

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté du Génie de la Construction

Département de Travaux Publics

# Memoire de Fin d'études

En vue d'obtention du diplôme de Master en travaux

Publics

Option : Voies et Ouvrages d'Arts (V.O.A)

## THEME :

*Etude d'un Avant-Projet détaillé de la liaison Autoroutière reliant le port de Cherchell à l'autoroute Est-Ouest du PK12+000 au PK24+000*



Présenté par :

- M<sup>elle</sup> MOULOU DJ Sabrina
- M<sup>elle</sup> BOUKHEDIMI Ahlem

Encadré par :

- M<sup>me</sup> KHAL Nassima

Promotion :2022/2023



**Remerciements :**

*Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout Puissant et miséricordieux, Qui nous a donné la force, la volonté et la patience d'accomplir ce modeste Travail.*

*Nous tenons à remercier vivement tous ceux qui nous ont aidés à l'élaboration de ce mémoire ; nous pensons particulièrement à :*

*Nous adressons tout d'abord nos sincères remerciements à notre promotrice Mme. KHAL Nassima qui nous fait l'honneur de nous encadrer dans ce mémoire et pour toute sa disponibilité, son suivi et ses conseils judicieux. Nous vous remercions infiniment pour vos efforts.*

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre chère professeur Mme GHANEM pour son énorme soutien et le temps qu'elle a consacré pour nous. Nous la remercions chaleureusement.*

*On tient aussi à remercier MR. Derradji Ayachi « Professeur à l'ENSTP » qui a fait part de ses connaissances de son savoir-faire durant la réalisation de ce travail. Nos vifs remerciements vont en particulier à chef de spécialité Mme. MILOUDI Nassima et tous les enseignants et personnels du département Travaux Publics de TAMDA qui ont assurés notre formation.*

*Nos profonds remerciements également aux membres du jury pour le temps et l'énergie qu'ils ont consacrés pour évoluer notre travail.*

*Enfin, nous remercions toute personne qui nous a aidés de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.*

*Merci* 



## **Dédicace**

*Je dédie ce travail avec tout mon amour et ma reconnaissance infinie.  
A ma mère qui a toujours été mon port d'attachement et ma boussole, à la source de  
ma joie et mon bonheur, ton dévouement et ton soutien inébranlable. Tu as été la  
lumière qui a éclairé mon chemin dans les moments sombres et tu as toujours cru en  
moi, même lorsque je doutais.*

*A mon père qui m'a fait une femme, ma source de vie, d'amour et d'affection, à  
mon support qui était toujours à mes côtés, qui m'a appris l'importance du travail  
acharné, je suis reconnaissante pour tes conseils avisés et ton soutien sans faille. Tu  
m'as inspiré à viser plus haut et à poursuivre mes rêves. Je te suis infiniment  
reconnaissante.*

*A mon adorable petit frère moumouh, merci pour le soutien indéfectible durant ces  
5ans d'études ton humour contagieux et ta présence réconfortante. Tu es ma source  
de joie, de bonheur, tu as été mon pilier dans les moments difficiles et mon  
partenaire de fête dans les moments de joie, ton soutien sans faille et ton amour  
inconditionnel.*

*A mes deuxièmes parents, Chafea et lounes qui n'ont pas cessé de me conseiller,  
encourager et soutenir tout au long de mes études, et pour l'amour qu'ils me  
réservent.*

*A la mémoire de la personne chère que j'ai perdue : Ma grand-mère yemma ourida  
que dieu l'accueille dans son vaste paradis.*

*A tous les membres de ma grande famille, CHILI et MOULOU DJ.*

*A mes chères copines fifi, mima, mami, lahna en témoignage de l'amitié sincère qui  
nous ont liées et des bons moments passés ensemble.*

*Au-delà des noms cités, il existe un cercle précieux de personnes qui ont joué un rôle  
signifiant dans mon parcours. Je vous exprime ma reconnaissance pour votre  
présence et votre soutien qui ont marqué positivement ma vie.*

**Sabrina.**

*Merci*

The background of the page is a repeating pattern of black graduation caps with gold tassels and gold streamers (confetti) scattered across a white background.

## *Dédicace*

*Je dédie cet humble et modeste travail avec grand amour, fierté et sincérité.*

*A mes chers parents qui ont sacrifié leur vie pour ma réussite et m'ont éclairé le chemin avec leurs conseils, qui m'ont soutenu et m'épaulés avec leur éternel Amour*

*pour que je puisse atteindre mes objectifs*

*A mes frères Madjid, Mohamed et Mehdi*

*A mes chères sœurs Radia et Chahrazed*

*Qui m'ont accompagné durant mes études et qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail. Ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours*

*Je les remercie de tout mon cœur pour tout ce qu'ils ont fait pour moi parce qu'ils ont toujours été à mes cotés*

*Un grand merci à ma chère amie Chahinez et ma chère collègue et ma binôme Sabrinouche pour son entente et son support.*

**Ahlem**

*Merci*

# Résumé

Notre projet consiste à étudier en Avant-Projet Détaillé, un tronçon de 12 Km, de la pénétrante autoroutière reliant le port de Cherchell à l'autoroute Est-Ouest, du PK12+000 au PK24+000 ». Cette liaison, a pour objectif principal, le renfort des échanges, des communications, ainsi que la promotion économique de l'Est du pays, en général, et la wilaya de Cherchell en particulier.

On a entamé ce projet par la présentation du projet, objet de notre mémoire de fin d'études, puis, le calcul du trafic, afin de déterminer le profil en travers. Par la suite, l'aperçu géotechnique a été élaboré, afin de connaître toutes les caractéristiques nécessaires du sol support, servant dans le dimensionnement du corps de chaussée de la route projetée. Après, l'étude géométrique a été faite, afin d'avoir le tracé en plan, profil en long, ainsi que le profil en travers. Enfin, les parties portant sur le calcul des cubatures, l'étude d'assainissement, les équipements de la route et l'impact sur l'environnement, ont été étudiées. La présente étude a été faite en respectant les différents règlements et normes, et en utilisant les logiciels Global Mapper, Alizé, COVADIS 16.0d et AutoCad.

**Mot clés :** APD, Cherchell, trafic, autoroute, dimensionnement, géométrie, COVADIS 16.0d.

# Abstract

Our project consists of a detailed preliminary design for a 12 km section of the motorway link between the port of Cherchell and the East-West freeway, from KP12+000 to KP24+000. The main aim of this link is to boost trade and communications, and promote the economy of the east of the country in general, and the wilaya of Cherchell in particular.

We began with a presentation of the project, the subject of our final year dissertation, followed by a traffic calculation to determine the cross-section. Next, a geotechnical overview was carried out to determine all the necessary characteristics of the supporting soil, which would be used to design the road's pavement structure. Next, the geometric study was carried out, to obtain the plan layout, longitudinal profile and cross-section. Finally, the sections relating to the calculation of cubic capacities, the drainage study, the road equipment and the impact on the environment were studied. This study was carried out in compliance with the various regulations and standards, and using Global Mapper, Alizé, COVADIS 16.0 and AutoCad software.

**Key words:** APD, Cherchell, traffic, freeway, dimensioning, geometry, COVADIS 16.0d.

## Liste des abréviations

### Acronymes :

- **APD** : avant-projet détaillé.
- **A.E.O** : autoroute Est-Ouest.
- **BAU** : bande d'arrêt d'urgence.
- **BDD** : bande dérasée droite.
- **BDG** : bande dérasée gauche.
- **BB** : béton bitumineux.
- **C.B.R**: Californian-Bearing - Ratio.
- **CDF** : couche de forme.
- **CS** : couche de surface.
- **GB** : grave bitume.
- **G.N.T** : grave non traité.
- **SETRA** : Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements.
- **GTR** : guide des terrassements routiers.
- **IP** : indice de plasticité.
- **ICTAAL** : instruction sur les conditions technique d'aménagement des autoroutes de liaison.
- **S.A.E.T.I** : Société Algérienne des études techniques d'infrastructures.
- **LCPC** : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.
- **PK** : point kilométrique.
- **TN** : Terrains Naturel.
- **TPC** : terre-plein central.
- **T.J.M.A** : Trafic journalier moyen annuel.
- **PFi** : classe de plateforme.
- **TPLi** : la classe de trafic de poids lourd.
- **U.V.P** : Unité de véhicule particulier.
- **VBS** : bleu de méthylène.
- **PS** : passage supérieur.
- **PI** : passage inférieur.

## Symboles :

- **PL** : poids lourds.
- **n** : nombre d'année.
- **$\tau$**  : taux d'accroissement du trafic (%).
- **TCi** : trafic cumulé de poids lourds.
- **Teff** : trafic effectif a l'année d'horizon (U.V.P/J).
- **Z** : pourcentage de poids lourds (%).
- **P** : coefficient d'équivalence pour le poids lourd.
- **Q** : débit de pointe horaire, exprimé en (UVP/h).
- **1/n** : coefficient de pointe.
- **K1** : coefficient lié à l'environnement.
- **K2** : coefficient de réduction de la capacité.
- **N** : nombre de voies.
- **Qadm** : débit admissible par voie.
- **$\epsilon z$**  : déformation verticale.
- **$\epsilon t$**  : déformation horizontale.
- **Vb** : vitesse de base (km/h).
- **Rm** : rayon minimal.
- **Rnd** : rayon non déversé.
- **Rdn** : rayon minimal au divers normal.
- **dmin** : dévers minimal.
- **dmax** : dévers maximal.
- **Imax, min** : déclivité maximale, minimale.
- **L** : Longueur de raccordement.
- **$\Delta d$**  : Variation des devers.
- **l** : largeur de la chaussée.
- **Wp** : Limite de plasticité.
- **Wl** : Limite de liquidité.
- **Ip** : L'indice de plasticité.
- **A** : facteur d'agressivité globale du trafic.
- **C** : facteur de cumul.
- **Eeq** : épaisseur équivalente.
- **BV** : bassin versant.

- **H<sub>max</sub>** : altitude maximale (m).
- **H<sub>min</sub>** : altitude minimale (m).
- **l<sub>c.e</sub>** : longueur du thalweg (km).
- **I** : pente longitudinale du thalweg.
- **T<sub>c</sub>** : temps de concentration.
- **L** : longueur du bassin (km).
- **I** : pente moyenne du Bassin Versant (m/m).
- **H** : différence entre l'altitude maximale et minimale du bassin (m).
- **Q<sub>a</sub>** : débit d'apport.
- **Q<sub>s</sub>** : débit de saturation.
- **I<sub>t</sub>** : intensité de la pluie, mm/h.
- **C** : coefficient de ruissellement.
- **K** : coefficient de conservation.
- **S** : superficie du bassin versant, Km<sup>2</sup>.
- **SBV** : Section de bassin versant.
- **a(t)** : coefficient de Montana.
- **b** : exposant climatique.
- **P<sub>m</sub>** : périmètre mouillé.
- **S<sub>m</sub>** : Surface mouillée.
- **Q<sub>ps</sub>** : débit à pleine section.
- **V<sub>ps</sub>** : vitesse à pleine section.
- **V<sub>e</sub>** : vitesse d'écoulement.
- **R<sub>h</sub>** : Rayon hydraulique.
- **K<sub>st</sub>** : coefficient de Maning Strickler.

# Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Listes des figures

Listes des tableaux

Introduction Générale..... 1

## CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET

I.1. Introduction..... 3

I.2. Présentation du Projet ..... 3

I.3. Objectifs du Projet ..... 4

I.4. Conclusion ..... 4

## CHAPITRE II : ETUDE DU TRAFIC

II.1. Introduction..... 5

II.2. Analyse du trafic ..... 5

II.3. Différents types de trafic..... 5

II.4. Modèles de présentation de trafic ..... 6

II.5. Calcul de la capacité ..... 7

II.5.1. Définition de la capacité ..... 7

II.5.2. Trafic à un horizon donné « *TJMAh* » ..... 7

II.5.3. Trafic effectif ..... 7

II.5.4. Evaluation de la demande (Débit de pointe horaire normal) ..... 8

II.5.5. La capacité théorique ..... 8

II.5.6. Evaluation de l'offre (Débit horaire admissible) ..... 9

II.5.7. Détermination du nombre de voies ..... 10

II.6. Application au projet..... 10

II.6.1. Données du trafic ..... 10

II.6.2. Projection future du projet ..... 11

II.6.3. Calcul du trafic effectif ..... 11

II.6.4. Calcule du débit de pointe horaire normale ..... 11

II.6.5. Calcul de débit admissible ..... 12

II.6.6. Nombre de voie..... 12

II.6.7.	Calcul de l'année de saturation.....	13
II.7.	Conclusion .....	13

### **CHAPITRE III : APERCU GEOTECHNIQUE**

III.1.	Introduction.....	15
III.2.	Réglementation Algérienne en géotechnique .....	15
III.3.	Différents essais au laboratoire .....	15
III.4.1.	Paramètres d'état.....	16
III.4.2.	Analyse granulométrique :(NF P 94-056).....	17
III.4.3.	Limites d'Atterberg :(NF P 94-051) .....	19
III.4.4.	Essai au bleu de méthylène (ou à la tâche) :(NF P 94-068) .....	22
III.4.5.	Equivalent de sable :(NA 455).....	23
III.4.6.	Analyse chimique sommaire.....	24
III.4.7.	Essai Proctor :(NF P 94-093).....	24
III.5.	Conditions d'utilisation des sols en remblai .....	26
III.6.	Application au projet.....	27
III.6.1.	Caractérisation géotechnique .....	27
III.6.1.1.	Résultats des essais et interprétation.....	29
III.7.	Conclusion .....	33

### **CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE**

IV.1.	Introduction.....	34
IV.2.	Facteurs considérés dans le dimensionnement.....	34
IV.2.1.	Trafic.....	34
IV.2.2.	L'environnement.....	35
IV.2.3.	Le sol support.....	35
IV.2.4.	Les matériaux.....	35
IV.3.	La chaussée .....	36
IV.3.1.	Définition.....	36
IV.3.2.	Les différents types de chaussées.....	36
IV.3.2.1.	Chaussées souples .....	36
IV.3.2.2.	Les chaussées semi-rigides .....	38
IV.3.2.3.	Les chaussées rigides .....	39
IV.4.	Méthodes de dimensionnement des chaussées .....	40
IV.4.1.	Méthode C.B.R (Californian – Bearing – Ratio):.....	40
IV.4.2.	Méthode des catalogues des structures .....	41
IV.4.2.1.	Détermination de la classe de trafic .....	42
IV.4.2.2.	Présentation des classes de portance des sols .....	42
IV.5.	Méthode de dimensionnement des chaussées neuves CTTTP .....	43
IV.6.	Application au projet.....	44

IV.6.1.	Méthode CBR Améliorée .....	44
IV.6.2.	Méthode des catalogues des structures .....	46
IV.7.	Conclusion .....	52

## **CHAPITRE V : CARACTERISTIQUE GEOMETRIQUE**

V.1.	Introduction.....	53
V.2.	Notions sur le logiciel « Covadis » .....	53
V.3.	Tracé en plan.....	53
V.3.1.	Définition .....	53
V.3.2.	Règles à respecter dans le tracé en plan.....	54
V.3.3.	Éléments géométriques du tracé en plan selon la B40.....	54
V.3.3.1.	Alignement droit .....	54
V.3.3.2.	Arc de cercle (courbe).....	55
V.3.4.	Application au projet.....	60
V.3.4.1.	Arc en cercle .....	60
V.3.4.2.	Paramètres fondamentaux .....	61
V.4.	Profil en Long .....	62
V.4.1.	Définition .....	62
V.4.2.	Règles à respecter dans le tracé en plan.....	62
V.4.2.1.	Eléments de composition du profil en long .....	63
V.4.2.2.	Coordination du tracé en plan et profil en long .....	63
V.4.2.3.	Caractéristique du profil en long.....	64
V.4.3.	Valeurs limites des paramètres du profil en long.....	66
V.5.	Profil en travers.....	66
V.5.1.	Définition .....	66
V.5.2.	Les éléments constitutifs de profil en travers.....	67
V.5.2.1.	Classification du profil en travers .....	67
V.5.3.	Application au projet.....	68
V.6.	Conclusion .....	69

## **CHAPITRE VI : CUBATURES**

VI.1.	Généralité.....	70
VI.2.	Définition .....	70
VI.3.	Les méthodes de calcul des cubatures.....	70
VI.3.1.	La formule de SARRAUS .....	71
VI.3.2.	La méthode de GULDEN .....	72
VI.3.3.	La méthode linéaire.....	73
VI.4.	Application à notre projet .....	73
VI.4.1.	Cubatures .....	73
VI.5.	Conclusion .....	73

## **CHAPITRE VII : HYDRAULIQUE ET ASSAINISSEMENT**

VII.1.	Introduction.....	74
VII.2.	Assainissement de la chaussée.....	74
VII.2.1.	Réseaux de collectes longitudinaux.....	75
VII.3.	Objectifs de l'assainissement.....	76
VII.4.	Détermination des bassins versants.....	77
VII.5.	Dimensionnement des ouvrages d'évacuation.....	77
VII.5.1.	Débits d'apports.....	78
VII.5.2 :	Débit de saturation (Qs).....	81
VII.5.3	Dimensionnement des fossés.....	81
VII.5.4.	Dimensionnement des dalots.....	83
VII.6.	Application au projet.....	83
VII.6.1.	Délimitation des bassins versants avec Global Mapper.....	84
VII.6.2.	Résultats de calcul des débits de notre projet.....	85
VII.7.	Système de drainage transversal.....	85
VII.7.1.	Dimensionnement des buses.....	86
VII.7.2.	Dimensionnement des dalots.....	87
VII.8.	Système de drainage longitudinal.....	88
VII.8.1.	Fossés de pied de talus en déblai.....	88
VII.9.	Conclusion.....	92

## **CHAPITRE VIII : EQUIPEMENT DE LA ROUTE**

VIII.1.	Introduction.....	94
VIII.2.	Sécurité.....	94
VIII.2.1.	Dispositifs retenus.....	94
VIII.2.2.	Passerelle pour le passage des piétons.....	95
VIII.2.3.	Application au projet.....	95
VIII.3.	Signalisation routière.....	96
VIII.3.1.	Définition.....	96
VIII.3.2.	Types de signalisation.....	96
VIII.3.3.	Application au projet.....	99
VIII.3.3.1.	Signalisation verticale.....	99
VIII.4.	Eclairage.....	102
VIII.4.1.	Catégories d'éclairage.....	102
VIII.4.2.	Paramètres d'implantation des luminaires.....	102

## **CHAPITRE IX : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT**

IX.1.	Introduction.....	104
IX.2.	Cadre juridique.....	104
IX.3.	Définition.....	104

IX.4.	Etude d'impact sur l'environnement.....	104
IX.4.1.	Impact sur l'agriculture.....	104
IX.4.2.	Impact sur la nature.....	105
IX.4.3.	L'impact sur les habitants .....	106
IX.5.	Méthodologie du choix du type de plantes .....	108
IX.6.	Intérêt de la végétation.....	108
IX.7.	Conclusion .....	109
	Conclusion Générale .....	110

## **Référence bibliographique**

## **Annexe**

## Liste des figures :

Figure I.1:Localisation de la wilaya de Cherrhell. (Source : Google Earth).....	3
Figure I.2:Synoptique de notre tronçon (Source : MapInfo).....	4
Figure III.1: Analyse granulométrique .....	18
Figure III.2: Limite d'Atterberg. ....	20
Figure III.3: Essai au bleu de méthylène .....	22
Figure III.4 : Type de sol en fonction de la valeur « VBS ». ....	23
Figure III.5: Essai d'équivalent de sable .....	24
Figure III.6: Courbe PROCTOR. ....	25
Figure III.7: Essai PROCTOR.....	25
Figure III.8: Essai CBR. ....	26
Figure III.9 : Puits réalisé au PK19+550. ....	28
Figure III.10 : Nombre d'essais sur échantillons prélevés des puits de reconnaissances.....	29
Figure IV.1.: Schéma de fonctionnement d'une structure de chaussée sous l'application d'une charge roulante .....	35
Figure IV.2: Les différentes catégories de chaussé .....	36
Figure IV.3: Structure type d'une chaussée souple .....	37
Figure IV.4: Différentes couches de la chaussée souple .....	38
Figure IV.5 : Structure type d'une chaussée semi-rigide .....	39
Figure IV.6 : Structure type d'une chaussée rigide .....	39
Figure IV.7: Application de la méthode du catalogue au dimensionnement du corps de chaussée.....	44
Figure IV.8 : Structure du corps de chaussée par la méthode CBR. ....	46
Figure IV.9: Classe TPLi pour RP1. (Source : C.T.T.P).....	46
Figure IV.10: Structure de chaussée adoptée .....	48
Figure IV.11: Résultats de la simulation à l'aide d'Alizé LCPC. ....	51
Figure V.1: Eléments géométriques du tracé en plan.....	54
Figure V.2:Les éléments de la clothoïde .....	59
Figure V.3: Raccordement en profil en long.....	64
Figure V.4:Eléments du profil en travers .....	67
Figure VI.1 : Coupe en travers pour les profils des terrassements.....	71
Figure VI.2 : Profil en long d'un tracé donné .....	71
Figure VI.3: Schéma explicatif de la méthode de Gulden.....	73
Figure VII.1: Différents ouvrages d'assainissement .....	76
Figure VII.2:Le fossé retenu. ....	82
Figure VII.3: Délimitation des bassins versants avec Global Mapper. ( Source : Cosider engineering).....	84
Figure VII.4: Caractéristiques d'une buse.....	86
Figure VII.5: Caractéristiques d'un dalot.....	88
Figure VII.6: Caractéristiques d'un fossé.....	92
Figure VIII.1:Passerelle pour le passage piétons .....	95
Figure VIII.2:Glissière métallique .....	96
Figure VIII.3:Types de modulation.....	98
Figure VIII.4: Panneau de direction.....	99
Figure VIII.5: Panneau d'interdiction. ....	100
Figure VIII.6: Ligne discontinue.....	100
Figure VIII.7: Ligne continue .....	101
Figure VIII.8: ligne jaune discontinue.....	101
Figure VIII.9 : Les flèches de sélection.....	101

Figure VIII.10: paramètres d'implantation des luminaires .....	103
Figure IX.1: Impact sur la faune et la flore .....	106

## Liste des tableaux :

Tableau II.1 : Coefficient d'équivalence « P ». [Règlement B40].	8
Tableau II.2 : Valeur de la capacité théorique [Règlement B40].	9
Tableau II.3 : Valeurs de K1. (Source : B40)	10
Tableau II.4 : Valeurs de K2. (Source : B40)	10
Tableau II.5 : Tableau récapitulatif des résultats de calcul	14
Tableau III.1:Etat hydrique des sols selon leur teneur en eau.	17
Tableau III.2: Classification des sols selon $\gamma_d$ et $\gamma_h$	17
Tableau III.3: Degré de plasticité des sols selon $I_p$	21
Tableau III.4: Gonflement potentiel des sols selon $I_p$	21
Tableau III.5: Qualificatif du sol en fonction de l'indice de consistance.	22
Tableau III.6: Localisation des puits	27
Tableau III.7: Résultats des essais physico-mécaniques et interprétation.	32
Tableau III.8 : Résultats des analyses chimiques	33
Tableau IV.1: Valeurs des Coefficients d'équivalence	41
Tableau IV.2:Le classement des sols. (Source : fascicule1, CTTTP)	42
Tableau IV.3 : Tableau récapitulatif.	45
Tableau IV.4:Classification des réseaux principaux.	46
Tableau IV.5: Caractéristique de la couche de forme choisie	47
Tableau IV.6: Températures équivalentes. (Source : fascicule 2, CTTTP).	47
Tableau IV.7: structures de chaussées proposées par CTTTP pour TPL7.	48
Tableau IV.8: Performances mécaniques des matériaux bitumineux.	50
Tableau IV.9: Comparaison des déformations admissibles.	52
Tableau V.1:Valeur de coefficient de frottement selon la vitesse du projet.	56
Tableau V.2: Les rayons de tracé en plan.	61
Tableau V.3: Les valeurs limites des rayons d'après L'ICTAAL.	62
Tableau V.4:Condition de visibilité selon la B40.	65
Tableau V.5: Valeurs limites des paramètres de profil en long.	66
Tableau V.6:Dimensions des éléments du profil en travers type	69
Tableau VI.1: Récapitulation des cubatures	73
Tableau VII.1 : Variables de gauss en fonction de la période de retour.	79
Tableau VII.2: Valeurs du coefficient C1.	79
Tableau VII.3:Valeurs du coefficient C2.	79
Tableau VII.4:Valeurs du coefficient C3.	80
Tableau VII.5:Valeurs du paramètre de montana « a ».	80
Tableau VII.6: Caractéristiques physiques des bassins versants	85
Tableau VII.7: Débits max des bassins versants pour les périodes de retour de 10, 50 et 100 ans.	85
Tableau VII.8 : Valeurs du coefficient de ruissellement en fonction du type de la chaussée ..	89
Tableau VII.9: Tableau récapitulatif des résultats des débits des sections bassins versants	91
Tableau VII.10 : Tableau récapitulatif des ouvrages hydrauliques et leurs dimensions	93
Tableau VIII.1 : Modulation des lignes discontinues.	98

# **Introduction générale**

## **Introduction Générale :**

Etant donné que les voies de communication sont aujourd'hui les sources du développement d'un pays, les recherches et les études sur les tracés linéaires (routes, autoroutes, ...) ont pris une importance considérable à travers le monde.

La problématique à la base des projets d'infrastructures, est souvent liée à l'insuffisance du réseau existant par saturation. Pour cela, dans le cadre du schéma directeur routier national, horizon 2025, ont été inscrites de grandes orientations du développement du réseau routier Algérien.

Dans ce cadre de ce développement, un vaste programme de relance économique et sociale a été mis en place par les autorités nationales et a débouché sur la réalisation de plusieurs infrastructures importantes, dont le nouveau lien autoroutier du port de Cherchell, afin de connecter ce port avec l'autoroute Est-Ouest, en effet, il constitue l'une des pierres angulaires de ce programme. Sur la base de son énorme potentiel de transit et de ses multiples fonctions pour lesquelles il a été réalisé, ce port pourrait être un véritable catalyseur économique et un facteur de développement aux niveaux régional, national et international.

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, on s'intéresse à l'étude d'un tronçon de la pénétrante autoroutière de Cherchell en phase APD (l'étude d'avant-projet détaillé), du PK12+000 au PK24+000, sur un linéaire de 12km. Cette dernière doit raccorder le réseau routier de la wilaya de Cherchell à l'autoroute Est-Ouest, en partant par le port de Cherchell, à la wilaya de Blida.

Le mémoire est scindé en neuf (9) chapitres :

**Le premier chapitre**, consiste en une présentation générale du projet ainsi que les données de base.

**Le deuxième chapitre** porte sur l'étude du trafic, qui a pour objet, de connaître les différents flux de véhicules empruntant le réseau routier dans lequel s'insère le projet.

Le **troisième chapitre** porte sur une l'étude géotechnique, qui permet de connaître les caractéristiques mécaniques et physiques du sol et des différents matériaux routiers utilisés dans la réalisation des chaussées.

Le **quatrième chapitre** porte sur la présentation des différents types de chaussées ainsi que le dimensionnement du corps de chaussée, en utilisant la méthode CBR et la méthode des catalogues de dimensionnement des chassées neuves (CTTP).

Dans le **cinquième chapitre**, une étude géométrique a été faite afin d'avoir les trois principales

représentations graphiques de la route : tracé en plan, profil en long et profil en travers.

Le **sixième chapitre** consiste à calculer les volumes de remblais et de déblais, appelé les cubatures des terrassements.

Dans le **septième chapitre**, une étude hydraulique et assainissement a été faite, afin de prévoir un système de récolte et d'évacuation des eaux superficielles et souterraines (buses, dalots et fossés).

Le **chapitre huit** consiste à étudier la sécurité routière en présentant les différents types d'équipements nécessaires.

Dans le **neuvième chapitre**, une présentation des différents impacts de la pénétrante sur l'environnement et sur les habitants, ainsi les solutions apportées, a été faite.

# **Chapitre I**

## **Présentation du projet**

## I.1. Introduction :

Le projet de la liaison autoroutière reliant le port de Cherchell à l'autoroute Est-Ouest, s'inscrit dans les grandes orientations du Schéma Directeur du Réseau Routier et Autoroutier National, ainsi que celles du Plan National et Régional d'Aménagement du Territoire, qui retiennent la nécessité de réaliser une infrastructure moderne susceptible de recevoir un trafic important. La réalisation de cette liaison, permettra le développement équilibré du territoire national en favorisant le développement économique régional.

Notre projet consiste à une étude en APD d'un tronçon de 12 kilomètres du (PK12+000 au PK24+000) de cette liaison autoroutière.



*Figure I.1: Localisation de la wilaya de Cherchell. (Source : Google Earth).*

## I.2. Présentation du Projet :

Notre projet consiste à une étude en APD d'un tronçon de 12 kilomètres du (PK12+000 au PK24+000) de la pénétrante autoroutière reliant le port de Cherchell à l'autoroute Est-Ouest.

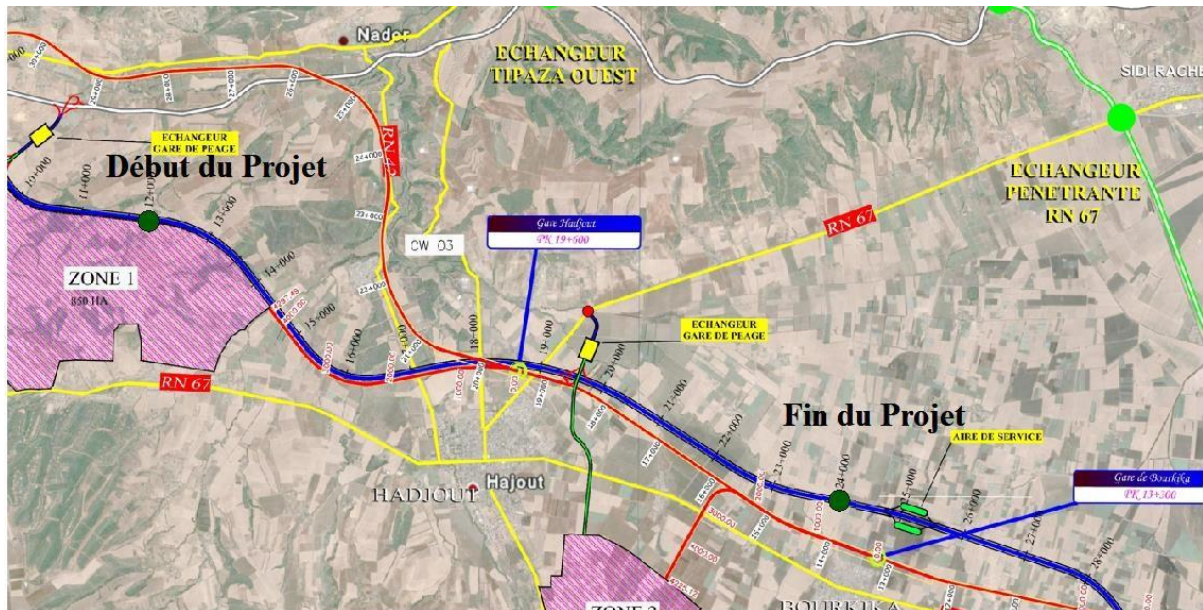


Figure I.2: Synoptique de notre tronçon (Source : MapInfo).

### I.3. Objectifs du Projet :

Le projet a pour objectif principal, l'assurance d'une liaison entre le port de Cherchell et A.E.O, cet objectif aura comme conséquences :

- Répondre à la demande de trafic et aux besoins en matière de transport, et décongestionner les routes de la région ;
- Créer et valoriser les richesses locales ;
- Augmenter la sécurité des transports ;
- Augmenter le gain de temps pour les usagers ;
- Contribuer à un aménagement équilibré et rationnel du territoire ;
- Créer un nouvel espace socio-économique rentable et attractif pour l'investissement, que ce soit au niveau commercial, industriel ou touristique ;
- Créer un emploi important pendant la phase des travaux.

### I.4. Conclusion :

Le projet a pour but de concevoir en phase APD (avant-projet détaillé) un tronçon d'une pénétrante autoroutière située au PK12+000 jusqu'au PK24+000 reliant le port de Cherchell à l'autoroute Est-Ouest.

# **Chapitre II**

## **Etude du trafic**

### **II.1. Introduction :**

L'étude de trafic constitue un moyen important de saisie de grands flux à travers un pays ou une région, elle représente une partie primordiale dans les études de transport, et constitue parallèlement une étape essentielle dans la conception des réseaux routiers.

Elle permet de déterminer l'intensité du trafic et de son évolution future. Il s'agit d'effectuer des prévisions lointaines de 10 ans à 20 ans voir plus. Il est important d'estimer correctement le trafic réel et prévisible afin de connaître le classement de la voie et d'éviter le sous dimensionnement préjudiciable tant à la fluidité du trafic qu'à la durée de vie estimée du corps de chaussée.

### **II.2. Analyse du trafic :**

Afin de déterminer en un point et en un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage qui nécessite une logistique et une organisation appropriée. Pour obtenir le trafic, on peut recourir à divers procédés qui sont :

- **Des comptages automatiques :** avec des compteurs Metro-Count permettant de redresser les échantillons comptés et enquêtés pour la période de recensement.
- **Des comptages manuels :** par des agents de comptage, permettant de connaître la composition du trafic par types de véhicules.
- **Des enquêtes origine - destination :** renseignant sur la demande de transport sur le réseau routier de la zone d'influence du projet.

### **II.3. Différents types de trafic :**

- **Trafic normal :** C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement indépendamment du nouveau projet.
- **Trafic dévié :** C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.
- **Trafic induit :** C'est le trafic qui résulte de :
  - ✓ Des nouveaux déplacements des vers d'autres déviations.
  - ✓ D'une augmentation de production et de vente, grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due à la facilité apportée par le nouvel aménagement routier.
- **Trafic total :** C'est la somme du trafic induit et le trafic dévié.

**II.4. Modèles de présentation de trafic :**

Dans l'étude de la prévision de trafic, la première opération consiste à définir un certain nombre de flux de trafic qui constituent un ensemble homogène selon l'évolution ou la répartition.

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

- Prolongation de l'évolution passée.
- Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques.
- Modèle gravitaire.
- Modèle de facteur de croissance.

**a) Prolongation de l'évolution passée :**

La méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir, l'évolution des trafics observés dans le passé.

On établit en général un modèle de croissance du type exponentiel.

Le trafic «  $T_n$  » à l'année «  $n$  » sera :

$$T_n = T_0(1 + r)^n$$

Où :

$T_0$  : est le trafic à l'arrivée pour l'origine ;

$r$  : est le taux de croissance annuel.

**b) Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques :**

Elle consiste à rechercher dans l'historique, une corrélation entre le niveau de trafic d'une part, et certains indicateurs macro-économiques :

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

**c) Modèle gravitaire :**

Il est nécessaire pour la résolution des problèmes concernant les trafics actuels au futur proche, mais il se prête mal à la projection.

**d) Modèle de facteur de croissance :**

Ce type de modèle permet de projeter une matrice origine-destination. La méthode la plus utilisée est celle de FRATAR qui prend en considération les facteurs suivants :

- Le taux de motorisation des véhicules légers et leur utilisation ;
- Le nombre d'emploi ;
- La population de la zone.

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

## **II.5. Calcul de la capacité :**

### **II.5.1. Définition de la capacité :**

La capacité d'une route est le nombre maximum de véhicules pouvant circuler sur un segment de route donnée, dans une direction donnée et dans une période de temps définie, elle est en fonction de :

- Nombre de voies de circulation.
- La largeur des voies.
- Dégagement latéral et de la pente.
- Pourcentage de camions et d'autobus.
- La visibilité et du contrôle des accès.

### **II.5.2. Trafic à un horizon donné « $TJMA_h$ » :**

Du fait la croissance annuelle du trafic, le trafic journalier moyen à un horizon donné s'exprime comme suit :

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

Tel que :

- ✓  $TJMA_h$  : Trafic à l'année horizon.
- ✓  $TJMA_0$  : Trafic journalier moyen à l'année 0 (référence).
- ✓  $r$  : Taux d'accroissement annuel.
- ✓  $n$  : Nombre d'année à partir de l'année d'origine.

### **II.5.3. Trafic effectif :**

C'est le trafic par unité de véhicules particuliers, il est déterminé en fonction du type de route et de l'environnement.

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

Avec :

- ✓  $T_{eff}$  : Trafic effectif à l’horizon en (UVP/J).
- ✓  $Z$  : Pourcentage de poids lourds (%).
- ✓  $P$  : Coefficient d’équivalence pour les poids lourds, il dépend de la nature de la route (nombre de voies de l’environnement).

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

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

*Tableau II.1 : Coefficient d’équivalence « P ». [Règlement B40].*

**II.5.4. Evaluation de la demande (Débit de pointe horaire normal) :**

C’est le nombre de véhicules susceptibles d’emprunter la route à l’année d’horizon.

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) \cdot T_{eff}(uvp/h)$$

Avec :

- ✓  $Q$  : Débit de pointe horaire (uvp/h) ;
- ✓  $n$  : Nombre d’heure, (en général n= 8heures) ;
- ✓  $T_{eff}$  : Trafic effectif ;
- ✓  $1/n$  : Coefficient de pointe horaire pris est égale à 0.12 ;

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

$$Q = 0.12 \times T_{eff}(uvp/h)$$

**II.5.5. La capacité théorique :**

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

Capacité théorique des routes en uvp/h									
Dégagement latérale ou largeur des accotements	4m	2 voies			3 voies		4 voies		2
		5m	6m	7m	9m	10.5m	12m	14m	
1.80 et plus	1100	(1)						Chaussée	
								Autoroute ou route express (2)	
1.20	1000	1300	1600	2000	2600	3200	300	3400	1800
								4500*	5100*
0.60	(x)	1200	1500	1900	2400	3000	2950	3300	1750
								4400*	5000*
0.00	(x)	1100	1350	1700	2200	2700	2900	3200	1700
								4300*	4800*
0.00	(x)	(x)	1200	1500	2000	2400	2650	3000	1500
								4000*	4500*

Tableau II.2 : Valeur de la capacité théorique [Règlement B40].

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

Valeurs avec \* : capacité pour les deux sens

(2) : capacité pour une seule voie de 3,50m ;

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

(x) : capacité non applicable.

### II.5.6. Evaluation de l'offre (Débit horaire admissible) :

Le débit horaire maximal que peut supporter une route il est déterminé par l'application de la formule suivant :

$$Q_{adm} = k_1 K_2 C_{th}$$

Avec :

- ✓  $C_{th}$  : La capacité théorique.
- ✓  $K_1$  : Coefficient qui dépend de l'environnement.
- ✓  $K_2$  : Coefficient qui tient compte de l'environnement et de la catégorie de la route.

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

*Tableau II.3 : Valeurs de K1. (Source : B40)*

Environnement	Catégorie				
	1	2	3	4	5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

*Tableau II.4 : Valeurs de K2. (Source : B40)*

**II.5.7. Détermination du nombre de voies :**

**a- Cas d'une chaussée bidirectionnelle :**

On compare Q et  $Q_{adm}$  et on opte le profil auquel correspond la valeur de  $Q_{adm}$  la plus proche a Q :

$$Q \leq Q_{adm}$$

**b- Cas d'une chaussée unidirectionnelle :**

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

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

Avec :

- ✓ **S** : Coefficient de dissymétrie en général égal à 2/3.
- ✓  **$Q_{adm}$**  : Débit admissible par voie.

**II.6. Application au projet :**

**II.6.1. Données du trafic :**

Selon les résultats de comptages et de prévisions, effectués par le service spécialisé de la S.A.E.T.I nous avons :

- Trafic journalier moyen annuel à l'année 2020 :  $TJMA_{2020} = 11006 \text{ v/j}$  ;
- Taux d'accroissement annuel du trafic :  $r = 4\%$  ;
- Pourcentage de poids lourds :  $Z = 98\%$  ;

- Environnement de la route : **E1** ;
- Vitesse de base sur le tracé :  **$Vb = 120km/h$**  ;
- Catégorie de la route : **C1** ;
- Année de mise en service en **2025** ;
- Durée de vie : **20 ans** ;

**II.6.2. Projection future du projet :**

- ❖ Trafic à l'année mise en service (2025) :

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

$$TJMA_{2025} = (1 + 0.04)^5 \times 11006$$



$$TJMA_{2025} = 13390v/j$$

- ❖ Trafic à l'année horizon (2045) pour une durée de 20 ans :

$$TJMA_{2045} = (1 + r)^n TJMA_{2025}$$

$$TJMA_{2045} = (1 + 0.04)^{20} \times 13390$$



$$TJMA_{2045} = 29339v/j$$

**II.6.3. Calcul du trafic effectif :**

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

Avec :

Z=98%      P=2 (E1 ; Route à bonne caractéristique) (**Tableau II.1**)

$$T_{eff2045} = [(1 - 0.98) + 2 \times 0.98] \times 29339 = 58091uvp/h$$



$$T_{eff2045} = 58091 uvp/h$$

**II.6.4. Calcule du débit de pointe horaire normale :**

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

$$Q_{2045} = 0.12 \times 58091 = 6970 uvp/h$$



$$Q_{2045} = 6970 uvp/h$$

**II.6.5. Calcul de débit admissible :**

$$Q_{adm} = k_1 \times k_2 \times C_{th}$$

On a :  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Catégorie } C1 \\ \text{Environnement } E1 \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} k_1 = 0.75 \text{ pour un } E1 \text{ (Tableau II. 3)} \\ k_2 = 1 \text{ pour un } E1 \text{ (Tableau II. 4)} \end{array} \right.$

$$\begin{array}{l} Q_{adm} \leq Q_N \\ C_{th} > Q_N / (K_1 \times K_2) \end{array} \longleftrightarrow \begin{array}{l} K_1 \cdot K_2 \cdot C_{th} \leq Q_N \end{array}$$

**A.N:**

$$C_{th} > 6970 / (0.75 \times 1) = 9293 \text{ uvp/h.}$$

$$C_{th} = 9293 \text{ uvp/h}$$

Remarque : La capacité théorique trouvée dépasse celle de voies, donc il s'agit d'une route unidirectionnelle à chaussées séparées.

$C_{th} = 1800 \text{ uvp/h}$  De 3.5 m de largeur,  
Sur la voie la plus chargée VPC.

Donc :

$$Q_{adm} = 0.75 \times 1 \times 1800 = 1350 \text{ uvp/h}$$



$$Q_{adm} = 1350 \text{ uvp/h}$$

**II.6.6. Nombre de voie :**

Notre cas est une pénétrante donc une chaussée unidirectionnelle ; Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport :

$$N = S \cdot Q / Q_{adm}$$

Avec :

S : coefficient dissymétrie en général = 2/3

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

$$N = \left(\frac{2}{3}\right) \times \frac{6970}{1350} = 3$$

$$N = 3 \text{ voies par sens}$$

Donc :

Le nombre de voie est de trois voies par sens avec une largeur de 3.5m par voie.

**II.6.7. Calcul de l'année de saturation :**

Le calcul de l'année de saturation se fait par sens (pour 3 voies) de notre autoroute, et par conséquence de la répartition dosimétrique, l'autre sens aura la moitié de la charge de trafic de ce sens, donc on multiplie par 4.5 car le calcul du débit horaire admissible s'est fait pour une seule voie qui est la voie la plus chargée. Autrement dit, pour vérifier l'année de saturation, on fait l'égalité entre le débit du trafic à l'horizon n pour un sens, avec le débit admissible pour le même sens.

$$Q_{saturation} = Q_{2025} \times (1 + r)^n$$

$$Q_{saturation} = 4.5 \times Q_{adm}$$

$$Q_{2025} = 0.12 \times T_{eff2025}$$

$$T_{eff2025} = [(1 - 0.98) + 0.98 \times 2] \times 13390 = 26512 \text{ v/j}$$



$$T_{eff2025} = 26512 \text{ v/j}$$

$$Q_{2025} = 0.12 \times 26512 = 3181 \text{ uvp/h}$$



$$Q_{2025} = 3181 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{saturation} = Q_{2025} \times (1 + r)^n = 3181 \times (1 + r)^n = 3181 \times (1 + 0.04)^n \dots\dots\dots (1)$$

$$Q_{saturation} = 4.5 \times Q_{adm} = 4.5 \times 1350 = 6075 \text{ uvp/h} \dots\dots\dots (2)$$

On pose (1) = (2), on trouve n :

$$n = \frac{\log \left( \frac{Q_{saturation}}{Q_{adm}} \right)}{\log (1 + r)} = \frac{\log \left( \frac{6075}{3181} \right)}{\log (1 + 0.04)} = 16 \text{ ans}$$

**II.7. Conclusion :**

D'après l'étude du trafic de notre autoroute, on constate qu'elle est unidirectionnelle à chaussées séparées de 3 voies par sens, donc **2x3 voies**, avec une saturation après 16 ans de l'année de sa mise en service, par conséquent, son année de saturation est estimée pour 2041.

Le résultat est récapitulé dans le tableau suivant :

<i>TMJA</i> <sub>2020</sub> ( <i>v/j</i> )	<i>TMJA</i> <sub>2025</sub> ( <i>v/j</i> )	<i>TMJA</i> <sub>2045</sub> ( <i>v/j</i> )	<i>T<sub>eff</sub></i> <sub>2045</sub> ( <i>uvp/h</i> )	<i>Q</i> <sub>2045</sub> ( <i>uvp/h</i> )	<i>Q<sub>adm</sub></i> ( <i>uvp/h</i> )	Nombre de voies/sens	Année de saturation
<b>11006</b>	13390	29339	58091	6970	1350	3	2041

*Tableau II.5 : Tableau récapitulatif des résultats de calcul.*

- Chaussée : **2 × 3** voies de **3.5 m**.....**10.5m**.

# **Chapitre III**

## **Aperçu géotechnique**

**III.1. Introduction :**

L'étude géotechnique est une science qui vise à étudier le sol de terrain. Donc il est nécessaire de noter que la reconnaissance des terrains traversés consiste une fondation importante pour chaque projet routier. Dans le cadre de cette étude s'incarne le rôle de l'étude géotechnique en :

- ✓ La détermination des caractéristiques mécaniques des terrains pour supporter la construction.
- ✓ L'évaluation des risques naturels et les effets qui peuvent survenir sur les constructions de chaussée.

**🚦 Objectifs :**

L'étude géotechnique vise à :

- ✓ Détermination des caractéristiques mécaniques du sol support.
- ✓ Identification de certaines données fondamentales pour le dimensionnement du corps de la chaussée.
- ✓ La garantie de sécurité en mentionnant la stabilité des talus et des remblais.
- ✓ La précision des caractéristiques et la nature de chaque couche.
- ✓ Détermination des bénéfices sur les travaux de terrassements.

**III.2. Réglementation Algérienne en géotechnique :**

La réglementation en Algérie impose une étude de sol pour chaque projet. Dans ce contexte, il est significatif de mentionner que le contenu de cette étude est déterminé d'un commun accord entre bureau chargé d'étude et laboratoire chargé de l'étude de sol. Les normes algériennes adoptées dans le domaine de l'étude géotechnique se résument comme suit :

- Les essais in situ (essais pressiométriques, pénétromètre statique ou dynamique...etc.)
- Les essais de laboratoire : essais d'identification et de classification, mécaniques, chimiques, ...etc.

**III.3. Différents essais au laboratoire :**

Ce type d'essai est effectué sur des échantillons de roches ou de sols. Afin de déterminer plus précisément les différents essais de laboratoire. On peut citer les deux essais suivants :

**🚦 Essais physico-chimiques :** se compose de :

- Teneur en eau.

- Analyse granulométrique.
- Limite d'Atterberg.
- Bleu de méthylène.
- Equivalent de sable.

#### **Essais mécaniques :**

Sont des tests qui servent à caractériser les lois de comportement des matériaux. Ils se composent de :

- Essai Proctor.
- Essai CBR.
- Essai de Los Angeles.
- Essai Micro- Deval.
- Coefficient de Fragmentabilité (FR).
- Coefficient de Dégradabilité (DG).

#### **Essais d'identification :**

L'analyse approfondie de ces essais reflète la classification des sols. Ça veut dire identifier les constituants d'un sol par exemple : sa nature, sa répartition ...etc. Les divers essais utilisés sont les suivants :

### **III.4.1. Paramètres d'état :**

#### **a. Masse volumique et teneur en eau :**

- **La teneur en eau :** la teneur en eau ( $w$ ) exprime, pour un volume de sol donné, le rapport du poids de l'eau au poids du sol sec, soit :

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Avec :

$W_w$  : poids de l'eau dans l'échantillon.

$W_s$  : poids des grains solide dans l'échantillon.

La teneur en eau est le paramètre le plus important, sa variation modifie toutes les propriétés physiques du sol. Connaissant la valeur de la teneur en eau, on peut avoir l'état dans lequel le sol se trouve, à titre d'exemple le tableau ci-dessous, donne une classification adoptée.

Teneur en eau (%)	Etat
01 – 25 %	Légèrement humide
25 – 50 %	Humide
50 – 75 %	Mouillé
75 – 90 %	Détrempé
100 %	Saturé

*Tableau III.1:Etat hydrique des sols selon leur teneur en eau.*

➤ **La masse volumique (densité) :** est la masse d'un volume unité de sol :

✓ **Masse volumique sèche :**

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V}$$

Avec :

$W_s$  : poids des grains solides.

$V$  : volume totale.

✓ **Masse volumique humide :**

$$\gamma_h = \frac{W}{V}$$

Avec :

$W$  : poids de l'échantillon

$V$  : volume total.

Le tableau ci-après donne une classification du sol selon ces deux paramètres.

Nature du sol	$\gamma_h$	$\gamma_d$
Sable	17 à 20 KN /m <sup>3</sup>	14 à 18 KN /m <sup>3</sup>
Argile	16 à 22 KN /m <sup>3</sup>	10 à 20 KN /m <sup>3</sup>
Tourbe	13 à 17 KN /m <sup>3</sup>	03 à 10 KN/m <sup>3</sup>

*Tableau III.2: Classification des sols selon  $\gamma_d$  et  $\gamma_h$ .*

**III.4.2. Analyse granulométrique :(NF P 94-056)**

Est une opération qui sert à détecter la répartition des grains en utilisant une série de tamis. Cette analyse est utilisée pour déterminer la granulométrie dans les sols sans oublier les sédiments. Le résultat donné de cette opération a été présenté sous la forme d'une courbe

granulométrique. Il existe donc deux essais de laboratoire qui permettent d'établir la granulométrie des sols. On peut les classer comme suit :

- Analyse granulométrique par tamisage. Pour les grains > 80µm.
- Analyse granulométrique par sédimentation. Pour les particules < 80µm.



*Figure III.1: Analyse granulométrique.*

**a. Analyse granulométrique par tamisage :**

Cette opération est considérée comme une base d'étude. Il s'agit du tamisage (utilise le tamis comme composant principal) qui permet de distinguer les sols fins, sableux ou graveleux.

**✚ L'interprétation des courbes granulométriques :**

Le résultat donné de cette opération a été présenté sous la forme d'une courbe granulométrique.

- **Coefficient de Hazen (ou d'uniformité) :** est donné par la formule suivante :

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Avec :

- ✓  $D_{60}$  : est le diamètre du tamis qui laisse passer 60% de l'échantillon.
- ✓  $D_{10}$  : est le diamètre du tamis qui laisse passer 10% de l'échantillon.
- **Coefficient de courbure (forme irrégulière de la courbe) :** est donné par la formule suivante :

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

Avec :

- ✓  $D_{30}$  : est le diamètre du tamis qui laisse passer 30% de l'échantillon.

❖ Pour :

- ✓  $C_u > 4$  et  $1 \leq C_c < 3$  : est définie comme un sol **bien gradué**.
- ✓  $C_u < 2$  : est définie comme un sol **granulométrie uniforme**.
- ✓  $C_u > 2$  : est définie comme un sol **granulométrie étalée**.

**b. Analyse granulométrique par sédimentation :**

Cette méthode est appelée aussi la sédimentométrie. Ces deux types d'analyses sont complémentaires, c'est à dire la sédimentométrie complète l'analyse granulométrique par tamisage. Il s'agit de mesurer la sédimentation des constituants les plus fines.

Cette relation s'écrit comme suit :

$$V = g \cdot \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18n} D^2$$

Avec :

V : vitesse de décantation des particules.

$\gamma_s$  : poids spécifique des particules.

$\gamma_w$  : poids spécifique de l'eau ( $\gamma_s = 10 \text{KN/ m}^3$ ).

g : accélération de la pesanteur.

n : viscosité du liquide de décantation (poise).

D : diamètre de la particule  $D = k \sqrt{\frac{Ht}{t}}$  avec  $k = \frac{18n}{\gamma_s \times \gamma_w}$

$H_t$  : profondeur du centre de poussée dans la suspension à l'instant t.

t : temps de lecture.

**III.4.3. Limites d'Atterberg :(NF P 94-051)**

La texture d'un sol qui contient un grand pourcentage d'éléments argileux varie en fonction de sa teneur en eau. Plus précisément, avec l'augmentation de la teneur en eau, un sol argileux passe d'un état à un autre en passant d'un état solide à un état plastique puis à un état liquide. La transition, ou le changement d'un état à un autre, se produit progressivement, mais il existe des tests qui peuvent aider à déterminer les limites de teneur en eau pour un sol donné.

L'essai s'effectue sur la fraction 0/400 $\mu\text{m}$  en 2 phases :

- ✓ Détermination de la teneur en eau  $W_1$  pour laquelle une rainure pratiquée dans une coupelle se ferme, suite à des chocs répétés pour un nombre de coups donnés (cette limite de liquidité correspond à une résistance à un cisaillement conventionnel).
- ✓ Détermination de la teneur en eau  $W_p$  pour laquelle un rouleau de sol se fissure (cette limite de plasticité correspond à une résistance à la traction conventionnelle).

On distingue trois limites conventionnelles :

- **La limite de liquidité  $W_L$**  : teneur en eau qui sépare l'état liquide de l'état plastique.

$$W_L = W_N \times \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

Avec :

- $W_N$  : la teneur en eau correspondant au nombre de coups N.

- **La limite de plasticité  $W_P$**  : teneur en eau qui sépare l'état plastique de l'état solide.
- **La limite de retrait  $W_R$**  : teneur en eau qui sépare l'état solide avec retrait de l'état solide sans retrait.

$W_R = \text{teneur en eau} - [(\text{volume initial} - \text{volume final}) / \text{poids spécifique de l'échantillon}]$   
\*100



*Figure III.2: Limite d'Atterberg.*

Cet essai demande un (coup de main) de l'opérateur, notamment pour la détermination de la limite de plasticité.

Il existe une autre méthode pour déterminer la limite de liquidité selon la norme (NF P 94-052-1).

### ✚ L'interprétation des limites d'Atterberg.

Généralement les sols à l'état normal ont une teneur en eau de  $W_0$  comprise entre  $W_P$  et  $W_L$ .

➤ **Indice de plasticité  $I_p$  :**

Cet indice donne une indication sur l'étendue du domaine plastique. Un ordre de grandeur de cet indice est donné par la relation de casa grande.

$$I_p = W_L - W_P$$

Avec l'indice de plasticité on peut classer un sol suivant son degré de plasticité :

Indice de plasticité $I_p$	Degré de plasticité du sol
0 – 5	Sol non plastique
5 – 15	Sol peu plastique
15 – 40	Sol plastique
>40	Sol très plastique

*Tableau III.3: Degré de plasticité des sols selon  $I_p$ .*

➤ **Estimation du gonflement des sols :**

Le gonflement possible des sols peut être évalué au dépend des valeurs de l'indice de plasticité  $I_p$ . Les sols gonflants ont un indice de plasticité très élevé.

Indice de plasticité $IP(\%)$	Gonflement potentiel
0 – 5	Faible
15 – 25	Moyen
25 – 55	Elevé
>55	Très élevé

*Tableau III.4: Gonflement potentiel des sols selon  $I_p$ .*

➤ **Indice de consistance  $I_c$  :**

Afin d'avoir une idée globale de l'état du sol en place faut faire la comparaison entre la teneur en eau naturelle du sol  $W_0$  et bien sur les limites d'atterberg. En effet on détermine le terme l'indice de consistance.

$$I_c = \frac{WL - W_0}{IP}$$

Etat	Indice de consistance
Liquide	$I_c < 0$
Très molle	$0 < I_c < 0.25$
Molle	$0.25 < I_c < 0.50$
Ferme	$0.50 < I_c < 0.75$
Très ferme	$0.75 < I_c < 1$
Dur	$I_c > 1$

Tableau III.5: Qualificatif du sol en fonction de l'indice de consistance.

**III.4.4. Essai au bleu de méthylène (ou à la tâche) :(NF P 94-068)**

L'essai au bleu de méthylène, est un essai utilisé en géotechnique pour déterminer l'argilosité d'un sol. Il est applicable pour tous sols ainsi pour certains matériaux rocheux, toutefois, pour les matériaux les plus argileux, on privilégiera les essais des limites d'Atterberg « Ip : indice de plasticité » particulièrement. Cet essai consiste à doser la quantité de bleu de méthylène adsorbée par la fraction 0/5 mm du matériau mise en suspension dans l'eau, cette quantité est rapportée à la fraction 0/50mm du matériau.



Figure III.3: Essai au bleu de méthylène.

La valeur de bleu du sol est donnée par :

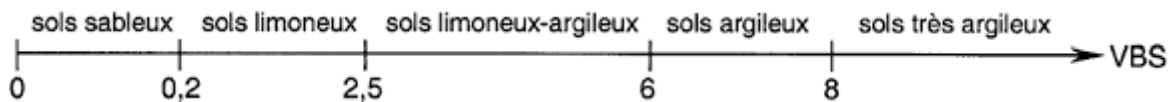
$$VBS = \frac{B}{ms} \times C \times 100 \text{ (exprimé en g de bleu pour 100g de matériau sec)}$$

Avec :

**B** : masse de bleu introduire (solution à 10g/l).

**m<sub>s</sub>** : masse sèche de la prise d'essai.

**C** : proportion du 0/5 mm (soumis à l'essai) dans la fraction 0/50 mm du matériau sec.



*Figure III.4 : Type de sol en fonction de la valeur « VBS ».*

#### 🚩 Interprétation de la VBS :

La VBS est une grandeur qui exprime globalement la quantité et l'activité de l'argile contenue dans le matériau étudié.

- ✓ **VBS < 0.1** : sol insensible à l'eau (si tamisât à 80 µm ≤ 12%).
- ✓ **VBS = 0.2** : apparition de la sensibilité à l'eau
- ✓ **VBS = 1.5** : seuil distinguant les sols sablo-limoneux des sols sablo-argileux.
- ✓ **VBS = 2.5** : seuil distinguant les sols limoneux peu plastiques des sols limoneux de plasticité moyenne.
- ✓ **VBS = 6** : seuil distinguant les sols limoneux des sols argileux.
- ✓ **VBS = 8** : seuil distinguant les sols argileux des sols très argileux.

Donc le type du sol selon la valeur VBS est un **sol sablo-limoneux des sols sablo-argileux (VBS=0.62)**.

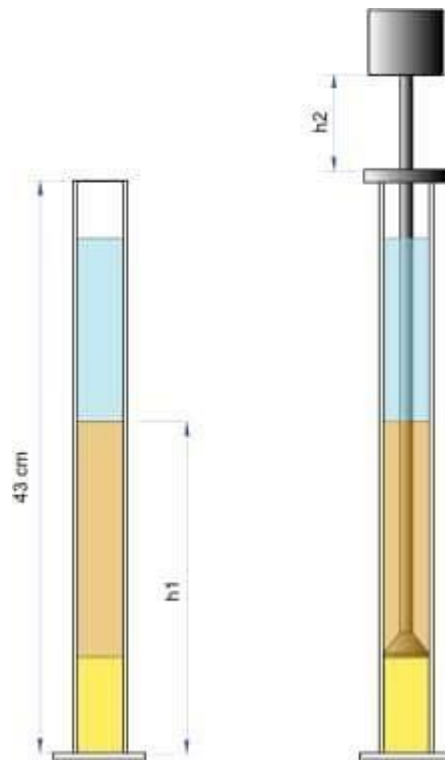
La préparation et la conservation de la solution de bleu de méthylène doivent faire l'objet de précautions particulières.

Les résultats peuvent être aussi influencés par certains constituants chimiques (matières organique).

#### **III.4.5. Equivalent de sable :(NA 455)**

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

$$ES = \frac{h_2}{h_1} \times 100$$



*Figure III.5: Essai d'équivalent de sable.*

#### **III.4.6. Analyse chimique sommaire :**

L'essai chimique (analyse chimique sommaire ou bien complète) permet de déterminer les constituants minéralogiques d'un sol ainsi que son agressivité.

#### **III.4.7. Essai Proctor :(NF P 94-093)**

Essai Proctor est un essai essentiel pour les projets routiers, a été développée par l'ingénieur Ralph Proctor (1933).

Il s'agit de déterminer la teneur en eau optimale de compactage conduisant à une force portante maximale pour un sol donné.

L'essai consiste à compacter des échantillons de sol dans un moule normalisé en adoptant diverses valeurs de teneur en eau.

En reportant sur un graphe les poids volumiques apparents secs obtenus en fonction des teneurs en eau, on détermine la teneur en eau optimale de compactage notée  $W_{opt}$ .

Les caractéristiques de compactage Proctor d'un matériau sont déterminées à partir des essais dits :

- ✓ L'essai Proctor normal : en construction de remblais en grande masse (barrages, remblais routiers ...).
- ✓ L'essai Proctor modifié : en couches de chaussées.

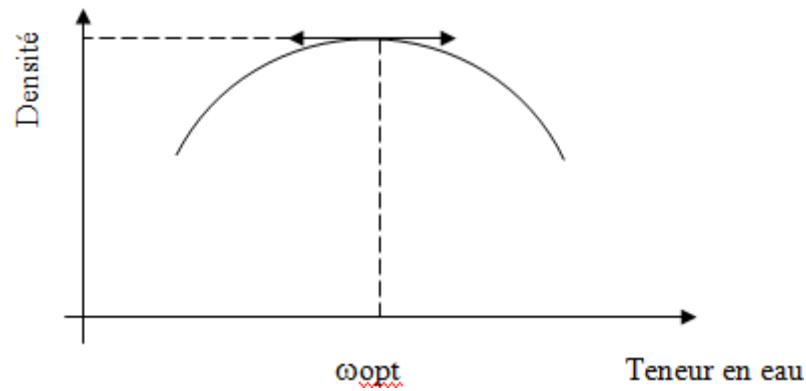


Figure III.6: Courbe PROCTOR.



Figure III.7: Essai PROCTOR.

#### III.4.8. Essai CBR ou California Bearing Ratio (NF P 94-078) :

Cet essai a été développé en (1929) par les ingénieurs T.E Stanton et O.J. Porter du département des routes de Californie.

L'essai a pour but de déterminer l'indice portant d'un échantillon de sol compacté dans un moule CBR avec une énergie Proctor Normal.

L'essai consiste à poinçonner l'échantillon de matériau compacté par pénétration d'un poinçon cylindrique à vitesse constante (1.27 mm/min). On relève les valeurs des forces correspondant à des enfoncements de 2.5 et 5 mm. On rapport ces valeurs à celle obtenues sur un matériau de référence pour en déduire la valeur de l'Indice portant recherché.

L'Indice CBR immersion (I.C.B.R) est mesuré après 4 jours d'immersion dans l'eau. Dans ce cas, l'éprouvette est recouverte de surcharges permettant de frotter la surface de l'échantillon

et l'on mesure le gonflement linéaire de l'éprouvette.

$$I_{CBR} = \frac{\text{effort de pénétration à } 2.5\text{mm d'enfoncement (KN)}}{13.35 \text{ KN}} \times 100$$

$$I_{CBR} = \frac{\text{effort de pénétration à } 5\text{mm (KN)}}{20 \text{ KN}} \times 100$$

L'indice recherché est la plus élevée des deux valeurs.



Figure III.8: Essai CBR.

### III.5. Conditions d'utilisation des sols en remblai :

Il s'agit ici des conditions d'utilisation imposées qui doivent être strictement respectées.

- ✓ Les remblais doivent être constitués de matériaux provenant de déblais ou d'emprunts éventuels.
- ✓ Les matériaux de remblais seront exempts de :
  - Pierre de dimension > 80 mm ;
  - Matériaux plastiques IP > 20% ;
  - 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 étalés par couches 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.

### III.6. Application au projet :

Les résultats des essais abordés de notre projet sont :

#### III.6.1. Caractérisation géotechnique :

##### ➤ Programme des essais géotechniques :

##### 1. Essai in situ :

Sept (07) puits de reconnaissance, creusés à la pelle mécanique, jusqu'à une profondeur de 3m, ont été exécutés par le laboratoire LCTP.

Sur les échantillons de sols remaniés prélevés des puits, des essais au laboratoire ont été effectués.

##### ❖ Localisation des puits de reconnaissance géotechnique :

Les puits ont été implantés dans des zones de déblais de faible hauteur, dont les repères sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Désignation (Puits)	PK	Coordonnées (cm)	
		X	Y
PU27	12+325	442745.2883	4044548.4174
PU08	14+500	444085.0697	4043620.9901
PU09	16+450	445404.5547	4042220.3613
PU10	17+625	446561.5274	4042281.9164
PU11	19+550	448470.6121	4042320.3147
PU12	20+250	449140.7736	4042120.9397
PU13	24+875	453426.2825	4040221.0970

Tableau III.6: Localisation des puits.

La figure suivante représente un exemple de puits réalisé au niveau du PK19+550.



*Figure III.9 : Puits réalisé au PK19+550.*

**Essais physico-chimiques et mécaniques de laboratoire :**

❖ **Essais physico-chimiques :**

- ✓ Analyses granulométriques et sédimentométriques.
- ✓ Teneur en eau naturelle ( $\omega$ ).
- ✓ Mesure des densités sèches ( $\gamma_s$ ) humide ( $\gamma_h$ ) et du degré de saturation ( $S_r$ ).
- ✓ Limite d'Atterberg : limite de liquidité ( $L_L$ ), limite de plasticité ( $L_p$ ), indice de plasticité ( $I_p$ ), et indice de consistance  $I_c$ .
- ✓ Valeur au bleu de méthylène (VBS).
- ✓ Equivalent de sable (ES) à 10% de fines.
- ✓ Teneur en  $\text{CaCO}_3$ .
- ✓ Analyses chimiques sommaires.

❖ **Essais mécaniques :**

- ✓ Essais Proctor modifiés afin de déterminer la teneur en eau optimale correspondant à la densité sèche maximale.
- ✓ Essai CBR imbibé à 04 jours.

Dans le tableau suivant, sont résumés les résultats des essais réalisés au laboratoire :

Sondage/ puits	Essais	Quantités réalisés	
<b>Puits de Reconnaissance</b>	Teneur en eau	15	
	Densité sèches	0	
	Densité humide	0	
	Degré de saturation	0	
	Granulométrie	17	
	Limites d'atterberg	17	
	Valeur au bleu de méthylène (VBS)	12	
		Carbonates	08
	Analyse Chimiques	Anhydride carbonique	08
		Chlorures	08
		Sulfates	08
	Proctor modifié	$\gamma_{dopt}$	11
		$W_{opt}$	11
	CBR imbibé à 4jours		17
Indice CBR à 95% de l'Opm		14	

*Tableau III.7 : Nombre d'essais sur échantillons prélevés des puits de reconnaissances.*

**III.6.1.1. Résultats des essais et interprétation :**

**1. Essais in situ**

D'après le renseignement fournis par le laboratoire ; la description lithologique est la suivante : (XP P94-011)

✓ **PU27 (PK12+325) :**

00.00-00.40m : terre végétale constituée d'argile limoneuse, de couleur rougeâtre.

00.40-03.00m : sable peu argileux à matrice carbonatée, de couleur jaunâtre, riche en concrétions calcaires de couleur blanchâtre.

✓ **PU08 (PK14+500) :**

00.00-00.30m : terre végétale constitué d'argile de couleur brun clair.

00.30-03.00m : marne argileuse d'aspect tufeux, moyennement graveleuse, friable et altérée, d'une couleur tachetée de jaune orange et de bleu-verdâtre.

✓ **PU09 (PK16+450) :**

00.00-00.30m : Terre végétale constituée d'argile de couleur brunâtre.

00.30-01.60m : argile légèrement graveleuse, plastique, de couleur brunâtre, humide.

01.60-03.00m : Marne argileuse, graveleuse d'aspect tufeux, moyennement friable, renfermant des concrétions blanchâtres, d'une couleur jaunâtre.

✓ **PU10 (PK17+625) :**

00.00-02.00m : végétale constituée d'argile de couleur brunâtre.

02.00-03.00m : Marne argileuse d'aspect tufeux, moyennement graveleuse, friable et altérée, d'une couleur tachetée de jaune orange et de bleu-verdâtre.

✓ **PU11 (PK19+550) :**

00.00-02.00m : Argile marneuse légèrement limoneuse, moyennement humide, d'aspect plastique, de couleur brunâtre.

02.00-02.30m : dépôts alluvionnaires très humide, constitués de sable argileux très graveleux, renferment quelques cailloux carbonatés.

02.30-03.00m : marne argileuse d'aspect tufeux, moyennement graveleuse, friable et altérée, d'une couleur tachetée de jaune orange et de bleu-verdâtre, peu humide.

- **Note :** il a été constaté la présence d'eau dans le puits PU11 à moins deux (02) m de profondeur.

✓ **PU12 (PK20+250) :**

00.00-01.10m : argile graveleuse légèrement marneuse, humide d'aspect plastique, de couleur brunâtre.

01.10-03.00m : marne argileuse très graveleuse et caillouteuse, de couleur jaunâtre, renferment des concrétions carbonatées blanchâtres.

- **Note :** on signale un avancement lent dans le puits PU12 (à cause des graviers et des cailloux contenus dans la formation marneuse).

✓ **PU13 (PK24+875) :**

00.00-00.35m : Terre végétale constituée d'argile de couleur brunâtre.

00.35-01.80m : argile moyennement caillouteuse, d'aspect plastique, de couleur brunâtre.

01.80-03.00m : marne argileuse, friable, peu humide, de couleur grise jaunâtre, renferment des veinules de calcites blanchâtres.

## 2. Essai au laboratoire

### ❖ Essai physique et mécanique :

Les puits de reconnaissance notés respectivement : PU27, PU08, PU09, PU10, PU12 et PU13, on fait l'objet de prélèvement d'échantillon et d'essais au laboratoire.

✓ **Granulométrie :**

Les résultats des essais granulométriques effectués sur les échantillons issus des puits de reconnaissance, ont révélés les caractéristiques granulométriques suivantes :

Le tamisât à 80µm est dans la plupart des cas supérieur à 35%, il varie de 49.08 à 99.41%, il s’agit de sols fins (argile marneuse et sable limono-argileux).

D’après le guide des terrassements routiers (GTR), ces sols appartiennent à la classe (A).

Au niveau des puits **PU12 (PK20+250)** et **PU19 (35+325)**, les sols prélevés constitués d’argile marneuses et marne argileuse très graveleuses, ont un tamisât 80µm < 35% : il s’agit de sols grenus.

D’après le guide des terrassements routiers (GTR), ces matériaux appartiennent à la classe (B).

✓ **Limite d’Atterberg :**

D’après le diagramme de plasticité de CASAGRANDE, basé sur le couple (IP-L<sub>L</sub>), il ressort que les sols prospectés, sont **peu plastiques**, à parfois **plastiques**, avec des paramètres variant comme suit :

➤  $31.10 \leq L_L \leq 63.95$

➤  $11.13 \leq IP \leq 26.77$

✓ **Portance du sol support :**

La valeur d’I<sub>CBR</sub> à 56 coups est 5.47, ce qui indique des sols de faible à moyenne portance.

Les classes de portance prédominantes sont de type **S3**.

La classe **S2** est peu représentative.

❖ Les résultats des essais et leurs interprétations sont insérés dans le tableau suivant :

Puits N°	Pu08	Pu09	Pu10	Pu12	Pu13
PK	14+500	16+450	17+625	20+250	24+875
Profondeur (m)	00.30- 03.00	01.60- 03.00	00.00- 02.00	01.10- 03.00	01.80- 03.00
Nature géologique	Marne argileus e	Marne argileus e	Argile	Marne argileus e	Marne argileus e
Teneur en eau (W%)	11.31	14.60	-	14.65	16.95
% des Passant à	69.76	87.72	99.84	42.40	98.35

Granulométrie	2mm						
	e	% des passants à 4 $\mu$	64.10	80.28	99.59	37.43	96.39
		% des passants à 80 $\mu$	61.72	76.32	99.41	33.60	89.38
	<b>Interprétation</b>		<b>Sol fin</b>	<b>Sol fin</b>	<b>Sol fin</b>	<b>Sol grenu</b>	<b>Sol fin</b>
Limite D'Atterberg	Limite de liquidité L <sub>L</sub>		36.19	48.91	56.20	63.95	40.07
	Limite de plasticité L <sub>P</sub>		25.06	23.86	29.43	40.27	25.25
	Indices de plasticité I <sub>P</sub>		11.13	25.05	26.77	23.68	14.82
	<b>Interprétation</b>		Peu plastique	Peu plastique	Plastique	Plastique	Peu plastique
	Indice de consistance I <sub>C</sub>		2.23	1.36	-	2.08	1.56
	<b>Interprétation</b>		Sol dur	Sol dur	-	Sol dur	Sol dur
Proctor modifié	$\gamma_d$ dopm (t/m <sup>3</sup> )		2.03	1.97	-	1.99	1.82
	$\gamma_{opm}$ (%)		11.20	11.60	-	12.00	14.30
C.B.R imbibé à 4 jours	56 coups	$\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	2.01	1.98	-	2.07	1.86
		I <sub>CBR</sub>	7.63	5.47	-	10.75	12.80
		Gonflement (%)	23.93	9.92	-	1.75	0.37
I <sub>CBR</sub>	A 95% de l'Opm		-	-	-	9.55	6.77
Classe de	portance du sol		-	-	-	<b>S3</b>	<b>S3</b>
Valeur au bleu	de méthylène (VBS)		1.24	1.75	-	1.62	-
Classification	(GTR)		<b>A1</b>	<b>A2 s</b>	<b>A3</b>	<b>B6</b>	<b>A2 ts</b>

*Tableau III.8: Résultats des essais physico-mécaniques et interprétation.*

❖ **Analyse chimique sommaire :**

Les sols prélevés des puits PU27 et PU8 ; ont fait l’objet d’analyses chimiques.

Les résultats sont insérés dans le tableau suivant :

<b>Puits</b>	<b>Pk</b>	<b>Profondeur (m)</b>	<b>Carbonate CaCO<sub>3</sub> (%)</b>	<b>Qualificatif selon la teneur en eau carbonates</b>	<b>Anhydride carbonique (%)</b>	<b>Chlorure NaCl (%)</b>	<b>Sulfates (%)</b>
<b>PU27</b>	12+325	01.50-03.00	77.58	Calcaire marneux	34.14	0.58	Traces
<b>PU8</b>	14+500	00.30-03.00	43.10	Marne	18.86	0.53	Traces

*Tableau III.9 : Résultats des analyses chimiques.*

**III.7. Conclusion :**

L’étude géotechnique routière fonde des résultats nécessaires pour le dimensionnement de la structure de la chaussée. Dans ce chapitre, nous avons étudié l’aspect géotechnique de notre tronçon, à l’aide des résultats des essais in situ et au laboratoire.

## **Chapitre IV**

# **Dimensionnement du corps de chaussé**

**IV.1. Introduction :**

Le dimensionnement d'une structure de chaussée a pour objet de fixer les épaisseurs des différentes couches de matériaux constituant la chaussée, afin de lui permettre, tout au long de la durée de service de résister aux agressions des agents climatiques (gradients thermiques, pluie, neige ...) et aux surcharges d'exploitation appliquées par le trafic (action des essieux), notamment les poids lourds. Ces agressions se traduisent par :

- Un endommagement progressif conduisant à la rupture par fatigue.
- Une accumulation de déformations permanentes conduisant à un orniérage excessif.

La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial, celle –ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux de réalisation.

**IV.2. Facteurs considérés dans le dimensionnement :**

Dans la conception des chaussées, il est essentiel de prendre en compte les facteurs déterminants mentionnés ci-dessous :

**IV.2.1. Trafic :**

Le trafic (principalement les poids lourds) est l'un des paramètres prépondérants dans la conception des structures, il intervient en fait d'abord dans le choix des matériaux, puis, dans le dimensionnement proprement dit, de façon plus détaillée, le trafic gouverne les choix suivants :

- Choix d'un niveau de service qui se traduira notamment par le choix de la couche de surface.
- Choix de l'épaisseur des structures qui implique la fixation d'un niveau de risque. 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 :

$$N = T . A . C$$

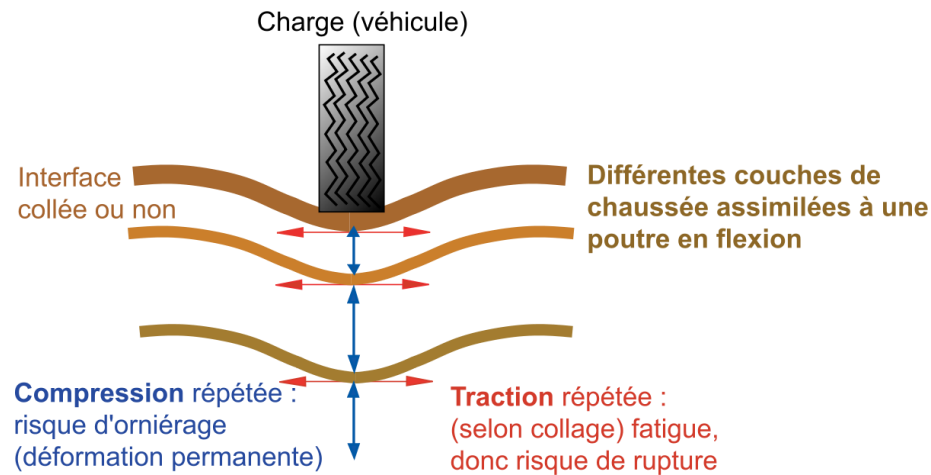
Avec :

- N : Trafic cumulé ;
- A : Facteur d'agressivité globale du trafic ;
- C : Facteur de cumule

$$C = [(1 + r)^\rho - 1]/r$$

Et :

- $r$  = Taux de croissance du trafic.
- $\rho$  = Nombre d'années de service (durée de vie) de la chaussée.



*Figure IV.1.: Schéma de fonctionnement d'une structure de chaussée sous l'application d'une charge roulante.*

#### **IV.2.2. L'environnement :**

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

#### **IV.2.3. Le sol support :**

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

Les plates-formes sont définies à partir :

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

#### **IV.2.4. Les matériaux :**

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

**IV.3. La chaussée :**

**IV.3.1. Définition :**

- **Au sens géométrique :** la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules. Elle est constituée d'une ou plusieurs voies de circulation.
- **Au sens structurel :** l'ensemble des couches des matériaux superposés qui permettent la reprise des charges.

Le rôle principal de la chaussée est de résister aux effets nocifs qu'ils soient agents atmosphériques, déformation du sol support et ceux liées à la circulation.

**IV.3.2. Les différents types de chaussées :**

Selon le fonctionnement mécanique de la chaussée, on distingue généralement les trois différents types des structures suivants :

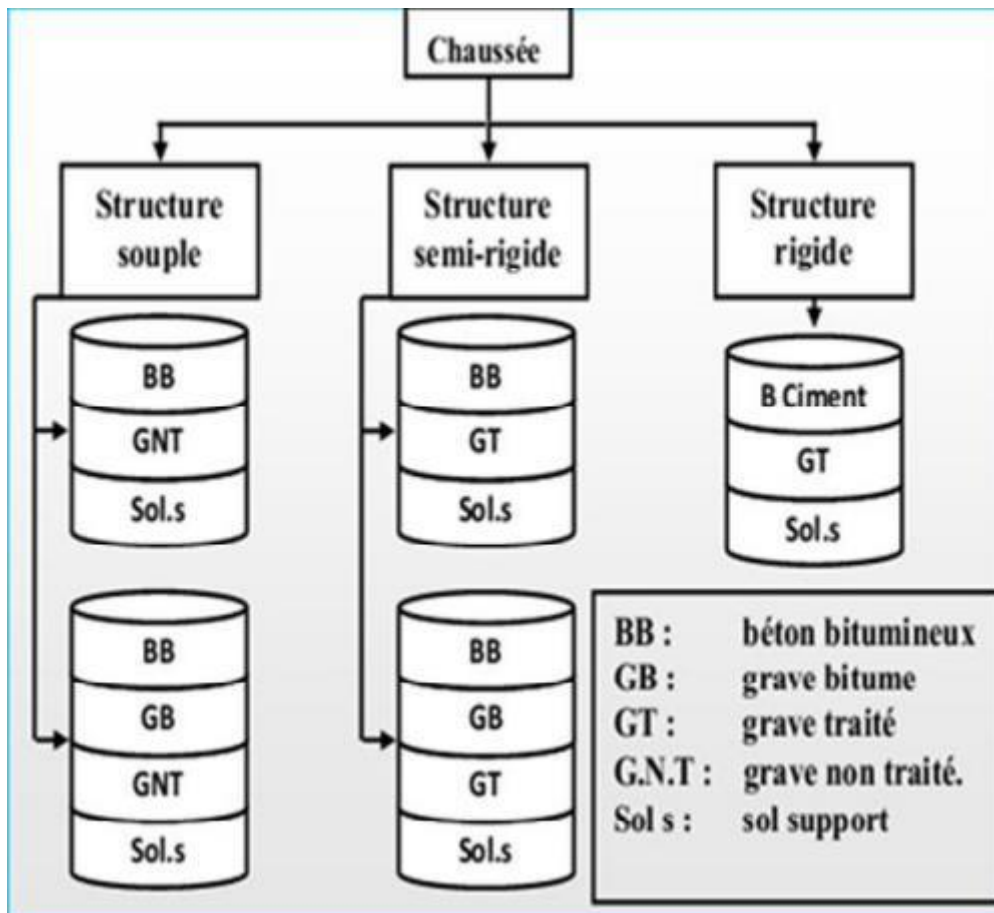


Figure IV.2: Les différentes catégories de chaussée.

**IV.3.2.1. Chaussées souples :**

Ce sont les chaussées les plus fréquente actuellement sur la majorité des routes, elles sont composées de couches superposées de matériaux différents, de granulométries croissantes de

haut vers le bas. La couche de surface est en béton bitumineux.

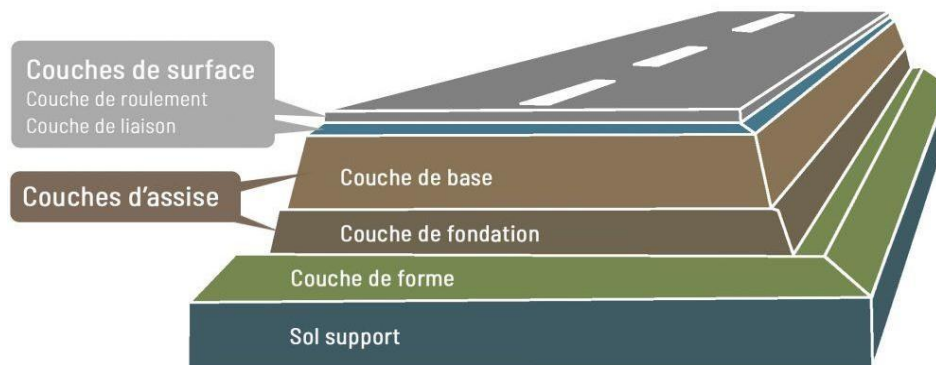


Figure IV.3: Structure type d'une chaussée souple.

La chaussée souple se compose généralement de trois couches différentes :

✚ Couche de surface :

Elle est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoqué par la circulation et s'opposer à la pénétration de l'eau. Elle est généralement composée de :

- **Couche de roulement** : qui est la couche supérieure de la structure de chaussée sur laquelle s'exercent directement les agressions conjuguées du trafic et du climat, son rôle est :
  - ✓ Assurer la sécurité : la couche doit posséder des propriétés antidérapantes c'est-à-dire. Une bonne rugosité.
  - ✓ Le confort : qui consiste à ne pas ressentir de la vibration excessive ni des secousses brutales ; il est conditionné par la suspension des véhicules et l'uni de la chaussée.
  - ✓ Imperméabiliser la surface de chaussées ; faire obstacle à la pénétration d'eau.
- **Couche de liaison** : entre les couches d'assise et la couche de roulement, son rôle est d'assurer une transition avec les couches inférieures les plus rigides.

✚ Couche de base :

Pour résister aux déformations permanentes sous l'effet du trafic ainsi lâche du sol, Elle reprend les efforts verticaux et reparti les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes. L'épaisseur de la couche de base varie de 10 à 25 cm.

### ✚ Couche de fondation :

Elle assure un bon uni et bonne portance de la chaussée finie et elle a aussi, le même rôle que celui de la couche de base.

### ✚ Couche de forme :

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

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

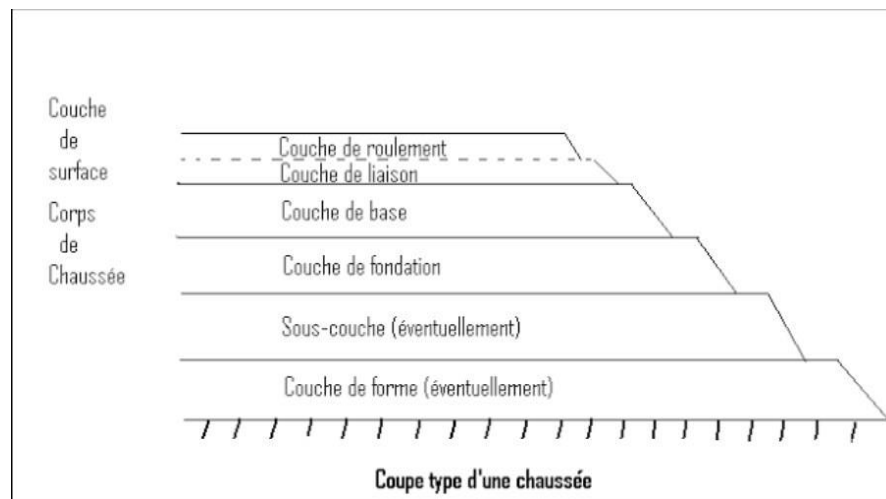
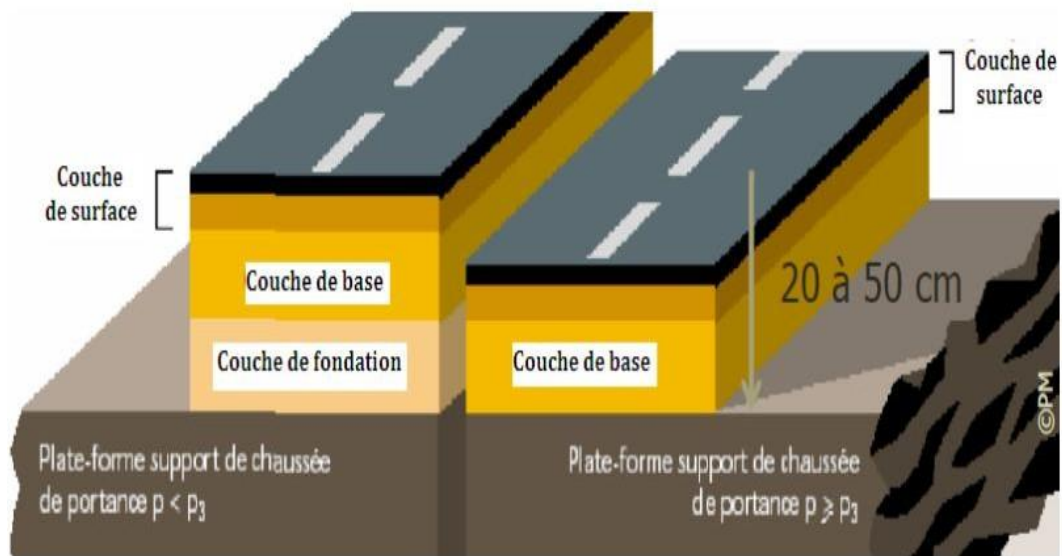


Figure IV.4: Différentes couches de la chaussée souple.

### IV.3.2.2. Les chaussées semi-rigides :

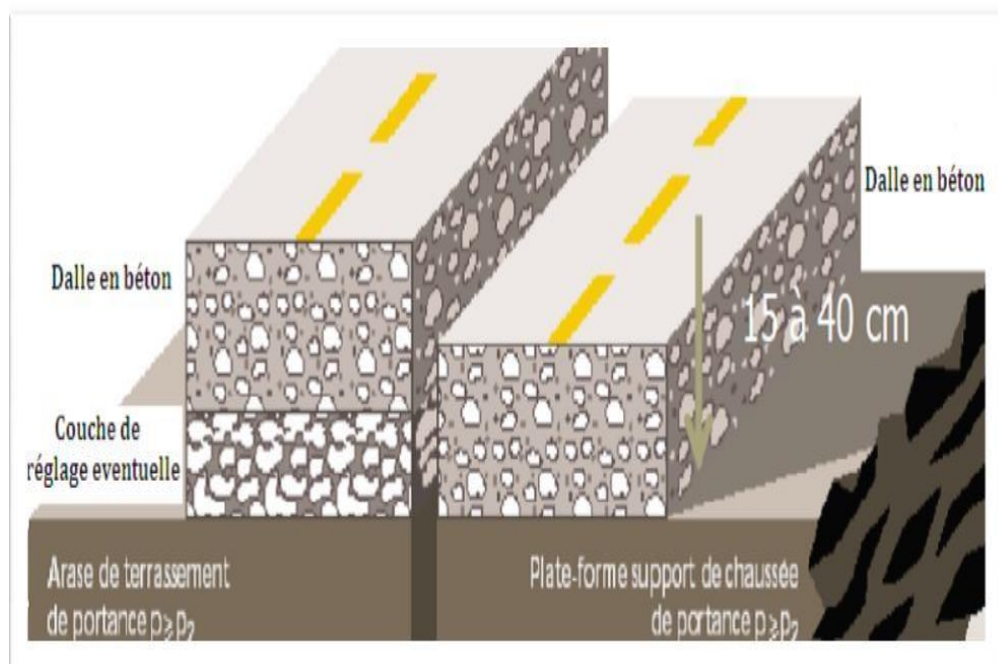
C'est une chaussée à faible déformabilité. Ces chaussées comportent une couche de base et quelques fois une couche de fondation traitée aux liants hydrauliques (ciment, laitier...).



*Figure IV.5 : Structure type d'une chaussée semi-rigide.*

**IV.3.2.3. Les chaussées rigides :**

Ce sont des chaussées constituées d'une dalle en béton à fort dosage en ciment, cette dalle correspond à la fois à la couche de base et à la couche de surface d'une chaussée souple. Les chaussées rigides sont utilisées pour des constructions très sollicitées, (cas d'une piste d'aérodrome ou station de service), peut être aussi utilisé dans les routes où le facteur gel-dégel intervient très fréquemment.



*Figure IV.6 : Structure type d'une chaussée rigide.*

**IV.4. Méthodes de dimensionnement des chaussées :**

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.

Pour le dimensionnement du corps de chaussée dans notre projet on va utiliser deux méthodes qui sont : la méthode dite CBR et la méthode de C.T.T.P.

**IV.4.1. Méthode C.B.R (Californian – Bearing – Ratio):**

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

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule :

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

En tenant compte de l'influence du trafic, l'épaisseur est donnée par la formule : (Méthode C.B.R améliorée) :

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

Avec :

- $e$  : épaisseur totale équivalente de la chaussée (en cm) ;
- $P$  : Charge maximale par roue  $P=6.5t$  (essieu 13 t) ;
- $I_{CBR}$ : Indice de portance du sol support ;
- $N$ : Trafic journalier moyen annuel des poids lourds à l'année horizon (véhicules >1.5t).

**❖ Coefficient d'équivalence :**

La notion de l'épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte des qualités mécaniques des différentes couches de matériaux par la formule suivants :

$$e = \sum a_i e_i$$

Le tableau ci-dessous indique les coefficients d'équivalence pour chaque matériau :

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concasse ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V. O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume	1.50 à 1.70
Tuf	0.60

*Tableau IV.6: Valeurs des Coefficients d'équivalence.*

L'épaisseur totale à donner à la chaussée est :

$$e = a1. e1 + a2. e2 + a3. e3$$

Tel que :

**a1. e1** :Couche de roulement ;

**a2. e2** : Couche de base ;

**a3. e3**: Couche de fondation.

Où :

**a1, a2, a3** : sont des coefficients d'équivalence. ;

**e1, e2, e3** : épaisseurs réelles des couches.

**Remarque :**

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée, on fixe e1, e2, et on calcule e3 telle que :

**e1** : couche de roulement (5-8cm) ;

**e2** : couche de base (10-25cm) ;

**e3** : couche de fondation (15-35cm).

#### **IV.4.2. Méthode des catalogues des structures :**

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

- Approche théorique.
- Approche empirique.

Elle fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement des chaussées (trafic, matériaux, sol support et environnement...). Ces derniers constituent des

données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée. (B60-B61).

#### **IV.4.2.1. Détermination de la classe de trafic :**

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

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

Le trafic cumulé est donné par la formule :

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

$T_{PL}$ : Trafic des poids lourds à l'année de mise en service ;

$r$  : Taux d'accroissement annuel ;

$n$  : durée de vie ( $n = 20$  ans).

#### **IV.4.2.2. Présentation des classes de portance des sols :**

Le classement des sols se fait en fonction de l'indice CBR mesuré sur éprouvette compactée à la teneur en eau optimale de Proctor modifié et à la densité maximale correspondante. Après immersion de quatre jours, le classement sera fait d'après le tableau suivant :

Classe du sol (SI)	Indice CBR
S1	25-40
S2	10-25
S3	5-10
S4	<5

*Tableau IV.2:Le classement des sols. (Source : fascicule1, CTPP).*

#### **- Amélioration de la portance du sol support :**

La couche de forme a pour but d'améliorer la portance du sol support, Le (CTTP) a fait des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de la couche de forme, 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 couche de forme. Les résultats de recherche, sont récapitulés dans le tableau suivant :

Portance de sol	Matériau de CF	Epaisseur de CF $E_{cf}$	Portance visée
<S4	Non traité	50 cm (2 couches)	S3
S4	Non traité	35cm	S3
S4	Non traité	60cm (2 couches)	S2
S3	Non Traité	40cm (2 couches)	S2
S3	Non traité	70cm (2 couches)	S1

Tableau IV.3: Sur classement avec couche de forme en matériaux non traités. (Source : fascicule 1, CTPP).

#### IV.5. Méthode de dimensionnement des chaussées neuves CTPP :

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

✓ **Principes du dimensionnement du catalogue :**

- Le trafic (solicitation) : charge de référence 13t ;
- Le sol support ;
- La zone climatique ;
- La durée de service ;
- Les matériaux et les types de structure.

✓ **La réalisation et la vérification de stabilité de la structure :**

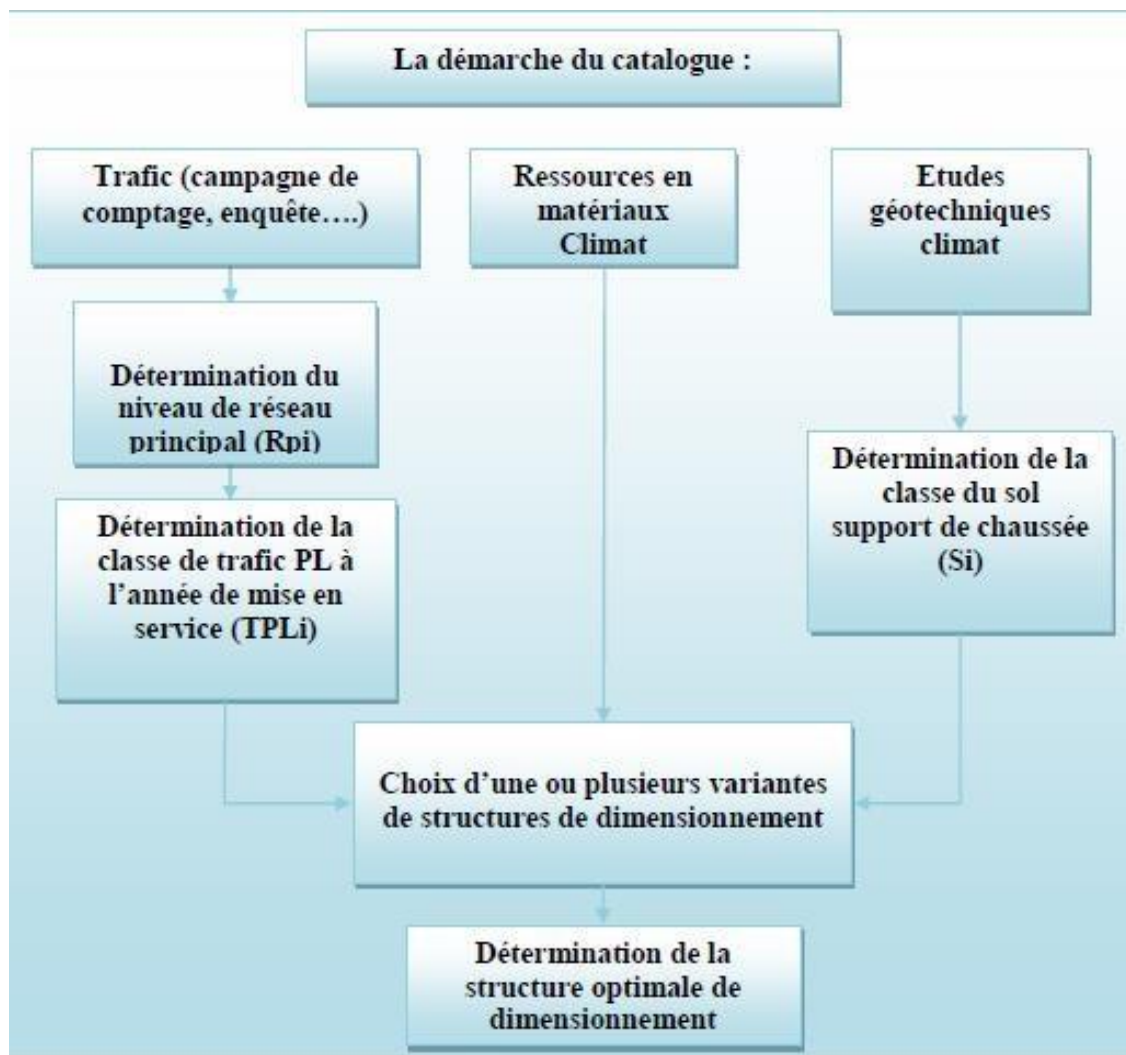


Figure IV.7: Application de la méthode du catalogue au dimensionnement du corps de chaussée.

## IV.6. Application au projet :

### IV.6.1. Méthode CBR Améliorée :

Les structures de chaussées reposent sur la « plate-forme support de chaussée » constituée du sol naturel terrassé ou éventuellement surmontée en cas de besoin d'une couche de forme.

Le catalogue de dimensionnement a divisé les classes de portance des sols par ordre croissant de S4 à S0. La valeur du CBR étant de 5.47 (notre sol est de mauvaise portance) , donc la portance du sol support est de S3. On doit prévoir une couche de forme, afin d'améliorer la portance du sol support.

On a :

- Taux d'accroissement  $r = 4\%$  ;
- Pourcentage de poids lourds est :  $Z=98\%$
- $I_{CBR} = 5.47$  (notre sol est de faible portance de classe **S3**) ;

- $TJMA_{2025} = 13390 \text{ véhicules/jour}$  ;
- $TJMA_{2045} = 29339 \text{ Véhicules/jour}$  ;
- $TJMA_{2025} = 6695 \text{ v/j/voie plus chargée}$  ;
- $TJMA_{2045} = 14670 \text{ v/j/voie plus chargée}$  ;
- *Durée de vie* : 20ans ;
- Charge maximale par roue  $P = 6.5t$  (*essieu 13 t*) ;

$NPL(2025) = 0.5 \times 13390 \times 0.98 = 6561 \text{ PL/j/sens.}$

$NPL(2045) = 6561 \times (1 + 0.04)^{20} = 14375 \text{ PL/j/sens.}$

➤ Nous avons 14375 camions de plus de 1.5t par jour par sens à l'année horizon.

$$e = \frac{100 + \sqrt{P} \times (75 + 50 * \log(\frac{N}{10}))}{I_{CBR} + 5} = \frac{100 + \sqrt{6.5} \times (75 + 50 \log(\frac{14375}{10}))}{5.47 + 5}$$

$\approx 66.25 \text{ cm.}$

On prend  $e = 66 \text{ cm}$

$$e_{\text{éq}} = \sum a_i \times e_i = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$$

$$e_{\text{éq}} = 2 \times e_1 + 1.5 \times e_2 + 1 \times e_3 = 66 \text{ cm}$$

On prend :

- Couche de roulement en béton bitumineux ( $a_1 = 2, e_1 = 8 \text{ cm}$ ) ;
- Couche de base en grave bitume ( $a_2 = 1.5, e_2 = 15 \text{ cm}$ ) ;
- Couche de fondation en grave concassé ( $a_3 = 1, e_3 = ?$ ).

$$e_{\text{éq}} = 2 \times 8 + 1.5 \times 15 + 1 \times e_3 = 66 \text{ cm}$$

$$e_3 = 66 - (2 \times 8 + 1.5 \times 15) \approx 27 \text{ cm}$$

→  $e_3 = 27 \text{ cm}$

Couches	Epaisseur réelle (cm)	Epaisseur équivalente (cm)
Couche de roulement	8	16
Couche de base en grave bitume	15	23
Couche de fondation en grave concassé	27	27
Total	50	66

*Tableau IV.4 : Tableau récapitulatif.*

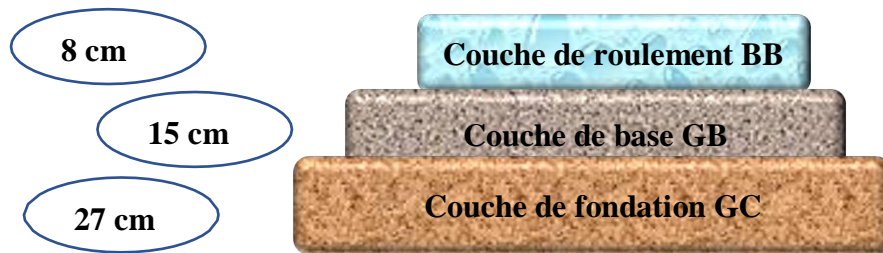


Figure IV.8 : Structure du corps de chaussée par la méthode CBR.

**IV.6.2. Méthode des catalogues des structures :**

**✚ Choix du réseau principal :**

D'après le catalogue C.T.T.P, le réseau principal se décompose en deux niveaux (voir le tableau

Réseau principal	Trafic (véhicule/jour/sens)
<b>RP1</b>	<b>&gt;1500</b>
<b>RP2</b>	<1500

Tableau IV.5: Classification des réseaux principaux.

Dans notre cas, on a :

TJMA2025=13390 v/j > 1500 v/j ; Donc : le réseau principal est **RP1**.

**✚ Détermination de la classe du trafic (TPLi) :**

TJMA2025 = 13390 v/j.

TJMA2025 = 0.5 x 13390 = 6695 v/j/sens.

TPL2025 = 0.98 x 6695 = 6561 PL/J/sens.

Nous avons une Chaussée unidirectionnelle à 3 voies. D'après le catalogue du dimensionnement, la répartition du poids lourds est de 80% sur la voie lente de droite.

Donc :

$$TPL_{2025} = 0.8 \times 6561 = 5248 \text{ PL/J/sens sur VPC.}$$

5248 de poids lourds par jour par sens sur la voie la plus chargée.

✓ Classe TPLi pour RP1 :

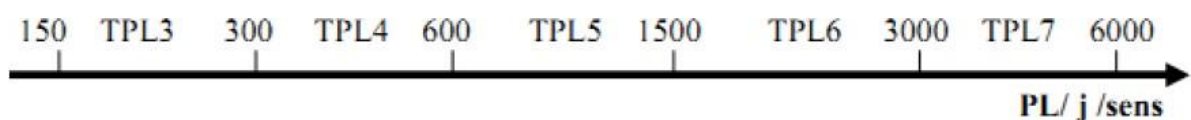


Figure IV.9: Classe TPLi pour RP1. (Source : C.T.T.P).

D'après les résultats qu'on a trouvés, notre trafic est classé en **TPL7**.

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

La classe du sol dépend de l'indice CBR, c'est à partir de sa valeur qu'on détermine la classe de notre sol.

Dans notre projet, on a :

ICBR=5.47, donc c'est un sol de classe S3.

**✚ Sur classement des sols support de chaussée :**

Pour la classe de portance visée est S2 (CBR 10-25), le passage de S3 à S2 nécessite la mise en place d'une couche de forme en TVO ou en TUF de 40 cm (en deux couches).

Donc nous optons pour une couche de forme de 40 cm d'épaisseur en 2 couches de TUF, ce qui nous permet de passer à une portance du sol de classe S2.

Le tableau donne des indications sur le choix de la couche de forme à réaliser :

Classe de portance de sol terrassé	Matériaux de couche de forme	Epaisseur des matériaux de couche de forme	Classe de portance de sol-support visée
S3	Matériaux non traités.	40 cm en (2 couches)	S2

*Tableau IV.6: Caractéristique de la couche de forme choisie.*

**✚ Détermination de la zone climatique :**

D'après la carte de la zone climatique de l'Algérie, notre projet est dans la zone climatique I, avec une pluviométrie de plus de 600mm/ans à Cherchell, avec une température équivalente de 20°C.

Température Équivalente $\Theta_{eq}$ (°C)	Zone climatique		
	I et II	III	IV
	20	25	30

*Tableau IV.7: Températures équivalentes. (Source : fascicule 2, CTPP).*

**✚ Structure du corps de la chaussée :**

Nous sommes dans le réseau principal **RP1**, la **zone climatique I**, durée de vie de **20 ans**, taux d'accroissement **4%**, portance de sol **S2** et une classe de trafic **TPL7**.

Avec toutes ces données, le catalogue Algérien (fascicule 3) nous propose la structure Suivante :

- Couche de roulement en béton bitumineux : BB = 8 cm ;
- Couche de base en grave bitume : GB = 14 cm ;
- Couche de fondation en grave non traité : GB = 15 cm ;
- Couche de forme en TUF de 40cm d'épaisseur (en 2 couches).

D'après la fiche structure, on choisit :

**8 BB+14 GB+ 15 GB avec une couche de forme de 40 cm de TUF en deux couches.**

Si	S2	S1	S0
TPLi	50MPa	125 MPa	200 MPa
PI /J/Sens			
6000	8 BB	8 BB	8 BB
TPL7	14 GB	12 GB	11 GB
3000	15 GB	13 GB	11 GB

Tableau IV.9: structures de chaussées proposées par CTPP pour TPL7.

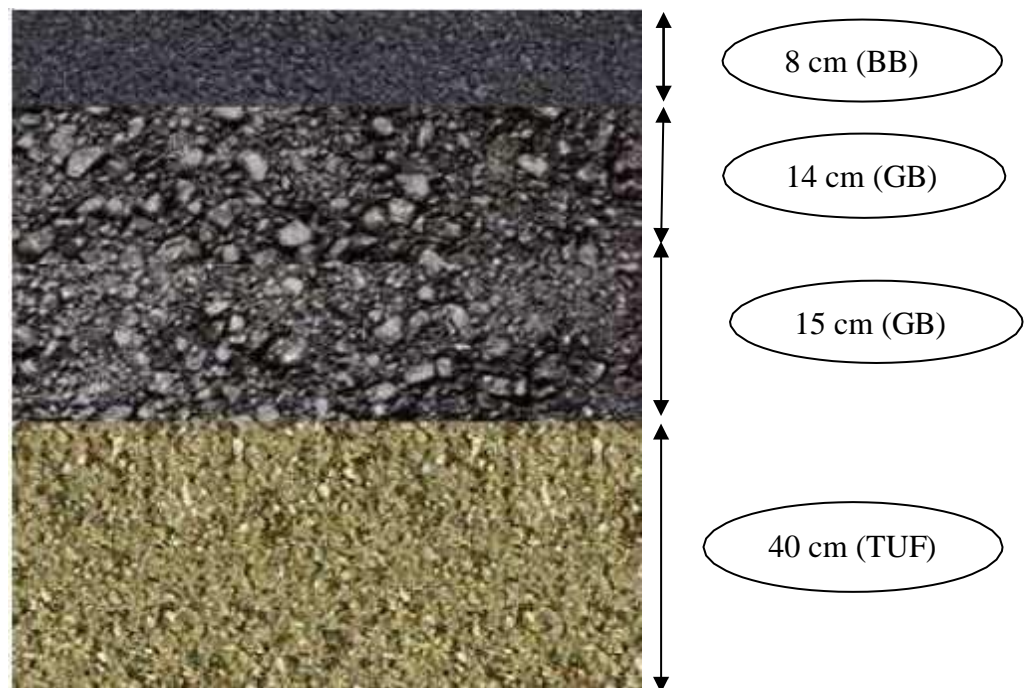


Figure IV.10: Structure de chaussée adoptée.

**✚ Vérification à la fatigue de la structure et de la déformation du sol support :**

Il faut vérifier que  $\epsilon_t$  et  $\epsilon_z$  calculées à l'aide d'Alizé LCPC, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées respectivement à  $\epsilon_t, adm$  et  $\epsilon_z, adm$  par la méthode du catalogue.

$\epsilon_t$  : étant la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume.

$\epsilon_z$ : (sol) étant la déformation verticale sur le sol support.

**▪ Calcul du trafic cumulé équivalent TCEi :**

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

$$TCEi = A \times TPLi \times 365 \times \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

- A : Coefficient d'agressivité des PL par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes.
- n : durée de vie de la route 20 ans.
- τ : Taux de croissance du trafic τ= 4%.

D'après le tableau 11 du fascicule 2 qui donne les valeurs du coefficient d'agressivité A, comme on a un réseau principal RP1 et une chaussée à matériaux traités au bitume GB/GC, GB/TUF, GB/GC, notre coefficient d'agressivité A = 0.6.

$$TCEi = A \times TPLi \times 365 \times \frac{(1+r)^n - 1}{r} \rightarrow TCEi = 0.6 \times 524.8 \times 365 \times \frac{(1+0.04)^{20} - 1}{0.04}$$

$$TCEi = 3.42 \times 10^6 PL/J/sens sur VPC (essiaux 13t).$$

#### ✚ Calcul de la déformation admissible ( $\varepsilon_{z,adm}$ ) sur le sol support :

La valeur admissible est donnée par la relation empirique déduite à partir d'une étude statique de comportement des chaussées algériennes :

$$\varepsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times TCEi^{-0.235}$$

$$\varepsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (3.42 \times 10^6)^{-0.235}$$

$$S_{z,adm} = 641 \times 10^{-6} \mu def$$

#### ✚ Calcul des déformations admissibles :

Pour les matériaux traités au bitume, le calcul de la déformation admissible de traction à la base des couches bitumineuses  $\varepsilon_{t,adm}$  est donné par la relation suivante :

$$\text{Avec :} \quad \varepsilon_{t,ad} = \varepsilon_6(10^\circ C, 25Hz) \times Kne \times K\theta \times Kr \times Kc$$

- $\varepsilon_6 10^{-6}(10^\circ C, 25Hz)$  : Déformation limitée à  $10_6$  cycles
- **Kne**: Facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée
- **Kθ**: Facteur lié à la température ;
- **Kr** : Facteur lié au risque et aux dispersions ;
- **Kc**: Facteur lié au

calage=1.3. On a:

- $Kne = \left( \frac{TCEi}{10^6} \right)^b$
- $K\theta = \left( \frac{E(10^\circ c 25H)}{E(\theta eq. 10HZ)} \right)^{0.5}$
- $Kr = 10^{-tb\delta}$  Avec :  $\delta = \sqrt{SN^2 + \left( \frac{f}{b} \right) \times Sh}^2$

**✚ Caractéristiques mécaniques des matériaux :**

Les performances mécaniques sont données dans le tableau 13 (fascicule 2) :

Matériau	E(20°,10HZ) (MPa)	E(10°,10HZ) (MPa)	$\epsilon$ 6 (10 <sup>b</sup> , 25HZ) (MPa)	b	SN	Sh (Cm)	v	Kc Calage
BB	4000	-	-	-	-	-	0.35	-
GB	7000	12500	100	0.146	0.45	3	0.35	1.3

*Tableau IV.10: Performances mécaniques des matériaux bitumineux.*

- **b** : pente de la droite de fatigue (b<0) égale à **-0.146**.
- **E (10°c)** : module complexe du matériau bitumineux à 10°C.
- **E (θeq)** : module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée.
- **SN** : dispersion sur la loi de fatigue.
- **Sh** : dispersion sur les épaisseurs.
- **C** : coefficient égale à 0.02.

**✚ Risque de calcul :**

Le risque de calcul est fonction de la classe de trafic TPL (TPLi) et du type de structure de chaussée. Pour un réseau RP1 de classe TPL7 et pour une structure GB/GB, d’après le tableau 5(fascicule 2) on a : r=2%.

On a **t** : fractile de la loi normale qui est en fonction du risque adopté r (%), d’après le tableau 16(fascicule 2), on trouve **t = -2.054**.

**✚ Application numérique à notre projet :**

$$Kne = \left(\frac{TCEI}{10^6}\right)^b = \left(\frac{3.42 \times 10^6}{10^6}\right)^{-0.146} = 0.83$$

Donc :

$$Kne = 0.83$$

$$K\theta = \left(\frac{12500}{7000}\right)^{0.5} = 1.33$$

$$\rightarrow K\theta = 1.33$$

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{C}{b} \times Sh\right)^2} = \sqrt{0.45^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} \times 3\right)^2} = 0.609$$

$$Kr = 10^{-(2.054)(-0.146)(0.609)} = 0.65$$

$$\rightarrow Kr = 0.65$$

$$\epsilon_{t,ad} = 100 \times 10^{-6} \times 0.83 \times 1.33 \times 0.65 \times 1.3$$

$$\rightarrow s_{t,ad} = 93.27 \times 10^{-6} \mu def$$

✚ Calcul des déformations par Alizé LCPC :

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

variante 1: Durée= 00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μdef)	SigmaZ (MPa)
0,080	4000,0 collé	0,350	0,000	31,9	0,263	32,1	0,658
			0,080	13,7	0,242	72,3	0,574
0,140	7000,0 collé	0,350	0,080	13,7	0,389	34,0	0,574
			0,220	-16,9	-0,083	31,4	0,176
0,150	7000,0 collé	0,350	0,220	-16,9	-0,083	31,4	0,176
			0,370	-65,2	-0,648	62,3	0,013
infini	50,0	0,350	0,370	-65,2	0,002	219,3	0,013

Grandeurs affichées

- tableau 1
- tableau 2
- tableau 3
- tableau 4
- tableau 5
- tableau 6
- tableau 7
- tableau 8

Déflexion =41,7 mm/100  
entre-jumelage

Rdc = 1116,8 m

Imprimer Enregistrer

Voir Chargt. Fermer

Figure IV.11: Résultats de la simulation à l'aide d'Alizé LCPC.

	Déformations calculées	Déformations admissibles
$\varepsilon_z$ (Sol support)	$219.3 \times 10^6$	$641 \times 10^{-6}$
$\varepsilon_t$ (à la base de GB)	$-16.9 \times 10^6$	$93.27 \times 10^{-6}$

*Tableau IV.7: Comparaison des déformations admissibles.*

D'après le tableau 11 de comparaison des déformations, on remarque que :

$$\varepsilon_z < \varepsilon_{z, adm} \quad \longrightarrow \quad \text{Condition Vérifiée.}$$

$$\varepsilon_t < \varepsilon_{t, adm} \quad \longrightarrow \quad \text{Condition Vérifiée.}$$

**Donc notre structure est vérifiée.**

### **IV.7. Conclusion :**

D'après les résultats des deux méthodes, on remarque que les épaisseurs du corps de chaussée données par la méthode du catalogue algérien sont nettement plus importantes que celles données par la méthode CBR.

La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode qui s'appuie sur des lois de comportement de la structure et qui prend en considération les paramètres du trafic, le climat et des matériaux ainsi que les normes de vigueur en Algérie., donc nous avons décidé d'adopter le corps de chaussée avec les épaisseurs données par cette méthode, et après vérification des déformations et comparaison avec les valeurs admissibles, la structure retenue est :

$$\mathbf{8\ BB + 14\ GB + 15\ GB + 40\ TUF}$$

# **Chapitre VIII**

## **Caractéristiques géométriques**

## **V.1. Introduction :**

La route est un ouvrage spatial qui est représentée en trois dimensions. Grâce à la projection de la route sur les trois plans de l'espace nous pouvons obtenir les trois principales représentations graphiques de la route.

- ✓ Tracé en plan ;
- ✓ Profil en long ;
- ✓ Profil en travers.

## **V.2. Notions sur le logiciel « Covadis » :**

COVADIS est un applicatif AutoCAD, c'est à dire complètement intégré à ce logiciel et ne peut pas fonctionner sans. Cet applicatif possède un module pour les calculs topométries, qui permet tous les calculs. Un module "2D" regroupe toutes les fonctions de gestions des points topographiques, de dessins géométriques, listings etc...

Le module "3D" quand propose le calcul de MNT, le dessin de profils et tous les outils nécessaires à la conception de projet VRD.

COVADIS est spécialement dédié aux bureaux d'études en infrastructure, aux entreprises de travaux publics, aux collectivités locales et territoriales, ainsi qu'aux cabinets de géomètres. Il permet de traiter un projet d'infrastructure de sa phase initiale à sa phase finale.

Il contient en un seul logiciel, l'ensemble des modules « métiers » exploités quotidiennement par les bureaux d'études VRD et les entreprises de BTP. COVADIS fonctionne sur toutes les versions récentes d'AutoCAD.

## **V.3. Tracé en plan :**

### **V.3.1. Définition :**

Le tracé en plan ou en situation est la projection sur le plan horizontal de l'axe de la chaussée. L'axe étant constitué d'une succession de segments de droites raccordés entre eux par des courbes qui peuvent être soit des cercles, soit des clothoïdes, soit une combinaison des deux. Ce tracé doit assurer les conditions suivantes :

- ✓ Une bonne visibilité.
- ✓ Un meilleur confort.
- ✓ Une liaison les zones d'habitations.
- ✓ Eviter les zones fortement accidentées.

**V.3.2. Règles à respecter dans le tracé en plan :**

Afin de réaliser un bon tracé en plan dans les normes, il faut respecter certaines recommandations (B40) :

- ✓ Adapter au maximum le terrain naturel.
- ✓ Le raccordement du nouveau tracé au réseau routier existant.
- ✓ Eviter de passer sur des terrains agricoles si possibles.
- ✓ Eviter au maximum les propriétés privées.
- ✓ En présence des lignes électriques aériennes, prévoir une hauteur minimale de 10m.
- ✓ Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40 % et 60 % de la longueur totale du tracé.

**V.3.3. Éléments géométriques du tracé en plan selon la B40 :**

Les éléments du tracé en plan sont les suivant :

- ✓ Des droites (alignements).
- ✓ Des arcs de cercle.
- ✓ Courbes de raccordement de courbure progressive (clothoïde).



*Figure V.1: Éléments géométriques du tracé en plan.*

**V.3.3.1. Alignement droit :**

Bien que la ligne droite soit en principe l'élément géométrique le plus simple, son utilisation dans la planification routière moderne est restreinte. La raison en est qu'il présente certains inconvénients :

- ✓ Eblouissement prolongé des phrases.
- ✓ Monotonie de conduite.
- ✓ Mauvaise adaptation de la route au paysage.
- ✓ Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.

- **La longueur maximale  $L_{Max}$**  : est prise égale à la distance parcourue pendant soixante secondes (60s).

$$L_{max} = T \times V_b$$

Avec :

$$T = 60$$

$V_b$  = vitesse de base (km /h)

$$L_{max} = 60 \times \frac{V_b}{3.6} \text{ en (m)}$$

- **La longueur minimale  $L_{Min}$**  : ne doit pas être inférieure à la distance parcourue avec la vitesse de base durant un temps d'adaptation qui est égale à cinq secondes (5s).

$$L_{min} = T \times V_b$$

Avec :

$$T = 5 \text{ s}$$

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

### V.3.3.2. Arc de cercle (courbe) :

Deux alignements droits de direction différente, sont reliés par une courbe, il faut assurer une transition confortable et sécurisante d'un usager passant d'un alignement droit à un autre.

Pour cela, il y a lieu de choisir un rayon de la courbe assurant cette condition. Dans ce cas.

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

- **Stabilité**, sous la sollicitation centrifuge des véhicules circulant à grande vitesse.
- **Visibilité** en courbe.
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

- **Stabilité en courbe**

Pour cela, on essaie de choisir les rayons les plus grands possibles pour éviter de descendre en dessous du **rayon minimum** préconisé.

- **Rayon horizontal minimal absolu (RHm)**

C'est le rayon qui assure la stabilité des véhicules à la vitesse de référence lorsqu'il est associé au dévers maximal.

$$RH_{min} = \frac{Vb^2}{127 \times (ft + dmax)}$$

Avec :

$V_b$  : vitesse de base.

$f_t$  : coefficient de frottement transversal.

$d_{max}$  : devers maximale

Selon la B40,  $d_{max}$  est fixé comme suit :

$d_{max} = 7\%$  pour les catégories (1 – 2).

$d_{max} = 8\%$  pour les catégories (3 – 4).

$d_{max} = 9\%$  pour la catégorie 5.

Vitesse de référence					
( $V_r$ ) (km/h)	40	60	80	100	120
$f_t$	0.20	0.16	0.13	0.11	0.10

Tableau V.1: Valeur de coefficient de frottement selon la vitesse du projet.

- **Rayon minimal normal ( $RH_n$ )**

Le rayon minimum normal agit comme un élément de sécurité pour les véhicules circulant à des vitesses qui dépassent la vitesse de base de 120km/h.

$$RH_n = \frac{(Vb + 20)^2}{127 \times (ft + dmax)}$$

Avec :

$d_{max}$  : dévers maximal

- **Rayon au dévers minimal ( $RH_d$ ) :**

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 de base  $V_b$  serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

Le dévers associé  $d_{min} = 2,5\%$  en catégorie 1et 2 de la route et 3% en catégorie 3 et 4 de la route

$$RH_d = \frac{Vb^2}{127 \times 2 \times dmin}$$

Devers associé :  $d_{min} = 2.5\%$  catégorie 1, 2.

$d_{\min} = 3\%$  catégorie 3, 4, 5.

- **Rayon minimal non déversé (RH<sub>nd</sub>)**

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toi et le divers est négatif pour l'un des sens de circulation ; le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non déversé (Rhnd) (B40).

Il est défini comme suit :

$$RHnd = \frac{Vb^2}{127 \times 0.035} \quad \text{cat 1 - 2.}$$

$$RHnd = \frac{Vb^2}{127 \times (f' - d_{\min})} \quad \text{cat 3 - 4 - 5.}$$

Avec :

$$f' = 0.07 \quad \text{cat 3}$$

$$f' = 0.075 \quad \text{cat 4 - 5.}$$

### 1. Visibilité en courbe :

L'augmentation du rayon du virage garantit la bonne visibilité en courbe afin d'éviter les obstacles.

- **Sur largeur :**

Un véhicule long 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. Ce problème est dans les virages < 200m.

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

Avec :

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

R : c'est le rayon de l'axe de la route < 200m.

Donc la sur largeur par voie de circulation est égale à :

$$S = \frac{50}{R}$$

### 2. Courbe de raccordement progressif (clothoïde) :

Le fait que le tracé soit constitué d'alignements et d'arcs ne suffit pas, il faut donc prévoir des

raccordements à courbure progressif, qui permettent d'éviter la variation brusque de la courbe lors du passage d'un alignement à un cercle ou entre deux courbes circulaires et cela, pour assurer :

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

La courbe de raccordement la plus couramment utilisée est la **clothoïde**, en raison de sa particularité.

### **a. Type de courbes de raccordement :**

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

- ✓ **Paraboles cubiques** : utilisées dans les tracés des chemins de fer.
- ✓ **Lemniscates** : utilisées dans les échangeurs et trèfle d'autoroute.
- ✓ **Clothoïdes** : utilisées dans les projets routiers.

### **b. Clothoïde :**

La clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon progressive. Elle a pour rôle de maintenir constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

- ✓ **Expression de la clothoïde** : La courbe est proportionnelle à l'abscisse curviligne (ou longueur de l'arc)

$$A^2 = L \times R$$

Avec :

L : la longueur max des trois longueurs de (condition de confort optique, condition de confort dynamique, condition de gauchissement).

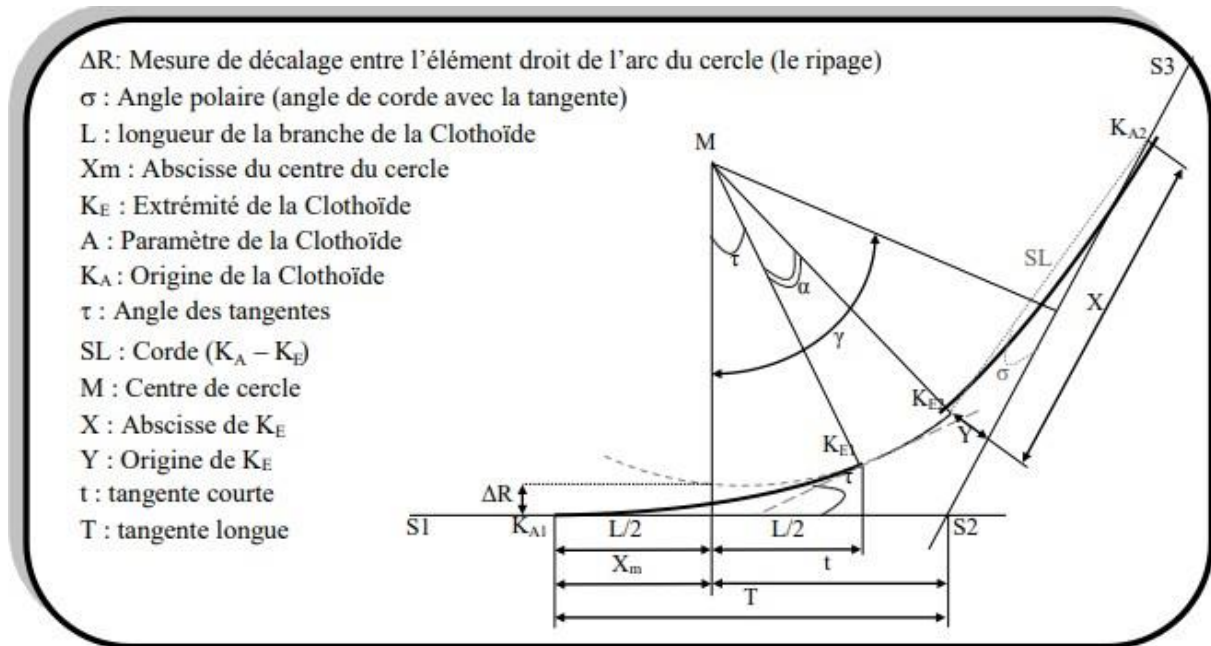


Figure V.2: Les éléments de la clothoïde.

**c. Condition de raccordement :**

La longueur de raccordement progressif doit être suffisante pour assurer les conditions suivantes :

✓ **Condition de confort optique :**

La Clothoïde doit aider à la lisibilité de la route on amorce le virage, la rotation de la tangente doit être  $\leq 3^\circ$  pour être perceptible à l'œil.

**Règle générale B40 :**

$$L = \sqrt{24 \cdot R \cdot \Delta R}$$

$R \leq 1000m$	$\Delta R = 0.5m \text{ à } 1m$
$1000 < R \leq 2000m$	$\Delta R = 1m \text{ à } 1.75m.$
$2000 < R \leq 5000m$	$\Delta R = 1.75m \text{ à } 2.5m.$
$R > 5000m$	$\Delta R = 2,5m$

✓ **Condition de confort dynamique :**

Cette condition consiste à éviter la variation trop brutale de l'accélération transversale, est imposé à une variation limitée.

$$L < 0.2 \left( \frac{V_B^2}{3.6} \right) \left[ \frac{V_B^2}{127 \cdot R} - \Delta d \right]$$

- R : Rayon en (m).
- d : Variation de dévers.

✓ **Condition de gauchissement :**

Le demi chaussé extérieur au virage de C. R est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule. Le raccordement doit assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation des dévers.

A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversé et de son axe de tel sorte que :

$$\Delta p < (0.5/V_B)$$

$$L \geq l. \Delta d. V_B$$

- L : Longueur de raccordement.
- l : Largeur de la chaussée.
- $\Delta d$  : Variation de dévers.

### V.3.4. Application au projet :

Notre projet se situé dans un environnement E1, est classé en catégorie C1, avec une vitesse de base 120km/h.

✚ **Calcul de la longueur minimale et maximale d'alignement droit :**

$$L_{max} = \frac{60 \times 120}{3.6} = 2000 \text{ m}$$

$$L_{min} = \frac{5 \times 120}{3.6} = 166 \text{ m}$$

Donc :

$$166\text{m} \leq L(\text{m}) \leq 2000\text{m}$$

#### V.3.4.1. Arc en cercle :

Pour notre cas, on a :

$$f_t = 0.1$$

$$d_{max} = 7\% \text{ Pour les catégories (1-2).}$$

A.N :

$$R_{Hm} = \frac{120^2}{127(0.1 + 0.07)}$$

$$R_{Hm} = 666m$$

$$dn = dmax - 2\% = 7\% - 2\% = 5\%$$

$$RHn = \frac{(120 + 20)^2}{127 \times (0.1 + 0.05)}$$

$$RHn = 1028m.$$

Pour notre cas :

$$dmin = 2.5\%$$

$$RHd = \frac{120^2}{127 \times 2 \times 0.025}$$

$$RHd = 2267m$$

$$RHnd = \frac{120^2}{127 \times 0.035}$$

$$RHnd = 3239m.$$

**V.3.4.2. Paramètres fondamentaux :**

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse de base (Km/h)	$V_B$	120
Divers maximal (%)	dmax	7
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (7%)	666
Rayon horizontal normal (m)	RHn (5%)	1028
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2.5%)	2267
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (-2.5%)	3239

*Tableau V.2: Les rayons de tracé en plan.*

**V.3.4.2. Eléments de tracé en plan selon ICTAAL :**

Afin d'améliorer le confort et faciliter le respect des règles de visibilité, les rayons en plan doivent respecter les valeurs minimales.

Notre autoroute est de catégorie L1 ; donc selon l'ICTAAL, on aura le tableau suivant :

Paramètre	Symbole	Valeur (m)
Rayon minimal Rm	<b>R<sub>m</sub></b>	<b>600</b>
Rayon minimal non déversé	<b>R<sub>nd(m)</sub></b>	<b>1000</b>
Rayon Minimal au Dévers Normal Rdn(m)	<b>R<sub>dn (m)</sub></b>	<b>1500</b>

*Tableau V.3: Les valeurs limites des rayons d'après L'ICTAAL.*

**Remarque :**

Tracé en plan est réalisé à l'aide de logiciel Covadis 16.1, le plan est joint en annexe.

**V.4. Profil en Long :****V.4.1. Définition :**

Le profil en long est une coupe verticale développée sur un plan à une certaine échelle.

L'élévation verticale dans le sens de l'axe routier est composée de tous ces points constitutifs.

Le but principal du profil en long, est d'assurer au 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.

À cet égard, les composants de base du profil en long doivent être défini, à savoir :

- ✓ L'altitude du terrain naturel.
- ✓ L'altitude du projet.
- ✓ La déclivité du projet.

**V.4.2. Règles à respecter dans le tracé en plan :**

Le tracé du profil en long doit répondre à plusieurs conditions concernant le confort, la visibilité, la sécurité et l'évacuation des eaux, pour cela il faut respecter certaines règles pratiques régissant celui-ci :

- ✓ Respecter les normes du B40 (déclivités max et min).
- ✓ Eviter les hauteurs excessives des remblais.
- ✓ Coordonner entre le profil en long et le tracé en plan.

- ✓ Suivre le terrain naturel pour limiter les volumes des déblais et remblais et les équilibrer afin de minimiser le cout.
- ✓ Coordonner entre le profil en long et le tracé en plan.
- ✓ Assurer l'évacuation des eaux de la plateforme dans les sections longues en déblais ou dans les zones de devers nul par la création des pentes longitudinales.

**V.4.2.1. Eléments de composition du profil en long :**

Le profil en long est constitué d'une série de segments de droites (rampes et pentes) correspondant aux courbes circulaires. Pour chaque point du profil en long, on doit déterminer :

- ✓ L'altitude du terrain naturel.
- ✓ L'altitude du projet.
- ✓ La déclivité de la ligne du projet.

**V.4.2.2. Coordination du tracé en plan et profil en long :**

L'étude de profil en long ne doit jamais être séparée lors de la conception de celle du tracé en plan. La coordination doit être garantie à l'utilisateur :

- ✓ Lier 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 :  
 $V_{vertical} > 6H_{horizontal}$  pour éviter un défaut d'inflexion.
- ✓ 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 500m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.
- ✓ D'augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan si le profil en long est convexe.
- ✓ La perception des points singuliers de l'itinéraire (carrefours, échangeurs, ...).
- ✓ Eviter de positionner des carrefours ou accès en point haut, courbes ou zone de visibilité réduite (éventuellement côté externe des courbes non déversées après vérification des conditions de visibilité).

**V.4.2.3. Caractéristique du profil en long :**

**a. Déclivité :**

Par définition, la déclivité d'une route est l'angle tangent que fait le profil en long avec l'horizontal, on l'appelle **pen**te pour les descentes et **rampe**1 pour les montées.

✓ **Déclivité minimale :**

Il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 1% et surtout celle inférieures à 0,5 %, pour éviter la stagnation des eaux.

✓ **Déclivité maximale :**

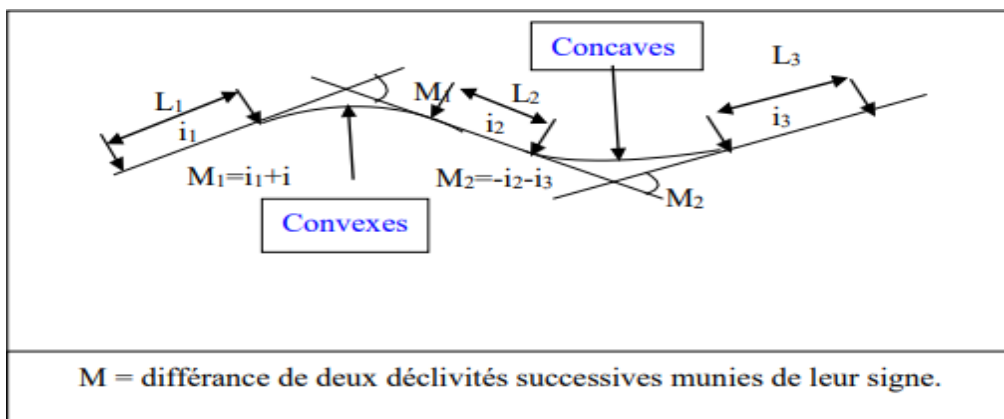
La déclivité max a besoin de l'adhérence entre pneus et chaussé aussi la réduction des vitesses quelle provoque. Le problème de l'adhérence s'agit de tous les véhicules pendant que la réduction des vitesses ce sont les poids lourds qui sont déterminants parce que la majorité des PI ont une grande réserve de puissance

✚ Notre projet est situé dans un environnement **E1**, catégorie **C1** donc selon **ICTAAL** la déclivité maximale est :  $I_{max} = 5\%$ .

**b. Raccordement en profil en long :**

Les révolutions de déclivités sont des points particuliers du profil en long. Cette révolution doit être adoucie par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort. Il existe deux types de raccordements :

- ✓ Raccordements convexes (angle saillant).
- ✓ Raccordements concaves (angle rentrant).



*Figure V.3: Raccordement en profil en long.*

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

Les rayons minimums admissibles des raccords 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.

La conception des raccords convexes doit satisfaire les conditions suivantes :

- ✓ **Condition de confort :**

Pour catégorie 1-2 :  $Rvmin = 0.3Vr^2$

Pour catégorie 3-4-5 :  $Rvmin = 0.23Vr$

Pour notre cas,  $V_B = 120 \text{ km/h}$

**A.N :**

$$Rvmin = 0.3 \times 120^2$$

$$Rvmin = 4320m$$

- ✓ **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 :

$$R_v = \frac{d_1^2}{2(\sqrt{h_0} + \sqrt{h_1})^2}$$

Avec :

$d_1$  : distance d’arrêt (m) ;

$h_0$ : hauteur de l’œil (m) ;

$h_1$  : hauteur de l’obstacle (m).

Les rayons assurant ces deux conditions sont donnés pour les normes en fonction de la vitesse de base et de la catégorie, Dans notre cas ;  $V_B=120\text{km/h}$  et de catégorie C1.

<b>Vitesse du véhicule (Km/h)</b>		<b>120 Km/h</b>
<b>Longueur de freinage <math>d_0(m)</math></b>		<b>175 m</b>
<b>Distance d’arrêt en alignement <math>d_1(m)</math></b>		<b>235</b>
<b>Distance de visibilité de dépassement</b>	min dd	<b>550</b>
	max dD	<b>800</b>
<b>Distance de visibilité de manœuvre de dépassement dMD</b>		<b>425</b>

*Tableau V.4:Condition de visibilité selon la B40.*

• **Raccordement concave (angle rentrant) :**

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

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

A.N :

$$R'_v = \frac{235^2}{1.5 + (0.035 \times 235)} = 5678m$$

$$R'_v = 5678 m.$$

**V.4.3. Valeurs limites des paramètres du profil en long :**

Dans notre projet on a  $V_B = 120\text{km/h}$ , une catégorie C1 et un environnement E1, d'après les normes de l'ICTAAL 2000.

Les valeurs limites des paramètres du profil en long sont données dans le tableau suivant :

Catégorie	L1
Déclivité maximale (%)	5
Déclivité minimale (%)	0.2
Rayon minimal en angle saillant $R_V(m)$	12500
Rayon en angle rentrant $R_V'(m)$	4200

*Tableau V.5: Valeurs limites des paramètres de profil en long.*

Le calcul du profil en long, est traité automatiquement à l'aide de logiciel COVADIS. Le plan est joint en annexe.

**V.5. Profil en travers :**

**V.5.1. Définition :**

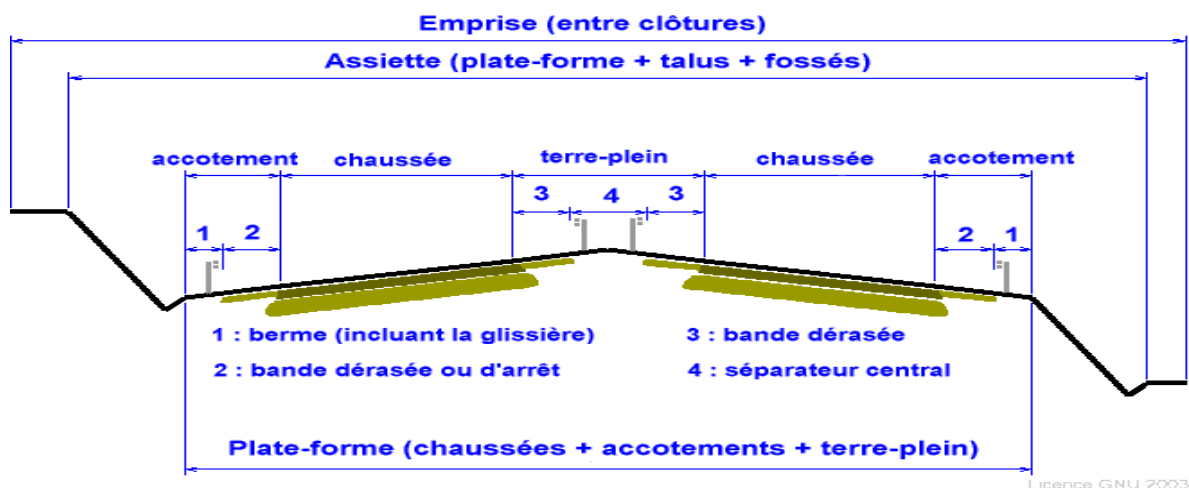
Le profil en travers est défini comme la coupe de la route suivant un plan perpendiculaire au tracé en plan.

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 des déblais et des remblais).

**V.5.2. Les éléments constitutifs de profil en travers :**

- ✓ **La chaussée** : C'est la partie renforcée et affectée à la circulation des véhicules. Pour subir directement les actions des véhicules et les facteurs naturels, sa largeur dépend essentiellement de considération de débit, elle est divisée en voies de circulations.
- ✓ **Les accotements** : Les accotements se trouvent aux côtés de la chaussée, ils étaient utilisés auparavant, soit pour le dépôt des matériaux ou pour les piétons, maintenant, ils sont utilisés pour le stationnement. Sur les routes importantes la largeur des accotements est de 2 à 2.5m utilisés comme bande d'arrêt.
- ✓ **La plate-forme** : C'est l'ensemble de la chaussée et des accotements, elle est située entre les fossés ou les crêtes de talus de remblais.
- ✓ **L'assiette** : C'est la surface de la route délimitée par les terrassements.
- ✓ **L'emprise** : C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (Talus, exutoires, etc....) limitée par le domaine public.
- ✓ **Le talus** : Le talus a une inclinaison qui dépend de la cohésion des sols qui le constitue, cette inclinaison est désignée par une fraction (A/B) tel que :  
**A** : la base du talus.  
**B** : hauteur du talus.
- ✓ **Le fossé** : C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement.



*Figure V.4: Eléments du profil en travers.*

**V.5.2.1. Classification du profil en travers :**

Lors de l'étude d'un projet routier, l'ingénieur doit tracer deux types de profil en travers :

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

**a. Profil en travers type :**

C'est une partie essentielle tirée des projets routiers neufs, elle représente une coupe transversale du corps de la chaussée. Elle est configurée en trois couches (couche de roulement, couche de base, couche de fondation).

Dans toutes les situations remblais et déblais contient le profil travers type tous les éléments constructifs de la future construite route. Dans le cadre de cette étude son application sur le profil correspondant du terrain en respectant la coté du projet qui permet le calcul de l'avant mètre des terrassements.

**b. Profil en travers courant :**

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

Il existe trois types de profil en travers selon le terrain naturel :

- ✓ Les profils en déblais.
- ✓ Les profils en remblais et ou bien les profils mixtes.

**V.5.3. Application au projet :**

D'après les normes d'ICTAAL, les éléments du profil en travers type de notre projet seront comme suit :

Description	Largeur (m)	Nombre	Largeur totale (m)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voie de circulation 2*3</li> </ul>	3.5	6	21.00
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terre-plein centrale.</li> </ul>			
<b>Bande dérasée gauche (B.D.G).</b>	1	2	2
<b>Bande médiane (B.M).</b>	1	2	2
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accotement :</li> </ul>			
<b>Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U).</b>	2.5	2	5
<b>La Berme.</b>	1	2	2
<b>Totale : 32</b>			
<b>Dévers en section droite et en courbe non déversée</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Chaussée</b></li> </ul>	2.5% vers l'extérieur		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Bande dérasée de gauche (B.D.G)</b></li> </ul>	Identique à celle de la chaussée		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)</b></li> </ul>	Identique à celle de la chaussée		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Berme extérieur</b></li> </ul>	8% vers l'extérieur		
<b>Dévers en courbe déversée</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Chaussée</b></li> </ul>	7% (maximum).		

<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Bande déversée de gauche (B.D.G)</b></li><li>• <b>Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)</b></li></ul>	<p>Identique à celle de la chaussée.</p> <p>Dans le cas où le devers ne dépasse pas 4%, il est identique à celui de la chaussée ; au-delà de 4%, il est de sens opposé au devers et égale à 1.5%.</p>
--	---

*Tableau V.6: Dimensions des éléments du profil en travers type.*

**Note :**

Les différents profils en travers ainsi que le profil en travers type sont réalisés à l'aide de Covadis 16.0d, le plan est joint en annexe.

**V.6. Conclusion :**

Au fil de ce chapitre nous avons pu voir le tracé en plan, le profil en long, le profil en travers aussi les conditions à respecter pour obtenir ces tracés. Concernant l'étude de ce chapitre nous avons tenté d'employer le logiciel COVADIS non seulement en utilisant les données relatives à notre projet mais aussi en illustrant les étapes chronologiques par des schémas obtenus sur l'écran.

# **Chapitre VI**

## **Cubatures**

### **VI.1. Généralités :**

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

1. Les profils en long
  2. Les profils en travers
  3. Les distances entre les profils.
- Les profils en long et les profils en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points différents, le moins possible, de la ligne du terrain qu'ils représentent.

### **VI.2. Définition :**

La cubature des terrassements consiste à calculer les volumes de terre à enlever (déblais) et les volumes à apporter (Remblai), pour donner à la route une allure uniforme et homogène pour recevoir un corps de chaussée qui permette aux véhicules de circuler en toute sécurité et sérénité.

### **VI.3. Les méthodes de calcul des cubatures :**

Les cubatures sont des calculs effectués pour avoir les volumes de terrassements existants dans le projet. Il existe plusieurs méthodes de calcul des volumes de remblais et de déblais, parmi lesquelles on peut citer :

- Méthode de la moyenne des aires (méthode par excès).
- Méthode de l'aire moyenne (méthode par défaut).
- Méthode de la longueur applicable.
- Méthode de GULDEN.

Le travail consiste à calculer les surfaces des remblais et des déblais pour chaque profil en travers, ensuite les soustraire pour trouver la section pour notre projet (figure 1).

Pour calculer un volume, nous utilisons la méthode de la moyenne des aires qui est une méthode simple mais qui présente l'inconvénient de donner des résultats avec une marge d'erreur, donc pour être proche des résultats exacts on doit majorer les résultats trouvés par un coefficient de

10 % et ceci dans le but d’être en sécurité.

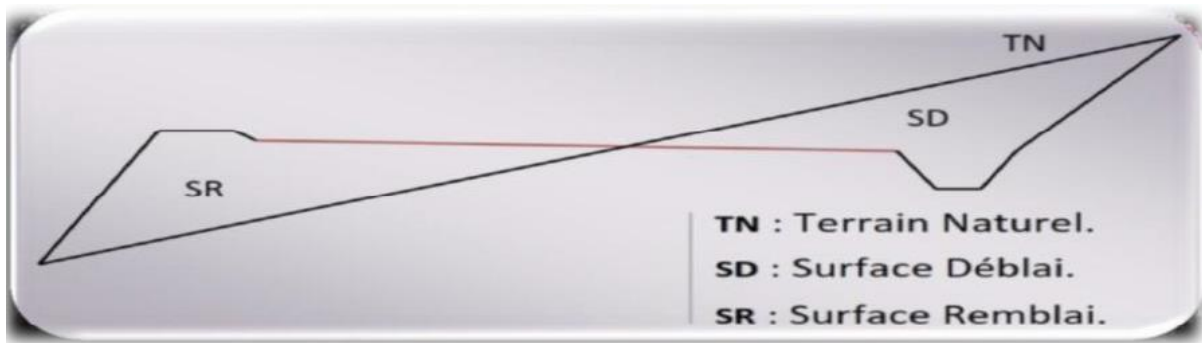


Figure VI.1 : Coupe en travers pour les profils des terrassements.

Nous calculons les surfaces SD et SR de déblai et de remblai pour chaque profil en travers.

### VI.3.1. La formule de SARRAUS :

On calcul séparément les volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs en utilisant la formule des trois niveaux ou formule au prismoïde.

$$V = \frac{L}{6} (S_1 + S_2 + 4S_{moy})$$

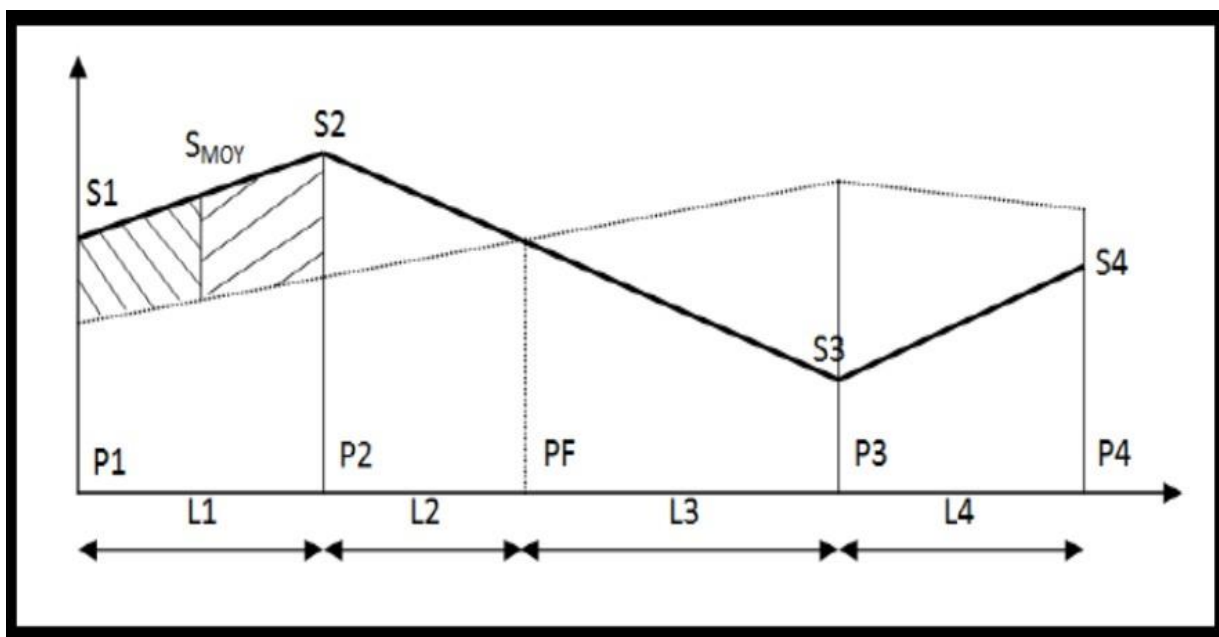


Figure VI.2 : Profil en long d’un tracé donné.

- **PF** : profil fictive, surface nulle.
- **Si** : surface de profil en travers Pi.
- **Li** : distance entre ces deux profils.

- $S_{MOY}$ : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance  $L_i$ ). Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions  $S_{MOY}$  et  $(S_1 + S_2) / 2$  ; Ceci donne :

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

Donc les volumes seront :

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

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

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

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

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

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

C'est la méthode de la moyenne des aires la plus utilisées en travaux publics. Elle est utilisée avec la moyenne des distances partielles.

### **VI.3.2. La méthode de GULDEN :**

Dans cette méthode les sections et les largeurs des profils sont calculées de façon classique mais la distance du barycentre de chacune des valeurs à l'axe est calculée pour obtenir les volumes et les surfaces. Ces valeurs sont multipliées par le déplacement du barycentre en fonction de la courbure au droit du profil concerné. Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée. Si on utilise la méthode de GULDEN, la quantité (longueur d'application) n'a plus de sens.

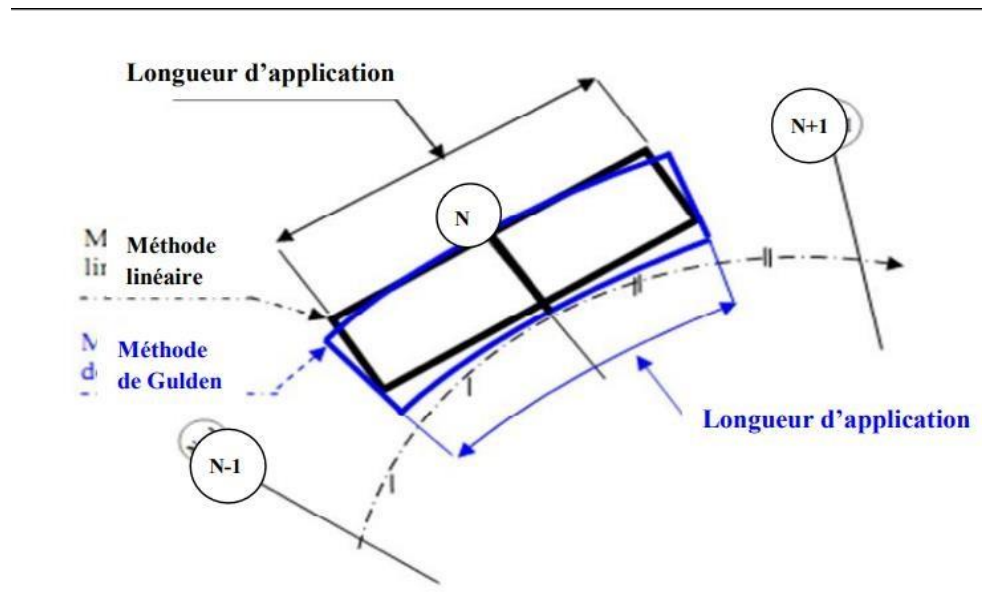


Figure VI.3: Schéma explicatif de la méthode de Gulden.

**VI.3.3. La méthode linéaire :**

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

**VI.4. Application à notre projet :**

**VI.4.1. Cubatures :**

Nous rappelons que la méthode choisie pour le calcul est celle de GULDEN. Pour notre projet le calcul des cubatures s'effectue automatiquement à l'aide du logiciel COVADIS.

Les principaux résultats sont les suivants :

<b>Volume des remblais (m3)</b>	<b>1.262.649,079</b>
<b>Volume des déblais (m3)</b>	<b>2.837.566,456</b>

Tableau VI.1: Récapitulation des cubatures.

**VI.5. Conclusion :**

D'après les résultats obtenus par le logiciel COVADIS, on constate que le volume de déblais est supérieur à celui de remblais. Donc il faudrait chercher une zone de dépôt.

# **Chapitre VII**

## **Hydraulique et assainissement**

**VII.1. Introduction :**

La présente étude hydraulique, nécessite la connaissance des données hydrauliques pour la détermination des débits de crues de différentes fréquences (décennal, cinquantaine, centennales) aux diverses traversées de la route par les écoulements naturels.

L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et à réaliser pour récolter et évacuer toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines, c'est à dire :

- ✓ L'assèchement de la surface de circulation par des pentes transversale et longitudinale, par des fossés, caniveaux, cunettes, rigoles, gondoies, etc....
- ✓ Le drainage : ouvrages enterrés récoltant et évacuant les eaux souterraines (tranchées drainantes et canalisations drainantes).
- ✓ Les canalisations : ensemble des ouvrages destinés à l'écoulement des eaux superficielles (conduites, chambre, cheminées, sacs, ...)

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

**Pour les talus :**

- ✓ Glissements ;
- ✓ Erosion ;
- ✓ Affouillements du pied de talus.

**Pour les chaussées :**

- ✓ Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées) ;
- ✓ Désenrobage ;
- ✓ Nids de poule (dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée avec un important trafic) ;
- ✓ Décollement des bords (affouillement des flancs).

**VII.2. Assainissement de la chaussée :**

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

- Les réseaux de collecte longitudinaux.
- Les ouvrages transversaux.
- Les ouvrages de raccordement.

- Les ouvrages de contenance et de dépollution.
- Les exutoires.

### VII.2.1. Réseaux de collectes longitudinaux :

✚ **Réseaux longitudinaux sur la plate-forme** : on distingue :

- **Le réseau de terre-plein central** : a pour fonction de collecter et d'évacuer les eaux issues du TPC et de la demi-chaussée déversée.
- **Le réseau de pied de talus de déblai** : ce réseau a pour fonction de collecter les eaux issues du ruissèlement du talus de déblai, de la chaussée, de la bande d'arrêt d'urgence et de la berme, en général on réalise une cunette ou un fossé de faible profondeur enherbée ou revêtue.
- **Le réseau de crête de talus de remblai** : a pour fonction de canaliser l'eau issue du ruissèlement de la chaussée pour éviter son déversement en rive sur le talus de remblai. Il protège le talus routier contre toute altération, en général, on prévoit ce type d'ouvrages dès que la hauteur du talus de remblai dépasse 4m ou 2 m pour les régions exposées à une intensité pluvieuse importante. En section courante l'ouvrage peut être constitué de caniveaux rectangulaires en béton, de bourrelets ou de bordures.

✚ **Réseaux longitudinaux en dehors de la plate-forme** : on distingue :

- **Réseau de crête de talus de déblai** : son rôle est d'éviter l'érosion du talus et les infiltrations susceptibles de compromettre la stabilité du talus. Il intercepte les eaux de ruissèlement du bassin versant naturel modifié par le tracé routier ; les ouvrages utilisés peuvent être des fossés trapézoïdaux, fossés triangulaires ou des 1/2 buses.

✚ **Réseau de pied de talus de remblai** : ce réseau doit collecter toutes les eaux de l'impluvium routier, gravitairement pour les diriger vers l'exutoire. L'ouvrage est généralement un fossé trapézoïdal enherbé ou un fossé revêtu en béton lorsque les risques d'érosion sont à craindre.

### VII.2.2. Liaisons transversales :

Comprennent les ouvrages assurant un transfert des écoulements d'un réseau longitudinal vers un autre comme les descentes d'eau superficielles et les descentes d'eau enterrées.

### VII.2.3. Les ouvrages de raccordement :

Il s'agit des regards et des différents raccordements des liaisons transversales avec le réseau longitudinal. Leur bonne exécution dépend du bon fonctionnement du système d'assainissement et de sa pérennité. Le plus souvent, ces ouvrages sont préfabriqués et plus rarement coulés sur place. Il s'agit des :

- **Regards de visite** : nécessaires pour l'entretien et le contrôle des collecteurs enterrés.
- **Regards avaloirs** : servant à l'engouffrement des eaux.

### VII.2.4. Ouvrages de contenance et de dépollution :

On a plusieurs types d'ouvrages comme fossés enherbés, bassins sec et fossés subhorizontaux enherbés.

### VII.2.5. Les exutoires :

L'exutoire est considéré comme le point de sortie d'un réseau d'assainissement ou d'un bassin versant. On en a plusieurs types :

- **Exutoires naturels** : comme les cours d'eaux et les canaux...
- **Exutoires artificiels** : comme canalisation d'un réseau d'assainissement existant, fossé bassin d'infiltration....

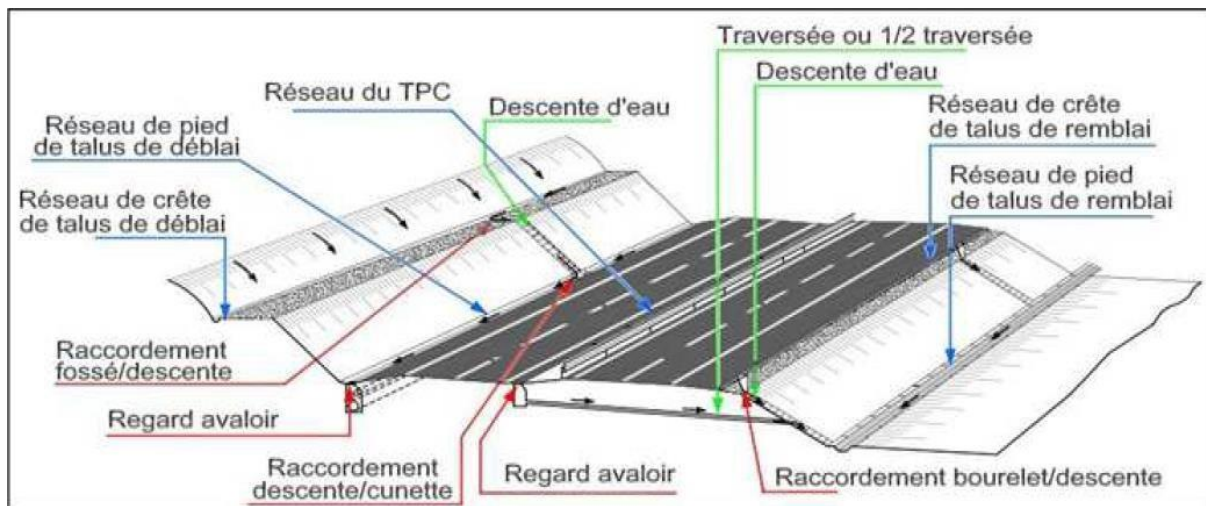


Figure VII.3: Différents ouvrages d'assainissement.

### VII.3. Objectifs de l'assainissement :

L'assainissement des chaussées doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée.

- Assurer l'évacuation des eaux s'infiltrant à travers du 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).

Ces objectifs seraient atteints par une bonne installation (dans la zone en déblai et les points bas) d'ouvrages d'évacuations (fossés, dalots, buses ...etc. Selon le cas), leurs dimensions seront en fonction du débit des eaux recueillis.

#### **VII.4. Détermination des bassins versants :**

Un bassin versant correspond à l'ensemble de la surface qui reçoit les eaux qui circulent vers un même cours d'eau ou vers une même nappe d'eau souterraine.

Il se délimite par des lignes de partage des eaux entre les différents bassins. Ces lignes de partage sont des frontières naturelles qui correspondent aux lignes de crêtes. La pluie qui tombe d'un côté ou de l'autre de cette ligne de partage alimentera deux bassins versants situés côte à côte. Le bassin versant d'un fleuve est composé par les sous-bassins versants de ses affluents. Le bassin versant est constitué d'une rivière principale qui prend sa source sur les hauteurs en amont (la tête d'un bassin). Cette rivière s'écoule dans le fond de la vallée pour se jeter dans un fleuve ou rejoindre la mer en aval, à l'exutoire du bassin versant.

Durant son parcours, la rivière collecte l'eau qui vient de tous les points du bassin versant : affluents, pluie, glaciers, eau souterraine.

En amont du bassin, la pente étant plus forte, la force d'eau emporte de petites particules de terre : c'est le phénomène d'érosion. En aval, dans les zones plus calmes, avec une pente et un courant plus faible, les particules de terre se déposent ; c'est la sédimentation.

Chaque bassin versant est unique : par sa taille, sa forme, son orientation, la densité du réseau hydrographique, le relief, la géologie, le paysage de cultures, haies, forêts ou plans d'eau, climat, urbanisation et activités humaines. Tout cela va influencer la qualité des cours d'eau qui le traversent.

#### **VII.5. Dimensionnement des ouvrages d'évacuation :**

Pour évaluer l'ordre de grandeur du débit maximum des eaux de ruissellement susceptibles d'être recueillies par les fossés ou par un exutoire, on peut employer la méthode rationnelle dont nous rappelons très sommairement le principe :

$$Q_a < Q_s$$

Avec :

**Q<sub>a</sub>** : Débit d'apport en provenance du bassin versant ( $m^3/s$ ).

**Q<sub>s</sub>** : Débit d'écoulement au point de saturation ( $m^3/s$ ).

### VII.5.1. Débits d'apports :

Le débit d'un bassin étant la quantité d'eau qui s'écoule dans l'intervalle d'un temps donné, sa gestion dans le milieu urbain a aussi pour but d'éviter des dommages aux propriétés.

Le débit d'apport est calculé en appliquons la méthode Rationnelle :

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

Avec :

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

D'après SETRA, cette formule empirique, a été faite pour les unités suivantes :

- $Q_a$  en ( $\frac{m^3}{s}$ ) valable pour :  $I$  en ( $\frac{mm}{h}$ );  $A$  en ( $Km^2$ );  $K = 0.278$ .
- $Q_a$  en ( $L/s$ ) valable pour :  $I$  en ( $mm/h$ );  $A$  en ( $ha$ ) et  $k = 2.78$ .

### 🚧 Calcul de précipitation :

La précipitation  $P_j$  (%) est obtenue par la formule suivante :

$$PJ(\%) = \frac{P_{jmoy}}{\sqrt{C_v + 1}} \times e^{\frac{U}{\sqrt{\ln(C_v + 1)}}}$$

Avec :

- **P<sub>jmoy</sub>** : Hauteur de la pluie journalière moyenne (mm).
- **C<sub>v</sub>**: coefficient de variation.
- **U**: variable de Gauss (en fonction de la période de retour)

La pluie de référence pour le calcul de dimensionnement des ouvrages correspond à une durée

de pluie t minute et une période de retour de 10 ans, 50 ans, 100 ans. Soit le tableau suivant qui donne les valeurs des variables de gauss, en fonction de la fréquence :

Fréquence	50	20	10	2	1
Période de retour (ans)	2	5	10	50	100
Variable de Gauss (U)	0.00	0.84	1.287	2.05	2.327

*Tableau VII.1: Variables de gauss en fonction de la période de retour.*

**✚ Coefficient de ruissellement «C» :**

Le coefficient de ruissellement « Cr », qui est un indicatif du pourcentage de l’eau ruisselant sur un sol saturé par les précipitations antérieures par rapport à la totalité de l’averse, sera estimé à partir de la méthode de KENESSEY où Cr est la somme de trois coefficients partiels :

$$Cr = C1+C2+C3$$

**C1** : Dépend de la pente P du thalweg principal estimée comme étant égal au rapport de la dénivelée du thalweg (falaises exclues) par sa longueur développée. Ces informations sont obtenues généralement à partir des cartes topographiques disponibles.

Pente (P) (%)	Coefficient
$P \leq 3.5$	0.01-0.05
$3.5 \leq P \leq 11$	0.06-0.10
$11 \leq P \leq 35$	0.12-0.20
$35 \leq P$	0.22-0.3

*Tableau VII.2: Valeurs du coefficient C1.*

**C2** : Dépend de la perméabilité du sol, déterminée à partir des informations concernant la nature du sol et ses caractéristiques.

Perméabilité du sol	Coefficients (C2)
Imperméable	0.22-0.30
Peu perméable	0.10-0.20
Perméable	0.06-0.10
Très perméable	0.05-0.06

*Tableau VII.3: Valeurs du coefficient C2.*

**C3** : Dépend de la couverture végétale du bassin versant. Ces informations seront obtenues à partir d’une inspection visuelle des bassins versants, des photos prises du site et des photos aériennes.

Couverture végétale	Coefficients (C3)
Rocheux	0.22-0.30
Prairie	<b>0.17-0.25</b>
Labours-champs	0.07-0.15
Forets et terrains sableux	0.03-0.05

Tableau VII. 4: Valeurs du coefficient C3.

Pour notre cas :  $Cr = 0.1 + 0.2 + 0.25 = 0.55$

**Intensité de pluie « It » :**

L'intensité de l'averse It est donnée par la formule suivante :

$$I(t, T) = \frac{a(T)}{t^b}$$

Avec :

- **I (t, T) :** Intensité de pluie exprimée en mm/h ;
- **T :** Période de retour exprimée en années ;
- **t=Tc :** Temps de l'averse égal au temps de concentration (h) ;
- « a » et « b » : paramètres de Montana avec b=0.64 ;
- Le paramètre « a » pour les différentes fréquences sont :

T	2	5	10	20	50	100
a(T)	17	23.8	<b>28.3</b>	32.6	<b>38.2</b>	<b>42.3</b>

Tableau VII.5: Valeurs du paramètre de montana « a ».

**Temps de concentration « Tc » :**

La durée « t » de l'averse qui produit le débit maximum Q étant prise égale au temps déconcentration. Dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé respectivement d'après Ventura, Passini, Giandothi, comme suit :

**La formule de VENTURA :**

Lorsque  $A < 5 \text{ Km}^2$ : 
$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}}$$

**La formule de PASSINI :**

Lorsque  $5 \text{ Km}^2 \leq A < 25 \text{ Km}^2$ :

$$t_c = 0.108 \times \left( \frac{\sqrt[3]{AI}}{\sqrt{P}} \right)$$

**La formule de GIADOTTI :**

Lorsque  $25\text{km}^2 \leq A < 200 \text{Km}^2$ :

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

Avec :

**$t_c$** : temps de concentration (heure).

**A** : superficie du bassin versant ( $\text{Km}^2$ ).

**L** : longueur du bassin versant ( $\text{Km}$ ).

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

**VII.5.2 : Débit de saturation ( $Q_s$ ) :**

Le débit de saturation de l'ouvrage d'assainissement est calculé par la formule de MAMING STICKLER :

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

Avec :

**$Q_s$**  : Débit de saturation.

**I** : Pente de l'ouvrage d'évacuation.

**$S_m$**  : Section mouillée.

**RH** : Rayon hydraulique, avec :  $R_h = \text{section de profil mouillé} / \text{périmètre du profil mouillé}$ .

**$K_{ST}$**  : Coefficient de rugosité (MAMING STICKLER).

- Parois en terre :  $K_{ST} = 30$
- En buses métalliques :  $K_{ST} = 40$
- Maçonneries :  $K_{ST} = 50$
- Béton :  $K_{ST} = 70$
- Buses préfabriquées :  $K_{ST} = 80$

**VII.5.3 Dimensionnement des fossés :**

Le profil en travers des fossés est donné dans la figure ci-dessous :

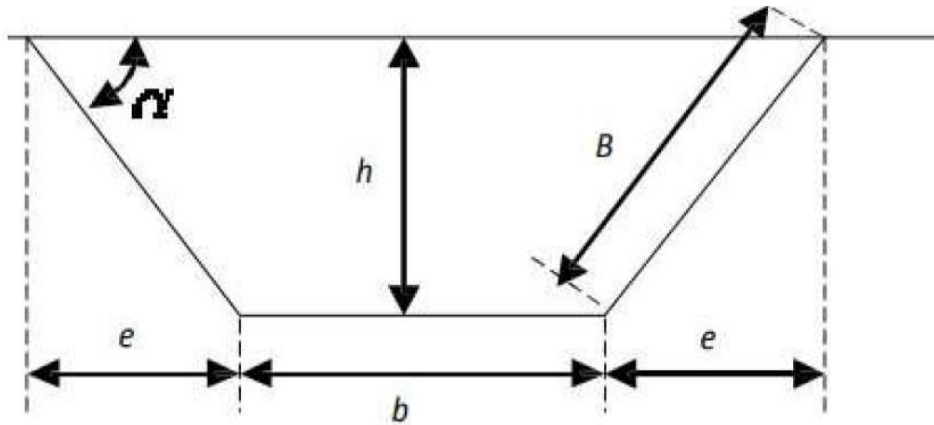


Figure VII.4: Le fossé retenu.

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

$$Qa = Qs$$

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

- $S_m$  : surface mouillée
- $R_h$  : rayon hydraulique :  $R_h = S_m / U$

Avec :

$U, P_m$ : Périmètres mouillés

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

On fixe la base du fossé à ( $b = 100$  cm) et la pente du talus à ( $1/n = 1/1.5$ ) d'où la possibilité de calculer le rayon hydraulique en fonction de la hauteur  $h$ .

✚ **Calcul de la surface mouillée :**

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

$$\text{tga} = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \text{ d'où : } e = n \times h$$

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

$$S_m = h(b + n \times h)$$

✚ **Calcul du périmètre mouillé :**

$$P_m = b + 2B$$

Avec :

$$B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + n^2 \times h^2} = h\sqrt{1 + n^2}$$

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

✚ Calcul du rayon hydraulique :

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

On aura alors :

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

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

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

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

### VII.5.4. Dimensionnement des dalots :

La section du dalot est calculée comme pour le fossé, seulement on change la hauteur du remplissage et la hauteur du dalot.

On fixe la hauteur d'après la configuration du profil en long et on calcule la travée nécessaire et on fixe aussi la hauteur de remplissage à **P=0.8 H**.

On a :

Périmètre mouillé :  $P_m = [12 \times 0.8H] + L$

Section mouillée :  $S_m = 0.8H \times L$

Rayon mouillé :  $R_m = \frac{S_m}{P_m} = 0.8H + \frac{L}{1.6H + L}$

*i*: pente longitudinale de l'ouvrage.

$$Q_s = K_{ST} \times I^{1/2} \times S_m \times R_h^{2/3}$$

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

### VII.6. Application au projet :

Le traitement cartographique consiste à traiter les données de la carte topographique par un logiciel approprié Global Mapper pour la délimitation des bassins versants et la détermination des principales caractéristiques morphométriques de ce dernier (superficie S, longueur du Thalweg Ice, altitude maximale Hmax, altitude minimale Hmin, et pente longitudinale du Thalweg I).

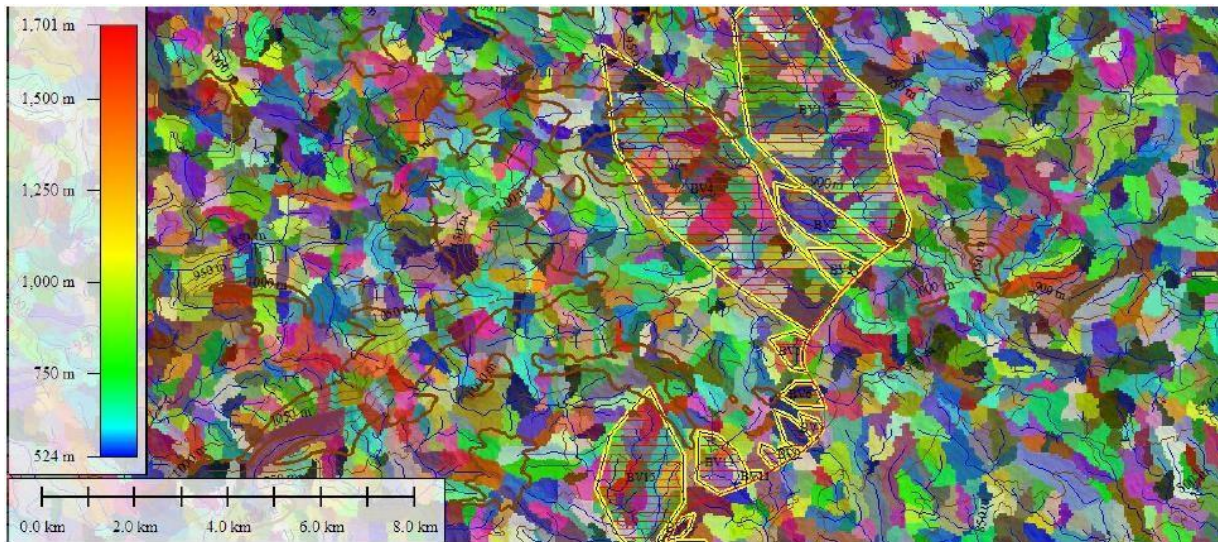


Figure VII.5: Délimitation des bassins versants avec Global Mapper. (Source : Cosider engineering).

### VII.6.1. Délimitation des bassins versants avec Global Mapper :

Les caractéristiques physiques d'un bassin versant conditionnent l'écoulement de ses différents cours d'eau, l'écoulement peut être facilité ou retardé selon que la région est étalée ou non.

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques physiques des bassins versant :

N° BV	Pk(ml)	S(Km2)	P(Km)	Hmax(m)	Hmin(m)	L(Km)	P(m/m)
1	12+325	32.19	33.75	847	15.413	15.413	0.0695
2	13+088	2.05	7.22	862	2.564	2.564	0.0242
3	13+570	0.85	3.94	863	1.201	1.201	0.0204
4	14+500	55.33	42.52	864	13.841	13.841	0.0491
5	15+502	4.38	12.05	886	3.324	3.324	0.0363
6	16+450	0.2	2.11	900	0.589	0.589	0.0535
7	17+145	0.08	1.53	897	0.405	0.405	0.0554
8	17+625	0.09	1.18	909	0.335	0.335	0.0553
9	17+690	0.69	3.96	927	1.338	1.338	0.0263
10	18+132	0.07	1.26	948	0.133	0.133	0.0435
11	18+511	0.22	1.98	936	0.608	0.608	0.0356
12	18+908	0.62	3.36	936	0.918	0.918	0.0299
13	19+323	0.08	1.27	923	0.200	0.200	0.0482
14	19+513	0.15	1.87	930	0.330	0.330	0.0365
15	19+550	0.14	1.6	928	0.988	0.388	0.0395

<b>16</b>	20+250	0.10	1.34	927	0.051	0.051	0.0539
<b>17</b>	22+160	2.10	7.37	929	2.025	2.025	0.0357
<b>18</b>	24+875	0.44	2.93	924	0.648	0.648	0.0399

*Tableau VII.6: Caractéristiques physiques des bassins versants.*

**VII.6.2. Résultats de calcul des débits de notre projet :**

Le tableau ci-dessous résume les résultats des calculs des débits pour les périodes de retour de 10, 50 et 100 ans :

<b>N° BV</b>	<b>Pk(ml)</b>	<b>Tc (h)</b>	<b>I 10 (mm/h)</b>	<b>I 50 (mm/h)</b>	<b>I 100 (mm/h)</b>	<b>Q10 (m3/s)</b>	<b>Q50 (m3/s)</b>	<b>Q100 (m3/s)</b>
<b>1</b>	12+325	1.613	13.33	24.01	31.14	65.60	118.17	153.26
<b>2</b>	13+088	1.168	25.62	34.60	38.31	8.030	10.84	12.008
<b>3</b>	13+570	0.820	32.13	43.37	48.02	4.175	5.636	6.2409
<b>4</b>	14+500	4.869	10.27	21.85	25.35	86.88	184.85	214.45
<b>5</b>	15+502	1.338	23.48	27.06	35.10	15.72	23.50	10.52
<b>6</b>	16+450	0.246	69.43	93.72	103.78	2.123	2.865	3.173
<b>7</b>	17+145	0.153	94.16	127.01	140.64	1.150	1.553	1.720
<b>8</b>	17+625	0.164	89.89	121.49	134.53	1.236	1.671	1.851
<b>9</b>	17+690	0.651	37.27	50.27	55.67	3.932	5.303	5.873
<b>10</b>	18+132	0.157	92.41	124.93	138.34	0.989	1.337	1.480
<b>11</b>	18+511	0.319	58.78	79.36	87.88	1.977	2.669	2.956
<b>12</b>	18+908	0.580	40.12	54.13	59.94	3.803	5.131	5.682
<b>13</b>	19+323	0.158	92.03	124.4	137.78	1.125	1.521	1.685
<b>14</b>	19+513	0.256	67.72	91.36	101.17	1.553	2.320	2.320
<b>15</b>	19+550	0.243	69.95	94.46	104.60	1.497	2.022	2.239
<b>16</b>	20+250	0.175	86.20	116.55	129.06	1.317	1.973	1.973
<b>17</b>	22+160	0.934	29.56	34.05	44.18	9.491	10.93	14.18
<b>18</b>	24+875	0.422	49.16	66.35	73.47	3.307	4.463	4.942

*Tableau VII.7: Débits max des bassins versants pour les périodes de retour de 10, 50 et 100 ans.*

**VII.7. Système de drainage transversal :**

Le système de drainage transversal comprend l'ensemble des dispositifs à mettre en œuvre pour permettre l'écoulement des eaux des bassins versants naturels franchis par notre tracé, à savoir :

- Les buses qui ont pour but d'assurer souterrainement l'écoulement des eaux lorsque leur volume est faible, elles sont dimensionnées pour des périodes de retour de 10ans ;
- Les dalots pour un volume important, qui sont dimensionnés pour des périodes de retour de 50ans.

**VII.7.1. Dimensionnement des buses :**

Le dimensionnement d'une buse résulte de la comparaison entre le débit d'apport et le débit de saturation de cette buse, c'est-à-dire il faut que  $Qa$  soit inférieur à  $Qs$ , donc le principe consiste à chercher le rayon de la buse qui vérifie cette condition.

**Exemple de calcul : calcul du diamètre de la buse :**

Pour  $BVN^\circ = 9 : S = 0.69 \text{ Km}^2 ; L = 1.338 \text{ Km} ; Tc = 0.651 \text{ h} ; I10 = 37.27 \text{ mm/h} ; Q10 = 3.932 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Pour le dimensionnement des buses, on prend :  $Qa = Qs$  ;

Donc la formule de **Manning - Strickler** deviendra :

$$Qa = Qs = Sm \times K_{st} \times RH^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$Sm = \pi \cdot R^2; \quad Pm = 2 \cdot \pi \cdot R; \quad RH = \frac{Sm}{Pm} = \frac{R}{2}$$

Avec :

R : rayon de la buse.

Donc la formule de débit de saturation devient :

$$Qs = Ks \times \pi \times R^2 \times \left(\frac{R}{2}\right)^{2/3} \times I^{1/2}$$

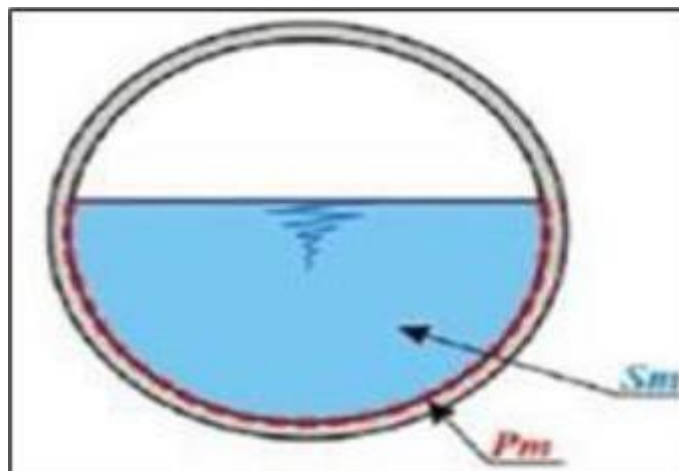


Figure VII.6: Caractéristiques d'une buse.

Donc on aura cette formule pour tirer R :

$$Qa = (\pi \cdot R^2) \cdot K_{st} \cdot (R/2)^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

On prend la pente de pose de l'ouvrage hydraulique à I = 1% ;

$$R = \left( \frac{Qa}{K_{st} \cdot \pi \cdot 0.5^{2/3} \cdot I^{1/2}} \right)^{3/8} = \left( \frac{3.932}{80 \cdot \pi \cdot 0.5^3 \cdot 0.01^2} \right)^{3/8} = 0.5965m = \mathbf{596.5mm}.$$

Le débit est assuré pour un diamètre :  $\emptyset = 2R = 1193mm$ .

Donc pour le BV N°=9, on prend une buse de diamètre  $\emptyset = \mathbf{1200mm}$ .

**Conditions d'auto-curage :**

Dans le cas des eaux pluviales, les conditions d'auto-curage à vérifier sont les suivantes :

- $V > 0.6 \text{ m/s}$  pour  $Q = 0.1 \text{ Qps}$
- $V > 0.3 \frac{m}{s}$  pour  $Q = 0.01 \text{ Qps}$

Pour le calcul de débit à pleine section Qps on utilise la formule de Chézy :

$$Qps = \frac{1}{n} R h^{\frac{2}{3}} \cdot S \cdot I^{\frac{1}{2}} = 70 \times \left( \frac{1.2}{4} \right)^{\frac{2}{3}} \times \frac{\pi \cdot 1.2^2}{4} \times (0.01)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{4 \text{ m}^3/s}.$$

$$Vps = \frac{Qps}{S} = \frac{4 \times 4}{\pi \times 1.2^2} = \mathbf{3.53 \text{ m}^3/s}.$$

$$\frac{Q}{Qps} = 0.1 \rightarrow \frac{V}{Vps} = 0.64 \rightarrow V = \mathbf{2.26 \text{ m/s}} > 0.6 \text{ m/s} \rightarrow \text{Condition vérifiée.}$$

$$\frac{Q}{Qps} = 0.01 \rightarrow \frac{V}{Vps} = 0.32 \rightarrow V = \mathbf{1.129 \text{ m/s}} > 0.3 \text{ m/s} \rightarrow \text{Condition Vérifiée.}$$

**VII.7.2. Dimensionnement des dalots :**

La section transversale des dalots peut avoir diverses formes, les plus utilisées en Algérie sont de forme rectangulaire. Les dimensions des dalots sont en fonction du débit maximum des eaux de ruissellement captées.

**Exemple de calcul :**

Pour BV N° = 17 :  $S = 2.10 \text{ Km}^2$  ;  $L = 2.025 \text{ Km}$  ;  $Tc = 0.934h$  ;  $I50 = 34.05mm/h$  ;  $Q50 = 10.93m^3/s$  ;

Pour le dimensionnement des dalots, on prend :

$$Qa = Qs ;$$

Donc la formule de Manning - Strickler deviendra :

$$Qa = Qs = Sm \times Kst \times RH^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$Sm = 0.8 \times H \times B ;$$

$$Pm = 1.6 \times H \times B ;$$

$$RH = \frac{0.8 \times H \times B}{1.6 \times H \times B};$$

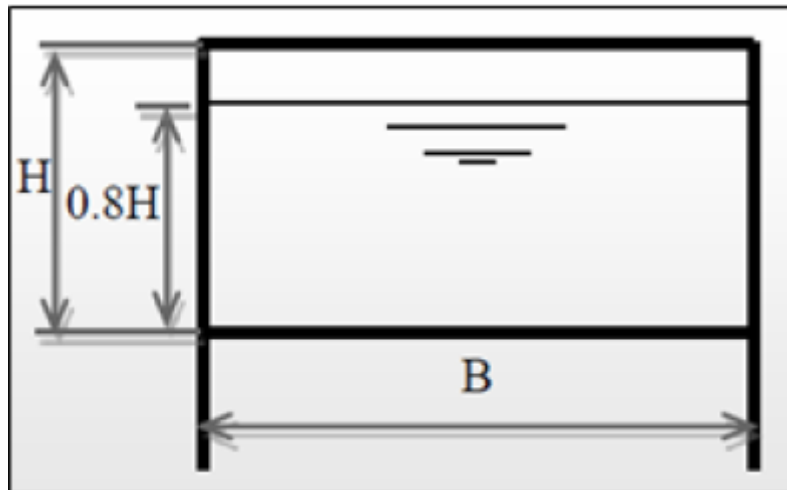


Figure VII.7: Caractéristiques d'un dalot.

$$H = \frac{1}{0.8 * B} \left( \frac{Qa}{Kst.l^2} \right)^{\frac{3}{5}} \cdot (1.6H + B)^{\frac{2}{5}}$$

On fixe  $B = 2.5m$  et par calcul itératif, on trouve :  $H = 2m$ ; Alors on prend un dalot de 2m de hauteur et 2.5m de largeur ( $2.5m \times 2m$ ).

$$V = \frac{Q}{Sm} = \frac{10.93}{4} = 2.73m/s < 4m/s \rightarrow \text{Vérfiée.}$$

$$Hc = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot b^2}} < H \rightarrow Hc = \sqrt[3]{\frac{10.93^2}{9.81 \times 2.5^2}} = 1.24m < H = 2m; \rightarrow \text{Vérfiée.}$$

### VII.8. Système de drainage longitudinal :

Le dimensionnement des fossés dépend du profil en long et les points de refoulement (un drain ou un oued), donc on dimensionne les fossés selon leurs départs et fins.

#### VII.8.1. Fossés de pied de talus en déblai :

Ces fossés sont considérés au pied des talus en déblai afin de drainer la plateforme et les talus vers les exutoires en terre et de section trapézoïdale, ils sont bétonnés lorsque la pente du profil en long dépasse les 3%.

#### Estimation des débits d'apport :

##### 1. Surface de l'écoulement :

On considère la présence des éléments (chaussée, BAU, berme et talus), en calculant le débit d'apport pour chaque élément et le débit total sur leurs sections respectives.

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

$$Qa = Qach + Q_{aBAU} + Qab + Qat$$

Avec :

$Qach = K.I.Cch.Ach$  → Débit rapporté par la chaussée +BDG.

▪  $Q_{aBAU} = K.I.C_{BAU}.A_{BAU}$  → Débit d'apport de la BAU.

▪  $Qab = K.I.Cb.Ab$  → Débit rapporté par la berme.

▪  $Qat = K.I.Ct.At$  → Débit rapporté par le talus.

**Coefficient de ruissellement :**

Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative à des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée. Sa valeur est obtenue en tenant compte des paramètres suivants:

- La pente du bassin versant.
- La perméabilité du sol.
- La couverture végétale.

Il peut être choisi suivant le tableau ci-dessous :

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobés	0.85 à 0.95	0.95
Accotement (Sol légèrement perméable)	0.15 à 0.40	0.40
Talus	0.10 à 0.30	0.30
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

*Tableau VII.8 : Valeurs du coefficient de ruissellement en fonction du type de la chaussée.*

**2. Exemple de calcul de débit :**

Pour  $BV N^{\circ} = 12$  :

a. **La chaussée :  $P = 2.5\%$  ;  $C = 0.95$  :**

▪  $Ach = 10.5 \times 0.918 \cdot 10^{-3} = 9.639 \times 10^{-3} Km^2$ .

▪  $Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.62}{2.5}} = 0.063 h$ .

La période de retour pour le dimensionnement du réseau d'assainissement de la plateforme est égale à 10 ans. Donc :

- $$a(T) = 28.3 ; \text{ et } b = 0.64 ;$$
- $I(t, T) = \frac{a(t)}{t^b} = \frac{28.3}{0.063^{0.64}} = \mathbf{166.038 \text{ mm/h.}}$
  - $Q_{ach} = 0.278 \times 166.038 \times 0.95 \times 9.639 \times 10^{-3} = \mathbf{0.422 \text{ m}^3/\text{s.}}$

**b. La bande d'arrêt d'urgence :  $P = 4\%$  ;  $C = 0.4$  :**

- $A_{BAU} = 3 \times 0.981 \cdot 10^{-3} = \mathbf{2.754 \times 10^{-3} \text{ Km}^2.}$
- $T_{BA} = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.62}{4}} = \mathbf{0.049 \text{ h.}}$

La période de retour pour le dimensionnement du réseau d'assainissement de la plateforme est égale à 10 ans. Donc :

- $$a(T) = 28.3 ; \text{ et } b = 0.64 ;$$
- $I(t, T) = \frac{a(T)}{t^b} = \frac{28.3}{0.049^{0.64}} = \mathbf{195.011 \text{ mm/h.}}$
  - $Q_{BAU} = 0.278 \times 195.011 \times 0.4 \times 2.754 \times 10^{-3} = \mathbf{0.059 \text{ m}^3/\text{s.}}$

**c. La berme :  $P = 8\%$  ;  $C = 0.4$  ;**

- $Ab = 1 \times 0.918 \cdot 10^{-3} = \mathbf{0.918 \cdot 10^{-3} \text{ Km}^2.}$
- $Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.127}{8}} = \mathbf{0.035 \text{ h.}}$

La période de retour pour le dimensionnement du réseau d'assainissement de la plateforme est égale à 10 ans. Donc :

$$a(T) = 28.3 ; \text{ et } b = 0.64 ;$$

- $I(t, T) = \frac{a(T)}{t^b} = \frac{28.3}{0.035^{0.64}} = \mathbf{241.87 \text{ mm/h.}}$
- $Qb = 0.278 \times 241.87 \times 0.4 \times 0.918 \cdot 10^{-3} = \mathbf{0.024 \text{ m}^3/\text{s.}}$

d. Le talus :  $P = 67\%$ ;  $C = 0.3$  ;

- $At = 10 \times 0.918.10^{-3} = 9.18 \times 10^{-3} Km^2$ .
- $Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{0.62}{67}} = 0.012 h$ .

La période de retour pour le dimensionnement du réseau d’assainissement de la plateforme est égale à 10 ans. Donc :

$$a(T) = 28.3 ; \text{ et } b = 0.64 ;$$

- $I(t, T) = \frac{a(t)}{t^b} = \frac{28.3}{0.012^{0.64}} = 479.85 \text{ mm/h}$ .

- $Qt = 0.278 \times 479.85 \times 0.3 \times 9.18.10^{-3} = 0.367 \text{ m}^3/\text{s}$ .

SBV	$S(Km^2)$	$C$	$P(\%)$	$Tc(h)$	$I(t, T)$	$Qa$ $m^3/s$
Chaussée+BDG	9.639 $\times 10^{-3}$	0.65	2.5	0.063	166.038	0.422
BAU	$2.754 \times 10^{-3}$	0.4	4	0.049	195.011	0.059
Berme	0.918 $\times 10^{-3}$	0.4	8	0.035	241.87	0.024
Talus	9.18 $\times 10^{-3}$	0.3	67	0.012	479.85	0.367

*Tableau VII.9: Tableau récapitulatif des résultats des débits des sections bassins versants.*

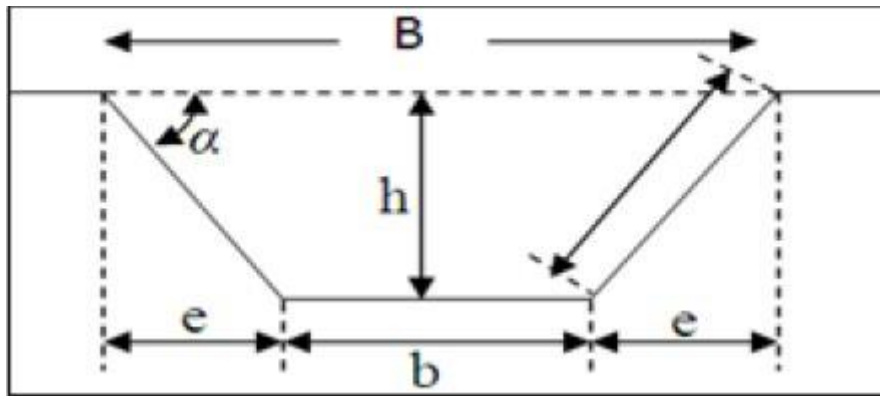
Donc :

$$Qa = Qach + Q_{BAU} + Qab + Qat = 0.422 + 0.059 + 0.024 + 0.367 = 0.872 \text{ m}^3/\text{s}.$$

**3. Calcul du débit de saturation :**

$$Qa = Qs = Sm \times Kst \times RH^{2/3} \times I^{1/2}$$

**kst:** Coefficient d’écoulement de Manning – Strickler = 70 (au béton coulé sur place).



*Figure VII.6: Caractéristiques d'un fossé.*

**4. Calcul de la hauteur h :**

On dimensionne les fossés par rapport aux débits de calcul d'une période de retour de 10ans. On a : Pour les fossés en béton :  $Kst = 70$  et la pente longitudinale de fossé  $I = 25\%$ . On fixe  $b = 0.4m$ , et on calcule  $Qs$  pour les différentes valeurs de  $h$ .

- $Sm = b \times h + 2 \left(\frac{eh}{h}\right).$
- $Pm = b + 2 \cdot \sqrt{h^2 + e^2}.$
- $Rh = \frac{Sm}{Pm} = \frac{b \times h + 2 \left(\frac{eh}{h}\right)}{b + 2 \cdot \sqrt{h^2 + e^2}}.$

On aura :

$$h = \left(\frac{Qa}{Kst \cdot b \cdot I^{1/2}}\right)^{3/5} \cdot \frac{(1 + 2\sqrt{2} \cdot \frac{h}{b})^{2/5}}{1 + \frac{h}{b}}$$

Pour  $h = 0.4m$ , on trouve  $Qs > Qa$ , Donc le débit d'apport est nettement inférieur à celui de saturation, ce qui signifie que les dimensions du fossé proposées sont largement suffisantes pour faire passer les apports du bassin versant.

Donc pour assurer la sécurité et faciliter l'entretien de notre infrastructure, On propose des fossés de dimensions : ( $b = 40cm, h = 40 cm$ ).

**VII.9. Conclusion :**

Pour permettre la collecte et l'acheminement des eaux de ruissellement de la plateforme jusqu'à leur point d'évacuation.

Les ouvrages hydrauliques présentés ci-dessus sont des ouvrages qui permettent de collecter les eaux de ruissellement, les différents ouvrages transversaux et longitudinaux ont été dimensionnés en fonction du débit et de la période de retour pour évacuer ces eaux vers des

exutoires et ainsi assurer la pérennité de l’infrastructure.

Ces ouvrages passent souvent inaperçus tant qu’ils jouent leur rôle. Leur dysfonctionnement peut avoir de graves conséquences (inondation, inaccessibilité, destruction de la chaussée...). D’après l’étude hydraulique de notre projet, on déduit que, notre tracé comporte un volet de travaux important en termes d’ouvrages de drainage longitudinaux et transversaux.

Les résultats sont récapitulés des ouvrages d’évacuation des eaux et leur dimensionnement sur tout le tronçon dans le tableau ci-dessous :

N°BV	Pk(ml)	S(Km2)	P(Km)	Écoulement (Km)	Ouvrage	Dimensions
1	12+325	32.19	33.75	2.192	Dalot	2 × (4 * 4)m <sup>2</sup>
2	13+088	2.05	7.22	0.705	Buse	3x Ø =1200mm
3	13+570	0.85	3.94	0.638	Buse	2x Ø =1200mm
4	14+500	55.33	42.52	3.036	Dalot	3x(4x4) m <sup>2</sup>
5	15+502	4.38	12.05	0.846	Dalot	2x (2.5x2.5) m <sup>2</sup>
6	16+450	0.2	2.11	0.25	Buse	1x Ø =1200mm
7	17+145	0.08	1.53	0.125	Buse	1x Ø =1000mm
8	17+625	0.09	1.18	0.345	Buse	1x Ø =1000mm
9	17+690	0.69	3.96	0.452	Buse	1x Ø =1200mm
10	18+132	0.07	1.26	0.135	Buse	1x Ø =1000mm
11	18+511	0.22	1.98	0.608	Buse	1x Ø =1200mm
12	18+908	0.62	3.36	0.918	Buse	1x Ø =1200mm
13	19+323	0.08	1.27	0.200	Buse	1x Ø =1000mm
14	19+513	0.15	1.87	0.202	Buse	1x Ø =1000mm
15	19+550	0.14	1.6	0.275	Buse	1x Ø =1000mm
16	20+250	0.10	1.34	0.241	Buse	1x Ø =1000mm
17	22+160	2.10	7.37	0.704	Dalot	1x (2.5x2) m <sup>2</sup>
18	24+875	0.44	2.93	0.424	Buse	1x Ø =1200mm

*Tableau VII.8 : Tableau récapitulatif des ouvrages hydrauliques et leurs dimensions.*

# **Chapitre VIII**

## **Equipements de la route**

**VIII.1. Introduction :**

Après avoir traité la conception de projet routier tels qu'étude géotechnique, géométrique ainsi le dimensionnement du corps du chaussée dans les chapitres précédents, nous traitons maintenant dans ce chapitre suivant la sécurité. Alors afin de rendre le trafic plus facile et de bien garantir aux usagers les meilleures conditions de sécurité, à savoir l'équipement (la sécurité, la signalisation et l'éclairage).

**VIII.2. Sécurité :**

La route une fois réalisée, certains équipements doivent être présentés pour améliorer la sécurité, et de guider l'automobiliste,

**VIII.2.1. Dispositifs retenus :**

Les dispositifs de retenue représentent eux même des obstacles. Pour cela ils ne doivent pas être implantés ou placés sauf si le danger existe en leur absence.

Les dispositifs de retenue implantés sont :

**a. Glissières de sécurité**

Elles sont classées, selon leur performance, en trois niveaux ou catégories, comme suit :

- **Les glissières de niveau 1** : elles sont spécialement adoptées pour les routes principales (les grands axes routiers)
- **Les glissières de niveau 2 et 3** : elles peuvent être mises dans une situation où la vitesse pratiquée est faible à leurs endroits. On peut l'estimer à environ 60km/h. En ce qui concerne les autres types de routes, les glissières doivent être requises dans les deux cas suivants :
  - ✓ **Sur terre-plein central (TPC)** : Il est éventuellement spécialisé pour les cas des routes à double chaussés.
  - ✓ **Sur accotement** : Les glissières sont illustrées dans les situations suivantes :
    - En présence d'obstacles durs ou autres configurations agressives.
    - Lorsque la hauteur des remblais dépasse 4 mètres ou en présence d'une dénivellation brutale plus 1mètre.

Pour Les autres cas, des glissières peuvent être placées si certains problèmes sont présents.

Il est nécessaire de mentionner cependant, que :

- ✓ Les glissières doivent être à distance des voies, afin de respecter les dégagements de sécurité nécessaires.
- ✓ Il faut vérifier qu'elles ne gênent pas la visibilité.

**b. Murettes de protection en béton armé :**

L'implantation de ce type d'ouvrages requiert des prescriptions particulières, qui doivent être prises en compte lors de la conception des projets.

Leur mise en place (au lieu d'une simple glissière) est prise en compte lorsque le danger potentiel représenté par la sortie d'un véhicule lourd de la chaussée, notamment d'un véhicule de transport public, est important, en particulier dans les cas suivants :

1. La section ou la route surplombe directement sur la mer.
2. Lorsque la haute de dénivellation dépasse 10 mètres.

**VIII.2.2. Passerelle pour le passage des piétons :**

Compte tenu du fait que le tracé de notre projet coupe une zone d'habitation, il est nécessaire donc de permettre aux piétons de traverser l'autoroute. C'est la raison pour laquelle la passerelle doit être envisagée.



*Figure VIII.1: Passerelle pour le passage piétons.*

**VIII.2.3. Application au projet :**

Pour notre cas, des glissières de sécurité rigides sont prévues tout le long de l'itinéraire, elles sont implantées sur terre-plein central TPC et en présence d'un TPC de 2m, il convient d'adopter un dispositif de retenue constitué d'une glissière en béton. On doit prévoir des sections revêtues et protégée dans le TPC, qui seront utilisées en cas d'urgences ou d'accidents, pour permettre aux éléments de la protection civile d'évacuer les blessés vers l'hôpital le plus proche.



*Figure VIII.2: Glissière métallique.*

### **VIII.3. Signalisation routière :**

La signalisation routière joue un rôle important dans la mesure où elle permet à la circulation de se développer dans de très bonnes conditions (vitesse, sécurité). Elle doit être uniforme, continue et homogène, afin de ne pas fatiguer l'attention de l'utilisateur par une utilisation abusive de signaux.

#### **VIII.3.1. Définition :**

La signalisation routière désigne l'ensemble des signaux conventionnels implantés sur le domaine routier et destiné à la sécurité des usagers de la route, soit en les informant des dangers et des prescriptions relatifs à la circulation ainsi que des éléments utiles à la prise de décisions, soit en leur indiquant les repères et équipements utiles à leurs déplacements.

#### **VIII.3.2. Types de signalisation :**

Il existe deux (02) types de signalisation :

- ✓ Signalisation verticale.
- ✓ Signalisation horizontale.

##### **a. Signalisation verticale**

Elle se fait avec des panneaux, ces derniers sont des objets qui transmettent un message visuellement par leur **emplacement, couleur, type** et leur **forme**. Elle peut être classée en quatre catégories :

##### **✚ Signaux de danger :**

Les dangers sont indiqués par des panneaux triangulaires, qui doivent être placés à 150 mètres devant l'obstacle à signaler (signalisation avancée).

##### **✚ Signaux comportant une prescription absolue :**

Panneau de forme circulaire, on trouve :

- ✓ L'interdiction.
- ✓ L'obligation.

- ✓ La fin de prescription.

### + **Signaux à simple indication :**

Panneaux généralement de forme rectangulaire, parfois terminés de flèche :

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

### + **Signaux de position de dangers :**

Toujours déployés en pré-signalisation, ils sont d'un emploi peu fréquent dans l'environnement urbain.

#### **b. Signalisation horizontale :**

Elle concerne uniquement les marques sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation, avertir ou guider les usagers. Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussées, et pour certains marquages spéciaux, on utilise d'autres couleurs dans les conditions suivantes :

- **Le jaune** pour :
  - ✓ Les marques interdisant l'arrêt ou le stationnement.
  - ✓ Les lignes zigzag indiquant les arrêts d'autobus.
  - ✓ Le marquage temporaire.
- **Le bleu**, éventuellement pour les limites de stationnement.
- **Le rouge**, pour les damiers rouge et blanc matérialisant le début des voies de détresse.

La signalisation horizontale se divise en trois types :

- ✓ Marquage longitudinal.
- ✓ Marquage transversal.

✓

Autre marquage.

### + **Marquage longitudinal :**

- **Lignes continues** : Elles ont un caractère impératif (non franchissables sauf du où elles sont doublées par une ligne discontinue). Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit.
- **Lignes discontinues** : elles se différencient par leur module, ça veut dire le rapport de la longueur des traits à intervalles. On distingue :

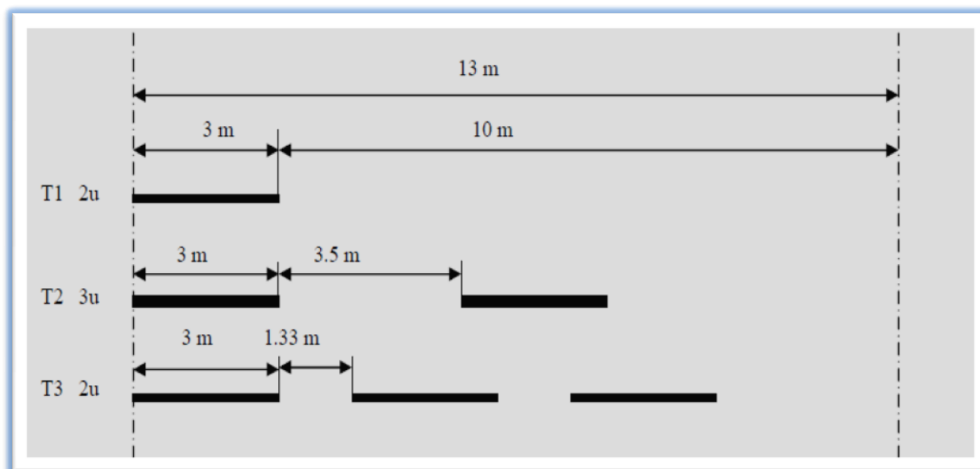
- ✓ **Les lignes axiales** ou lignes de délimitation de voies pour lesquelles la longueur des traits est égale au tiers de leurs intervalles.
- ✓ **Les lignes de rive**, les lignes de délimitation des voies d'accélération, de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leurs intervalles.
- ✓ **Les lignes d'avertissement de lignes continues**, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement triple de celle de leurs intervalles.
  - **Modulation des lignes discontinues** : Leurs caractéristiques sont données dans le tableau suivant :

Type de Modulation	Longueur de trait (m)	Intervalle entre deux traits successif (m)	Rapport plein /vide
T1	3.00	10.00	1/3
T'1	1.50	5.00	
T2	3.00	3.50	1
T'2	0.50	0.50	
T3	3.00	1.33	3
T'3	20.00	6.00	

*Tableau VIII.1 : Modulation des lignes discontinues.*

Avec :

- ✓ T1 : Ligne axiale ou délimitation de voie.
- ✓ T2 : Ligne de rive.
- ✓ T3 : Ligne délimitation des voies de décélérations ou d'accélération.



*Figure VIII.3: Types de modulation.*

### ✚ Marquage transversal :

- **Lignes transversales continues** : éventuellement tracées à la limite où les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt (ligne STOP).
- **Lignes transversales discontinues** : éventuellement tracées à la limite où les usagers devraient céder le passage aux intersections.
- **Largeur des lignes** : La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route :
  - ✓ U = 7.5cm sur autoroutes et voies rapides urbaines.
  - ✓ U = 6 cm sur les routes et voies urbaines.
  - ✓ U = 5 cm sur les autres routes.

### ✚ Autre marquage :

- ✓ **Les flèches de rabattement** : Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située du côté qu'elles indiquent.
- ✓ **Les flèches de sélection** : Ces flèches situées au milieu d'une voie, signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.
  - Pour piétons.
  - Pour cyclistes.
  - Pour le stationnement.
  - Pour les ralentisseurs de type dos d'âne.

### VIII.3.3. Application au projet :

#### VIII.3.3.1. Signalisation verticale :

- **Signalisation de direction :**



Figure VIII.4: Panneau de direction.

➤ **Signalisation d'interdiction :**



*Figure VIII.5: Panneau d'interdiction.*



*Figure VIII.6: Ligne discontinue.*

- Les lignes blanches continues pour délimiter la chaussée :



*Figure VIII.7: Ligne continue.*

- Les lignes jaunes discontinues pour délimiter la bande d'arrêt d'urgence :



*Figure VIII.8: ligne jaune discontinue.*

- Des flèches qui indiquent les manœuvres des véhicules qui sont permises dans une voie donnée :



*Figure VIII.9 : Les flèches de sélection.*

**VIII.4. Eclairage :**

L'éclairage public doit permettre aux usagers de la voie, de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible, de voir ce qu'il pourra exister comme obstacles sans l'aide des projecteurs de la voiture ou de croisement ; ainsi que, voir tous les éléments de la route (les glissières de sécurité, échangeurs, ...etc.).

**VIII.4.1. Catégories d'éclairage :**

Il existe donc quatre 4 types d'éclairage publics :

- ✓ **Catégorie a** : éclairage général d'une route ou autoroute
- ✓ **Catégorie b** : éclairage urbain par exemple voirie artérielle et de distribution.
- ✓ **Catégorie c** : éclairage des voies de cercle
- ✓ **Catégorie d** : éclairage d'un point singulier soi-disant carrefour ou bien un virage.

**VIII.4.2. Paramètres d'implantation des luminaires :**

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

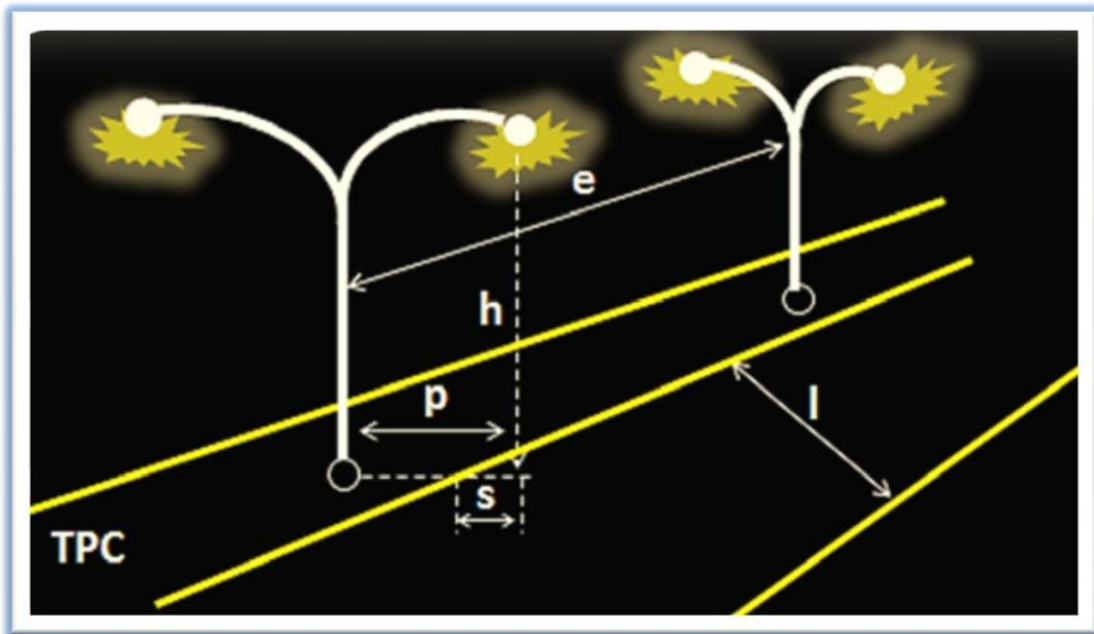


Figure VIII.10: paramètres d'implantation des luminaires.

### VIII.5. Conclusion :

L'exploitation de la route nécessite l'utilisation d'équipement. L'équipement joue un rôle fondamental dans la sécurité routière, c'est la raison pour laquelle il doit être bien positionné et visible. L'équipement routier répond aux certains besoins de l'utilisateur.

# **Chapitre IX**

## **Impact sur l'environnement**

**IX.1. Introduction :**

Le projet routier provoque une fragmentation des écosystèmes. La construction des routes représente une tâche délicate qui est reconnue comme une pratique pouvant avoir un impact négatif sur l'environnement.

Les routes ont des avantages décisifs, cependant leur construction et leur exploitation interrompent l'équilibre de la biodiversité et les infrastructures adéquates.

Les efforts techniques visent à maîtriser, contrôler et minimiser les différents impacts. Il s'agit notamment de la protection des masses d'eau, la faune, la flore et la protection contre le bruit.

**IX.2. Cadre juridique :**

Les études d'impact des projets d'infrastructures algériens sont réalisées conformément au décret algérien n° 90-78. 27 février 1978, selon lequel ces études doivent comprendre :

- ✓ Une analyse détaillée du projet.
- ✓ Une analyse de l'état initial du site et de son environnement.
- ✓ Une analyse des conséquences prévisibles, directe et indirecte, à court, moyen et long terme du projet sur l'environnement.
- ✓ Les raisons, les justifications techniques et environnementales du choix du projet.
- ✓ L'estimation des coûts correspondants à l'étude de ces impacts.

**IX.3. Définition :****➤ Environnement :**

C'est l'ensemble des facteurs biotiques et abiotiques de l'habitat susceptibles d'avoir des effets directs et indirects sur les êtres vivants, y compris sur l'homme.

**➤ Impact sur l'environnement :**

Un impact sur l'environnement constitue toute altération de l'état initial d'un site due à la construction, la modification et l'exploitation d'une installation, quoi qu'il soit le domaine.

**IX.4. Etude d'impact sur l'environnement :**

Malheureusement la mise en œuvre de projets routiers s'accompagne généralement des effets négatifs sur l'environnement qui peuvent être importants. Il existe plusieurs types d'impact, parmi eux, on cite :

**IX.4.1. Impact sur l'agriculture :**

Il est indéniable que l'agriculture est une activité économique importante et inépuisable. Elle joue un rôle nécessaire dans l'environnement. Ce domaine doit être pris en considération tous

les effets sur l'agriculture peuvent être classés comme suit :

- ✓ L'effet de substitution de sol à vocation agricole, et des diminutions des superficies exploitées.
- ✓ L'effet de coupure, entraînant la destruction d'une tranche de la parcelle agricole, et difficultés de travail et de circulation par des allongements de parcours (rupture cheminements).
- ✓ L'effet de modification du régime agricole.

Les contre-mesures pour contenir ces dommages se répartissent en deux catégories :

 **Mesures protectrices :**

La nécessité d'intervenir en amont, lors du choix d'un tracé et de la définition des caractéristiques du projet.

Sinon nous utiliserons :

 **Mesures curatives**

Sont des mesures incluent telles que les restrictions sur les opérations agricoles et des mesures techniques allant de la réhabilitation des réseaux existants à la remise en état des terrains agricoles.

A cet égard, les mesures préventives et correctives suivantes peuvent être prises :

- ✓ Le passage préférentiel en limite d'agglomération et de territoire agricole évitant la coupure de zones agricoles homogènes ;
- ✓ La prise en compte des superficies d'exploitation ;
- ✓ Eviter des zones hydro-agricoles sensibles aux modifications.

### **IX.4.2. Impact sur la nature :**

La biodiversité correspond à l'ensemble de la diversité du monde vivant. Elle englobe la faune et la flore, autrement dit, la totalité des formes qui prennent les êtres vivants (animaux, végétaux et micro-organismes) au sein des environnements.

 **La faune :**

L'impact de la construction et réalisation de routes sur les animaux devrait faire partie des données. Ceci est pris en compte lors de la conception de l'itinéraire, pour rendre la coupure biologique douce « assurer la sécurité biologique » et protéger la faune contre les risques de collision. Des accidents peuvent survenir sur la route lorsque les usagers de la route entrent en collision avec ces animaux.

**+ La flore :**

Les études de rectifications menées sur le terrain permettent d'identifier précisément les groupements végétaux avec le tracé retenu. La connaissance approfondie de la flore locale vise à orienter le choix des espèces à planter sur le talus selon un certain nombre de critères : particularités de la climatologie et du paysage. Les espèces végétales indigènes sont ainsi toujours privilégiées car elles présentent l'intérêt d'être les mieux adaptées au milieu environnant.



*Figure IX.1: Impact sur la faune et la flore.*

**+ Eau :**

Elle s'articule autour de 2 actions : l'écoulement de l'eau et sa protection. L'autoroute ne doit pas perturber l'écoulement des ruisseaux tout, en permettant d'épancher des crues potentielles. Ainsi, pour chaque cours d'eau, grands ou petits, un ouvrage de franchissement est construit.

**IX.4.3. L'impact sur les habitants :**

La destruction, la pollution, le bruit et la sécurité sont parmi les principaux effets des infrastructures autoroutières sur la population.

A ces effets difficiles, voire impossibles à évaluer, s'ajoutent d'autres effets associés.

- ✓ L'effet de bornage d'une ville par projet
- ✓ L'effet de barrière entre deux centres urbains
- ✓ L'effet de destruction au sein des agglomérations.

**+ La destruction :**

Les projets d'aménagement routier nécessitent des fois, la destruction de certaines habitations et le déplacement des habitants de leur lieu de vie ou de

travail, et leur réinstallation ultérieure ailleurs, ce qui peut entraîner des perturbations économiques et culturelles dans la vie des personnes affectées.

Ces effets sont pour :

- ✓ **Economique** : modification des systèmes de production.
- ✓ **Socioculturel** : désorganisation des communautés, et modification culturelle.
- ✓ **Naturel** : modification dans l'exploitation des ressources naturelles.

✚ **Le bruit** : la construction d'une autoroute dans la zone résidentielle affecte la santé humaine en raison de la pollution sonore, qui peut apparaître de plusieurs manières : perte de sommeil, fatigue, baisse de l'acuité auditive.

- **Les remèdes :**

- ✓ Eviter les zones densément peuplées en travaillant en amont sur la configuration tracé.
- ✓ Placer des protections entre les sources de bruit et les récepteurs.
- ✓ Agir sur les façades des bâtiments concernés.
- ✓ Améliorer la couche de roulement, en agissant sur les enrobés au dépend des frottements pour réduire le bruit de la circulation.

✚ **La pollution** : les gaz d'échappement et la poussière du trafic sont la principale cause de la pollution de l'air. Réduire ces effets nécessite de modifier la politique nationale, qui doit certifier ses principaux objectifs :

- ✓ Réduire les rejets des gaz polluants en améliorant le carburant et les moteurs.
- ✓ Utilisation d'autres moyens de transport.
- ✓ Utilisation d'autres sources d'énergie par exemple (énergie renouvelable).
- ✓ Contrôle de la circulation ou le trafic.
- ✓ Contrôle des véhicules et des vitesses.
- ✓ Encourager les plantations dans les zones exposées à la pollution de l'air.

✚ **La sécurité** : certaines procédures doivent être prises en considération :

- a) Afin de garantir la sécurité des piétons, il faut :

- ✓ Implanter des passerelles au niveau des centres qui génèrent la population de la ville.
- ✓ Créer des trottoirs.
- b) Afin d'assurer la sécurité aux automobilistes, il faut :
  - ✓ Diminuer la vitesse surtout au niveau des intersections et des zones urbaines.
  - ✓ Implantation des panneaux de signalisation.

### **IX.5. Méthodologie du choix du type de plantes :**

La méthode adaptée afin de pouvoir porter un choix sur un type donné de plantes se résume comme suit :

- ✓ Choisir les espaces végétales disponibles localement.
- ✓ Les implantations doivent préserver la visibilité.

### **IX.6. Intérêt de la végétation :**

Il faut prendre soin des plantes. A cet égard l'intérêt de la végétation se compose de ces points suivants :

- ✓ Sur le plan technique.
- ✓ Sur le plan sécuritaire.
- ✓ Sur le plan paysager.
- ✓ Sur le plan écologique.
- **Sur le plan technique :**
  - ✓ Elle réduit l'érosion superficielle des sols
  - ✓ Elle régule les débits d'eau et draine les talus.
  - ✓ Les plantations de terre-plein central ont une fonction anti-éblouissement
  - ✓ Les plantations peuvent jouer un rôle dans la stabilisation des talus et de balisage.
- **Sur le plan sécuritaire :**

Elle contribue à l'orientation des usagers et à la compréhension du trajet.
- **Sur le plan paysager :**

Ces plantations autorisent une meilleure intégration de l'aménagement dans la nature
- **Sur le plan écologique :**

Les implantations formeront un lieu de vie pour la faune et la flore, participeront au cycle biologique et serviront à atténuer certains polluants. Les plantations peuvent avoir un rôle de stabilisation des talus et de balisage.

**IX.7. Conclusion :**

Chaque action de construction a un impact sur l'environnement. L'objectif est de réduire au maximum cet impact, tout en protégeant les ressources naturelles au cours des trois étapes de vie des routes (conception, construction et exploitation) qui doivent être prises en compte dans le cadre de l'aménagement du territoire.

# **Conclusion générale**

## Conclusion Générale

Notre projet de fin des études intitulé « étude en APD d'un tronçon de la pénétrante autoroutière reliant le port de Cherchell à l'autoroute Est-Ouest sur 12 km, du PK12+000 au PK24+000 », nous a permis d'approfondir et compléter nos connaissances acquises, tout au long de notre formation au sein de notre U.M.M.T.O.

Le tracé géométrique en plan a été ajusté de manière à répondre aux normes en vigueur et de minimiser au maximum l'atteinte à l'environnement et l'interférence avec les obstacles physiques (reliefs vallonnés, lignes électriques, etc.), qui pourraient engendrer des coûts supplémentaires.

La géométrie en long, a été ajustée de manière à essayer de trouver un équilibre satisfaisant entre les volumes de déblais et de remblais, un bon écoulement des eaux de ruissèlement, tout en évitant de dépasser la déclivité maximale préconisée par le règlement.

En termes de technicité, durant l'élaboration de cette étude, nous avons rencontré des multiples problèmes techniques, auxquels nous avons proposé des approches et des solutions, les plus adéquates possibles.

Bien qu'aborder d'une manière sommaire, les parties telles que l'assainissement, le calcul des cubatures et la signalisation routière, ça nous a montré d'autres aspects d'un projet routier.

Ce modeste travail, nous a permis d'avoir une meilleure maîtrise des logiciels utilisés, qui nous ont été indispensables pour la concrétisation de ce projet, dans les délais impartis et avec une qualité de rendu appréciable, en l'occurrence les logiciels COVADIS, AutoCad, Alizé et Global Mapper.

Enfin, l'élaboration de ce travail a été bénéfique pour nous, et nous a ouvert les portes du monde professionnel.

# Références bibliographiques

## Références bibliographiques :

- B40 : Les normes technique des études routières en Algérie B40, ministère des travaux publics, Direction des études générales et de la réglementation technique, Octobre 1977.
- C.T.T.P : Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves, fascicules 1, 2, 3, Novembre 2001.
- Cours « Route 1-2 », spécialité : Travaux publics, Mme KHAL Nassima, U.M.M.T.O,2019.
- Cours de conception et dimensionnement des routes master1, spécialité : Travaux publics, Mme GHANEM Fadhila, U.M.M.T.O, 2021/2022
- GERVREAU, E : Calcul des fondations et ouvrages en terre, France, 2016.
- HAFFAF M'BARK, CHABIRA BELKHIR, modernisation de la RN24 avec valorisation du sable dans le grave-ciment comme couche de fondation ; mémoire de fin d'études, Université Djelfa, 2015/2016
- ICTAAL : Instructions sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison Édition 12 Décembre 2000.
- ICTAAL : Instructions sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison Édition mai 2015.
- KALLI Fatma-Zohra née RAHAL, GOUMETTRE Ahmed, Manuel de projet route. Ecole National travaux publics, Alger ; OPU 2012.
- MEDDAHI Kamal, Etude d'un tronçon de la liaison autoroutière reliant le port de Bejaia L'autoroute Est-Ouest du PK93+000 au PK100+000 avec conception d'un échangeur, mémoire de fin d'études, École Nationale Supérieure des Travaux Publics, Algérie 2015.
- MOUAZER Raounak, MAKHLOUF Abderrahim, Etude d'un tronçon de 5km de la pénétrante autoroutière reliant la ville de Tizi-Ouzou à l'autoroute est-ouest au niveau de Djebahia sur 48Km. Mémoire de fin d'études, Université MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU. 2020.
- MOUSSAOUI Hamid, ADDAD Ouassim, étude d'un tronçon de la liaison Freha-Azzefoun sur un linéaire de 6.4km avec conception d'échangeur. Mémoire de fin d'études. Université de MOULOUD MAMMARI TIZI OUZOU, 2021/2022
- NOUI Ahmed, HANNANI Ahmed ; dédoublement de la route nationale RN92 entre SAIDA et EL-HESSASNA sur 18km du PK 91.000 au 109.000. Etude du lot N2 sur

5km duPK91+225.000 au 96+225.000. Mini mémoire ; Université HASSIBA ENBOUALI, CHLEF, 2020/2021

- SABER SELMA, RIHANE RANIDA, MOUNSI TAOUS, « Etude d'un tronçon de la voie expresse reliant (DRAA EL MIZAN-Ain AL HAMMAM), sur un linéaire de PK0+020 au PK4+200 », U.M.M.T.O, 2019/2020.
- SETRA : Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves. LCPC. (Paris, 1998).
- SETRA : Guide technique, Assainissement routier, Octobre 2006.

# Annexes



Profil dessiné par COVADIS

Profil en long n° : 1

- Déblai : 349.40 m<sup>2</sup>
- BB : 1.68 m<sup>2</sup>
- GB2 : 6.09 m<sup>2</sup>
- BORDURE : 0.06 m<sup>2</sup>

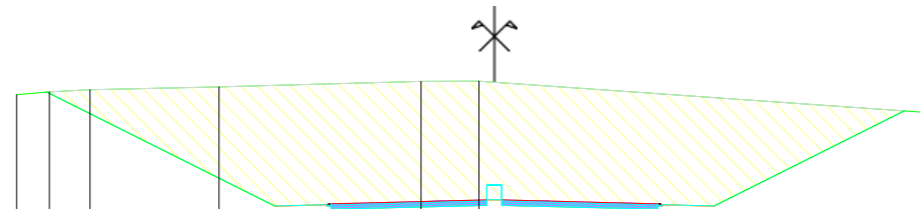
### Profil n°: P15

Abscisse : 1400.000 m

Echelle des longueurs : 1/500

Echelle des altitudes : 1/500

profil <= Profils types => profil



Gisement : 254.079 gr

PC : 81.00 m

Altitudes TN	103.95	104.16	104.28	104.48	104.85	104.86	102.72
Distances à l'axe TN	-32.172	-28.970	-27.228	-18.553	-4.938	-1.037	29.613
Distances partielles TN	2.203	2.742	8.675	13.615	3.901	30.650	
Altitudes Projet				96.45	96.61	96.87	96.54
Distances à l'axe Projet				-14.800	-11.800	0.500	11.300
Distances partielles Projet				3.500	10.500	10.500	3.500

Date : 21/06/2023

Dossier : Dessin1



Profil dessiné par COVADIS

Profil en long n° : 1

- Remblai : 1290.63 m<sup>2</sup>
- BB : 1.68 m<sup>2</sup>
- GB2 : 6.09 m<sup>2</sup>
- BORDURE : 0.06 m<sup>2</sup>

Gisement : 254.079 gr

PC : 42.00 m

Altitudes TN	
Distances à l'axe TN	
Distances partielles TN	
Altitudes Projet	
Distances à l'axe Projet	
Distances partielles Projet	

Date : 21/06/2023

Dossier

PROFIL EN TRAVERS MIXTE (DEBLAIS / REMBLAIS)



Profil dessiné par COVADIS

Profil en long n° : 1

- Remblai : 33.71 m<sup>2</sup>
- Déblai : 4.92 m<sup>2</sup>
- BB : 1.68 m<sup>2</sup>
- GB2 : 6.09 m<sup>2</sup>
- BORDURE : 0.06 m<sup>2</sup>

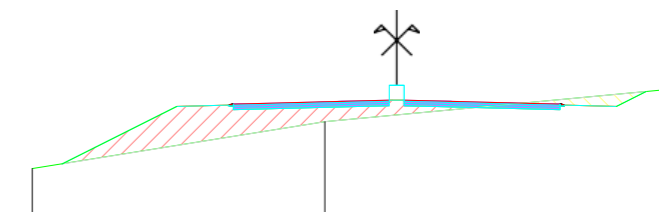
### Profil n°: P17

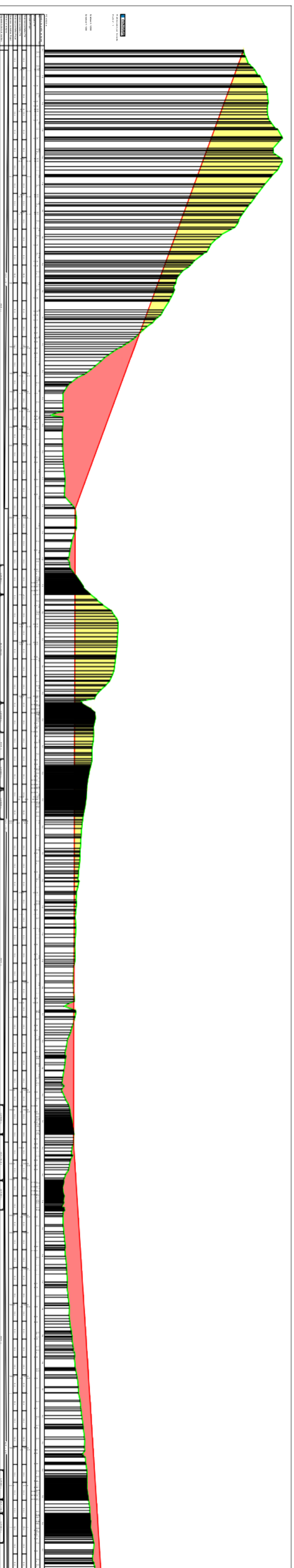
Abscisse : 1600.000 m

Echelle des longueurs : 1/500

Echelle des altitudes : 1/500

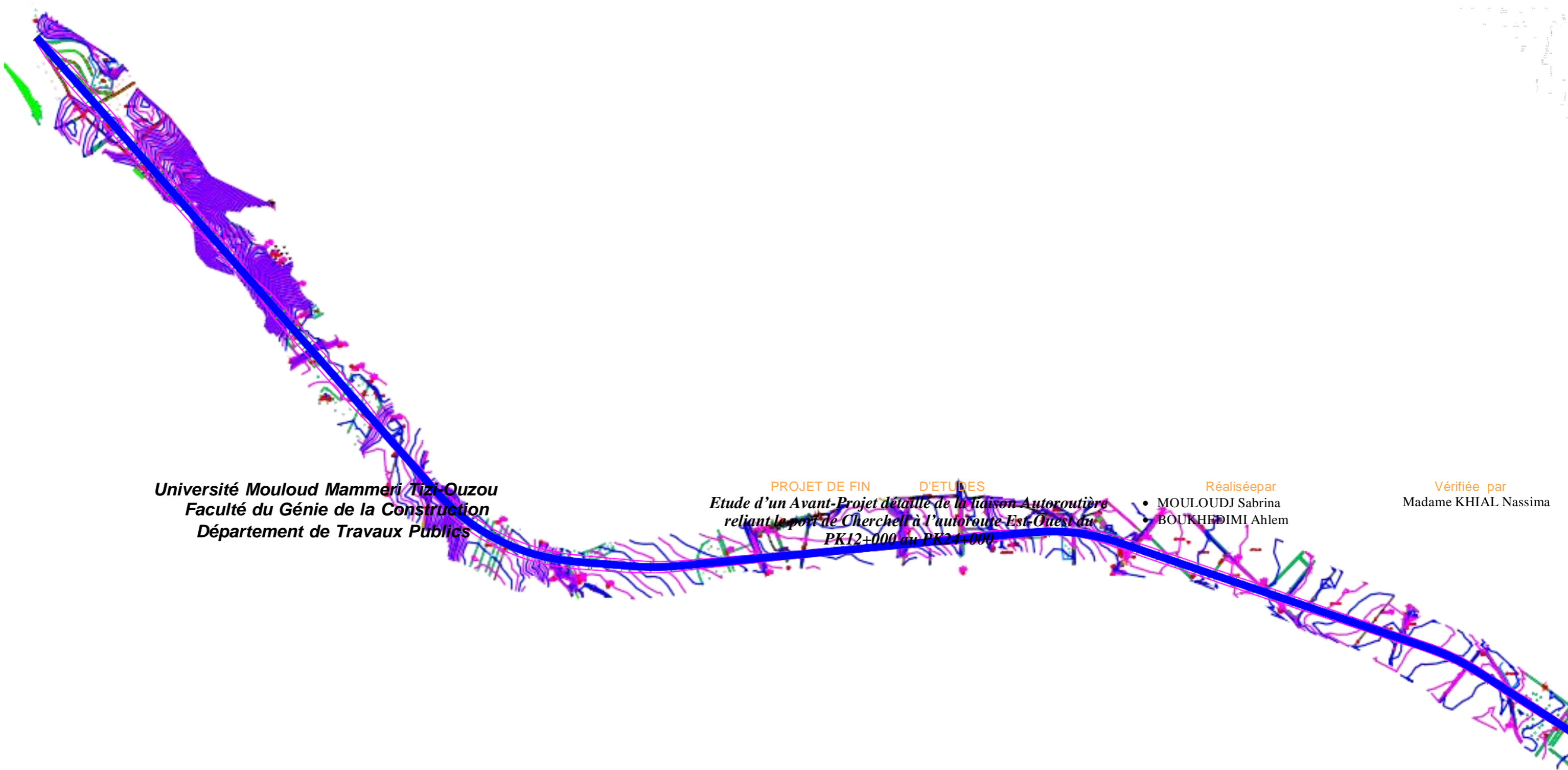
profil <= Profils types => profil





**Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou**  
**Faculté du Génie de la Construction**  
**Département de Travaux Publics**

<p style="text-align: center;"><b>PROJET DE FIN</b>    <b>DETTUDES</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Réalisée par</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MOULOUDI Sabrina</li> <li>• BOUKHEDIMI Ahlem</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Vérifiée par</b></p> <p style="text-align: center;">Madame KHAL Nassima</p>	
<p style="text-align: center;"><i>Etude d'un Avant-Projet détaillé de la liaison  Autoroutière reliant le port de Cherchell à l'autoroute  Est-Ouest du PK12+000 au PK24+000</i></p>			



**Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou**  
**Faculté du Génie de la Construction**  
**Département de Travaux Publics**

**PROJET DE FIN D'ETUDES**  
*Etude d'un Avant-Projet détaillé de la liaison Autoroutière*  
*reliant le port de Cherchell à l'autoroute Est-Ouest du*  
*PK12+000 au PK24+000.*

Réalisée par  
• MOULOUJ Sabrina  
• BOUKHEDIMI Ahlem

Vérifiée par  
Madame KHAL Nassima

## Axe En Plan 'Axe'

Nom du fichier : Dessin1.dwg

Date du listing : 18/06/2023 à 12:16

Éléments caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	154.0789	2874.836	0.000	6345.177	8000.572
Clothoïde 1	Paramètre	407.431	166.000	2874.836	8243.665	5841.770
Arc 1	Rayon	1000.000	605.273	3040.836	8356.660	5720.233
	Centre X	9050.256				
	Centre Y	6440.597				
Clothoïde 2	Paramètre	-407.431	166.000	3646.109	8889.757	5453.561
Droite 2	Gisement	104.9782	146.155	3812.109	9054.777	5436.026
Clothoïde 3	Paramètre	407.431	166.000	3958.264	9200.485	5424.609
Arc 2	Rayon	1000.000	7.240	4124.264	9366.223	5416.227
	Centre X	9361.420				
	Centre Y	6416.215				
Clothoïde 4	Paramètre	-407.431	166.000	4131.504	9373.462	5416.288
Droite 3	Gisement	93.9494	1592.632	4297.504	9539.035	5427.461
Clothoïde 5	Paramètre	-407.431	166.000	5890.135	11124.479	5578.602
Arc 3	Rayon	-1000.000	257.135	6056.135	11290.051	5589.774
	Centre X	11302.094				
	Centre Y	4589.847				
Clothoïde 6	Paramètre	407.431	166.000	6313.270	11544.740	5559.962
Droite 4	Gisement	120.8870	1450.505	6479.270	11703.256	5510.853
Clothoïde 7	Paramètre	-407.431	166.000	7929.775	13076.389	5043.446
Arc 4	Rayon	-1000.000	77.702	8095.775	13231.947	4985.646
	Centre X	12832.337				
	Centre Y	4068.961				
Clothoïde 8	Paramètre	407.431	166.000	8173.477	13301.898	4951.861
Droite 5	Gisement	136.4015	1669.568	8339.477	13443.881	4865.954
Clothoïde 9	Paramètre	407.431	166.000	10009.045	14847.874	3962.482
Arc 5	Rayon	1000.000	128.631	10175.045	14989.856	3876.574
	Centre X	15459.417				
	Centre Y	4759.474				
Clothoïde 10	Paramètre	-407.431	166.000	10303.677	15106.991	3823.635
Droite 6	Gisement	117.6447	1667.008	10469.677	15265.290	3773.829
				12136.684	16868.678	3317.690
<b>Longueur totale de l'axe 12136.684 mètres</b>						

**COVADIS - RECAPITULATIF DES CUBATURES DEBLAI/REMLAI PAR PROFIL - Axe**

Nom du fichier : C:\Users\HP\Desktop\Y\Dessin1.dwg  
Date du listing : 25/06/2023 à 14:48:16  
Profil en long : 1  
Courbe projet : Proj 1

Méthode de calcul : Gulden (Les entrées en terre sont recherchées jusqu'au TN)

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Déblais					Remblais				
			Surf. G (m²)	Surf. D (m²)	Surf. Tot (m²)	Volume (m³)	Cumul Vol. (m³)	Surf. G (m²)	Surf. D (m²)	Surf. Tot (m²)	Volume (m³)	Cumul Vol. (m³)
P01	Pr =0.00m	50.000	1.33	7.27	8.60	429.935	429.935	3.59	0.01	3.60	179.786	179.786
P02	Pr =100.00m	100.000	138.01	192.41	330.42	33042.214	33472.148	0.00	0.00	0.00	0.000	179.786
P03	Pr =200.00m	100.000	399.97	508.21	908.18	90818.150	124290.298	0.00	0.00	0.00	0.000	179.786
P04	Pr =300.00m	100.000	525.04	666.15	1191.19	119119.491	243409.789	0.00	0.00	0.00	0.000	179.786
P05	Pr =400.00m	100.000	680.12	817.77	1497.89	149789.406	393199.195	0.00	0.00	0.00	0.000	179.786
P06	Pr =500.00m	100.000	986.58	1008.76	1995.34	199533.750	592732.944	0.00	0.00	0.00	0.000	179.786
P07	Pr =600.00m	100.000	1077.16	1111.05	2188.21	218820.732	811553.676	0.00	0.00	0.00	0.000	179.786
P08	Pr =700.00m	100.000	1052.92	1090.07	2143.00	214299.858	1025853.533	0.00	0.00	0.00	0.000	179.786
P09	Pr =800.00m	100.000	934.61	967.96	1902.57	190256.684	1216110.218	0.00	0.00	0.00	0.000	179.786
P10	Pr =900.00m	100.000	816.71	880.63	1697.34	169733.811	1385844.029	0.00	0.00	0.00	0.000	179.786
P11	Pr =1000.00m	100.000	733.39	785.10	1518.49	151848.689	1537692.718	0.00	0.00	0.00	0.000	179.786
P12	Pr =1100.00m	100.000	421.33	558.72	980.05	98004.585	1635697.303	0.00	0.00	0.00	0.000	179.786
P13	Pr =1200.00m	100.000	273.45	333.12	606.57	60656.993	1696354.296	0.00	0.00	0.00	0.000	179.786
P14	Pr =1300.00m	100.000	166.89	170.38	337.27	33726.863	1730081.160	0.00	0.00	0.00	0.000	179.786
P15	Pr =1400.00m	100.000	186.37	163.03	349.40	34939.762	1765020.922	0.00	0.00	0.00	0.000	179.786
P16	Pr =1500.00m	100.000	96.11	132.70	228.81	22881.292	1787902.214	0.00	0.00	0.00	0.000	179.786
P17	Pr =1600.00m	100.000	0.00	4.92	4.92	491.588	1788393.802	31.80	1.91	33.71	3370.903	3550.689
P18	Pr =1700.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1788393.802	339.91	163.57	503.48	50348.415	53899.104
P19	Pr =1800.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1788393.802	551.20	412.22	963.42	96342.118	150241.222
P20	Pr =1900.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1788393.802	737.88	704.85	1442.73	144272.718	294513.940
P21	Pr =2000.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1788393.802	651.48	639.14	1290.63	129062.643	423576.583
P22	Pr =2100.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1788393.802	553.08	544.74	1097.82	109781.521	533358.104
P23	Pr =2200.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1788393.802	449.59	440.18	889.77	88977.158	622335.262
P24	Pr =2300.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1788393.802	341.41	326.95	668.36	66836.214	689171.475
P25	Pr =2400.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1788393.802	217.83	202.72	420.55	42055.230	731226.705
P26	Pr =2500.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1788393.802	107.79	119.44	227.23	22723.062	753949.767
P27	Pr =2600.00m	100.000	11.59	14.97	26.56	2655.961	1791049.763	0.00	0.00	0.00	0.000	753949.767
P28	Pr =2700.00m	100.000	0.34	4.32	4.66	466.208	1791515.971	1.50	0.15	1.66	165.676	754115.443
P29	Pr =2800.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1791515.971	38.99	26.08	65.08	6507.711	760623.154

COVADIS Version 16  
(C) Géométrie S.A.S. 1993-2017

P30	Pr =2900.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1791515.971	19.09	23.63	42.72	4272.665	764895.819
P31	Pr =3000.00m	100.000	120.35	58.25	178.60	17779.138	1809295.109	0.00	0.00	0.00	0.000	764895.819
P32	Pr =3100.00m	100.000	395.79	336.04	731.83	73036.855	1882331.964	0.00	0.00	0.00	0.000	764895.819
P33	Pr =3200.00m	100.000	574.83	594.18	1169.01	116932.777	1999264.741	0.00	0.00	0.00	0.000	764895.819
P34	Pr =3300.00m	100.000	560.79	586.83	1147.62	114810.187	2114074.928	0.00	0.00	0.00	0.000	764895.819
P35	Pr =3400.00m	100.000	533.56	563.02	1096.58	109715.102	2223790.030	0.00	0.00	0.00	0.000	764895.819
P36	Pr =3500.00m	100.000	480.09	494.93	975.02	97525.997	2321316.027	0.00	0.00	0.00	0.000	764895.819
P37	Pr =3600.00m	100.000	271.24	252.24	523.48	52298.794	2373614.821	0.00	0.00	0.00	0.000	764895.819
P38	Pr =3700.00m	100.000	219.72	212.66	432.38	43228.427	2416843.248	0.00	0.00	0.00	0.000	764895.819
P39	Pr =3800.00m	100.000	204.09	220.29	424.38	42442.240	2459285.489	0.00	0.00	0.00	0.000	764895.819
P40	Pr =3900.00m	100.000	181.12	203.53	384.65	38465.008	2497750.497	0.00	0.00	0.00	0.000	764895.819
P41	Pr =4000.00m	100.000	164.53	177.89	342.42	34248.145	2531998.641	0.00	0.00	0.00	0.000	764895.819
P42	Pr =4100.00m	100.000	127.95	134.39	262.33	26241.726	2558240.367	0.00	0.00	0.00	0.000	764895.819
P43	Pr =4200.00m	100.000	104.71	115.02	219.73	21983.028	2580223.395	0.00	0.00	0.00	0.000	764895.819
P44	Pr =4300.00m	100.000	75.85	81.07	156.92	15692.979	2595916.375	0.00	0.00	0.00	0.000	764895.819
P45	Pr =4400.00m	100.000	59.62	65.22	124.84	12484.272	2608400.647	0.00	0.00	0.00	0.000	764895.819
P46	Pr =4500.00m	100.000	49.96	56.79	106.75	10674.780	2619075.426	0.00	0.00	0.00	0.000	764895.819
P47	Pr =4600.00m	100.000	38.53	42.14	80.67	8067.254	2627142.680	0.00	0.00	0.00	0.000	764895.819
P48	Pr =4700.00m	100.000	20.74	26.09	46.83	4682.883	2631825.563	0.00	0.00	0.00	0.000	764895.819
P49	Pr =4800.00m	100.000	18.39	21.62	40.01	4001.015	2635826.578	0.00	0.00	0.00	0.000	764895.819
P50	Pr =4900.00m	100.000	17.61	20.95	38.56	3856.238	2639682.816	0.00	0.00	0.00	0.000	764895.819
P51	Pr =5000.00m	100.000	11.46	13.51	24.98	2497.823	2642180.638	0.00	0.00	0.00	0.000	764895.819
P52	Pr =5100.00m	100.000	9.54	12.21	21.75	2174.562	2644355.201	0.00	0.00	0.00	0.000	764895.819
P53	Pr =5200.00m	100.000	1.46	3.26	4.72	471.856	2644827.056	0.34	0.15	0.49	49.408	764945.227
P54	Pr =5300.00m	100.000	9.23	11.90	21.13	2112.933	2646939.990	0.00	0.00	0.00	0.000	764945.227
P55	Pr =5400.00m	100.000	15.59	16.90	32.49	3249.326	2650189.315	0.00	0.00	0.00	0.000	764945.227
P56	Pr =5500.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2650189.315	27.99	18.74	46.73	4673.055	769618.282
P57	Pr =5600.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2650189.315	62.12	60.21	122.33	12233.489	781851.771
P58	Pr =5700.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2650189.315	76.45	73.81	150.26	15025.891	796877.662
P59	Pr =5800.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2650189.315	96.30	77.32	173.62	17362.152	814239.814
P60	Pr =5900.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2650189.315	24.66	26.73	51.39	5138.293	819378.106
P61	Pr =6000.00m	100.000	0.73	0.67	1.40	139.823	2650329.138	0.57	0.62	1.19	118.488	819496.595
P62	Pr =6100.00m	100.000	5.18	6.30	11.48	1146.397	2651475.535	0.00	0.00	0.00	0.142	819496.737
P63	Pr =6200.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	29.62	18.21	47.82	4796.341	824293.078
P64	Pr =6300.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	103.36	76.65	180.00	18038.751	842331.829
P65	Pr =6400.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	129.95	109.02	238.97	23915.697	866247.526
P66	Pr =6500.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	130.28	130.37	260.66	26065.661	892313.187
P67	Pr =6600.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	136.23	138.53	274.77	27476.534	919789.722
P68	Pr =6700.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	139.32	134.39	273.71	27371.351	947161.073
P69	Pr =6800.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	129.92	133.44	263.35	26335.428	973496.501
P70	Pr =6900.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	135.29	138.48	273.76	27376.381	1000872.882
P71	Pr =7000.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	127.34	133.69	261.03	26102.635	1026975.517
P72	Pr =7100.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	129.99	137.43	267.41	26741.428	1053716.944
P73	Pr =7200.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	123.64	118.09	241.73	24172.694	1077889.638
P74	Pr =7300.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	108.14	102.10	210.25	21024.924	1098914.562
P75	Pr =7400.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	97.67	88.37	186.03	18603.344	1117517.906

COVADIS Version 16  
(C) Géométrie S.A.S. 1993-2017

P76	Pr =7500.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	87.68	83.87	171.55	17155.226	1134673.133
P77	Pr =7600.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	70.97	70.01	140.97	14097.212	1148770.345
P78	Pr =7700.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	59.46	59.76	119.22	11921.817	1160692.162
P79	Pr =7800.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	56.69	60.76	117.45	11745.009	1172437.171
P80	Pr =7900.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	58.77	56.57	115.34	11534.270	1183971.440
P81	Pr =8000.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	60.69	55.21	115.90	11593.417	1195564.857
P82	Pr =8100.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	56.38	52.66	109.03	10907.136	1206471.993
P83	Pr =8200.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	50.05	47.17	97.22	9724.145	1216196.138
P84	Pr =8300.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	39.39	37.24	76.63	7663.826	1223859.964
P85	Pr =8400.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	48.77	42.80	91.57	9157.118	1233017.081
P86	Pr =8500.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	36.56	49.91	86.46	8646.324	1241663.406
P87	Pr =8600.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	33.47	34.50	67.97	6796.924	1248460.330
P88	Pr =8700.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	21.68	19.67	41.35	4134.841	1252595.170
P89	Pr =8800.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	17.87	17.41	35.29	3528.948	1256124.118
P90	Pr =8900.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	15.52	14.66	30.18	3017.847	1259141.965
P91	Pr =9000.00m	100.000	0.00	0.00	0.00	0.000	2651475.535	11.06	9.83	20.90	2089.695	1261231.661
P92	Pr =9100.00m	100.000	0.00	0.07	0.07	7.024	2651482.559	3.98	2.17	6.15	615.267	1261846.928
P93	Pr =9200.00m	100.000	0.00	0.46	0.46	46.335	2651528.894	2.38	0.99	3.36	336.419	1262183.347
P94	Pr =9300.00m	100.000	0.22	1.45	1.67	167.224	2651696.117	1.15	0.29	1.44	144.217	1262327.564
P95	Pr =9400.00m	100.000	0.28	0.15	0.43	43.357	2651739.474	1.24	1.47	2.71	271.011	1262598.575
P96	Pr =9500.00m	100.000	3.86	5.69	9.55	955.291	2652694.766	0.07	0.07	0.14	14.067	1262612.642
P97	Pr =9600.00m	100.000	5.53	7.26	12.79	1278.671	2653973.436	0.01	0.01	0.03	2.786	1262615.428
P98	Pr =9700.00m	100.000	6.73	7.83	14.56	1455.555	2655428.992	0.00	0.00	0.00	0.000	1262615.428
P99	Pr =9800.00m	100.000	12.48	13.59	26.07	2606.827	2658035.819	0.00	0.00	0.00	0.000	1262615.428
P100	Pr =9900.00m	100.000	24.22	24.86	49.09	4908.506	2662944.325	0.00	0.00	0.00	0.000	1262615.428
P101	Pr =10000.00m	100.000	32.90	34.22	67.11	6711.502	2669655.827	0.00	0.00	0.00	0.000	1262615.428
P102	Pr =10100.00m	100.000	32.41	33.71	66.12	6612.324	2676268.151	0.00	0.00	0.00	0.000	1262615.428
P103	Pr =10200.00m	100.000	42.76	42.64	85.40	8539.248	2684807.399	0.00	0.00	0.00	0.000	1262615.428
P104	Pr =10300.00m	100.000	38.23	41.67	79.90	7993.762	2692801.161	0.00	0.00	0.00	0.000	1262615.428
P105	Pr =10400.00m	100.000	37.93	42.09	80.02	8004.322	2700805.482	0.00	0.00	0.00	0.000	1262615.428
P106	Pr =10500.00m	100.000	41.25	44.51	85.76	8575.573	2709381.056	0.00	0.00	0.00	0.000	1262615.428
P107	Pr =10600.00m	100.000	49.81	51.00	100.81	10081.024	2719462.079	0.00	0.00	0.00	0.000	1262615.428
P108	Pr =10700.00m	100.000	44.11	57.69	101.80	10179.870	2729641.949	0.00	0.00	0.00	0.000	1262615.428
P109	Pr =10800.00m	100.000	62.72	65.12	127.84	12784.382	2742426.331	0.00	0.00	0.00	0.000	1262615.428
P110	Pr =10900.00m	100.000	57.46	61.99	119.45	11944.578	2754370.909	0.00	0.00	0.00	0.000	1262615.428
P111	Pr =11000.00m	100.000	58.10	62.83	120.93	12092.652	2766463.561	0.00	0.00	0.00	0.000	1262615.428

COVADIS Version 16  
(C) Géométrie S.A.S. 1993-2017

P112	Pr =11100.00m	100.000	56.81	58.05	114.87	11486.666	2777950.227	0.00	0.00	0.00	0.000	1262615.428
P113	Pr =11200.00m	100.000	50.69	53.99	104.69	10468.763	2788418.990	0.00	0.00	0.00	0.000	1262615.428
P114	Pr =11300.00m	100.000	46.12	50.75	96.88	9687.636	2798106.626	0.00	0.00	0.00	0.000	1262615.428
P115	Pr =11400.00m	100.000	44.85	48.39	93.25	9324.849	2807431.475	0.00	0.00	0.00	0.000	1262615.428
P116	Pr =11500.00m	100.000	39.01	39.93	78.94	7893.713	2815325.188	0.00	0.00	0.00	0.000	1262615.428
P117	Pr =11600.00m	100.000	31.13	34.25	65.38	6538.010	2821863.199	0.00	0.00	0.00	0.000	1262615.428
P118	Pr =11700.00m	100.000	29.94	32.39	62.33	6233.295	2828096.494	0.00	0.00	0.00	0.000	1262615.428
P119	Pr =11800.00m	100.000	21.48	24.16	45.64	4564.033	2832660.527	0.00	0.00	0.00	0.000	1262615.428
P120	Pr =11900.00m	100.000	13.84	15.63	29.47	2946.841	2835607.368	0.00	0.00	0.00	0.000	1262615.428
P121	Pr =12000.00m	100.000	5.95	8.48	14.43	1443.219	2837050.588	0.00	0.00	0.00	0.000	1262615.428
P122	Pr =12100.00m	68.342	1.41	2.81	4.22	288.365	2837338.952	0.33	0.16	0.49	33.625	1262649.054
P123	Pr =12136.68m	18.342	5.64	6.76	12.40	227.503	2837566.456	0.00	0.00	0.00	0.026	1262649.079

**COVADIS - LISTING DU PROFIL EN LONG DU PROJET Axe**

Nom du dessin : C:\Users\HP\Desktop\Y\Dessin1  
 Nom du listing : C:\Users\HP\Desktop\Y\Dessin1\_Axe\_1\_PROJET.rtf  
 Date du listing : 18/06/2023 à 12:20:55  
 Axe du projet : Axe ('Axe') du calque Proj01\_PL\_AXES  
 Profil en long : 1  
 Courbe projet : Proj 1

Caractéristiques	Long. 2D (m)	Long. 3D (m)	S = Abscisse (m)	Z projet (m)	(X,Y) en plan	Z TN (m)
			0.000	137.970	6345.177, 8000.572	137.970
Pente = -2.936 %	2561.084	2562.187				
			2561.084	62.785	8036.469, 6077.377	62.785
Pente = -0.021 %	3538.916	3538.916				
			6100.000	62.025	11333.910, 5589.341	62.025
Rampe = 0.511 %	3416.965	3417.010				
			9516.965	79.488	14434.068, 4228.766	79.488
Rampe = 0.382 %	2619.719	2619.738				
			12136.684	89.501	16868.678, 3317.690	89.501
Longueur totale (m)	12136.684					

**COVADIS - TABULATIONS D'A**

Nom du dessin : C:\Users\HP\Desktop\Y\Dessin1.dwg  
 Date du listing : 25/06/2023 à 14:43  
 Axe tabulé : Axe en plan ('Axe') du calque Proj01\_PL\_AXES  
 Courbe de profil : Proj 1

N°	Profil	Abcisse	Gisement (gr)	Elément d'axe	Rayon	Elément PLong
1	P01	Pr =0.00m	0,0000	254,0789	Ligne	P/R
2	P02	Pr =100.00m	100,0000	254,0789	Ligne	P/R
3	P03	Pr =200.00m	200,0000	254,0789	Ligne	P/R
4	P04	Pr =300.00m	300,0000	254,0789	Ligne	P/R
5	P05	Pr =400.00m	400,0000	254,0789	Ligne	P/R
6	P06	Pr =500.00m	500,0000	254,0789	Ligne	P/R
7	P07	Pr =600.00m	600,0000	254,0789	Ligne	P/R
8	P08	Pr =700.00m	700,0000	254,0789	Ligne	P/R
9	P09	Pr =800.00m	800,0000	254,0789	Ligne	P/R
10	P10	Pr =900.00m	900,0000	254,0789	Ligne	P/R
11	P11	Pr =1000.00m	1000,0000	254,0789	Ligne	P/R
12	P12	Pr =1100.00m	1100,0000	254,0789	Ligne	P/R
13	P13	Pr =1200.00m	1200,0000	254,0789	Ligne	P/R
14	P14	Pr =1300.00m	1300,0000	254,0789	Ligne	P/R
15	P15	Pr =1400.00m	1400,0000	254,0789	Ligne	P/R
16	P16	Pr =1500.00m	1500,0000	254,0789	Ligne	P/R
17	P17	Pr =1600.00m	1600,0000	254,0789	Ligne	P/R
18	P18	Pr =1700.00m	1700,0000	254,0789	Ligne	P/R
19	P19	Pr =1800.00m	1800,0000	254,0789	Ligne	P/R
20	P20	Pr =1900.00m	1900,0000	254,0789	Ligne	P/R
21	P21	Pr =2000.00m	2000,0000	254,0789	Ligne	P/R
22	P22	Pr =2100.00m	2100,0000	254,0789	Ligne	P/R
23	P23	Pr =2200.00m	2200,0000	254,0789	Ligne	P/R
24	P24	Pr =2300.00m	2300,0000	254,0789	Ligne	P/R
25	P25	Pr =2400.00m	2400,0000	254,0789	Ligne	P/R
26	P26	Pr =2500.00m	2500,0000	254,0789	Ligne	P/R
27	P27	Pr =2600.00m	2600,0000	254,0789	Ligne	P/R
28	P28	Pr =2700.00m	2700,0000	254,0789	Ligne	P/R
29	P29	Pr =2800.00m	2800,0000	254,0789	Ligne	P/R
30	P30	Pr =2900.00m	2900,0000	253,9575	Clothoïde	P/R
31	P31	Pr =3000.00m	3000,0000	251,0749	Clothoïde	P/R
32	P32	Pr =3100.00m	3100,0000	245,0285	Arc	1000,0000 P/R
33	P33	Pr =3200.00m	3200,0000	238,6623	Arc	1000,0000 P/R
34	P34	Pr =3300.00m	3300,0000	232,2961	Arc	1000,0000 P/R
35	P35	Pr =3400.00m	3400,0000	225,9299	Arc	1000,0000 P/R
36	P36	Pr =3500.00m	3500,0000	219,5637	Arc	1000,0000 P/R
37	P37	Pr =3600.00m	3600,0000	213,1975	Arc	1000,0000 P/R
38	P38	Pr =3700.00m	3700,0000	207,3882	Clothoïde	P/R
39	P39	Pr =3800.00m	3800,0000	205,0063	Clothoïde	P/R
40	P40	Pr =3900.00m	3900,0000	204,9782	Ligne	P/R
41	P41	Pr =4000.00m	4000,0000	204,6441	Clothoïde	P/R
42	P42	Pr =4100.00m	4100,0000	201,1260	Clothoïde	P/R
43	P43	Pr =4200.00m	4200,0000	195,7724	Clothoïde	P/R
44	P44	Pr =4300.00m	4300,0000	193,9494	Ligne	P/R
45	P45	Pr =4400.00m	4400,0000	193,9494	Ligne	P/R
46	P46	Pr =4500.00m	4500,0000	193,9494	Ligne	P/R
47	P47	Pr =4600.00m	4600,0000	193,9494	Ligne	P/R

48	P48	Pr =4700.00m	4700,0000	193,9494	Ligne		P/R
49	P49	Pr =4800.00m	4800,0000	193,9494	Ligne		P/R
50	P50	Pr =4900.00m	4900,0000	193,9494	Ligne		P/R
51	P51	Pr =5000.00m	5000,0000	193,9494	Ligne		P/R
52	P52	Pr =5100.00m	5100,0000	193,9494	Ligne		P/R
53	P53	Pr =5200.00m	5200,0000	193,9494	Ligne		P/R
54	P54	Pr =5300.00m	5300,0000	193,9494	Ligne		P/R
55	P55	Pr =5400.00m	5400,0000	193,9494	Ligne		P/R
56	P56	Pr =5500.00m	5500,0000	193,9494	Ligne		P/R
57	P57	Pr =5600.00m	5600,0000	193,9494	Ligne		P/R
58	P58	Pr =5700.00m	5700,0000	193,9494	Ligne		P/R
59	P59	Pr =5800.00m	5800,0000	193,9494	Ligne		P/R
60	P60	Pr =5900.00m	5900,0000	193,9680	Clothoïde		P/R
61	P61	Pr =6000.00m	6000,0000	196,2639	Clothoïde		P/R
62	P62	Pr =6100.00m	6100,0000	202,0258	Arc	1000,0000	P/R
63	P63	Pr =6200.00m	6200,0000	208,3920	Arc	1000,0000	P/R
64	P64	Pr =6300.00m	6300,0000	214,7582	Arc	1000,0000	P/R
65	P65	Pr =6400.00m	6400,0000	219,6820	Clothoïde		P/R
66	P66	Pr =6500.00m	6500,0000	220,8870	Ligne		P/R
67	P67	Pr =6600.00m	6600,0000	220,8870	Ligne		P/R
68	P68	Pr =6700.00m	6700,0000	220,8870	Ligne		P/R
69	P69	Pr =6800.00m	6800,0000	220,8870	Ligne		P/R
70	P70	Pr =6900.00m	6900,0000	220,8870	Ligne		P/R
71	P71	Pr =7000.00m	7000,0000	220,8870	Ligne		P/R
72	P72	Pr =7100.00m	7100,0000	220,8870	Ligne		P/R
73	P73	Pr =7200.00m	7200,0000	220,8870	Ligne		P/R
74	P74	Pr =7300.00m	7300,0000	220,8870	Ligne		P/R
75	P75	Pr =7400.00m	7400,0000	220,8870	Ligne		P/R
76	P76	Pr =7500.00m	7500,0000	220,8870	Ligne		P/R
77	P77	Pr =7600.00m	7600,0000	220,8870	Ligne		P/R
78	P78	Pr =7700.00m	7700,0000	220,8870	Ligne		P/R
79	P79	Pr =7800.00m	7800,0000	220,8870	Ligne		P/R
80	P80	Pr =7900.00m	7900,0000	220,8870	Ligne		P/R
81	P81	Pr =8000.00m	8000,0000	221,8326	Clothoïde		P/R
82	P82	Pr =8100.00m	8100,0000	226,4399	Arc	1000,0000	P/R
83	P83	Pr =8200.00m	8200,0000	232,6712	Clothoïde		P/R
84	P84	Pr =8300.00m	8300,0000	236,1027	Clothoïde		P/R
85	P85	Pr =8400.00m	8400,0000	236,4015	Ligne		P/R
86	P86	Pr =8500.00m	8500,0000	236,4015	Ligne		P/R
87	P87	Pr =8600.00m	8600,0000	236,4015	Ligne		P/R
88	P88	Pr =8700.00m	8700,0000	236,4015	Ligne		P/R
89	P89	Pr =8800.00m	8800,0000	236,4015	Ligne		P/R
90	P90	Pr =8900.00m	8900,0000	236,4015	Ligne		P/R
91	P91	Pr =9000.00m	9000,0000	236,4015	Ligne		P/R
92	P92	Pr =9100.00m	9100,0000	236,4015	Ligne		P/R
93	P93	Pr =9200.00m	9200,0000	236,4015	Ligne		P/R
94	P94	Pr =9300.00m	9300,0000	236,4015	Ligne		P/R
95	P95	Pr =9400.00m	9400,0000	236,4015	Ligne		P/R
96	P96	Pr =9500.00m	9500,0000	236,4015	Ligne		P/R
97	P97	Pr =9600.00m	9600,0000	236,4015	Ligne		P/R
98	P98	Pr =9700.00m	9700,0000	236,4015	Ligne		P/R
99	P99	Pr =9800.00m	9800,0000	236,4015	Ligne		P/R
100	P100	Pr =9900.00m	9900,0000	236,4015	Ligne		P/R
101	P101	Pr =10000.00m	10000,0000	236,4015	Ligne		P/R
102	P102	Pr =10100.00m	10100,0000	234,8152	Clothoïde		P/R
103	P103	Pr =10200.00m	10200,0000	229,5289	Arc	1000,0000	P/R

104	P104	Pr =10300.00m	10300,0000	223,1627	Arc	1000,0000	P/R
105	P105	Pr =10400.00m	10400,0000	218,5756	Clothoïde		P/R
106	P106	Pr =10500.00m	10500,0000	217,6447	Ligne		P/R
107	P107	Pr =10600.00m	10600,0000	217,6447	Ligne		P/R
108	P108	Pr =10700.00m	10700,0000	217,6447	Ligne		P/R
109	P109	Pr =10800.00m	10800,0000	217,6447	Ligne		P/R
110	P110	Pr =10900.00m	10900,0000	217,6447	Ligne		P/R
111	P111	Pr =11000.00m	11000,0000	217,6447	Ligne		P/R
112	P112	Pr =11100.00m	11100,0000	217,6447	Ligne		P/R
113	P113	Pr =11200.00m	11200,0000	217,6447	Ligne		P/R
114	P114	Pr =11300.00m	11300,0000	217,6447	Ligne		P/R
115	P115	Pr =11400.00m	11400,0000	217,6447	Ligne		P/R
116	P116	Pr =11500.00m	11500,0000	217,6447	Ligne		P/R
117	P117	Pr =11600.00m	11600,0000	217,6447	Ligne		P/R
118	P118	Pr =11700.00m	11700,0000	217,6447	Ligne		P/R
119	P119	Pr =11800.00m	11800,0000	217,6447	Ligne		P/R
120	P120	Pr =11900.00m	11900,0000	217,6447	Ligne		P/R
121	P121	Pr =12000.00m	12000,0000	217,6447	Ligne		P/R
122	P122	Pr =12100.00m	12100,0000	217,6447	Ligne		P/R
123	P123	Pr =12136.68m	12136,6842	217,6447	Ligne		P/R

Méthode	X Axe	Y Axe	Z TN Axe
Intervalle constant	6345,177	8000,572	137,9700
Intervalle constant	6411,215	7925,479	142,3480
Intervalle constant	6477,253	7850,386	147,6351
Intervalle constant	6543,291	7775,293	148,8769
Intervalle constant	6609,329	7700,200	149,9917
Intervalle constant	6675,368	7625,107	154,6808
Intervalle constant	6741,406	7550,014	154,2527
Intervalle constant	6807,444	7474,921	150,7128
Intervalle constant	6873,482	7399,828	144,3317
Intervalle constant	6939,520	7324,735	138,2918
Intervalle constant	7005,558	7249,642	132,5419
Intervalle constant	7071,596	7174,549	122,7555
Intervalle constant	7137,635	7099,456	114,3294
Intervalle constant	7203,673	7024,362	107,7061
Intervalle constant	7269,711	6949,269	104,7902
Intervalle constant	7335,749	6874,176	98,9609
Intervalle constant	7401,787	6799,083	90,0019
Intervalle constant	7467,825	6723,990	77,9106
Intervalle constant	7533,863	6648,897	68,1068
Intervalle constant	7599,902	6573,804	58,1450
Intervalle constant	7665,940	6498,711	57,4213
Intervalle constant	7731,978	6423,618	57,2365
Intervalle constant	7798,016	6348,525	57,2288
Intervalle constant	7864,054	6273,432	57,5282
Intervalle constant	7930,092	6198,339	58,2411
Intervalle constant	7996,130	6123,246	58,5450
Intervalle constant	8062,169	6048,153	63,1734
Intervalle constant	8128,207	5973,060	62,4459
Intervalle constant	8194,245	5897,967	60,3897
Intervalle constant	8260,295	5822,884	60,9447
Intervalle constant	8327,781	5749,102	66,4906
Intervalle constant	8400,468	5680,482	75,1795
Intervalle constant	8479,599	5619,408	81,9421
Intervalle constant	8564,432	5566,540	81,5708
Intervalle constant	8654,120	5522,405	80,7947
Intervalle constant	8747,765	5487,445	79,0283
Intervalle constant	8844,432	5462,008	72,3088
Intervalle constant	8943,137	5446,193	71,5822
Intervalle constant	9042,705	5436,974	71,0145
Intervalle constant	9142,400	5429,160	70,3733
Intervalle constant	9242,100	5421,421	69,6847
Intervalle constant	9341,960	5416,390	68,1075
Intervalle constant	9441,891	5419,135	67,4396
Intervalle constant	9541,520	5427,697	66,1110
Intervalle constant	9641,069	5437,187	65,3542
Intervalle constant	9740,617	5446,678	64,9271
Intervalle constant	9840,166	5456,168	64,2332

Intervalle constant	9939,715	5465,658	63,4034
Intervalle constant	10039,263	5475,148	63,0960
Intervalle constant	10138,812	5484,638	63,0553
Intervalle constant	10238,361	5494,128	62,6115
Intervalle constant	10337,909	5503,618	62,4819
Intervalle constant	10437,458	5513,108	61,9067
Intervalle constant	10537,007	5522,598	62,4315
Intervalle constant	10636,555	5532,088	62,7346
Intervalle constant	10736,104	5541,578	60,2794
Intervalle constant	10835,653	5551,068	58,3065
Intervalle constant	10935,201	5560,558	57,7114
Intervalle constant	11034,750	5570,048	57,0838
Intervalle constant	11134,299	5579,537	60,0563
Intervalle constant	11233,959	5587,701	61,6012
Intervalle constant	11333,910	5589,341	62,0253
Intervalle constant	11433,534	5581,171	60,7512
Intervalle constant	11531,845	5563,097	57,9904
Intervalle constant	11628,056	5535,923	57,9354
Intervalle constant	11722,880	5504,173	57,4179
Intervalle constant	11817,546	5471,949	57,6786
Intervalle constant	11912,212	5439,726	58,1302
Intervalle constant	12006,878	5407,502	58,9288
Intervalle constant	12101,543	5375,278	59,1898
Intervalle constant	12196,209	5343,055	59,9645
Intervalle constant	12290,875	5310,831	60,3450
Intervalle constant	12385,541	5278,607	61,4321
Intervalle constant	12480,207	5246,383	62,5405
Intervalle constant	12574,873	5214,160	63,4371
Intervalle constant	12669,539	5181,936	64,2157
Intervalle constant	12764,205	5149,712	65,4554
Intervalle constant	12858,871	5117,489	66,4498
Intervalle constant	12953,537	5085,265	66,9301
Intervalle constant	13048,202	5053,041	67,6101
Intervalle constant	13142,755	5020,489	68,0789
Intervalle constant	13235,817	4983,950	68,7692
Intervalle constant	13325,156	4939,114	69,5251
Intervalle constant	13410,650	4887,265	70,5762
Intervalle constant	13494,776	4833,202	70,7808
Intervalle constant	13578,870	4779,088	71,2653
Intervalle constant	13662,963	4724,974	72,3962
Intervalle constant	13747,056	4670,860	73,5810
Intervalle constant	13831,149	4616,746	74,2667
Intervalle constant	13915,242	4562,632	74,9269
Intervalle constant	13999,335	4508,518	75,7211
Intervalle constant	14083,429	4454,404	76,7035
Intervalle constant	14167,522	4400,290	77,3201
Intervalle constant	14251,615	4346,175	77,9334
Intervalle constant	14335,708	4292,061	78,3546
Intervalle constant	14419,801	4237,947	79,2603
Intervalle constant	14503,895	4183,833	79,7772
Intervalle constant	14587,988	4129,719	80,2131
Intervalle constant	14672,081	4075,605	80,9498
Intervalle constant	14756,174	4021,491	82,0040
Intervalle constant	14840,267	3967,377	82,8858
Intervalle constant	14924,764	3913,901	83,2330
Intervalle constant	15012,033	3865,133	84,1000

Intervalle constant	15103,553	3824,937	84,3660
Intervalle constant	15198,367	3793,220	84,7504
Intervalle constant	15294,456	3765,531	85,2805
Intervalle constant	15390,640	3738,169	86,0338
Intervalle constant	15486,823	3710,806	85,9393
Intervalle constant	15583,007	3683,443	87,4433
Intervalle constant	15679,190	3656,081	87,6177
Intervalle constant	15775,374	3628,718	88,0141
Intervalle constant	15871,558	3601,355	88,2881
Intervalle constant	15967,741	3573,992	88,4311
Intervalle constant	16063,925	3546,630	88,6169
Intervalle constant	16160,108	3519,267	88,9098
Intervalle constant	16256,292	3491,904	88,9071
Intervalle constant	16352,475	3464,541	88,9531
Intervalle constant	16448,659	3437,179	89,2546
Intervalle constant	16544,843	3409,816	89,1733
Intervalle constant	16641,026	3382,453	89,0836
Intervalle constant	16737,210	3355,090	88,9987
Intervalle constant	16833,393	3327,728	89,0381
Intervalle constant	16868,678	3317,690	89,5010