

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلم

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ziane Achour de Djelfa

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences Technologiques



جامعة زيان عاشور الجلفة

كلية العلوم و التكنولوجيا

قسم العلوم والتكنولوجيا

Référence :FST/DST/M2/...../.....

# Mémoire de fin d'études

Présenté au

Département : Sciences de la Technologie

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Génie civil

Spécialité : Infrastructure de Transport

Réalisé par

**OMRANI SADEK**

**ZITOUT NOUREDDINE ALI**

Pour l'obtention du diplôme de **MASTER ACADEMIQUE**

*Intitulé*

*Étude en APD de la modernisation d'un tronçon de la  
route national RN40B avec l'étude géotechnique du  
tuf calcaire*

Soutenu le : **0/06/2016**

Devant le jury de soutenance composé de :

	Univ. Djelfa	Président
Mr Azzouzi	Univ. Djelfa	Encadreur
	Univ. Djelfa	Examinateur

Année Universitaire : 2015-2016

# Remerciement

*Tout d'abord, nous remercions le bon Dieu, le clément et le miséricordieux de nous avoir donné la force et le courage de réaliser ce modeste travail.*

*Et nous remercions nos familles pour les sacrifices qu'elles ont faits pour que nous puissions terminer nos études.*

*Nous exprimons notre profonde reconnaissance à notre encadreur Monsieur .AZZOUZIBOULANOUAR, pour ces conseils et orientations bénéfiques et indispensables.*

*Aussi à tous les travailleurs de DTP, LCTP, LNHC, LMTPB, LGCTP et à M. SID NOURDDINE et bien sur à tous nos amis et nos collègues de notre promotion*

*Nous remercions chaleureusement tous les enseignants de génie civil  
Merci à tous les gens qui ont, de diverses façons, de près ou de loin contribué à l'élaboration de cet ouvrage ; à tous ceux que nous avons côtoyé et, que, hélas, nous n'avons pu citer*

**ZITOUT NOURDINE ALI  
OMRANI SADEK**

## *Dédicace*

**Au nom d'ALLAH, le tout Miséricordieux, le très Miséricordieux**

*Je remercie ALLAH le tout Puissant, clément et Miséricordieux de m'avoir motivé à réaliser ce modeste travail, ensuite je remercie infiniment mes parents, qui m'ont encouragé et aidé à arriver à ce stade de formation.*

*Et je leur dédie ce modeste travail*

*Je dédie aussi ce modeste travail à mes chers frères et ma chère sœur*

*Et aussi*

*À toute la famille OMRANI*

*À mon binôme «ZITOUTE NOURDINE ALI»*

*À mes amis «Ali Berrhoum, Mohamed, Saad, Omar, Belkassem, Ameer, ...»*

*À tous mes collègues au génie civil sans exception*

*À mademoiselle «Chenouf Nadia »*

*À mon encadreur «M.AZZOUZI BOULANOVAR» ET les enseignants de GC*

*ET À toutes les personnes que je connais*

**OMRANI SADEK**

## *Dédicace*

**Au nom d'ALLAH, le tout Miséricordieux, le très Miséricordieux**

*Je remercie ALLAH le tout Puissant, clément et Miséricordieux de m'avoir motivé à réaliser ce modeste travail, ensuite je remercie infiniment mes parents, qui m'ont encouragé et aidé à arriver à ce stade de formation.*

*Et je leur dédie ce modeste travail*

*Je dédie aussi ce modeste travail à mes chers frères et ma chère sœur*

*Et aussi*

*À toute la famille zitout*

*À mon binôme «OMRANI SADEK»*

*À tous mes amis*

*À tous mes collègues au génie civil sans exception*

*À mon encadreur «M.AZZOUZI BOULANOUAR» ET les enseignants de GC*

*ET À toutes les personnes que je connais*

*Zitout Noureddine Ali*

## LA PREMIERE PARTIE

### INTRODUCTION GENERALE

#### I.ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

##### 1.1.

Introduction .....	3
1.2. Formation des encroutements calcaires .....	4
1.3. Les tufs en techniques routières .....	5
1.4. Comportement mécanique des tufs .....	13

#### II .ETUDE EXPERIMENTALE

1.1. Introduction .....	17
1.2. Résultats de limite d'atterberg.....	18
1.3. Résultats de Proctor modifié .....	20
1.4. Résultats de l'analyse Granulométrique .....	22
1.5. Résultats des analyses de Caco3.....	24
1.6. Résultats globales .....	26

## LA DEUXIEME PARTIE

### INTRODUCTION GENERALE

#### I. PRESENTATION DU PROJET

1.1. Introduction.....	33
1.2. Localisation du projet : .....	33
1.3. Présentation du notre projet.....	34

#### II. ETUDE DU TRAFIC

2.1. Introduction.....	36
2.2. Les différents types de trafic .....	36
2.3. Calcul de la capacité.....	36
2.4. Application au projet .....	38
2.5. Conclusion.....	41

#### III. TRACE EN PLAN

3.1. Introduction.....	43
3.2. Règles à respecter pour un tracé en plan.....	43
3.3. Eléments constituant le tracé en plan .....	43

3.4. Combinaison des éléments de trace en plan.....	48
3.5. La vitesse de référence (de base).....	49
3.6. Paramètres fondamentaux .....	50
3.7. Calcul de l'axe .....	50
3.8. Conclusion .....	52

#### **IV. profil en long**

4.1. Introduction.....	54
4.2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long .....	54
4.3. Coordination entre tracé en plan et profil en long .....	54
4.4. Caractéristique du profil en long .....	55

#### **V. profil en travers**

5.1 Introduction.....	59
5.2. Les éléments qui composent le profil en travers .....	59
5.3. Classification du profil en travers.....	60
5.4. Pentes transversales .....	60
5.5. Notre profil en travers .....	61

#### **VI. CUBATURE**

6.1. I. introduction.....	63
6.2. Les méthodes de calcul.....	63
6.3. Description des méthodes.....	63
6.4. Calcul des cubatures du projet :.....	63

#### **VII. ETUDE GEOTECHNIQUE**

7.1. Introduction.....	66
7.2. Les essais d'identification .....	66
7.3. Les essais in situ :.....	67
7.4. Conditions d'utilisation des sols en Remblais.....	68

#### **VIII. DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE**

8.1. Introduction.....	70
8.2. La chaussée.....	70
8.3. Les différents facteurs déterminants pour le dimensionnement de chaussée .....	72
8.4. Les méthodes principales de dimensionnement.....	73
8.5. Caractéristiques du sol support.....	75
8.6. Application au projet .....	76

## **IX. ASSINISSEMENT**

9.1. Introduction.....	80
9.2. Objectif de l'assainissement.....	80
9.3. Dimensionnement des ouvrages d'évacuations .....	81
9.4. Application au projet .....	83

## **X. SIGNALISATIONS**

10.1. Introduction.....	88
10.2 L'objectif de la signalisation routière .....	88
10.3. Règle à respecter pour la signalisation .....	88
10.4. Types de signalisation .....	88
10.5. Application au projet .....	90

# ***LISTE DES TABLEAUX***

<b>N°</b>	<b>Nom du tableau</b>	<b>Page</b>
<b>La première partie</b>		
<b>I.1.</b>	Caractéristiques de la RN6 en Algérie.	<b>7</b>
<b>I.2.</b>	Degré de plasticité des sols	<b>9</b>
<b>I.3.</b>	classification du sol selon l'équivalent de sable	<b>10</b>
<b>I.4.</b>	classification du sol selon l'essai de VB	<b>10</b>
<b>I.5.</b>	classification du sol selon le teneur en caco3	<b>12</b>
<b>II.1.</b>	Résultats de limite d'atterberg	<b>18</b>
<b>II.2.</b>	Résultats de Proctor modifié	<b>20</b>
<b>II.2.</b>	Résultats de Proctor modifié	<b>22</b>
<b>II.4.</b>	pourcentage de caco3	<b>24</b>
<b>II.5</b>	tableau récapitulatif	<b>26</b>
<b>La deuxième partie</b>		
<b>II.1.</b>	Valeurs du Coefficient d'équivalence<P>	<b>37</b>
<b>II.2.</b>	Valeurs du coefficient<K <sub>1</sub> .>	<b>38</b>
<b>II.3.</b>	Valeurs du coefficient< K <sub>2</sub> >	<b>38</b>
<b>II.4.</b>	Valeurs de la Capacité théorique	<b>38</b>
<b>II.5.</b>	les résultats obtenus	<b>41</b>
<b>III.1.</b>	Valeurs extrêmes des alignements droits	<b>44</b>
<b>III.2.</b>	Rayons du tracé en plan	<b>46</b>
<b>III.3.</b>	Paramètres fondamentaux	<b>50</b>
<b>IV.1.</b>	Les rayons en profil en long	<b>57</b>
<b>V.1.</b>	Les largeurs des éléments	<b>61</b>
<b>V.2.</b>	Les dévers des éléments	<b>61</b>
<b>VI.1.</b>	Les résultats de calcul des cubatures	<b>64</b>
<b>VIII.1.</b>	Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau	<b>74</b>
<b>VIII.2.</b>	Classe de sol	<b>75</b>
<b>VIII.3.</b>	la portance du sol support	<b>75</b>
<b>VIII.4.</b>	Les types de réseaux principaux	<b>77</b>
<b>VIII.5.</b>	La classe du trafic	<b>77</b>
<b>VIII.6.</b>	La classe du sol support	<b>77</b>
<b>IX.1.</b>	Coefficient de ruissellement C	<b>82</b>
<b>IX.2.</b>	Variation de Gauss	<b>82</b>
<b>IX.3.</b>	Les résultats	<b>84</b>

## ***LISTE DES FIGURES***

<b>N°</b>	<b>Nom du figure</b>	<b>Page</b>
	<b>La première partie</b>	<b>8</b>
<b>I.1.</b>	les tamis de la granulométrie	<b>9</b>
<b>I.2.</b>	l'appareil de casagrande	<b>11</b>
<b>I.3.</b>	le moule de Proctor modifié	<b>17</b>
<b>II.1.</b>	les carriers de tufs visitées dans la région de Djelfa	<b>19</b>
<b>II.2.</b>	graphique de l'essai limite d'atterberg	<b>21</b>
<b>II.3.</b>	graphique de l'essai Proctor modifié	<b>23</b>
<b>II.4.</b>	graphique de l'essai Granulométrique	<b>25</b>
<b>II.5.</b>	graphique des analyses de caco3	<b>27</b>
<b>II.6.</b>	graphique récapitulatif(1)	<b>29</b>
	<b>La deuxième partie</b>	
<b>I.1</b>	la carte de la wilaya de DJELFA	<b>33</b>
<b>I.2</b>	L'emplacement de notre projet	<b>34</b>
<b>III.1.</b>	Les éléments de la Clothoïde	<b>45</b>
<b>III.2.</b>	Courbe en S	<b>48</b>
<b>III.3.</b>	Courbe a sommet	<b>48</b>
<b>III.4.</b>	Courbe en C	<b>49</b>
<b>III.5.</b>	Courbe en oval	<b>49</b>
<b>IX.1.</b>	Le fossé retenu	<b>85</b>
<b>X.1.</b>	Limitation de la vitesse	<b>90</b>
<b>X.2.</b>	signalisations de direction	<b>91</b>
<b>X.3.</b>	flèches de direction	<b>91</b>

## *Résumé :*

Dans ce travail , on a fait une étude en APD de la modernisation d'un tronçon de la route **40B** entre **Ouassara** et **Sidi ladjel** dans la wilaya de DJEJFA.

**Du PK15+000 au PK34+000**, commençant de **Sidi ladjel** pour un linéaire de **19 km** de longueur et **7m** de largeur (chaussée bidirectionnelle)

De plus, notre étude étale une étude géotechnique du tuf calcaire dans la région de Djelfa afin de savoir la qualité de cette matière dans cette région.

**Mots clés:** étude en APD, modernisation, tuf calcaire

:

خلال هذا العمل قمنا بدراسة تفصيلية لتجديد مقطع من الطريق الوطني 40 ب بين عين وسارة و سيدي لعجال بولاية الجلفة .  
من الحجر الكيلومترى 15+000 إلى الحجر الكيلومترى 34+000 انطلاقا من سيدي لعجال 19 كيلومتر وبعرض 7 (طريق ذو اتجاهين )  
بالإضافة إلى أن عملنا يعرض دراسة جيوتقنية لمادة التيف معرفة نوعية هذه المادة في هذه المنطقة.  
الكلمات المفتاحية :دراسة تفصيلية ، تحديث ، تيف كلسي.

**LA PREMIERE PARTIE :**  
**Etude géotechnique du tuf**

# **INTRODUCTION GENERALE**

### INTRODUCTION GENERALE :

Les tufs calcaires constituent une ressource en matériaux particulièrement intéressante et économique pour de nombreux pays à climat aride ou semi-aride au relief relativement plat. Ils sont, en général, largement utilisés en technique routière dans un certain nombre de pays comme l'Algérie,

Il y a beaucoup de définitions données par beaucoup d'auteurs :

Renou, en 1848, décrit pour la première fois la « croûte » (calcaire) comme étant un « enduit de surface qui recouvre tous les terrains indistinctement, surtout les terrains d'eau douce et les poudingues et qui suit toutes les ondulations de la surface Ludovic, en 1852, définit cette formation calcaire comme étant « un immense linceul blanc qui recouvre une grande partie de l'Algérie ».

Une définition plus élaborée est donnée par le géologue (Moret, 1962) :

«Les tufs volcaniques sont des produits de projections volcaniques, lapillis ou cendres, stratifiés par l'action de l'eau». «Les tufs sédimentaires sont des incrustations irrégulières et spongieuses qui se produisent à l'émergence de sources calcaires et qui renferment de nombreux moulages de plantes et de coquilles.

Le Dictionnaire **HACHETTE**, encyclopédique illustré (1997), définissent les tufs comme : «Roche non homogène poreuse, souvent pulvérulente, soit d'origine sédimentaire (tuf calcaire), soit d'origine éruptive (tuf volcanique), agrégat qu'on trouve sous forme de strates grossières, souvent sous une mince couche de terre ».

En Afrique du Nord le problème est plus complexe. Les formations appelées, dans le langage courant tufs, sont en vérité des encroûtements calcaires, gypseux ou mixtes, vraisemblablement sous l'influence du mot arabe taffeza articulé teuf en abrégé, qui désigne les grès friables quel que soit le ciment et peut-être aussi du mot berbère tifikert qui signifie : tartre, croûte (De Os Horta, 1979)

# **Chapitre I :**

## **Étude bibliographique**

## **1. Introduction :**

### **Définition:**

Dans la bibliographie, les tufs encroûtements se définissent comme étant des formations superficielles, tendres, friables, poreuses, légères et de couleur claire.

Elles datent du Quaternaire et résultent d'un certain nombre d'échanges par dissolution et précipitation. Suivant leur composition chimique, les tufs d'encroûtements se groupent en trois catégories : les tufs calcaires, les tufs gypseux et les tufs mixtes (Hamrouni, 1975 ; Ben-Dhia, 1983).

### **1.1 Les encroûtements calcaires :**

Les tufs calcaires existent dans la plus part des pays du bassin méditerranéen et occupent les zones à climat sec. L'abondance de cette ressource naturelle, fait que leur utilisation comme matériau routier est devenue de plus en plus répandue.

Parmi toutes les définitions proposées, on peut retenir celle donnée par :

- Goudie (Goudie, 1988): « La croûte calcaire est un matériau terrestre composé essentiellement, mais pas exclusivement de carbonates de calcium. Les croûtes existent à l'état poudreux, nodulaire ou très induré ; elles sont dues à la cimentation, à l'accumulation ou au remplacement de quantités plus au moins grandes de sols, roches ou matériaux altérés par du calcaire dans une zone d'infiltration ».
- D'après certains résultats (Hamrouni, 1975 ; De Os Horta, 1979 ; Alloul, 1981) : « Les tufs calcaires sont des roches calcaires ayant un Los Angeles supérieur à 60, une masse volumique inférieure à 20 kN/m<sup>3</sup>, une résistance à la compression simple comprise entre 5 et 10MPa, et dont la teneur en éléments fins passant au tamis de 80 microns, obtenus sur la fraction 0/20 du matériau après extraction, est de l'ordre de 10 à 40 % ».

### **1.2. Les encroûtements gypseux :**

Les encroûtements gypseux sont des formations analogues aux encroûtements calcaires. Ils sont très abondants dans les régions à climat arides où les précipitations sont insuffisantes pour lixivier le gypse, qui existe déjà dans les formations géologiques anciennes (Crétacé au Miopliocène) (Alloul, 1981 ; Frenkel et al. 1986 ; Schiote, 2003 ; Alfaya, 2004). Ce minéral qui présente l'élément actif de la cimentation de ces formations, possède une dureté très faible : il peut être rayé à l'ongle ; cette particularité pourrait paraître suffisante pour interdire

l'utilisation du gypse comme matériau de chaussée en zones climatiques subhumides et semi-arides.

### **1.3 Les encroûtements mixtes :**

Les encroûtements mixtes sont des formations de tufs calcaires gypsifères à prédominance carbonatée ou de tufs gypseux calcifiés à prédominance sulfatée (De Os Horta, 1980).

Au-delà d'une certaine aridité, le développement des encroûtements calcaires est arrêté à la source, à cause de l'insuffisance des précipitations pour dissoudre et drainer le calcaire vers les nappes phréatiques; et inversement, lorsqu'on passe du climat désertique au climat semi-aride, le gypse devient instable dans les sols à cause de sa solubilité notable, les encroûtements gypseux sont relayés alors par les encroûtements calcaires.

Guettoche, explique la présence des formations calcaires au Nord Sahara, gypseuses plus au sud, dans les régions hyperarides et les gypso-calcaires dans les zones intermédiaires par la suite évaporitique caractérisant résultant de l'évaporation d'une eau, chargée en différents minéraux : le carbonate de calcium précipite en premier sous forme d'aragonite ( $\text{CaCO}_3$ ), puis de gypse ( $\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$ ), puis la halite ( $\text{Na Cl}$ ), et finalement les sels de potassium et de magnésium(Guettoche et al, 2006).

Les tufs gypso-calcaires et calcaire-gypseux qui en résultent sont déconseillés en zones subhumides et semi-arides à cause de la solubilisation du gypse ; par contre ils sont utilisés dans les régions arides (Améraoui, 2002).

## **2. Formation des encroûtements calcaires :**

Il y avait trois questions importantes concernant le tuf calcaire et ils ont été répondues par (Mathieu et al, 1976 ; Alloul, 1981 ; Djili, 1999 ; Gettoche 2006)].

- D'où vient le calcaire ?
- Comment a-t-il été transporté ?
- Comment s'est-il redéposé et mis en place ?

### **2.1. Provenance et transport du calcaire :**

Le carbonate de calcium, cristallisé se forme de calcite à symétrie rhomboédrique, est le constituant essentiel des calcaires (De Os Horta, 1979), qui contribuent à la formation des encroûtements calcaires.

Ce calcaire provient de la solubilisation des massifs calcaires proches en hivers.



**3.2. Synthèse des spécifications géotechniques existantes :**

L'abondance du tuf, a conduit de nombreux pays à l'utiliser de façon courante et donc à établir des normes et des spécifications géotechniques à partir de l'expérience et des constatations faites sur chantiers.

De nombreux pays disposent de règles pour utilisation des tufs. En Algérie, ils sont classés en trois catégories par ordre de friabilité croissante, à savoir : (Carlos et De Os Horta, 1979)

- Les tufs à squelette (L.A. < 35%), sont des matériaux qui seront retenus en premier lieu car ils se rapprochent le plus des graves classiques de concassage.
- Les tufs friables (35% > L.A. > 55%), sont les plus courants et les plus utilisés. ils ont une extraction facile et une mise en œuvre simple ;
- Les tufs pulvérulents (L.A. > 55%), sont des matériaux d'extraction facile mais de mise en œuvre difficile.

La teneur en carbonate de calcium était limitée à 70%, les tufs recommandés en couche de chaussées étaient des tufs à squelette. Actuellement on prend en compte les critères de portance CBR ainsi que des indications sur l'indice de plasticité et la granulométrie.

Les règles et les spécifications sont d'ailleurs différentes selon les pays utilisateurs. Pour un même objectif les spécifications peuvent être différentes par le type de caractéristiques retenues et par le niveau des exigences.

Entre autre les spécifications devront élargir l'utilisation du tuf et non pas se limiter seulement en couche d'assises de chaussées (couche de base et fondation en considérant les accotements, les couches de forme et les assises de route non revêtues ou protégées par un enduit superficiel.

**3.3. Performances des chaussées en tufs calcaire :**

Les chaussées construites en tufs calcaires sont généralement bonnes, lorsque les critères d'utilisation de ces matériaux et le drainage sont respectés Les assises en tuf durcissent par l'effet du compactage et après évaporation de l'eau. Les caractéristiques optimales sont atteintes rapidement, le durcissement est achevé quatre jours après le compactage, ce qui correspond à la durée de séchage (Morsli, 2006)

Les ingénieurs routières, dans tout le pays utilisant les tufs calcaires, sont d'accord sur les constatations sur chantier suivantes (Colombier, 1988):

Après compactage et séchage, les couches d'encroûtements calcaires durcissant, C'est dans la partie supérieure de la couche que le phénomène est plus important.

Sous réserve que la couche soit protégée de l'eau (couche de roulement étanche et drainage efficace), ce durcissement se conserve voire s'accroît dans le temps.

Pour illustrer cet aspect, nous citerons ci-dessous l'exemple de la RN6 (tableau I.4), qui permet de faire une idée des qualités de ce matériau lorsqu'il est correctement choisi et mis en œuvre.

Après plus de 30 ans, cette route garde un niveau de service acceptable, les dégradations sont en général des fissurations et des ornières de faibles amplitudes à part quelques déformations relativement importantes au niveau des bas-fonds et de la sebka.

TJMA moyen	1500 v/j
% poids lourdes	14 à 50%
Année de construction	1963
Trafic supporté	6,3 millions véhicules
Déflexion (1991)	Inférieur à 100/100 mm

**Tableau I.1.**Caractéristiques de la RN6 en Algérie.

### **3.4. Synthèse des caractéristiques géotechniques et mécaniques des tufs calcaires :**

#### **3.4.1. La granulométrie :**

La granulométrie des tufs est très variable selon la nature du matériau :

- Sur le matériau d'origine elle est sans signification ;
- Sur le matériau extrait, elle est très variable.

Considérant que les tufs calcaires sont des matériaux friables et fins, la granulométrie est réalisée avec toutefois une particularité : avant de procéder le tamisage, l'échantillon sera mis à détrempier dans un bac d'eau pendant 12 à 24 heures. Cette opération permet aux mottes de se désagréger afin d'arriver aux conditions les plus défavorables de friabilité. Concernant les éléments inférieurs à 80  $\mu\text{m}$  l'analyse est faite par sédimentation.



**Figure I.1** les tamis de la granulométrie

### **3.4.2 Essai de pollution des fines argileuses :**

Lorsqu'on veut réaliser avec des matériaux des couches de chaussées, il faut connaître le degré de pollution de ces matériaux par les fractions argileuses.

Comme nous le savons, l'excès d'argile rendra le matériau sensible à l'eau et aux déformations permanentes sous la circulation. Pour cela, la mesure de la pollution est appréciée par trois essais géotechniques :

#### **3.4.2.1 Limites d'Atterberg :**

C'est l'essai actuellement le plus souvent réalisé et le plus universel, sur les tufs d'encroûtements calcaires. Pour évaluer la pollution argileuse, on fait souvent référence à la valeur de l'indice de plasticité qu'on peut l'obtenir par les valeurs de limite de liquidité ( $w_L$ ) et limite de plasticité ( $w_P$ )



Figure I.2. L'appareil de casagrande

Degré de plasticité des sols	
Indice de plasticité	Degré de plasticité
$0 < IP < 5$	Sol non plastique
$5 < IP < 30$	Sol peu plastique
$30 < IP < 50$	Sol plastique
$50 < IP$	Sol très plastique

Tableau I.2. Degré de plasticité des sols

### 3.4.2.2 L'équivalent de sable :

Les valeurs de l'équivalent de sable obtenues pour les tufs calcaires varient entre 10 et 60%.

Cet essai n'a ici qu'une signification de comparaison entre plusieurs échantillons ; lorsqu'il est réalisé sur la totalité de la fraction 0/5 mm du matériau, la teneur en éléments inférieurs à 80  $\mu\text{m}$  peut varier de 10 à 80%, ce qui influe considérablement sur la valeur de l'équivalent de sable ES et renseigne peu sur la qualité des fines. A titre d'indication, le tableau I.5 donne des valeurs de ES minimum pour la construction routière proposée par **HREEM**.

Matériaux	ES minimum
Graves pour couche de base	30
Agrégats pour route mixte	35
Agrégats pour enrobées denses	45
Agrégats pour béton bitumineux	55
Sable pour béton	80

**Tableau I.3** classification du sol selon l'équivalent de sable

**3.4.2.3 Essai au bleu de méthylène :**

Les valeurs de bleu de méthylène obtenues sur les tufs calcaires sont comprises entre 0,2 et 1,5. (Le résultat est exprimé en gamme de bleu de méthylène absorbée par 100 g de matériau). Ces valeurs dénotent de la surface spécifique offerte par les argiles, en considérant que les fines calcaires réagissent très peu.

L'essai au bleu peut donc, conduire à une analyse plus fine de l'argile contenue dans ces matériaux et pourrait se révéler un bon indicateur de la plasticité et de la réactivité des fines.

Classification	Valeur de VB
Matériau propre	VB < 0,2
Matériau légèrement pollué	0,2 < VB < 0,5
Matériau pollué	0,5 < VB < 1,0
Matériau très pollué	VB > 1,0

**Tableau I.4** classification du sol selon l'essai de VB

**3.4.3. Essai de compactage et de portance :**

**3.4.3.1. Essai Proctor modifié :**

L'essai de compactage le plus utilisé est l'essai Proctor. Lorsque le matériau est destiné à être utilisé en couches d'assises de chaussées, on adopte la version dite « Proctor modifié » pour laquelle l'énergie de compactage est plus importante.

Considérant le caractère très évolutif des tufs calcaires les plus tendres, on ne réutilise pas le même échantillon pour les différents points de teneur en eau. Plusieurs auteurs ayant réalisés des essais de ce type s'accordent sur les constatations suivantes :

- Les poids volumiques optimaux sont en général compris entre 17 et 20 kN/m<sup>3</sup>,  
Les valeurs inférieures à 16 kN/m<sup>3</sup> dénotent d'une altération de l'encroûtement,  
Et d'un matériau calcaire trop fin.

- Les teneurs en eau optimales sont très variables, mais en général élevées, et comprises entre 8 et 15% elles peuvent atteindre ou dépasser parfois 20%.
- Les densités les plus faibles correspondent aux teneurs en eau les plus élevées.

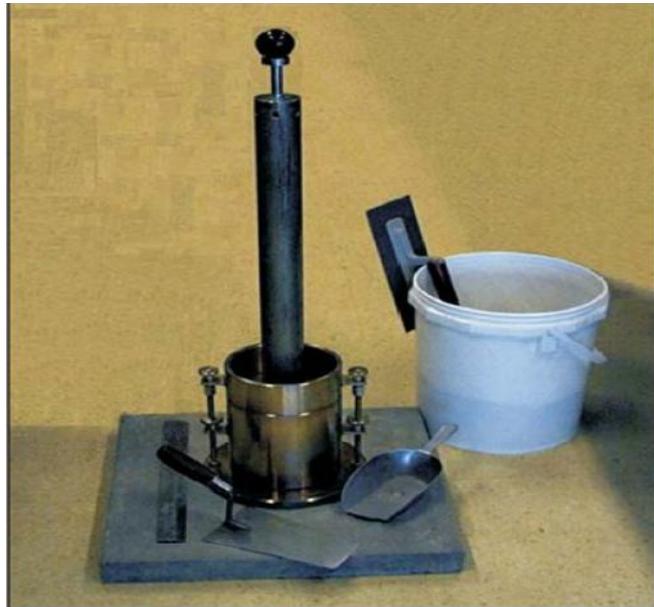


Figure I.3 le moule de Proctor modifié

#### 3.4.3.2 Essai CBR :

L'essai de poinçonnement CBR est souvent réalisé sur les tufs d'encroûtements, car son résultat est retenu dans les spécifications de nombreux pays.

Les résultats CBR immédiats sont très variables selon les caractéristiques du tuf étudié, l'indice CBR est d'autant plus élevé que le matériau comporte un squelette dur et que la courbe granulométrique est régulière. Les indices maximaux sont les plus souvent atteints pour une teneur en eau légèrement inférieure à  $W_{OPM}$ .

Pour les tufs d'encroûtements calcaires utilisés en corps de chaussée, les valeurs de l'indice CBR varient entre 50 et 150. L'indice CBR après immersion chute plus ou moins par rapport à l'indice immédiat en fonction de la présence d'argile. Les valeurs de l'indice CBR après immersion sont en général comprises entre 30 et 100.

#### 3.4.4. Résistance aux chocs et à l'abrasion :

Les caractéristiques mécaniques des grains sont évaluées selon leurs duretés et leurs résistances et selon leurs déformabilités. La dureté des granulats est un facteur à prendre en compte dans la classification des matériaux non liés des chaussées souples. En absence de liant, les granulats sont amenés à supporter plus d'efforts d'attrition et de fragmentation. La résistance à ce genre d'agression repose sur la nature minéralogique des granulats. Cette résistance est mesurée par l'essai Los Angeles (LA) et par l'essai micro-Deval en présence

d'eau.

**3.4.4.1. Essai Los Angeles :**

Les tufs d'encroûtements les plus tendres et les plus friables s'écrasent facilement entre les doigts, ils ne sont donc pas susceptibles d'essais de dureté.

Par contre, dans le cas de gisements feuilletés, les tufs calcaires issus de la croute ou de la dalle peuvent être beaucoup plus durs et résistants et ils peuvent être soumis aux essais traditionnels. Les éléments soumis à l'essai ont été obtenus par lavage.

Les coefficients Los Angeles mesurés sur les tufs d'encroûtements calcaires varient entre 30 (pour les dalles les plus compactes) et 70 à 80 (pour les croutes les plus friables). Au-delà de ces valeurs, l'essai est sans intérêt.

**3.4.4.2. Essai Micro Deval humide :**

Cet essai qui caractérise la résistance à l'abrasion en présence d'eau est peuréalisé sur les matériaux d'encroûtements calcaires. Les quelques essais réalisés sur des matériaux relativement tendres ont donné un coefficient MDE > 80 ; ce qui indique une sensibilité très nette du tuf lorsqu'il est en présence d'eau.

Les résultats des coefficients LA et MDE, situent les tufs hors des classes admises par les spécifications des matériaux routières habituels.

**3.4.5. Composition chimique :**

Les écroûtements calcaires sont formés d'apport et cimentation dans un sol d'origine de carbonate de calcium. Selon l'avancement du processus de formation et la nature du sol d'origine, la teneur en carbonate sera variable. On conçoit donc que cette caractéristique aura une influence très importante sur les propriétés du matériau.

La teneur en CaCO<sub>3</sub> (calcimétrie) est déterminée par attaque à l'acide chlorhydrique selon la norme NF P 94-048. Elle varie pour les matériaux qui nous intéressent, entre 40 à 95 % (Colombier G., 1988).

Teneur en CaCO <sub>3</sub> (%)	Désignation géotechnique
0 - 10	Argile } Argile marneuse } Sols Marne }
10 - 30	
30 - 70	
70 - 90	Calcaire marneux } Calcaire } Roches
90 - 100	

**Tableau I.5.** Classification du sol selon le teneur en caco3

## **4. Comportement Mécanique Des Tufs :**

### **4.1. Comportement mécanique des tufs non traités :**

Le comportement mécanique dépend à la fois de la charge et de son mode d'application, du matériau et de sa mise en œuvre (nature minéralogique, morphologie des granulats, granulométrie, densité, teneur en eau). Des études en laboratoires ont été faites pour bien connaître le comportement au compactage des tufs calcaires selon leurs caractéristiques géotechniques (Alloul, 1981 ; Ben- Dhia, 1983) Colombier, 1988 Ces recherches, ont été appuyées sur des essais au laboratoire pour étudier le phénomène de durcissement, et des essais à l'appareil triaxial à chargements statique et à chargements répétés.

#### **4.1.1. Durcissement au laboratoire des tufs compactés :**

La méthode la plus courante pour reproduire en laboratoire le durcissement constaté sur chantier (§2.1.2), consiste à fabriquer des éprouvettes de tufs compactés et à mesurer l'évolution de leur résistance en compression simple dans le temps, selon divers mode de conservation. Plusieurs études montrent cependant que, si le phénomène est effectivement constaté et reproduit en laboratoire, les explications qui en sont données peuvent être différentes et même contradictoires (Alloul, 1981 ; Ben-Dhia, 1983 ; Boukezzi, 1997)

#### **4.1.2. Influence de la teneur en eau :**

Malgré les efforts faits pour imperméabiliser les revêtements routiers et éviter la pénétration de l'eau dans les corps de chaussées, l'état hydrique de ces derniers évolue avec les saisons (Silvestre, 1986 ; Raimbault, 1986 ; Raimbault et Silvestre, 1990).

L'influence de l'état hydrique a été étudiée sur de nombreux sites réels par (Maree 1982). Il montre que dans le cas de matériaux sensibles à l'eau, les déformations de la chaussée augmentent de façon brutale lorsque l'eau traverse l'enrobé.

Lorsque l'entretien de la surface de la route est fait suffisamment tôt (dès l'apparition des premières fissures), l'infiltration de l'eau dans les matériaux non traités est stoppée est les déformations de la chaussée restent acceptables. Si l'entretien n'est pas fait à temps, les déformations de la chaussée augmentent brutalement et croissent rapidement jusqu'à des niveaux inacceptables.

(Paute et al. 1994a) et (Hornych et al. 1998) étudient la sensibilité à l'eau de graves issues de roches calcaires et éruptives. Ils rapportent que l'élévation de la teneur en eau conduit à une augmentation des déformations, qui devient très importante lorsqu'on approche la valeur à l'OPM. Ils remarquent également que cette influence dépend de la nature minéralogique des matériaux et montrent que les graves calcaires sont nettement plus sensibles que les autres.

**4.2. Comportement mécanique des tufs traités :**

Le monde a connu depuis les années quarante de très grands progrès scientifiques et techniques dans tous les domaines. En ce qui concerne les chaussées, le trafic est devenu plus intense et plus lourd. Alors, la conception de la route, celle des structures des chaussées et les exigences sur les matériaux utilisés dans la construction routière ont connu aussi une nouvelle ère. Pour profiter au mieux des matériaux naturels (tufs), on modifie leur granulométrie en supprimant une fraction ou au contraire en leur ajoutant un matériau correcteur afin d'améliorer leur compacité ; le comportement mécanique est étroitement lié à cette dernière. Mais pour avoir des chaussées à des prix raisonnables qui peuvent supporter de forts trafics, la correction granulométrique s'est avérée insuffisante.

Il a fallu donc recourir aux traitements par des liants hydrauliques (les ciments, les chaux, les laitiers de hauts fourneaux, les cendres volantes, etc.).

Le recours au traitement des tufs d'encroûtements a déjà été envisagé. Il peut cibler soit une amélioration de la cohésion et/ou de l'angle de frottement interne, soit une amélioration des caractéristiques de mise en œuvre, soit une insensibilisation à l'eau. Selon l'utilisation prévue ou en fonction du type de sol à stabiliser, il existe plusieurs types de traitements des sols.

En France, on utilise presque exclusivement les traitements suivants :

- Le traitement à la chaux (selon les normes NF EN 459-1 et NF P 98-101) dans le cas de sols fins destinés à une utilisation en remblais ou en couches de forme.
- Le traitement au ciment (selon la norme NF EN 197-1) ou au liant hydraulique routier (LHR) (selon les normes NF P 15-108 et ENV 13 282 ou avis technique du Comité Français pour les Techniques Routières - CFTR) dans le cas de sols peu plastiques ou peu argileux destinés à une utilisation en remblais ou en couches de forme.
- Le traitement mixte à la chaux puis au ciment ou au liant hydraulique routier destiné à une utilisation en couches de forme.

**4.3. Objet du traitement :**

Certains sols, limoneux ou argileux, en raison de leurs propriétés géotechniques intrinsèques et (ou) de leur teneur en eau sont considérés comme des matériaux mauvaises ou médiocres, créant un handicap économique et technique pour le maître d'œuvre et pour l'entreprise. Le plus souvent, ces sols sont mis en dépôt et remplacés par d'autres de meilleure qualité. Selon le comité français pour les techniques routières (CFTR, 2002), le traitement aux liants hydrauliques peut apporter une solution aux problèmes posés par ces sols, à la fois en modifiant leur nature et en améliorant leur état. Il permet d'utiliser des sols impropres au

réemploi ou de qualité médiocre dans leur état naturel, et d'exécuter les terrassements dans des conditions normales de travail tout en diminuant la susceptibilité du chantier aux intempéries.

# **Chapitre II :**

# **Etude expérimental**

1. Introduction:

Dans toutes les régions on trouve des différents types de sol comme l'argile, sable, limon, tufs,...

La région de Djelfa est riche de matériaux de Tuf qui possède des bonnes caractéristiques pour les couches de la route.

Et dans cette partie on essaie d'étudier les résultats de tufs de différentes carrières dans la wilaya de Djelfa et assembler toutes les informations et les caractéristiques de cette matière afin de les comparer et savoir la qualité dans cette région.

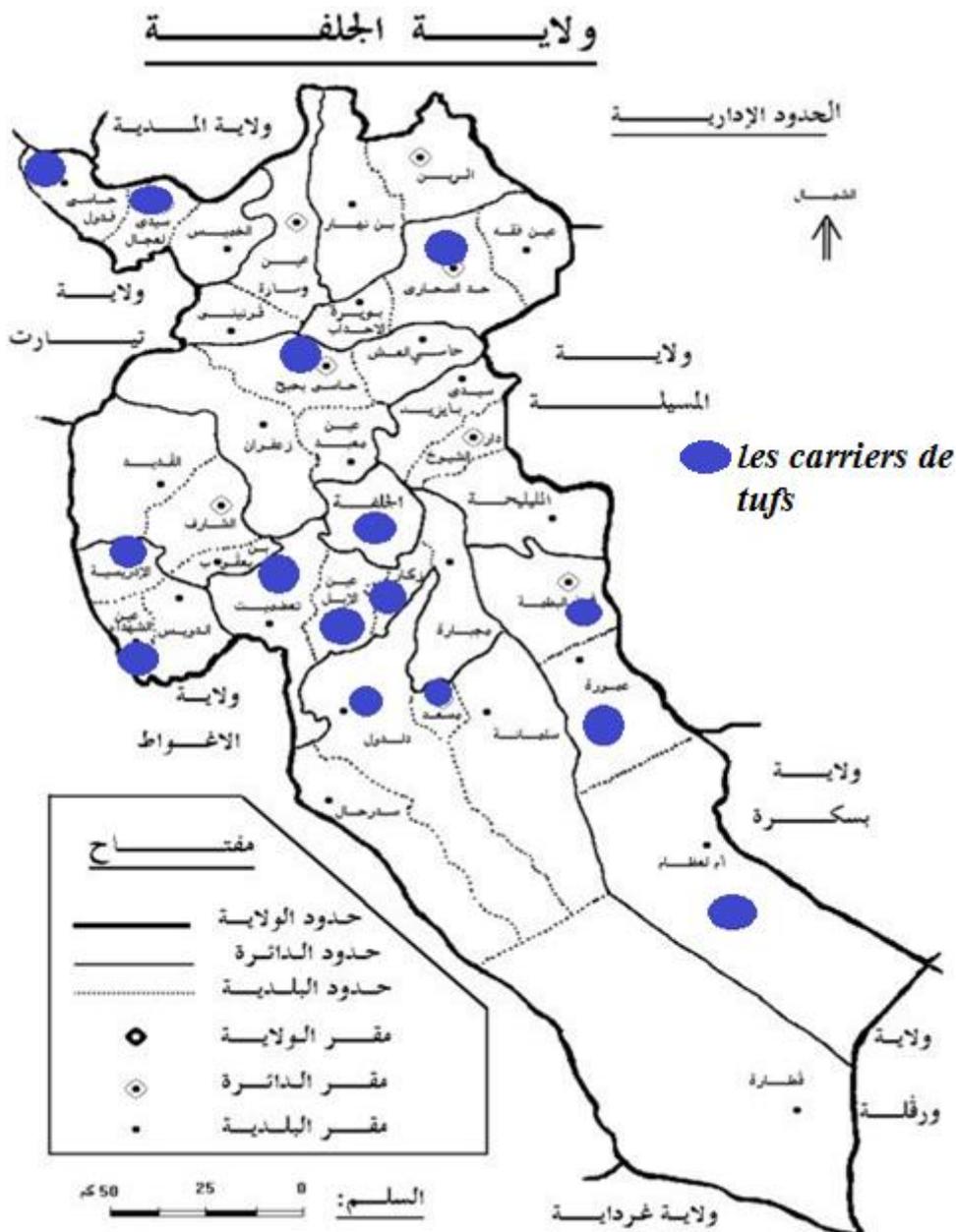


Figure.II.1 les carrières de tufs étudiées dans la région de Djelfa

## 2. Résultats de limite d'atterberg:

Les résultats de l'essai de limites d'atterberg sont situés dans le tableau ci-dessous

LES CARRIERES		LIMITE D'ATTERBERG		
		WP(%)	WL(%)	IP(%)
LES RESULTATS	Taadmit	14,28	27,75	13,47
	Had Shary	24,18	36,82	12,64
	Hassi Bahbah	17,71	27,75	10,04
	Deldoul	21,7	25,9	4,2
	Morhema	21,41	35,06	13,65
	Tokersan	24,08	36,72	12,64
	100 Maisons	8,75	12,98	4,23
	Deldoul(CC02)	21,64	25,90	4,16
	El Idrissia(CC03)	15,28	29,05	13,77
	Oued Sedaar	26,57	44,00	17,43
	El bordj/Amoura	23,20	30,31	7,11
	Voirie Ain elbel	25,37	54,00	28,63
	RN1 PK 346 au	37,96	44,37	6,41
	Moudjba/maaleba	24,18	36,67	12,49
	Djelfa	29,91	40,58	10,67
	Messaad	29,41	36,80	7,39
	Dayet el bchor	33,57	45,22	11,65
	Ain chouhada	—	—	—
Oum laadam	28,3	42,6	14,3	

**Tableau. II.1. Résultats de limite d'atterberg**

### 2.1. Commentaires :

À partir de la limite de plasticité (WP) et la limite de liquidité (WL) on peut déduire la valeur de l'indice de plasticité (IP) pour évaluer la pollution argileuse du sol, comme il nous aide à déterminer la classe de sol.

On observe dans le graphique que les valeurs de (IP) sont très varier entre les carrières et ça nous donne une idée générale sur la grande différence du l'indice de plasticité de **tuf** dans la région de Djelfa, et selon le graphique on distingue trois catégories :

- Dans la première catégorie qui contient les carrières suivantes : 100 maisons, Deldoul (cc2), Oued sdar, Elbordj/Amoura, RN1 (pk346 à pk352), Djelfa, Messaad, Dayet elbkhorr et Om laadm on voit que la valeur de l'indice de plasticité est petite dont elle se varie entre (4 et 8 %), on dit que cet échantillon est un **limon peu plastique**.
- Et concernant la deuxième catégorie qui contient les carrières suivantes : Taadmit, Had shary, Hassi Bahbah, Morhma, Tokersan, Elidrissia et Moudjbara.

On observe que la valeur de l'indice de plasticité est moyenne et compris généralement entre (10 et 15%) donc on peut dire que le type de tuf est **argile peu plastique**.

- La dernière catégorie qui contient une seule carrière (voirie Ain elbel). on observe que la valeur de l'indice de plasticité est élevée (28.63%) avec une grande valeur de limite de liquidité (54.00%), on peut dire que ce tuf est une **argile très plastique**.

Comme il est connu si la valeur de l'indice de plasticité est petite ; le tuf est bon.

Parce que le tuf qui contient un petit pourcentage d'argile ne cause pas des problèmes des gonflements dans les routes.

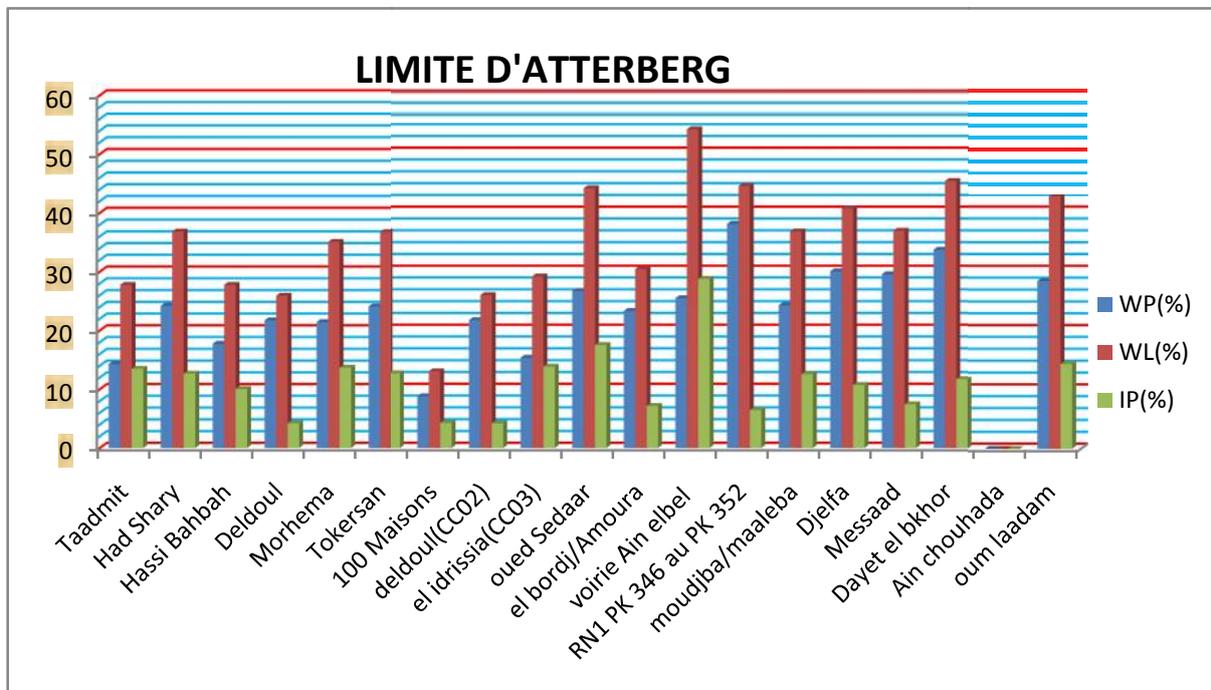
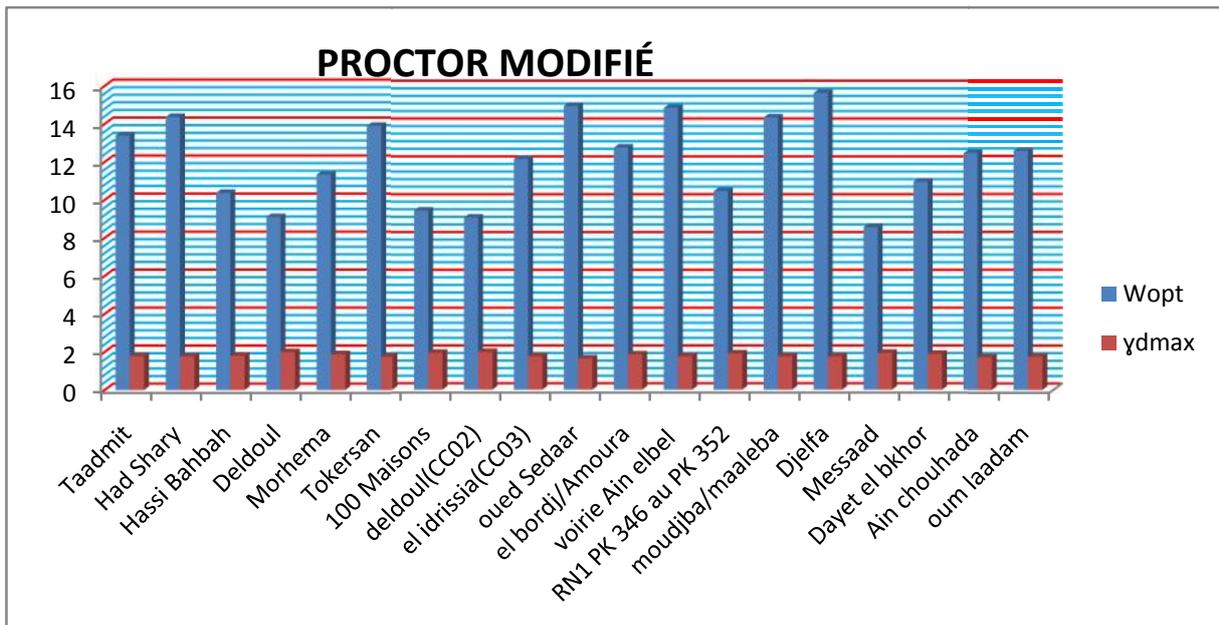


Figure. II.2. graphique de l'essai limite d'atterberg

## 3. Résultats de Proctor modifié :

LES CARRIERES			
		Wopt	dmax
LES RESULTATS	Taadmit	13,39	1,78
	Had Shary	14,37	1,76
	Hassi Bahbah	10,37	1,8
	Deldoul	9,1	1,99
	Morhema	11,33	1,88
	Tokersan	13,9	1,75
	100 Maisons	9,47	1,94
	deldoul(CC02)	9,10	1,99
	el idrissia(CC03)	12,20	1,76
	oued Sedaar	15,00	1,65
	el bordj/Amoura	12,80	1,86
	voirie Ain elbel	14,90	1,76
	RN1 PK 346 au PK	10,50	1,91
	moudjba/maaleba	14,40	1,76
	Djelfa	15,70	1,76
	Messaad	8,60	1,94
	Dayet el bkhora	11,00	1,89
	Ain chouhada	12,50	1,71
	oum laadam	12,60	1,74

**Tableau. II.2. Résultats de Proctor modifié**



**Figure.II.3** graphique de l'essai Proctor modifié

### 3.1. Commentaires :

Comme il est évident que toutes les valeurs de la densité sont presque comprises entre la même valeur dans toutes les carrières et ça indique que le tuf est très bon parce que ces valeurs se varient entre (1.65 et 2 t/m<sup>3</sup>) , par contre les teneurs en eau optimales trouvés très différentes et variées(de 9 à 15%) , et comme vous savez que les bonnes valeurs ou bien les valeurs recommandées de la densité sont entre (1.7 et 2 t/m<sup>3</sup>) et celles des teneurs en eau optimales entre (8 et 15%), donc on peut dire que ce tuf est généralement utilisable pour les routes (les couches de fondations et les couches de bases).

## 4. Résultats de l'analyse Granulométrique :

LES CARRIERES		granulométrie	
		D(mm)	%<80µm
LES RESULTATS	Taadmit	31,5	19,6
	Had Shary	50	34,01
	Hassi Bahbah	31,5	25,91
	Deldoul	50	31,3
	Morhema	31,5	11,7
	Tokersan	50	—
	100 Maisons	50	—
	Deldoul(CC02)	50,00	31,30
	El idrissia(CC03)	31,50	—
	Oued Sedaar	40,00	8,00
	El bordj/Amoura	50,00	29,46
	Voirie Ain elbel	50,00	6,62
	RN1 PK 346 au PK	50,00	32,56
	Moudjba/maaleba	50,00	31,69
	Djelfa	31,50	26,79
	Messaad	40,00	34,90
	Dayet el bchor	50,00	25,40
	Ain chouhada	40,00	15,45
	Oum laadam	40,00	19,90

Tableau. II.2. Résultats de Proctor modifié

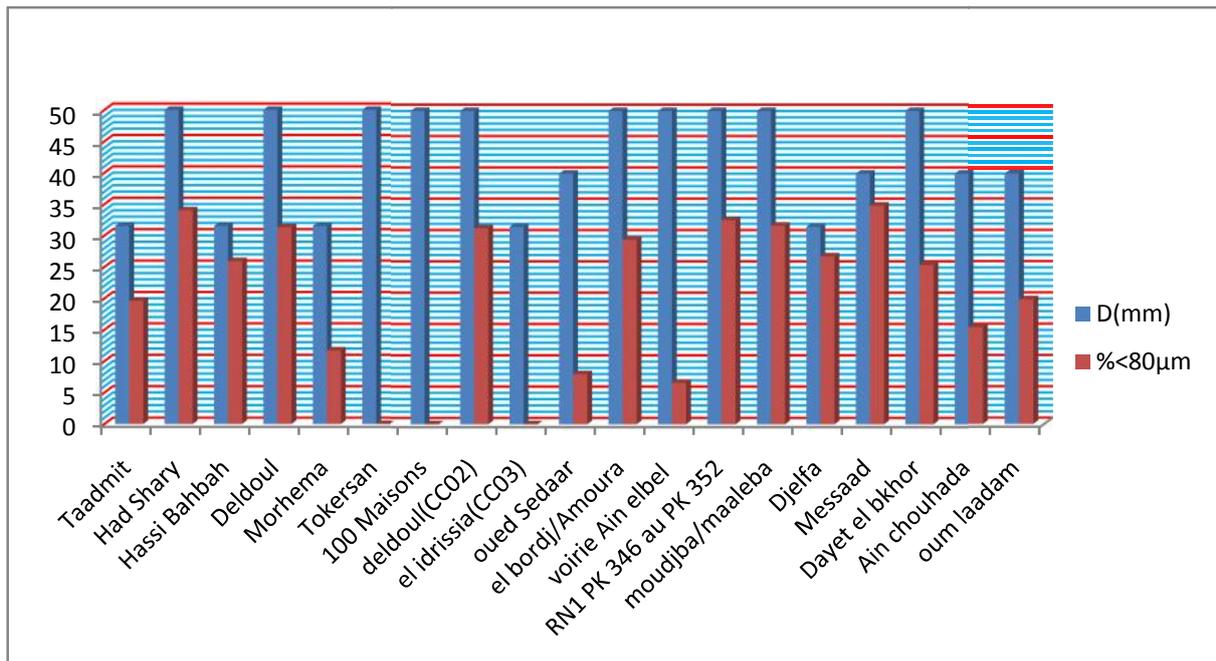


Figure.II.4 graphique de l'essai Granulométrique

#### 4.1. Commentaires :

L'analyse granulométrique permet de déterminer la distribution dimensionnelle en poids des éléments d'un matériau. Elle comprend deux opérations:

- Tamisage pour les éléments de dimensions supérieures ou égales à 80 mm.
- Sédimentométrie pour les éléments de dimensions inférieures à 80 mm.

Selon le graphique on note que la plus part de valeurs de Dmax (Dimension maximale des plus gros éléments contenus dans le sol ) sont égales à 50 ou 31.5mm et il y a aussi quelque valeurs égalent 40mm.

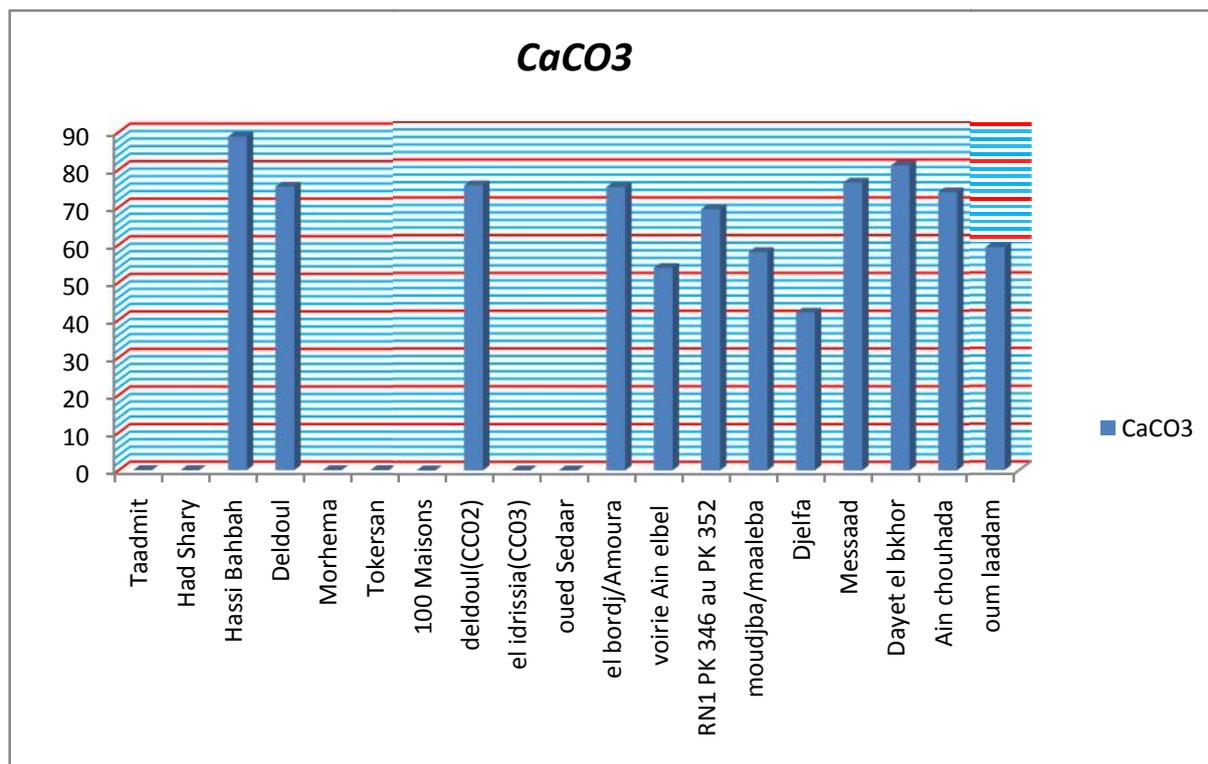
Et à propos de **tamisat à 80 mm** (ou pourcentage de fines) : Ce paramètre permet de distinguer les sols riches en fines des sols sableux et graveleux, et dans une large mesure d'évaluer leur degré de sensibilité à l'eau, Seuils retenus :

- 35 % : au-delà de 35 % de tamisa à 80 mm, les sols ont un comportement assimilable à celui de leur fraction fine.
- 12 % : c'est un seuil conventionnel permettant d'établir une distinction entre les matériaux Sableux et graveleux pauvres ou riches en fines.

## 5. résultats des analyses de caco3

LES CARRIERES		CaCO3
LES RESULTATS	Taadmit	—
	Had Shary	—
	Hassi Bahbah	88,79
	Deldoul	75,43
	Morhema	—
	Tokersan	—
	100 Maisons	—
	deldoul(CC02)	75,43
	el idrissia(CC03)	—
	oued Sedaar	—
	el bordj/Amoura	75,00
	voirie Ain elbel	53,57
	RN1 PK 346 au PK 352	69,14
	moudjba/maaleba	57,76
	Djelfa	41,75
	Messaad	76,18
	Dayet el bchor	80,68
	Ain chouhada	73,58
	oum laadam	58,96

Tableau. II.4. pourcentage de caco3



**Figure. II.5** graphique des analyses de caco3

### 5.1. Commentaires

Avant de faire les essais d'identification sur n'importe quel échantillon de sol, il faut tout d'abord faire des analyses chimiques contiennent des essais de CaCo<sub>3</sub>, sulfate et VBS... qui nous donnent une idée de notre tuf, et à partir du graphique on a fait une petite résumé à propos de CaCo<sub>3</sub>.

Donc on remarque que les valeurs dans la région de Djelfa sont variées de 40 jusqu'à 90% et on peut dire que ce sont des bonnes résultats mais bien sûr les meilleurs valeurs conviennent des valeurs plus que 70% (recommandation de CTTP), parce que dans les projets qui nous intéressent (les routes) il faut que ces valeurs soient plus que 70% parce qu'elles sont considérées comme des roches, on trouve ce type de tuf dans les endroits suivants : Hassy bahbah ,Deldoul(cc2), Deldoul, Messaad, Dayet elbkhor, Elbordj/Amoura et Ain chouhada.

Par contre les échantillons qui ont des pourcentages de CaCo<sub>3</sub> entre 10 et 70% sont considérés comme des sols et on les utilise dans les projets relatifs des constructions et des remblais, et les carrières sont : voirie Ain elbel, moudjba/maaleba, Djelfa et om laadam.

## 6. résultats globales:

LES CARRIERES	LIMITE D'ATTERBERG			PRO MOD		GRANUL		CaCO3
	WP(%)	WL(%)	IP(%)	Wopt	dmax	D(mm)	%<80µm	
Taadmit	14,28	27,75	13,47	13,39	1,78	31,5	19,6	—
Had Shary	24,18	36,82	12,64	14,37	1,76	50	34,01	—
Hassi Bahbah	17,71	27,75	10,04	10,37	1,8	31,5	25,91	88,79
Deldoul	21,7	25,9	4,2	9,1	1,99	50	31,3	75,43
Morhema	21,41	35,06	13,65	11,33	1,88	31,5	11,7	—
Tokersan	24,08	36,72	12,64	13,9	1,75	50	—	—
100 Maisons	8,75	12,98	4,23	9,47	1,94	50	—	—
deldoul(CC02)	21,64	25,90	4,16	9,10	1,99	50,00	31,30	75,43
el idrissia(CC03)	15,28	29,05	13,77	12,20	1,76	31,50	—	—
oued Sedaar	26,57	44,00	17,43	15,00	1,65	40,00	8,00	—
el bordj/Amoura	23,20	30,31	7,11	12,80	1,86	50,00	29,46	75,00
voirie Ain elbel	25,37	54,00	28,63	14,90	1,76	50,00	6,62	53,57
RN1 PK 346 au	37,96	44,37	6,41	10,50	1,91	50,00	32,56	69,14
moudjba/maaleba	24,18	36,67	12,49	14,40	1,76	50,00	31,69	57,76
Djelfa	29,91	40,58	10,67	15,70	1,76	31,50	26,79	41,75
Messaad	29,41	36,80	7,39	8,60	1,94	40,00	34,90	76,18
Dayet el bkhor	33,57	45,22	11,65	11,00	1,89	50,00	25,40	80,68
Ain chouhada	—	—	—	12,50	1,71	40,00	15,45	73,58
oum laadam	28,3	42,6	14,3	12,60	1,74	40,00	19,90	58,96

Tableau. II.5 tableau récapitulatif

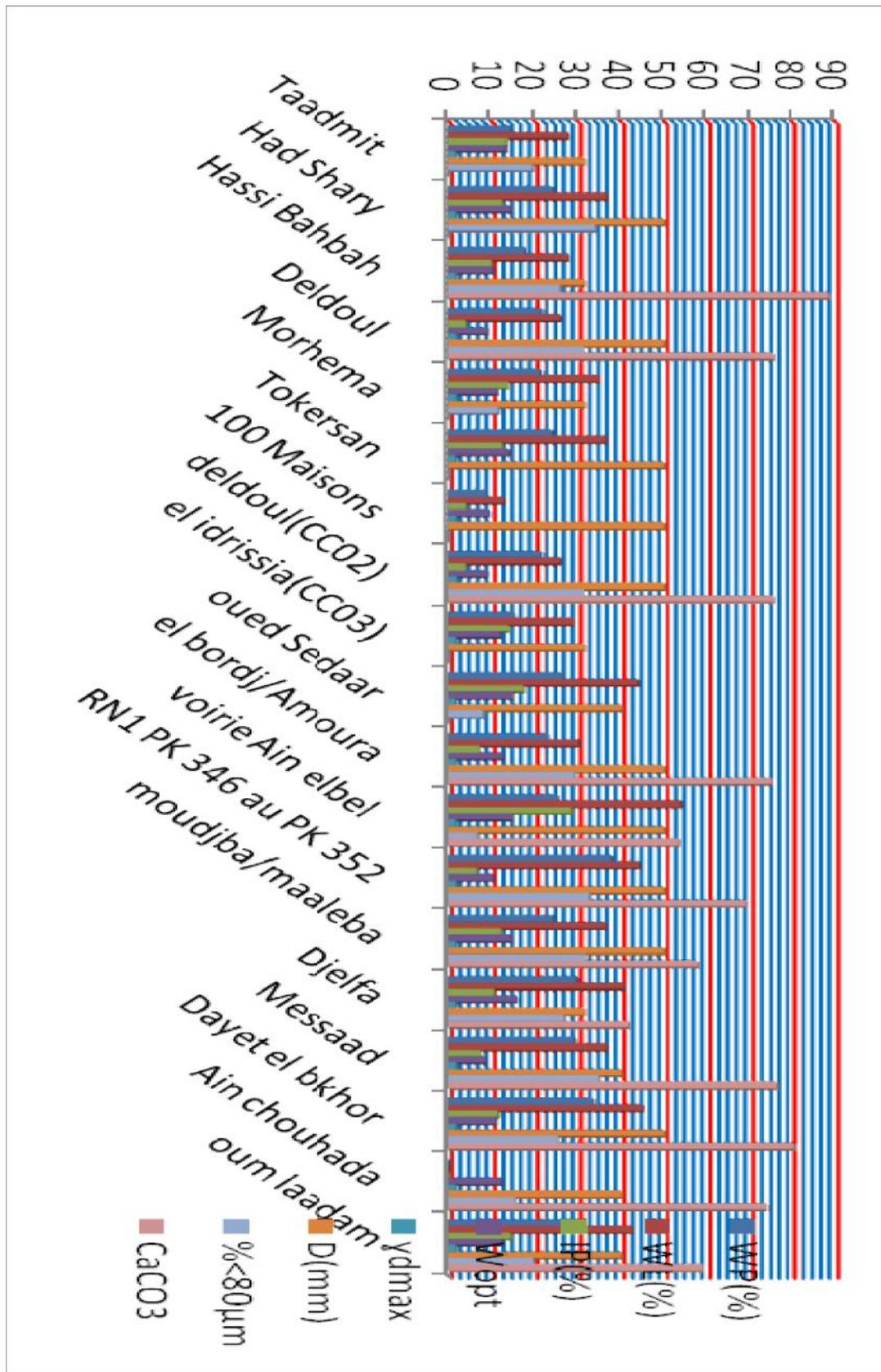


Figure. II.6.graphique récapitulatif(1)

**Conclusion :**

Après avoir fait une étude de 19 carrières de tufs à la région de Djelfa, on a atteint à élaborer une carte primaire qui nous monte la qualité de tuf à ces zones dont peut être utile pour le secteur de travaux public. et pour préciser les carrières contenant une bonne quantité de tuf à utiliser dès que la réalisation des couches du corps de la chaussée.

Dans cette étude on a mis en évidence la quantité de  $\text{CaCO}_3$  y existé, parce que la qualité de tufs est liée étroitement de ce dernier.

**LA DEUXIME  
PARTIE :Etude de  
la route**

# **INTRODUCTION GENERALE**

## INTRODUCTION GENERAL

Parmi les infrastructures de transport, les routes sont sans doute l'un de ceux qui sont liés le plus étroitement avec l'environnement parce que La route est un facteur de développement par excellence dans tous les pays du monde, comme Elle joue un rôle important dans le secteur des transports et communications et le but des routes est de permettre la circulation en toutes les saisons, dans des conditions suffisantes et aussi durables que possible de confort et de sécurité.

La conception et la construction des routes fait aujourd'hui partie de ces domaines dont l'optimisation du rapport qualité / prix est l'un des paramètres les plus importants.

Dans ce cadre, aujourd'hui, en Algérie le trafic routier a connu une évolution rapide, le réseau routier existant qui supporte ce trafic dont un pourcentage important du poids lourds, nécessite des aménagements appropriés pour endiguer le phénomène de congestionnement.

Notre projet s'intitule **"Etude en APD de la modernisation d'un tronçon de la route national RN 40B avec l'étude géotechnique du tuf calcaire"**

# **Chapitre I :**

# **Présentation**

## **Du projet**

## 1.1. Introduction :

## 1.2. Présentation de la wilaya :

Notre projet se situe à la wilaya de Djelfa qui s'étale sur les vastes plaines steppiques qui rattrapent le piémont Sud de l'Atlas tellien et ses limites sont; au Nord les wilayas de Tissemsilt et Médéa ; à l'Est les wilayas de M'Sila, Biskra à l'Ouest les wilayas de Laghouat et Tiaret et au Sud la wilaya de Ouargla et Ghardaïa.

La surface de Djelfa est 32 256,35 km<sup>2</sup> et le nombre de la population est 1 491 370 hab (2011).



**Figure I.1** la carte de la wilaya de DJELFA

Le climat de la région est un climat semi-aride, très chaud et sec en été, froid et pluvieux en hiver. La pluviométrie ne dépasse pas les 300mm dans cette région en moyenne. La période des pluies apparaît dès le début de l'automne pour s'achever au printemps. Par contre la période sèche apparaît dès le début de mois de mai jusqu'à début septembre.

### 1.3. Localisation de projet :

Notre projet commence de la ville de Sidi Ladjel vers la ville de Ain Ouassara sur la route 40B qui est située dans la ville de Djelfa, avec 19 km (de pk a pk )

Ce projet se situe dans un terrain plat et se caractérise par une faible sinuosité (E2), et moyenne déclivités, il est classé en catégorie (C3) et la vitesse de base du projet est estimée à 80km/h.



Figure I.2 L'emplacement de notre projet

### 1.4. L'objectif du projet :

Afin d'améliorer les caractéristiques de la route, on a fait cette route apte à supporter le nouveau trafic très élevé qui est non supportable par la route existante.

Sachant que:

Le profil en travers se présente comme suit :

Une chaussée unidirectionnelle de largeur de **7m**

Une largeur d'accotement **1.20m**

# **Chapitre II :**

## **Etude du trafic**

## **1. Introduction :**

Les études de trafic sont des éléments essentiels qui doivent être préalable à tout projet de réalisation ou d'aménagement d'infrastructure de transport. Il s'agit d'effectuer des prévisions un horizon assez éloigné (10ans, 15ans voire davantage) qui dépendent, notamment des facteurs socioéconomiques ainsi que des comportements psychologique des usagers. D'une façon générale .L'étude de trafic permet le choix du profil en travers d'une route ou autoroute, détermine le dimensionnement de la structure de chaussée et oriente sur les techniques d'entretien de chaussées.

Cette étude de trafic est une phase fondamentale qui doit intervenir eu l'amont de toute réflexion relative à un projet routier. Elle permet de déterminer l'intensité du trafic et son agressivité (poids lourds).

Le dimensionnement du corps de chaussée nécessite la connaissance du trafic journalier moyen annuel (**TJMA**) ainsi que sa répartition sur les différentes catégories de véhicules.

## **2. les différents types de trafic sont :**

### **2.1. Trafic dévié :**

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans Investissement, d'autres routes vers la même destination.

### **2.2. Trafic induit :**

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

### **2.3. Trafic total :**

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

## **3. Calcul de la capacité :**

### **3.1 Définition de la capacité :**

La capacité est le nombre de véhicules qui peuvent raisonnablement passer par une direction de la route « ou deux directions » avec des caractéristiques géométriques et de Circulation qui lui sont propre durant une période bien déterminé. La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

**3.2. Calcul du (TJMA) horizon :**

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

$$TJMAh = TJMAo(1 + ) n$$

TJMAh: le trafic à l'année horizon.

TJMAo: le trafic à l'année de référence.

**n** : nombre d'année.

: taux d'accroissement du trafic (%).

**3.3 .Calcul des trafics effectifs:**

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de :

Type de route et de l'environnement.

Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PLen (U.V.P).

Le trafic effectif donné par la relation :

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

T<sub>eff</sub>: trafic effectif à l'horizon en (UVP/J)

•**Z** : pourcentage de poids lourds (%).

**P**: coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route (nombres de voies et de l'environnement).

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

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

**Tableau. II.1** Valeurs du Coefficient d'équivalence<P>

**3.4 Débit de pointe horaire normale:**

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

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

Q: débit de pointe horaire

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

T<sub>eff</sub>: trafic effectif.

**3.5. Débit horaire admissible :**

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

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

K1 : coefficient lié à l’environnement.

K2 : coefficient de réduction de capacité.

C<sub>th</sub> : capacité effective par voie, qu’un profil en travers peut écouler en régime stable.

Environnement	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
K	1 0,75	0,85	0,9 à 0,95

Tableau. II.2.Valeurs du coefficient <K<sub>1</sub>>

	catégorie				
Environnement	1	2	3	4	5
E <sub>1</sub>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E <sub>2</sub>	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
E <sub>3</sub>	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99

Tableau. II.3.Valeurs du coefficient < K<sub>2</sub>>

**3.6. Calcul du nombre des voies:**

a) Cas D’une Chaussée Bidirectionnelle :

On compare Q à Q<sub>adm</sub> on prend le profil permettant d’avoir :  $Q_{adm} \geq Q$

b) Cas D’une Chaussée unidirectionnelle :

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

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

Avec :

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

Q<sub>adm</sub> : débit admissible par voie.

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

Tableau. II.4.valeurs de la Capacité théorique

**4. Application du projet :**

**Données de trafic :**

•Le trafic à l’année 2012  $TJMA_{2012} = 7225$  (v/j).

Le taux d’accroissement annuel du trafic =4%.

Environnement E2.

La catégorie C3

Le pourcentage de poids lourds  $Z= 20 \%$ .

L'année de mise en service sera en 2017.

La durée de vie estimée est de 20 ans.

La vitesse de base =80 km/h

**4.1. Projection future du projet :**

L'année de mise en service (2017).

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

TJMA<sub>h</sub> : le trafic à l'année horizon (année de mise en service 2017).

TJMA<sub>0</sub> : le trafic à l'année de référence (origine 2012).

$$TJMA_{2017} = 7225. (1 + 0,04)^5 = 8790 \text{ (v /j).}$$

$TJMA_{2017} = 8790 \text{ (v/j).}$
-------------------------------------

Trafic a l'année (2037) pour une durée de vie de 20 ans.

$$TJMA_{2037} = 8790. (1 + 0,04)^{20} = 19261 \text{ (v /j).}$$

$TJMA_{2037} = 19261 \text{ (v /j).}$
---------------------------------------

**4.2 .Calcul des trafics effectifs:**

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

T<sub>eff</sub> : trafic effectif à l'année horizon en (uvp).

Z : pourcentage de poids lourd.

P : coefficient d'équivalence pour les poids lourds) dépend de l'environnement et le nombre de voies)

Donc:  $Z = 0.2$

$$P = 4$$

$$TJMA_h = 19261 \text{ (v /j).}$$

$$T_{eff} = [(1 - 0.2) + 4 \times 0.2] \times 19261 = 30818 \text{ (uvp/h).}$$

$T_{eff_{2037}} = 30818 \text{ (uvp/h).}$
---

**4.3. Débit de pointe horaire normale**

$$\text{On a: } Q = (1 / n) . T_{eff}$$

Et n= 8h

Teff= 30818 (uvp)/h.

Donc Q= (1 /8). 37642=3852 (uvp/h)

$$Q = 3852 \text{ (uvp/h)}$$

**4.4. Débit horaire admissible :**

Q<sub>adm</sub> = K1.K2. Cth avec:

K1= 0.85 pour E2

K2= 0.99 pour E2 et C3

Cth= 1800(uvp/h) entre (1500 et 2000uvp/h)

Donc Q<sub>adm</sub>=0.85×0.99×2000=1683 (uvp/h)

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

On a Q<sub>2037</sub> Q<sub>adm</sub>

**4.5. Calcul du nombre des voies:**

$$N = \frac{S \times Q}{Q_{adm}}$$

S= 2/3

Q= 3852 (uvp/h)

Q<sub>adm</sub>= 1683 (uvp/h)

$$N = S \times \frac{Q}{Q_{adm}} = \frac{2}{3} \times \frac{3852}{1683} = 1.36 \approx 1$$

Donc o a une chaussée unidirectionnelle : 2voies + accotement 2x (3.5m +1.2m)

$$\text{Donc : } N = 1 \text{ voie /sens}$$

**4.6. Calcul de l'année de saturation:**

Teff = [(1 - Z) + PZ]. TJMA<sub>h</sub>

Teff = [(1 -0.2) +4×0.2] ×8790=14064(uvp/h).

$$Teff_{2017} = 14064 \text{ (uvp/h)}$$

Q<sub>2017</sub> = 0, 12 ×14064=1688

$$Q_{2017} = 1688 \text{ (uvp/h)}$$

Q<sub>saturation</sub> = 4×Q<sub>adm</sub>

Q<sub>saturation</sub> = 4×= 1683=6732 (uvp/h).

$$Q_{saturation} = 6732 \text{ (uvp/h)}$$

$$Q_{saturation} = (1 + \dagger)^n \text{ } Q_{2017} \Rightarrow n = \frac{\ln\left(\frac{Q_{saturation}}{Q_{2017}}\right)}{\ln(1 + \dagger)}$$

$$n = \frac{\ln\left(\frac{6732}{1680}\right)}{\ln(1+0.04)} = 32$$

Donc l'année de saturation = 2017+32=2049

### 5. conclusion:

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant:

TJMA2012 (v/j)	TJMA2017 (v/j)	TJMA2037 (v/j)	Teff 2037 (uvp/j)	Q (uvp/h)	N nombre de voie par sens
7225	8790	19261	30818	3852	1

**Tableau. II.5.** les résultats obtenus

# **Chapitre III :**

# **Trace en plan**

## **1. Introduction**

Le tracé en plan est une projection horizontale de l'axe de l'autoroute sur le plan topographique tout en définissant les différents éléments constitutants. Il s'agit en effet, l'alignement, et les éléments courbures ainsi que les liaisons de raccordement.

Les règles de dimensionnement du tracé en plan visent à garantir de bonnes conditions de sécurité et de confort adaptées à chaque environnement.

Le but de ce chapitre est d'élaborer le tracé de notre section en se basant sur les règles de conception qui sont tirées de l'ICTAAL, (Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison), rapporté par SETRA en 12 décembre 2000.

## **2. Les règles à respecter pour le tracé en plan**

« Au premier lieu, il y a lieu de définir les règles de conception, dont elles peuvent être résumées ci dessous:

- Utiliser des grands rayons que possible.
- Respecter la longueur minimale et maximale des alignements droits.
- Se raccorder sur les réseaux existants.
- Eviter les zones d'agglomération ainsi que les terrains agricoles le maximum possibles.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter la construction des ouvrages d'art, sinon On essaie de les franchir perpendiculairement afin minimiser les couts.

## **3. Eléments constituant le tracé en plan**

Les éléments constituant un tracé routier dans son projection en plan sont les suivants :

### **3.1. Les alignements :**

Le droit soit l'élément géométrique le plus simple et le plus utilisé, mais les grands alignements droits sont très déconseillés, a cause de:

- de nuit, éblouissement prolongé des phares.
- Difficulté de conduite et monotonie qui peuvent engendrer des accidents ou malaises chez le conducteur.
- Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.
- Mauvaise adaptation de la route au paysage, il n'y a pas d'harmonie avec l'aspect des reliefs.

Il existe toutefois des cas exceptionnels où l'emploi d'alignement se justifie :

- En plaine, où des sinuosités ne seraient absolument pas motivées.
- Dans des vallées étroites.
- Le long de constructions existantes.
- Pour donner la possibilité de dépassement

La longueur des alignements dépend de la durée du parcours rectiligne, pour :

- La longueur minimale qui est le chemin parcouru en  $t=5$  sec à une vitesse de base
- La longueur maximale qui est le chemin parcouru en  $t=1$  min à une vitesse de base

Soit :  $-L_{\min} = 5 V_B / 3.6$

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

REF : B40

Vitesse de base	$V_B$ (km/h)	80
La longueur minimale	$L_{\min}$ (m)	111.11
La longueur maximale	$L_{\max}$ (m)	1333.33

**Tableau III.1.** Valeurs extrêmes des alignements droits

**3.2. Les raccordements progressifs «clothoïde » :**

**3.2.1. Définition:**

C'est une introduction progressive du rayon ou du devers donc le passage de l'alignement droit au cercle ne peut se faire brutalement, mais progressivement (courbe dont la courbure croit linéairement de  $R = \infty$  jusqu'à  $R = \text{constant}$ ), pour assurer :

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

Il y a beaucoup des courbes de raccordement Pour assurée ce confort. Mais la clothoïde est la seule courbe qui sera appliquée dans les projets de route.

**3.2.2. Expression de la clothoïde :**

La courbure est linéairement proportionnelle à l'abscisse curviligne L(ou longueur de la clothoïde). On pose :  $1/C=A^2$  et  $A^2= L.R$

$K= C.L$  Donc  $k= 1/R$

C'est -à- dire que pour le paramètre A choisi, le produit de la longueur L et du rayon R est constant.



transversale est :  $(V^2/R - g \cdot d)$  Ce dernier est limité à une fraction de l'accélération de pesanteur  $Kg = g/0.2V$

Avec une gravitation  $g = 9.8m/s$  on opte :

$$l \frac{vb^2}{18} \frac{vb^2}{127R} - d \quad \mathbf{VB} : \text{vitesse de base (Km/h).}$$

**R** : le rayon (m).

**d**: la variation de divers ( $d = d_f - d_i$ ) (%).

❖ **Condition de gauchissement :**

La demi-chaussée extérieure au virage de C.R est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule le raccordement doit assurer. Un aspect satisfaisant dans les zones de variation de dévers.

A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversé et de son axe de telle sorte.  $p = 0.5/$

Nous avons : **L** I.  $p \cdot V_{BI}$  : largeur de chaussée

**3.3. Les rayons de cercle :**

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

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

Vitesse de base	$V_B$ (km/h)	80
Rayon horizontal minimal(m)	$R_m(8\%)$	220
Rayon horizontal normal(m)	$R_{hn}(6\%)$	375
Rayon horizontal déversé(m)	$R_{hd}(3\%)$	800
Rayon horizontal non déversé(m)	$R_{hnd}(-3\%)$	1200

**Tableau III.2.**rayons du tracé en plan

Il est conseillé de remplacer les longs alignements droits par des grands rayons.

L'emploi de rayons supérieurs ou égaux à  $1,5 R_{nd}$  est souhaitable, dans la mesure où cela n'induit pas de surcout sensible, afin d'améliorer le confort et faciliter le respect des règles de visibilité.

• **La stabilité en courbe :**

En passant un virage, un véhicule subit l'effet de la force centrifuge, c'est la raison pour laquelle on incline la chaussée vers l'intérieur d'une pente exprimée par sa tangente. On définit les rayons du tracé en plan suivants :

- **le rayon minimum :**  $R_{\min} = \frac{V_r^2}{127 (f_t + d)}$

$f_t$ : coefficient de frottement transversal

- **Rayon horizontal minimal absolu :**

Ainsi pour chaque  $V_B$  on définit une série de couple **(R, d)**.

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

- **Rayon minimal normal :**

Le rayon minimal normal (**RHN**) doit permettre à des véhicules dépassant  $V_B$  de **20 km/h** de rouler en sécurité.

$$RHN = \frac{(V_r + 20)^2}{127 (f_t + d_{\max})}$$

- **Rayon au dévers minimal :**

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

$$\text{Dévers associé } d_{\min} = 3\% \quad RHd = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d_{\min}}$$

- **Rayon minimal non déversé :**

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toit et le dévers est négatif pour l'un des sens de circulation ; le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non déversé (**RHnd**).

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127 \times 0.035} \quad \text{Pour C1 et 2}$$

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127 (f' - d_{\min})} \quad \text{Pour C3, 4 et 5}$$

Tel que  $f' = 0.07$  pour C3

$f' = 0.075$  pour C4 et 5

- **Visibilité en courbe :**

Un virage d'une route peut être masqué du côté inférieur de la courbe par un talus de déblai, ou par une construction ou forêt. Pour assurer une visibilité étendue au conducteur d'un véhicule, il va falloir reculer le talus ou abattre les obstacles sur une certaine largeur à

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

- **Sur largeur :**

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

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

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

avec:  $L$ :longueur du véhicule (valeur moyenne  $L = 10 \text{ m}$ ).

$R$ :rayon de l'axe de la route  $200\text{m}$

#### 4. Combinaison des éléments de trace en plan :

La combinaison des éléments de tracé en plan donne plusieurs types de courbes, on cite :

##### 4.1. Courbe en S :

Une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de concavité opposée tangente en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle.



Figure III.2. C en S

##### 4.2. Courbe à sommet :

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

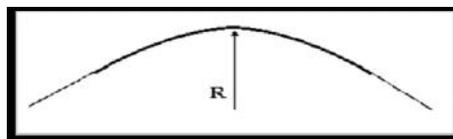


Figure III.3. C a sommet

##### 4.3. Courbe en Ovale:

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

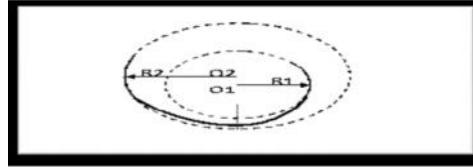


Figure III.4. C en oval

#### 4.4. Courbe en C :

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

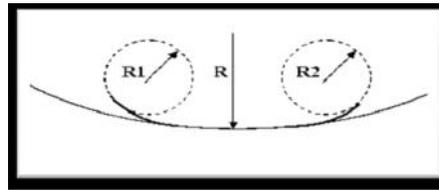


Figure III.5. C en C

### 5. La vitesse de référence (de base) :

#### 5.1. Définition

La vitesse de référence (VB) est une vitesse prise pour établir un projet de route, elle est le critère principal pour la détermination des valeurs extrêmes des caractéristiques géométriques et autres intervenants dans l'élaboration du tracé d'une route.

Pour le confort et la sécurité des usagers, la vitesse de référence ne devrait pas varier sensiblement entre les sections différentes, un changement de celle-ci ne doit être admis qu'en coïncidence avec une discontinuité perceptible à l'utilisateur (traverser d'une ville, modification du relief, etc.....).

#### 5.2. Choix de la vitesse de référence:

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

- ✓ Catégorie de route.
- ✓ Caractéristique de trafic et le poids lourd.
- ✓ Topographie.
- ✓ Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

#### 5.3. Vitesse de projet:

La vitesse de projet  $V_p$  est la vitesse théorique la plus élevée pouvant être admise en chaque point de la route, compte tenu de la sécurité et du confort dans les conditions normales.

On entend par conditions normales:

- ✓ Route propre sèche ou légèrement humide, sans neige ou glace.
- ✓ Trafic fluide, de débit inférieur à la capacité admissible.
- ✓ Véhicule en bon état de marche et conducteur en bonne conditions normales.

## 6. Paramètres fondamentaux :

D'après le règlement des normes algériennes B40, pour un environnement  $E_2$  et une catégorie  $C_3$  avec aussi une vitesse de 80km/h on définit les paramètres suivants :

paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse (Km/h)	V	80
Longueur minimale (m)	$L_{min}$	111.11
Longueur maximale (m)	$L_{max}$	1333.33
Devers minimal (%)	$d_{min}$	3
Devers maximal (%)	$d_{max}$	8
Temps de perception réaction (s)	$t_1$	2
Frottement longitudinal	$f_L$	0.43
Frottement transversal	$f_t$	0.15
Distance de freinage (m)	$d_0$	59
Distance d'arrêt (m)	$d_1$	99
Distance de visibilité de dépassement minimale (m)	$d_m$	320
Distance de visibilité de dépassement normale (m)	$d_n$	480
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	$d_{md}$	200

Tableau III.3.paramètres fondamentaux

## 7. Calcule de l'axe :

Le calcul d'axe est l'opération par laquelle toute étude d'un projet routier doit commencer, elle consiste à calculer l'axe de la route, point par point du début du projet jusqu'à la fin de celui-ci en déterminant les coordonnées de ces points et les gisements des directions.

On a le tableau des coordonnées (x, y) des sommets qui sont déterminés par simple lecture à partir de la carte topographique et les rayons choisis pour les différentes directions.

Le calcul d'axe se fait à partir d'un point fixe dont on connaît les coordonnées; et il doit suivre les étapes suivantes :

- Calcul des gisements.
- Calcul de l'angle  $\chi$  entre les alignements.
- Calcul de la tangente T.
- Calcul de la corde polaire SL.
- Vérification de non- chevauchement.
- Calcul de l'arc en cercle.
- Calcul de des coordonnées de points particuliers.
- Calcul de kilométrage des points particuliers.

**Exemple de calcul :**

	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>R</b>	<b>V<sub>B</sub></b>
<b>X</b>	48007.924	47799.460m	47508.770m	<b>2500m</b>	<b>80Km/h</b>
<b>Y</b>	64998.545m	65637.161m	66651.616m		

Pour notre projet on a :

$R=2500 \text{ m} > 1200 \Rightarrow d=-2.5\%$  donc le calcul se fait pour un rayon **sans clothoïde**.

• **Calcul des gisements**

$$|\Delta x_{12}| = |Xp_2 - Xp_1| = -208.464$$

$$|\Delta y_{12}| = |Yp_2 - Yp_1| = 638.616$$

$$G_{p1}^{p2} = 100 - \text{Arctg} \left( \frac{|\Delta y_{12}|}{|\Delta x_{12}|} \right) = 171.92$$

$$G_{p2}^{p1} = 200 + G_{p1}^{p2} = 200 + 171.92 = 371.92$$

$$D_{p2}^{p1} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{-208.464^2 + 638.616^2} \approx 671.78$$

$$|\Delta x_{23}| = |Xp_3 - Xp_2| = -290.69$$

$$|\Delta y_{23}| = |Yp_3 - Yp_2| = 1014.455$$

$$G_{p1}^{p2} = 100 - \text{Arctg} \left( \frac{|\Delta y_{23}|}{|\Delta x_{23}|} \right) = 174.01$$

$$G_{p2}^{p1} = 200 + G_{p1}^{p2} = 200 + 174.01 = 374.01$$

**Calcul de l'angle**

$$\chi = G_{p2}^{p3} - G_{p1}^{p2} = |174.01 - 171.92| = 2.09$$

**Calcul de tangente T**

$$T = (R) \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 2500 \tan\left(\frac{2.09}{2}\right) = 45.6$$

- **Calcul des coordonnées des points de tangente :**

$$= 171.92 \quad \begin{cases} X_{KA1} = X_{P2} - T \times \sin(\alpha) = 47799.460 - 45.6 \times \sin(171.92) = 47793.1m \\ Y_{KA1} = Y_{P2} - T \times \cos(\alpha) = 65637.161 - 45.6 \times \cos(171.92) = 65682.3m \end{cases}$$

$$= 174.01 \quad \begin{cases} X_{KA2} = X_{P2} + T \times \sin(\alpha) = 47799.460 + 45.6 \times \sin(174.01) = 47804.2m \\ Y_{KA2} = Y_{P2} - T \times \cos(\alpha) = 65637.161 - 45.6 \times \cos(174.01) = 65682.5m \end{cases}$$

$$Larc = f R \left(\frac{\alpha}{200}\right) \quad Larc = f 2500 \left(\frac{2.09}{200}\right) = 82.03$$

### Remarque :

Les calculs complets de l'axe du tracé en plan sont faits à l'aide du logiciel **CIVIL 3D**, et sont joints dans les annexes.

### 8. conclusion :

L'élaboration du tracé en plan selon les normes utilisées dans mon projet B40 nous a exigé l'utilisation des rayons suffisamment grands pour que l'utilisateur soit en bonnes conditions de confort et sécurité surtout dans les courbes.

# **Chapitre IV :**

## **Profil en long**

## **1. Introduction**

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

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

Le profil en long est constitué de deux éléments géométriques :

- Lignes droites (déclivités).
- Arcs de cercle tangents.

## **2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long :**

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

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- Éviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Rechercher un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Éviter une hauteur excessive en remblai.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones de dévers nul dans une pente du profil en long.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, au niveau du virage pour permettre une bonne distinction du carrefour et pour prévoir de loin l'évolution du tracé.

## **3. Coordination entre tracé en plan et profil en long :**

Il faut signaler toute fois et dès maintenant qu'il ne faut pas séparer l'étude de profil en long de celle du tracé en plan. On devra s'assurer que les inflexions en plan et en profil en long se combinent sans porter des perturbations sur la sécurité ou le confort des usagers. Et pour assurer ces derniers objectifs on respecte les conditions suivantes :

- Associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important.
- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :

R vertical > 6 R horizontal

- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de coût sensible, lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500 m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.

## **4. Caractéristique du profil en long :**

### **4.1. Déclivités**

La construction du profil en long doit tenir compte de plusieurs contraintes. La pente doit être limitée pour des raisons de sécurité (freinage en descente) et de confort (Puissance des véhicules en rampe). La déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal.

Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

#### **4.1.1. Déclivité minimum :**

Les tronçons de route absolument horizontaux, dits « en palier » 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 fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante. Il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 1% et surtout celle inférieure à 0.5 %, pour éviter la stagnation des eaux.

#### **4.1.2. Déclivité maximum :**

Du point de vue technique, la déclivité maximale dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée (ce phénomène concerne tous les véhicules), ainsi de la réduction des vitesses qu'elle provoque ou les camions (poids lourds) sont déterminants car la plupart des véhicules légers ont une grande puissance. Donc Il est conseillé d'éviter les pentes supérieures à 7%.

## **4.2. Les raccordements en profil en long**

Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long. Ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire :

- les conditions de visibilité.

- les conditions de confort.

Les rayons assurant ces deux conditions sont données pour les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie.

On distingue deux types de raccordements :

#### 4.2.1. Raccordements convexes (angle saillant) :

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain, des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité. Et Leur conception doit satisfaire à la Condition de confort et la Condition de visibilité.

- **Condition de confort :**

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à «  $g/40$  (cat 1-2) et  $g/30$  (cat 3-4-5) », le rayon de raccordement à retenir sera donc :

$$v^2/Rv \leq g/40 \quad \text{donc: } Rv = (40 \times v^2)/g \quad \text{avec } g = 10 \text{ m/s}^2 \text{ et } v = V_b/3.6$$

quicoccespond avec

$$Rv = 0,23 V_b^2 \text{ pr (C3, 4et5)}$$

$$Rv = 0,3 V_b^2 \text{ pr (C1et2)}$$

- **Condition de visibilité :**

Une considération essentielle pour la détermination du profil en long est l'obtention d'une visibilité satisfaisante. Il faut deux véhicules circulant en sens opposés puissent s'apercevoir a une distance double de la distance d'arrêt au minimum. Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$d$  : distance d'arrêt (m)

$h_a$  : hauteur de l'oeilau dessus de la chaussée = 1.10 m

$h_g$  : hauteur de l'obstacle =1.20 m

$$Rv = \frac{d^2}{2 h_a + h_g + 2 \times \frac{h_a h_g}{0.27d}}$$

#### 4.2.2. Raccordements Concaves (Angle Rentrant) :

Dans un raccordement concave, les conditions de visibilité du jour ne sont pas déterminantes, lorsque la route n'est pas éclairée la visibilité de nuit doit par contre être prise en compte.

$$R'_V = \frac{d^2}{1.5 + 0.035d}$$

Les rayons assurant ces deux conditions sont données pour les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix bidirectionnelle et pour une vitesse de base  $V_B=80\text{Km/h}$  et pour la catégorie 3 on a (selon **B40**) :

Rayon		Symbole	Valeur (m)
Rayon convexe	min absolu	$R_{Vm}$	2000
	min normal	$R_{VN}$	4500
Rayon concave	min absolu	$R'_{Vm}$	1600
	Min normal	$R'_{VN}$	2100
Rayon de dépassement		$R_{VD}$	9000
Déclivité max $I_{max}=7\%$			

**Tableau IV.2. Les rayons en profil en long**

# **Chapitre V:**

## **Profil en travers**

## 1. Introduction

Le profil en travers est la coupe de la route suivant un plan perpendiculaire à son axe. Il définit notamment les talus et la largeur et le dévers des chaussées et les zones non roulables de la route (bandes dérasées).

Le choix d'un profil en travers dépend essentiellement du trafic attendu sur la route qui définit le nombre de voies.

Les profils en travers permettent de calculer les paramètres suivants :

- La position des points théoriques d'entrée en terre des terrassements.
- L'assiette du projet et son emprise sur le terrain naturel.
- Les cubatures (volumes de déblais et de remblais)

## 2. les éléments qui composent le profil en travers :

**Emprise :** C'est la surface du terrain affecté à la route ; limitée par le domaine public.

**Assiette :** Surface de terrain réellement occupé par la route, ses limites sont les pieds de talus en remblai et crête de talus en déblai.

**Plate forme :** Elle se situe entre les fossés ou crêtes de talus de remblais comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement le terre plein central et bande d'arrêt.

**Chaussée :** C'est la partie de la route affecté à la circulation des véhicules.

**La largeur roulable:** Elle comprend les sur-largeurs de la chaussée, la bande d'arrêt.

**Accotement :** Comprend une bande d'arrêt d'urgence (B.A.U.) bordée à l'extérieur d'une berme.

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

**La berme :** Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de Sécurité, signalisation verticale...).

Sa largeur qui dépend surtout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.

**Bande dérasée de gauche (B.D.G):** Elle est destinée à éviter de paroi liée aux barrières de sécurité, elle est dégagée de tout obstacle, revêtue et se raccorde à la chaussée sans dénivellation.

### **3. Classification du profil en travers:**

Ils existent deux types de profil en travers :

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

#### **3.1. Le profil en travers type :**

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

Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais).L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la côte du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements.

#### **3.2. Le profil en travers courant :**

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

## **4. Pentes transversales :**

Les courbes de rayon inférieur à Rnd sont déversées vers l'intérieur de la courbe.

#### **4.1. En alignement et en courbe non déversée :**

La pente transversale d'une chaussée est de 2,5% vers l'extérieur. La pente d'une B.A.U (ou d'une B.D.D), est identique à celle de la chaussée adjacente, mais au delà de la Sur largeur de chaussée portant le marquage de rive, elle peut être portée à 4 % pour des raisons techniques. Les pentes des B.D.G et du versant en toit d'un T.P.C revêtu sont identiques à celle de la chaussée adjacente. La berme extérieure présente une pente transversale de 8 % qui peut être portée jusqu'à 25 % dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement.

#### **4.2. En courbe déversée :**

La pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de  $1/R$ , entre 2,5 % pour Rnd et 7 % pour Rm. La pente de la B.A.U (ou la B.D.D) intérieure à la courbe est la même que celle de la chaussée adjacente. La pente de la B.A.U extérieure (ou la B.D.D) reste la même qu'en alignement droit tant que le dévers ne dépasse pas 4 % ; au-delà, elle est de

sens opposé au dévers et égale à 1,5 %, hormis la Sur largeur de chaussée qui conserve la même pente que la chaussée.

**4.3. Changement de dévers :**

La variation du dévers est habituellement linéaire le long du raccordement progressif.

**5. notre profil en travers :**

Description	Largeur (m)	nombre	Largeur T (m)
• Voie de circulation 2	<b>3.5</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
• Accotement	<b>1.2</b>	<b>2</b>	<b>2.4</b>
<b>Totale</b>			

**Tableau V.1: Les largeurs des éléments**

	<b>dévers en section droite</b>
- Chaussée	<b>-3</b>
- Accotement	<b>-5</b>

**Tableau V.2:les dévers des éléments**

# **Chapitre VI :**

# **Cubatures**

## 1. introduction :

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

## 2. Les méthodes de calcul :

Il existe plusieurs méthodes de calcul des volumes remblai-déblai, parmi lesquelles nous citerons :

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

## 3. Description des méthodes :

### 3.1. La méthode linéaire :

C'est la méthode classique. Les sections et les largeurs calculées sur chacun des profils projet sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir des volumes et des surfaces. La longueur d'application est prise à l'axe du projet à l'inter-demi-distance » entre chaque profil.

### 3.2. La méthode de Gulden

Les sections et les largeurs sont calculées de façon classique mais les longueurs d'application diffèrent de celles de la méthode linéaire. Le centre de gravité de chacune des surfaces est calculé. Les longueurs d'application sont calculées pour chaque entité à estimer (depuis le centre de gravité) et prennent en compte le rayon de courbure.

Dans le cas de l'utilisation de la méthode de Gulden, la quantité « longueur d'application » n'a plus de sens. La méthode de Gulden permet d'obtenir une meilleure précision dans le cas des projets comportant des fortes courbures :

- Tracé avec de nombreux petits rayons (routes de montagne en lacet...)

## 4. Calcul des cubatures du projet :

Pour notre projet, le calcul des cubatures a été effectué à l'aide de logiciel Autocade civil 3d.

**Les résultats finals de calcul des cubatures dans le tableau suivant:**

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol. déblai Cum. (m3)	Vol. remblai Cum. (m3)	Vol. Net Cum. (m3)
198+33.739	5.19	150.24	0	0	63392.2	27293.0	36099.2

**Tableau VI.1.** Les résultats de calcul des cubatures

Le volume de déblai total : **63392.2 m<sup>3</sup>**

Le volume de remblai total : **27293 m<sup>3</sup>**

**Et les détails de résultats sont joints en Annexe**

# **Chapitre VII :**

# **Etude géotechnique**

## 1. Introduction:

L'ingénieur concepteur doit définir un programme de reconnaissance géotechnique après avoir tracé son axe. Cette étude lui permettra d'avoir des descriptions lithologiques, hydrogéologiques et hydrauliques de la région. Une interprétation physico-mécanique lui permettra d'appréhender le comportement géotechnique du sol support. L'étude géotechnique doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol.

## 2. Les essais d'identifications :

### 2.1. Analyses granulométriques :

Il s'agit du tamisage (soit au passant de 2mm, soit au passant de 80 $\mu$ m) qui permet par exemple de distinguer 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.

### 2.2. Equivalent de sable :

C'est un essai qui 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.

### 2.3. Limites 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 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.

### 2.4. 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 ».

**2.5. Essai C.B.R (California Bearing Ratio):**

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

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

**2.6. Essai Los Angeles :**

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

**2.7. 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.

**3. Les essais in situ :****3.1. 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 de Bossinesq qui relie « z », le déplacement, la pression « q » le rayon de charge « a » et la caractéristique du massif « E ».

Après plusieurs approches, on a abouti à l'approche suivante :  **$E = 6 \text{ CBR}$** .

**3.2. Les essais pressiométriques :****a. Pénétrömètre statique :**

L'essai de pénétration statique consiste à foncer de manière continue dans le sol, à vitesse lente et constante, un pieu modèle réduit, dont le diamètre compris entre 30 et 100 mm. La résistance à l'enfoncement est mesurée de façon directe et continue, en fonction de la profondeur.

**b. Pénétromètre dynamique**

L'essai de pénétration dynamique consiste à faire pénétrer dans le sol, par battage un train de tubes lisses muni à son extrémité d'une pointe, ou d'un carottier, à l'aide d'un mouton tombant d'une hauteur donnée.

**4. Conditions d'utilisation des sols en Remblais :**

Les remblais posent à l'ingénieur routier un certain nombre de problèmes .Ce sont notamment:

- Le tassement et le compactage.
- La stabilité des talus.
- La résistance des talus à l'érosion.

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

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- Pierre de dimension  $> 80$  mm.
- Matériaux plastique IP  $>20\%$  ou organique.
- Matériaux gélifs.
- On évite les sols à forte teneur en argile.

Les remblais seront réglés 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.

# **Chapitre VIII :**

# **Dimensionnement du**

# **corps de chaussée**

**1. Introduction :**

Le réseau routier joue un rôle vital dans l'économie du pays et l'état de son infrastructure est par conséquent crucial. Si les routes ne sont pas correctement construites ou ne sont pas entretenues en temps opportun elles se dégradent, le dimensionnement de la chaussée est fonction de la politique de gestion du réseau routier. Cette politique est définie par le maître de l'ouvrage en fonction de la hiérarchisation de son réseau routier.

Le dimensionnement s'agit en même temps, de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises, et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de chaussée.

**2. La chaussée :****2.1. Définition :**

D'après l'exécution des terrassements, y compris la forme ; la route commence à se profiler sur le terrain comme une plate-forme dont les déclivités sont semblables à celles du projet. A la suite, la chaussée est appelée à :

- ✓ Supporter la circulation des véhicules de toute nature
- ✓ reporter le poids sur le terrain de fondation.

Pour accomplir son devoir, c'est-à-dire assurer une circulation rapide et confortable, la chaussée doit avoir une résistance correspondante et une surface constamment régulière.

Au sens structurel la chaussée est défini comme un ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges appliquées par le trafic.

**2.1. Les différents types de chaussée :**

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

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

**2.1.1. Chaussée souple :**

Les chaussées souples constituées par des couches superposées des matériaux non susceptibles de résistance notable à la traction. Les couches supérieures sont généralement plus résistantes et moins déformable que les couches inférieures. Pour une assurance parfaite et un confort idéal, la chaussée exige généralement pour sa construction, plusieurs couches exécutées en matériaux différents, d'une épaisseur bien déterminée, ayant chacune un rôle aussi bien défini.

En principe une chaussée peut avoir en ordre les 03 couches suivantes :

**❖ Couche de roulement (surface) :**

La couche de surface constituant la chape (couche de surface) protection de la couche de base par sa dureté et son imperméabilité et devant assurer en même temps la rugosité, la sécurité et le confort des usagés

La couche de roulement est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle encaisse les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.

La couche de liaison joue un rôle transitoire avec les couches inférieures les plus rigides.

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

**❖ Couche de base :**

La couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet de trafic ainsi lâche de sol, elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

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

**❖ Couche de fondation :**

Complètement en matériaux non traités (en Algérie) elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic. Assurer une bonne unie et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, Elle a le même rôle que celui de la couche de base.

**❖ Couche de forme :**

La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée.

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

**2.1.2. Chaussée semi-rigide :**

On distingue :

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

**2.1.3. Chaussée rigide :**

Comportant des dalles en béton (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) qui fléchissant élastiquement sous les charges transmettent les efforts à distance et les répartissent ainsi sur une couche de fondation qui peut être une grave stabilisée mécaniquement, une grave traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques. Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie.

**3. Les différents facteurs déterminants pour le dimensionnement de la chaussée :**

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

**3.1 Trafic :**

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourds (véhicules supérieurs à 3,5 tonnes). Il intervient comme paramètre d'entrée dans le dimensionnement des structures de chaussées et le choix des caractéristiques intrinsèques des matériaux pour la fabrication des matériaux de chaussée.

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

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

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

$$N = T.A.C$$

Avec: **N** : trafic cumulé.

**A** : facteur d'agressivité globale du trafic.

**C** : facteur de cumul

$$C = [(1 + \tau)^p - 1] / \tau$$

Avec  $\tau$  : Taux de croissance du trafic.

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

### 3.2 Environnement :

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

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

### 3.3 Le Sol Support :

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate – forme support de chaussée » constituée du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme.

Les plates formes sont définies à partir :

- ✓ De la nature et de l'état du sol ;
- ✓ De la nature et de l'épaisseur de la couche de forme.

### 3.4 Matériaux :

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

## 4. les méthodes principales de dimensionnement:

On distingue deux familles des méthodes :

\*Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées.

\*Les méthodes dites « rationnelles » basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

Les méthodes du dimensionnement de corps de chaussée les plus utilisées sont :

- La méthode de C.B.R (California -Bearing - Ratio)
- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves CTTTP
- Méthode du catalogue des structures
- La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)

Pour notre projet on va utiliser la méthode de **CBR et la Méthode du catalogue.**

**4.1. Méthode de C.B.R :**

C'est une méthode (semi-empirique) qui s'est basé sur essai de poinçonnement sur un échantillon de sol support en compactant des éprouvettes à (90-100%) de l'optimum Proctor modifier sur une épaisseur d'eau moins de 15 cm

L'épaisseur est donnée par la formule suivant :

$$e = \frac{100 + p \times 75 + 50 \log \frac{N}{10}}{I_{CBR} + 5}$$

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

$$e = c1 \times e1 + c2 \times e2 + c3 \times e3$$

**Avec:** c1, c2, c3 : coefficients d'équivalence.

e1, e2, e3 : épaisseurs réelles des couches.

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux	2.00
Grave ciment –grave laitier	1.5
Grave bitume	1.2 à 1.7
Grave concasse ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.2
Sable	0.5
Tuf	0.6

**Tableau. VIII.1.**Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau

**4.2. Méthode du catalogue 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 rationnelle qui se base sur deux approches :

- Approche théorique.
- Approche empirique.

**5. Caractéristiques du sol support:**

D'après le rapport géotechnique, nous avons un indice de CBR= 6 (notre sol est de moyenne portance), donc la portance de sol support est de S3. On doit prévoir une couche de forme en matériau, pour améliorer la portance de sol support.

<b>Classe de sol</b>	<b>Indice C.B.R</b>
<b>S1</b>	25-40
<b>S2</b>	10-25
<b>S3</b>	05-10
<b>S4</b>	<05

**Tableau. VIII.2.** Classe de sol

❖ **Amélioration de la portance du sol support :**

La couche de forme a pour but d'améliorer la portance du sol support, des recherches ont été faites sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de CF, le mode de sa mise en place (nombre de couches) et la nature du matériau utilisé (les plus répandus en Algérie) pour la réalisation de la CF.

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

Portance de sol	Matériaux de CF	Epaisseur de CF	Ecf Portance visée
<S4	Non traité	50cm (2couches)	S3
S4	Non traité	35cm	S3
S4	Non traité	60cm (2couches)	S2
S3	Non traité	40cm (2couches)	S2
S3	Non traité	70cm (2couches)	S1

**Tableau. VIII.3.** la portance du sol support

Pour notre cas on a un CBR=6 ce qui implique (S3) Donc nous proposons une couche de forme (Ecf =40 cm) en TUF pour obtenir un CBR compris entre 10 et 25 (classe S2).

## 6. Application au projet :

### 6.1. Méthode de C.B.R :

$$T_{jma_{2037}} = 19261 v/j, \quad PL=20\%.$$

$$N(pl) = T_{jma_{2037}} \times 0.20 \times 0.9/2$$

$$N(pl) = 1733 PL/j/se$$

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

Indice **CBR=6**

$$e = \frac{100 + 6.5 \times 75 + 50 \log \frac{1733}{10}}{6+5} \quad e = 52 \text{ et on prend } e = 52 \text{ cm}$$

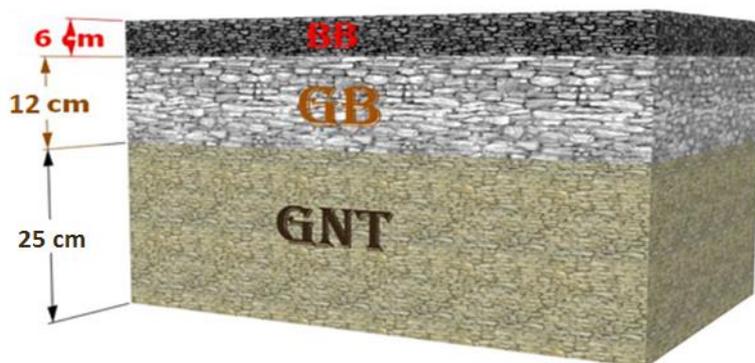
$$e = 6 \times 2 + 12 \times 1.5 + e_3 \times 1 = 52 \text{ cm}$$

$$e_3 = \frac{47 - 6 \times 2 - 12 \times 1.5}{1} = 22 \text{ cm}$$

$e_3 = 25 \text{ cm}$

Donc:  $e = 6BB + 12GB + 25GNT$

C'est-à-dire notre structure comporte 6BB+12GB+20GNT avec couche de forme (40 cm en TUF).



### 6.2. Méthode Du Catalogue Des Chaussées Neuves:

Données de l'étude :

- Année de comptage : 2012.
- $TJMA_{2012} = 7225 v/j$
- Mise en service : 2017
- Durée de vie : 20 ans

- Zone climatique II
- Taux d'accroissement : = 4 %
- Pourcentage de poids lourds : Z = 20 %
- $I_{CBR}=6$

**6.2.1. Détermination du type de réseaux principaux :**

D'après le catalogue on a la classification des réseaux principaux suivante :

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

**Tableau. VIII.4.**Les types de réseaux principaux

$TJMA_{201} = 8790$  (v/j).

$3437$  (V/j) >  $1500$ (V/j) le réseau principal est **RP1**.

**6.2.2. Détermination de la classe de trafic:**

Route unidirectionnelle à 2 voies, répartition du trafic 90% sur la voie de droite et 10% sur la voie de gauche.

-  $TJMA_{2017} = 8790$  (v/j). (année de mise en service)

$TPL = (TJMA_{2017} = 8790 / 2 \times 0.2) 0.9 = 977$  PL/ j/s

D'après le classement donné par le catalogue des structures, notre trafic est classé en : **TPL5**

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

**Tableau. VIII.5.**La classe du trafic

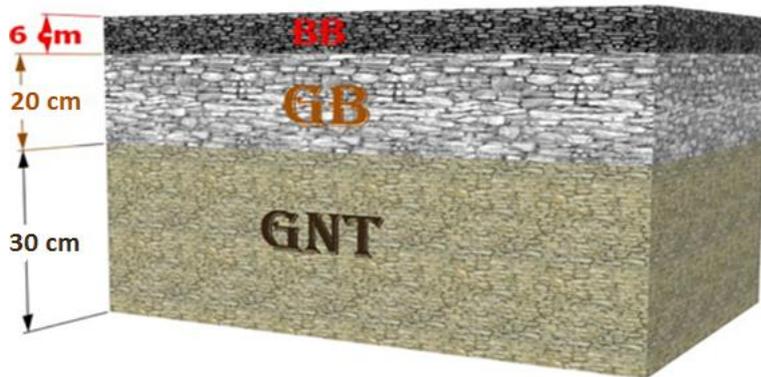
Et concernant la classe du sol support on:

$E$  (MPA) =  $5 \times 6 = 30$  (MPA) donc notre classe est : **S3**.

Classes du sol-support	S3	S2	S1	S0
Module (MPA)	25-50	50-125	125-200	>200

**Tableau. VIII.6.**La classe du sol support

D'après la fiche structure fascicule N03 page 13 on choisit : **6 BB 20 GB 30 GNT** avec couche de forme (40 cm en TUF).



## 7. Conclusion :

Après avoir fait le dimensionnement par les deux méthodes on a opté la structure de la méthode de CBR parce qu'elle est la plus économique.

# **Chapitre IX :**

# **L'assainissement**

## **1. Introduction :**

L'assainissement routier est une composante essentielle de la conception, pour la réalisation et l'exploitation des infrastructures linéaires. L'eau est le premier ennemi de la route car il pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, Ce qui met en jeu la sécurité de l'usager (glissance, inondation diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par dés enrobage des couches de surface, etc.) et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation .Les types de dégradation provoqués par les eaux sont:

### **→Pour les chaussées :**

- ✓ Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées).
- ✓ Dés enrobage.
- ✓ Nid de poule (forte proportion d'eau dans la chaussée avec un important trafic).
- ✓ Effet gel dégel.
- ✓ Décollement des bords (affouillement des flancs).

### **→Pour les talus :**

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

## **2. Objectif de l'assainissement :**

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

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

### 3. Dimensionnement des ouvrages d'évacuations :

#### 3.1. Donnée pluviométrique :

Les notes sur ces données pluviométriques données en termes de pluies journalières mensuelles annuelles maximales, existantes au niveau de ce tronçon étudié, et notre projet a les informations suivantes :

-Coefficient de variation ;  $C_v=0,41$ .

-Exposant climatique ;  $b=0,36$

-Hauteur de pluie journalière moyenne ;  $P_j=36\text{mm}$ .

#### 3.2. Estimation de débit d'apport $Q_a$ :

$Q_a=K.C.I_t.A$  selon la méthode rationnelle

$K$  : coefficient qui permet la conversion des unités (mm/h en l/s).  $K= 0.2778$ .

$I_t$  : 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 ( $\text{m}^2$ ).

#### 3.3. Détermination de l'intensité de la pluie $I_t$ :

$$I_t = I \times \frac{t_c}{24}^\beta \quad \text{Avec : } \beta = b - 1$$

$I$  : Intensité de la pluie (mm/h).

$T_c$  : temps de concentration (h).

#### 3.4. L'intensité horaire $I$ :

$I = \frac{P_j}{24}P(j)$  : Hauteur de la pluie de durée  $T_c$  (mm).

#### 3.5. Temps de concentration $T_c$ :

$$\cdot t_c = 0,127 \cdot \frac{\bar{A}}{P} \Rightarrow \text{Si } A < 5\text{km}^2, \text{selon VENTURA.}$$

$$\cdot t_c = 0,108 \cdot \frac{\bar{A}^3}{P} \Rightarrow \text{Si } 5 \text{ km}^2 < A < 25\text{km}^2, \text{GIANDOTTI.}$$

$$t_c = \frac{4 \bar{A} + 1.5L}{0.8 \bar{H}} \Rightarrow \text{Si } 25 \text{ km}^2 < A < 200 \text{ km}^2 : \text{PASSINI}$$

**A** : Superficie du bassin versant (km<sup>2</sup>).

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

**L** : Longueur de bassin versant (km).

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

**3.6. Coefficient de ruissellement :**

C'est le rapport de volume d'eau qui ruisselle sur cette surface au volume d'eau reçu sur elle. Il peut être choisi suivant le tableau ci-après :

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtue en enrobés	0.8 à 0.95	<b>0.95</b>
Accotement ou sol légèrement perméable	0.15 à 0.4	<b>0.4</b>
talus	0.1 à 0.3	<b>0.3</b>
Terrain naturel	0.05 à 0.2	<b>0.2</b>

**Tableau. IX.1.** Coefficient de ruissellement C

**3.7. Pluie journalière maximale annuelle Pj :**

La Pluie journalière maximale annuelle **Pj** est donné par la formule de GALTON

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

**P<sub>jmoy</sub>** : Pluie moyenne journalier.

**C<sub>v</sub>** : coefficient de variation climatique.

**U** : variation de Gauss, donnée par le tableau suivant :

Fréquence(%)	50	20	10	2	1
Période de retour (ans)	2	10	20	50	100
Variable de gauss(U)	0.00	0.84	1.28	2.05	2.372

**Tableau. IX.2.**variation de Gauss

### 3.8. Débit de saturation $Q_s$

Le débit de saturation est donné par la formule de Manning- Strickler :

$$Q_s = S_m \cdot K_{ST} \cdot R_h^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

**S** : section mouillée ( $m^2$ ).

**KST** : coefficient de STRICKLER - KST = 70 pour les dalots.

-KST = 80 pour les buses.

**Rh**: rayon hydraulique (m).  $R_h = S / P$ .

**J**: la pente moyenne de l'ouvrage.

## 4. Application au projet :

### 4.1. Dimensionnement des fossés :

La section transversale des fossés peut avoir de diverses formes, les plus utilisées en Algérie sont de forme trapézoïdale et triangulaire.

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

$$Q_a = Q_s = K \cdot C \cdot I_t \cdot A = S_m \cdot K_{ST} \cdot R_h^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

#### 4.1.1. Calcul de précipitation :

D'après la formule de (GALTON) on a :

**Pendant 10ans :**  $U=1.28, C_v=0.41, P_{j_{moy}}=36mm$

$$(P_{j, 10\%}) = \frac{36}{0.41^2+1} \cdot e^{\frac{1.28}{\ln 0.41^2+1}} = 55.20mm$$

**Pendant 50ans :**

$U=2.054, C_v=0.41, P_{j_{moy}}=36mm$

$$(P_{j, 50\%}) = \frac{36}{0.41^2+1} \cdot e^{\frac{2.054}{\ln 0.41^2+1}} = 74.9mm$$

Pendant 100ans :

$$U=2.327, C_v=0.41, P_{j_{moy}}=36\text{mm}$$

$$(P_{j, 100\%}) = \frac{36}{0.41^2 + 1} \cdot e^{\frac{2.327}{\ln 0.41^2 + 1}} = 83.4\text{mm}$$

4.1.2. L'intensité de l'averse pour 1h :

pour  $P_j(10\%)=55.20\text{mm}$        $I(10\%)=\frac{55.2}{24}= 2.208\text{mm/h}$

pour  $P_j(50\%)=74.9\text{mm}$        $I(50\%)=\frac{74.9}{24}= 3.12\text{mm/h}$

pour  $P_j(100\%)=83.4\text{mm}$        $I(100\%)=\frac{83.4}{24}= 3.475\text{mm/h}$

4.1.3. L'intensité de l'averse pour 0.25h :

Pour le dimensionnement des fossés, on prend un temps de concentration  $T_c$  égale à 15min (0.25h) et une période de retour de 10ans.

$$I_t = I_x \frac{t_c}{24}^\beta = 2.208 \times \frac{0.25}{24}^{0.36-1} = 40.98$$

4.1.4. Calcul de débit d'apport  $Q_a$ :

On a       $Q_a = K.C.I.A$

D'après les résultats précédents on a :

	Coefficient De conversation	Les surfaces A (km <sup>2</sup> )	Coefficient De ruisselleme	Intensité de l'averse (mm/h)	Débit $Q_{ai}$ (m3/s)	Débit Total $Q_a$
Chaussée	0.278	$7 \times 10^{-3}$	0.95	55.2	0.102	<b>0.13</b>
Berme	0.278	$1.2 \times 10^{-3}$	0.4	74.9	0.0099	
talus	0.278	$2.7 \times 10^{-3}$	0.3	83.475	0.018	

Tableau. IX.3.LES RESULTATS

4.1.5. Débit de saturation( $Q_s$ ) :

$$Q_s = S_m \cdot K_{ST} \cdot R_h^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

Calcul de surface mouillée :

$$S_m = b \cdot h + 2 \cdot \frac{e \cdot h}{2}$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \quad \text{D'où : } e = n \cdot h$$

$$S_m = b \cdot h + n \cdot h^2 = h \cdot (b + n \cdot h)$$

Calcul du périmètre mouille :

$$P_m = b + 2B$$

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

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

Calcul le rayon hydraulique :

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

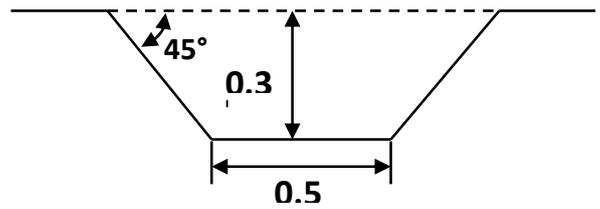


figure. IX.1. Le fossé retenu

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et débit

D'écoulement au point de saturation. La hauteur (h) d'eau dans le fossé sera obtenue en faisant l'égalité suivant :

$$Q_a = Q_s K \cdot I \cdot C \cdot A = S_m \cdot K_{ST} \cdot R_H^2 \cdot J^{1/2}$$

$$h = \frac{Q_a}{k_{st} b I} \cdot \frac{1 + \frac{2h}{b} \sqrt{1 + n^2}}{1 + \frac{nh}{b}} = \frac{0.13}{70 \cdot 0.5 \cdot 0.001} \cdot \frac{1 + 4 \cdot \frac{2h}{0.5} \sqrt{1 + n^2}}{1 + 2h} = 0.276 \cdot \frac{1 + 5.65h}{1 + 2h}$$

On fixe  $b=0.5m$ , Et après le calcul itératif on a trouvé la hauteur  $h=0.276 m$ , on prend  $H=0.3m$ .

#### 4.2. Dimensionnement de buse :

Pour dimensionner les buses on prend  $Q_a = Q_s$ ,  $Q_s = K_{st} \cdot i^{1/2} \cdot S_m \cdot R_h^{2/3}$

$A=0.90km^2$ ; la pente de bassin versants est  $P=0.2\%$

$$A < 5km^2 \Rightarrow t_c = 0.127 \cdot \frac{\bar{A}}{P} = 2.69h$$

$$I(10\%) = 2.13 \text{ mm/h}$$

$$I_t = I \times \frac{t_c}{24}^\beta = 2.208 \times \frac{2.69}{24}^{0.36-1} = 8.96 \text{ mm/h}$$

$$Q_a = 0.278 \times 0.9 \times 0.2 \times 8.96 = 0.45m^3$$

$K_{ST}$  : Coefficient d'écoulement de Manning – Strickler = **80** (aux buses préfabriqué).

On a :

$$S_m = \frac{R^2}{2}$$

$$P_m = \pi \times R/2$$

Donc :

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{\pi \times \frac{R^2}{4}}{\pi \times R/2} = \frac{R}{2}$$

Pour la pente hydraulique des buses « J », on met :  $J=1\%$  c'est assez pour l'écoulement d'eau dans une section en béton armé.

$$Q_s = K_{st} \cdot i^{1/2} \cdot S_m \cdot R_h^{2/3} = 80 \times i^{1/2} \times \left( \frac{R^2}{2} \right) \times \left( \frac{R}{2} \right)$$

$$Q_a = Q_s \Rightarrow R^{8/3} = \frac{3.16 \times Q_a}{80 \times \pi \times j} \Rightarrow R = 346 \text{ mm} \quad R = 400 \text{ mm}$$

On prend ;  $=2R=800\text{mm}$ .

**Conclusion :**

**Après le calcul des différents ouvrages d'assainissement on a trouvé :**

**Un fossé de 0.5 de largeur et 0.3 de hauteur**

**20 buses de différents diamètres : 800, 1000 , 1200.**

**2 ponts**

# **Chapitre X :**

# **Signalisation**

## **1. Introduction :**

La signalisation routière joue un rôle primordial dans la mesure où elle permet à la circulation de se développer dans une très bonne condition (vitesse, sécurité), il est néanmoins rappelé que:

- Les supports des panneaux de signalisation ne doivent pas empiéter sur les bandes dérasées de droites et de gauche, ils sont placés le plus loin possible des surfaces accessibles aux véhicules.
- Les supports de portiques, potence etc. doivent être généralement isolés par des glissières de sécurité.

## **2. L'objectif de la signalisation routière :**

La signalisation routière a pour objet :

- De rendre plus sûre la circulation routière.
- De faciliter cette circulation.
- D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police.
- De donner des informations relatives à l'usage de la route.

## **3. Règle à respecter pour la signalisation :**

- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Eviter la publicité irrégulière.
- Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.
- Cohérence avec les règles de circulation.

## **4. Types de signalisation :**

### **4.1. Signalisation verticale :**

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunté par l'utilisateur à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme.

**Signaux de danger :**

Panneaux de forme **triangulaire**, ils doivent être placés à **150 m** en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).

- **Signaux comportant une prescription absolue :**

Panneaux de forme **circulaire**, on trouve :

- L'interdiction.
- L'obligation.
- La fin de prescription.

- **Signaux à simple indication :**

Panneaux en général de forme **rectangulaire**, des fois terminés en pointe de flèche :

- Signaux d'indication.
- Signaux de direction.
- Signaux de localisation.
- Signaux divers.

- **Signaux de position des dangers :**

Toujours implantés en pré signalisation, ils sont d'un emploi peu fréquent en milieu urbain.

**4.2. Signalisation horizontale :**

Elle concerne uniquement les marquages sur chaussées qui sont employées pour régler la Circulation.

**4.2.1 Marquage longitudinal :**

**Lignes continue :** les lignes continues sont annoncées à ceux des conducteurs auxquels il est interdit de les franchir par une ligne discontinue éventuellement complétée par des flèches de rabattement.

**Lignes discontinue** : les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir, elles se différencient par leur module, qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle.

- lignes axiales ou lignes de délimitation de voie pour lesquelles la longueur des traits est environ égale ou tiers de leur intervalles.
- lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération et de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leur intervalles.
- ligne d'avertissement de ligne continue, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, dont la longueur des traits est le triple de celle de leurs intervalles.

#### 4.2.2 Marquages transversales

Lignes transversales continue : éventuellement tracées à la limite où les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.

Lignes transversales discontinues : éventuellement tracées à la limite où les conducteurs devraient céder le passage aux intersections.

#### 4.2.3 Autre signalisation :

- Flèche de rabattement.
- Flèche de sélection unidirectionnelle.
- Flèche de sélection bidirectionnelle.
- Marquage d'îlot.
- Marquage spécial pour stationnement ou aires d'appel d'urgence

### 5. Application au projet:

#### 5.1. Signalisation verticale :



Figure X.1. Limitation de la vitesse



Figure X.2. signalisations de direction

5.2. Signalisation horizontale :

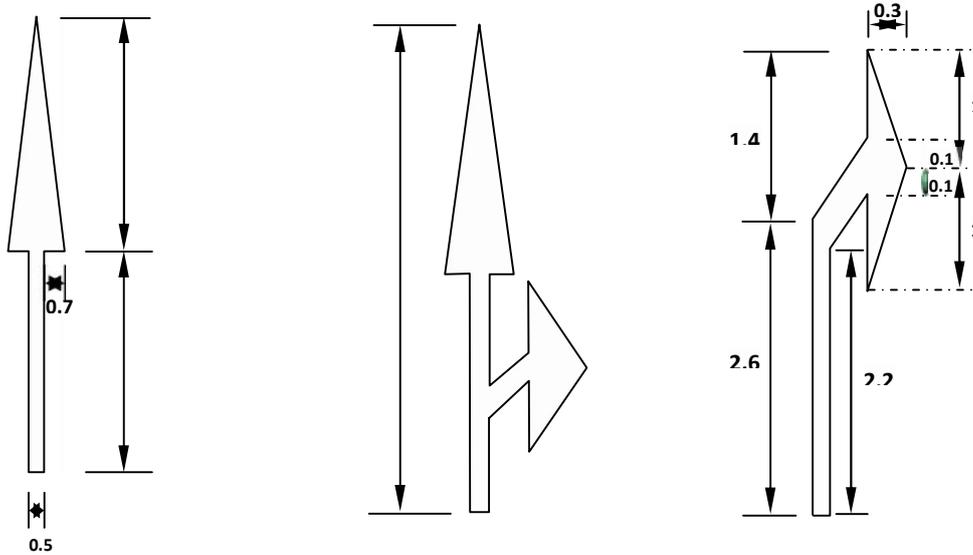


Figure X.3. flèches de directions

## Devis estimatifs et quantitatifs

### *DEVIS ESTIMATIFS ET QUANTITATIFS:*

N°	DESIGNATION DES TRAVAUX	UNITE	P. U (DA)	QUANTITE	MONTANT(DA)
1	ACQUISITION DES TERRAINS	M2	1000	330000	330.000.000,00
	TOTAL 1				330.000.000,00
2	INSTALLATION DU CHANTIER				
	Forfait d'amenée du matériel et d'installation de chantier	forfait	1 500 000	/	1.500.000,00
	Forfait de repli du matériel et des installations de chantier	forfait	500 000	/	500.000,00
	TOTAL 2				2.000.000,00
	TERRASSEMENT				
3	Décapage de la terre végétale 20 à 30 cm	M3	100	178600	178.600,00
	Remblai	M3	350	27293.0	9.552.550,00
	Déblais	M3	550	63392.2	34.865.710,00
	TOTAL 3				44.596.860,00
4	CHAUSSEE				
	Couche de forme	M3	720	53200	38.304.000,00
	Couche de fondation en GNT	M3	2500	33250	831.250.000,00
	Couche de base en grave bitume (2,2t/m3)	T	4500	15960	71.820.000,00
	Couche de roulement en BB (2,3t/m3)	T	5500	7980	43.890.000,00
	Matériaux sélectionnés pour accotements	M3	800	19608	15.686.400,00
	TOTAL 4				986.832.400,00
5	Assainissement				
	Fossé en béton,	ML	2 000	16700	334.000.000,00
	4 Buses Ø=1000 mm,	ML	15 500	4*10	620.000,00
	10 Buses Ø=1200 mm,	ML	17000	10*10	1.700.000,00
	6 Buses Ø=800 mm,	ML	14500	6*10	870.000,00
	TOTAL 5				337.190.000,00
6	Signalisation	Forfait 5%	1 021 772 993		50.044.300,00
	TOTAL 6				50.044.300,00
	TOTAL BRUTE				1.750.663.560,00
	TVA FORFAIT (17% DU TOTAL BRUTE)				297.612.805,00
	TOTAL GENERAL				2.048.276.365,00

### *CONCLUSION GÉNÉRALE*

Comme conclusion de ce projet intitulé «Etude », nous voudrions dire que:  
Cette étude nous a permis d'appliquer nos connaissances théoriques acquises durant notre cursus universitaire, pour cerner les problèmes réels existants concernant l'étude et la réalisation des projets routiers, et elle nous a ouvert les portes au monde professionnel. Elle était l'occasion pour nous de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine, d'apprendre les essais pratiquement concernant les matériaux de ces projets et de prendre une idée générale aux appareils utilisés à ces essais, et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour l'élaboration d'un projet de travaux publics.

Ce modeste travail nous a poussé à mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence le logiciel : **AUTOCAD civil 3D**, vue son traitement rapide et la précision de ses résultats.

Enfin, on peut dire que ce projet nous a été enrichissant pour finaliser notre formation, et un grand pas vers la vie professionnelle.

***BIBLIOGRAPHIE :***

- ✓ Cours de routes.
- ✓ B40 (normes techniques d'aménagement des rouets et trafic et capacité des routes.)
- ✓ Anciennes mémoires de fin d'étude (ENSTP).
- ✓ Thèse de doctorat de GOUAL Idriss (comportement du tuf)
- ✓ Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (C.T.T.P).
- ✓ Aménagement des routes principales ARP (SETRA).
- ✓ Site internet : [www.SETRA.com](http://www.SETRA.com)
- ✓ Des rapports concernant les tufs (LCTP, LMTPB, LNHC et LGCTP).

***Logiciels utilisés***

- ✓ AutoCAD civil 3D.
- ✓ Office 2007.
- ✓ Google Earth.

# Annexe

## Cubatures de Déblai et Remblai

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol. déblai Cum. (m3)	Vol. remblai Cum. (m3)	Vol. Net Cum. (m3)
0+00.000	0	0	0	0	0	0	0
0+50.000	10.05	251.2	0	0	251.2	0	251.2
1+00.000	5.01	376.48	0	0	627.68	0	627.68
1+50.000	1.16	154.33	0	0.09	782.01	0.09	781.92
2+00.000	0	29.06	2.19	54.85	811.07	54.95	756.12
2+50.000	0	0	3.11	132.43	811.07	187.38	623.69
3+00.000	2.18	54.44	0.28	84.68	865.51	272.06	593.45
3+50.000	5.67	196.17	0	7.01	1061.6	279.08	782.6
4+00.000	2.09	193.91	3.96	98.89	1255.5	377.96	877.62
4+50.000	0.02	52.76	2.15	152.62	1308.3	530.58	777.77
5+00.000	4.02	100.97	0.5	66.12	1409.31	596.7	812.61
5+50.000	1.54	138.89	0.81	32.54	1548.21	629.24	918.96
6+00.000	2.15	92.2	1.76	64.04	1640.4	693.28	947.12
6+50.000	2.69	120.87	0	43.88	1761.27	737.17	1024.11
7+00.000	7.31	250.28	0	0	2011.55	737.17	1274.38
7+50.000	1.56	222.27	1.36	34.01	2233.82	771.17	1462.65
8+00.000	1.88	86.46	0.44	45.1	2320.29	816.28	1504.01
8+50.000	1.01	72.58	0.8	31.17	2392.87	847.45	1545.42
9+00.000	1.68	67.19	0	20.1	2460.06	867.55	1592.51
9+50.000	3.47	128.83	0	0	2588.89	867.55	1721.34
10+00.000	5.2	216.76	0	0.22	2805.65	867.77	1937.88
11+00.000	5.94	319.98	0.55	13.9	3427.08	881.92	2545.16
11+50.000	4.2	253.31	1.79	58.52	3680.39	940.44	2739.95
12+00.000	5.07	231.59	2.45	105.9	3911.98	1046.34	2865.64
12+50.000	3.76	221.38	0.14	64.62	4133.35	1110.95	3022.4
13+00.000	1.74	139.5	0.5	15.8	4272.86	1126.75	3146.11
13+50.000	0.7	61.66	3.17	91.36	4334.51	1218.11	3116.4
14+00.000	0	17.56	3.9	176.78	4352.07	1394.9	2957.17
14+50.000	0.66	16.44	1.07	124.39	4368.51	1519.29	2849.22
15+00.000	4.53	129.59	0	26.77	4498.09	1546.05	2952.04
15+50.000	3.36	197.14	0	0.04	4695.23	1546.09	3149.14
16+00.000	3.26	165.38	0	0.04	4860.61	1546.13	3314.49
16+50.000	2.52	144.42	0	0.24	5005.03	1546.36	3458.67
17+00.000	5.9	210.57	0	0.24	5215.6	1546.6	3669
17+50.000	6.03	298.36	0	0.03	5513.95	1546.63	3967.33
18+00.000	7.41	336.14	0	0.03	5850.1	1546.66	4303.44
18+50.000	2.95	259.1	0.01	0.3	6109.19	1546.96	4562.24
19+00.000	0	73.76	3.5	87.92	6182.95	1634.87	4548.08
19+50.000	0	0	4.61	202.95	6182.95	1837.82	4345.13
20+00.000	2.4	59.9	0.21	120.59	6242.86	1958.41	4284.44
20+50.000	17.21	490.2	0	5.27	6733.06	1963.68	4769.38

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol. déblai Cum. (m3)	Vol. remblai Cum. (m3)	Vol. Net Cum. (m3)
21+00.000	679.82	679.82	0	7412.8	7412.88	5449.19	3485.5
21+50.000	7.41	434.78	0.35	8.82	7847.66	1972.5	5875.15
22+00.000	0.58	199.67	1.32	41.75	8047.33	2014.26	6033.07
22+50.000	0	14.44	5.71	175.76	8061.77	2190.02	5871.75
23+00.000	0	0.03	10.24	398.93	8061.8	2588.95	5472.85
23+50.000	0	0	9.05	482.37	8061.8	3071.32	4990.49
24+00.000	0	0	8	426.23	8061.8	3497.55	4564.26
24+50.000	0	0	6.06	351.59	8061.81	3849.13	4212.68
25+00.000	0	0	4.65	267.9	8061.81	4117.03	3944.78
25+50.000	0	0	1.95	164.93	8061.81	4281.97	3779.84
26+00.000	2.73	68.41	1.73	91.83	8130.22	4373.79	3756.43
26+50.000	4.15	172.24	0	43.21	8302.46	4417	3885.46
27+00.000	5.46	240.22	0	0	8542.68	4417	4125.68
27+50.000	12.82	456.83	0	0	8999.51	4417	4582.51
28+00.000	10.48	582.34	0	0	9581.85	4417	5164.84
28+50.000	4.88	383.89	0	0	9965.73	4417	5548.73
29+00.000	1.23	152.79	1.89	47.28	10118.2	4464.28	5654.23
29+50.000	0.32	38.79	4.31	155.04	10157.1	4619.32	5537.99
30+00.000	0	7.95	7.25	288.99	10165.6	4908.31	5256.95
30+50.000	0.48	12.1	0.96	205.31	10177.6	5113.63	5063.73
31+00.000	0.35	20.79	1.24	55.15	10198.5	5168.77	5029.38
31+50.000	0.52	21.74	0.71	48.88	10219.9	5217.66	5002.24
32+00.000	0	13.05	1.11	45.65	10232.5	5263.31	4969.64
32+50.000	0.19	4.63	0.74	46.37	10237.8	5309.68	4927.9
33+00.000	2.39	64.26	0	18.53	10301.4	5328.21	4973.63
33+50.000	1.62	100.1	0.2	4.92	10401.4	5333.13	5068.81
34+00.000	3.38	124.91	0	4.92	10526.5	5338.05	5188.8
34+50.000	5.07	211.17	0	0	10738.2	5338.05	5399.97
35+00.000	3.86	223.33	0	0	10961.5	5338.05	5623.3
35+50.000	3.21	176.74	0	0.07	11138.9	5338.12	5799.97
36+00.000	5.3	212.54	0	0.07	11350.3	5338.2	6012.44
36+50.000	0.53	145.69	1.94	48.48	11496.3	5386.68	6109.65
37+00.000	0	13.29	5.53	186.76	11509.2	5573.43	5936.18
37+50.000	0.08	2	12.33	446.48	11511.2	6019.91	5491.7
38+00.000	0	2	12.15	611.83	11513.2	6631.75	4881.87
38+50.000	3.32	82.93	0	303.63	11596.4	6935.38	4661.17
39+00.000	4.98	207.35	0	0	11803.9	6935.38	4868.52
39+50.000	1.2	154.34	2.41	60.19	11958.3	6995.56	4962.67
40+00.000	1.2	60.02	10.07	312.01	12018.2	7307.57	4710.68
40+50.000	0.42	40.69	7.62	442.38	12058.9	7749.95	4308.99
41+00.000	0	10.59	8.17	394.76	12069.5	8144.71	3924.82
41+50.000	0.55	13.93	1.04	229.99	12083.6	8374.7	3708.77
42+00.000	1.71	57.47	0.07	27.81	12140.3	8402.51	3738.43
42+50.000	4.94	167.59	0	1.82	12308.2	8404.33	3904.19

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol. déblai Cum. (m3)	Vol. remblai Cum. (m3)	Vol. Net Cum. (m3)
43+00.000	3.74	217.35	0	0	12525.7	8404.33	4121.54
43+50.000	1.16	122.44	2.58	64.56	12648.3	8468.89	4179.42
44+00.000	2.79	98.85	1.32	97.6	12747.6	8566.49	4180.67
44+50.000	3.15	148.53	1.38	67.59	12895.6	8634.08	4261.61
45+00.000	0.87	100.45	3.33	117.7	12996.1	8751.78	4244.35
45+50.000	0	21.74	6.11	235.92	13017.8	8987.7	4030.18
46+00.000	0	0	3.63	243.59	13017.8	9231.29	3786.59
46+50.000	0.31	7.79	4.09	193.03	13025.6	9424.32	3601.35
47+00.000	2.96	81.68	0.2	107.31	13107.3	9531.63	3575.72
47+50.000	6.24	229.85	0	5.17	13337.2	9536.8	3800.41
48+00.000	2.64	222.04	0.06	1.49	13559.2	9538.29	4020.96
48+50.000	4.17	170.33	0	1.47	13729.5	9539.76	4189.82
49+00.000	7.88	301.17	0	0.04	14030.7	9539.8	4490.94
49+50.000	2.25	253.25	0.89	22.32	14283.9	9562.12	4721.87
50+00.000	3.94	154.91	0	22.26	14438.9	9584.37	4854.52
50+50.000	2.13	151.19	1.74	44.08	14590.0	9628.45	4961.64
51+00.000	1.5	90.54	0	43.69	14680.6	9672.14	5008.49
51+50.000	8.36	246.55	0	0.13	14927.1	9672.27	5254.91
52+00.000	5.94	357.5	0	0	15284.6	9672.27	5612.41
52+50.000	5.06	274.8	0	0	15559.4	9672.27	5887.21
53+00.000	4.83	247.26	0	0	15806.7	9672.27	6134.47
53+50.000	4.35	229.69	0	0.09	16036.4	9672.35	6364.07
54+00.000	2.41	169.18	0	0.18	16205.6	9672.53	6533.07
55+00.000	0.48	67.81	1.37	34.27	16389.4	9706.89	6682.57
55+50.000	4.92	135.12	0.01	34.53	16524.5	9741.42	6783.16
56+00.000	0	123.04	1.8	45.22	16647.	9786.63	6860.99
56+50.000	0.9	22.43	0.25	51.3	16670.0	9837.94	6832.12
57+00.000	1.09	49.7	1.9	53.93	16719.7	9891.86	6827.89
57+50.000	5.1	154.86	0	47.59	16874.6	9939.46	6935.16
58+00.000	8.14	331.21	0	0	17205.8	9939.46	7266.36
58+50.000	5.32	336.69	0	0	17542.5	9939.46	7603.05
59+00.000	2.63	198.77	0.23	5.64	17741.2	9945.1	7796.18
59+50.000	3.32	148.66	0	5.64	17889.9	9950.74	7939.21
60+00.000	2.86	154.24	0	0	18044.1	9950.74	8093.45
60+50.000	0.05	72.56	3.55	88.87	18116.7	10039.1	8077.13
61+00.000	0	1.21	3.39	173.65	18117.9	10213.6	7904.7
61+50.000	0.09	2.13	0.69	102.01	18120.0	10315	7804.82
62+00.000	6.5	164.59	0	17.25	18284.6	10332.5	7952.16
62+50.000	7.53	350.7	0	0	18635.3	10332.5	8302.86
63+00.000	5.95	336.96	0	0	18972.3	10332.5	8639.82
63+50.000	3.95	247.54	0	0.14	19219.8	10332.6	8887.21
64+00.000	2.86	170.33	0.65	16.36	19390.2	10349.0	9041.17

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol. déblai Cum. (m3)	Vol. remblai Cum. (m3)	Vol. Net Cum. (m3)
64+50.000	2.17	125.82	1.47	52.96	19516.0	10401.9	9114.04
65+00.000	1.6	94.34	0.04	37.79	19610.3	10439.7	9170.59
65+50.000	1.7	82.64	0.33	9.28	19693.1	10449.0	9243.95
66+00.000	1.97	91.8	0.33	16.5	19784.8	10465.5	9319.25
66+50.000	0.29	56.33	2.64	74.3	19841.1	10539.8	9301.29
67+00.000	0	7.14	3.18	145.6	19848.2	10685.4	9162.83
67+50.000	2.8	70.12	0.01	79.89	19918.4	10765.3	9153.07
68+00.000	7.85	266.44	0	0.32	20184.8	10765.6	9419.19
68+50.000	7.03	372.12	0	0	20556.9	10765.6	9791.31
69+00.000	4.95	299.53	0	0	20856.4	10765.6	10090.8
69+50.000	1.27	155.55	0.06	1.38	21012.0	10767.0	10245.0
70+00.000	0.36	40.74	0.43	12.16	21052.7	10779.1	10273.5
70+50.000	0.69	26.23	1.07	37.6	21079.0	10816.7	10262.2
71+00.000	1	42.42	0.39	36.5	21121.4	10853.2	10268.1
71+50.000	0.32	32.96	1.36	43.82	21154.4	10897.1	10257.2
72+00.000	0	7.93	2.72	102.18	21162.3	10999.3	10163.0
72+50.000	0.24	5.93	1.63	108.87	21168.2	11108.1	10060.1
73+00.000	0	5.93	0.92	63.72	21174.1	11171.8	10002.3
73+50.000	2.12	52.88	0	22.93	21227.0	11194.8	10032.2
74+00.000	4.71	170.72	0	0	21397.7	11194.8	10202.9
74+50.000	5.91	265.58	0	0	21663.3	11194.8	10468.5
75+00.000	3.95	246.57	0	0	21909.9	11194.8	10715.1
75+50.000	1.68	140.72	0.34	8.45	22050.6	11203.2	10847.3
76+00.000	0.85	63.11	0.29	15.64	22113.7	11218.9	10894.8
76+50.000	0.98	45.61	0.54	20.74	22159.3	11239.6	10919.7
77+00.000	1.86	70.94	0.1	16.01	22230.3	11255.6	10974.6
77+50.000	2.16	100.64	0.18	7.02	22330.9	11262.	11068.2
78+00.000	3.23	134.74	0.03	5.22	22465.7	11267.9	11197.8
78+50.000	2.57	144.81	0.04	1.69	22610.5	11269.5	11340.9
79+00.000	0.84	85.22	1.24	32.07	22695.7	11301.6	11394.0
79+50.000	1.15	49.82	0.59	45.67	22745.5	11347.3	11398.3
80+00.000	4.28	135.74	0	14.63	22881.2	11361.6	11519.3
80+50.000	5.68	248.89	0	0	23130.1	11361.9	11768.2
81+00.000	7.49	329.05	0	0	23459.2	11361.9	12097.2
81+50.000	8.62	403.02	0	0	23862.2	11361.9	12500.2
82+00.000	4.33	323.9	0	0	24186.1	11361.9	12824.2
82+50.000	6.76	277.31	0	0.03	24463.4	11361.9	13101.4
83+00.000	7.97	368.48	0	0.03	24831.9	11362.0	13469.9
83+50.000	7.36	383.4	0	0	25215.3	11362.0	13853.3
84+00.000	6.79	353.67	0	0	25569.0	11362.0	14206.9
84+50.000	5.95	318.26	0	0	25887.2	11362.0	14525.2
85+00.000	4.5	261.2	0	0	26148.4	11362.0	14786.4

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol. déblai Cum. (m3)	Vol. remblai Cum. (m3)	Vol. Net Cum. (m3)
85+50.000	2.62	177.95	0	0	26326.4	11362.0	14964.4
86+00.000	0.77	84.52	0.26	6.45	26410.5	11368.4	15042.4
86+50.000	0	19.15	1.62	47	26430.1	11415.4	15014.6
87+00.000	0	0	4.56	154.46	26430.1	11569.9	14860.1
87+50.000	0	0	7.32	296.82	26430.1	11866.7	14563.3
88+00.000	0	0	14.2	537.96	26430.1	12404.7	14025.3
88+50.000	0	0	12.39	664.86	26430.	13069.5	13360.5
89+00.000	0	0	11.41	595.15	26430.1	13664.7	12765.3
89+50.000	0	0.03	10.7	552.8	26430.1	14217.5	12212.6
90+00.000	0	0.03	8.03	468.3	26430.1	14685.8	11744.3
90+50.000	0	0	5.53	339.05	26430.1	15024.8	11405.2
91+00.000	1.26	31.4	0.67	154.89	26461.5	15179.7	11281.8
91+50.000	8.67	248.82	0.02	17.15	26710.3	15196.9	11513.4
92+00.000	8.5	430.12	0	0.49	27140.5	15197.4	11943.0
92+50.000	13.03	538.67	0	0	27679.1	15197.4	12481.7
93+00.000	9.26	557.05	0	0	28236.2	15197.4	13038.8
93+50.000	5.66	372.93	0	0	28609.1	15197.4	13411.7
94+00.000	4.1	243.9	0	0	28853.0	15197.	13655.6
94+50.000	0	102.39	2.67	66.64	28955.4	15264.0	13691.3
95+00.000	0.38	9.55	1.78	111.08	28965	15375.1	13589.8
95+50.000	2.69	76.72	0.08	46.34	29041.7	15421.4	13620.2
96+00.000	3.69	159.52	0	2.02	29201.2	15423.4	13777.7
96+50.000	4.28	199.46	0	0.12	29400.7	15423.6	13977.1
97+00.000	4.01	207.29	0	0	29608	15423.6	14184.3
97+50.000	3.06	176.68	0	0	29784.6	15423.6	14361.0
98+00.000	1.87	123.22	0	0	29907.8	15423.6	14484.2
98+50.000	1.17	76.04	0.48	11.99	29983.9	15435.6	14548.3
99+00.000	1.69	71.66	0	11.99	30055.6	15447.5	14608.0
99+50.000	4.43	153.02	0	0	30208.6	15447.5	14761.0
100+00.00	3.96	209.63	0	0	30418.2	15447.5	14970.6
100+50.00	5.41	234.18	0	0	30652.4	15447.5	15204.8
101+00.00	6.33	293.5	0	0	30945.9	15447.5	15498.3
101+50.00	6.54	321.68	0	0	31267.6	15447.5	15820.0
102+00.00	5.81	308.64	0	0	31576.2	15447.6	16128.6
102+50.00	6.52	308.34	0	0	31884.6	15447.6	16437
103+00.00	5.39	297.79	0	0	32182.3	15447.6	16734.8
103+50.00	6.49	297.09	0	0	32479.4	15447.6	17031.8
104+00.00	2.02	212.71	0.18	4.39	32692.1	15451.9	17240.2
104+50.00	3.93	148.77	0	4.38	32840.9	15456.3	17384.5
105+00.00	6.07	250.01	0	0	33090.9	15456.3	17634.6
105+50.00	5.84	297.76	0	0	33388.7	15456.3	17932.3
106+00.00	6.07	297.83	0	0	33686.5	15456.3	18230.1

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol. déblai Cum. (m3)	Vol. remblai Cum. (m3)	Vol. Net Cum. (m3)
106+50.00	2.19	206.51	0.35	8.7	33893.0	15465.0	18428.0
107+00.00	0.8	74.8	0.68	25.71	33967.8	15490.7	18477.0
107+50.00	2.35	78.86	0	17.03	34046.7	15507.8	18538.9
108+00.00	1.68	100.91	0.03	0.79	34147.6	15508.6	18639.0
108+50.00	0.66	58.62	1.1	28.19	34206.2	15536.7	18669.4
109+00.00	0	16.57	4.23	133.08	34222.8	15669.8	18552.9
109+50.00	0	0	6.36	264.73	34222.8	15934.6	18288.2
110+00.00	1.13	28.32	0.47	170.71	34251.1	16105.3	18145.8
110+50.00	2.18	82.92	0.21	16.97	34334.0	16122.2	18211.7
111+00.00	0.35	63.37	0.62	20.72	34397.4	16143	18254.4
111+50.00	0.08	10.73	1.79	60.23	34408.1	16203.2	18204.9
112+00.00	3.71	94.8	0	44.84	34502.9	16248.0	18254.9
112+50.00	3.98	192.22	0	0	34695.1	16248.	18447.1
113+00.00	5.74	242.89	0	0	34938.0	16248.0	18690
113+50.00	5.38	277.88	0	0	35215.9	16248.0	18967.8
114+00.00	5.62	275.01	0	0	35490.9	16248.	19242.8
114+50.00	5.62	281.19	0	0	35772.1	16248.0	19524.0
115+00.00	5.9	287.99	0	0	36060.1	16248.0	19812.0
115+50.00	6.38	306.78	0	0	36366.9	16248.0	20118.8
116+00.00	5.33	292.55	0	0	36659.4	16248.0	20411.3
116+50.00	0.23	138.86	2	50.05	36798.3	16298.1	20500.2
117+00.00	2.94	78.93	0	50.06	36877.2	16348.1	20529.0
117+50.00	5.62	213.88	0	0	37091.1	16348.1	20742.9
118+00.00	2.91	213.2	0	0	37304.3	16348.1	20956.1
118+50.00	0.19	77.46	0.81	20.35	37381.8	16368.5	21013.2
119+00.00	4.3	112.34	0	20.35	37494.1	16388.8	21105.2
119+50.00	4.62	223.19	0	0	37717.3	16388.8	21328.4
120+00.00	0	115.61	6.35	158.65	37832.9	16547.5	21285.4
120+50.00	2.07	51.82	0	158.65	37884.7	16706.1	21178.7
121+00.00	3.8	146.73	0	0	38031.4	16706.1	21325.3
121+50.00	4.75	213.55	0	0	38245.0	16706.1	21538.8
122+00.00	1.59	158.49	0	0.06	38403.5	16706.2	21697.2
122+50.00	2.18	94.25	0	0.09	38497.7	16706.3	21791.4
123+00.00	3.58	143.98	0	0.03	38641.7	16706.3	21935.3
123+50.00	2.7	157.19	0	0	38798.9	16706.3	22092.5
124+00.00	2.4	127.54	0	0	38926.4	16706.3	22220.1
124+50.00	2.19	114.57	0	0	39041.0	16706.3	22334.6
125+00.00	1.83	100.44	0	0	39141.4	16706.3	22435.1
125+50.00	1.01	71.07	0.14	3.42	39212.5	16709.7	22502.7
126+00.00	1.34	58.86	0.04	4.37	39271.4	16714.1	22557.2
126+50.00	2.37	92.75	0	0.95	39364.1	16715.1	22649.0
127+00.00	3.73	152.51	0	0	39516.6	16715.1	22801.5

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol. déblai Cum. (m3)	Vol. remblai Cum. (m3)	Vol. Net Cum. (m3)
127+50.00	1.85	139.64	0	0	39656.3	16715.1	22941.2
128+00.00	1.68	88.35	0	0	39744.6	16715.	23029.5
128+50.00	5.1	169.63	0	0	39914.2	16715.1	23199.1
129+00.00	4.72	245.54	0	0	40159.8	16715.1	23444.7
129+50.00	1.11	145.59	0.18	4.6	40305.4	16719.7	23585.7
130+50.00	0	0	3.52	175.83	40333.0	16988.0	23345.0
131+00.00	0	0	3.03	163.8	40333.0	17151.8	23181.2
131+50.00	0.07	1.66	1.9	123.36	40334.7	17275.1	23059.5
132+00.00	0.67	18.36	1.26	78.91	40353.0	17354.1	22998.9
132+50.00	2.52	79.75	0	31.41	40432.8	17385.5	23047.3
133+00.00	4.56	177.07	0	0	40609.8	17385.5	23224.3
133+50.00	5.51	251.73	0	0	40861.6	17385.5	23476.1
134+00.00	4.93	261.06	0	0	41122.6	17385.5	23737.1
134+50.00	5.49	260.39	0	0	41383.0	17385.5	23997.5
135+00.00	7.12	314.37	0	0	41697.4	17385.5	24311.9
135+50.00	3.6	267.56	0.52	13.07	41964.9	17398.5	24566.4
136+00.00	6.51	252.76	0	13.04	42217.7	17411.6	24806.1
136+50.00	7.35	346.49	0	0	42564.2	17411.6	25152.6
137+00.00	6.1	336.25	0	0	42900.4	17411.6	25488.8
137+50.00	9.17	381.77	0	0	43282.2	17411.6	25870.6
138+00.00	6.09	381.45	0	0	43663.7	17411.6	26252.0
138+50.00	7.7	344.8	0	0	44008.5	17411.6	26596.8
139+00.00	7.88	389.63	0	0	44398.1	17411.6	26986.5
139+50.00	3.91	294.85	0	0	44692.9	17411.6	27281.3
140+00.00	3.41	182.98	0	0	44875.9	17411.6	27464.3
140+50.00	6.13	238.32	0	0	45114.2	17411.6	27702.6
141+00.00	2.71	221.03	0	0	45335.3	17411.6	27923.7
141+50.00	3.05	144.23	1.22	30.47	45479.5	17442.0	28037.4
142+00.00	3.95	175.06	0	30.47	45654.6	17472.5	28182.0
142+50.00	4.88	220.71	0	0	45875.3	17472.5	28402.7
143+00.00	7.23	302.83	0	0	46178.1	17472.5	28705.6
143+50.00	5.92	328.81	0	0	46506.9	17472.5	29034.4
144+00.00	3.94	246.44	0	0	46753.4	17472.5	29280.8
144+50.00	1.88	145.55	0	0	46898.9	17472.5	29426.4
145+00.00	2.68	114.06	0	0	47013.0	17472.5	29540.4
145+50.00	4.73	185.19	0	0.03	47198.2	17472.5	29725.6
146+00.00	0.97	142.42	0.09	2.19	47340.6	17474.7	29865.8
146+50.00	0	24.17	1.5	39.72	47364.7	17514.4	29850.3
147+00.00	0	0	2.57	101.71	47364.7	17616.2	29748.5
147+50.00	0.07	1.71	2.11	116.82	47366.5	17733.0	29633.4
148+00.00	0.46	13.24	0.81	72.97	47379.7	17805.9	29573.7
148+50.00	1.21	41.68	0.06	21.73	47421.4	17827.7	29593.7

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol. déblai Cum. (m3)	Vol. remblai Cum. (m3)	Vol. Net Cum. (m3)
149+00.00	5.61	170.33	0	1.45	47591.7	17829.1	29762.5
149+50.00	1.02	165.7	5.43	135.66	47757.4	17964.8	29792.6
150+00.00	0.53	38.89	3.49	222.97	47796.3	18187.8	29608.5
150+50.00	1.56	52.26	0.48	99.31	47848.5	18287.1	29561.4
151+00.00	4.85	160.08	0.03	12.75	48008.6	18299.8	29708.8
151+50.00	7.64	312.08	0	0.92	48320.7	18300.7	30019.9
152+00.00	6.92	363.89	0	0.16	48684.6	18300.9	30383.6
152+50.00	0.23	178.69	3.18	79.57	48863.3	18380.2	30482.8
153+00.00	0	5.69	5.2	209.67	48869.0	18590.1	30278.8
153+50.00	0	0	2.2	185.11	48869.0	18775.2	30093.7
154+00.00	5.46	136.58	0	55.01	49005.6	18830.3	30175.3
154+50.00	0.11	139.22	3.2	80.09	49144.8	18910.3	30234.4
155+00.00	0	2.64	15.55	468.84	49147.4	19379.2	29768.2
155+50.00	0	0.02	15.77	783.04	49147.4	20162.2	28985.2
156+00.00	0	0.02	8.43	605.02	49147.5	20767.2	28380.2
156+50.00	0.34	8.61	1.69	252.97	49156.1	21020.2	28135.8
157+00.00	0	8.61	3.49	129.59	49164.7	21149.8	28014.8
157+50.00	0	0	2.08	139.41	49164.7	21289.2	27875.4
158+00.00	0.28	7.05	0.29	59.41	49171.7	21348.6	27823.1
158+50.00	0.68	23.94	3.58	96.73	49195.7	21445.3	27750.3
159+00.00	3.86	113.35	0.65	105.61	49309.0	21550.9	27758.0
159+50.00	4.39	206.08	1.43	52.04	49515.1	21603.0	27912.1
160+00.00	2.32	167.72	2.44	96.89	49682.8	21699.9	27982.9
160+50.00	1.76	102.05	2.31	118.86	49784.9	21818.7	27966.1
161+00.00	5.89	191.1	0	57.78	49976	21876.5	28099.4
161+50.00	9.35	380.91	0	0	50356.9	21876.5	28480.3
162+00.00	9.7	476.23	0	0	50833.1	21876.5	28956.5
162+50.00	4.8	362.48	0	0	51195.6	21876.5	29319.0
163+00.00	2.06	171.48	2.11	52.76	51367.1	21929.3	29437.7
163+50.00	3.81	146.73	3.91	150.49	51513.8	22079.8	29434.0
164+00.00	4.72	213.4	0	97.74	51727.2	22177.5	29549.6
164+50.00	5.11	245.97	0.1	2.46	51973.2	22180.0	29793.1
165+00000	5.45	264.23	0	2.61	52237.4	22182.6	30054.8
165+50.00	8.61	351.44	0	0.16	52588.8	22182.7	30406.0
166+00.00	5.24	346.23	0	0	52935.1	22182.7	30752.3
166+50.00	5.67	272.71	0.13	3.17	53207.8	22185.9	31021.8
167+00.00	0.36	150.69	4.68	120.22	53358.5	22306.1	31052.3
167+50.00	0	9.01	11.69	409.33	53367.5	22715.5	30652.0
168+00.00	0	0	16.09	694.02	53367.5	23409.3	29958
168+50.00	0	0	19.42	886.59	53367.5	24296.1	29071.4
169+00.00	0	0	17.76	928.42	53367.5	25224.5	28142.9
169+50.00	0	0	8.57	657.56	53367.5	25882.1	27485.4

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol. déblai Cum. (m3)	Vol. remblai Cum. (m3)	Vol. Net Cum. (m3)
170+00.00	0	0	11.72	506.99	53367.5	26389.0	26978.4
170+50.00	0.85	21.18	2.4	353.01	53388.7	26742.1	26646.6
171+00.00	5.71	163.91	0	60.01	53552.6	26802.1	26750.5
171+50.00	5.91	290.45	0	0.14	53843.0	26802.2	27040.8
172+00.00	1.28	179.79	0.71	17.78	54022.8	26820.0	27202.8
172+50.00	0.96	55.39	1.91	65.95	54078.2	26885.9	27192.2
173+00.00	0	23.65	2.28	105.38	54101.9	26991.3	27110.5
173+50.00	0	0	2.02	107.57	54101.9	27098.9	27002.9
174+00.00	0.53	13.19	0.66	66.99	54115.1	27165.9	26949.1
174+50.00	4.1	115.64	0	16.52	54230.7	27182.4	27048.3
175+00.00	7.22	282.84	0	0	54513.5	27182.4	27331.1
175+50.00	4.51	293.07	0	0.04	54806.6	27182.4	27624.1
176+00.00	5.48	249.62	0	0.04	55056.2	27182.5	27873.7
176+50.00	4.74	255.56	0	0.03	55311.8	27182.5	28129.3
177+00.00	5.68	260.67	0	0.03	55572.5	27182.5	28389.4
177+50.00	5.81	287.22	0	0.07	55859.7	27182.6	28677.1
178+00.00	5.73	288.44	0	0.07	56148.1	27182.7	28965.4
178+50.00	5.66	284.68	0	0	56432.8	27182.7	29250.1
179+00.00	4.43	252.21	0	0	56685.0	27182.7	29502.3
179+50.00	4.37	220.16	0	0	56905.2	27182.7	29722.5
180+00.00	4.89	231.54	0	0	57136.7	27182.7	29954.0
180+50.00	5.31	254.88	0	0	57391.6	27182.7	30208.9
181+00.00	4.9	255.14	0	0	57646.7	27182.7	30464.0
181+50.00	3.61	212.65	0	0	57859.4	27182.7	30676.7
182+00.00	4.75	209.06	0	0	58068.5	27182.7	30885.8
182+50.00	5.29	251	0	0	58319.5	27182.7	31136.8
183+00.00	2.93	205.47	0	0	58524.9	27182.7	31342.2
183+50.00	1.47	110.16	0.12	3.01	58635.3	27185.	31449.4
184+00.00	1.45	73.13	0	3.01	58708.2	27188.7	31519.5
184+50.00	2.85	107.53	0	0	58815.7	27188.7	31627.0
185+00.00	3.99	170.94	0	0	58986.7	27188.7	31798
185+50.00	1.56	138.74	0.2	5.06	59125.4	27193.7	31931.6
186+00.00	0.32	47.06	0.7	22.68	59172.5	27216.4	31956.0
186+50.00	1.36	42.01	0.32	25.71	59214.5	27242.1	31972.3
187+00.00	3.01	109.24	0	8.09	59323.7	27250.2	32073.5
187+50.00	4.6	190.22	0	0	59514	27250.2	32263.7
188+00.00	5.85	261.1	0	0	59775.1	27250.2	32524.8
188+50.00	5.02	271.53	0	0	60046.6	27250.2	32796.3
189+00.00	4.54	238.94	0	0	60285.5	27250.2	33035.2
189+50.00	2.42	174.12	0.09	2.21	60459.6	27252.4	33207.2
190+00.00	3.2	140.55	0	2.21	60600.2	27254.7	33345.5
190+50.00	4.3	187.42	0	0	60787.6	27254.7	33532.9

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol. déblai Cum. (m3)	Vol. remblai Cum. (m3)	Vol. Net Cum. (m3)
191+00.00	3.4	192.51	0	0	60980.1	27254.7	33725.4
191+50.00	2.4	145.14	0.35	8.82	61125.3	27263.5	33861.7
192+00.00	3.27	141.89	0.2	13.76	61267.2	27277.2	33989.9
192+50.00	3.61	172.06	0.03	5.75	61439.2	27283.0	34156.2
193+00.00	4.11	192.9	0	0.86	61632.1	27283.8	34348.2
193+50.00	4.35	211.51	0	0.05	61843.6	27283.9	34559.7
194+00.00	4.08	210.85	0	0	62054.5	27283.9	34770.5
194+50.00	3.5	189.56	0.01	0.24	62244.0	27284.1	34959.9
195+00.00	4.15	191.33	0	0.24	62435.4	27284.4	35150.9
195+50.00	3.06	180.38	0	0	62615.	27284.4	35331.3
196+00.00	1.02	102.04	0.16	3.91	62717.8	27288.3	35429.4
196+50.00	1.42	60.85	0.01	4.25	62778.6	27292.6	35486.0
197+00.00	5.39	170.16	0	0.36	62948.8	27292.9	35655.8
197+50.00	4.32	242.6	0	0.03	63191.4	27292.9	35898.4
198+00.00	3.72	200.85	0	0.03	63392.2	27293.0	36099.2

## Trace en plan

Élément	Caractéristiques	L m	Absci dép m	Absci fin m	Angle $\gamma$	Flèche	T ext m
Ligne 1	G=52.4 g	653.590	0.00	653.59			
Courbe 1	R=1200	206.931	653.59	860.52	10.97(g)	4.458	103.7
Ligne 2	G=41.4 g	358.321	860.52	1218.84			
Cth int	A=114	54.000	1218.84	1272.8	7.16 (g)		
courbe 2	R=240	24.836	1272.84	1297.68	6.58(g)	0.321	12.4
Cth ext	A=114	54.000	1297.68	1351.68	7.16 (g)		
Ligne 3	G=20.5 g	570.182	1351.68	1921.86			
Courbe 3	R=1400	10.372	1921.86	1932.23	0.47(g)	0.01	5.1
Ligne 4	G=20.0 g	621.021	1932.23	2553.25			
Courbe 4	R=2500	91.134	2553.25	2644.39	2.32 (g)	0.415	45.5
Ligne 5	G=17.7 g	996.731	2644.39	3641.12			
Courbe 5	R=2000	25.956	3641.12	3667.08	0.82 (g)	0.042	12.9
Ligne 6	G=16.9 g	438.702	3667.08	4105.78			
Cth int	A=114	54.000	4105.78	4159.78	7.16 (g)		
Courbe 6	R=240	75.101	4159.78	4234.88	19.92(g)	2.932	37.8
Cth ext	A=114	54.000	4234.88	4288.88	7.16(g)		
Ligne 7	G=51.2 g	677.953	4288.88	4966.83			
Cth int	A=114	54.000	4966.83	5020.83	7.162(g)		
courbe 7	R=240	0.370	5020.83	5021.20	0.09 (g)	0	0.18
Cth ext	A=114	54.000	5021.20	5075.20	7.162(g)		
Ligne 8	G=36.7 g	776.392	5075.20	5851.59			
Courbe 8	R=1800	279.065	5851.59	6130.66	9.86 (g)	5.405	139.8
Ligne 9	G=46.6 g	905.841	6130.66	7036.50			
Courbe 9	R=1200	58.142	7036.50	7094.64	3.08(g)	0.352	29.07
Ligne 10	G=49.7 g	982.661	7094.64	8077.30			
Courbe10	R=2000	116.436	8077.30	8193.74	3.70(g)	0.847	58.2
Ligne 11	G=46.01 g	891.870	8193.74	9085.61			
Courbe11	R=1500	144.013	9085.61	9229.62	6.11 (g)	1.728	72.06
Ligne 12	G=39.8 g	1024.07	9229.62	10253.70			
Courbe12	R=1300	37.079	10253.70	10290.78	1.81(g)	0.132	18.5
Ligne 13	G=41.7 g	1158.781	10290.78	11449.56			
Courbe13	R=1200	259.919	11449.56	11709.48	13.78(g)	7.03	130.4
Ligne 14	G=55.5 g	1166.577	11709.48	12876.05			
Courbe14	R=1300	112.947	12876.05	12989.00	5.5311(g)	1.226	56.5
Ligne 15	G=49.9 g	408.409	12989.00	13397.4			
Cth int	A=114	54.000	13397.41	13451.41	7.16 (g)		
Courbe15	R=240	19.596	13451.41	13471.0	5.19(g)	0.2	9.8
Cth ext	A=114	54.000	13471.01	13525.01	7.16(g)		
Ligne 16	G=30.4 g	1058.705	13525.01	14583.71			
Courbe16	R=1300	40.052	14583.71	14623.76	1.96(g)	0.154	20.0
Ligne 17	G=32.4 g	1011.715	14623.76	15635.48			

Élément	Caractéristiques	L m	Absci dép m	Absci fin m	Angle $\gamma$	Flèche	T ext m
Courbe17	R=1300	18.541	15635.48	15654.02	0.90(g)	0.033	9.2
Ligne 18	G=33.3 g	817.923	15654.02	16471.94			
Cth int	A=114	54.000	16471.94	16525.94	7.16 (g)		
Courbe18	R=240	6.544	16525.94	16532.49	1.73 (g)	0.022	3.2
Cth ext	A=114	54.000	16532.49	16586.49	7.16 (g)		
Ligne 19	G=17.2 g	184.703	16586.49	16771.19			
Courbe19	R=1200	212.114	16771.19	16983.30	11.25(g)	4.684	106.3
Ligne 20	G=6.0 g	206.770	16983.30	17190.07			
Cth int	A=114	54.000	17190.07	17244.07	7.16 (g)		
Courbe20	R=240	10.152	17244.07	17254.23	2.69(g)	0.054	5.077
Cth ext	A=114	54.000	17254.23	17308.23	7.16(g)		
Ligne 21	G=11.0 g	839.413	17308.23	18147.64			
Courbe21	R=1400	29.785	18147.64	18177.42	1.35(g)	0.079	14.8
Ligne 22	G=9.6 g	787.863	18177.42	18965.29			
Courbe22	R=1300	141.357	18965.29	19106.64	6.92(g)	1.921	70.7
Ligne 23	G=2.7 g	727.096	19106.64	19833.74			

## Profil En Long

N°	AbsC PIV	Alt PIV	P entrée	P sortie	A	K	L	Rayon m
1	0.00m	116.133m	1.45%	2.56%	1.25%	30	36.256m	3000.00
2	126.56m	119.372m	2.56%	1.40%	1.16%	30	34.823m	3000.00
3	256.58m	121.190m	1.40%	1.52%	0.12%	30	3.708m	3000.00
4	386.53m	123.168m	1.52%	3.55%	2.03%	30	60.847m	3000.00
5	504.12m	127.343m	3.55%	0.35%	3.20%	30	96.133m	3000.00
6	627.46m	127.769m	0.35%	0.49%	0.14%	30	4.250m	3000.00
7	694.87m	128.098m	0.49%	-2.61%	3.10%	30	92.936m	3000.00
8	773.57m	126.044m	-2.61%	0.93%	3.54%	18.108	64.148m	1810.84
9	926.73m	127.471m	0.93%	3.09%	2.16%	30	64.671m	3000.00
10	1162.39m	134.748m	3.09%	1.28%	1.80%	30	54.148m	3000.00
11	1279.69m	136.252m	1.28%	-1.23%	2.52%	30	75.486m	3000.00
12	1551.40m	132.901m	-1.23%	0.04%	1.28%	30	38.278m	3000.00
13	1817.31m	133.014m	0.04%	-0.80%	0.84%	30	25.203m	3000.00
14	1867.49m	132.614m	-0.80%	0.92%	1.72%	30	51.495m	3000.00
15	1950.00m	133.372m	0.92%	2.42%	1.50%	30	45.119m	3000.00
16	2040.05m	135.554m	2.42%	2.27%	0.15%	30	4.480m	3000.00
17	2104.38m	137.017m	2.27%	-1.66%	3.93%	21.973	86.333m	2197.32
18	2326.56m	133.339m	-1.66%	-0.70%	0.95%	30	28.635m	3000.00
19	2555.28m	131.735m	-0.70%	0.52%	0.70%	30	21.028m	3000.00
20	2620.89m	131.735m	0.52%	1.76%	1.76%	30	52.905m	3000.00
21	2711.32m	133.330m	1.76%	-2.06%	3.82%	30	114.696m	3000.00
22	2943.59m	128.546m	-2.06%	-2.80%	0.74%	30	22.270m	3000.00
23	3032.81m	126.046m	-2.80%	-1.49%	1.31%	30	39.410m	3000.00
24	3282.82m	122.325m	-1.49%	-0.62%	0.86%	30	25.913m	3000.00
25	3481.41m	121.085m	-0.62%	-1.66%	1.04%	30	31.061m	3000.00
26	3531.43m	120.254m	-1.66%	-3.24%	1.58%	30	47.260m	3000.00
27	3782.86m	112.120m	-3.24%	-1.17%	2.06%	16.024	33.067m	1602.40
28	3827.45m	111.598m	-1.17%	-0.35%	0.83%	2.58	2.129m	257.97
29	3898.11m	111.353m	-0.35%	0.70%	1.05%	30	31.483m	3000.00
30	4065.68m	112.531m	0.70%	1.55%	0.84%	30	25.329m	3000.00
31	4251.72m	115.410m	1.55%	-1.44%	2.99%	30	89.664m	3000.00
32	4414.11m	113.070m	-1.44%	-0.48%	0.96%	30	28.941m	3000.00
33	4489.25m	112.712m	-0.48%	-0.46%	0.02%	30	0.533m	3000.00
34	4678.09m	111.845m	-0.46%	1.15%	1.61%	30	48.202m	3000.00
35	4820.68m	113.482m	1.15%	-0.68%	1.82%	30	54.692m	3000.00
36	4976.26m	112.431m	-0.68%	-1.16%	0.48%	30	14.415m	3000.00
37	5117.89m	110.795m	-1.16%	0.36%	1.52%	30	45.506m	3000.00
38	5277.83m	111.372m	0.36%	0.66%	0.30%	30	8.985m	3000.00
39	5394.41m	112.143m	0.66%	-0.60%	1.26%	30	37.781m	3000.00
40	5527.86m	111.344m	-0.60%	0.05%	0.64%	30	19.343m	3000.00
41	5591.29m	111.373m	0.05%	2.04%	2.00%	30	59.866m	3000.00

N°	AbsC PIV	Alt PIV	P entrée	P sortie	A	K	L	Rayon m
42	5770.50m	115.032m	2.04%	2.41%	0.37%	30	10.991m	3000.00
43	5850.47m	116.957m	2.41%	0.94%	1.47%	30	44.024m	3000.00
44	6014.26m	118.498m	0.94%	2.03%	1.09%	30	32.739m	3000.00
45	6289.63m	124.093m	2.03%	-0.78%	2.81%	30	84.316m	3000.00
46	6474.65m	122.652m	-0.78%	1.73%	2.51%	30	75.326m	3000.00
47	6654.86m	125.774m	1.73%	1.33%	0.40%	30	12.141m	3000.00
48	6808.69m	127.816m	1.33%	-1.80%	3.13%	30	93.771m	3000.00
49	7433.73m	116.576m	-1.80%	-0.88%	0.92%	30	27.631m	3000.00
50	7831.15m	113.090m	-0.88%	-0.56%	0.32%	30	9.576m	3000.00
51	7994.03m	112.181m	-0.56%	-0.07%	0.49%	30	14.556m	3000.00
52	8166.00m	112.056m	-0.07%	-0.38%	0.30%	30	9.080m	3000.00
53	8617.78m	110.360m	-0.38%	0.25%	0.63%	30	18.812m	3000.00
54	9026.53m	111.388m	0.25%	2.94%	2.69%	30	80.692m	3000.00
55	9168.76m	115.571m	2.94%	0.49%	2.45%	30	73.500m	3000.00
56	9330.50m	116.366m	0.49%	-0.78%	1.27%	30	38.073m	3000.00
57	9535.01m	114.776m	-0.78%	-0.02%	0.76%	30	22.880m	3000.00
58	9704.96m	114.750m	-0.02%	1.33%	1.35%	30	40.464m	3000.00
59	10132.40m	120.451m	1.33%	0.56%	0.78%	30	23.337m	3000.00
60	10298.22m	121.373m	0.56%	2.25%	1.70%	30	50.859m	3000.00
61	10609.85m	128.388m	2.25%	-2.36%	4.61%	30	138.415m	3000.00
62	10829.83m	123.190m	-2.36%	0.68%	2.47%	30	74.033m	3000.00
63	11010.15m	123.380m	0.68%	-3.98%	4.09%	30	122.671m	3000.00
64	11147.72m	117.899m	-3.98%	-0.43%	3.56%	30	106.717m	3000.00
65	11380.04m	116.908m	-0.43%	1.51%	1.94%	30	58.187m	3000.00
66	11570.83m	119.794m	1.51%	-1.47%	2.98%	30	89.446m	3000.00
67	11745.10m	117.234m	-1.47%	-0.51%	0.96%	30	28.651m	3000.00
68	11922.03m	116.326m	-0.51%	0.03%	0.55%	30	16.400m	3000.00
69	12172.54m	116.408m	0.03%	0.03%	0.00%	30	0.002m	2999.96
70	12677.22m	116.575m	0.03%	0.36%	0.33%	30	9.816m	3000.00
71	12856.14m	117.219m	0.36%	1.56%	1.20%	30	36.006m	3000.00
72	13371.20m	125.257m	1.56%	-1.57%	3.13%	30	93.820m	3000.00
73	13508.05m	123.112m	-1.57%	0.66%	1.57%	30	47.007m	3000.00
74	13630.41m	123.112m	0.66%	3.18%	3.18%	30	95.502m	3000.00
75	13816.83m	129.047m	3.18%	-1.53%	4.72%	30	141.541m	3000.00
76	13955.54m	126.918m	-1.53%	-3.90%	2.37%	30	71.042m	3000.00
77	14095.26m	121.465m	-3.90%	0.61%	4.51%	30	135.422m	3000.00
78	14325.00m	122.870m	0.61%	2.84%	2.22%	30	66.723m	3000.00
79	14932.27m	140.089m	2.84%	-1.47%	4.31%	30	129.175m	3000.00
80	15074.14m	138.003m	-1.47%	0.51%	1.98%	30	59.486m	3000.00
81	15281.53m	139.066m	0.51%	3.00%	2.48%	30	74.547m	3000.00
82	15443.15m	143.910m	3.00%	-3.26%	6.25%	30	187.621m	3000.00
83	15624.54m	138.003m	-3.26%	0.28%	3.53%	30	106.023m	3000.00
84	15853.01m	138.637m	0.28%	-1.38%	1.66%	30	49.656m	3000.00

---

---

<b>N°</b>	<b>AbsC PIV</b>	<b>Alt PIV</b>	<b>P entrée</b>	<b>P sortie</b>	<b>A</b>	<b>K</b>	<b>L</b>	<b>Rayon m</b>
85	16357.09m	131.691m	-1.38%	-0.23%	1.15%	30	34.429m	3000.00
86	16611.84m	131.105m	-0.23%	-1.99%	1.76%	30	52.825m	3000.00
87	16870.63m	125.952m	-1.99%	-1.07%	0.92%	30	27.614m	3000.00
88	17191.89m	122.513m	-1.07%	-1.78%	0.71%	30	21.421m	3000.00
89	17496.39m	117.079m	-1.78%	-0.71%	1.08%	30	32.347m	3000.00
90	18150.37m	112.460m	-0.71%	-0.68%	0.03%	30	0.817m	3000.00
91	18512.66m	110.000m	-0.68%	-1.12%	0.44%	30	13.258m	3000.00
92	18798.11m	106.800m	-1.12%	-0.64%	0.48%	30	14.370m	3000.00
93	19523.49m	102.142m	-0.64%	-0.59%	0.05%	30	1.505m	3000.00
94	19803.55m	100.485m	-0.59%	-1.26%	0.67%	30	20.027m	3000.00