7	5.9	0.0	0.0
55	880.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
56	900.000	53.5	24.6	6.1	0.0	0.0
57	909.243	36.6	16.8	4.2	0.0	0.0
58	920.000	56.0	25.8	6.5	0.0	0.0
59	940.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
60	960.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
61	980.000	57.7	31.1	7.8	0.0	0.0
62	997.075	31.1	16.8	4.2	0.0	0.0
63	1000.000	35.7	19.3	4.8	0.0	0.0
64	1020.000	62.2	33.6	8.4	0.0	0.0
65	1040.000	62.2	33.6	8.4	0.0	0.0
66	1060.000	31.7	17.1	4.3	0.0	0.0
67	1060.370	31.1	16.8	4.2	0.0	0.0
68	1080.000	61.7	33.3	8.3	0.0	0.0
69	1100.000	57.2	30.9	7.7	0.0	0.0
70	1116.752	31.1	16.8	4.2	0.0	0.0
71	1120.000	36.2	19.5	4.9	0.0	0.0
72	1140.000	72.4	33.6	8.4	0.0	0.0
73	1160.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
74	1180.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
75	1200.000	62.2	33.6	8.4	0.0	0.0
76	1220.000	38.4	20.7	5.2	0.0	0.0
77	1224.659	32.4	16.8	4.2	0.0	0.0

78	1240.000	64.7	29.7	7.4	0.0	0.0
79	1260.000	67.5	33.6	8.4	0.0	0.0
80	1280.000	41.2	20.5	5.1	0.0	0.0
81	1284.406	33.8	16.8	4.2	0.0	0.0
82	1300.000	60.3	29.9	7.5	0.0	0.0
83	1320.000	67.7	33.6	8.4	0.0	0.0
84	1340.000	62.2	33.6	8.4	0.0	0.0
85	1360.000	62.2	33.6	8.4	0.0	0.0
86	1380.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
87	1400.000	62.2	33.6	8.4	0.0	0.0
88	1420.000	53.5	28.9	7.2	0.0	0.0
89	1434.369	33.1	16.8	4.2	0.0	0.0
90	1440.000	43.2	21.5	5.4	0.0	0.0
91	1460.000	64.5	29.6	7.4	0.0	0.0
92	1475.249	36.6	16.8	4.2	0.0	0.0
93	1480.000	45.3	20.8	5.2	0.0	0.0
94	1500.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
95	1520.000	72.4	33.6	8.4	0.0	0.0
96	1540.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
97	1560.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
98	1580.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
99	1600.000	70.3	32.3	8.1	0.0	0.0
100	1618.404	36.6	16.8	4.2	0.0	0.0
101	1620.000	26.2	12.0	3.0	0.0	0.0
102	1632.696	36.6	16.8	4.2	0.0	0.0
103	1640.000	50.0	22.9	5.7	0.0	0.0
104	1660.000	62.2	33.6	8.4	0.0	0.0

105	1680.000	62.2	33.6	8.4	0.0	0.0
106	1700.000	58.3	31.5	7.9	0.0	0.0
107	1717.489	31.1	16.8	4.2	0.0	0.0
108	1720.000	35.0	18.9	4.7	0.0	0.0
109	1740.000	62.2	33.6	8.4	0.0	0.0
110	1760.000	67.5	33.6	8.4	0.0	0.0
111	1780.000	67.5	33.6	8.4	0.0	0.0
112	1800.000	61.3	33.1	8.3	0.0	0.0
113	1819.406	31.1	16.8	4.2	0.0	0.0
114	1820.000	32.0	17.3	4.3	0.0	0.0
115	1840.000	62.2	33.6	8.4	0.0	0.0
116	1860.000	62.2	33.6	8.4	0.0	0.0
117	1880.000	62.2	33.6	8.4	0.0	0.0
118	1900.000	59.5	32.1	8.0	0.0	0.0
119	1918.249	33.5	16.8	4.2	0.0	0.0
120	1920.000	36.5	18.3	4.6	0.0	0.0
121	1940.000	66.9	33.6	8.4	0.0	0.0
122	1960.000	45.0	22.6	5.7	0.0	0.0
123	1966.959	33.3	16.8	4.2	0.0	0.0
124	1980.000	59.4	27.8	6.9	0.0	0.0
125	2000.000	71.8	33.6	8.4	0.0	0.0
126	2020.000	71.8	33.6	8.4	0.0	0.0
127	2040.000	71.7	33.6	8.4	0.0	0.0
128	2060.000	46.6	21.8	5.5	0.0	0.0
129	2065.986	35.9	16.8	4.2	0.0	0.0
130	2080.000	61.1	28.6	7.1	0.0	0.0
131	2100.000	71.8	33.6	8.4	0.0	0.0

132	2120.000	49.1	23.0	5.7	0.0	0.0
133	2127.346	35.9	16.8	4.2	0.0	0.0
134	2140.000	58.4	27.4	6.9	0.0	0.0
135	2160.000	71.5	33.6	8.4	0.0	0.0
136	2180.000	44.1	20.8	5.2	0.0	0.0
137	2184.806	35.5	16.8	4.2	0.0	0.0
138	2200.000	61.9	29.6	7.4	0.0	0.0
139	2220.000	70.2	33.6	8.4	0.0	0.0
140	2240.000	70.1	33.6	8.4	0.0	0.0
141	2260.000	53.3	25.6	6.4	0.0	0.0
142	2270.495	34.9	16.8	4.2	0.0	0.0
143	2280.000	51.5	24.8	6.2	0.0	0.0
144	2300.000	69.8	33.6	8.4	0.0	0.0
145	2320.000	69.9	33.6	8.4	0.0	0.0
146	2340.000	70.0	33.6	8.4	0.0	0.0
147	2360.000	37.3	17.9	4.5	0.0	0.0
148	2361.258	35.1	16.8	4.2	0.0	0.0
149	2380.000	68.1	32.5	8.1	0.0	0.0
150	2400.000	70.5	33.6	8.4	0.0	0.0
151	2420.000	63.2	30.1	7.5	0.0	0.0
152	2435.792	35.3	16.8	4.2	0.0	0.0
153	2440.000	42.7	20.3	5.1	0.0	0.0
154	2460.000	70.6	33.6	8.4	0.0	0.0
155	2480.000	67.3	32.0	8.0	0.0	0.0
156	2498.149	35.3	16.8	4.2	0.0	0.0
157	2500.000	38.6	18.4	4.6	0.0	0.0
158	2520.000	70.6	33.6	8.4	0.0	0.0

159	2540.000	70.6	33.6	8.4	0.0	0.0
160	2560.000	37.3	17.7	4.4	0.0	0.0
161	2561.087	35.4	16.8	4.2	0.0	0.0
162	2580.000	69.0	32.7	8.2	0.0	0.0
163	2600.000	71.1	33.6	8.4	0.0	0.0
164	2620.000	70.3	33.1	8.3	0.0	0.0
165	2639.454	35.7	16.8	4.2	0.0	0.0
166	2640.000	36.6	17.3	4.3	0.0	0.0
167	2660.000	71.4	33.6	8.4	0.0	0.0
168	2680.000	71.6	33.6	8.4	0.0	0.0
169	2700.000	60.5	28.3	7.1	0.0	0.0
170	2713.737	35.9	16.8	4.2	0.0	0.0
171	2720.000	47.2	22.1	5.5	0.0	0.0
172	2740.000	71.9	33.6	8.4	0.0	0.0
173	2760.000	71.9	33.6	8.4	0.0	0.0
174	2780.000	71.9	33.6	8.4	0.0	0.0
175	2800.000	72.0	33.6	8.4	0.0	0.0
176	2820.000	62.9	29.3	7.3	0.0	0.0
177	2834.885	36.1	16.8	4.2	0.0	0.0
178	2840.000	45.4	21.1	5.3	0.0	0.0
179	2860.000	72.6	33.6	8.4	0.0	0.0
180	2880.000	44.6	20.4	5.1	0.0	0.0
181	2884.336	36.6	16.8	4.2	0.0	0.0
182	2900.000	65.3	30.0	7.5	0.0	0.0
183	2920.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
184	2940.000	73.2	33.6	8.4	0.0	0.0
185	2960.000	67.7	33.6	8.4	0.0	0.0

186	2980.000	58.7	29.1	7.3	0.0	0.0
187	2994.643	24.8	12.3	3.1	0.0	0.0
		10405	5031	1258	0	0

## Volume terrassement

No PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME : 1
1	0.000	62.9	163.3	45.3	0.0
2	20.000	535.2	0.0	59.1	0.0
3	40.000	725.6	0.0	58.3	0.0
4	60.000	842.2	0.0	67.2	0.0
5	80.000	1088.3	0.0	76.5	0.0
6	100.000	1037.3	0.0	85.4	0.0
7	120.000	818.1	0.0	78.6	0.0
8	140.000	376.4	0.0	42.5	0.0
9	143.498	287.3	0.0	34.8	0.0
10	160.000	353.6	0.0	57.1	0.0
11	180.000	362.0	0.0	62.6	0.0
12	200.000	700.4	0.0	74.6	0.0
13	220.000	1085.8	0.0	71.7	0.0
14	230.476	1077.9	0.0	55.6	0.0
15	240.000	2147.5	0.0	88.1	0.0
16	260.000	3059.1	0.0	108.8	0.0
17	276.306	1707.7	0.0	62.4	0.0
18	280.000	1968.9	0.0	75.5	0.0
19	300.000	1234.1	0.0	89.0	0.0
20	320.000	0.1	687.9	48.5	0.0
21	320.598	0.1	720.8	48.4	0.0
22	340.000	0.4	738.3	77.4	0.0
23	360.000	1.4	41.5	51.5	0.0
24	380.000	0.5	537.0	72.7	0.0
25	400.000	0.6	927.3	89.0	0.0
26	420.000	0.2	572.5	48.2	0.0
27	420.963	0.2	563.5	47.4	0.0
28	440.000	0.4	871.1	84.4	0.0
29	460.000	85.2	9.2	58.4	0.0
30	480.000	1025.7	0.0	81.2	0.0
31	500.000	1199.9	0.0	86.5	0.0
32	519.295	693.1	0.0	46.1	0.0
33	520.000	719.8	0.0	47.7	0.0
34	540.000	1590.3	0.0	97.0	0.0
35	560.000	0.3	576.7	69.0	0.0
36	575.334	0.1	2724.0	80.0	0.0
37	580.000	0.1	3664.8	102.1	0.0
38	600.000	0.1	1766.8	134.4	0.0
39	620.000	3799.8	0.0	125.1	0.0

40	640.000	2091.5	0.0	111.2	0.0
41	660.000	271.2	0.0	43.6	0.0
42	664.662	691.8	0.0	48.7	0.0
43	680.000	7824.4	0.0	185.1	0.0
44	700.000	15832.6	0.0	264.0	0.0
45	720.000	18275.1	0.0	296.4	0.0
46	740.000	17769.9	0.0	266.9	0.0
47	760.000	17514.2	0.0	256.2	0.0
48	780.000	15858.2	0.0	216.4	0.0
49	791.291	11249.7	0.0	152.5	0.0
50	800.000	17508.7	0.0	239.7	0.0
51	820.000	24018.7	0.0	337.1	0.0
52	840.000	17217.2	0.0	269.8	0.0
53	851.821	7801.8	0.0	161.1	0.0
54	860.000	8024.0	0.0	208.7	0.0
55	880.000	9248.7	0.0	290.0	0.0
56	900.000	5981.3	0.0	184.1	0.0
57	909.243	3931.8	0.0	152.5	0.0
58	920.000	5645.4	0.0	249.0	0.0
59	940.000	4918.2	0.0	159.0	0.0
60	960.000	2838.5	0.0	130.8	0.0
61	980.000	0.4	530.3	65.0	0.0
62	997.075	0.0	1705.2	53.8	0.0
63	1000.000	0.0	2519.8	73.3	0.0
64	1020.000	0.0	8125.9	183.2	0.0
65	1040.000	0.2	7672.1	189.4	0.0
66	1060.000	0.2	3267.5	90.9	0.0
67	1060.370	0.2	3202.4	89.8	0.0
68	1080.000	0.3	5121.5	161.7	0.0
69	1100.000	0.3	3573.6	133.6	0.0
70	1116.752	0.0	1307.9	59.8	0.0
71	1120.000	0.1	1265.4	61.8	0.0
72	1140.000	4218.3	0.0	142.9	0.0
73	1160.000	6877.2	0.0	167.6	0.0
74	1180.000	4395.7	0.0	156.9	0.0
75	1200.000	43.6	139.6	63.5	0.0
76	1220.000	0.3	114.5	37.4	0.0
77	1224.659	0.1	48.8	26.0	0.0
78	1240.000	146.4	0.0	47.6	0.0
79	1260.000	416.5	578.9	143.8	0.0
80	1280.000	294.3	85.5	61.4	0.0
81	1284.406	262.1	46.6	46.0	0.0
82	1300.000	563.1	182.9	101.0	0.0
83	1320.000	280.0	641.2	130.7	0.0
84	1340.000	0.0	1741.3	86.5	0.0
85	1360.000	0.0	1646.0	95.7	0.0
86	1380.000	352.8	0.0	53.3	0.0
87	1400.000	0.1	2403.3	105.0	0.0
88	1420.000	0.0	1402.9	88.3	0.0
89	1434.369	0.2	160.8	33.3	0.0
90	1440.000	38.2	53.0	42.2	0.0
91	1460.000	684.4	0.0	60.7	0.0
92	1475.249	612.6	0.0	40.2	0.0
93	1480.000	891.9	0.0	53.2	0.0
94	1500.000	2394.0	0.0	104.0	0.0
95	1520.000	3773.1	0.0	220.5	0.0
96	1540.000	2930.2	0.0	129.6	0.0
97	1560.000	2796.2	0.0	123.7	0.0

98	1580.000	2795.8	0.0	125.2	0.0
99	1600.000	2920.9	0.0	123.2	0.0
100	1618.404	1258.7	0.0	60.2	0.0
101	1620.000	867.7	0.0	42.6	0.0
102	1632.696	849.6	0.0	51.6	0.0
103	1640.000	822.9	0.0	56.1	0.0
104	1660.000	0.3	3508.4	145.4	0.0
105	1680.000	0.0	7411.6	169.6	0.0
106	1700.000	0.0	8443.3	158.4	0.0
107	1717.489	0.0	3038.0	64.0	0.0
108	1720.000	0.0	3198.7	66.4	0.0
109	1740.000	0.0	7867.0	135.9	0.0
110	1760.000	11530.2	4170.5	118.8	0.0
111	1780.000	4423.1	10526.3	159.5	0.0
112	1800.000	0.0	29421.2	287.1	0.0
113	1819.406	0.0	11360.9	126.2	0.0
114	1820.000	0.0	12849.1	146.4	0.0
115	1840.000	0.0	19644.3	255.8	0.0
116	1860.000	0.2	17521.7	217.2	0.0
117	1880.000	0.1	11031.3	215.0	0.0
118	1900.000	0.4	447.7	68.1	0.0
119	1918.249	3031.7	137.3	119.2	0.0
120	1920.000	4450.5	134.9	148.0	0.0
121	1940.000	12736.0	199.3	270.5	0.0
122	1960.000	11898.8	75.8	180.3	0.0
123	1966.959	8873.9	22.2	120.6	0.0
124	1980.000	15461.7	0.0	186.2	0.0
125	2000.000	22703.7	0.0	234.1	0.0
126	2020.000	25815.5	0.0	255.5	0.0
127	2040.000	29064.7	0.0	283.6	0.0
128	2060.000	19237.1	0.0	197.9	0.0
129	2065.986	14129.6	0.0	140.9	0.0
130	2080.000	23792.9	0.0	228.3	0.0
131	2100.000	31050.5	0.0	285.6	0.0
132	2120.000	27333.9	0.0	217.6	0.0
133	2127.346	22689.0	0.0	173.1	0.0
134	2140.000	44637.4	0.0	304.0	0.0
135	2160.000	70924.9	0.0	391.9	0.0
136	2180.000	50430.9	0.0	247.6	0.0
137	2184.806	41022.7	0.0	199.6	0.0
138	2200.000	77107.7	0.0	351.2	0.0
139	2220.000	99413.5	0.0	399.2	0.0
140	2240.000	113144.0	0.0	399.2	0.0
141	2260.000	93856.7	0.0	304.3	0.0
142	2270.495	62195.1	0.0	199.6	0.0
143	2280.000	90576.3	0.0	294.5	0.0
144	2300.000	117644.6	0.0	399.2	0.0
145	2320.000	111598.1	0.0	399.2	0.0
146	2340.000	103464.4	0.0	399.2	0.0
147	2360.000	51620.3	0.0	212.2	0.0
148	2361.258	48347.9	0.0	199.6	0.0
149	2380.000	86839.5	0.0	386.6	0.0

150	2400.000	81327.5	0.0	399.2	0.0
151	2420.000	68628.7	0.0	357.2	0.0
152	2435.792	37882.8	0.0	199.6	0.0
153	2440.000	45758.8	0.0	241.6	0.0
154	2460.000	77819.7	0.0	399.2	0.0
155	2480.000	76437.8	0.0	380.7	0.0
156	2498.149	41251.8	0.0	199.6	0.0
157	2500.000	45282.7	0.0	218.1	0.0
158	2520.000	83972.3	0.0	399.2	0.0
159	2540.000	81398.2	0.0	399.2	0.0
160	2560.000	39331.5	0.0	210.5	0.0
161	2561.087	36549.5	0.0	199.6	0.0
162	2580.000	64193.7	0.0	388.3	0.0
163	2600.000	61280.6	0.0	399.2	0.0
164	2620.000	57710.3	0.0	393.8	0.0
165	2639.454	28677.3	0.0	199.6	0.0
166	2640.000	29234.2	0.0	205.0	0.0
167	2660.000	56125.4	0.0	399.2	0.0
168	2680.000	55253.7	0.0	399.2	0.0
169	2700.000	43532.6	0.0	336.7	0.0
170	2713.737	23499.3	0.0	199.6	0.0
171	2720.000	30802.7	0.0	260.1	0.0
172	2740.000	44867.9	0.0	374.4	0.0
173	2760.000	41141.3	0.0	358.6	0.0
174	2780.000	34856.7	0.0	341.9	0.0
175	2800.000	30843.5	0.0	327.7	0.0
176	2820.000	24321.3	0.0	264.5	0.0
177	2834.885	13191.4	0.0	154.0	0.0
178	2840.000	16986.9	0.0	211.0	0.0
179	2860.000	18557.6	0.0	316.3	0.0
180	2880.000	6578.7	0.0	169.9	0.0
181	2884.336	3593.8	0.0	93.6	0.0
182	2900.000	3801.9	0.0	138.5	0.0
183	2920.000	2974.5	0.0	132.8	0.0
184	2940.000	1406.3	0.0	96.4	0.0
185	2960.000	66.9	1813.0	153.1	0.0
186	2980.000	2.4	1816.8	120.2	0.0

187	2994.643	168.7	493.6	56.1	0.0
		3244949	217235	31549	0.0