République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة
فرنسـيس جانســون
École Nationale Supérieure des Travaux Publics
Francis Jeanson

Mémoire

Pour l'obtention des diplômes d'Ingénieur d'État et de Master
Filière : Travaux Publics
Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

REALISATION DE LA LIAISON AUTOROUTIERE RELIANT LE PORT DJEN-DJEN A L'AUTOROUTE EST OUEST AU NIVEAU D'EL EULMA DU PK 6+00 AU PK 18+00.

Présenté par :
M$^{\text{lle}}$ GUENOUNE Wissem

Encadré par :
Mr GOUMETTRE Ahmed

Promotion 2021/2022

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba


بسم الله الرحمن الرحيم

Remerciement

Toute mon parfait gratitude, grâce et remerciement à Allah le plus puissant et miséricordieux qui nous a donné le privilège, le courage et la volonté dans les moments difficiles pour élaborer ce travail.

C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que je remercie mon encadrant **Mr GOUMETTRE Ahmed** pour la sollicitude avec laquelle il a suivi et guidé ce travail et pour sa gentillesse et ses orientations efficaces.

Au terme de ces 3 mois de stage, mes remerciements s'adresseront au chef du projet **Mr BASE Abdenour** et tout l'ensemble du service de l'**ADA** pour leur très bon accueil et leur aide.

Je remercier les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail, l'enrichissement de leurs propositions et le temps qui me fait l'honneur de présider et examiner mon travail.

je tiens également à exprimer mon gratitude envers tous les Enseignants et le personnel administratif de **l'ENSTP** qui ont contribué à notre formation et l'élaboration de ce présent travail.

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicaces

Tout d'abord je remercie ALLAH le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour arriver à ce point afin de réaliser ce modeste travail que je le dédie à :

Mes très chers parents qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin :

Ma mère qui a été à mes côté et m'a soutenu durant tout ma vie.

Mon père qui n'a pas cessé de m'encourager et de se sacrifier pour que je puisse franchir tout obstacle durant toutes mes années d'étude.

A mes **très chers frères** «Abdelhak, Mohamed, Ahmed, Wassim » et **sœurs** «Hanane, Nadjla, Hana, Nour » qui ont su comment m'encourager dans les moments de doute.

A mon encadrant **Mr GOUMETTRE Ahmed.**

A tous **mes chers amis** : «Roumaissa, Souha, Safa, Houria, Hadjira, Fatima, Sara, Abir, Soumia, Mana, Imen, Bouchra, Chaima, Hiba, Mariem, Akram, Mohammed».

Je n'oublie pas **Mes chers enseignants**. Toute **la promotion 2022**.

A tous **les ingénieurs de l'ADA**, pour nous avoir encadrées, orientées, aidées et conseillées.

A toutes celles et ceux dont j'ai oublié de citer et qui m'ont apporté aide et soutien durant ces années de formation.

Wissem

Résumé

Mon projet de fin d'étude rentre dans le domaine des infrastructures de transport, et en particulier les routes, il s'intitule « Etude la pénétrante autoroutière reliant le port de Djen-Djen à l'autoroute Est-Ouest sur un tronçon de **12 km** du PK 6+000 au PK 18+000 ».

Les études menées dans ce mémoire comptent :

J'ai commencé par une présentation du projet pour montrer son emplacement et son importance. Cela étant, une étude de trafic a fait sortir le nombre de voies de l'autoroute.

J'ai dévoilé les trois éléments du projet (tracé en plan, profil en long et profil en travers) en respectant les normes du **l'ICTAAL**, en utilisant le logiciel **CIVIL3D**, ainsi une étude géotechnique qui nous a permis de classer les sols qui rencontrés et interprété leurs conditions d'utilisation.

Puis j'ai dimensionné le corps de chaussée (en appliquant 2 méthodes CBR et le catalogue Algérien), et pour l'étude hydraulique on s'est servi du logiciel **Global Mapper** pour délimiter les bassins versants et faire sortir leurs caractéristiques géométriques.

On a présenté aussi la conception de l'échangeur selon **l'ICTAAL ECHANGEUR** ainsi que la signalisation et l'étude d'impact sur l'environnement.

A la fin, on a calculé le devis estimatif et quantitatif du projet, et on a finalisé ce modeste travail par une conclusion générale.

Le présent projet m'a permis de concilier le social, l'économique et l'environnemental qui traduit directement la notion de développement durable de la région et permettre d'assurer le confort et la sécurité des usagers.

Mots clés : Chaussée, trafic, Géométrie routière, échangeur, Pénétrante autoroutière.

Abstract

My end-of-study project falls into the field of transport infrastructure, and in particular roads, it is entitled "Study of the penetrating motorway linking the port of Djen-Djen to the East-West motorway on a section of 12 km from PK 6+000 to PK 18+000".

The studies carried out in this dissertation include:

I started with a presentation of the project to show its location and importance. That being the case, a traffic study brought out the number of lanes on the freeway.

I unveiled the three elements of the project (plan layout, longitudinal profile, and cross section) respecting ICTAAL standards, using the CIVIL3D software, as well as a geotechnical study which allowed us to classify the soils which met and interpreted their terms of use.

Then I dimensioned the body of the pavement (by applying 2 CBR methods and the Algerian catalog), and for the hydraulic study we used the Global Mapper software to delimit the watersheds and bring out their geometric characteristics.

We also presented the design of the interchange according to the ICTAAL ECHANGEUR as well as the signage and the environmental impact study.

At the end, we calculated the estimated and quantitative estimate of the project, and we finalized this modest work with a general conclusion.

This project has allowed me to reconcile the social, the economic and the environmental which directly translates the notion of sustainable development of the region and makes it possible to ensure the comfort and safety of users.

Keywords: Pavement, traffic, road geometry, interchange, freeway penetrating.

ABREVIATION

APD : Avant-Projet Sommaire.
TPC : Terre-plein central.
BAU :Bande d'arrêt d'urgence.
TJMA :Trafic journalier moyen annuel.
VB :Vitesse de base.
BDD : Bande dérasée de droite .
BM : Bande médiane.
SC : Sondage carotté.
GTR : Guide du terrassement routier.
GB : Grave bitume.
TVC :Tous venant de carrières.
RP1 :Réseau principale 1.
CF : Couche de forme .
P**ST** :Partie supérieure des terrassements.
TC :Temps de concentration . n : nombre d'année.
τ : taux d'accroissement du trafic (%).
WL : Limite de liquidité
Z : pourcentage de poids lourd.
Q : débit de pointe horaire.
RN : Route nationale.
APS : Avant-projet sommaire.
PL :poids lords.
UVP :Unité de véhicule particulier.
BDG : Bande dérasée de gauche.
BA : Bande d'arrêt .
CBR : California – Bearing – Ratio.
VBS : Valeur de bleu de Méthylène.
BB : Béton bitumineux.
TUF :
LCPC :Laboratoire central des ponts et chaussées.
TPL : Trafic de poids lourds.
GNT : Grave non traitée.
OH : Ouvrage hydraulique.
Teff : trafic effectif à l'année horizon en (uvp)
WP : Limite de plasticité
WN : teneur en eau naturel e: épaisseur équivalente.
P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds.
OA : ouvrage d'art
ICTAAL : Instructions sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE **1**

CHAPITRE I. GENERALITE SUR LES ROUTES

I.1. INTRODUCTION 2
I.2. L'OUVRAGE ROUTIER 2
I.3. COURBES DE NIVEAUX 2
I.4. CONCEPTION PLANE 2
I.5. LES TERRASSEMENTS 6
I.6. STABILITES DES TALUS 7
I.7. STRUCTURE DE CHAUSSEE 7
I.8. LES DEGRADATIONS DES CHAUSSEES 9
I.9. LES PRINCIPES DESORDRES 10
I.10. ENTRETIEN DU RESEAU ROUTIER 11
I.11. CONCLUSION 11

CHAPITRE II. PRESENTATION DE PROJET

II.1. INTRODUCTION 12
II.2. DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE 12
II.2.1. TOPOGRAPHIE 12
II.2.2. CLIMAT 12
II.2.3. HYDROLOGIE 12
II.2.4. SISMICITE 13
II.3. PRESENTATION DE PROJET 13
II.3.1. DESCRIPTION DE LA PENETRANTE 13
II.3.2. ENCADREMENT GEOLOGIQUE 14
II.3.3. ENCADREMENT HYDROGEOLOGIQUE 17
II.4. OBJECTIFS DU PROJET 18

CHAPITRE III. ANALYSE DE L'APS

III.1. INTRODUCTION 19
III.2. OBJET DE L'ETUDE 19
III.3. CONTENU DE L'APS 19
III.4. CONCLUSION 22

SOMMAIRE

CHAPITRE IV. ETUDE DE TRAFIC

IV.1. INTRODUCTION 23
IV.2. DEFINITIONS.....23
IV.3. DIFFERENTS TYPES DE TRAFICS.....23
IV.3.1. TRAFIC NORMAL.....23
IV.3.2. TRAFIC DEVIE.....23
IV.3.3. TRAFIC INDUIT 24
IV.3.4. TRAFIC TOTAL.....24
IV.4. MODELES DE PRESENTATION DE TRAFICS.....24
IV.5. ANALYSE DU TRAFIC.....24
IV.5.1. LES COMPTAGES.....24
IV.5.2. LES ENQUETES 24
IV.6. CALCUL DE LA CAPACITE 24
IV.6.1. DEFINITION DE LA CAPACITE DE LA ROUTE 24
IV.6.2. PROLONGATION DE L'EVOLUTION.....25
IV.6.3. TRAFIC EFFECTIF.....25
IV.6.4. DEBIT DE POINTE HORAIRE NORMAL.....25
IV.6.5. DEBIT HORAIRE ADMISSIBLE.....26
IV.6.6. NOMBRE DES VOIES.....26
IV.7. APPLICATION AU PROJET 27
IV.7.1. DONNEE DU TRAFIC.....27
IV.7.2. DETERMINATION DU NOMBRE DE VOIES 28
IV.7.3. CALCUL DE L'ANNEE DE SATURATION.....28
IV.8. CONCLUSION.....29

CHAPITRE V. TRACE EN PLAN

V.1. INTRODUCTION 30
V.2. REGLES A RESPECTER 30
V.3. CHOIX DE LA CATEGORIE.....30
V.4. VISIBILITE 30
V.4.1. VISIBILITE EN SECTION COURANTE.....30

SOMMAIRE

V.4.2. VISIBILITE A L'APPROCHE DES POINTS D'ACCES.....31
V.4.3. VISIBILITE DANS UN ECHANGEUR 31
V.4.4. VISIBILITE SUR UN REFUGE.....31
V.4.5. VISIBILITE SUR UN LIT D'ARRET.....31
V.5. LES ELEMENTS DE TRACE EN PLAN 31
V.5.1. LES ALIGNEMENTS DROITS 32
V.5.2. LES COURBES CIRCULAIRES 33
V.5.3. RACCORDEMENTS PROGRESSIFS (CLOTHOÏDE) 34
V.6. ENCHAINEMENT DES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN.....35
V.7. EXEMPLE DE CALCUL MANUEL DE L'AXE EN PLAN.....36
CHAPITRE VI. PROFIL EN LONG
VI.1. INTRODUCTION 40
VI.2. REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE DE LA LIGNE ROUGE 40
VI.3. ELEMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG 40
VI.4. COORDINATION ENTRE LE TRACE EN PLAN ET LE PROFIL EN LONG41
VI.5. DECLIVITE.....41
VI.5.1. DECLIVITE MINIMUM 41
VI.5.2. DECLIVITE MAXIMUM.....41
VI.6. LES RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG.....42
VI.6.1. RACCORDEMENTS CONVEXES (ANGLE SAILLANT).....42
VI.6.2. RACCORDEMENTS CONCAVES (ANGLE RENTRANT).....42
VI.6.3. VALEURS LIMITES 42
VI.7. REDACTION DE PROFIL EN LONG 43
VI.8. COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG 43
VI.9. DETERMINATION PRATIQUE DU PROFIL EN LONG.....44
VI.9.1. DETERMINATION DE LA POSITION DU POINT DE RENCONTRE (S) 44
VI.9.2. CALCULS DE LA TANGENTE 45
VI.9.3. PROJECTIION HORIZONTALE DE LA LONGUER DE RACCOTDEMENT 45

SOMMAIRE

VI.9.4. CALCUL DE LA FLECHE 45
VI.9.5. CALCUL DE LA FLECHE ET DE L'ALTITUDE D'UN POINT COURANT M SUR LA COURBE.....45
VI.9.6. CALCUL DES CORDONNEES DU SOMMET DE LA COURBE (T)....45
VI.9.7. EXEMPLE DE CALCUL DE PROFIL EN LONG.....46

CHAPITRE VII. PROFIL EN TRAVERS

VII.2. ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS.....48
VII.3. CLASSIFICATION DU PROFIL EN TRAVERS 49
VII.3.1. PROFIL EN TRAVERS TYPE.....49
VII.3.2. PROFIL EN TRAVERS COURANT.....49
VII.4. DIMENSIONNEMENT DES DIFFERENTS ELEMENTS 49
VII.5. PENTE TRANSVERSALES AUTOROUTE 50
VII.5.1. DEVERS.....50
VII.5.2. EN COURBE DEVERSEE 50
VII.5.3. Changement de dévers.....50
VII.6. LE PROFIL EN TRAVERS TYPE DU PROJET (PENETRANTE).....51

CHAPITRE VIII. ETUDE GEOTECHNIQUE

VIII.1. INTRODUCTION.....53
VIII.2. METHODOLOGIE DE REALISATION DES ETUDES 53
VIII.3. DONNEES GEOLOGIQUES.....53
VIII.4. ASPECTS GEOTECHNIQUES 55
VIII.5. LA RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE 55
VIII.5.1. ESSAIS IN SITU.....55
VIII.5.2. ESSAIS DE LABORATOIRE 58
VIII.6. CLASSIFICATION DES SOLS.....59
VIII.6.1. CLASSIFICATION GTR.....59
VIII.6.2. CLASSIFICATION DU SOL SELON LCPC.....60

SOMMAIRE

CHAPITRE IX. DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

IX.1. INTRODUCTION 61

IX.2. LES CHAUSSEES.....61

IX.2.1. Définition de la chaussée.....61

IX.2.2. Différents types de chaussée.....61

IX.3. METHODES DE DIMENSIONNEMENT 63

IX.3.1. METHODE DE C.B.R (CALIFORNIA–BEARING–RATIO) 63

IX.3.2. METHODE DU CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES NEUVES.....65

IX.4. CALCUL DES DEFORMATIONS ADMISSIBLES 71

IX.4.1. Calcule de la déformation admissible sur le sol support $\xi_{z,ad}$.....71

IX.4.2. Calcule de la déformation admissible $\xi_{t,adm}$ a la base de GB 72

IX.4.3. Vérification des résultats de calcul par Alize-LCPC.....73

IX.5. CONCLUSION.....74

CHAPITRE X. ETUDE D'ASSAINISSEMENT

X.1. INTRODUCTION 75

X.2. OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT 75

X.3. LES TYPES DE DEGRADATIONS PROVOQUEES PAR LES EAUX 75

X.4. OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT.....76

X.4.1. LES RESEAUX DE CANALISATION LONGITUDINAUX 76

X.4.2. Les ouvrages transversaux.....77

X.5. CHOIX DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT 77

X.6. CRITERES DANS LA CONCEPTION DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT 78

X.6.1. CRITERES DE BASE.....78

X.6.2. CRITERES HYDRAULIQUES.....78

X.7. CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES 78

X.8. ETUDE HYDROLOGIQUE 79

X.8.1. DELIMITATION DES BASSINS VERSANTS.....79

X.8.2. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES BASSINS VERSANTS 79

SOMMAIRE

X.9. DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT A PROJETER80
X.9.1. ESTIMATION DES DEBITS DE CRUE 80
X.9.2. Application au projet 84
X.10. DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT 86
X.10.1. Calcul de débit d'apport Qa 87
X.10.2. Dimensions de fossé 87
X.11. CONCLUSION 88

CHAPITRE XI. STABILITES DES PENTES

XI.1. INTRODUCTION 89
XI.2. DESCRIPTION DES PRINCIPAUX TYPES DE MOUVEMENTS 89
XI.2.1. LES GLISSEMENTS 89
XI.2.2. Principales causes de glissement 90
XI.3. ANALYSE DE LA STABILITE 91
XI.3.1. ANALYSE DE STABILITE DU DEBLAI 91
XI.3.2. ANALYSE DE STABILITE DU REMBLAI 92
XI.4. CONCLUSION 93

CHAPITRE XII. LES CUBATURES

XII.1. INTRODUCTION 94
XII.2. DEFINITION DES CUBATURES 94
XII.3. METHODES DE CALCUL DES CUBATURES 94
XII.3.1. DESCRIPTION DE LA METHODE 94
XII.3.2. APPLICATION 95

CHAPITRE XIII. CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

XIII.1. INTRODUCTION 96
XIII.2. ROLE D'ECHANGEUR 96
XIII.3. LES ELEMENTS DE L'ECHANGEUR 96
XIII.4. TYPES D'ECHANGEUR 96
XIII.4.1. ECHANGEUR MAJEUR 97
XIII.4.2. ECHANGEUR MINEUR 98

SOMMAIRE

XIII.5. CHOIX DU TYPE DE L'ECHANGEUR.....99
XIII.6. LA CONCEPTION DU PROJET « Selon l'ICTAAL ECHANGEUR » 100
XIII.6.1. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES BRETELLES 100

CHAPITRE XIV. LES OUVRAGES D'ART

XIV.1. INTRODUCTION 105
XIV.2. CONCEPTION DES OUVRAGES D'ARTS 105
XIV.3. GABARIT A RESERVER 105
XIV.4. PRESENTATION DES OUVRAGES 106
XIV.5. PROFIL EN TRAVERS 106
XIV.6. CHOIX DES TYPES D'OUVRAGE 106
XIV.6.1. INCONVENIENTS ET AVANTAGES POUR CHAQUE TYPE DE PONT 107
XIV.6.2. SOLUTION TECHNIQUE RETENUE 109

CHAPITRE XV. SIGNALISATION, ECLAIRAGE ET SECURITE

XV.1. SIGNALISATION 110
XV.1.1. INTRODUCTION 110
XV.1.2. OBJECTIF DE LA SIGNALISATION 110
XV.1.3. REGLES A RESPECTER POUR LA SIGNALISATION 110
XV.1.4. LES CATEGORIES DE LA SIGNALISATION 110
XV.1.5. TYPES DE SIGNALISATION 111
XV.1.6. LES CRITERES DE CONCEPTION DE LA SIGNALISATION 118
XV.1.7. APPLICATION AU PROJET 118
XV.2. L'ECLAIRAGE 120
XV.2.1. INTRODUCTION 120
XV.2.2. CRITERES FONCTIONNELS EN ECLAIRAGE PUBLIC 121
XV.2.3. CATEGORIES D'ECLAIRAGE 121
XV.2.4. PARAMETRES D'IMPLANTATION DES LUMINAIRES 121
XV.2.5. APPLICATION AU PROJET 122
XV.3. SECURITE 122
XV.3.1. INTRODUCTION 122

SOMMAIRE

XV.3.2. DISPOSITIF DE RETENUE.....122
XV.3.3. TYPES DES DISPOSITIFS DE RETENUES 122
CHAPITRE XVI. IMPACT SUR L'ENIVREMENT
XVI.1. INTRODUCTION.....124
XVI.2. CADRE JURIDIQUE 124
XVI.3. OBJECTIFS DE L'ETUDE 124
XVI.4. IDENTIFICATION DES IMPACTS DE PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT 124
XVI.5. INCIDENCE DU TRONÇON AUTOROUTIER DJEN-DJEN EULMA SUR L'ENVIRONNEMENT.....125
XVI.6. DELIMITATION DE LA ZONE D'ETUDE 125
XVI.6.1. DESCRIPTION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE 125
XVI.6.2. DESCRIPTION DE LA ZONE DU PROJET.....126
XVI.7. IMPACT DES ROUTES SUR L'ENVIRONNEMENT.....126
XVI.7.1. IMPACTS POSITIFS DU PROJET.....126
XVI.7.2. IMPACTS NEGATIFS DU PROJET 127
XVI.8. CONCLUSION.....131
CHAPITRE XVII. DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF
XVII.1. INTRODUCTION.....132
CONCLUSION GENERALE.....1
BIBLIOGRAPIE
ANNEXE

LISTE DES TABLEAUX

Tableau IV.1 coefficient d'équivalence (B40)

Tableau IV.2 Valeur de K1

Tableau IV.3 Valeur de K2

Tableau IV.4 valeurs de la capacité théorique

Tableau IV.1 Valeurs extrêmes des alignements droits du tracé (ICTAAL 2015))

Tableau V.2 Valeurs minimales des rayons du tracé en plan (ICTAAL2015)

Tableau V.3 Données de l'axe à calculer

Tableau VI.1 Limite des paramètres de profil en long

Tableau V.2 Les donnes de l'axe à calculer

Tableau VII.1 Les éléments de profils en travers

Tableau VIII.1 Sondage carotte

Tableau VIII.2 Essais d'eau Lefranc.

Tableau VIII.3 Puit de reconnaissance

Tableau VIII.4 Les essais physique

Tableau VIII.5 Les essais mécaniques.

Tableau VIII.6 Classification GTR

Tableau VIII.7 Classification LCPC

Tableau IX.1 les coefficients d'équivalence pour chaque matériau

Tableau XI.2 les épaisseurs des couches de matériaux

Tableau IX.3 Risque adopté pour le réseau RP1 (fascicule N° 2)

Tableau IX.4 Présentation des classes de portance à long terme du sol-support (fasiculeN°1)

Tableau IX.4 Classe du sol support

Tableau X.1 caractéristiques morphométriques des bassins versants

Tableau X.2 Pré dimensionnement des ouvrages transversaux

Tableau X.3 Résultat de calculs de débits.

Tableau X.4 Les caractéristiques des sous bassins versants concernés

LISTE DES TABLEAUX

Tableau X.5: Le débit équivalent des bassins versants

Tableau XI.1 Les paramètres géotechniques des sols en déblai

Tableau XI.2 Résultats des calculs de FS

Tableau XI.3 Les paramètres géotechniques des sols en remblai.

Tableau XI.4 Résultats des calculs de FS (remblais)

Tableau XIII.1 Valeurs limites des rayons du tracé en plan

Tableau XIII.2 valeurs limites des paramètres de profil en long des branches et bretelles

Tableau XIII.3 Bretelle unidirectionnelle à une voie

Tableau XIII.4 Dévers de la chaussée

Tableau XIII.5 Principales distances de visibilité.

Tableau XIV.1 Les ouvrages au niveau du tracé

Tableau XIV.2 Profil en travers des ouvrages

Tableau XIV.3 Solution technique retenue pour les OA

LISTES DES FIGURES

Fig I.1 Implantation d'un projet routier

Fig I.2 vue en plan

Fig I.3 Profil en long

Fig I.4 Profil en travers type

Fig I.5 Profil en travers courant

Fig I.6 les différentes couches qui constituent la structure de la chaussée

Fig II.1 wilaya de Jijel

Fig II.2 carte de zonage sismique (RPOA2008)

Fig II.3 – Extrait de la légende géologique

Fig II.4 – Dépôts alluvionnaires en terrasses

Fig II.5 Marnes du Miocène (PK 13+000)

Fig II.6 Marnes du Miocène (environ PK 16+400)

Fig III.1 tableau de valeurs minimales des rayons du tracé en plan

Fig III.2 tableau de valeurs limites des paramètres du profil en long

Fig III.3 : Profil en travers type chaussée 2x3

Fig III.4: Carte structurale – Nord Algérie

Fig V.1 Les éléments de tracé en plan

Fig V.2 géométrie de la clothoïde

Fig V.3 caractéristiques géométriques de l'élément à calculer

Fig VI.1: Eléments géométriques du profil en long

FigVI.2 : schéma de l'élément à calculer

Fig VI.3: Schéma illustratif d'un rayon concave

Fig VII.1 Profil en travers type du rétablissement de routes nationales

Fig VII.2 Détail type de plateforme en remblai

Fig VII.3 Détail type de plateforme remblai-déblai

Fig VIII.1 Carte géologique à l'endroit du tracé

LISTES DES FIGURES

Fig VIII.2 Diagramme de CASAGRANDE

Fig IX.1 Coupe type d'une chaussée souple

Fig IX.2 schéma récapitulatif des types de chaussée

Fig IX.3 structure du corps de chaussée selon méthode C.B.R

Fig IX.4 Tableau Choix de la température équivalente (Fascicule 2)

Fig IX.5 Position du projet dans la carte climatique de l'Algérie

Fig IX.6 classes de TPLi pour PR1.

Fig IX.7 Valeurs de coefficient d'agressivité selon le réseau principal (CTTP, 2001

Fig IX.8 Classe de portance de sol supports(fasiculeN°1)

Fig IX.9 Tableau de sur classement avec couche de forme en matériau non traité

Fig IXI.10 Les Choix de dimensionnement par la méthode du catalogue

Fig IX.4 structure du corps de chaussée selon CTTP

Fig IX.12 Résultats de la simulation (ALIZE-LCPC

Fig X.1 Les réseaux de canalisation longitudinaux

Fig X.2 Les ouvrages transversaux

Fig IX.2 Tableau de valeurs de coefficient de ruissellement

Fig X.3 Schema d'un dalot

Fig X.4 Localisation des ouvrages hydrauliques

Fig X.5 Fossé trapézoïdal

Fig XI.1 glissement plan

Fig XI.2 Glissement circulaire

Fig XI.3 Glissements successifs emboités

Fig XII.1 Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné

Fig XIII.1 Différentes types d'échangeur

Fig XIII.6 La trompette de la pénétrante

Fig XV.1 signalisation de danger panneaux A

LISTES DES FIGURES

Fig XV.2 Les panneaux B

Fig XV.3 Les panneaux C

Fig XV.4 Panonceaux de type M

Fig XV.5 Signalisation des bretelles de sorties

Fig XV.6 Exemple de l'implantation de panneau

Fig XV.10 Flèche de rabattement

Fig XV.12 Panneau d'indication de direction

Fig XV.13 Emplacement d'arrêt d'urgence à 150 m

Fig XV.14 Vitesse limitée

Fig XV.15 Accès interdit au véhicule (la hauteur supérieure à 5.25 m)

Fig XV.16 Panneaux de signalisation de direction

Fig XV.17 Signalisation horizontale

Fig XV.2.1 Paramètres de l'implantation des luminaires

Fig XV.3.1 Types des dispositifs agréés

Fig XVI.1 Carte de situation géographique de la wilaya de Jijel

Fig XV.2 Oued Djen-Djen au pk 7+000

Fig XVI.3 Exemple de grillage petite faune en pied de clôture

Fig XVI.4 Exemple de rétablissement de voirie pour l'agriculture

Introduction générale

Les infrastructures de transport, et en particulier les routes, doivent présenter une efficacité économique et sociale. A travers des avantages et des coûts sociaux des aménagements réalisés, elles sont le principal vecteur de communication et d'échange entre les populations et jouent un rôle essentiel dans l'intégration des activités économiques à la vie locale.

Dans le cadre du schéma directeur routier national horizon 2025 ont été inscrites les grandes orientations du développement du réseau routier Algérien parmi lesquels figurent des infrastructures structurantes et des réseaux routiers de maillage.

La wilaya de JIJEL doit être reliée à cette autoroute à travers le projet EST-OUEST, dit pénétrante.

L'agence nationale des autoroutes de la wilaya JIJEL chargée de l'exécution de cette infrastructure routière a bien voulu nous faire part des documents d'un tronçon routier de cette pénétrante qui fait l'objet de ce projet de fin d'étude. Les différentes étapes de calcul du projet seront présentées dans la suite de ce document.

Le projet a pour but de concevoir en phase APS (avant-projet sommaire) et APD (avant-projet détaillé) un tronçon d'une pénétrante autoroutière située du PK6 jusqu'au PK18 reliant le port Djen-Djen à l'autoroute EST-OUEST au niveau d'el EULMA. Il s'agit d'une infrastructure 2x3 voies de 3.5 mètres avec une bande d'arrêt d'urgence de 3 mètres et d'un échangeur au PK13.

CHAPITRE I
GENERALITE SUR LA ROUTE

I.1. INTRODUCTION

« Le mot route vient du mot latin « viarupta » qui signifie « voie frayée » c'est donc une voie de communication terrestre permettant de relier un point à une autre, un village à un autre, etc.

Nous allons également définir la route moderne comme étant « un espace correctement aménagé pour recevoir un ou plusieurs courants de circulation construite dans le respect des règles d'art ».

La route est sans doute, de tous les ouvrages de travaux publics, celui qui est fréquemment utilisé et critiqué de tous. La raison principale de cette limitation, est le développement de certaines techniques totalement inconnues il y a vingt ans et les progrès de la technique et de la technologie moderne dans beaucoup de domaines liés directement au tracé et à la construction routière.

I.2. L'OUVRAGE ROUTIER

Tout ce que l'homme construit est avec le souci d'être à la hauteur de l'attente de l'exploitant, tout en intégrant deux facteurs importants la durabilité et la préservation de l'environnement. La satisfaction vient du perfectionnement et surtout du sens de l'uniformité et de la précision. Nous dirons que dans notre domaine comme d'autres ce qui se conçoit bien s'exécute correctement et aisément. Ceci suppose que l'Ingénieur qui conçoit une route ait des connaissances suffisantes pour définir le bon tracé et la meilleure structure de cette chaussée et les matériaux qui la constituent et avoir une vision claire du déroulement des travaux. S'il néglige l'une des tâches importantes du projeteur, il risque fort de se retrouver avec un ouvrage qui ne répond pas aux normes ou un ouvrage inconstructible. L'Ingénieur doit tenir compte que la conception est le fait d'un Maître d'œuvre et l'exécution est le fait d'un Entrepreneur. C'est sur cette dualité que repose la réussite de la mise en œuvre de l'ouvrage.

I.3. COURBES DE NIVEAUX

Les courbes de niveau sont destinées à donner sur une carte un aperçu du relief réel. Une courbe de niveau est l'intersection du relief réel avec un plan horizontal d'altitude donnée en cote ronde (généralement un nombre entier).

Les courbes sont équidistantes en altitude ; leur espacement horizontal dépend de la déclivité du terrain à représenter et de l'échelle du plan ou de la carte. On visualise en trois dimensions le terrain dessiné à plat sur la carte. Cela est renforcé sur les cartes par des coloriages pour souligner les lignes de crête : ils représentent l'ombre créée par une lumière fictive qui viendrait du nord-ouest de la carte.

I.4. CONCEPTION PLANE

La route est un ouvrage spatial, elle est représentée par ces projections sur les trois plans de l'espace. Le projet de tracé routier est représenté par ces trois projections graphiques principales :

I.4.1. TRACE EN PLAN

Il représente la projection en plan de l'axe de la route sur une carte topographique sert de support au tracé (échelle : 1/500ème à 1/100ème)

- On représente l'axe de la route ;
- On reporte la position des profils en travers.

Des vues en coupe perpendiculairement à l'axe sont aussi nécessaires à l'étude : ce sont les profils en travers. Ces deux types de graphiques permettent d'obtenir, après plusieurs études un tracé « idéal » répondant aux impératifs du projet que sont la visibilité, l'emprise sur le terrain, la déclivité maximale, le moindre coût, etc…

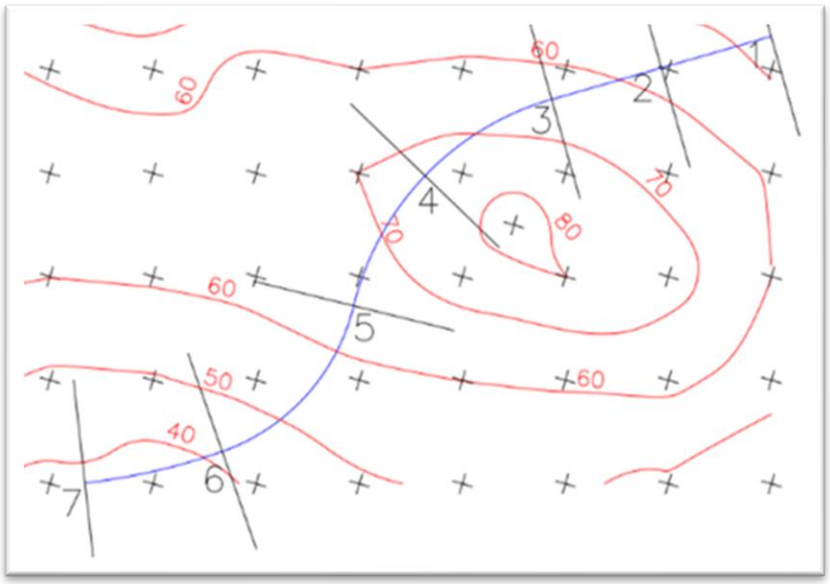


Figure I.1. Implantation d'un axe d'un projet routier

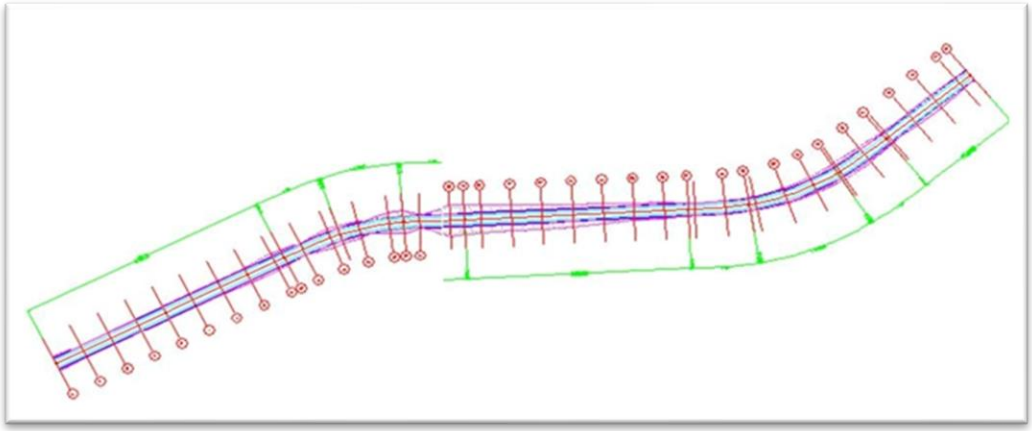


Figure I.2. Vue en plan de l'axe de la route

I.4.2. PROFIL EN LONG

C'est le développement en plan de la surface cylindrique engendrée par une droite verticale, s'appuyant sur l'axe de la route.

Les échelles de représentation peuvent être différentes en abscisse et en ordonnées (en rapport de l'ordre de 1/5 à 1/10) de manière à souligner le relief qui peut ne pas apparaître sur un projet de grande longueur.

On dessine tout d'abord le terrain naturel (TN), généralement en trait moyen noir. Son tracé est donné par la position de chaque point d'axe d'un profil en travers, le terrain naturel étant supposé rectiligne entre ces points. On reporte en même temps dans le cartouche des renseignements en bas du graphique : les distances horizontales entre profils en travers dites distances partielles, les distances cumulées (appelées aussi abscisses curvilignes) depuis l'origine du projet et l'altitude de chaque point.

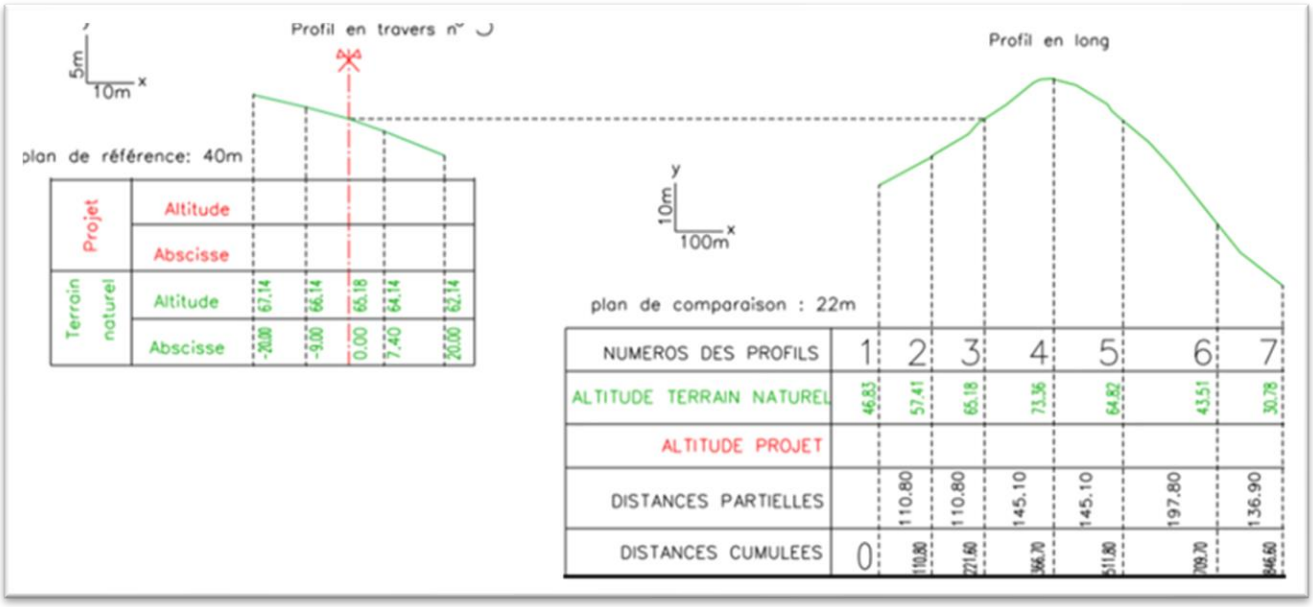


Figure I.3. Profil en long de l'axe de la route

I.4.3. PROFIL EN TRAVERS

C'est l'intersection de la surface du terrain naturel ou de la route par un plan vertical orthogonal à la surface cylindrique définie.

Les profils en travers permettent de calculer les paramètres suivants :

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

Le profil en long est complété par des profils en travers, leur établissement permet en général le calcul des mouvements de terres (cubatures) et, par exemple, permet de définir le tracé idéal d'un projet de manière à rendre égaux les volumes de terres excavés avec les volumes de terre remblayés.

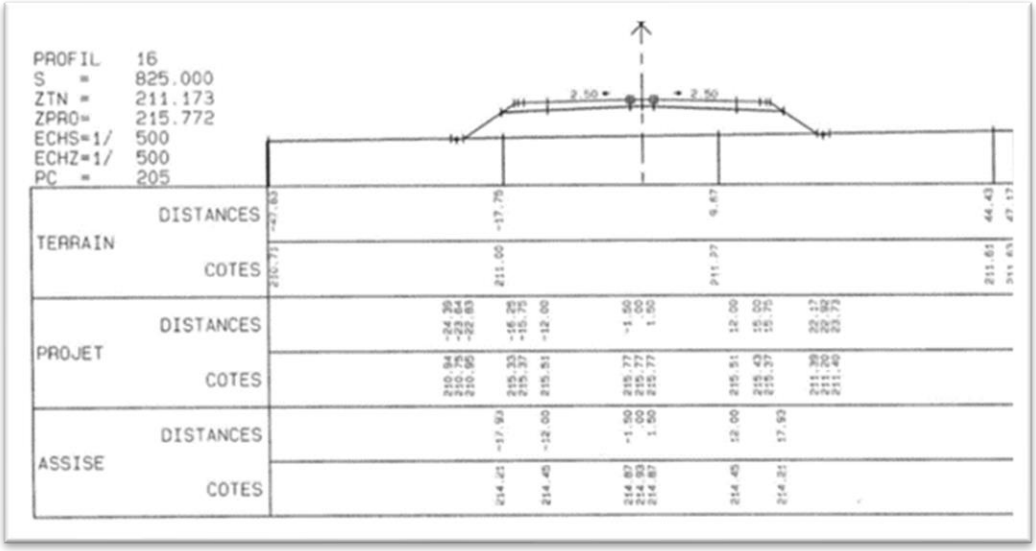


Figure I.4. Profil en travers courant

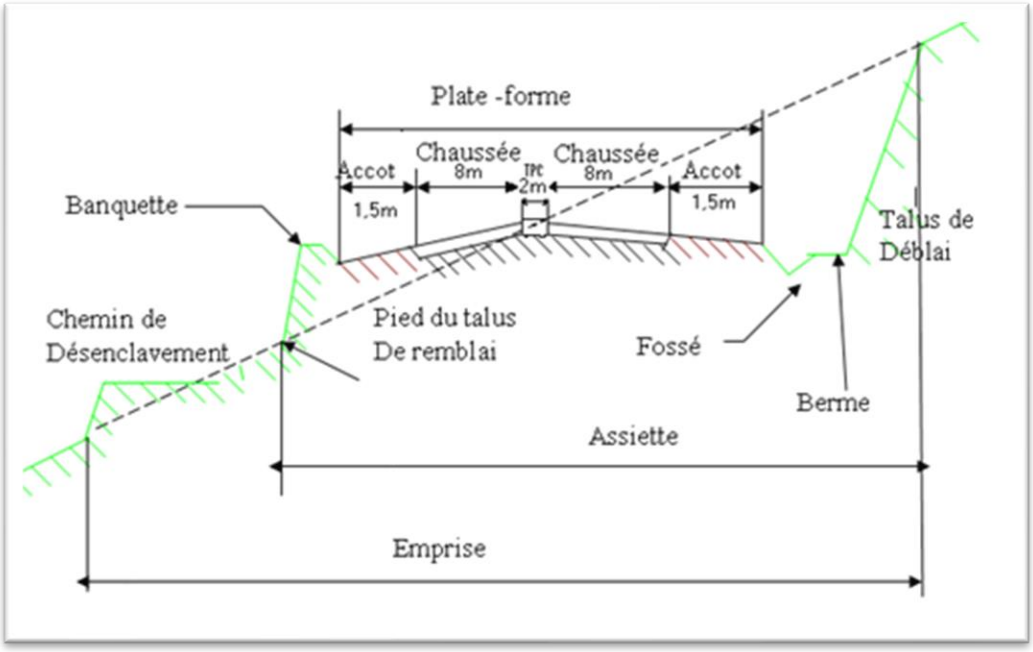


Figure I.5. Profil en travers type

I.5. LES TERRASSEMENTS

Le terrassement se constitue de plusieurs étapes :

- **Décapage des terres :** on extrait temporairement la terre végétale sur une profondeur de 25 cm environ. Cette opération peut être réalisée manuellement pour les chantiers de moindre importance ou à l'aide d'engins mécaniques (engins de nivellement, pelleteuses, etc.).
- **Les déblais :** ils désignent l'ensemble des terres dégagées lors des opérations de terrassements pour la création de canalisations, de fondations. Ces terres peuvent être soit réutilisées en remblais, ou le cas échéant elles sont évacuées du chantier.
- **Les remblais :** ce sont les terres prélevées et transportées en vue de combler les cavités telles que les tranchées.

I.5.1. LES DIFFERENTS TYPES DE TERRASSEMENTS

Les fouilles en rigole sont destinées à recevoir les fondations. Les fouilles sont dites en rigole dès lors que leur largeur n'excède pas 2 m et leur profondeur 1 m. Elles sont réalisées une fois l'implantation réalisée à l'emplacement des futurs murs. Afin d'éviter tout risque de gel, les fouilles sont creusées sur une profondeur de 80 cm. Concernant les excavations, les fouilles ont une surface supérieure à 2 m de chaque côté et une hauteur inférieure à la moitié de la largeur. Enfin, une fouille est dite en tranchée lorsque sa profondeur est supérieure à 1 m mais que sa largeur est inférieure à 2 m.

I.5.2. LES RESEAUX ENTERRES

Il est possible que certains réseaux souterrains soient enfouis dans le sol (réseaux d'électricité, réseau d'eau de tout à l'égout, etc.). En amont du terrassement, les réseaux doivent être repérés sur le plan et identifiés sur le terrain en usant de grillages avertisseurs de couleur : le bleu pour l'eau, le rouge pour l'électricité, le jaune pour le gaz et le noir pour le réseau téléphonique.

I.5.3. LE BLINDAGE DES FOUILLES

Évite tout risque aux personnes et aux constructions existantes. Le blindage est obligatoire dès lors que la fouille à parois verticales à une profondeur de 1,30 m et une largeur égale ou inférieure aux 2/3 de sa profondeur (article 66 du Décret du 6 janvier 1965). Dans tous les autres cas, des aménagements doivent être réalisés et régulièrement vérifiés pour assurer la sécurité des individus et des biens alentours.

Le blindage peut être réalisé par planches horizontales ou verticales mais également en ayant recours à des caissons.

I.6. STABILITES DES TALUS

- La terre mise en tas, lorsqu'elle n'est pas retenue, forme avec la terre, appelé angle de talus naturel.
- Lors des fouilles, si le talus que l'on veut réaliser fait avec l'horizontale un angle inférieur ou égale à l'angle naturel, aucune précaution particulière ne doit être prise.
- Si au contraire l'angle est supérieur à l'angle naturel. Il y a danger d'éboulement et il convient de prendre des dispositions pour les éviter.
- D'une manière générale, lors de l'exécution des terrassements en remblai, le rapport admis entre la base et la hauteur est de 3 à 2.

I.7. STRUCTURE DE CHAUSSEE

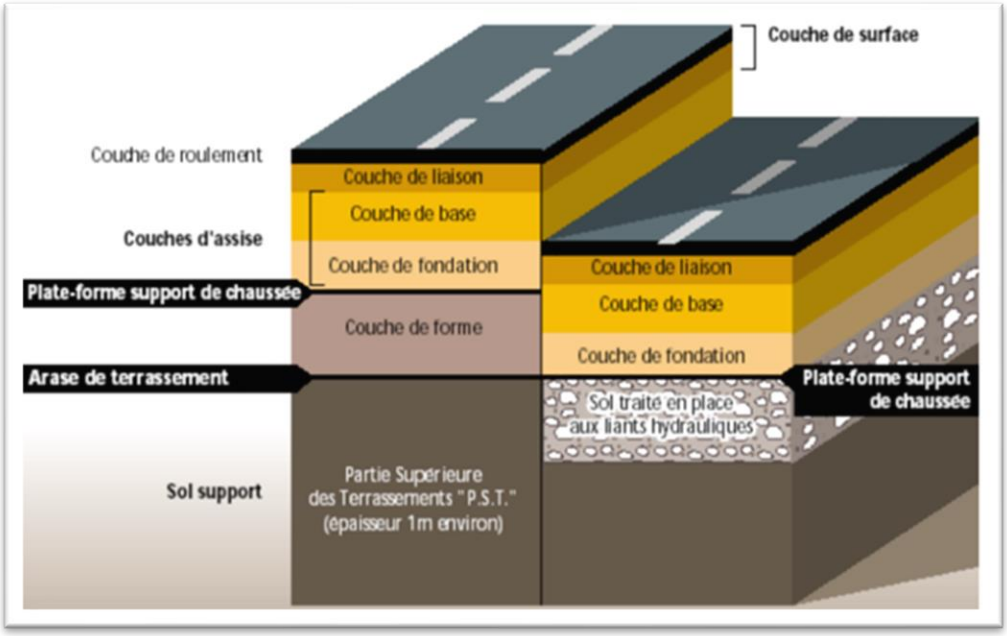


Figure I.6. Les différentes couches qui constituent la structure de la chaussée

I.7.1. DEFINITION

Fonction : transmettre les efforts au sol (via la couche de forme) en garantissant des déformations dans les limites admissibles.

Les différentes couches :

- Couche de forme ;
- Couche de fondation : la construction de cette couche ne pose pas de problème particulier, la plupart des matériaux routiers conviennent ;
- Couche de base : la construction de cette couche doit faire l'objet d'une attention toute spéciale le matériau utilisé dans cette couche doit pouvoir résister aux contraintes résultant du trafic ;
- Couche de surface : Les couches de fondation, de base et de surface constituent la structure de la chaussée, la couche de forme ainsi que la PST font référence au terrassement.

I.7.2. DETERMINATION D'UNE CHAUSSEE

Pour déterminer une structure de chaussée il existe un catalogue type en fonction de la catégorie de route VRS ou VRNS. Pour entrer dans ce catalogue nous avons besoin de deux données :

- Le trafic T ;
- La catégorie de plateforme PF.

Le terrassement tiendra compte de la portance du sol qui varie suivant la position de la route le terrassier livrera une PST en fonction de la PF désirée. Il doit suivant le sol rencontré en déblai, ajouté une couche de forme d'épaisseur variable suivant les différentes zones. Il est plus facile de faire varier cette couche de forme plutôt que de modifier l'épaisseur de la structure de chaussée.

I.7.3. Matériaux utilisés dans la construction des chaussées

Les granulats sont le constituant de très loin majoritaires des couches de chaussées, qu'elles soient des assises hydrauliques, des enrobés, des enduits ou des chaussées en béton. La présence des liants divers (liants hydrauliques, hydrocarbonés), procure aux matériaux élaborés par mélange ou traitement des caractéristiques profondément différentes de celles de granulats de base.

Les granulats utilisés dans les constructions des chaussées sont classés en deux principales catégories : les granulats naturels et les granulats artificiels.

Les granulats sont dits naturels lorsqu'ils proviennent des roches meubles ou massives extraites in situ et qu'ils ne subissent aucun traitement autre que mécanique.

Ils peuvent se caractériser par la nature des gisements de leur extraction, et par leur niveau de performance en utilisation routière.

On distingue les matériaux alluvionnaires et les matériaux des roches massives du point de vue de gisement dont ils sont issus. Les matériaux alluvionnaires sont meubles se situent dans les lits de rivières ou dans des terrasses déposées au cours de temps géologiques. Les roches massives sont extraites dans les carrières d'où elles doivent être abattues à l'explosif avant de subir les opérations d'élaboration. L'aptitude des granulats à être utilisés dans les chaussés est appréciée par un certain nombre d'essai dont les principaux sont.

Granulats dits artificiels lorsqu'ils sont issus de la transformation thermique des roches, minerais et des déchets, soit de la démolition d'ouvrage divers.

I.8. LES DEGRADATIONS DES CHAUSSEES

Les désordres que l'on observe sur les chaussées peuvent provenir de causes multiples qu'il convient de bien identifier afin de déterminer les travaux d'entretien ou de renforcement à réaliser. Parmi les dégradations couramment observées, on peut distinguer les dégradations normales, qui apparaissent progressivement et qui s'aggravent lors du vieillissement de la chaussée, de celles qui proviennent d'un mauvais choix de matériaux, de malfaçons ou de facteurs extérieurs.

I.8.1. LE VIEILLISSEMENT NORMAL DE LA CHAUSSEE

- **Couche de roulement**

La résistance des matériaux de la chaussée diminue avec le temps sous l'effet du trafic routier et des conditions climatiques. Ce vieillissement affecte en premier lieu la couche de roulement qui est la plus exposée aux actions du trafic et du climat. Par conséquent, les dégradations qui pourront être observées au terme de la durée de vie de la couche de roulement seront qualifiées de normales.

- **Couche d'assise**

Une chaussée neuve est dimensionnée avec un risque de calcul. Par conséquent, il existe une probabilité pour que les couches d'assise présentent des dégradations au cours de leur durée de

dimensionnement nécessitant des travaux de renforcement assimilables a une reconstruction de la chaussée, en l'absence de toute intervention d'entretien structurel.

I.8.2. LE VIEILLISSEMENT ANORMAL DE LA CHAUSSEE

❖ **Le choix des matériaux**

Un mauvais choix de matériaux de chaussée, inadapté au trafic aux conditions météorologique, au tracé de la voie ou encore au sol support peut être à l'origine de l'apparition prématurée de dégradations.

❖ **Les malfaçons**

Les malfaçons liées à la fabrication ou à la mise en œuvre peuvent également être à l'origine de l'apparition prématurée de dégradation, on peut citer :

- Le non-respect de la composition de l'enrobé telle qu'elle a été définie par l'épreuve de formulation ;
- Le défaut d'homogénéité du produit ;
- Le non-respect des températures de fabrication et de mise en œuvre ;
- Le non-respect des épaisseurs
- Le non-respect du pourcentage de vides obtenu sur chantier
- Le défaut de collage des couches d'enrobé.

I.8.3. LES AUTRES FACTEURS DE VIEILLISSEMENT ANORMAL DE LA CHAUSSEE

– Les terrassements ;
– Le trafic poids lourd ;
– Les arbres d'alignement ;
– Les remblais ;
– Les ouvrages hydrauliques ;
– Les aléas naturels.

I.9. LES PRINCIPES DESORDRES

I.9.1. LES DEFORMATIONS

➢ **L'orniérage**

Qui se produit dans les bandes de roulement sus l'effet de la circulation, peut avoir différentes causes non dépourvues de liens entre elles :

– La classe de résistance à l'orniérage spécifiée pour les travaux n'est pas adaptée au trafic et aux conditions climatiques ;
– Les caractéristiques géométriques de la voie interviennent dans le phénomène d'orniérage comme facteur aggravant.

➢ **Les affaissements**

L'affaissement est une déformation ponctuelle par tassement du sol support qui se localise soit en rive de chaussée, soit sur la largeur de la demi-chaussée. L'affaissement de rive s'observe le plus souvent sur les chaussées traditionnelles.

I.9.2. LES FISSURES

- **Les fissures longitudinales**

Les fissures longitudinales qui apparaissent dans les bandes de roulement sont essentiellement sues à la fatigue de la structure de la chaussée.

- **Les fissures transversales**

Les fissures transversales sont des fissures perpendiculaires à l'axe de chaussée, leur présence a la surface de la chaussée avec un espacement régulier (entre 5 et 20m) est caractéristique des assises traitées aux liants hydrauliques.

- **Le faïençage**

Le faïençage se définie comme un ensemble de fissures formant un maillage plus ou moins serrée. Il représente généralement un état ultime liée à l'évolution de la fissuration depuis l'apparition de premiers fissures, leurs ramifications, leur entrecroisement, la formation d'un réseau de fissures d'abord à mailles larges puis a mailles de plus en plus fines.

I.9.3. LES ARRACHEMENTS

Tous les départs de matériaux qui affectent la surface de chaussées sont regroupés sous le terme d'arrachements. Certains arrachements sont caractéristiques de la nature de la couche de roulement.

I.9.4. LES MOUVEMENTS DES MATERIAUX

Les principales dégradations liées aux mouvements des matériaux sont le ressuage et l'indentation. Ces deux types de dégradations n'ont pas la même cause mais conduisent aux mêmes effets.

I.10. ENTRETIEN DU RESEAU ROUTIER

L'entretien du réseau routier se définit comme l'ensemble des actions réalisées pour maintenir le niveau de qualité de la route et de ses équipements et assurer aux usagers des conditions de sécurité et de confort conformes au niveau de service défini. On distingue généralement l'entretien courant (programmé et palliatif) et l'entretien préventif :

- **L'entretien courant programmé :** consiste notamment à entretenir les dépendances, la signalisation, les réseaux de drainage, les fossés et les chaussées.
- **L'entretien courant palliatif :** consiste à apporter une solution a un problème ponctuel et urgent sur une partie d'ouvrage devenue brutalement défectueuse et potentiellement dangereuse. Le recours à l'entretien curatif doit être le plus rare possible car il symbolise l'échec de l'entretien programmé.

- **L'entretien préventif :** consiste à intervenir avant que les dégradations n'atteignent une gravité de nature à remettre en cause la pérennité de la chaussée.

I.11. CONCLUSION

Les infrastructures de transport, et en particulier les routes, doivent présenter une efficacité économique et sociale. A travers des avantages et des coûts sociaux des aménagements réalisés, elles sont le principal vecteur de communication et d'échange entre les populations et jouent un rôle essentiel dans l'intégration des activités économiques à la vie locale. La route représente aussi au niveau de la collectivité nationale un puissant facteur de cohésion, tandis qu'en accélérant les liaisons entre les grandes métropoles économiques, elle constitue un atout majeur en faveur de la compétitivité internationale d'une nation industrielle.

CHAPITRE II
PRESENTATION DU PROJET

II.1. INTRODUCTION

Jijel est une wilaya côtière située au nord-est de l'Algérie dans la région de la Petite Kabylie[1] et dont le chef-lieu est la ville éponyme de Jijel.

II.2. DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

La wilaya de JIJEL est située à 300 km de l'Est de la capital Alger, elle est limitée au nord par la mer Méditerranée à l'ouest par la wilaya de Bejaïa, à l'Est par la wilaya de Skikda, au sud-ouest la wilaya de Sétif, au sud par la wilaya de Mila et enfin au sud-est par la wilaya de Constantine. Elle s'étend sur une superficie de 2 577 km² dont 68% se trouve en relief montagneux.

Les coordonnées ; 36° 49'00''N 5°46'00''E



Figure II.1. Wilaya de Jijel

II.2.1. TOPOGRAPHIE

La Wilaya de Jijel est caractérisée par un relief montagneux. Bien que l'altitude moyenne soit de 600 à 1000 M.

II.2.2. CLIMAT

Comme toutes les régions du littoral algérien, la Wilaya de Jijel bénéficie d'un climat tempéré avec un hiver doux caractéristique des zones méditerranéennes et d'une pluviométrie de l'ordre de 1 200 mm/an. Elle est parmi les régions les plus arrosées d'Algérie. On note aussi qu'au col de Texenna, qui se situe à 725 m d'altitude, l'enneigement dure plus de 11 jours/an. Les vents dominants soufflent généralement de la mer vers le continent (NNW - SSE).

II.2.3. HYDROLOGIE

Le couloir d'étude est disséqué par un réseau hydrographique moyen dense, les cours d'eau présentent des pentes plus au moins fortes qui traduisent un caractère torrentiel, mais aussi de

la vulnérabilité des terrains à l'érosion hydrique. On remarque que presque la même densité du réseau hydrographique continue sur toute la zone d'étude.

Le régime hydrologique d'un bassin versant dépond de ses caractéristiques morphométriques, géologiques, de l'occupation du sol (végétation, route, ville…) et des précipitations.

II.2.4. SISMICITE

Compte tenu des critères de classification, la Wilaya de Jijel est classée dans la zone sismique **IIa** à moyenne activité sismique.

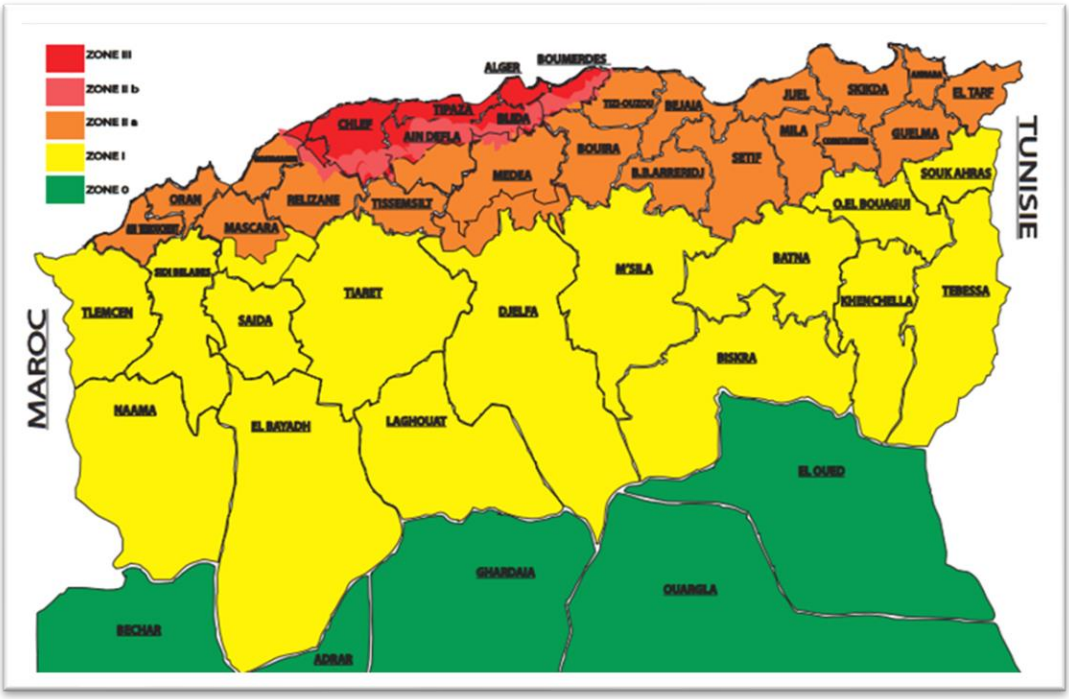


Figure II.2. Carte de zonage sismique (RPOA2008)

II.3. PRESENTATION DE PROJET

II.3.1. DESCRIPTION DE LA PENETRANTE

Le projet concerne la RN77 reliant le port de Djen-Djen à l'autoroute Est-Ouest au niveau de El Eulma. La vitesse de base de projet est estimée à 80 Km/h.

Dans mon tronçon en objet est prévue la réalisation des ouvrages d'art suivants :

- Un viaduc de 200 m de longueur (PK 6+950 ÷ 7+150 environ);
- Un viaduc de 350 m de longueur (PK 10+350 ÷ 10+700 environ);
- Un viaduc de 340 m de longueur (PK 11+190 ÷ 11+530 environ);
- Un viaduc de 465.97 m de longueur (PK 15+690÷ 16+155 environ);

En plus de ces ouvrages d'art, dans le tronçon sont présents trois passages supérieurs:

- PK 8+975 ;
- PK 9+700 ;

Et six passages inferieures:

- PK 6+200 ;
- PK 7+300 ;
- PK 8+225 ;
- PK 17+525;

Et l'échangeur du Cheddia:

- PK 13+000.00.

Les points particuliers concernant l'échangeur au PK 13+000 ainsi que l'examen des interfaces avec les points durs (OA et OH) feront l'objet de rapports particuliers lies à chaque ouvrage.

Les remblais prévus en projet ont une hauteur variable entre 1m et 25m environ; la variation des hauteurs des remblais en axe au tracé varie de 1m à 15m environ. Les excavations pour les déblais peuvent dépasser les 30m de hauteur.

II.3.2. ENCADREMENT GEOLOGIQUE

Le tracé de la liaison autoroutière se développe sur une longueur d'une centaine de kilomètres environs, passant en proximité des localités de Taher, de Texenna, de Djemila, d'Ain Sebt, de Beni Aziz et de Beni Fouda, et se termine à l'échangeur de l'autoroute Est Ouest au niveau de la ville d'El Eulma.

Le tronçon objet de ce rapport se localise dans la partie initiale du tracé, entre les PK 6+000 et PK 18+000; il est caractérisé par la présence de dépôts récents du Quaternaire

(Dépôts alluvionnaires et dépôts de glissement et éboulis) reposant sur le substrat marneux du Miocène et un substratum d'âge variable du Miocène, à l'Oligocène, au Crétacé inferieur et jusqu'au Jurassique supérieur. En détail on retrouve les dépôts suivants :

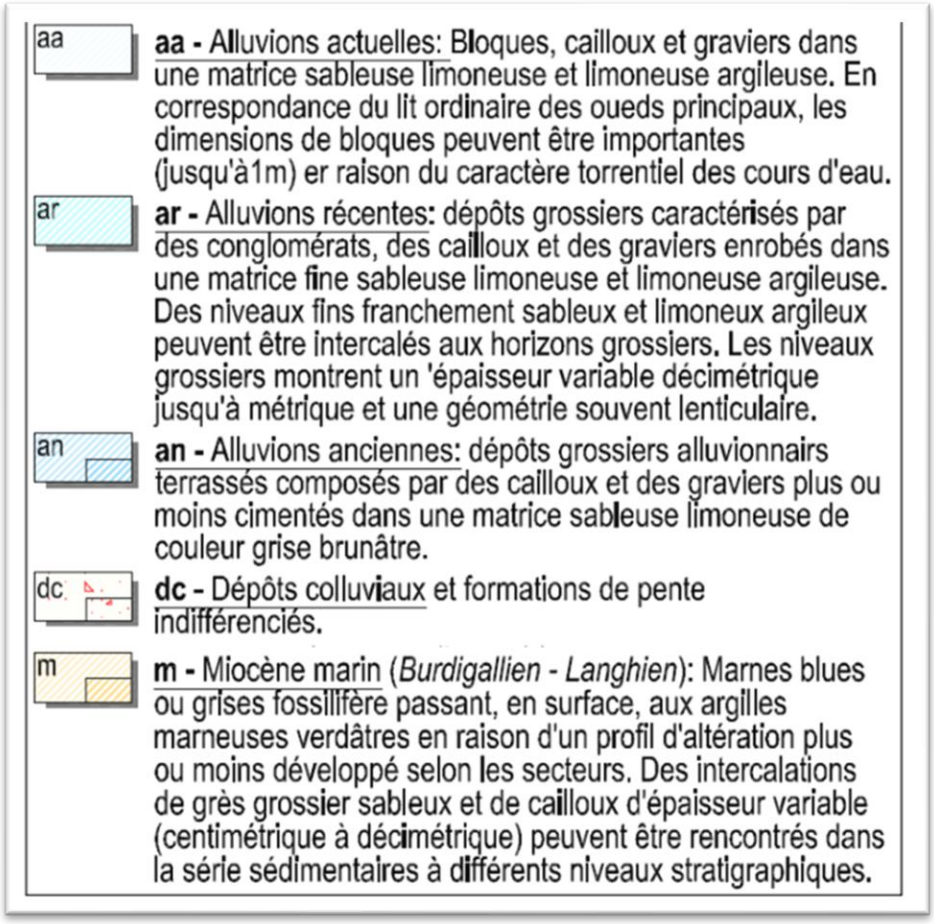


Figure II.3. Extrait de la légende géologique

Les dépôts alluvionnaires sont généralement caractérisés par des sédiments fins, argilo-limoneux ou sablo-limoneux, avec couches de dépôts plus grossiers (cailloux rondis enrobés dans une matrice graveleuse et sableuse), très abondants en particulier dans les oueds plus importants (Figure II.4).



Figure II.4. Dépôts alluvionnaires en terrasses fluviales, sable limoneux avec couches de grave et cailloux (autour de PK 7+000 environ)

Le substrat miocènique est constitué principalement par des argiles marneuses et des marnes grises ou bleuâtres avec locales intercalations des niveaux gréseux-sableux fossilifères (Figure II.5). Les marnes présentent souvent un profil d'altération de nature argileuse bien développée que peut atteindre une épaisseur importante (plus de 25m).

Alluvions actuelles et récentes(aa-ar) : généralement caractérisés par sédiments fins, argilo-limoneux ou sablo-limoneux, avec niveaux plus grossiers (cailloux arrondis enrobés dans une matrice graveleuse et sableuse), très abondants en particulier dans les oueds plus importants. Dépôts colluviaux et dépôts de glissement (dc): des phénomènes d'instabilité ont été relevés en ce tronçon.



Figure II.5. Marnes du Miocène (PK 13+000)

Ces phénomènes se sont développés en périodes différentes, soit à travers les dépôts colluviaux, soit à travers l'amas rocheux. Par conséquent la nature des dépôts des glissements est différente par rapport aux terrains et roches touchés par ces phénomènes. On peut donc retrouver localement des matériaux plus franchement marneux ou argileux et autres plus rocheux mais très fracturés (Roches faibles). De toute façon, en général les dépôts de glissement sont caractérisés par une matrice sableuse limoneuse argileuse avec du gravier et cailloux.



Figure II.6. Marnes du Miocène (environ PK 16+400)

II.3.3. ENCADREMENT HYDROGEOLOGIQUE

Du point de vue hydrogéologique, la première partie du tronçon analysée (PK 6+000 et PK 18+000 du projet de la Pénétrante RN77) est caractérisée par un secteur de plaine où le complexe hydrogéologique est représenté par des dépôts récents du Quaternaire (dépôts alluvionnaires) reposant sur les substrats marneux du Miocène.

Dans ce tronçon, sont aussi présents des niveaux fins argilo-limoneux ou limons sableux-argileux et des zones humides ayant localement des horizons de saturation dans les sédiments grossiers liés à la déposition du matériau de l'Oued Djen-Djen et de ses affluentes. Ces horizons se forment par la présence à leur base, des niveaux argileux limoneux imperméables.

Les nappes d'eau souterraine dans ce secteur sont rechargées directement par les précipitations météoriques ou par les eaux de ruissellement et d'infiltration qui coulent le long du versant nord du massif montagneux de l'Atlas Tellien.

Les données des piézomètres installés n'ont pas remarqué la présence d'une nappe d'eau continue dans tout le secteur. Pour cette raison a été supposé un ensemble multicouche des nappes lenticulaires, éventuellement de nature saisonnière, correspondant aux plusieurs horizons plus perméables que caractérisant la stratigraphie.

Les données des sondages et de puits dans ce secteur, montrent que le niveau piézométrique plus superficiel se localise moyennement entre le 1.5 m et 15 m de profondeur. Dans la plus parti des cas, l'action des Oueds, est drainant par rapport à la nappe superficielle.

Le substrat marneux, au lit de la formation alluvionnaire, est caractérise par argile marneuse et marne argileuse avec localement intercalations de niveaux gréseuse-sableux. En profondeur, dans les formations marneuses, la présence d'aquifères profonds ne peut pas être exclue. Les essais de perméabilités Lefranc réalisé le long du tronçon en question et présenté dans la section 3.6 de ce rapport, indiquent une perméabilité moyenne pour les dépôts alluvionnaires (10-2 m/s > K > 10-4 m/s) et une perméabilité moyen inférieur pour las formations marneuse (10-5 m/s > K > 10-6 m/s).

II.4. OBJECTIFS DU PROJET

En citant les objectifs de la réalisation de la pénétrante Djen-Djen el Eulma

- Soulager la région Ouest de la circulation de transit empruntant actuellement les routes existantes (RN43, RN9).
- Le projet venant de renforcer le réseau existant de la région.
- Améliorera par ailleurs les échanges commerciaux internes et les déplacements régionaux en minimisant les temps des parcours.
- Appuyer le développement économique local et régional par le transport efficace des personnes et des marchandises.
- Réduction des frais d'exploitations : une pénétrante diminuera et donnera naissance à une économie de carburant.
- Gains de temps : la réalisation de la pénétrante permet de réduire les temps de transports, estimation de gain de temps en fonction du motif déplacement.
- Gains de sécurité : représentés par la diminution du nombre de blessés et de morts combiné avec la valeur monétaire attribuée à la vie humaine (décès, blessés graves ou légers). Garantir une meilleure fluidité de circulation.
- Gains de confort des usagers : moins de tension nerveuse liée à l'uni de la route par exemple.

CHAPITRE III
ANALYSE DE L'APS

III.1. INTRODUCTION

L'étude de l'avant-projet sommaire a permis de finaliser l'analyse du programme, compléter et faire les éventuels ajustements. Une vérification de compatibilité de l'esquisse choisi avec le site, les contraintes, la réglementation et l'environnement technique (sol, routes) est réalisée.

Ces études permettent également de préciser la composition générale en plan et en volume. Du projet. En effet, nous définissons les volumes et circulations intérieurs ainsi que l'aspect extérieure de l'ouvrage.

III.2. OBJET DE L'ETUDE

Pour étudier l'avant-projet détaillé de la Pénétrante RN77 reliant le port de Djen-Djen à l'autoroute Est-Ouest au niveau de El Eulma, la présente phase consiste en :

III.2.1.L'ANALYSE DU DOSSIER APS

- De la géométrie (conception générale, Tracé en plan, Profil en long, etc…) ;
- De la géologie du site traversé par la route ;
- De l'impact sur l'environnement au droit du tracé ;
- Des études hydrauliques, hydrogéologiques ;
- Du trafic.

III.2.2.LA CONFRONTATION DES DONNEES APS AU TERRAIN A TRAVERS

- Des visites de reconnaissances du tracé, sur le plan géologique et géotechnique ;
- Des études cartographiques ;
- Des investigations en termes d'impact sur l'environnement.

III.3. CONTENU DE L'APS

III.3.1. CONCEPTION GENERALE

On a utilisé les normes de l'ICTAAL qu'il s'agisse de la réalisation d'infrastructures nouvelles ou de l'aménagement du réseau existant.

Les autoroutes sont classées en deux catégories se distinguant par le niveau de leurs caractéristiques de tracé en plan el de profil en long. Le choix de la catégorie résulte de l'environnement (relief, occupation du sol ...) dans lequel s'inscrit l'autoroute et doit être cohérent avec la perception qu'en aura l'usager. On distingue :

- La catégorie L1, appropriée à la vitesse maximale autorisée de 130km/h ;
- La catégorie L2, appropriée à la vitesse maximale autorisée de 110km/h.

III.3.1.1. Tracé en plan :

Les valeurs limites sont consignées dans le tableau ci-après :

Tableau III.1. Valeurs minimales des rayons du tracé en plan.

Catégorie	L_1	L_2
Rayon minimal (R_m)	600 m	400 m
Rayon minimal au dévers normal (R_{dn})	1 000 m	650 m

III.3.1.2. Profil en long :

Les paramètres du profil en long doivent respecter les valeurs limites données dans le tableau II.3 selon les normes de L'ICTAAL :

Tableau III.2. Valeurs limites des paramètres du profil en long.

Catégorie	L_1	L_2
Déclivité maximale	5 %	6 %
Rayon minimal en angle saillant	12 500 m	6 000 m
Rayon minimal en angle rentrant	4 200 m	3 000 m

III.3.1.3. Profil en travers :

Il est prévu à 2x3 voies selon L'ICTAAL présente par le schéma ci-dessous :

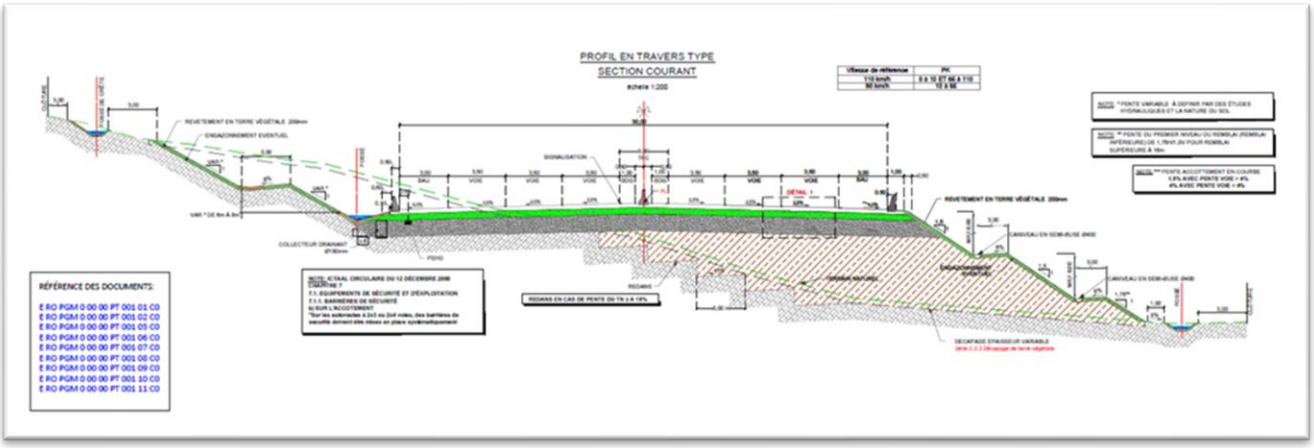


Figure III.1. Profil en travers type chaussée 2x3 voies.

III.3.1.4. La plate-forme de l'Autoroute présente :

- 3 chaussées de 10.5m.
- Terre-plein central de 3m.
- BAU 3m.

III.3.2.RECONNAISSANCE GEOLOGIQUE

Les quelques données géologiques disponibles sur internet suggèrent que le tracé de l'autoroute Jijel-El Eulma s'étendra à travers deux principales unités tectoniques-stratigraphiques.

Le secteur plus au Nord, dans les Monts Kabylie, est caractérisé par un gradient morphologique supérieur et de la couverture végétale plus dense (forêts de conifères ou mixtes). Le secteur Sud du tracé semble être localisé sur l'unité externe de l'Atlas Tellien, constitué de terrains avec une morphologie plus douce et une végétation plus basse et moins dense.

Le tracé termine au Sud dans une zone plate près de la ville d'El Eulma.

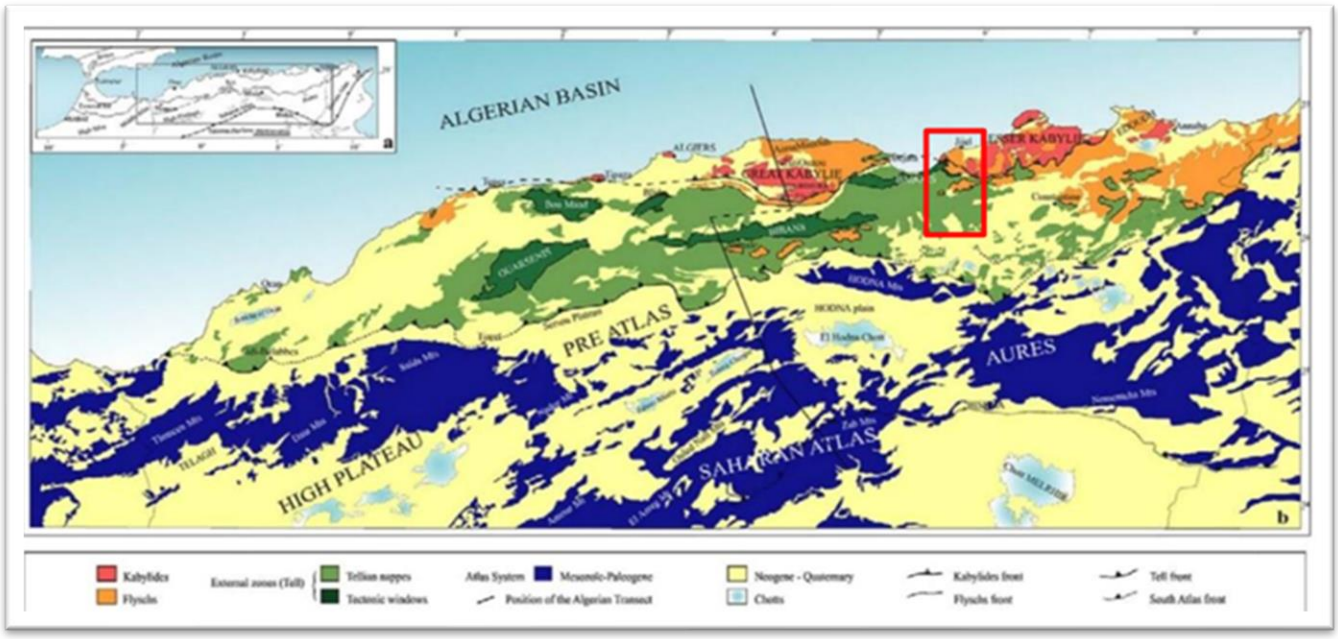


Figure III.2. Carte structurale – Nord Algérie (En rouge la zone du projet)

III.3.3.HYDROGEOLOGIE

Du point de vue hydrologique, le secteur entre PK 6+000 et PK 18+000 croise le bassin El Kabir (entre environ 110 NGA et 450 NGA).

Le bassin présente un réticule hydrographique sub-dendritique, avec la rive gauche qui est caractérisée par des cours d'eau plus développés, avec une extension supérieure. Les affluents de la rive droite sont généralement moins étendus et ont une tendance à géométrie rectiligne.

Le tracé se développe en rive gauche entre le PK 15+580 et le PK 18+000 environ, le tracé se déplace en rive droite. Le cours d'eau principal présent une géométrie courbée, avec quelque coude bien prononcé, probablement pour effet de la tectonique qui affecte la chaine montagneuse ou de dépôts de glissement et éboulis sécant le fleuve.

Les nappes d'eau souterraine dans le secteur (entre PK 6+000 et PK 15+580) sont rechargées directement par les précipitations météoriques ou par les eaux de ruissellement et d'infiltration qui coulent le long du versant nord du massif montagneux de l'Atlas Tellien.

La nappe a été mesurée où possible. Dans le tronçon (entre PK 15+580 et PK 17+000) la nappe se rencontre à une profondeur moyenne de 8m; entre environ PK 17+000 et PK 18+000 les piézomètres n'ont pas rencontré le niveau d'eau.

III.3.4.TERRASSEMENT

On extrait temporairement la terre végétale sur une profondeur de 25 cm environ. Cette opération peut être réalisée manuellement pour les chantiers de moindre importance ou à l'aide d'engins mécaniques (engins de nivellement, pelleteuses, etc.).

Les séries sédimentaires marines et les dépôts Astien de Pliocène présentent une faible dureté et sont moyennement compactes, ils ne nécessiteront pas d'engins puissants. Les sédiments récents quaternaires sont représentés par des limons, des graviers et des galets roulés. Ces formations ne sont pas très dures ni compactes. Elles sont perméables et non consolidées, elles nécessiteront d'engins un peu plus puissants.

III.4. CONCLUSION

L'analyse de l'**APS** nécessite une meilleure réflexion pour atténuer les contraintes socio-économiques qu'il englobe (habitat, conduite de gaz, terres agricoles). Il existe une possibilité de rectification moins contraignante de tracé.

Cette analyse fait ressortir d'importants impacts enregistrés sur les aspects écologiques, sociaux, agricoles et sur les ressources en eau.

CHAPITRE IV
ÉTUDE DE TRAFIC

IV.1. INTRODUCTION

Il convient tout d'abord de rappeler que la forte croissance du nombre de déplacements est directement liée à des hypothèses de croissance démographique et d'emplois très ambitieuses. Ces hypothèses se traduisent nécessairement par un accroissement du trafic assuré par la route. La pénétrante Djen-Djen el-Eulma ne permet pas d'éviter cette augmentation du nombre de déplacements routiers par rapport à la situation actuelle. La saturation du réseau routier risque donc de s'aggraver entraînant une diminution de l'accessibilité routière.

L'étude du trafic constitue un moyen important de saisie des grands flux à travers un pays ou une région, et constitue parallèlement une approche essentielle de la conception des réseaux routiers. Cette conception repose sur une partie « stratégie, planification », sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers qui est nécessaire pour :

- Apprécier la valeur économique des projets ;
- Estimer les coûts d'entretiens ;
- Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons.

IV.2. DEFINITIONS

Dans le domaine de l'étude des trafics, il est nécessaire de fixer les définitions des termes couramment employés :

- **Trafic de transit** : origine et destination en dehors de la zone étudiée (important pour décider de la nécessité d'une déviation).
- **Trafic d'échange** : l'origine est à l'intérieur de la zone étudiée et la destination à l'extérieur de la zone d'échange et réciproquement (important pour définir les points d'échange).
- **Trafic local** : trafic qui se déplace à l'intérieur de la zone étudiée.
- **Trafic moyen journalier annuel (T.M.J.A.)** : égal au trafic total de l'année divisé par 365.
- **Unité de véhicule particulier (U.V.P.)** : exprimé par jour ou par heure, on tient compte de l'impact plus important de certains véhicules, en particulier les poids lourds en leur affectant un coefficient multiplicateur qui est fonction de l'environnement (vallonné ou plat…etc.).
- **Les trafics aux heures de pointe** (les heures de pointe du matin HPM, et les heures de pointe du soir HPS).

IV.3. DIFFERENTS TYPES DE TRAFICS

IV.3.1. TRAFIC NORMAL

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

IV.3.2. TRAFIC DEVIE

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

IV.3.3. TRAFIC INDUIT

C'est le trafic qui résulte :

- Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuaient et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient Vers d'autres destinations.
- Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

IV.3.4. TRAFIC TOTAL

Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévie.

IV.4. MODELES DE PRESENTATION DE TRAFICS

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.

➢ On va utiliser la méthode « Prolongation de l'évolution passée » vu sa simplicité et parce qu'elle intègre l'ensemble des variables économiques de la région.

IV.5. ANALYSE DU TRAFIC

L'étude du trafic est une étape importante dans la mise au point d'un projet routier et consiste à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route. Les éléments de ces analyses sont multiples :

IV.5.1. LES COMPTAGES

C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, ils sont permis de quantifier le trafic, on distingue deux types de comptage :

- Les comptages manuels ;
- Les comptages automatiques.

IV.5.2. LES ENQUETES

Cette méthode permet en particulier de recenser les flux de trafic inter zonaux, en définissant leur origine et destination. Il existe plusieurs types d'enquêtes :

- Enquêtes de circulation origine ;
- Enquêtes de circulation destination.

IV.6. CALCUL DE LA CAPACITE

IV.6.1. DEFINITION DE LA CAPACITE DE LA ROUTE

La capacité pratique (le débit horaire moyen à saturation) : C'est le trafic horaire au-delà duquel le plus petit incident risque d'entraîner la formation de bouchons.

IV.6.2. PROLONGATION DE L'EVOLUTION

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

$$TJMAh = TJMA0\ (1+\tau)n$$

Avec :

- **TJMAh:** Le trafic à l'année horizon en **(v/jour).**
- **TJMA0:** Le trafic à l'année de référence en **(v/jour).**
- **n :** nombre d'années.
- **τ :** taux d'accroissement du trafic en **(%).**

IV.6.3. TRAFIC EFFECTIF

La formule qui donne le trafic effectif est :

$$Teff = [(1-Z) + PxZ]\ xTJMAhorizon$$

Avec :

- **Teff:** Trafic effectif à l'année horizon en **(uvp/jour).**
- **Z :** pourcentage du poids lourd.
- **P :** coefficient d'équivalence pour le poids lourd, il dépend de la nature de la route.

Le (tableau IV.1) permet de déterminer le coefficient d'équivalence « P » pour poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristiques de la route

Tableau IV.1. Coefficient d'équivalence (B40)

Environnement	E_1	E_2	E_3
Route a bonne caractéristique	**2-3**	**4-6**	**8-12**
Route étroite	**3-6**	**6-12**	**16-24**

Selon le B40, le coefficient d'équivalence « P » pour un relief montagneux (E3) est P =10.

IV.6.4. DEBIT DE POINTE HORAIRE NORMAL

Le débit de pointe horaire normal est donné par la formule :

$$Q = \frac{1}{n} \times T_{eff}$$

Avec :

- **Q :** débit de pointe normal en **(uvp/h).**
- **n :** nombre d'heures (en général n=8) alors $\frac{1}{n}$ = 0.12.

IV.6.5.DEBIT HORAIRE ADMISSIBLE

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

$$Q = K_1.K_2.C_{th}$$

Tableau IV.2. Valeur de K_1

Environnement	E_1	E_2	E_3
K_1	0,75	0,85	0.90 à 0,95

Tableau IV.3. Valeur de k_2

	Catégorie de la route				
Environnement	1	2	3	4	5
E_1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E_2	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
E_3	0,91	0,95	0,97	0,96	0,96

Tableau IV.4. Valeurs de la capacité théorique

	Capacité théorique (uvp/h)
Route à 2 voies de 3.5m	1500 à 2000
Route à a 3 voies de 3.5m	2400 à 3200
Route à chaussée séparée	1500 à 1800

IV.6.6.NOMBRE DES VOIES

IV.6.6.1. Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

On faire la comparaison entre Qadm et Q et on prend le profil permettant d'avoir :

$$Qadm \geq Q$$

IV.6.6.2. Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

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

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

IV.7. APPLICATION AU PROJET

IV.7.1.DONNEE DU TRAFIC

- Le taux d'accroissement annuel du trafic =4% ;
- L'année de mise en service sera en 2023 ;
- La durée de vie de la route (20 ans) ;
- P=10 ;
- La vitesse de base V_B= 110 Km/h ;
- Le pourcentage de poids lourds PL= 21.83 %.

IV.7.1.1. Projection future de trafic :

Le trafic à l'année 2013 : $TJMA_{2013}$= 6628 v/j.

$TJMA_{2023}= TJMA_{2013}\ (1+\tau\ )^{10} =6628\ (1+0\ .04)^{10}$

⇨ $TJMA_{2023}$=9811 v/j.

$TJMA_{2043}= TJMA_{2023}\ (1+\tau)^{20}=9811(1+0.04)^{20}$

⇨ $TJMA_{2043}$=21497 v/j.

IV.7.1.2. Calcul du trafic effectif :

$T_{eff} = [(1-Z) + P\times Z] \times TJMA_{horizon}$, Z=21.83%

$T_{eff} = [(1-0.2183) + 10\times 0.2183] \times 21497$

⇨ T_{eff} =63732 uvp/j.

IV.7.1.3. Calcul du débit de pointe horaire normal :

$Q=0.12xT_{eff} =0.12x63732$

⇨ Q=7648 uvp/h

IV.7.1.4. Calcul du débit admissible :

K1: coefficient correcteur pris égal à 0,95 pour E3 ;

K2: coefficient correcteur pris égal à 0,91 pour environnement (E3) et catégorie (C1) ;

C_{th}: capacité théorique pris égal à 1800

$Q_{adm}=K_1.K_2.Q=0.95\times 0.91\times 7648$

⇨ Q_{adm}=6612 uvp/j

IV.7.2.DETERMINATION DU NOMBRE DE VOIES

$$N = S \times \frac{Q}{Qadm}$$

Avec :

S coefficient dissymétrie en général $\frac{2}{3}$

$$N = S \times \frac{Q_{previsible}}{C_{th(par\ voie)} \times K_1 \times K_2}$$

$$N = \frac{2}{3} \times \frac{6612}{1800 \times 0.95 \times 0.91} = 2.83 \approx 3$$

⇨ N=3 voies/sens.

IV.7.3.CALCUL DE L'ANNEE DE SATURATION

$$n = \frac{\ln(\frac{Q_{saturation}}{Q_{2023}})}{\ln(1+\tau)}$$

T_{eff23} = [(1-Z) + P×Z] ×$TJMA_{2023}$, Z=21.83%

T_{eff23} = [(1-0.2183) + 10×0.2183] ×9811

⇨ T_{eff23} =29087 uvp/j.

$Q_{2023} = 0,12 \times T_{eff23} = 0.12 \times 29087 = 3490$ uvp/h.

$$Q_{2023} = \frac{2}{3} \times 3490 = 2326 \text{uvp/h/sens}$$

$Q_{saturation}$ = 3×C_{th}×K_1×K_2 = 3×1800×0.95×0.91=4669 uvp/j.

D'où $n = \frac{\ln(\frac{4669}{2326})}{\ln(1+0.04)} = 17.77\ ans$

L'année de saturation est 21ans et 03 mois

Les calculs sont représentés dans le tableau suivant:

Tableau IV.5. Résultat de calcul des paramètres de trafic

	$TJMA_{2013}$ (v/j)	**$TJMA_{2023}$ (v/j)**	**$TJMA_{2043}$ (v/j)**	**T_{eff} (uvp/j)**	**Q (uvp/h)**	**Q_{adm} (uvp/h)**	**N**	**n (ans)**
Valeur	6628	9811	21497	63732	7648	6612	3	17.77

IV.8. CONCLUSION

D’après le calcul de capacité de la route, on constate que la pénétrante doit être dimensionnée avec 3 voies par sens de 3.5 m, et selon la norme ICTAAL 2015 le terre-plein central (TPC) est de 3m, Une B.A.U (band d’arrêt d’urgence) de 3 m.

CHAPITRE V
TRACÉ EN PLAN

V.1. INTRODUCTION

C'est la projection verticale de la route sur un plan horizontal, autrement dit, c'est la conception plane du projet ; il met en évidence les longueurs et largeurs des sections rectilignes et la valeur des rayons de courbure dans les virages. Il sert aussi à guider l'ingénieur projeteur du tracé de l'axe de la route de manière à :

- S'assurer qu'il relie les deux points de départ et d'arrivée.
- Eviter au maximum les obstacles (constructions, butées, cours d'eau…).
- Minimiser le nombre de routes coupées pour des raisons économiques.

Le tracé en plan doit assurer aux usagers de la RN 77 un trajet confortable et une bonne qualité de service. Pour cela l'étude sera réalisée conformément aux normes techniques d'aménagement des routes, avec une vitesse de base retenue de 110km/h.

V.2. REGLES A RESPECTER

- Norme de conception à appliquer ICTAAL ;
- Utiliser les grands rayons si l'état du terrain le permet ;
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières ;
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques, si le franchissement est obligatoire essayer d'éviter les ouvrages biais ;
- Avoir le maximum d'adaptation au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants ;
- Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible ;
- Topographie de la région ;
- Protection de l'environnement.

V.3. CHOIX DE LA CATEGORIE

Le choix de la catégorie résulte de l'environnement dans lequel s'inscrit l'autoroute et doit être cohérent avec la perception qu'en aura l'usager. On distingue :

- **La catégorie L_1** : appropriée en région de plaine ou vallonnée où les contraintes de relief sont modérées, appropriée une vitesse maximale autorisée de 130km/h.
- **La catégorie L_2** : mieux adaptée aux sites de relief plus difficile, compte tenu des impacts économiques et environnementaux qu'il implique, appropriée une vitesse maximale autorisée de 110km/h.

V.4. VISIBILITE

V.4.1. VISIBILITE EN SECTION COURANTE

La distance de visibilité à rechercher en section courante est la distance d'arrêt :

- Da (110 km/h) = 195 m;

V.4.2. VISIBILITE A L'APPROCHE DES POINTS D'ACCES

a) Visibilité sur une sortie d'autoroute

Les distances de visibilité aux sorties d'autoroutes correspondent à la distance de manœuvre en sortie d_{ms} définie comme la distance parcourue à vitesse constante pendant le temps nécessaire pour opérer fixer à six (6) secondes :

d_{ms} (6 • 110 km/h) = 185 m ;

b) Visibilité sur une entrée d'autoroute

La distance de visibilité pour la voie de droite de l'autoroute doit être au moins égale à la distance d'arrêt sur l'arrière d'un véhicule entrant, positionné sur la bretelle d'entrée au droit du point dit « d'entrée au plus tôt » (E = 1,00 m).

V.4.3. VISIBILITE DANS UN ECHANGEUR

Le conducteur empruntant un échangeur doit disposer :

- Le long de chaque bretelle, de la distance d'arrêt sur l'arrière d'un véhicule arrêté sur sa voie;
- À l'approche d'un virage, d'une distance de visibilité sur les marquages limitant sa voie au début de l'arc circulaire, au moins égale à la distance parcourue à vitesse constante Vé en trois (3) secondes, afin de lui permettre de percevoir la courbe et d'adapter son comportement à temps;
- En approche et au niveau des carrefours de raccordement à la voirie ordinaire, de conditions de visibilité conformes aux recommandations relatives aux carrefours plans, en tenant compte des vitesses pratiquées sur la bretelle.

V.4.4. VISIBILITE SUR UN REFUGE

Les refuges sont implantés de façon à offrir en approche, pour la voie de droite de l'autoroute, une distance de visibilité au moins égale à la distance d'arrêt sur l'arrière d'un véhicule présumé placé au milieu du refuge.

V.4.5. VISIBILITE SUR UN LIT D'ARRET

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

V.5. LES ELEMENTS DE TRACE EN PLAN

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments:

- Alignements droits ;
- Arcs de cercle ;
- Courbes de raccordement progressive « clothoïde ».

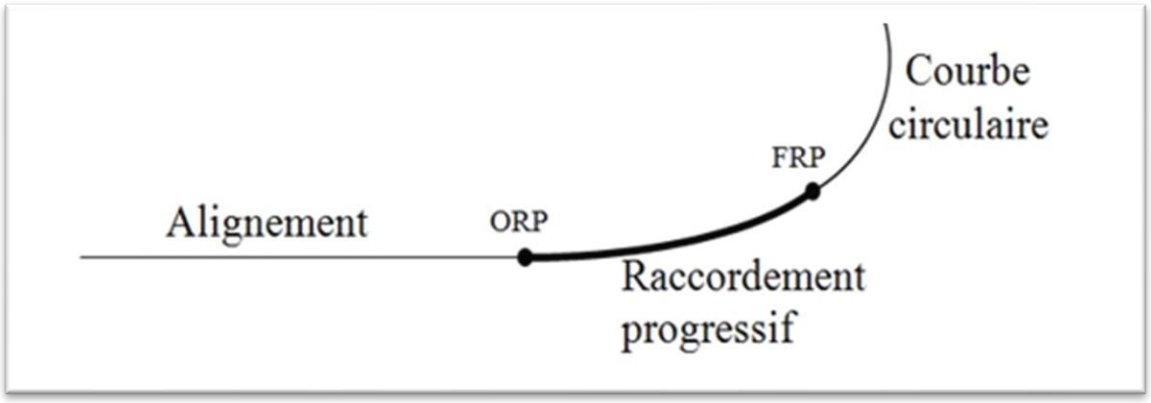


Figure V.1. Les éléments de tracé en plan

V.5.1. LES ALIGNEMENTS DROITS

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

Il existe toutefois des cas ou l'emploi d'alignement dans un tracé en plan se justifie:

- Dans des vallées étroites ;
- Le long de constructions existantes ;
- Pour donner la possibilité de dépassement.

Donc la longueur des alignements dans un tracé en plan dépend de:

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

Les avantages des alignements :

- Absence de force centrifuge ;
- Construction facile ;
- Bonne adaptation à la construction et ouvrage existants.

Les inconvénients des alignements :

- Abolissement prolongé due aux phares ;
- Monotonie de conduite ;
- Appréciation des distances.

V.5.1.1. Règles concernant la longueur des alignements dans un tracé en plan:

❖ **La longueur minimale**

La longueur minimale d'alignement Lmin devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant cinq (5) secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon de deux arcs de cercle.

$$Lmin = 5 \times \frac{VB}{3,6}$$

❖ **La longueur maximale**

La longueur maximale Lmax est prise égale à la distance parcourue pendant soixante (60) secondes.

$Lmax = 60 \times \frac{VB}{3,6}$ Avec : V_B : vitesse de base en km/h.

⇨ Pour V_B = 110 km/h

L_{min} =153m

L_{max}=1834m

Tableau V.1. Valeurs extrêmes des alignements droits du tracé (ICTAAL 2015)

Vitesse de base	**V_B (km/h)**	110
Longueur minimale	**L_{min}**	200
Longueur maximale	**L_{max}**	2000

V.5.2. LES COURBES CIRCULAIRES

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.

Pour cela on essaie dans un tracé en plan de choisir des rayons les plus grands possibles pour éviter de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.

V.5.2.1. Le dévers :

La pente transversale choisie résulte d'un compromis entre la limitation de l'instabilité des véhicules lorsqu'ils passent d'un versant à l'autre et la recherche d'un écoulement rapide eaux de pluie.

❖ **Dévers en alignement**

En alignement le dévers est destiné à assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée.

❖ **Dévers en courbe**

En courbe le devers permet de :

- Assure un bon écoulement des eaux superficielles.

- Compenser une fraction de la force centrifuge et assurer la stabilité dynamique des véhicules.
- Améliorer le guidage optique.

V.5.2.2. Rayons :

Le tronçon est classé dans la catégorie L_2 Selon ICTAAL 2015 appropriée à un site de relief plus difficile, la limitation des valeurs des rayons dépend de la stabilité des véhicules, l'inscription de véhicules longs dans les courbes et de la visibilité en courbe.

Tableau V.2. Valeurs minimales des rayons du tracé en plan (ICTAAL2015).

Catégorie	**L_2**
Rayon minimal R_m (m)	400
Rayon minimal au dévers normal R_{dn} (m)	650
Rayon minimal sans courbe de transition $1.5R_{nd}$ (m)	975

L'emploi de rayons égaux ou supérieurs à 1,5 Rnd a été privilégié, dans la mesure où cela n'induit pas de surcoût sensible, afin d'améliorer le confort et faciliter le respect des règles de visibilité. Cette recommandation est impérative dans les sections à risque particulier, notamment:

- Après les longues pentes;
- À l'approche des points particuliers (échangeur, accès à une aire, gare de péage);
- Dans les zones à verglas fréquent.

Pour des raisons de facilité et de coûts, les courbes ont été évitées ou limitées au niveau des ouvrages d'art non courants. Des optimisations sont encore requises à ce niveau lors des études d'ingénierie détaillée.

n notera que les rayons employés sont supérieurs ou égaux au rayon minimal sans courbe de transition (1,5Rnd=975m).

V.5.3. RACCORDEMENTS PROGRESSIFS (CLOTHOÏDE)

Le passage de l'alignement droit au cercle ne peut se faire brutalement, mais progressivement (courbe dont la courbure croit linéairement de R=∞ jusqu'à R=constant), pour assurer :

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

D'après l'ICTAAL 2015 les courbes de rayon inférieur à 1,5 Rnd sont introduites par des raccordements progressifs (clothoïde).

Leur longueur est au moins égale à la plus grande des deux (2) valeurs : 14 $|\Delta\delta|$ et R/9

Où : R note le rayon de courbure (en m), et

$\Delta\delta$ la différence des pentes transversales (en %) des éléments du tracé raccordé.

$|\Delta\delta| = |\delta 1 - \delta 0|$ d'où δ_1 : la pente transversale initiale.

δ_0 : le devers de la courbe.

Lorsque l'implantation d'un raccordement progressif crée des difficultés, on peut le raccourcir jusqu'à une longueur de 8,4 $|\Delta\delta|$.

En outre, dans une courbe en S, le dévers peut varier linéairement sur l'ensemble de la courbe comprise entre les deux (2) arcs circulaires raccordés.

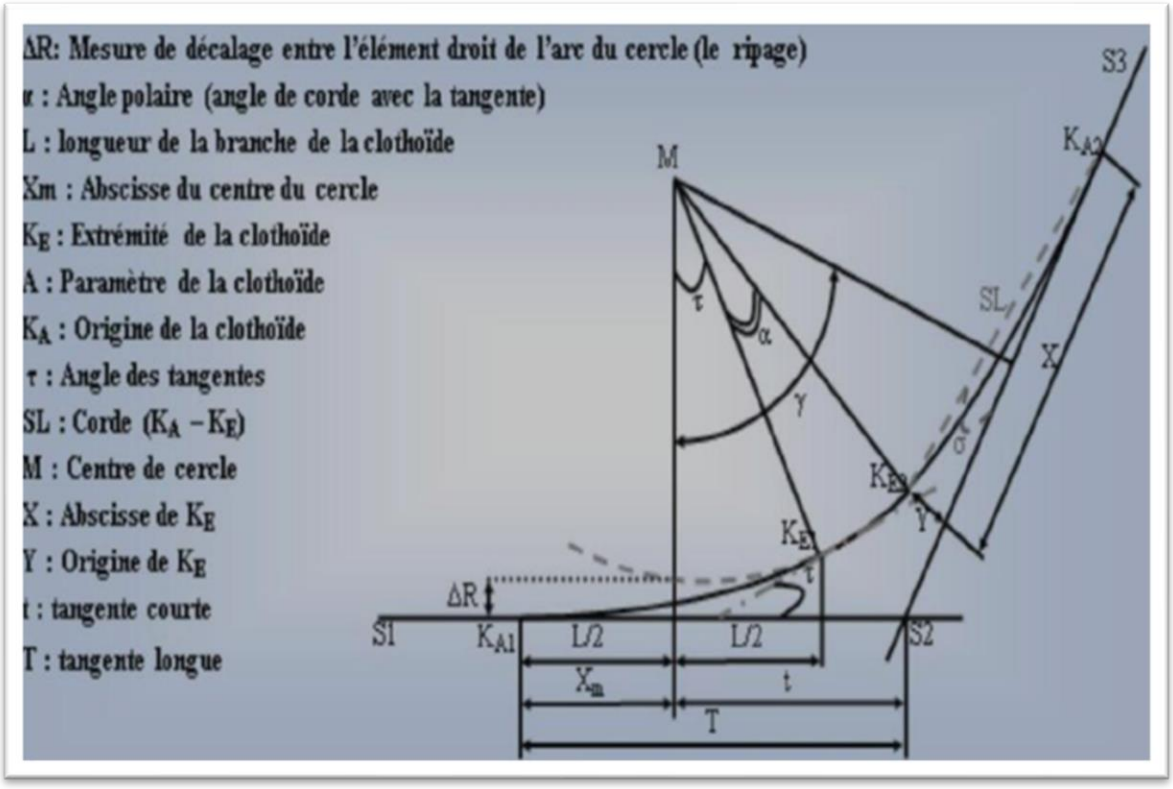


Figure V.1. Géométrie de la clothoïde

V.6. ENCHAINEMENT DES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN

D'après l'ICTAAL2000 :

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

- Introduire de telles courbes sur une longueur de 500 à 1 000 m à l'aide de courbes de plus grand rayon. En ce cas, deux (2) courbes successives doivent satisfaire à la

condition : R1 ≤ 5 R2, où R1 est le rayon de la première courbe rencontrée et R2 (< 1,5 Rnd) celui de la seconde. Cette recommandation est impérative dans une section à risque, comme après une longue descente, à l'approche d'un échangeur, d'une aire ou dans une zone à verglas fréquent;

- Séparer deux (2) courbes successives par un alignement droit d'au moins 200 m, sauf pour deux (2) courbes de sens contraire introduites par des raccordements progressifs.

V.7. EXEMPLE DE CALCUL MANUEL DE L'AXE EN PLAN

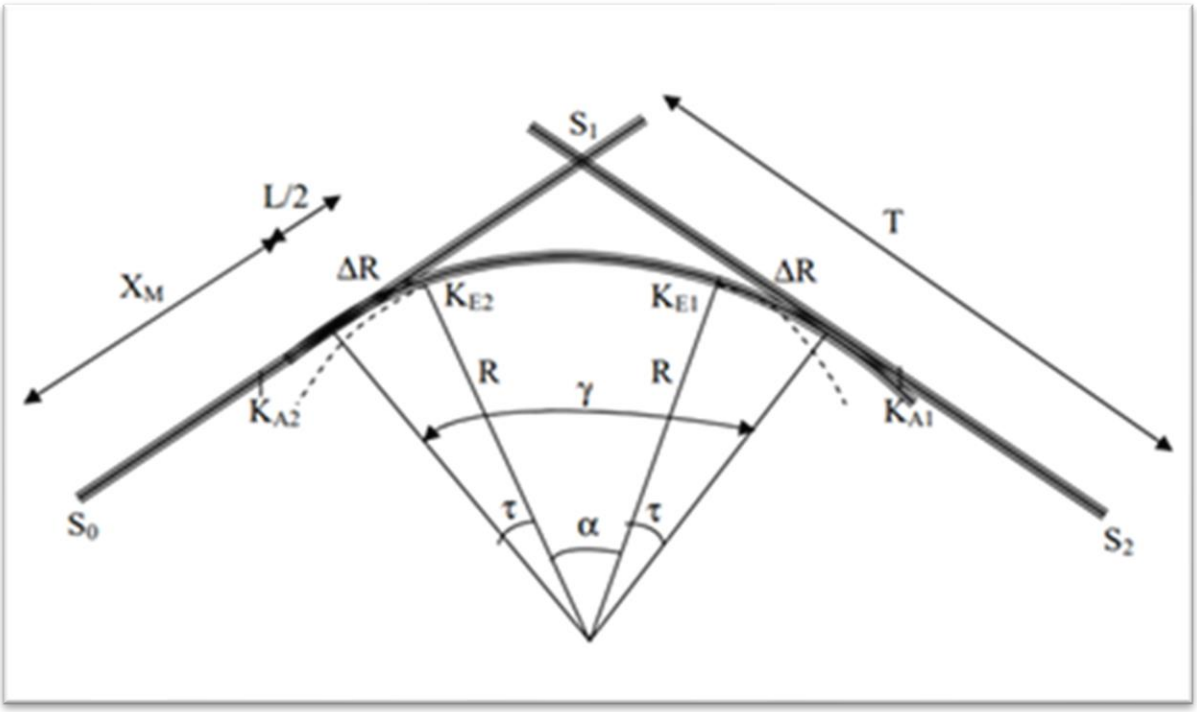


Figure V.3. Caractéristiques géométriques de l'élément à calculer

➢ Les points de l'axe en plan

Tableau V.3. Données de l'axe à calculer

Sommet	X(m)	Y(m)	R(m)	V_B(km/h)
A(x,y)	755942.6419	4073049.0783	900.000	110
B(x,y)	755876.8246	4072845.6563		
C(x,y)	754830.9890	4072190.3244		
D(x,y)	754670.7205	4072212.6421		

On a R = 900m < 1.5Rnd donc le calcul se fait pour un rayon avec Clothoïde

- **Calcul des gisements**

Le gisement d'une direction est l'angle fait par cette direction avec le nord géographique dans le sens des aiguilles d'une montre.

$|\Delta X_{AB}| = |X_B - X_A| = 755876.8246 - 755942.6419$ =65.8173m

$|\Delta Y_{AB}| = |Y_B - Y_A| = 4072845.6563 - 4073049.0783$ =203.4220m

$G_A^B = 200 + \text{arctg}(\frac{|\Delta X_{AB}|}{|\Delta Y_{AB}|}$ =219.9211 grd

$|\Delta X_{AD}| = |X_D - X_A| = 754670.7205 - 755942.6419 = 1271.9214$m

$|\Delta Y_{AD}| = |Y_D - Y_A| = 4072212.6421 - 4073049.0783$ =836.4362m

$G_A^D = 200 + \text{arctg}(\frac{|\Delta X_{AD}|}{|\Delta Y_{AD}|}$ =262.9441 grd

$|\Delta X_{CD}| = |X_D - X_C| = 754670.7205 - 754830.9890 = 160.2685$m

$|\Delta Y_{CD}| = |Y_D - Y_C| = 4072212.6421 - 4072190.3244$ =22.3177m

$G_C^D = 400 - \text{arctg}(\frac{|\Delta X_{CD}|}{|\Delta Y_{CD}|})$ =308.8085 grd

$\alpha_1 = |G_A^B - G_A^D| = 43.0230$grd

$\alpha_2 = |G_C^D - G_A^B| = 88.8874$ grd

$\alpha_3 = 200 - (\alpha_1 + \alpha_2)$=68.0896 grd

$\gamma = 200 - \alpha_3$=131.9104 grd

- **Calcul des distances**

$D_A^D = \sqrt{\Delta X_{AD}{}^2 + \Delta Y_{AD}{}^2} = 1522.3040$m

$D_A^S = \frac{\sin(\alpha_2)}{sin(\alpha_3)} \times D_A^D$ =1709.4620m

- **Calcul du point Sommet**

$\beta = \text{arctg}(\frac{|\Delta X_{AB}|}{|\Delta Y_{AB}|}$ =19.9211 grd

$X_S = X_A + D_A^S \times \sin(\beta)$ =756468.8794m

$Y_S = Y_A + D_A^S \times \cos(\beta)$ =4074675.5267m

- **Calcul des points Tangents**

l=100m.

X_m=50m.

ΔR=0.460.

$T = X_m+(R+\Delta R).tg(\gamma/2) = 1570.1522m.$

$X_{ka1}= X_S-T(\sin(\beta)) = 755875.5268m$ $Y_{ka1}=Y_S-T(\cos(\beta)) = 4072841.6230m.$

$\theta = \text{arctg}\left(\frac{|\Delta X_{CD}|}{|\Delta Y_{CD}|}\right) = 91.1916grd$

$X_{ka2} = X_S+T(\sin(\theta)) = 754830.8260m$ $Y_{ka2} = Y_S-T(\cos(\theta)) = 4072188.9698m.$

$K = \text{arctg}\left(\frac{|\Delta Y_{AB}|}{|\Delta X_{AB}|}\right) = 80.0789\ grd$

- **Calcule de longueur de raccordement progressif**

$$Ls \geq MAX\ (L_1 ; L_2)$$

Tq : $L_1 = 14|\Delta\delta| = 14|\delta_1 - \delta_0|$

$L_2 = \frac{R}{9}$

Avec : δ_0 : Représente la pente transversale initiale$\Longrightarrow \delta_0 = -2.5\%$

δ_1 : Représente le dévers de la courbe$\Longrightarrow \delta_1 = 2.5\%$

$Ls \geq MAX(14 \times |2.5 + 2.5| ; \frac{900}{9}) \rightarrow Ls \geq MAX(70 ; 100)$

Donc Ls=100m

Le paramètre $A = \sqrt{L_s \times R} = \sqrt{100 \times 900} = 300$

$\frac{R}{9} \leq A \leq R \Longrightarrow$ Donc : 300m ≤ 300 m ≤900 m (vérifié).

- **Calcul de la corde SL**

$$SL = \sqrt{X_{KE}{}^2 + Y_{KE}{}^2}$$

Avec :

X_{KE} ; La longueur de clothoïde, L = 100 m

Y_{KE} ; La hauteur par rapport à l'axe, $\frac{L^2}{6R} = \frac{100^2}{6\times900} = 1.85$ m

$SL = \sqrt{100^2 + 1.85^2} = 100.0171m.$

- **Calcul de l'angle polaire σ**

$$\sigma = \text{arctg}\left(\frac{Y_{KE}}{X_{KE}}\right) = 1.178grd.$$

$G_1=k-\sigma = 78.9009grd.$

$a_1= SL\times\cos(G_1) = 32.5445m$ $b_1= SL\times\sin(G_1) = 94.5742m$

$X_{ke1}=X_{ka1}+a_1 = 755848.0713m$ $Y_{ke1}=Y_{ka1}+b_1 = 4072750.1972m$

$$\rho = \text{arctg}(\frac{\Delta Y_{CD}}{\Delta X_{CD}}) = 8.8084\text{grd}$$

$G_2 = \rho - \sigma = 7.6304\text{grd}$

$a_2 = SL \times \cos(G_2) = 99.2995\text{m}$ $b_2 = SL \times \sin(G_2) = 11.9592\text{m}$

$X_{ke2} = X_{ka2} - a_2 = 754929.7265\text{m}$ $Y_{ke2} = Y_{ka2} + b_2 = 4072177.9290\text{m}$

- **Calcul les longueurs**

$$\tau = \text{arctg}(\frac{l}{2R}) = 3.5331\text{grd}$$

$\alpha = \gamma - 2 \times \tau = 124.8442\text{grd}$

La longueur de la Clothoïde est $L = \frac{A^2}{R} = \frac{300^2}{900} = 100\text{m}$.

La longueur de la courbe en Rayon est: $b = \pi \times R \times \frac{\alpha}{200} = 1764.9433\text{m}$

- **Vérification du calcul effectué**

Les résultats de calcul automatique à l'aide de logiciel (**CIVIL 3D 2020**) d'axe sont joints en annexe.

CHAPITRE VI
PROFIL EN LONG

VI.1. INTRODUCTION

Un profil en long est la représentation graphique d'une coupe verticale suivant l'axe d'un projet linéaire (route, voie ferrée, canalisation, etc.) sur lequel sont reportés tous les points du terrain naturel et de l'axe du projet. Il indique la valeur des pentes et des rampes, ainsi que les rayons des sommets des côtes et des points bas.

Par convention, la ligne de référence du profil en long de l'autoroute est l'axe de la plateforme si le T.P.C est revêtu ou sinon, celui du bord gauche des chaussées. Sauf difficulté d'insertion dans le site, un profil en long en remblai, adapté à la réalisation des terrassements, des chaussées et au maintien des écoulements naturels, est préférable à un profil en long rasant.

VI.2. REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE DE LA LIGNE ROUGE

Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par le règlement en vigueur:

- D'adapter au terrain naturel pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être coûteux ;
- De rechercher l'équilibre adéquat entre le volume de remblais et de déblais ;
- De ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les règlements ;
- D'éviter de maintenir une forte déclivité sur une grande distance ;
- D'éviter les hauteurs excessives de remblais ;
- Prévoir le raccordement avec les réseaux existants ;
- Au changement de déclivité (butte ou creux) on raccordera les alignements droits par des courbes paraboliques ;
- D'assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long ;
- Recherche un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des déblais.

VI.3. ELEMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG

Le profil en long est constitué d'une succession de segment de droites (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires. Pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

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

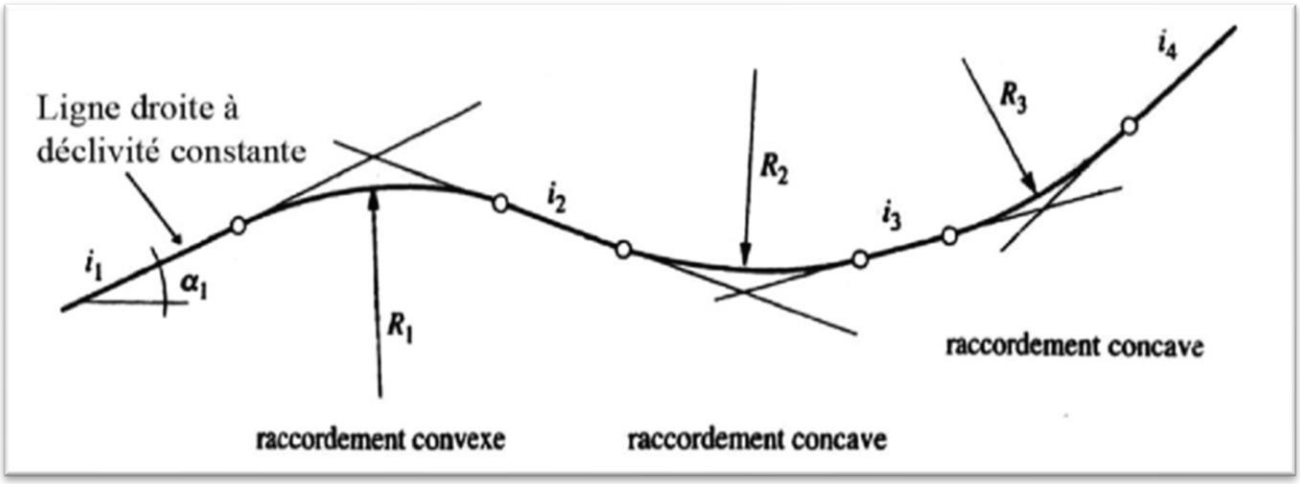


Figure VI.1. Eléments géométriques du profil en long.

VI.4. COORDINATION ENTRE LE TRACE EN PLAN ET LE PROFIL EN LONG

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

- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition : R vertical > 6 × R 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.

VI.5. DECLIVITE

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

VI.5.1.DECLIVITE MINIMUM

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

Selon ICTAAL 2015, Pour la vitesse V_B =110 km/h donc la pente maximale i_{min}=0.5%.

VI.5.2.DECLIVITE MAXIMUM

Du point de vue technique, la déclivité maximale dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée (ce phénomène concerne tous les véhicules), ainsi de la réduction des vitesses qu'elle provoque ou les camions (poids lourds) sont déterminants car la plupart des véhicules légers ont une grande de puissance. Donc Il est conseillé d'éviter les pentes supérieures à 8%.

Selon ICTAAL 2015, Pour la vitesse V_B =110 km/h donc la pente maximale i_{max} =6%.

VI.6. LES RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG

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

VI.6.1. RACCORDEMENTS CONVEXES (ANGLE SAILLANT)

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

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

Selon ICTAAL 2015, rayon minimal en angle saillant : 6000 m.

VI.6.1.1. Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable :

$R_{min} \geq 0,30V^2$ (cat 1-2).

Pour: V= 110km/h

R_{min} =6000m

⇨ $0,3\times110^2=3630$m

⇨ 6000 >3630 vérifie.

VI.6.1.2. 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 à une distance double de la distance d'arrêt au minimum.

VI.6.2. RACCORDEMENTS CONCAVES (ANGLE RENTRANT)

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

Selon ICTAAL 2015, rayon minimal en angle saillant : 3000 m.

VI.6.3. VALEURS LIMITES

Les paramètres du profil en long respectent les valeurs limites données dans le tableau suivant :

Tableau VI.1 Limite des paramètres de profil en long

catégorie	L_2
Déclivité minimale P_{min} (%)	0.5
Déclivité maximale P_{max} (%)	6
Rayon minimal en angle saillant RV_m (m)	6000
Rayon minimal en angle rentrant RV_m (m)	3000

Des rayons supérieurs aux rayons minimaux ont été utilisés lorsque cela n'induirait pas de surcoût sensible.

Compte tenu du relief très difficile, la déclivité maximale de 6 % a également été utilisée occasionnellement à l'endroit des ouvrages d'art non courants.

VI.7. REDACTION DE PROFIL EN LONG

L'établissement de profil en long tient compte des plusieurs éléments indispensables. Il se compose de deux parties, la première appelée graphique qui n'est rien d'autre qu'une représentation du terrain naturel ou l'allure du projet et la partie travée qui désigne le plan de comparaison, la distance partielle, la distance cumulée, les déclivités du terrain naturel, déclivités du projet, les alignements et courbes.

La mise en page du profil en long doit avant tout tenir compte des échelles à adopter. D'une manière générale, on prendra sur l'axe des abscisses, l'échelle utilisée dans la planche a courbe de niveau et pour ce qui est des hauteurs, la même échelle exagérée cinq ou dix fois (agrandie de 5 ou 10 fois).

VI.8. COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG

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

- Associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important.
- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition $R_V > 6R_H$, pour éviter un défaut d'inflexion.
- Eviter qu'un début de courbe faible (< 300m) se situe en point haut de profil en long car cela entraîne une dégradation de la perception du virage.
- 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 tracés suffisamment francs pour prévenir les perceptions trompeuses.

VI.9. DETERMINATION PRATIQUE DU PROFIL EN LONG

Dans les études des projets, on assimile l'équation du cercle :

$$\mathbf{X^2 + Y^2 - 2RY = 0}$$

À l'équation de la parabole $X^2 - 2RY = 0 \rightarrow Y = \frac{X^2}{2R}$

Pratiquement, le calcul des raccordements se fait de la façon suivante :

- Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) des points A et D.
- Donnée La pente P1 de la droite (AS).
- Donnée la pente P2 de la droite (DS).
- Donnée le rayon R.

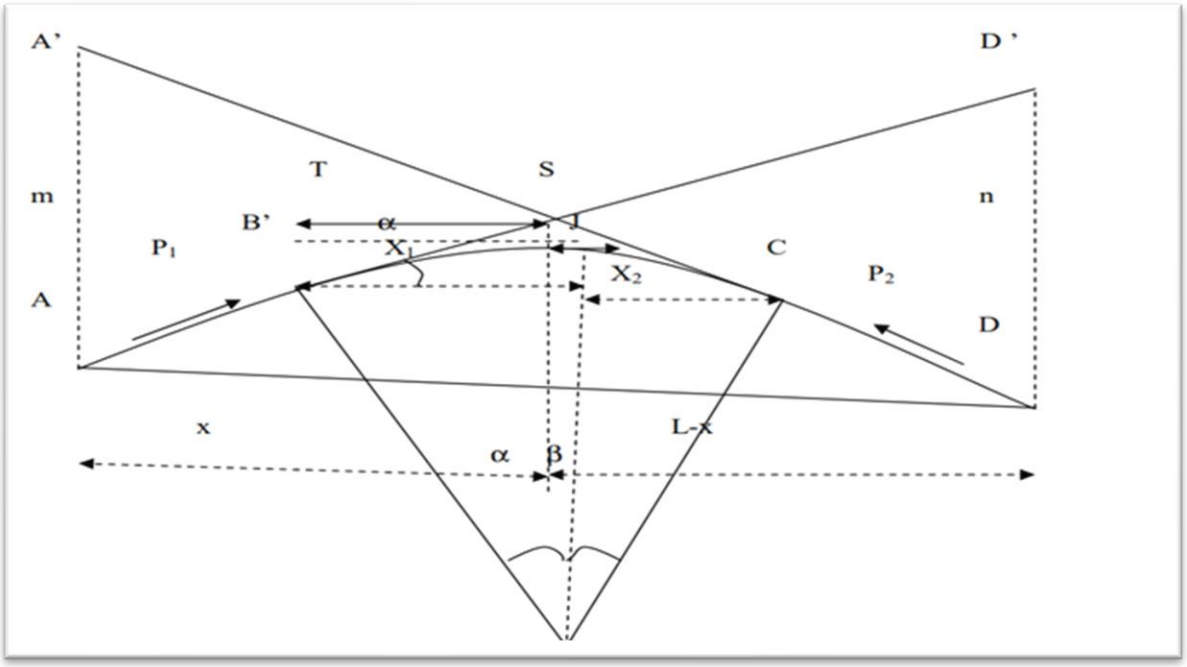


Figure VI.2. Schéma de l'élément à calculer

VI.9.1. DETERMINATION DE LA POSITION DU POINT DE RENCONTRE (S)

On a: $Z_A = Z_{D'} + L.P_2$; $m = Z_{A'} - Z_A$

$Z_D = Z_{A'} + L.P_1$; $n = Z_D - Z_{D'}$

Les deux triangles A'SA et SDD' sont semblables donc:

$$\frac{m}{n} = \frac{x}{L-x} \rightarrow \frac{m.L}{m+n}$$

$$S \begin{cases} X_S = X + X_A \\ Z_S = P_1.X + Z_A \end{cases}$$

VI.9.2. CALCULS DE LA TANGENTE

$$T = \frac{R}{2}|P_1 - P_2|$$

On prend (+) lorsque les deux pentes sont de sens contraires, on prend (-) lorsque les deux pentes sont de même sens.

La tangente (T) permet de positionner les pentes de tangentes E et F.

$$B\begin{cases} X_B = X_S - T \\ Z_B = Z_S - P_1.T \end{cases} \qquad C\begin{cases} X_C = X_S + T \\ Z_C = Z_S - P_2.T \end{cases}$$

VI.9.3. PROJECTION HORIZONTALE DE LA LONGUEUR DE RACCORDEMENT

$$LR=2T$$

VI.9.4. CALCUL DE LA FLECHE

$$H = \frac{T^2}{2R}$$

VI.9.5. CALCUL DE LA FLECHE ET DE L'ALTITUDE D'UN POINT COURANT M SUR LA COURBE

$$M\begin{cases} H_X = \frac{X^2}{2R} \\ Z_M = Z_B + X_{P1} - \frac{X^2}{2R} \end{cases}$$

VI.9.6. CALCUL DES CORDONNEES DU SOMMET DE LA COURBE (T)

Le point J correspond au point le plus haut de la tangente horizontale.

$X_1=R_{p1}$; $X_2= R_{p2}$ $\qquad M\begin{cases} H_X = X_B R.P_1 \\ Z_M = Z_B + X_1.P_1 \frac{X_1^2}{2R} \end{cases}$

Dans le cas des pentes de même sens le point J est en dehors de la ligne de projet et ne présente aucun intérêt par contre dans le cas des pentes de sens contraire, la connaissance du point (J) est intéressante en particulier pour l'assainissement en zone de déblai, le partage des eaux de ruissellement se fait à partir du point J, c'est à dire les pentes des fossés descendants dans les sens J (A) et J (D).

- Le calcul est effectué à l'aide du logiciel Autodesk Civil 3D 2020.

VI.9.7.EXEMPLE DE CALCUL DE PROFIL EN LONG

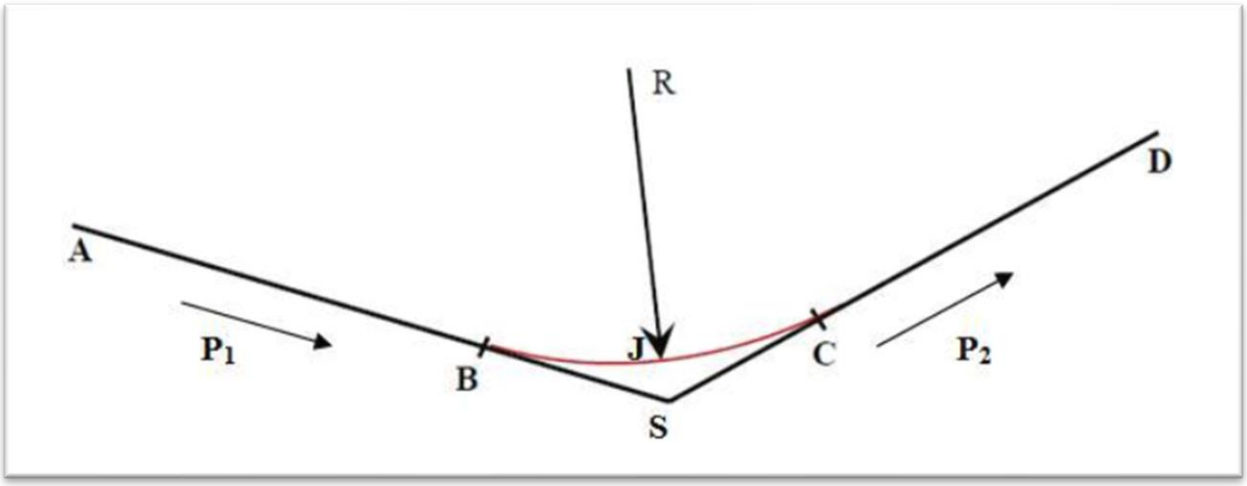


Figure VI.3. Schéma illustratif d'un rayon concave

- **Les point du profile en long**

Tableau V.2. Les donnes de l'axe à calculer

Sommets	Abscisse(m)	Altitude(m)	R(m)
A	1148.17	21.199	8000.000
S	2131.97	43.244	
D	3280.57	59.807	

- **Calcul des pentes**

$$P_1 = \frac{\Delta Z_{AS}}{\Delta X_{AS}} = \frac{Z_S - Z_A}{X_S - X_A} = 2.24\%$$

$$P_2 = \frac{\Delta Z_{SD}}{\Delta X_{SD}} = \frac{Z_D - Z_S}{X_D - X_S} = 1.44\%$$

- **Calcul des tangentes**

$$T = \frac{R}{2} \times (P_1 + P_2) = 147.20$$

- **Calcul de la flèche BX**

$$B_X = \frac{T^2}{(2 \times R)} = 1.35m$$

- **Calcul des coordonnées des points de tangentes**

PointB: $X_B = X_S - T = 1984.77m$

$Z_B = Z_S + (T \times P_1) = 46.541m$

PointC: $X_C = X_S + T = 2279.17m$

$Z_C = Z_S + (T \times P_2) = 45.364m$

- **Calcul de la longueur de raccordement**

$L = 2 \times T = 294.40m$

- **Calcul des cordonnées du point J**

$X_{J/A} = R \times P_1 = 195.2m$

$Z_{J/A} = X_{J/A} \times P_1 - \frac{{X_{J/A}}^2}{2 \times R} = 2.381m$

$X_J = X_B + X_{J/A} = 2179.97m$

$Z_J = Z_B - Z_{\frac{J}{A}} = 44.160m$

- **Vérification du calcul effectué**

Les résultats de calcul automatique (**CIVIL 3D**) sont mentionnés dans l'annexe.

CHAPITRE VII

PROFIL EN TRAVERS

VII.1. INTRODUCTION

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développé et représentée sur un plan à une échelle. Ou bien c'est une élévation verticale dans le sens de l'axe de la route de l'ensemble des points constituant celui-ci.

Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « profil en travers type » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc.…).

VII.2. ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS

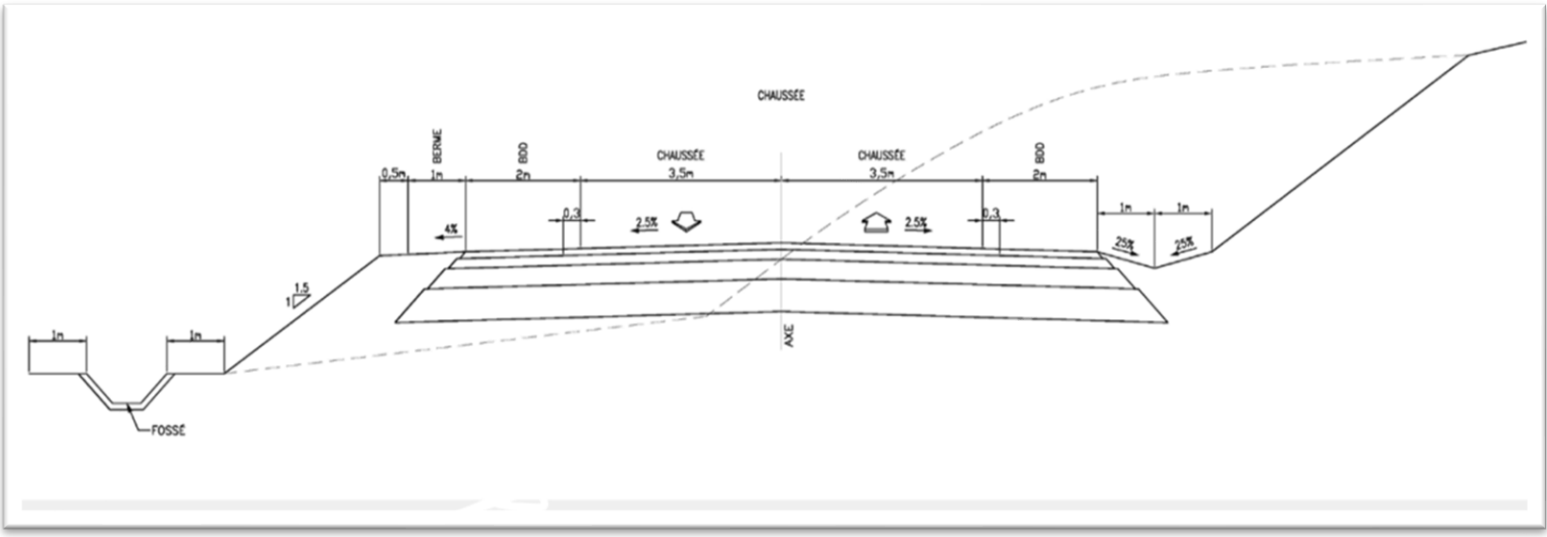


Figure VII.1. Profil en travers type du rétablissement de routes nationales

La chaussée: désigne la partie de la voie publique aménagée pour la circulation des véhicules en général.

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

Plateforme: C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes des talus de remblais, comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêts.

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, Chemins de désenclavement, exutoires, etc.…) limitée par le domaine public.

Les accotements: les accotements sont les zones latérales de la plateforme qui bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasés ou surélevés. Ils comportent les éléments suivants :

- **Une bande d'arrêt d'urgence BAU** : Elle facilite l'arrêt d'urgence hors chaussé d'un véhicule
- **Une berme extérieure :** Elle participe aux dégagements visuels

Terre-plein central T.P.C: Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées.il comprend :

- **Bande dérasée de gauche (B.D.G) :** Elle est destinée à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité, elle est dégagée de toutes obstacle, revêtue et se raccorde à la chaussée.
- **Bande médiane :** Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, et à implanter certains équipements (barrière, support de signalisation... etc.), sa largeur dépend, pour le minimum des éléments qui sont implanter.

La berme : Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations.). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.

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

VII.3. CLASSIFICATION DU PROFIL EN TRAVERS

Ils existent deux types de profil en travers :

VII.3.1. PROFIL EN TRAVERS TYPE

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes. Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais ou mixte). L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la cote du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements.

VII.3.2. PROFIL EN TRAVERS COURANT

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

VII.4. DIMENSIONNEMENT DES DIFFERENTS ELEMENTS

Les dimensions du profil en travers de chacun de ses constituants (Chaussée, largeur roulable, TPC, accotements) doivent être choisies de façon à satisfaire à un certain nombre de fonctions et de conditions :

- Écoulement du trafic ;
- Sécurité des usagers et des riverains ;
- Implantation des ouvrages d'art ;
- Assainissement ;
- Équipements d'exploitation et de sécurité ;
- Implantation de l'éclairage ;

- Prise en compte des opérations d'entretien ;
- Plantations ;
- Implantation des protections phoniques ;
- Humanisation de la route ;
- Prise en compte des nuisances ;
- Contraintes économiques ;
- Phasage.

VII.5. PENTE TRANSVERSALES AUTOROUTE

VII.5.1. DEVERS

La pente transversale d'une chaussée est généralement de 2,5 % vers l'extérieur. La pente des BAU est portée à 4 % pour assurer un meilleur drainage. La berme extérieure présente une pente transversale de 8 % qui peut être portée jusqu'à 25 % dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement.

VII.5.2. EN COURBE DEVERSEE

La pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de 1/R, entre 2,5 % pour Rnd et 6 % pour Rm. La pente de la BAU (ou la BDD) intérieure à la courbe est la même que celle de la chaussée adjacente. La pente de la BAU extérieure (ou la BDD) reste la même qu'un alignement droit tant que le dévers ne dépasse pas 4 %; au-delà, elle est de sens opposé au dévers et égale à 1,5 %, hormis là sur-largeur de chaussée qui conserve la même pente que la chaussée.

VII.5.3. Changement de dévers

Les changements de dévers s'effectuent selon les recommandations de l'article 4.6.3 de l'ICTAAL 2000. Dans la zone de basculement du dévers, l'évacuation des eaux de ruissellement sur la chaussée requiert une pente résultante de 0,5 % en tout point de la chaussée.

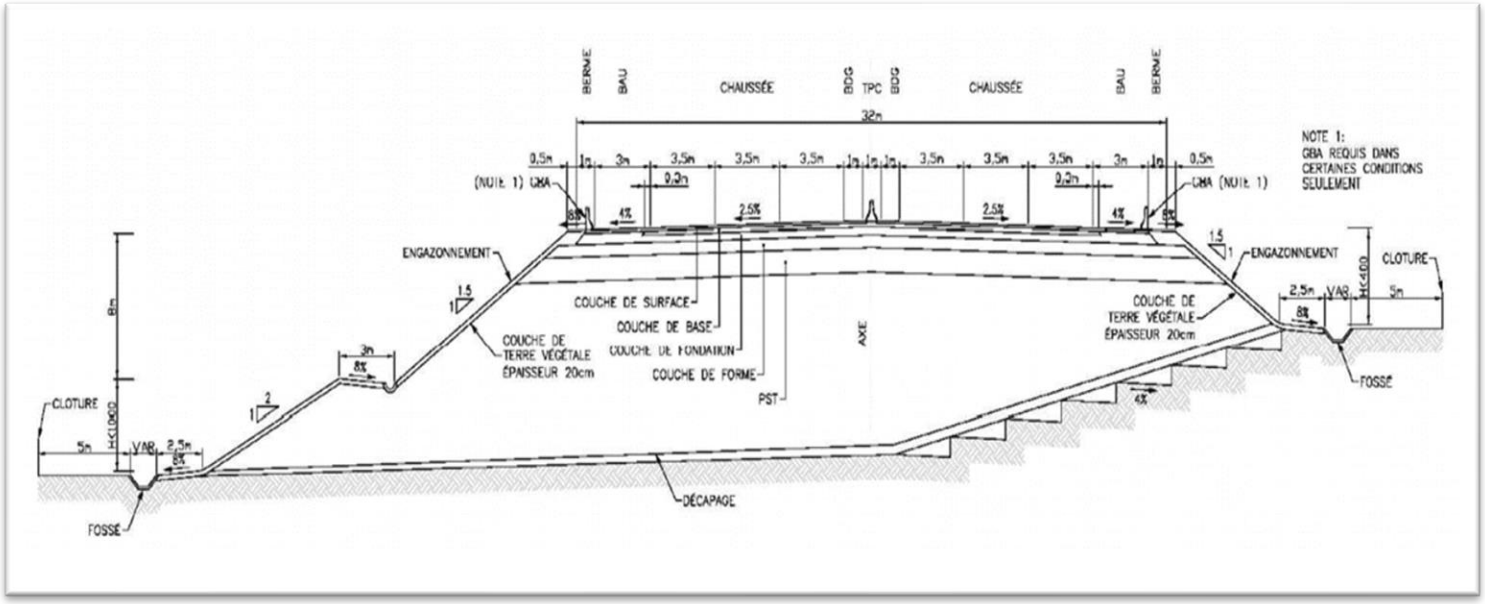


Figure VI.2. Détail type de plateforme en remblai

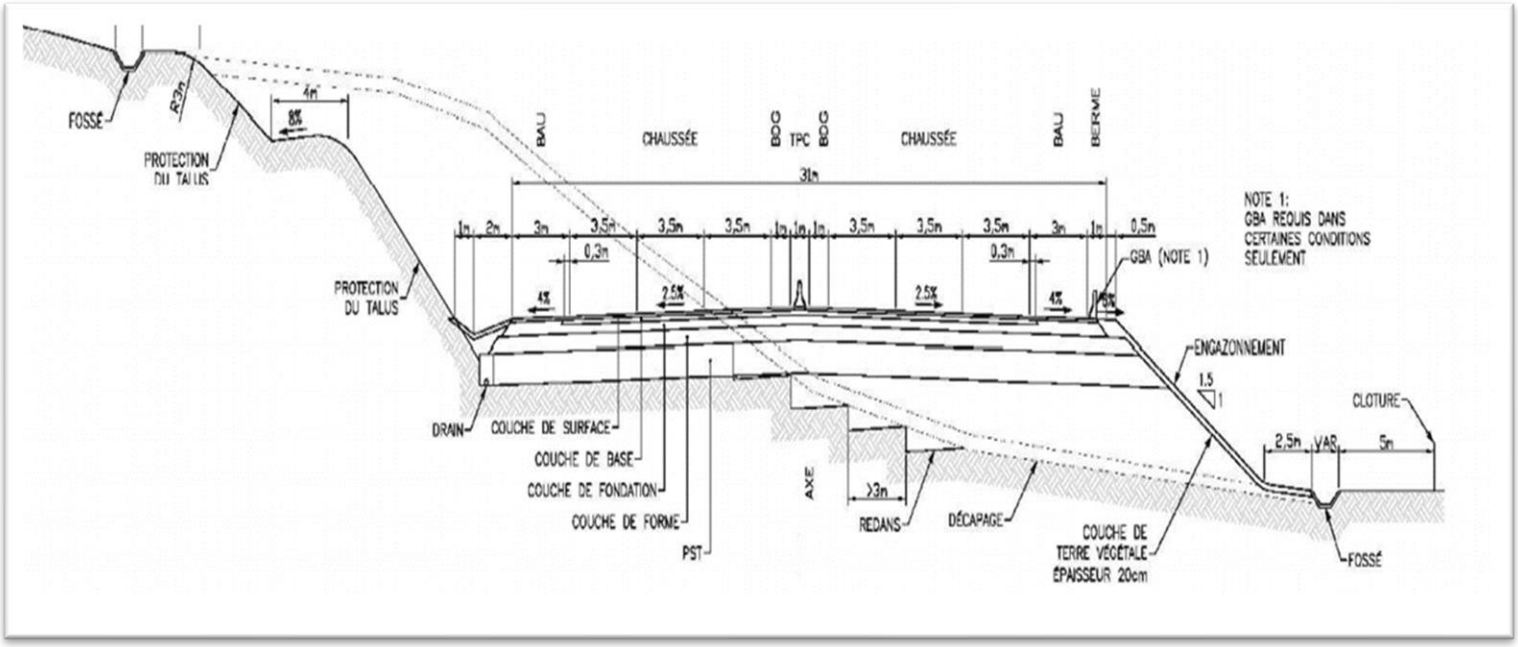


Figure VI.3. Détail type de plateforme remblai-déblai

VII.6. LE PROFIL EN TRAVERS TYPE DU PROJET (PENETRANTE)

La pénétrante de Djen-Djen el Eulma comporte un profil en travers type, qui contient :

- ⇨ Deux chaussées de trois voies de 3.5m chacune : (3 x 3.5) x 2 = 21.00m
- ⇨ Un terre-plein central de 3 m, composé de deux bandes dérasées de gauche (BDG) stabilisées et revêtues d'une largeur de 1 m chacune, plus une bande médiane d'une largeur de 1 m également stabilisée et revêtue.
- ⇨ Accotement de 4 m pour chaque côté, comprend une bande d'arrêt d'urgence (BAU) de 3 m bordée à l'extérieur d'une berme de 1 m.

Tableau VII.1. Les éléments de profils en travers

Description	Largeur(m)	Nombre	Largeur totale(m)
Voie de circulation 3×2	3.5	6	21
Accotement			8
- Bande d'arrêt d'urgence(BAU) -Berme	3 1	2 2	6 2
Terre-plein central (T.P.C)			3
-Bande dérasée de gauche -Bande médiane (BM)	1 1	2 1	2 1

Devers proposé	
- Chaussée - (B.D.G) - Band d'arrêt d'urgence (B.A.U) -Berme extérieure	2,5 % vers l'extérieur 2,5 % vers l'extérieur 4 % vers l'extérieur 8% vers l'extérieur

CHAPITRE VIII

ETUDE GEOTECHNIQUE

VIII.1.INTRODUCTION

La géotechnique routière est la branche de la géotechnique qui traite des problèmes intéressant la route, dans toutes ses parties. Elle étudie notamment : les remblais, les fondations de chaussée, la construction des diverses couches de la chaussée. Elle permet de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol.

- Les objectifs principaux de l'étude géotechnique au niveau du Lot Route sont les suivants :
- Définir les mouvements de terres (déblais, remblais);
- Terminer la stabilité des déblais, des versants et des déblais de grandes hauteurs et/ou sur versant;
- Définir les techniques de stabilisation des talus;
- Finir les corps de chaussée; ω procéder à la reconnaissance des matériaux d'emprunts pour les remblais, les couches de forme, les corps de chaussée, les bétons et les pavés.

VIII.2.METHODOLOGIE DE REALISATION DES ETUDES

La méthodologie retenue pour la réalisation des études géotechniques a compris :

- La revue des informations géologiques et géotechniques disponibles;
- L'inspection préliminaire du tracé;
- La cartographie détaillée du tracé;
- L'établissement d'un programme géotechnique in situ et en laboratoire;
- La réalisation des essais in situ et en laboratoire;
- La rédaction des rapports géotechniques.

VIII.3.DONNEES GEOLOGIQUES

La géologie locale de la région se caractérise par les principales formations décrites ci-après. La carte géologie locale, à laquelle le tracé a été ajouté, est présentée ci-dessous (cf. figure VIII.1).

Le tracé traverse un secteur constitué de schistes stratifiés toujours du Crétacé inférieur. Les schistes sont généralement très altérables lorsqu'ils sont dé-confinés et exposés aux intempéries.

Par la suite, jusqu'à la mi-chemin du tracé environ, les terrains sont dominés par des formations de marnes schisteuses avec localement des grès. Les marnes schisteuses sont sensibles à l'eau et peuvent être à l'origine de dégradations importantes des déblais.

Des formations de calcaire massif, des conglomérats, mais également des cailloutis, des dépôts quaternaires, alluvionnaires ou des formations de pentes sont globalement notées jusqu'à la fin du tracé. Les calcaires massifs de même que les conglomérats sont généralement stables. Les dépôts quaternaires et autres formations récentes sont cependant plus vulnérables et devraient faire l'objet d'analyses détaillées pour les talus de grande hauteur en déblai, mais aussi en remblai sur versants.

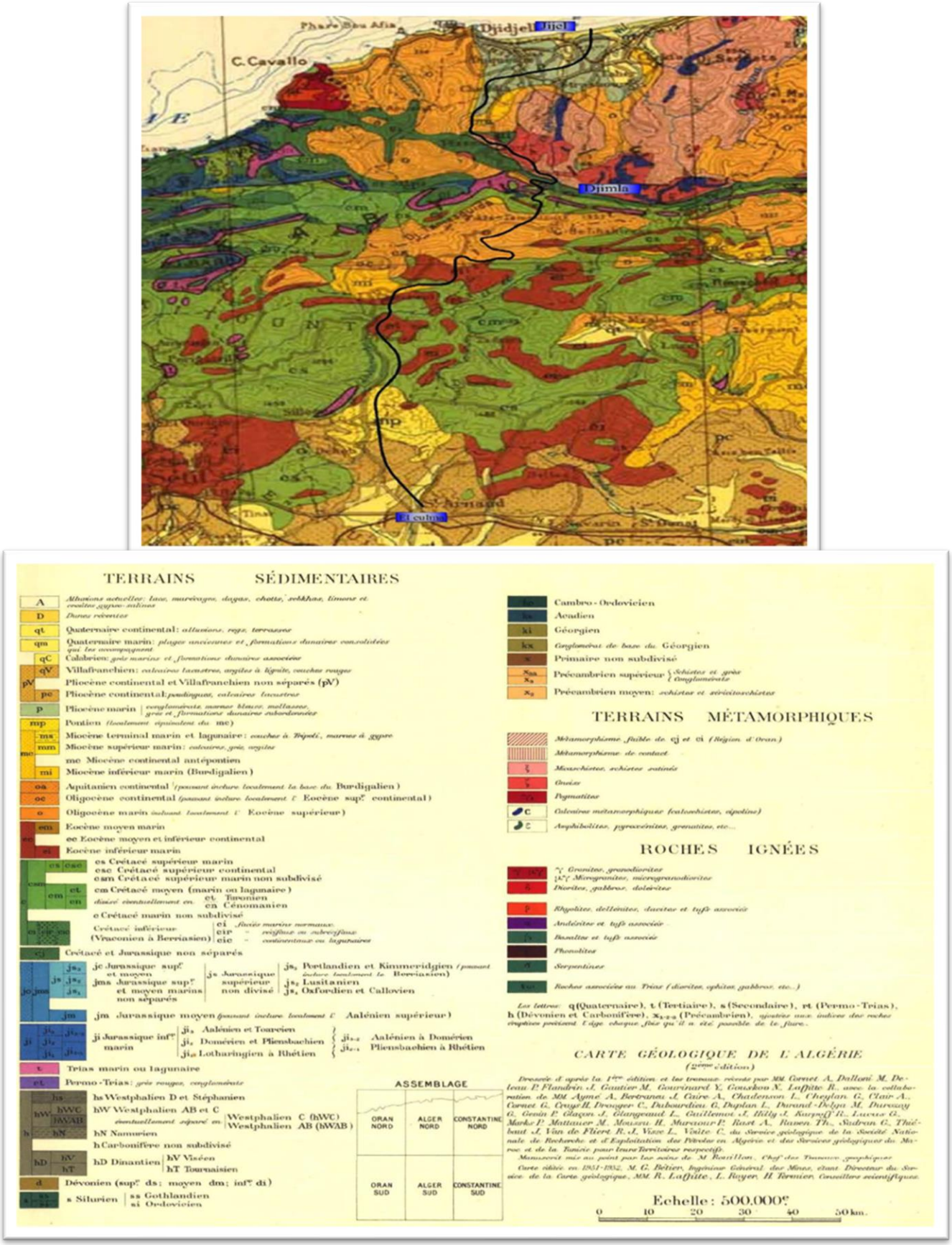


Figure VIII.1. Carte géologique à l'endroit du tracé

VIII.4.ASPECTS GEOTECHNIQUES

Les conditions mentionnées ci-dessus concernant la topographie des terrains traversés par le tracé de même que le réseau hydrographique dense, la présence de la plaine de l'oued Djen-Djen ainsi que la nature et les caractéristiques des formations et des matériaux géologiques présumées permettent d'anticiper, de façon préliminaire et sans s'y limiter, les principales problématiques suivantes :

- La plaine de Djen-Djen pourrait faire l'objet de tassements potentiels suite à la mise en place du remblai de l'autoroute;
- Plusieurs secteurs devraient être sujets à des décrochements, mais également à des glissements de terrain;
- De l'érosion intense caractérise certains types de matériaux identifiés à plusieurs endroits dans le tracé;
- La construction de déblais et de remblais de grande hauteur nécessite une analyse au cas par cas en raison de la variabilité de la nature et des caractéristiques des formations rencontrées. Ces déblais et remblais devront être stabilisés;
- La topographie très accidentée combinée aux conditions géotechniques défavorables conduit à la réalisation de plusieurs dizaines d'ouvrages d'art, car il est souvent impossible de construire des remblais importants dans des pentes latérales fortes ou à leur limite de stabilité;
- La difficulté de construire des remblais stables dans des pentes latérales élevées implique que l'autoroute devra être construite en majeure partie en déblais qu'il faudra stabiliser;
- Les matériaux d'excavation sont majoritairement non réutilisables en remblais. Des sites de dépôt importants sont requis pour disposer de ces derniers.

VIII.5.LA RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE

VIII.5.1. ESSAIS IN SITU

Aux fins de déterminer d'une part, la nature géologique du terrain et d'autre part, les caractéristiques géotechniques des sols on a le programme de reconnaissance suivant :

- Sondages carotte ;
- Essai de perméabilité (Lugeons, Lefranc) ;
- Puit de reconnaissance.

❖ **Sondage Carotté**

Sont réalisés à l'aide d'un carottier qui seront filetés à la tête de la machine avec une réduction. Grâce au système de rotation de la machine et sa pression Hydraulique, et aussi avec le fluide (eau) qui sert en générale à refroidir l'outil de perforation (Couronne).

On constate l'enfoncement du carottier dans le sol, et au fur et mesure de l'avancement, on raccorde le carottier à des tiges pour arriver à la côte souhaitée.

Tableau VIII.1. Sondage carotte

Sondage code	PK	Carotté	Profondeur (m)	Nature du sol
S-RL06+500	06+000	OUI	25	Argile brunâtre et cailloux.
S-RL07+500	07+100	OUI	25.35	Argile brunâtre à peu sableuse avec des traces noirâtre (Charbon) et M.O.
FPI-08-1	08+850	OUI	20	Galets sableuse ; Argileux
FPI-09-1	09+600	OUI	20	Sable fin limoneux à passage argileux beige.
S-OA02-2	10+580	OUI	25	Argile schisteuse grise.
S-OA03-3	11+450	OUI	25	Argile graveleuse rougeâtre avec des passages des roches
S-RL 12+350	12+350	OUI	25	Argile schisteuse grisâtre ;
S-OA04-1	15+000	OUI	20	Argile graveleuse rougeâtre avec des passage des roches

❖ **Essais de perméabilité (Lugeons et Lefranc)**

Il s'agit d'essai d'eau Lugeons et d 'essai d'eau Lefranc.

- **Essai Lugeons (NF 94-131)**

Dans ces conditions l'essai d'eau Lugeons n'est pas adaptables au terrain vu la formation géologique fissurées qui ne permettant pas d'exercer une pression d'essai qui peut atteindre les 10 bars nécessaires à l'exécution de l'essai (essais non exploitables).

- **Essais d'eau Lefranc (NF 94-132)**

Les essais d'eau Lefranc ont effectués sur des formations qui s'avèrent hétérogènes dont il s'agit d'argile limono-sableuse et graveleuse avec présence de blocs gréseux puis on trouve parfois des marnes peu graveleuses reposant sur des dépôts alluvionnaires composes d'argile, de graves et de blocs gréseux.

L'analyse des courbes montre la présence des brisures qui sont dus à hétérogénéité des formations géologiques rencontrées en place.

Lorsque le coefficient de perméabilité $K < 10^{-5}$ m/s, le terrain est peu perméable.

Tableau VIII.2. Essais d'eau Lefranc

Forage	PK	Profondeur d'essai	Lithotype	Coefficient de perméabilité K (m/s)	Nappe (m)
S-RL_6+500	6+500	12.5	Schiste altère grisâtre	4.90×10^{-6}	7.89
S-RL_7+500	7+500	9.25	Argile peu limoneuse	imperméable	4
		16.25	Argile marneuse	imperméable	
S-RL_12+350	12+350	15.5	Grès a ciment calcaire	5.68×10^{-6}	1,5
		24.25	marne	4.75×10^{-5}	
S-RL_13+000	13+000	11.25	Argile sableuse	2.34×10^{-5}	12
		14.25	Argile marneuse	1.61×10^{-5}	
S-RL_14+350	14+350	11.5	Marne	1.93×10^{-5}	1.5
		16	marne	1.67×10^{-5}	

❖ **Puit de reconnaissance**

Les puits de reconnaissance ont été réalisés avec des profondeurs variant entre 2.00 m et 2.50m, réalisés à l'aide d'une pelle mécanique, les sols prélevés ont été soumis aux différents essais physico-mécaniques.

Tableau VIII.3. Puit de reconnaissance

Puit	PK	Profondeur(m)	Description
Puit n°01	06+350	3	Alluvion, peu humide
Puit n°02	07+300	2,5	Limon argileux
Puit n°03	08+500	4	Argile bariole, peu humide
Puit n°04	09+150	1.5	Argile grise, peu humide compacte
Puit n°05	10+250	3	Argile brune caillouteuse
Puit n°06	11+000	2	Argile grise
Puit n°07	12+050	2,5	Argile grise
Puit n°08	13+450	2,5	Argile grise limoneuse
Puit n°09	14+000	3	Argile brune limoneuse
Puit n°10	15+000	2	Argile brune, peu humide
Puit n°11	16+350	3	Argile brune limoneuse
Puit n°12	17+700	2.3	Argile grise, humide

- **Interprétation**

D'après l'analyse des résultats des essais in situ, on constate :

- L'eau a été détectée dans les sondages ;

- La profondeur moyenne des forages réalisés a été de 20 mètres ;

-Le sol est généralement une argile.

VIII.5.2. ESSAIS DE LABORATOIRE

VIII.5.2.1. Programme des essais :

Les essais au laboratoire prévus pour le lot route sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau VIII.4. Les essais de laboratoire

Essai	description	Normes
Essais physiques	Analyse granulométrique (tamisage à sec et par sédimentation)	NFP 94-056 et NFP 94-057
	Teneur en eau	NFP 94-050
	Limites d'Atterberg	NFP 94-051
	Essai au bleu de méthylène VBS	NFP 9-068
Essais mécaniques	Essai œdométrique	NFP 94-091
	Essai de cisaillement	NFP 94-071-1
	Essai Proctor modifié	NF P 94-093
	Essai CBR imbibé	NF P 94-078)

VIII.5.2.2. Résultats de la reconnaissance en laboratoire :

- **Essais physique**

Tableau VIII.5. Les essais physiques

PK	Profondeur échantillons (m)		Granulométrie (%)			Limite d'Atterberg			VBS	Teneur en eau W(%)
	de	a	Dmax (mm)	<2mm	<0,08mm	WL (%)	WP (%)	IP (%)		
07+450	0.2	2	>50	61	56	38.52	20.57	17.95	0.98	11.69
08+650	0.4	2	<50	99	89	49.47	23.86	25.61	2.66	13.42
10+070	0.4	1.6	<50	65	61	40.13	21.14	18.99	1.68	13.5
12+550	0.4	2.6	<50	98	97	37.01	20.33	16.68	2.37	14.45

- **Essais mécaniques**

Tableau VIII.6. Les essais mécaniques

PK	Profondeur échantillons (m)		Proctor modifiée		CBR	Cisaillement rectiligne		Œdomètre		
	de	a	ϒopt (KN/m³)	Wopt (%)		Cu (Kpa)	ϕu ()	σc (kpa)	Cc(%)	Cg(%)
07+450	0.2	2	1.78	9.91	3.72	39	10	338	16.49	6.39
08+650	0.4	2	1.82	11.76	4.15	58	24.40	431	15.17	4.14
10+070	0.4	1.6	1.83	11.96	4.70	23	27.92	331	14.18	5.79
12+550	0.4	2.6	1.79	8	5.53	75	1.56	177	14.85	5.34

VIII.6.CLASSIFICATION DES SOLS

VIII.6.1. CLASSIFICATION GTR

Selon le Guide des terrassements routiers (GTR – SETRA/LCPC- Fascicules I et II), les paramètres retenus pour la classification des sols se rangent en deux (2) catégories :

- Paramètres de nature, Ce sont la granularité et l'argilosité ;
- Paramètres d'état :
  - État humide (h) ;
  - État très humide (th) ;
  - État humide moyenne (m) ;
  - État sec (s) ;
  - État très sec (ts).

Tableau VIII.7. Classification GTR

PK	Condition	Classification GTR	Nature de sol
07+450	Dmax>50mm et tamisât à 80µm>12% VBS<2.5 1.10Wopt<Wn<1.25Wopt	C_1A_1h	Argile a silex, moraines alluvions humide
08+650	Dmax<50mm et tamisât à 80µm>35% 2.5<VBS<6 1.10Wopt<Wn<1.3Wopt	A_2h	Sable fin argileux, Marnes peu plastique humide
10+070	Dmax<50mm et tamisât à 80µm>35% VBS<2.5 1.10Wopt<Wn<1.25Wopt	A_1h	Limon peu plastique Sable fin humide
12+550	Dmax<50mm et tamisât à 80µm>35% VBS<2.5 1.10Wopt<Wn<1.25Wopt	A_1h	Limon peu plastique Sable fin humide

VIII.6.2. CLASSIFICATION DU SOL SELON LCPC

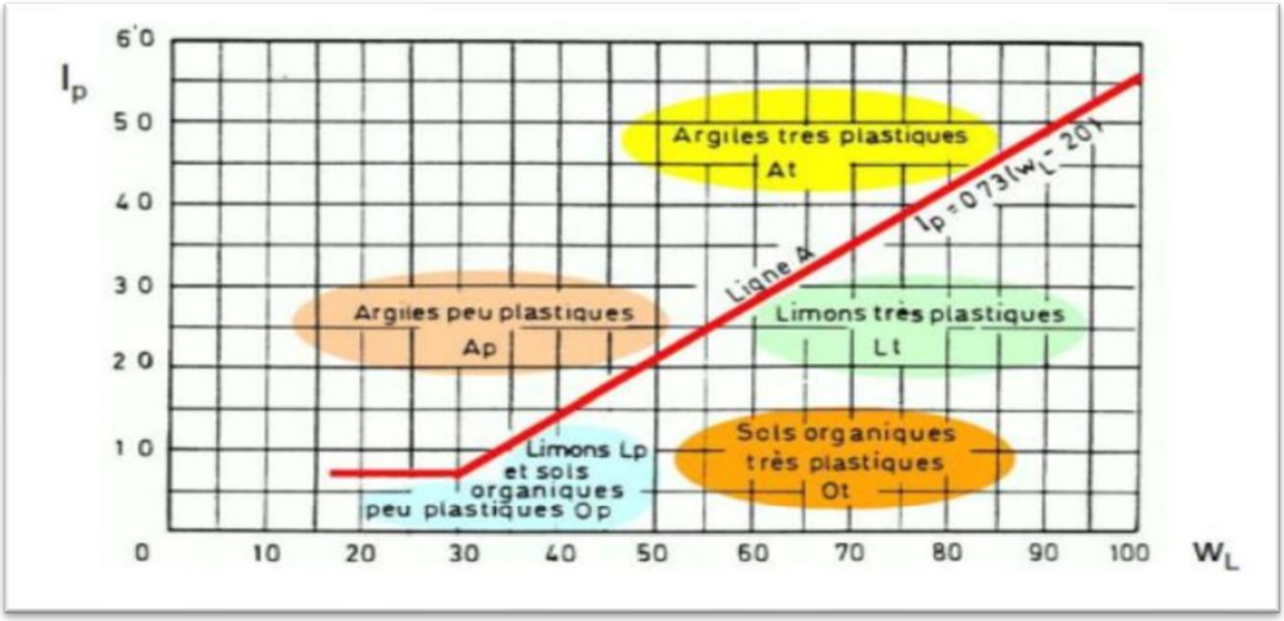


Figure VIII.2. Diagramme de CASAGRANDE

Tableau VIII.8. Classification LCPC

PK	Condition	Classification LCPC	Nature de sol
07+450	(WL, Ip)=(38.52%,17.95%)	Ap	Argile peu plastique
08+650	(WL, Ip)=(49.47%,25.61%)	Ap	Argile peu plastique
10+070	(WL, Ip)=(40.13%,18.99%)	Ap	Argile peu plastique
12+550	(WL, Ip)=(37.01%,16.68%)	Ap	Argile peu plastique

VIII.7. CONCLUSION

Une attention particulière doit être apportée au niveau des terrassements lors de la construction par l'entrepreneur. Des dispositions doivent être prises pour ne pas remanier l'argile, assurer un bon drainage par des moyens adéquats.

Les recommandations suivantes doivent être prises en compte lors de la réalisation des terrassements

- Drainage de la nappe avant les travaux d'excavation ;
- Excavation de la terre végétale et des matériaux de remblai avec présence de matériaux délétères et de matières organiques sur toute leur profondeur ;
- Protéger la plate-forme argileuse par une couche drainante de nature graveleuse de 20cm d'épaisseur ou une nappe de géotextile ;
- Protéger tous les talus de déblais par des masques drainant sableux ou par des nappes de géotextiles drainantes.

CHAPITRE IX

DIMENTIONEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

IX.1. INTRODUCTION

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude d'un projet routier.

Il s'agit simultanément de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée. Afin d'assurer de bonnes caractéristiques mécaniques qui lui permettra de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie. Tout cela en fonction de paramètres fondamentaux suivants :

- Le trafic ;
- L'environnement de la route (le climat essentiellement) ;
- Le sol support.

IX.2. LES CHAUSSEES

IX.2.1. Définition de la chaussée

Une chaussée est définie comme étant la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules. Elle est constituée d'un ensemble de couches de matériaux superposées et mises en œuvre de façon à permettent la reprise des charges extérieures.

IX.2.2. Différents types de chaussée

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

- **Chaussée souple :** Les chaussées souples constituées par des couches superposées des matériaux non susceptibles de résistance notable a la traction. Les couches supérieures sont généralement plus résistantes et moins déformable que les couches inférieures. Pour une assurance parfaite et un confort idéal, la chaussée exige généralement pour sa construction, plusieurs couches exécutées en matériaux différents, d'une épaisseur bien déterminée, ayant chacune un rôle aussi bien défini. En principe une chaussée peut avoir en ordre les 03 couches suivantes :

  a. Couche de roulement (surface) : La couche de surface constituant la chape (couche de surface) protection de la couche de base par sa dureté et son imperméabilité et devant assurer en même temps la rugosité, la sécurité et le confort des usagers La couche de roulement est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle encaisse les efforts de cisaillement provoqués par la circulation. La couche de liaison joue un rôle transitoire avec les couches inférieures les plus rigides. L'épaisseur de la couche de roulement en général varie entre 6 et 8 cm

  b. Couche de base : La couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet de trafic ainsi lâche de sol, elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes. L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 cm.

c. Couche de fondation : Complètement en matériaux non traités (en Algérie) elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes

transmises par le trafic. Assurer une bonne unie et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, Elle a le même rôle que celui de la couche de base.

d. Couche de forme : La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée. Elle n'y est utilisée que pour opérer de corrections géométriques et améliorer la portance du sol support à long terme. L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40et 70 cm

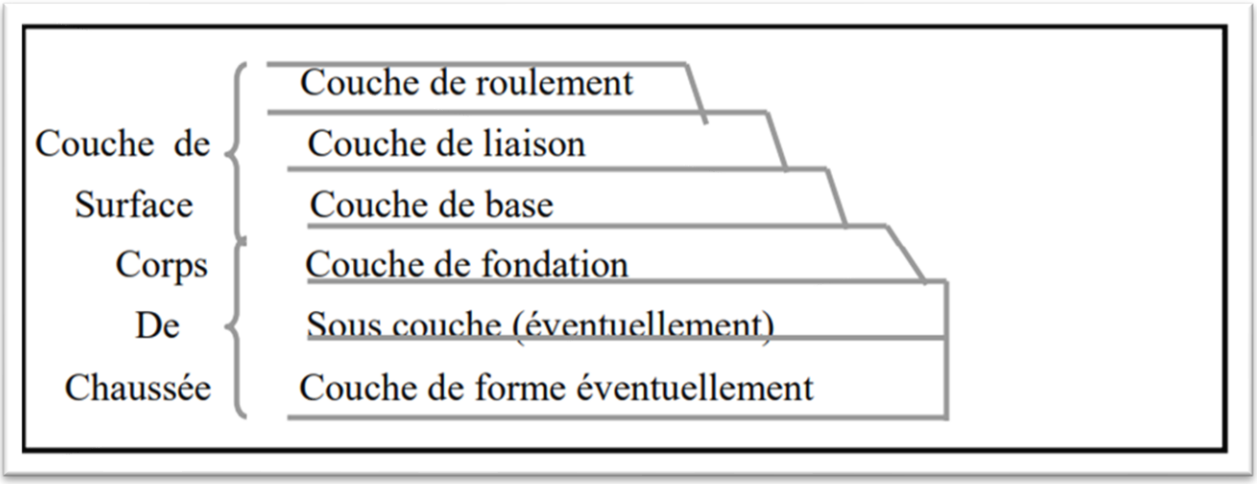


Figure IX.1. Coupe type d'une chaussée souple

- **Chaussée rigide** : se compose d'une dalle de ciment portland fléchissant élastiquement sous les charges, reposant sur un sol compacté ou sur une mince fondation de pierre ou de gravier concassé, ou sur une fondation stabilisée.
- **Chaussée semi-rigide** : C'est un cas intermédiaire entre les chaussées souples et les chaussées rigides.

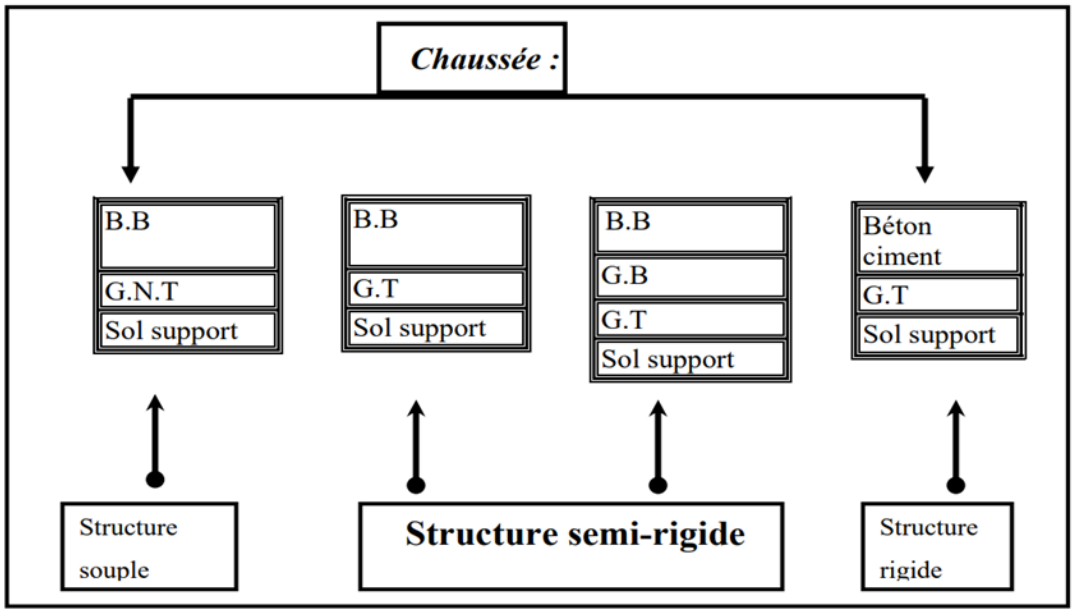


Figure IX.2. Schéma récapitulatif des types de chaussée

IX.3. METHODES DE DIMENSIONNEMENT

On distingue deux familles des méthodes

- Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées ;
- Les méthodes dites « rationnelles » basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

Pour dimensionner la structure de chaussée, on appliquera les deux méthodes les plus utilisées en Algérie qui sont:

- La Méthode CBR (méthode empirique basée sur des études expérimentales) ;
- La Méthode du catalogue Algérien de dimensionnement des chaussées neuves (méthode rationnelle basée sur des études théoriques).

Ces méthodes basées sur la connaissance de certains paramètres fondamentaux liés aux facteurs suivants :

- Trafic ;
- Durée de vie ;
- Données climatiques ;
- Sol support ;
- Risque de calcul considéré ;
- Caractéristiques de matériaux.

IX.3.1. METHODE DE C.B.R (CALIFORNIA–BEARING–RATIO)

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié.

Pour déterminer l'épaisseur totale du corps de chaussée, il faut que la contrainte verticale répartie, suivant la théorie de BOUSSINESQ, soit inférieure à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice CBR. L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

$$e = \frac{100 + \sqrt{P}\,(75 + 50log\,\frac{N}{10})}{ICBR + 5}$$

- e : épaisseur équivalente ;
- N : désigne le nombre moyen des camions dépassant 1500 Kg à vide ;
- P : charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t) ;
- ICBR : indice portant C.B.R (sol support).

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

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

- a_1, a_2, a_3 : coefficients d'équivalence de matériau par référence à une grave concassée ;

- e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

Tableau IX.1. les coefficients d'équivalence pour chaque matériau

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux BB ou enrobé dense	2.00
Grave ciment, grave laitier	1.50
Grave bitume GB	1.20-1.70
Grave concassée GNT	1.00
Grave roulée, grave sableuse, TVO	0.75
Tuf	0.60
Sable	0.50

❖ **Application au projet**

- ICBR= 5
- $N=TPL_{2043}$
- $TJMA_{2013}$=6628v/j
- $TJMA_{2023}$=21497v/j
- $TPL_{2043vpc}=0.25\times0.8\times21497\times(1+0.04)^{20}$=9420 PL/j/sens la plus chargé
- P=6.5t

$$e = \frac{(100 + \sqrt{6.5}(75 + 50log\frac{9420}{10})}{5+5} = 67.033cm$$

- $e_{équivalente}$= 67cm
- Pour proposer le dimensionnement de la structure de la chaussée, il faut résoudre l'équation suivante : $a_1\times e_1 + a_2\times e_2 + a_3\times e_3$= 67cm.
- $a_1\times e_1$: couche de roulement ;
- $a_2\times e_2$: couche de base ;
- $a_3\times e_3$: couche de fondation.

Tableau XI.2. les épaisseurs des couches de matériaux

	Epaisseur réelle	$C_{équivalent}$	Epaisseur eéquivalente
Couche de roulement BB	8	2	16
Couche de base GB	14	1.5	21
Couche de fondation GNT	30	1	30
Total	52	/	67

Structure de chaussée retenue avec la méthode CBR : 8BB + 14GB +30GNT.
Epaisseur réelle Total=52cm.

- Couche roulement
- Couche de base
- Couche de fondation



Figure IX.3 structure du corps de chaussée selon méthode C.B.R

La méthode CBR donne le corps de chaussée le moins économique alors la méthode retenue pour le projet est celle de catalogue Algérien, pour les raisons suivantes :

- Elle se base sur les performances des matériaux ;
- Elle se base sur les déformations admissibles ;
- Elle tient en compte la fatigue des matériaux ;
- En plus de cela cette méthode est une méthode algérienne établie et conçue par le CTTP et valide par le ministère des travaux publics.

L'utilisation de ce catalogue fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussée d'où nous avons adopté les structures suivantes :

IX.3.2. METHODE DU CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES NEUVES

IX.3.2.1. Description de la méthode :

Le catalogue de dimensionnement des chaussées se présente sous forme de fiches de dimensionnement dans lesquelles les structures sont déjà pré calculées. Ces structures pré calculées font appel à la connaissance d'un certain nombre de Documents d'accompagnement (normes, guide techniques, recommandations…).

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

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée. La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelle qui se base sur deux approches :

-Approche théorique ;

-Approche empirique.

IX.3.2.2. Les données climatiques :

Le dimensionnement de corps de chaussée s'effectue avec une température consistante, c'est à-dire température équivalente θeq, en tenant compte du cycle de variation de température de chaque année.

La température équivalente est généralement déterminée selon le zonage climatique du site d'après le « catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP 2001) », le site de projet est classé en zone II (Wilaya de Jijel), avec :

Tableau IX.3. Choix de la température équivalente (Fascicule 2)

	Zone climatique		
Température équivalente θeq (°C)	I et II	III	IV
	20	25	30

- Donc on prend une température équivalente égale à 20°C.

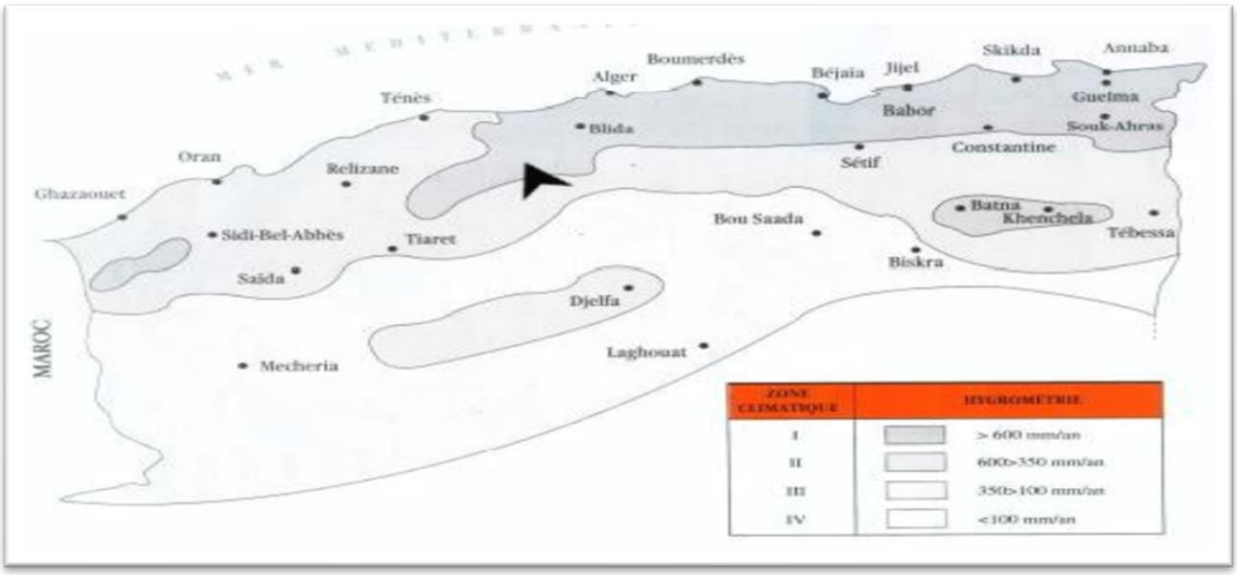


Figure IX.4. Position du projet dans la carte climatique de l'Algérie

- La Pluviométrie entre 350 et 600 mm\an.

IX.3.2.3. Les données du trafic :

- **Détermination du type du réseau principal**

Tableau IX.4. Détermination du type du réseau principal

Réseau principale	Trafic (véhicule/jour)
RP1	>1500
RP2	<1500

$TJMA_{2023}$=9811v/j dans les deux sens > 1500(V/j) Le réseau principal de notre est RP1.

- **Classe De Trafic (TPL_i)**

Le trafic sera calculé et classifié avec les recommandations de « catalogue algérien du dimensionnement des chaussées neuves (version 2001) ».

Le trafic été considéré comme équilibré (identique) dans les deux sens

$TJMA_{2013}$= 6628 v/j/sens

TPL_{2013}=6628×0.25= 1657 PL/j/sens

TPL_{2023}= TPL_{2013}× $(1+\tau)^{10}$= 1657× $(1+0.04)^{10}$ =2453 PL/j/sens

Pour une chaussée unidirectionnelle à trois voies, on prend 80% du trafic PL sur la voie lente de droite (la voie plus chargé), donc TPL_{2023} = 0.8×2453 = 1962 PL/j/voie plus chargée.

D'après le catalogue, on a la classification suivante :

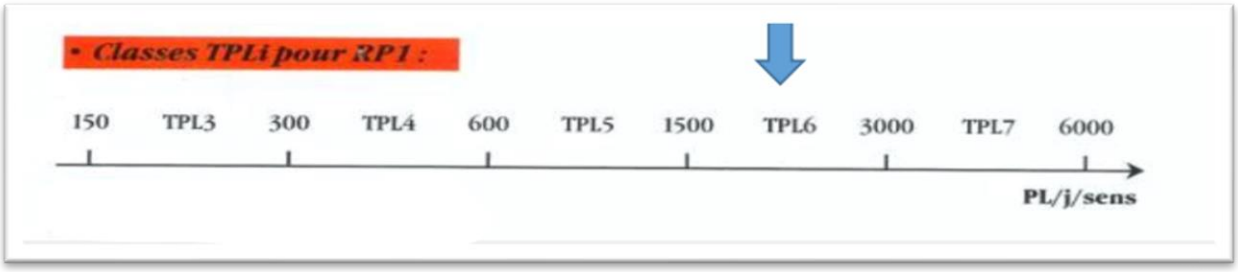


Figure IX.5. classes de TPLi pour PR1.

Donc la classe de trafic est : TPL6.

- Le trafic cumulé de poids lourd (TC_i)

Le TC_i est le trafic de PL sur la période considérée pour le dimensionnement (durée de vie), il est donné par la formule suivante :

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

i : taux d'accroissement ;

n : durée de vie.

$TC_{2043} = 1962 \times 365 \times \frac{(1+0.04)^{20}-1}{0.04}$ = 21.32×10^6 PL/j/voie le plus chargée.

- **Trafic cumulé équivalent (TCE$_i$)**

Il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée.

TEC$_i$= TC$_i$ ×A

A : coefficient d'agressivité de poids lourd par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes. En fonction de réseau principal RPi.

Tableau IX.5. Valeurs de coefficient d'agressivité selon le réseau principal (CTTP, 2001)

Niveau de réseau principal (RPi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GB , GB/Tuf , GB/SG...	0 ,6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL , BCg/GC	1
RP2	Chaussées à matériaux non traités : GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG	0,6
	Chaussées à matériaux traités au bitume : SB/SG	0,4
RP1 et RP2	Sol support (Calcul de $\varepsilon_{z,ad}$)	0,6

La structure type sera en matériaux traité au bitume, d'après le tableau le coefficient A=0.6. Donc : TCE$_{2043}$ =21.32×10^6 ×0.6= 12.79×10^6 essieux équivalent de 13t.

IX.3.2.4. Le risque de calcul :

C'est la probabilité pour qu'apparaissent au cours de la durée de vie de la chaussée des dégradations structurelles qui impliqueraient des travaux de renforcement de la chaussée.

Pour RP1 et un trafic TPL6 on a : r=5%.

Tableau IX.6. Risque adopté pour le réseau RP1 (fascicule N° 2)

	Clase de trafic TPLi(PL/j/sens)	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (%)	GB/GB GB/GNT	20	15	10	5	2
	GL/GL	15	10	5	2	2

IX.3.2.5. Détermination de la portance du sol support

a. Présentation des classes de portance des sols

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S4 à S0. Cette classification sera également utilisée pour les sols-supports de chaussée.

Tableau IX.7. Présentation des classes de portance à long terme du sol-support (fasiculeN°1)

Portance (Si)	S4	S3	S2	S1	S0
CBR	<5	5-10	10-25	25-40	>40

A partir de la relation empirique : E(MPa)=5×CBR, on a les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous :

Tableau IX.8. Classe de portance de sol-supports(fasiculeN°1)

Classes de sol-supports	S3	S2	S1	S0
Module (MPa)	25 - 50	50 - 125	125 - 200	> 200

On a les différents indices de CBR et le module du sol support selon les PK :

Tableau IX.9. Classe du sol support

PK	**CBR**	**E(MPA)=5×CBR**	**Classe de sol support**
07+450	2.48	12.4	S4
08+850	3.03	15.15	S4
10+070	3.03	15.15	S4
10+900	3.29	16.45	S4
12+550	3.59	17.95	S4
13+650	11.68	58.25	S2
14+450	2.20	11	S4

La portance de sol support est de S4

Donc : on ajoute une couche de forme de 40 cm d'épaisseur en matériaux sélectionnés (GNT de bonne portance) en deux couches de 20 cm, compacté en deux couches conformément aux résultats du Proctor modifié.

b. Amélioration de la portance du sol support

Pour améliorer la portance d'un sol, on a recours aux couches de formes. Le (CTTP) a fait des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de CF, le mode de sa mise en place (nombre de couches) et la nature du matériau utilisé (les plus répandus en Algérie).

Pour la réalisation de la CF. Le tableau donne des indications sur le choix de la couche de forme à réaliser :

Tableau IX.10. Classement avec couche de forme en matériau non traité

Classe de portance de sol terrassé (Si)	Matériau de couche de forme	Epaisseur de matériau de couche de forme	Classe de portance de sol-support visée (Sj)
< S4	Matériaux non traités (*)	50 cm (en 2 couches)	S3
S4	//	35 cm	S3
S4	//	60 cm (en 2 couches)	S2
S3	//	40 cm (en 2 couches)	S2
S3	//	70 cm (en 2 couches)	S1

Choix des différentes couches de la chaussée

On a proposé la structure suivante :

- Couche d roulement **BB**
- Couche de base **GB**
- Couche de fondation **GB**

➢ **Choix de dimensionnement**

- Le réseau principal (RP1) ;
- La zone climatique IIa ;
- Durée de vie de 20 ans ;
- Taux d'accroissement (4%) ;
- Portance de sol S2 ;
- Classe de trafic TPL6.

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

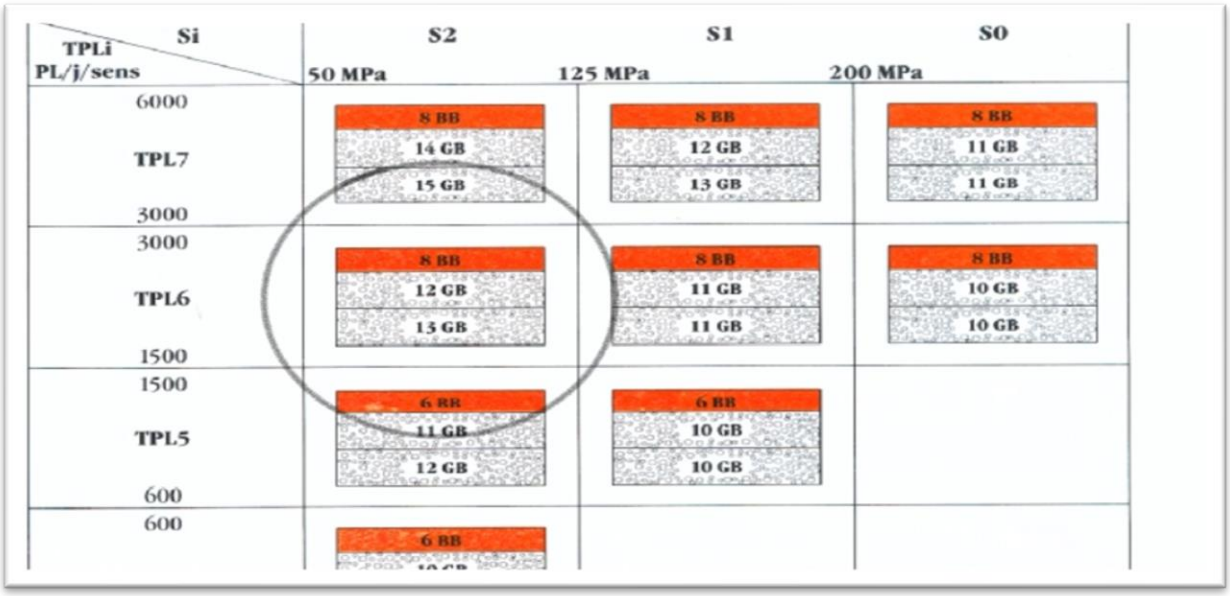


Figure IXI.6. Les Choix de dimensionnement par la méthode du catalogue

- Couche de roulement
- Couche de base
- Couche de fondation
- Couche de forme

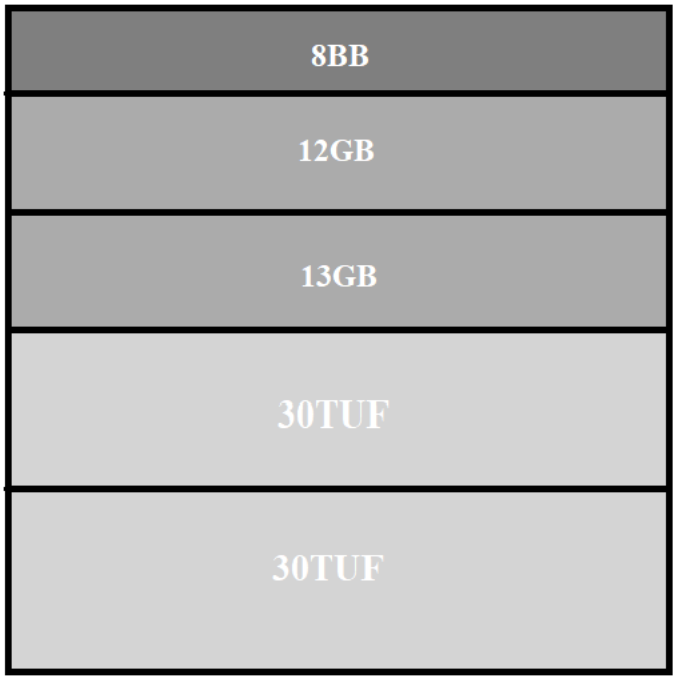


Figure IX.7. Structure du corps de chaussée selon CTTP

IX.4. CALCUL DES DEFORMATIONS ADMISSIBLES

IX.4.1. Calcule de la déformation admissible sur le sol support $\xi_{z,ad}$

A partir les études sur des chaussées algériennes on a la relation empirique suivante :

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

$$\xi_{z,ad} = 22 \times 10^{-3} \times (12.79 \times 10^{6})^{-0.235}$$

$\xi_{z,ad}$ =470.23×10^{-6}.

IX.4.2. Calcule de la déformation admissible $\xi_{t,adm}$ a la base de GB

Les déformations admissibles de traction $\xi_{t,adm}$ à la base des couches bitumineuses est donnée par la relation suivante : $$\boldsymbol{\xi_{t,adm} = \xi_6(10°C, 25Hz) \times kne \times k\theta \times kr \times kc}$$

- KΘ: facteur lie à la température , $k\Theta = \sqrt{\frac{E(10C°)}{E(\theta eq)}}$,avec :
  - E(10°C) : Module complexe de matériau bitumineux à 10°C ;
  - E(θeq) : Module complexe du matériau bitumineux à la température équivalent.
- Kne: facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supporté par la chaussée, $Kne = (\frac{TCEi}{10^6})^b$
- Kr: facteur lié au risque et aux dispersions, $kr = 10^{-tb\delta}$, avec :

  δ: f (dispersion), $\delta = \sqrt{SN^2 + (\frac{c}{b}S_h)^2}$, avec :
  - -SN : dispersion sur la loi de fatigue ;
  - -Sh : dispersion sur les épaisseurs (en cm) ;
  - -C : coefficient égal à 0.02 ;
  - -t : fractile de la loi normale, en fonction du risque adopté (r%).
- Kc: facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée avec
- ξ_6(10°,25Hz): déformation limite détenue au bout de 106 cycles avec une Probabilité de rupture de 50% à 10°C et 25Hz.

➢ Application numérique

Tableau IX.11. Performances mécaniques des matériaux bitumineux (fascicule 2)

Matériau (MTB)	E (30°C,10Hz) (Mpa)	E(25°, 10Hz) (Mpa)	E(20°, 10Hz) (Mpa)	E(10°,10Hz) (Mpa)	ε_6(10°, 25Hz) (10^{-6})	-1/b	SN	Sh (cm)	υ	kc Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

- ➢ ξ_6(10°C,25Hz)=100
- ➢ $Kne = (\frac{TCEi}{10^6})^b$ tq -1/b=6.84, b=-0.146 → $Kne = (\frac{12.79\times10^6}{10^6})^{-0.146} = 0.69$.
- ➢ $k\Theta = \sqrt{\frac{E(10C°)}{E(\theta eq)}}$ tq Θeq=20°C , E(20C°,10Hz) =7000Mpa et E(10C°,10Hz) =12500Mpa

  → $k\Theta = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1.33$
- $kr = 10^{-tb\delta}$ tq t=-1.645(5%)

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

$$\delta = \sqrt{SN^2 + (\frac{c}{b}S_h)^2} = \sqrt{0.45^2 + (\frac{0.02}{-0.146} \times 3)^2} = 0.61$$

$\rightarrow Kr = 10^{-1.645 \times 0.146 \times 0.61} = 0.71$

- Kc=1.3

Donc : $\xi_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} \times 0.69 \times 1.33 \times 0.71 \times 1.3$

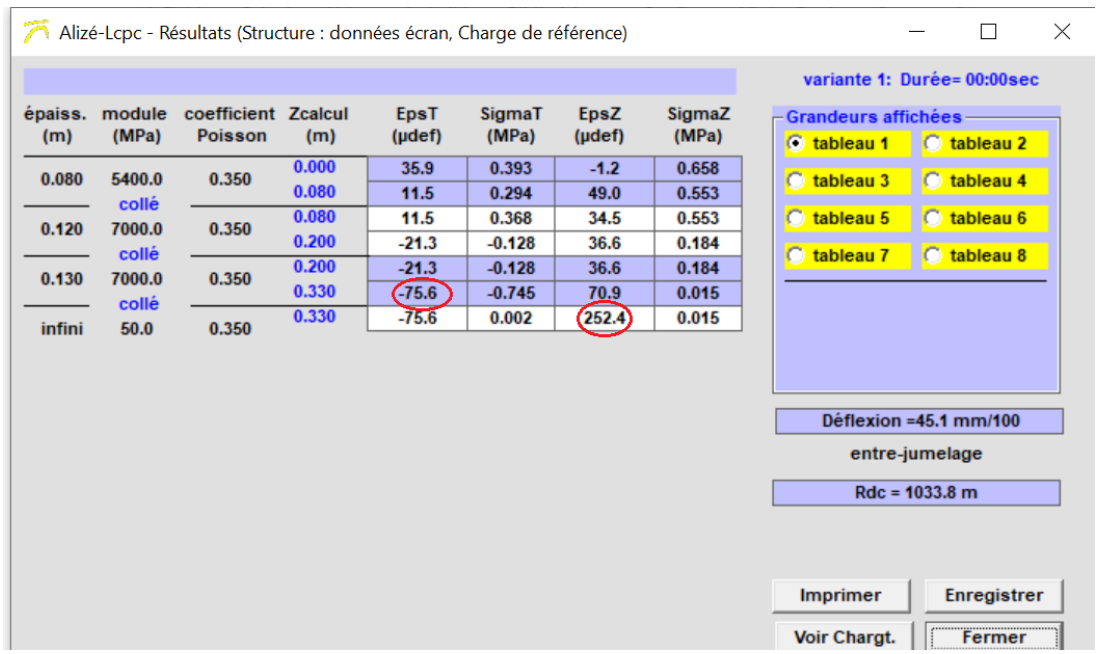
$\xi_{t,adm} = 84.70 \times 10^{-6}$

IX.4.3. Vérification des résultats de calcul par Alize-LCPC

Le logiciel ALIZE-LCPC est le programme de référence utilise pour les calculs de dimensionnement des chaussées. Donc à l'aide d'Alizé LCPC, on vérifie que :

$\xi t < \xi_{t,adm}$

$-\xi z < \xi_{z,ad}$



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0.080	5400.0	0.350	0.000	35.9	0.393	-1.2	0.658
	collé		0.080	11.5	0.294	49.0	0.553
0.120	7000.0	0.350	0.080	11.5	0.368	34.5	0.553
	collé		0.200	-21.3	-0.128	36.6	0.184
0.130	7000.0	0.350	0.200	-21.3	-0.128	36.6	0.184
	collé		0.330	-75.6	-0.745	70.9	0.015
infini	50.0	0.350	0.330	-75.6	0.002	252.4	0.015

Figure IX.8. Résultats de la simulation (ALIZE-LCPC)

	Déformations calculées	Déformations admissibles
ξ_z	252.4×10^{-6}	470.23×10^{-6}
ξ_t	75.60×10^{-6}	84.70×10^{-6}

La structure est donc vérifiée

On résume par l'application des deux méthodes de dimensionnement les résultats suivants :

	Méthode de catalogue	Méthode de CBR
Couche de roulement	8BB	8BB
Couche de base	12GB	14GB
Couche de fondation	13GB	30GNT
Couche de forme	60TUF	/
total	93cm	52cm

IX.5. CONCLUSION

La méthode CBR donne le corps de chaussée le moins économique, elle a donné des épaisseurs inacceptables en vue de l'importance de la route, et elle ne prend pas en considération la fatigue des matériaux et l'influence du climat sur ces derniers.

Donc la structure retenue est celle de la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) car :

- Elle se base sur les performances des matériaux.
- Elle se base sur les déformations admissibles.
- Elle tient en compte la fatigue des matériaux.
- C'est une méthode algérienne établie et conçue par le CTTP et valide par le ministère des travaux publics.

2×3
8BB+12GB+13GB+60TUF

CHAPITRE X
ÉTUDES D'ASSAINISSEMENT

X.1.INTRODUCTION

L'eau est la première ennemie de la route car elle pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, donc l'assainissement routier est une composante essentielle de la conception, de la réalisation et de l'exploitation des infrastructures linéaires. L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et 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, gondoles, etc.…
- Les drainages : ouvrages enterrés récoltant et évacuant les eaux souterraines (tranchées drainant et canalisations drainant)
- Les canalisations : ensemble des ouvrages destinés à l'écoulement des eaux superficielles (conduites, chambre, cheminées, sacs, …).

X.2.OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

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

X.3.LES TYPES DE DEGRADATIONS PROVOQUEES PAR LES EAUX

❖ **Pour les chaussées sous forme de :**

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

❖ **Pour les talus sous forme de :**

- Glissement ;
- Érosion ;
- Affouillements du pied de talus.

X.4.OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT

Les ouvrages d'assainissement doivent être conçus dans le but d'assainir la chaussée et l'emprise de la route dans les meilleures conditions possibles et avec un moindre coût. Les ouvrages sous chaussée les plus courants utilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et buses à section circulaire. Parmi les ouvrages destinés à l'écoulement des eaux, on peut citer à 03 types :

X.4.1. LES RESEAUX DE CANALISATION LONGITUDINAUX

- **Fossé de pied talus en déblai**

Ils sont prévus au pied des talus en déblai afin de drainer la plateforme et les talus vers les exutoires. Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale, ils sont bétonnés lorsque la pente en profile en long dépasse les 3%.

- **Fossé de crête de talus de déblai**

Ce type de fossé est toujours en béton. Il est prévu lorsque le terrain naturel de crête est penché vers l'emprise de la chaussée, afin de protéger les talus de déblai des érosions dues au ruissellement des eaux de pluie et d'empêcher ces eaux d'atteindre la plate-forme.

- **Fossé de pied de talus en remblai**

Le fossé est en terre ou en béton (en fonction de la vitesse d'écoulement). Ils sont prévus lorsque la pente des terrains adjacents est vers la plate-forme, ils permettent de collecter les eaux de ruissellement de la chaussée, en remblai par l'intermédiaire des descentes d'eau.

- **Fossé de crête de talus de remblai**

Ce type de fossé pour rôle d'éviter l'érosion du talus due au ruissellement des eaux de pluie lorsque la chaussée est déversée vers l'extérieur et d'empêcher ces eaux d'atteindre la plateforme.

- **Réseau de terre-plein central (TPC)**

Le rôle de ce type de réseau est de collecter et évacuer les eaux issues du TPC et de la demi-chaussée déversée. En alignement ce type de réseau est nécessaire sous les TPC non revêtus afin de protéger les chaussées et les plates-formes contre les infiltrations. Il est constitué d'un drain longitudinal, celui-ci est souvent décalé par rapport à l'axe du TPC pour tenir compte de la présence des glissières ou de zones plantées.

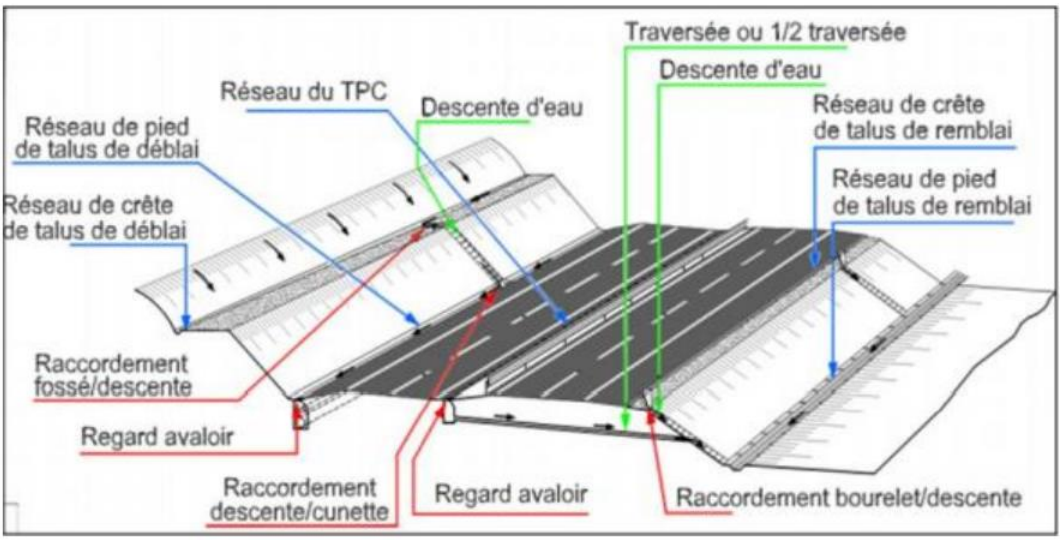


Figure X.1. Les réseaux de canalisation longitudinaux

X.4.2. Les ouvrages transversaux

Les buses et dalots :

Les buses et les dalots jouent un rôle prépondérant dans la préservation de la chaussée et la prévention des risques d'inondation. L'emplacement et la dimension des buses et dalots sont déterminés au terme d'une enquête détaillée portant sur les conditions topographiques du site et les cours d'eau environnants, ainsi qu'au calcul de débit.



Figure X.2. Les ouvrages transversaux.

X.5. CHOIX DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT

Le choix et le dimensionnement de ces ouvrages sont faits en tenant compte des précipitations prévisibles, des caractéristiques géométriques et physiques de la route, et des contraintes de sécurité.

Les dispositions de principe à prévoir sont généralement les suivantes :

- **En remblai** : lorsque l'érosion des talus est à craindre, il est recommandé de prévoir en crête un dispositif longitudinal recueillant les eaux et les conduisant à des descentes spécialement aménagées, en des points convenablement choisis.

- **En déblai** : les eaux sont collectées et évacuées latéralement par des ouvrages superficiels (cunettes, fossés, caniveaux) associés, lorsque cela est nécessaire à des collecteurs enterrés.

X.6. CRITERES DANS LA CONCEPTION DES OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT

X.6.1. CRITERES DE BASE

Les critères de base dans la conception des ouvrages d'assainissement et de drainage sont les suivants :

- Dans la mesure du possible, ne pas modifier la géométrie naturelle des cours d'eau;
- Maintenir une vitesse minimale dans les ouvrages pour réduire les risques de sédimentation;
- Limiter les vitesses maximales afin de réduire les risques d'érosion dans les cours d'eau et à l'intérieur des ouvrages;
- Bien gérer les eaux de ruissellement afin de limiter les problèmes d'érosion dans les talus;
- Protéger les fossés contre l'érosion;
- Construire les ouvrages à l'abri des crues centenaires;
- Diminuer les risques d'inondation en aval et en amont des ouvrages;
- Prévoir des pentes minimales pour les ouvrages afin d'en faciliter le curage;
- Éviter les problèmes d'affouillement à l'endroit des ouvrages;
- Uniformiser les ouvrages afin d'accélérer la réalisation;
- Respecter les exigences environnementales;
- Faciliter l'entretien des ouvrages.

X.6.2. CRITERES HYDRAULIQUES

Les critères de conception hydraulique sont les suivants :

- Débits avec une période de retour de cent (100) ans pour le dimensionnement des ouvrages de rétablissement des écoulements transversaux;
- Débits avec une période de retour de dix (10) ans pour le dimensionnement des dispositifs d'assainissement de plateformes.

X.7. CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES

L'étude environnementale a permis d'identifier les dispositifs à mettre en place en fonction de l'étude de sensibilité du milieu récepteur. Les mesures sont basées principalement sur les

risques de pollution de la ressource eau et de son impact sur les populations, la faune et la flore.

Les zones de sensibilités sont divisées en quatre (4) catégories et pour chaque catégorie, des dispositifs de protection sont prévus.

Catégorie	Zone de sensibilité	Dispositif de protection
1	Très fortement sensible	Bassin de traitement
2	fortement sensible	Fosse subhorizontale enherbée (FSH)
3	moyennement sensible	Bief de confinement
4	Peu ou pas sensible	Aucun dispositif, le rejet devra de préférence être diffus

X.8. ETUDE HYDROLOGIQUE

Du point de vue hydrologique, le secteur entre PK 15+580 et PK 18+000 croise le bassin El Kabir. Le bassin présente un réticule hydrographique sub-dendritique, avec la rive gauche qui est caractérisée par des cours d'eau plus développés, avec une extension supérieure. Les affluents de la rive droite sont généralement moins étendus et ont une tendance à géométrie rectiligne.

Le tracé se développe en rive gauche entre le PK 15+580 et le PK 18+000 environ; après le viaduc V-4 le tracé se déplace en rive droite. Le cours d'eau principal présent une géométrie courbée, avec quelque coude bien prononcé, probablement pour effet de la tectonique qui affecte la chaine montagneuse ou de dépôts de glissement et éboulis sécant le fleuve.

X.8.1. DELIMITATION DES BASSINS VERSANTS

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

Le bassin de drainage d'un oued, a une fonction de collecteur, il recueille les pluies et les transforme en écoulement à l'exécutoire. Cette transformation est en fonction des conditions climatiques et des caractéristiques physiques du bassin versant.

Les bassins versants du projet sont illustrés à l'aide de logiciel **GLOBAL MAPPER.**

X.8.2. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES BASSINS VERSANTS

Tableau X.1. Caractéristiques morpho-métriques des bassins versants.

Bassin versant	PK	Surface A(Km^2)	Périmètre P(Km)	Longueur du court d'eau L(m)	H_{max} (m)	H_{min} (m)	ΔH (m)	p_{moy} (%)
BV1	7+025	4.697	13.141	1651	206	23	183	11.13
BV2	8+200	0.783	5.196	907.33	34	11	23	2.63
BV3	9+137	1.129	7.517	1279	138	7	131	5.14
BV4	10+525	0.840	6.872	1087	165	38	127	25.6
BV5	11+400	1.244	8.515	1357	340	71	269	60.2
BV6	12+060	0.342	3.132	798	254	54	200	8.7
BV7	13+525	0.611	4.871	883.45	32	9	23	13.6
BV8	13+875	1.973	13.141	1501	109	32	77	15.11
BV9	14+090	0.208	2.615	675.76	696	47	649	15.3
BV10	14+280	0.385	3.669	781	166	15	151	25.9
BV11	14+650	0.129	1.141	551	206	23	183	51.2
BV12	15+780	6.789	14,669	1651	276	65	211	10.96
BV13	16+360	0.196	7.876	1376	321	89	232	24.7
BV14	17+350	0.400	3.983	826	239	90	149	23.2
BV15	17+710	0.841	5.745	1067	145	48	97	8.6

X.9. DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT A PROJETER

X.9.1. ESTIMATION DES DEBITS DE CRUE

L'estimation des débits de crue correspondant aux bassins versant naturels du projet est fonction de plusieurs facteurs ayant des effets plus ou moins déterminants sur la formation des crues, notamment la topographie, la climatologie, la morphologie des bassins versant, la géologie, etc…

Les méthodes de calcul sont multiples dont les résultats demeurent toujours -incertains mais on se propose d'appliquer la formule suivante :

Le débit maximum instantané Q_{max} peut être estimé pour différentes fréquences de retour à partir des nombreuses formules empiriques appliquées aux conditions de l'Algérie.

❖ **La formule rationnelle**

$$Q= K.C.I.A \ (m^3/s)$$

Avec:

- C : coefficient de ruissellement ;
- I : Intensité de pluie pour le temps de concentration du BV (mm/h) ;

- A : Surface du bassin versant (km^2) ;
- K : Coefficient de conversion des unités K=0.278.

X.9.1.1. Coefficients de ruissellements C :

Le coefficient de ruissellement d'une surface donnée est le rapport du volume d'eau qui ruisselle de cette surface au volume d'eau tombée sur elle, Le coefficient dépende de plusieurs facteurs à savoir :

- -La pente du bassin versant ;
- -La nature du sol ;
- -La couverture végétale du bassin versant.

Les valeurs de coefficient de ruissellement sont données par le tableau suivant :

Couverture végétale	Morphologie	Pente %	Terrain sable grossier	Terrain limoneux	Terrain argileux
Bois	presque plat ondulé montagneux	p < 5 5 ≤ p < 10 10 ≤ p < 30	0,10 0,25 0,30	0,30 0,35 0,50	0,40 0,50 0,60
Pâturage	presque plat ondulé montagneux	p < 5 5 ≤ p < 10 10 ≤ p < 30	0,10 0,15 0,22	0,30 0,36 0,42	0,40 0,55 0,60
Culture	presque plat ondulé montagneux	p < 5 5 ≤ p < 10 10 ≤ p < 30	0,30 0,40 0,52	0,50 0,60 0,72	0,60 0,70 0,82

Figure IX.3 Tableau de valeurs de coefficient de ruissellement

X.9.1.2. Intensité de la pluie :

Les intensités de pluie pour l'estimation des débits de récurrence sont établies par la formule de MONTANA en mm/h : $I(T,t) = a(t) \times T_c^{-b}$ -t : période de retour en ans ;

-T_c : temps de concentration en heures ;

- a, b : paramètres de Montana.

IDF de Jijel					
t	2	5	10	50	100
a(t)	30.0	40.5	47.3	62.1	68.4
b	0.69				

X.9.1.3. Temps de concentration

La durée de l'averse produisant le débit maximum Q étant prise égale au temps de concentration dépendant des caractéristiques du bassin drainé. Le temps de concentration peut

être estimé selon plusieurs formules comme Ventura, Passini, Giandotti, chacune ayant son propre domaine de validité d'application.

- **Formule Ventura** : (Pour les bassins inférieurs à 5 Km²) A<5 km²,

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

- **Formule Passini** : (Pour les bassins de 5 km^2 à 25 km2) 5 km²<A<25 km²,

$$Tc = 0.108 \times \frac{\sqrt[3]{A \times L}}{\sqrt{P}}$$

- **Formule Giandotti** : (pour les basins supérieurs à 25 km²) A>25 km²,

$$Tc(h) = \frac{4 \times \sqrt{A} + 1.5 \times L}{0.8 \times \sqrt{H}}$$

Avec :

- A: Surface du bassin versant (km^2).
- P : La pente moyenne du bassin (m/m).
- L : Longueur du bassin versant (km).
- H: Différence entre la hauteur moyenne du bassin et la hauteur minimum du bassin(m).

X.9.1.4. Le débit de saturation Qs :

Il est donné par la formule de MANING STRIKLER :

$$QS = K_{st} \times R_h{}^{2/3} \times I^{1/2} \times S_m$$

Avec:

- S_m : section mouillée ;
- K_{st} coefficient de STRICKLER qui dépend de la nature de parois de l'ouvrage,
  $K_{st} = \begin{cases} 80\ en\ bétons\ (buses\ préfabriquées) \\ 70\ en\ bétons\ (dalots) \end{cases}$;
- R_h : rayon hydraulique en (m). Avec $R_h = S_m/P_m$;
- I : pente longitudinale du canal en (m/m).

X.9.1.5. Pré-dimensionnement des ouvrages :

L'étude des ouvrages hydrauliques a pour objectif de déterminer les dimensions des ouvrages hydrauliques en fonction du débit de projet et de la configuration de la route et du terrain naturel tout en assurant la transparence hydraulique. Trois types d'ouvrages hydrauliques (OH) courants sont utilisés :

- Buses : conduites circulaires en béton armé ;

- Dalots : ouvrages en béton armé de section carrée ou rectangulaire ;
- Pont.

Le dimensionnement des OH se fait suivant les critères ci-dessous :

- Le nombre de cellules est limité à deux (2) pour les dalots et les buses ;
- Les vitesses maximales à la sortie des buses et dalots ne doivent pas dépasser 5,0 m/s, cas d'un écoulement non permanent ;
- À l'entrée et à la sortie de chaque ouvrage respectivement, une tête amont et une tête aval sont prévues avec des angles appropriés ;
- La hauteur d'eau amont doit être inférieure à 1.2, la hauteur de l'ouvrage (Ham<1.2H) ;
- La méthode retenue pour le dimensionnement est celle du guide Setra d'assainissement routier.

En fonction des débits centennaux, les prés dimensionnements suivants peuvent être retenus :

TABLEAU X.2. PRE DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES TRANSVERSAUX

Débit de crue	Type	Dimensionnement
Q_{50}<1.25	Buse	1-1Φm
1.25<Q_{50}<2.25	Buse	1-1.2Φm
2.25<Q_{50}<4.25	Buse	1-1.5Φm
4.25<Q_{50}<5.5	Dalot	1-1.5×1.5m
5.5<Q_{50}<9.5	Dalot	1-2×2m
9.5<Q_{50}<14	Dalot	1-3×2m
14<Q_{50}<28	Dalot	1-4×2m

✓ Note

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

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

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

X.9.2. Application au projet

- **Calcul débit**

Tableau X.3. Résultat de calculs de débits

Bassin versant	PK	Temps de concentration Tc (h)	Intensité de pluie I (mm/h)	Débit total à évacuer Q(m^3/s)	Largeur b(m)	Hauteur H(m)	Type d'ouvrage
BV1	7+025	0.82	71.21	55.79	/	/	OA
BV2	8+200	0.69	80.22	6.98	2	2	Dalot
BV3	9+137	0.59	89.37	15.42	3	4	Dalot
BV4	10+525	0.23	171.20	39.98	/	/	OA
BV5	11+400	0.18	202.74	42.09	/	/	OA
BV6	12+060	0.25	161.62	13.82	2	3	Dalot
BV7	13+525	0.27	153.27	15.63	2	3	Dalot
BV8	13+875	0.48	103.05	16.96	2	2	Dalot
BV9	14+090	0.15	176.64	10.216	1.5	1.5	Dalot
BV10	14+280	0.16	171.27	18.34	2	2	Dalot
BV11	14+650	0.064	315.56	11.36	1.5	1.5	Dalot
BV12	15+780	0.99	62.53	70.81	/	/	OA
BV13	16+360	0.11	212.76	11.58	1.5	1.5	Dalot
BV14	17+350	0.17	162.66	18.12	2	2	Dalot
BV15	17+710	0.4	116.86	21.86	2	3	Dalot

- **Exemple cas des dalots:**

On prend le cas du BV08 (A= 1.973km², P= 15.11%, L=1.501 km, C=0.3)

-Détermination du temps de concentration T_c :

A< 5km² : donc on applique la formule de Ventura

$$Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{1.973}{0.1511}} = 0.48h$$

-Détermination de l'intensité I(t) :

$$I(0.48{,}50) = 62.1 \times 0.48^{-0.96} = 103.05 mm/h$$

-Détermination de débit Q

$Q=0.278\times0.3\times103.05\times1.973=16.956 m^3/s$.

D'après le Tableau de pré-dimensionnement des ouvrages, l'ouvrage Préconisé est dalot.

-Détermination des dimensions du dalot

Le dimensionnement des dalots est en fonction du débit maximum des eaux de ruissellement captées pendant le temps de concentration T_c.

La surface mouillée : Sm = 0.8H×B

Le périmètre mouillé : Pm =1.6×H+B

Le rayon hydraulique Rh = $\frac{Sm}{Pm}$

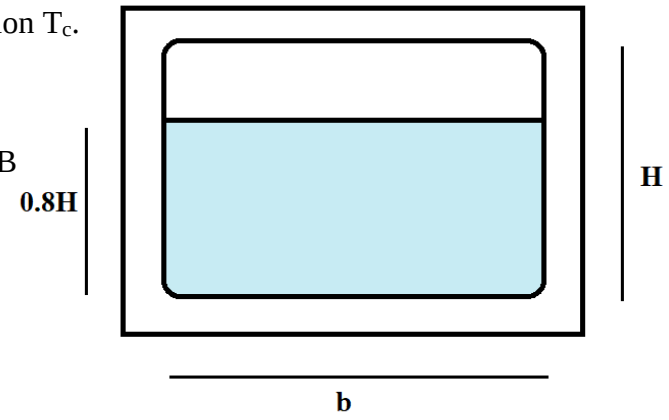


Figure X.4. Schéma d'un dalot

$$Qa = Qs = K_{st} \times R_h{}^{2/3} \times I^{1/2}$$

D'où $H = \frac{1}{0.8b} \times (\frac{Qa}{Ks\times\sqrt{I}})^{3/5} \times (0.6 \times H + b)^{2/5}$

- Qs: débit de saturation en m^3 /s.
- Kst: coefficient de Strickler Ks= 70.
- I : Pente de dalot, On donne I=1% (pente naturelle de lit de l'écoulement)

On fixe b=2 m et on fait varier le H pour trouver la valeur proche. On trouve H=2m. Le dalot sera dimensionné en 2×2 m

$$Qa = 70 \times 0.61^{2/3} \times 0.01^{1/2} \times 3.2 = 11.14 m^3/s$$

- Vérification de la vitesse

$v = \frac{Q}{S} = \frac{11.14}{2\times2} = 2.785 m^3/s< 4m^3$/s (Vérifié).

- Vérification de la hauteur critique

$\frac{BQ^2}{gsc^3} = 1$ d'où $h_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gb^2}} = \sqrt[3]{\frac{11.14^2}{10\times2^2}} = 1.46$ <2m(Vérifié).

- Vérification du régime d'écoulement

$Nombre\ de\ froude = \frac{v}{\sqrt{gh}} = \frac{1.285}{\sqrt{10\times2}} = 0.29 < 1$ (Vérifié).

❖ **Conditions d'Auto-curage**

La saturation des dispositifs d'évacuation des eaux de ruissellement peut détériorer la route et augmenter le coût de son entretien, donc il faut choisir des ouvrages qui donnent une vitesse d'écoulement faible tout en assurant l'auto-curage.

Pour se faire, on calcule débit Qps et vitesse à pleine section Vps correspondant à

Q/Qps =0.1 et 0.01. On doit vérifier les conditions d'auto-curage :

- V > 0.6 m/s pour Q=0.1 Qps ;
- V > 0.3 m/s pour Q=0.01 Qps.

Pour le BV8 :

Qps=11.14m^3/s

$$\text{Vps} = \frac{\text{Qps}}{\text{Sm}} = \frac{11.14}{3.2} = 3.48 m/s$$

$$\frac{\text{V}}{\text{Vps}} = \frac{2.785}{4.480} = 0.8 > 0.6 \text{ (Vérifie).}$$

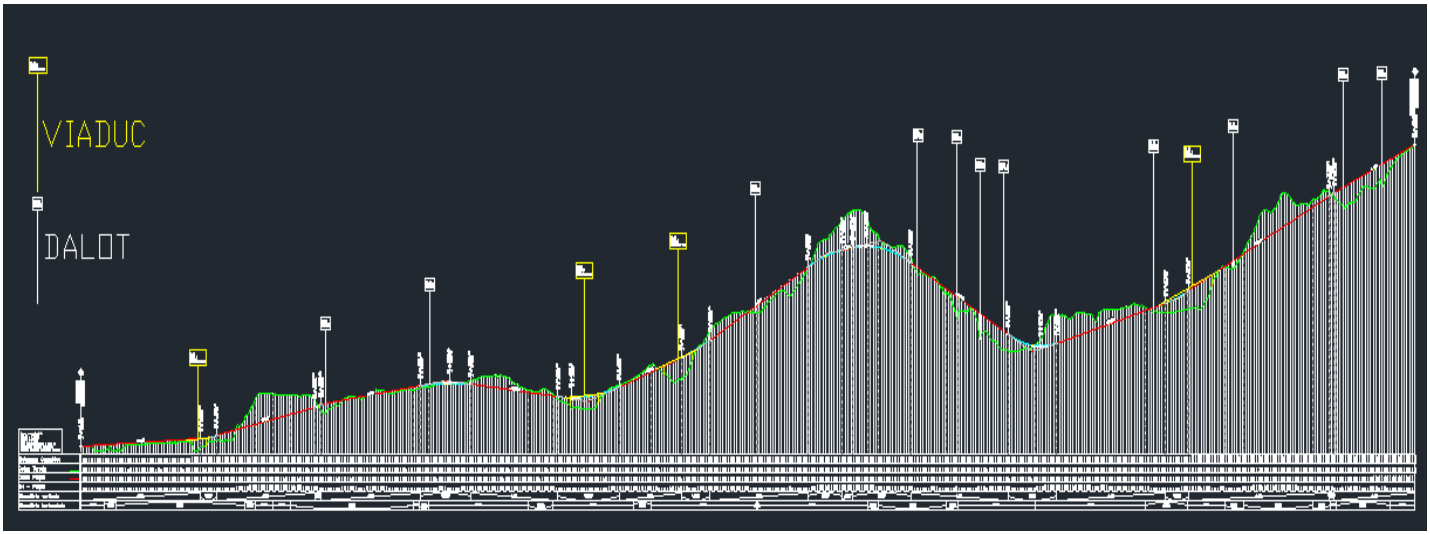


Figure X.5. Localisation des ouvrages hydrauliques et ouvrages d'art

X.10. DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT

Les fossés récupèrent les eaux issues de la chaussée, de l'accotement et des talus, il y en a plusieurs formes de fossé ; on choisit de faire un fossé trapézoïdal.

Dans les zones de déblais, les fossés sont doubles par des collecteurs lorsqu'ils s'avèrent insuffisants et le contact (collecteur-fossés) se fait au moyen d'avaloirs. Afin de protéger la chaussée et la plate-forme des infiltrations, on a prévu une pente déversée vers l'extérieur, c.à.d. vers les fossés.

Le dimensionnement se fait dans le cas le plus défavorable, où il y a une hauteur importante du déblai qui s'étende sur une longueur importante avec l'inclinaison du terrain vers le déblai, le présent cas situé au PK14+680 avec une hauteur de 27m

Les fossés sont dimensionnés pour évacuer le débit apporté par l'ensemble des bassins versants de la chaussée et la berme et le talus. Ces dispositifs sont dimensionnés comme suit :

TABLEAU X.4. LES CARACTERISTIQUES DES SOUS BASSINS VERSANTS CONCERNES

SBV	Largeur (m)	Surface (km^2)	Pente(%)
Chaussée +B.A.U+B.D.G	27	0.0054	2.5
Berme	1	0.0002	4
Talus en déblai	40.35	0.00807	66.7

X.10.1. Calcul de débit d'apport Qa

Tableau X.5. Le débit équivalent des bassins versants

SBV	A (Km^2)	Tc (h)	I (T, t) (mm/h)	C	Q (m^3/s)	Q_{total} (m^3/s)
Chaussée +B.A.U+B.D.G	0.0054	0.059	183.27	0.95	0.261	0.552
Berme	0.0002	0.009	670.73	0.35	0.013	
Talus en déblai	0.0081	0.014	494.47	0.25	0.278	

X.10.2. Dimensions de fossé

- Section mouillée

Sm = b.h +eh Avec : e=m.h et m=Cotg α.

Sm= h (b+mh)

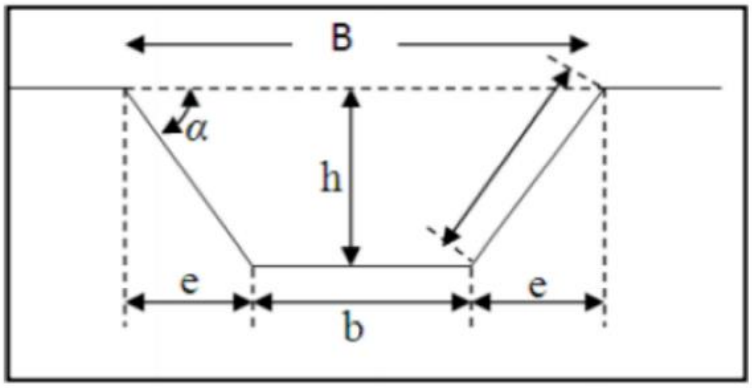


Figure X.5. Fossé trapézoïdal

-Périmètre mouillé

$$Pm = b + 2\sqrt{h^2 + e^2} = b + 2\sqrt{h^2 + (mh)^2}$$

$$Pm = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$$

-Rayon hydraulique

$$Rh = \frac{Sm}{Pm}$$

-Débit de saturation

$$Qs = Kst \times \sqrt{I} \times Rh^{2/3} \times Sm$$

Qeq = Qs on obtient la formule suivante :

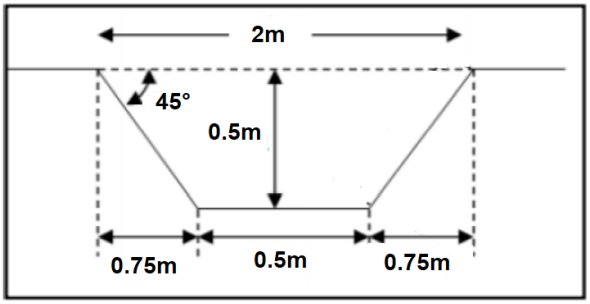
$$h = \left(\frac{Qa}{Kst \times b \times \sqrt{I}}\right)^{3/5} \times \frac{(1 + 2\sqrt{2} \times \frac{h}{b})^{2/5}}{1 + \frac{h}{b}}$$

Le calcul se fera par itération, on fixe les paramètres b et m et on fait varier h et on calcule à chaque fois le débit de réception qui doit être légèrement supérieur ou égal au débit d'apport :

On pose : m=1.5, b = 0.5 m et un angle de 45°

Après un calcul itératif, on trouve : h = 0.41m

Donc on prend : b=0.50 m, h=0.5m et e=0.75m.



X.11. CONCLUSION

L'étude hydraulique a traité principalement le dimensionnement des ouvrages hydrauliques et des principes de calcul des dispositifs de drainages adoptés pour assainir l'infrastructure. On a répertorié 15 ouvrages sur l'axe, dont 11 dalots de différentes dimensions et 04 ouvrages d'art, viaduc permet le franchissement d'oued Mencha.

CHAPITRE XI
STABILITÉ DES PENTES

XI.1. INTRODUCTION

Le tronçon qui fait l'objet de l'étude est caractérisé par une succession de remblais et de déblais. Les contraintes topographiques et géotechniques d'implantation du tracé de l'autoroute en zone vallonnée induisent à la nécessité d'exécution de terrassements de grande magnitude, de ce fait une étude de stabilité de talus, que ce soit dans le cas d'un remblai ou d'un déblai, doit être établie pour identifier tout type de risque mis en jeux par la construction de ces ouvrages.

XI.2. DESCRIPTION DES PRINCIPAUX TYPES DE MOUVEMENTS

XI.2.1.LES GLISSEMENTS

Les glissements se caractérisent par l'apparition de surfaces de cisaillement relativement bien définies à l'intérieur du milieu. La forme des surfaces de rupture observées permet de classer ces glissements en trois catégories :

- Glissement plane.
- Glissement circulaire.
- Glissement quelconque.

XI.2.1.1. Glissement plan :

En générale, la ligne de rupture suit une couche de mauvaise caractéristiques sur laquelle s'exerce d'ailleurs souvent l'action de l'eau.

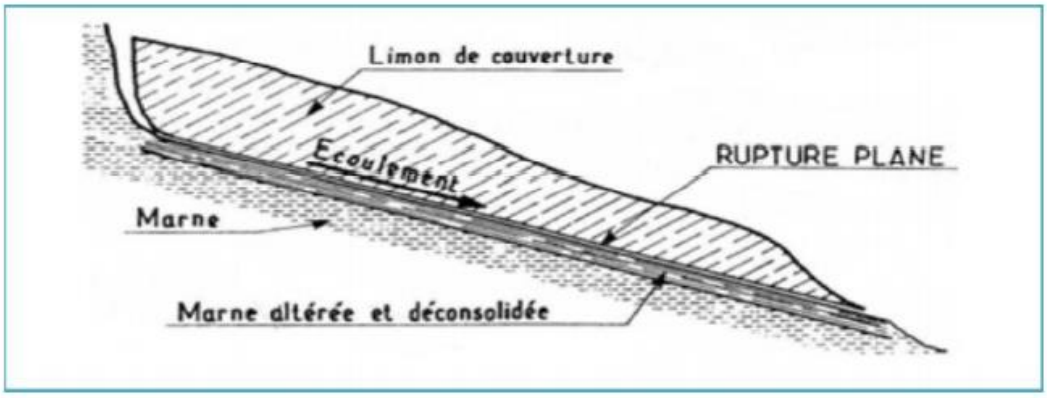


Figure XI.1. Glissement plan

XI.2.1.2. Glissement circulaire :

Ce type de glissement est fréquent sa surface de rupture a une forme simple et peut être assimilée à un cylindre.

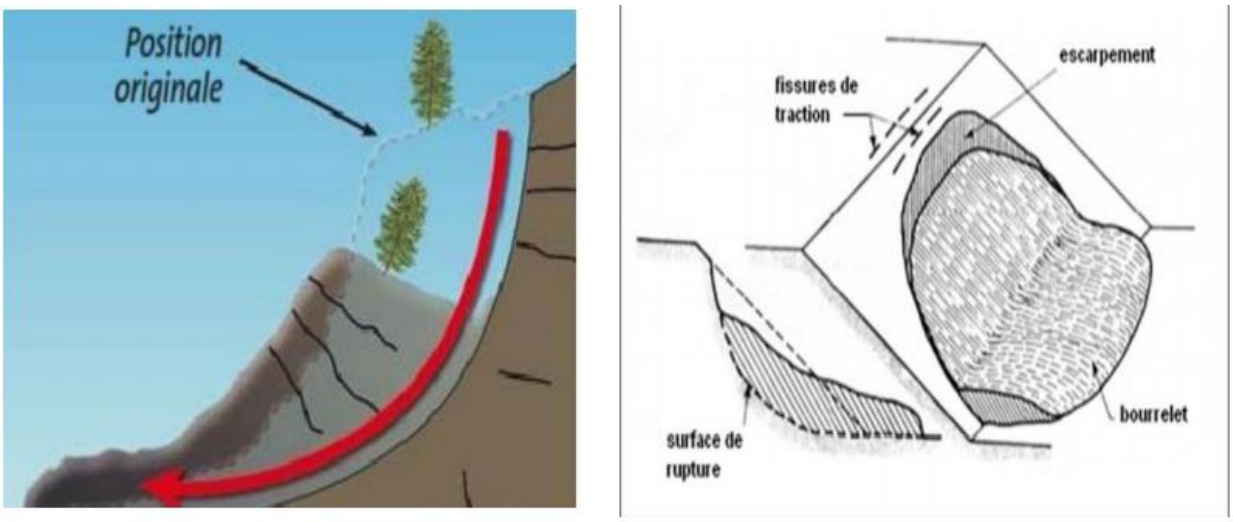


Figure XI.2. Glissement circulaire

XI.2.1.3. Glissement quelconque :

Il s'agit de glissement multiple (emboités), les un dans les autres dus à la suppression de la butée provoquée par le glissement précédent, ce qui entraine ainsi les glissements successifs

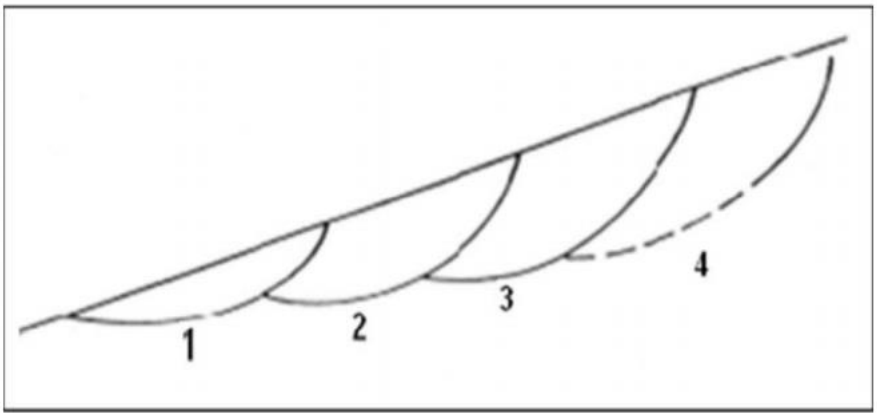


Figure XI.3. Glissements successifs emboites

XI.2.2. Principales causes de glissement

XI.2.2.1. Naturelle :

Une diminution des résistances du sol, le cas le plus fréquent est la diminution de l'angle de frottement interne des argiles sous l'effet de l'eau. Dans quelques rares cas, cette dernière est vaporisée, son effet est alors multiplié.

- Forte pluies et fonte des neiges qui entrainent une augmentation des pressions interstitielles ;
- Affouillement des berges ;
- Charges sismiques.

XI.2.2.2. Anthropique :

- Une augmentation des charges en tête d'un talus déjà instable ;
- Une diminution des appuis en pied de pente (suppression d'une butée stabilisatrice) ;
- Rejets d'eau ;
- Déboisement.

XI.3. ANALYSE DE LA STABILITE

Les calculs à la rupture sont des calculs dans lesquelles on suppose que lors d'un glissement de terrain, il y a séparation d'une masse mobile, du massif stable et sain le long d'une surface de rupture. Pour évaluer la stabilité des talus par une méthode à l'équilibre limite, il existe des méthodes linéaires et non linéaires.

Les méthodes linéaires sont des méthodes directes de calcul de FS, on détermine les forces motrices et les forces stabilisatrices à la fin on calcule le coefficient de sécurité par la formule suivante :

$$Fs = \frac{force\ de\ stabilatrice}{force\ motrice}$$

Tq : • FS =1 : équilibre limite ;

• FS >1 : équilibre stable ;

• FS <1 : équilibre instable.

XI.3.1. ANALYSE DE STABILITE DU DEBLAI

L'inclinaison des talus de déblais a été définie en fonction de plusieurs aspects comme la hauteur des déblais, la nature et résistance du terrain, la stabilité à court et long terme.

On va traiter le cas du déblai le plus défavorable, qui a une hauteur de 27.0m situé au PK 14+680.

Les calculs de stabilité des déblais ont été menés en prenant comme base les données et les considérations suivantes :

- Le déblai a été modélisé avec une inclination de 2H /1V ;
- Les surfaces de ruptures supposées circulaires ;
- Le niveau phréatique est pris en considération ;
- L'aspect sismique a été pris en considération et model.

Les paramètres géotechniques des sols sont obtenus en fonction des essais géotechniques réalisés et les expériences des travaux.

Tableau XI.1. Les paramètres géotechniques des sols en déblai

Couche	Epaisseur (m)	Poids volumique γ(KN/m³)	Cohésion C` (kpa)	Angle de frottement Φ(°)	Module de Young E`(MPa)	Cohésion non drainée Cu(KPa)
Limon argileux	0-03	19	0-10	28-30	15-30	50-100
Argile marneuse	03-10	19	10-20	24-26	15-20	50-70

La caractérisation séismique locale par la norme RPOA 2008 identifie un sol en général de catégorie S3, avec aussi la présence des argiles plus dures. Les coefficients séismiques (calculés selon la méthode introduit par l'RPOA 2008) ont été pris égaux aux valeurs suivantes:

$K_h = 0.5 \times a = 1.0$

$K_v = \pm 0.3 \times K_h = \pm 0.03$

Tableau XI.2. Résultats des calculs de FS(déblai)

Terrassement	Hauteur (m)	Pente appliquée	Facteur de sécurité FS		
			Court terme	Long terme	Avec séisme
Déblai	27.0	2H/1V	1.06	1.34	1.36

On a constaté que la valeur du coefficient de sécurité obtenus lors des analyses effectuées est acceptée comme limite de sécurité pour que les pentes restent stables à long terme, à court terme et avec séisme, donc le talus est stable.

XI.3.2. ANALYSE DE STABILITE DU REMBLAI

Dans le corps des remblais, on peut envisager l'utilisation des matériaux de qualité inférieure. Les matériaux marneux et Marno-argileux exigent la prise de mesures dans sa réutilisation, basées sur une analyse spécifique.

On va vérifier la stabilité du profil qui présente la hauteur de remblais la plus importante, à savoir au PK 14+200, cette hauteur est de 20.4m, pour cela on va analyser la stabilité vis-à-vis au glissement. En tenant en compte des paramètres de calcul obtenus, les calculs de stabilité des remblayages ont été menés en prenant comme base les données et les considérations suivantes :

- Les remblayages ont été modélisés avec une inclination de 3H/2V ;
- Les surfaces de ruptures supposées circulaires ;
- Le niveau phréatique est pris en considération.

Les paramètres géotechniques des sols sont obtenus en fonction des essais géotechniques réalisés et des expériences des travaux :

Tableau XI.3. Les paramètres géotechniques des sols en remblai

Couche	Epaisseur (m)	Poids volumique γ(KN/m³)	Cohésion C` (kpa)	Angle de frottement Φ(°)	Module de Young E`(MPa)	Cohésion non drainée Cu(KPa)
Limon argileux	0-02	19	0-10	28-30	15-30	50-100
Argile marneuse	02-04	19	10-20	24-26	15-20	50-70
Marne argileuse	04-23	20	20-40	24-26	20-80	70-270

La caractérisation séismique locale par la norme RPOA 2008 identifie un sol en général de catégorie S3, avec aussi la présence des argiles plus dures. Les coefficients séismiques (calculés selon la méthode introduit par l'RPOA 2008) ont été pris égaux aux valeurs suivantes:

$K_h = 0.5 \times a = 1.0$

$K_v = \pm 0.3 \times K_h = \pm 0.03$

Tableau XI.4. Résultats des calculs de FS (remblais)

Terrassement	Hauteur (m)	Pente appliquée	Facteur de sécurité FS		
			Court terme	Long terme	Avec séisme
Déblai	27.0	3H/2V	1.03	1.21	1.30

La stabilité du talus est appréciée par rapport à un facteur de sécurité admissible, FS=1.0, la stabilité est théoriquement assurée, donc le talus est stable à long terme, à court terme et avec séisme.

XI.4. CONCLUSION

L'étude d'un talus comporte, outre la reconnaissance du site et le choix des caractéristiques mécaniques des sols, un calcul de stabilité pour déterminer d'une part la courbe de rupture le long de laquelle le risque de glissement est le plus élevé, d'autre part la valeur correspondante du coefficient de sécurité.

• Cas déblai : Avec la pente proposée (2H/1V), les coefficients de sécurité sont tous acceptables sous les charges normales (à court terme et à long terme) et le séisme selon le calcul de stabilité. • Cas remblai : Avec la pente proposée (3H/2V), les coefficients de sécurité Sont tous acceptables sous les charges normales et le séisme selon le calcul de stabilité.

CHAPITRE XII

LES CUBATURES

XII.1. INTRODUCTION

La réalisation d'un ouvrage en travaux publics nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lequel l'ouvrage va être implanté. La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions, la première s'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième s'agit d'enlever des terres (déblai). Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle « les cubatures des terrassements ».

Pour atteindre l'économie maximale du point de vue du cout des terrassements il faut bien :

- Mettre en œuvre le minimum de matériau.
- Equilibrer les mouvements des terres (déblais- remblais).
- Minimiser la distance de transport.
- Quantifier le déblai mis en remblai.

XII.2. DEFINITION DES CUBATURES

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

XII.3. METHODES DE CALCUL DES CUBATURES

Pour avoir les volumes des terrassements existants (remblais-déblais) on calcul les cubatures, il existe plusieurs méthodes de calcul :

- Méthode de la moyenne des aires (méthode par excès) ;
- Méthode de l'air moyenne (méthode par défaut) ;
- Méthode de la longueur applicable ;
- Méthode approchée.

Pour calculer un volume de présent projet, on utilise la méthode de la moyenne des aires qui est une méthode très simple mais elle présente un inconvénient c'est de donner des résultats avec une marge d'erreur, donc pour être proche des résultats exacts on doit majorer les résultats trouvés par le coefficient de 10 % et ceci dans le but d'être en sécurité.

XII.3.1. DESCRIPTION DE LA METHODE

Le principe de la méthode de la moyenne des aires est de calculer le volume compris entre deux profils successifs par la formule suivante : $V = \frac{h_m}{6}(S_1 + S_2 + 4S_m)$

$\boldsymbol{h_m}$: hauteur moyenne entre deux profils.
$\boldsymbol{S_m}$: surface limitée à mi- distances des profils.
$\boldsymbol{S_1}$: surface de profil en travers P1.
$\boldsymbol{S_2}$: surface de profil en travers P_2 .

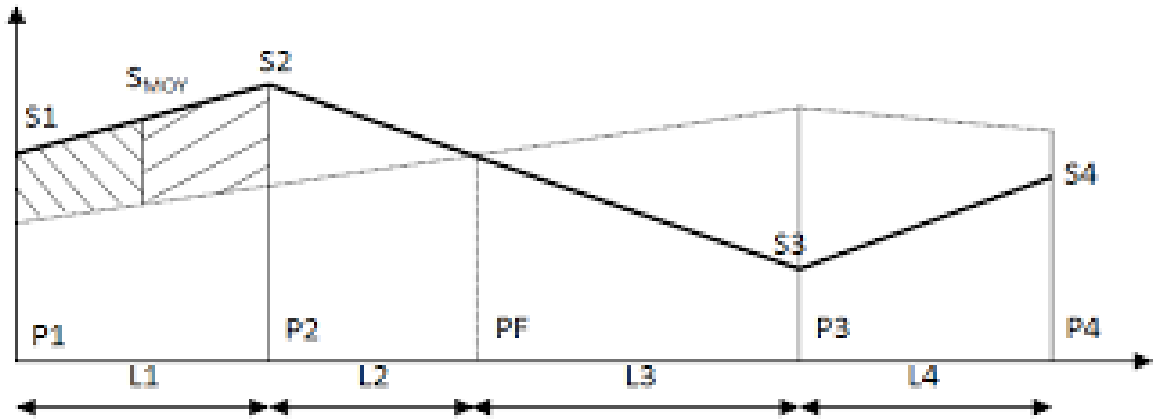


Figure XII.1 Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné

Pour un calcul plus simple, le volume compris entre deux profils en travers Pi et Pi+1 de section Si, Si+1 est égal à :

$$Vi = \frac{Li}{2}(S_i + S_{i+1})$$

Le volume total VT : $V_T = \sum V_i$.

XII.3.2. APPLICATION

Dans le présent projet, le calcul des cubatures a été effectué à l'aide du logiciel **CIVIL 3D**.

Les résultats de calcul sont joints en annexe.

CHAPITRE XIII
CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

XIII.1.INTRODUCTION

Un échangeur est un croisement dénivelé sur lequel les transferts de trafic sont séparés les uns des autres et sont assurés par des bretelles autoroutières affectées à cet effet. Les échangeurs se trouvent donc aux intersections entre autoroutes, ou entre une autoroute et un autre type de route. On désigne les échangeurs par :

- Nœuds : quand il raccorde une voie rapide avec une autre voie rapide ;
- Diffuseur : quand il raccorde une voie rapide au réseau de voies urbain classique ;
- Mixte : quand il assure en plus des raccordements de deux autoroutes.

La conception des échangeurs doit satisfaire à quelques règles :

- Privilégier les conceptions simples ;
- Dissocier les échanges autoroutiers des échanges locaux ;
- Eviter les implantations dans des points singuliers (courbe en plan de rayon inférieur à 1.5Rdn, forte pente…) ;
- Ne pas implanter les échangeurs dans des courbes déversées ;
- Eviter les interférences fonctionnelles entre accès.

Le projet consiste d'étude d'un échangeur de l'intersection d l'autoroute Est/ouest et RN77 au niveau de PK 13+000.

XIII.2.ROLE D'ECHANGEUR

- Assurer la continuité des réseaux autoroutiers et de desservir plusieurs directions en même temps en distribuant les flux dans le sens considéré selon l'ordre d'importance ;
- Assurer des bonnes conditions de confort et de sécurité en évitant les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents et les points d'arrêt provoquant des pertes de temps.

XIII.3.LES ELEMENTS DE L'ECHANGEUR

Tout échangeur quel que soit son importance, sa classe ou sa forme, est constitué d'un assemblage de trois éléments qui sont :

- L'ouvrage d'art (pont) ;
- Les carrefour (s) plan (s) (cas de raccordement routiers ordinaires) ;
- Les bretelles.

XIII.4.TYPES D'ECHANGEUR

- Échangeur majeur : raccordement Autoroute- Autoroute. (Trèfle complet, bifurcation «Y» ;

- Échangeur mineur : raccordement Autoroute -Route. (Losange, Demi-trèfle, Trompette).

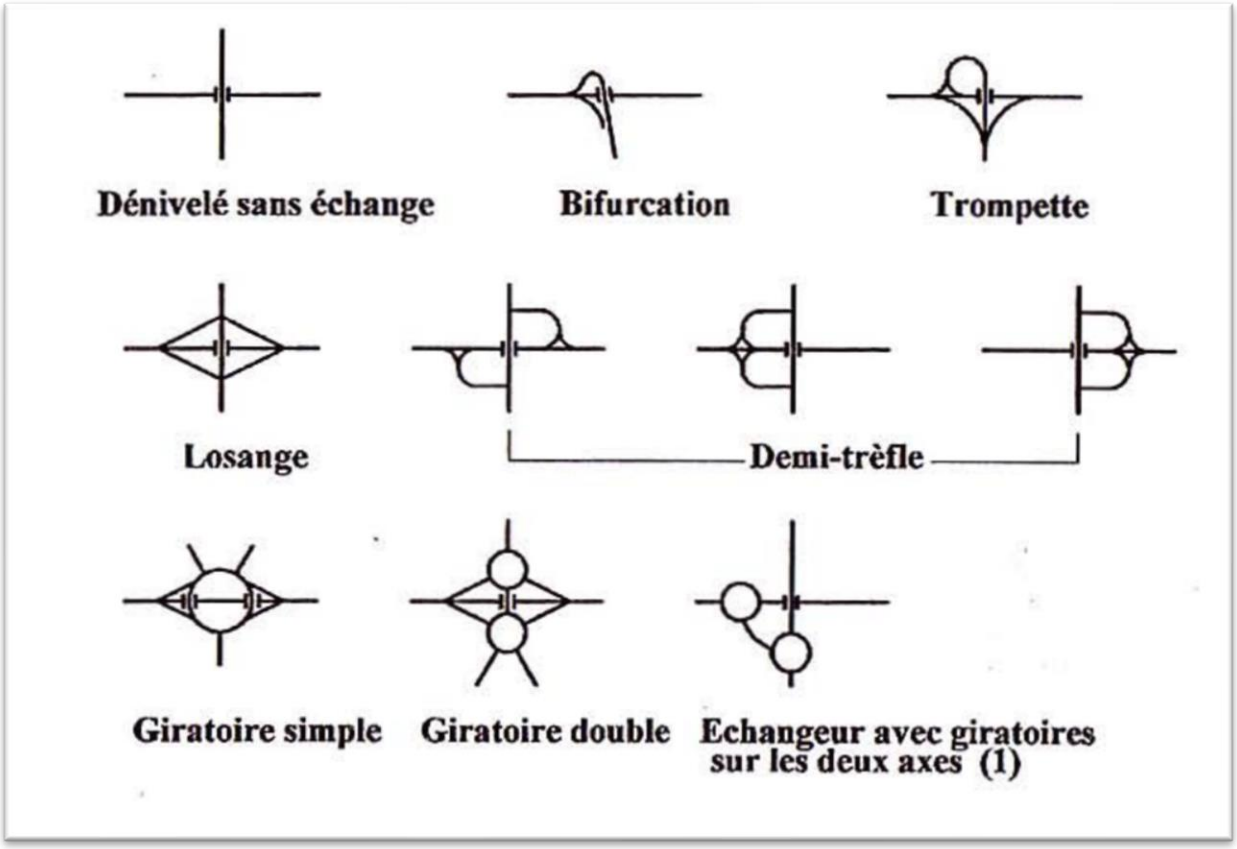


Figure XIII.1. Différentes types d'échangeur

XIII.4.1. ECHANGEUR MAJEUR

XIII.4.1.1. Trèfle complet :

C'est un échangeur massif, demandant une très grande emprise et justifié par un trafic important équilibré. Pour des raccordements à quatre branches.

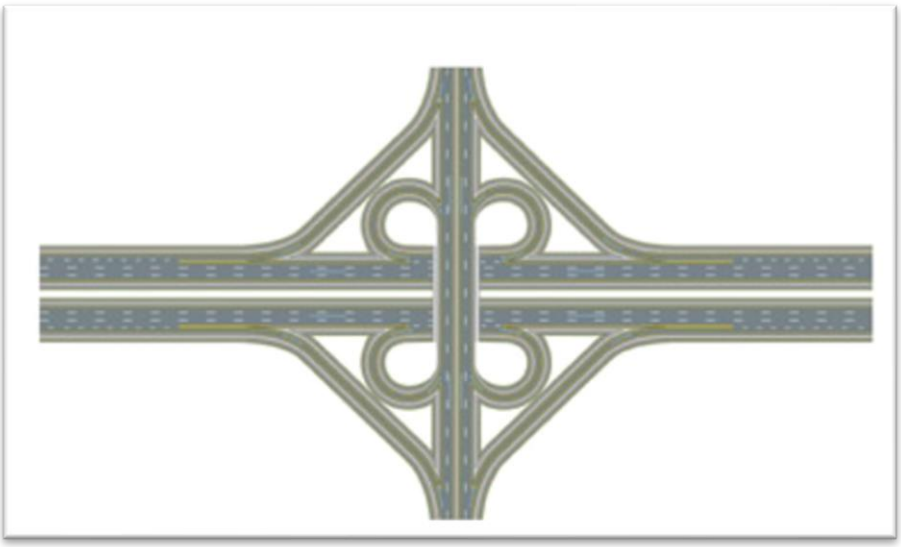


FIGURE XIII.2. TREFLE COMPLET

XIII.4.1.2. Bifurcation :

Pour les raccordements à trois branches : la boucle qui présente le trafic à dévier se détache par la droite de l'axe principal pour rejoindre l'axe à emprunter. Ce type comporte un ouvrage biais.

XIII.4.2. ECHANGEUR MINEUR

XIII.4.2.1. Echangeur de trompette :

Comporte un alignement droit commun à toutes les bretelles, boucle (d'entrée ou de sortie), diagonales (d'entrée ou de sortie). Ce type d'échangeur représente la typologie la plus répandue sur les autoroutes, assure les échanges entre la voie principale et la voie transversale.

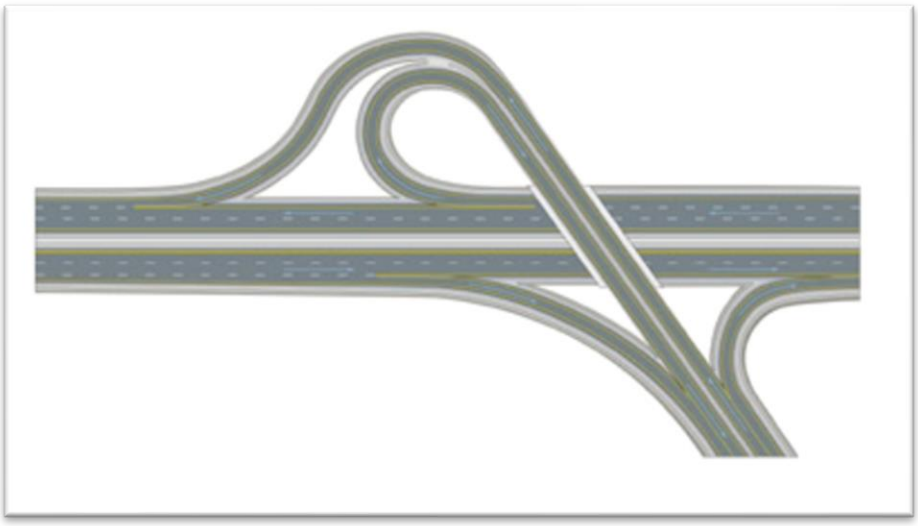


Figure XIII.3. Echangeur de trompette

XIII.4.2.2. Losange :

Il est composé de quatre diagonales unidirectionnelles symétrique assure une distribution symétrique de trafic d'échanges.

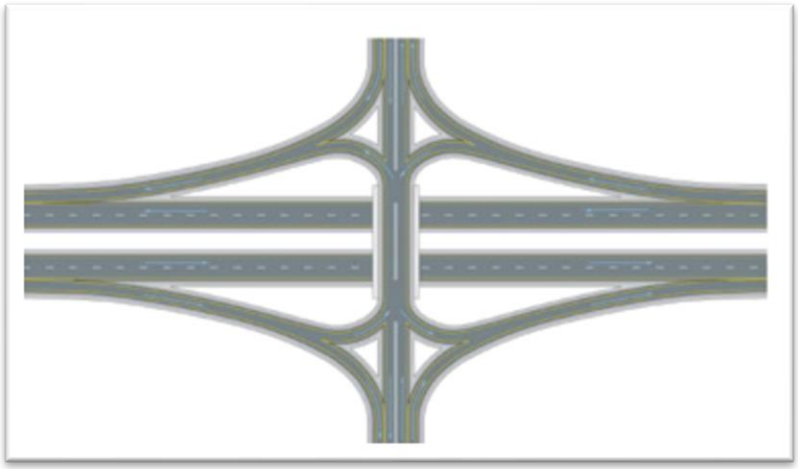


Figure XIII.4. Losange

XII.4.2.3 Demi – trèfle :

La configuration en demi – trèfle à quatre (04) branches se présente comme le cas du type losange mais avec une différence majeure, qui est une distribution des trafics d'échange nettement dissymétrique.

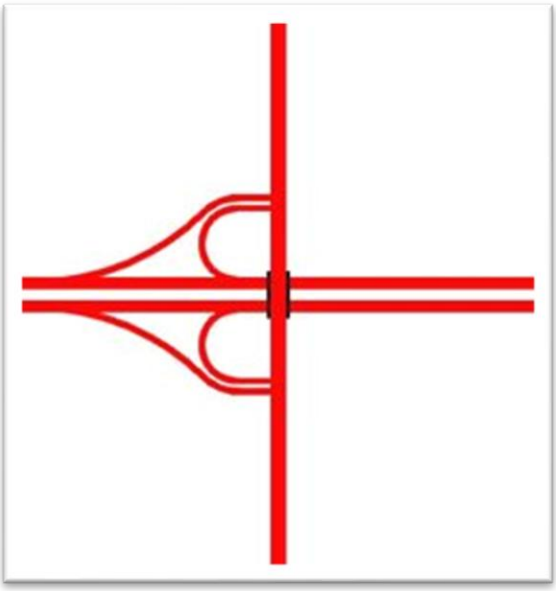


Figure XIII.5. Demi – trèfle

XIII.5. CHOIX DU TYPE DE L'ECHANGEUR

Le choix du type d'échangeur est fonction des liaisons à assurer, de l'intensité de trafic, de la configuration du site et du mode d´exploitation.

Les zones de localisation des échangeurs ont été sélectionnées sur la base des critères suivantes :

- Les sites sont aussi proches que possible des points d'attraction, de génération de trafic et présentent des possibilités de liaison efficace avec le réseau routier existant;
- Les sites sont principalement au croisement de la pénétrante avec des axes routiers importants;
- Les sites sont suffisamment vastes pour permettre l'application des normes géométriques convenables;
- Les sites se trouvent, lorsque possible, sur un terrain relativement facile sur le plan topographique et géotechnique, ne présentant pas de difficultés particulières et ne nécessitant pas de mesures spéciales de protection;
- La distance moyenne entre les échangeurs devrait être d'environ 8 kilomètres (entre 5 et 10 kilomètres);
- Pour des raisons de visibilité, les échangeurs sont localisés sur des tronçons rectilignes, lorsque possible.

Pour le cas présent, l'échangeur va assurer la liaison entre la pénétrante Djen-Djen el Eulma (2x 3 voies) et la RN77 (2x3 voies) au niveau de la trompette allant vers Cheddia (PK12+700).

XIII.6.La conception du projet « Selon l'ICTAAL ECHANGEUR »

La configuration du site:



Figure XIII.6. La trompette de la pénétrante

XIII.6.1. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES BRETELLES

Pour les diffuseurs, généralement, les bretelles sont à une voie (d'après l'ICTAAL ECHANGEUR).

XIII.6.1.1. Trace en plan :

❖ **Valeurs limites des rayons**

Les valeurs limites des rayons en plan d'une bretelle à deux voies ainsi que leurs dévers associés préconisées par l'ICTAAL ECHANGEUR sont donnés par le tableau suivant :

Tableau XIII.1. Valeurs limites des rayons du tracé en plan

	Symbole	1 voie sortie	1 voie boucle
Rayon minimal	R(m)	40 (avec 100m minimum pour le 1er rencontré)	40 (7%)
Rayon minimal non déversé	Rnd (m)	300	

❖ **Enchainement des éléments du tracé en plan**

- Les branches doivent respecter les règles suivantes:

  -Deux courbes successives doivent satisfaire à la condition : R1≤1.5 R2 où R1 et R2 notent les rayons de la première et de la seconde courbe rencontrées dans le sens de circulation sauf si R2≥1.5Rdn ;

-Deux courbes successives de rayon inférieur à 1.5Rdn doivent être séparées par un alignement droit d'au moins 100m, sauf pour 2 courbes de sens contraires introduites par des raccordements progressifs.

- Les bretelles doivent respecter les règles suivantes :

-Deux courbes successives doivent satisfaire à la condition : $R_1 \leq 2R_2$ ou R_1 et R_2 notent les rayons de la première et de la seconde courbe rencontrées dans le sens de circulation sauf si R2 > 1.5 Rdn ;

-Deux courbes successives de même sens et de rayons inférieurs à 1.5Rdn doivent être séparées par un alignement droit d'au moins 3 secondes à la vitesse de parcours de 70km/h, sauf si $R_1 < R_2$.

	$R_1 \leq R_2$	$R_2 < R_1 < 2R_2$ (seulement si $R_2 < 1{,}5R_{dn}$)
Courbes de même sens	Alignement Droit + clothoïdes ou Ove L=7 (d2-d1) ou Courbe en C	Alignement Droit 3 s à 70 km/h + clothoïdes
Courbes de sens contraire	Courbe en S ou Alignement Droit + clothoïdes	Courbe en S ou Alignement Droit + clothoïdes

Figure XIII.7. Tableau récapitule les différents enchainements entre les rayons d'une bretelle

❖ Raccordement Progressif

Une courbe circulaire de rayon inférieur ou égal à 1.5Rdn est encadrée par deux arcs de clothoïde. Si cette condition est trop contraignante, on peut limiter son application aux courbes de rayon inférieur ou égal à Rnd dans les bretelles.

Pour les bretelles ou branches à deux voies, à la plus grande des 2 valeurs : R/9 et 14(Δd).

❖ La zone de décélération et d'accélération

Le raccordement d'une bretelle et de l'autoroute est réalisé en entrée par deux voies d'insertion, et en sortie par deux voies de décélération.

- **La zone d'accélération :** L'obliquité avec l'axe de l'autoroute est comprise entre 3et 5%, doit permettre d'amener le véhicule à une vitesse conventionnelle d'au moins 55 km/h au niveau du point E.1,00 m avec une accélération de 1 m/s².

La longueur d'accélération est donnée par : $La = \frac{(V_0{}^2 - V_R{}^2)}{2(1-10p)}$

Avec : p : déclivités en valeur algébrique ;

V_0 : (m/s) la vitesse conventionnelle au point E1.00m ;

V_R : (m/s) la vitesse initiale dépendant du rayon de la courbe amont.

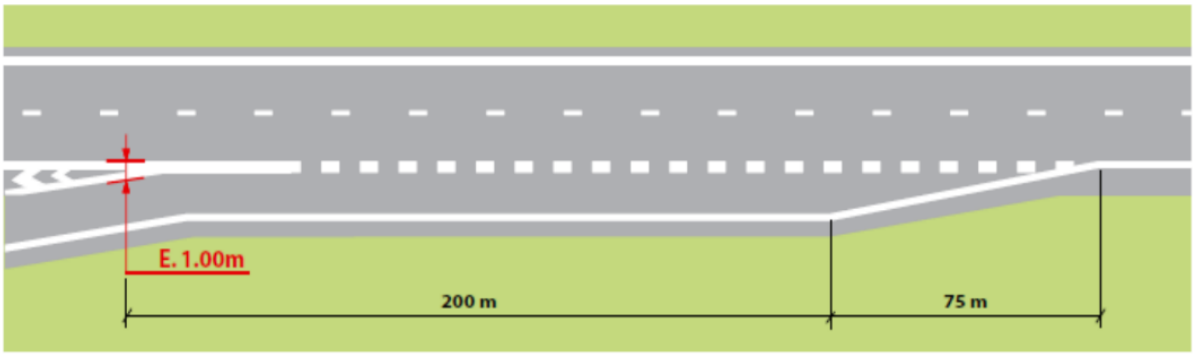


Figure XIII.8. Voie d'accélération

- **La zone de décélération**

Doit permettre à l'usager de passer de la vitesse conventionnelle de 70km/h au niveau de point S 1.00m, à la vitesse associée au rayon de la première courbe rencontre, avec une décélération en palier de 1.5m/s².

Sa longueur minimale Lmin est donnée par : $Ld = \frac{(V_S{}^2 - V_R{}^2)}{2(1.5+10p)}$

Avec : p : déclivités en valeur algébrique ;

V_S : (m/s) la vitesse conventionnelle au point S1.00m ;

V_R : (m/s) la vitesse cible dépendant du rayon de la première courbe aval.

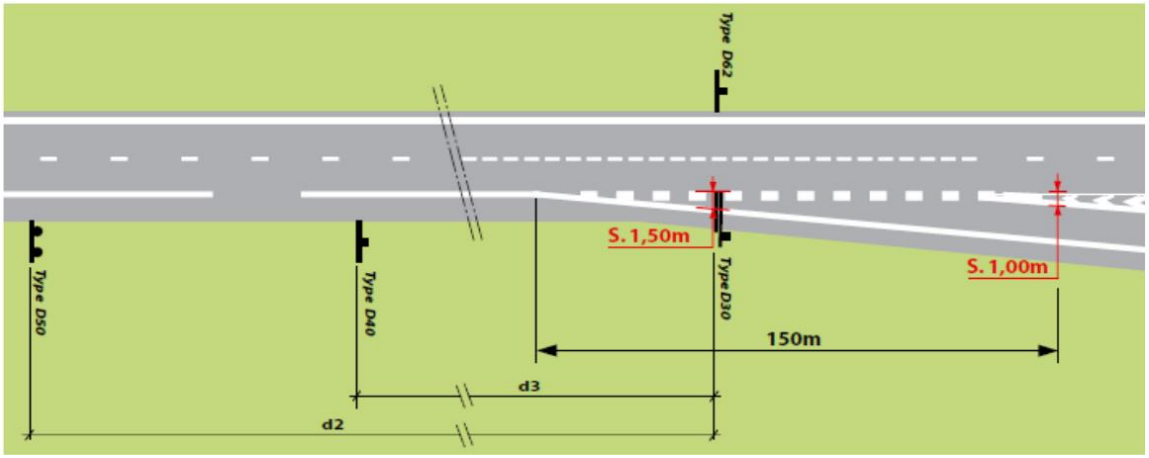


Figure XIII.9. Voies de décélération

XIII.6.1.2. Profil en long :

Les valeurs limites du profil en long pour une bretelle à 1 voie circulable à 70km/h ou moins, sont données par :

Tableau XIII.2. Valeurs limites des paramètres de profil en long des branches et bretelles

Déclivité maximale	6%
Rayon minimal en angle saillant	1500m
Rayon minimal en angle rentrant	1200m

XIII.6.1.3. Profil en travers :

La chaussée est bordée de part et d'autre par une bande d'arrêt d'urgence et par une berme qui peut être intégrée au dispositif d'assainissement si ce dernier est non agressif (pente transversale < 25%). La largeur de la berme est normalement égale à 1 m et en présence d'un dispositif de retenue elle est définie par sa largeur de fonctionnement.

Tableau XIII.3. Bretelle unidirectionnelle à une voie

Berme	BDG	BDD	Chaussée
1m	0.5m	1m	3.5

XIII.6.1.4. Pente transversale

Tableau XIII.4. Dévers de la chaussée

	Pente transversale entre Rnd et Rm
Bretelle à 1 voie circulable à 70km/h ou moins.	-Pour 125m <R≤ 300m, →d = (964/R) - 0.7 -Pour R≤125m, →d=7%

XIII.6.1.5. Visibilité :

Visibilité sur une entrée d'autoroute :

La distance de visibilité pour la voie de droite de l'autoroute doit être au moins égale à la distance d'arrêt sur l'arrière d'un véhicule entrant.

❖ **Distance d'arrêt da**

da=distance de freinage + distance de perception / Réaction

$$da = 2V + \frac{V^2}{2g\,(\gamma_{(v)} + p)}$$

Avec : -V en m/s.

-γ (v) : décélération moyenne exprimée en fraction de g.

-P : la déclivité, en valeur algébrique.

Pour les rayons R < 5V, (V en Km/h et R rayon de la courbe en m) : la distance de freinage est majorée de 25%.

❖ **Distance de manœuvre de sortie (d_{ms})**

Permet de définir également les changements de files en section courante : d_{ms} = 6v (m/s).

❖ **Distance de visibilité sur marquage (d_{vm})**

Nécessaire sur les marquages limitant sa voie au début de l'arc circulaire : d_{vm} = 3v (m/s).

❖ **Distance de lecture (Lc)**

Définissant la distance minimale, permettant à l'usager de lire les informations sur les panneaux de signalisation : Lc = 5v (m/s).

Tableau XIII.5. Principales distances de visibilité

Vitesse(Km/h)	110
Vitesse(m/s)	30.6
Décélération moyenne γ(v)	0.36
Distance d'arrêt en palier (p=0) (m)	195
Distance d'arrêt en courbe pour R<5V (m)	230
Distance de manœuvre en sortie d_{ms} (m)	185
Distance de visibilité sur marquage d_{vm} (m)	95
Distance de lecture Lc (m)	150

CHAPITRE XIV
LES OUVRAGES D'ARTS

XIV.1. INTRODUCTION

Un ouvrage d'art est une construction de grande importance permettant de franchir un obstacle sur une voie de communication routière, ferroviaire ou fluviale (ponts, tunnels) mais également un dispositif de protection contre l'action de la terre ou de l'eau (murs, tranchée couverte, digue) et enfin un dispositif de transition entre plusieurs modes de transport (quais et autres ouvrages portuaires). Selon le cas, on distingue : pont-route, pont-rail, pont canal.

En résumé, on appellera pont tout ouvrage de franchissement en élévation construit in situ, ce qui exclut les buses totalement ou partiellement préfabriquées.

XIV.2. CONCEPTION DES OUVRAGES D'ARTS

La conception d'un ouvrage d'art doit satisfaire un certain nombre d'exigence puisqu'il est destiné à offrir un service a des usagers. On distingue les exigences fonctionnelles qui sont des caractéristiques permettant au pont d'assurer sa fonction d'ouvrage de franchissement, et les exigences naturelles qui sont l'ensembles des éléments de son environnement influant sur sa conception.

Les critères de base dans la conception des ouvrages structuraux sont les suivants :

- La sécurité;
- L'économie;
- La stabilité;
- Les délais de réalisation;
- Le respect de l'environnement.

XIV.3. GABARIT A RESERVER

On appelle gabarit le minimum à dégager au-dessus de la voie franchie, mesuré perpendiculairement à cette voie. En Algérie, il est réglementé que le passage sur :

- Les autoroutes et les routes express doivent respecter un gabarit de 5.25m ;
- Les routes ordinaires doivent respecter un gabarit de 4.50 à 4.80 m ;
- Pour le chemin de fer on doit respecter un gabarit de 6.2 m.

XIV.4. Présentation des ouvrages

Tableau XIV.1 Les ouvrages au niveau du tracé

Type d'ouvrage	PK	Longueur (m)
Passage inferieure	6+200	44
Passage inferieure	7+300	42
Viaduc	6+950-7+150	200
Passage inferieure	8+225	54
Passage supérieure	8+975	50
Passage supérieure	9+700	62
Viaduc	10+350-10+700	350
Viaduc	11+190-11+530	340
Viaduc	15+690-16+155	465
Passage inferieure	17+525	46

XIV.5. PROFIL EN TRAVERS

Tableau XIV.2. Profil en travers des ouvrages

Caractéristique	Largeur roulable (m)	Largeur chargeable (m)	Largeur des trottoirs(m)	Nombre de Voies	Devers (%)
Viaduc 1	13	13	2×1	3	2.5
Viaduc 2	13	13	2×1	3	2.5
Viaduc 3	13	13	2×1	3	2.5
Viaduc 4	13	13	2×1	3	2.5

XIV.6. CHOIX DES TYPES D'OUVRAGE

Le but est de déterminer du point de vue technique et économique le type d'ouvrage le plus adéquat et de satisfaire le mieux possible toutes les conditions (économique et technique). Les principaux facteurs qui influent sur le type d'ouvrage sont :

- La nature du sol ;
- Le gabarit à respecter
- Le profil en long de la chaussée ;

- La portée de l'ouvrage ;
- Position possible des appuis.

Pour une portée d'ordre de 50 m avec une largeur de 11 m plusieurs types de pont peuvent être envisagés qui sont :

- Ponts à poutres ;
- Ponts voûtés ;
- Pont en arc ;
- Ponts suspendus ;
- Ponts haubanés.

XIV.6.1. INCONVENIENTS ET AVANTAGES POUR CHAQUE TYPE DE PONT

XIV.6.1.1. Ponts à poutres :

Ponts composés d'un tablier très rigide qui transmet les charges sur les culées et les piles si la portée est trop importante pour être tenue par une simple poutre. Les ponts à poutres désignent tous les ponts dont l'organe porteur est une ou plusieurs poutres. Les efforts engendrés dans la structure sont principalement des efforts de flexion. Un cas particulier de ce type de pont : les ponts à voussoirs. Des tronçons de tablier sont préfabriqués puis assemblés à la structure porteuse, la pile, au fur et à mesure de l'avancement du chantier, de manière alternée, afin d'équilibrer les charges de part et d'autre de la pile. Ce procédé permet de franchir de grandes portées, allant jusqu'à 300 mètres en utilisant le béton armé, sans besoin d'étaiement. On trouve donc des ponts à poutre : en béton armée, en béton précontraint, mixtes (acier/béton), métalliques et en bois.

❖ **Avantages**

- La structure est légère, très solide ;
- Relativement simple à construire ;
- Large choix dans les matériaux.

❖ **Inconvénients**

- La portée est limitée par la résistance des poutres ;
- Obligation d'avoir régulièrement des points d'appui stables (piles).

XIV.6.1.2. Ponts voûtés :

Ce sont des ponts appartenant à la classe des ponts en arc utilisant plusieurs arcs pour ramener les efforts en appui en suivant des lignes de compression pure. Ces ponts sont capables de transformer les charges verticales du tablier en forces obliques qui vont suivre la forme de l'arc, puis de les transférer vers le sol à l'aide de la pile. Généralement les ponts à voûtes sont en pierre, mais on en trouve en acier et en béton.

❖ **Avantages**

- Il permet une bonne utilisation des performances (en compression) de la pierre.

❖ **Inconvénients**

- La pierre résiste mal à la traction ;
- Sa construction limite la distance entre les piles (environ 50 mètres) ;
- Coût de construction important, car nécessite beaucoup de temps et de main d'œuvre par rapport aux nouvelles techniques ;
- La construction en maçonnerie nécessite la réalisation de coffrage.

XIV.6.1.3. Pont en arc :

Ponts utilisant un arc pour ramener les efforts en appui en suivant des lignes de compression pure. Généralement les ponts en arc sont en acier et en béton.

❖ **Avantages**

- L'utilisation de l'acier dans la structure la rend plus légère ;
- La longueur du pont peut être très importante, car les arcs peuvent se suivre en continu.

❖ **Inconvénients**

- L'obligation d'avoir des appuis solides de part et d'autre pour s'opposer aux forces exercées par le pont ;
- La construction en maçonnerie nécessite la réalisation de coffrage.

XIV.6.1.4. Ponts suspendus :

Ponts en acier et en béton dont le tablier est suspendu à des câbles porteurs par des câbles verticaux, l'ensemble est supporté par des pylônes. Et ces derniers plus sont hauts et mois les efforts horizontaux sont importants. Le contraire est aussi vrai. Le poids du tablier, les charges dues à la circulation et toutes les autres charges sont transférées à travers les câbles jusqu'à la partie supérieure des pylônes. Les pylônes vont ensuite ramener les efforts verticaux vers le sol.

❖ **Avantage**

- Il enjambe des distances beaucoup plus grandes que tout autre type de pont.

❖ **Inconvénients :**

- La présence de massifs d'ancrage est indispensable pour tenir les forces ;
- L'entretien et le remplacement des câbles nécessitent beaucoup de temps et la fermeture du pont pendant les travaux.

XIV.6.1.5. Ponts haubanés :

Pont en acier et en béton dont tous les tronçons de tablier sont ancrés par des câbles différents directement au pylône. Un hauban est un câble qui relie une partie du tablier avec les pylônes. Le principe des ponts haubanés est basé sur une équilibre simple : des haubans portent deux (02) parties symétriques du tablier du pont de chaque côté d'un pylône.

❖ **Avantages** :

- Il enjambe des distances importantes comme le pont suspendu ;

- La répartition des forces au niveau des piliers rend inutile la réalisation de massifs d'ancrage dans les berges ;
- C'est le moins cher à construire ;
- Il peut être construit sur pratiquement n'importe quel type de terrain.

❖ **Inconvénients**

- Les haubans sont plus fragiles et plus sensibles au vent et aux vibrations provoquées par la circulation ;
- Portée moins importante que les ponts suspendus.

XIV.6.2. SOLUTION TECHNIQUE RETENUE

Vu les avantages et les inconvénients de chaque type et vue les conditions techniques exiger par le site, le choix de nos ouvrages récapitulé dans le tableau suivant :

TABLEAU XIV.3. SOLUTION TECHNIQUE RETENUE POUR LES OA

OA	Solution recommandée	Gabarit (m)
Viaduc	Un pont à poutre précontrainte	5.25
Passage supérieure	Un pont à poutre précontrainte	5.25
Passage supérieure	Un pont à poutre précontrainte	10
Viaduc	Un pont à poutre précontrainte	5.25
Viaduc	Un pont à poutre précontrainte	5.25
Viaduc	Un pont à poutre précontrainte	5.25

XIV.7. CONCLUSION

Après avoir examiné tous les types d'ouvrages possibles, on a opté pour tous les ouvrages un pont poutre en béton précontraint, cela pour les avantages qu'il possède notamment la facilité de leur construction et le choix des matériaux.

CHAPITRE XV

SIGNALISATION, ÉCLAIRAGE ET SÉCURITÉ

XV.1. SIGNALISATION

XV.1.1. INTRODUCTION

La signalisation routière fait partie intégrante du paysage routier. Elle est un outil de communication essentiel pour l'usager de la route. Elle doit, par conséquent être conçue et installée d'une manière à aider les usagers tout au long de son parcours en lui permettant d'adapter sa conduite aux diverses situations qui se présentent à lui, et ce en lui évitant hésitations et fausses manœuvres.

En connaissant la forme des divers panneaux de signalisation, un conducteur peut évaluer d'avance leur message. La normalisation des couleurs et des symboles des panneaux aide aussi le conducteur à reconnaître leur signification. Les panneaux ne sont peut-être pas exactement comme ils sont indiqués dans ce chapitre et celle-ci ne donne qu'un échantillon représentatif.

XV.1.2. OBJECTIF DE LA SIGNALISATION

La signalisation routière a pour objet :

- Faciliter la circulation ;
- Rappeler certaines prescriptions du code de la route ;
- Rendre plus sure la circulation ;
- Donner des informations relatives à l'usage de la route.

XV.1.3. REGLES A RESPECTER POUR LA SIGNALISATION

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation tout en respectant les critères suivants :

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéités) ;
- Cohérence avec les règles de circulation ;
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale ;
- Simplicité, elle s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatigue l'attention de l'usager ;
- Eviter la publicité irrégulière.

XV.1.4. LES CATEGORIES DE LA SIGNALISATION

On distingue :

- La signalisation par panneaux ;
- La signalisation par feux ;
- La signalisation par marquage des chaussées ;
- La signalisation par balisage ;
- La signalisation par bornage.

XV.1.5. TYPES DE SIGNALISATION

On distingue deux types de signalisation :

- ✓ La signalisation routière verticale ; qui comprend les panneaux, les balises, les bornes et les feux tricolores ;
- ✓ La signalisation routière horizontale désignée par des marquages au sol.

XV.1.5.1. Signalisation verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme, on distingue :

- ➢ **Signalisation avancée**

Le signal A24 est placé à une distance de 150 m de l'intersection pour avertir les usagers de l'existence d'un danger sur la route et de leur indiquer la nature. Le signal B3 qui notifie les usagers des obligations et des limites qui leurs sont accordées tel que les signaux de priorité. Les signaux B sont accompagnés dans tous les cas d'un panneau additionnel (modèle G5) qui précise sur Signalisation de position Le signal de type B2 arrêt obligatoire est placé sur la route ou les usagers doivent marquer l'arrêt. Quelle branche d'un carrefour les usagers sont prioritaires.

- ➢ **Signalisation de position**

Le signal de type B2 arrêt obligatoire est placé sur la route ou les usagers doivent marquer l'arrêt.

- ➢ **Signalisation de direction**

L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75°. Les équipements de la signalisation verticale doivent satisfaire aux caractéristiques générales requises et aux conditions d'implantation.

Elles peuvent être classées dans quatre classes :

a) Signaux de danger

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

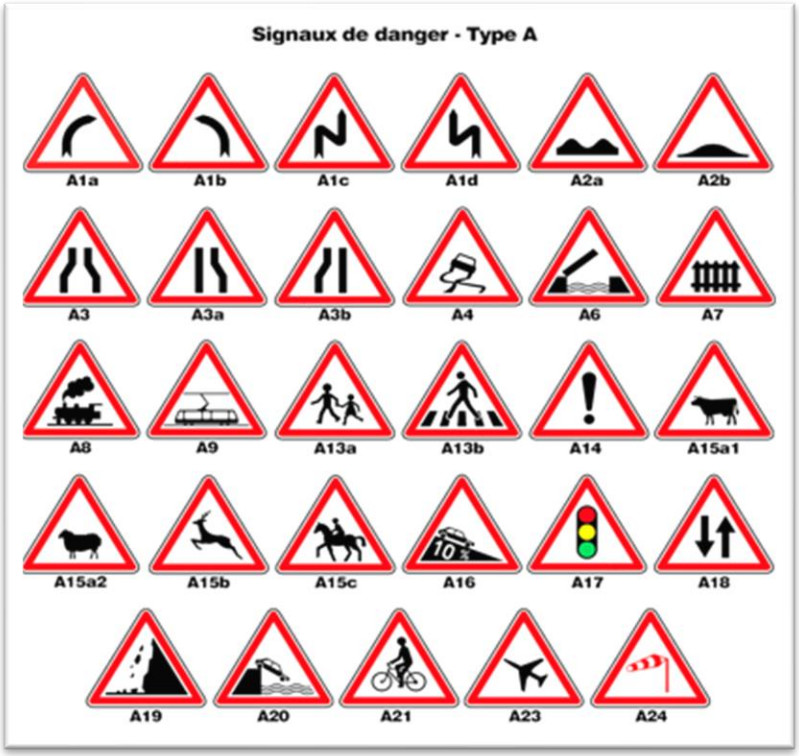


Figure XV.1. Signalisation de danger panneaux A

b) Signaux comportant une prescription absolue

Panneaux de forme circulaire, placé sur la route ou les usagers doivent marquer l'arrêt obligatoire (signalisation de position),

On trouve : – L'interdiction , l'obligation, la fin de prescription



Figure XV.2. Les panneaux B

c) Signaux à simple indication

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

– Signaux d'indication ;

– Signaux de direction ;

– Signaux de localisation ;

– Signaux divers.

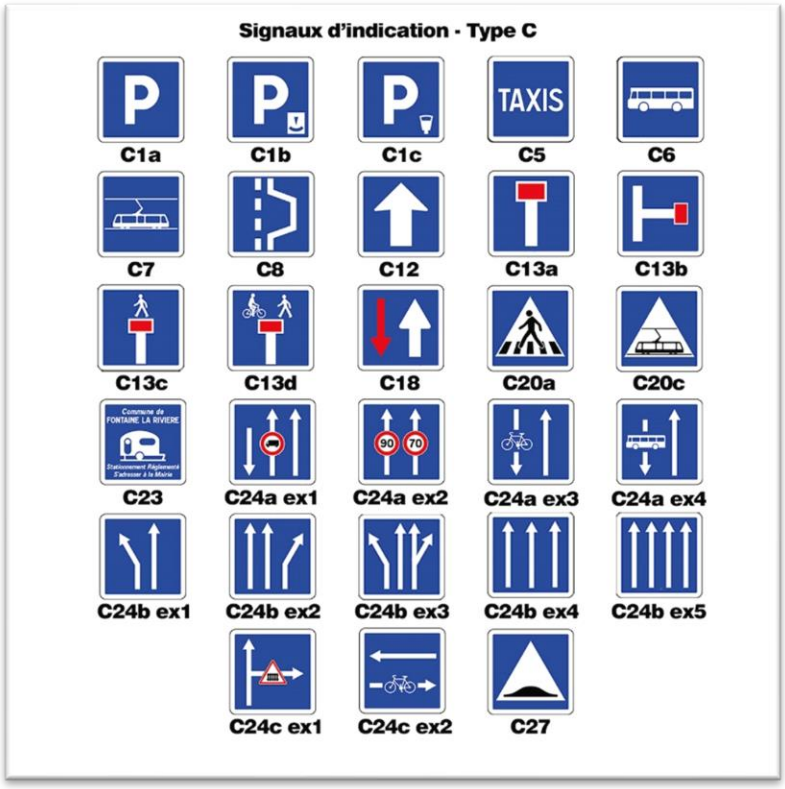


Figure XV.3. Les panneaux C

d) Signaux de position des dangers

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

e) Panonceaux

Ce sont les panneaux additionnels de type M, de forme rectangulaire. Ils sont généralement associés aux panneaux de danger, de prescription et d'indication.

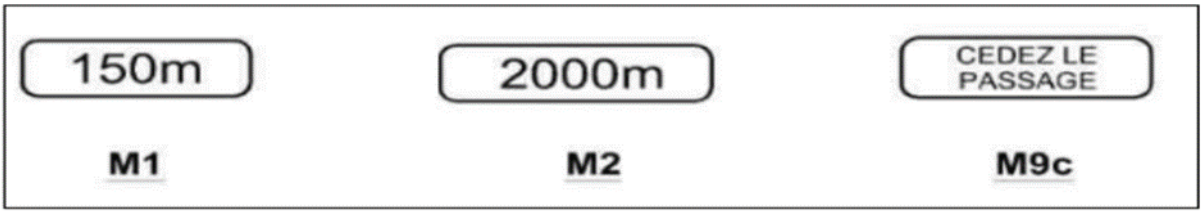


Figure XV.4. Panonceaux de type M

f) Signalisation des bretelles de sorties (diffuseurs)

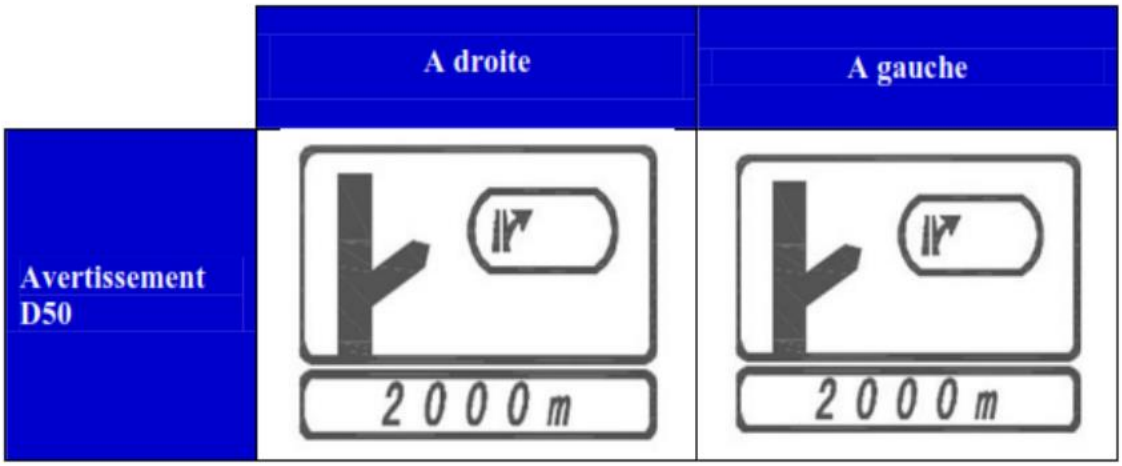


Figure XV.5. Signalisation des bretelles de sorties

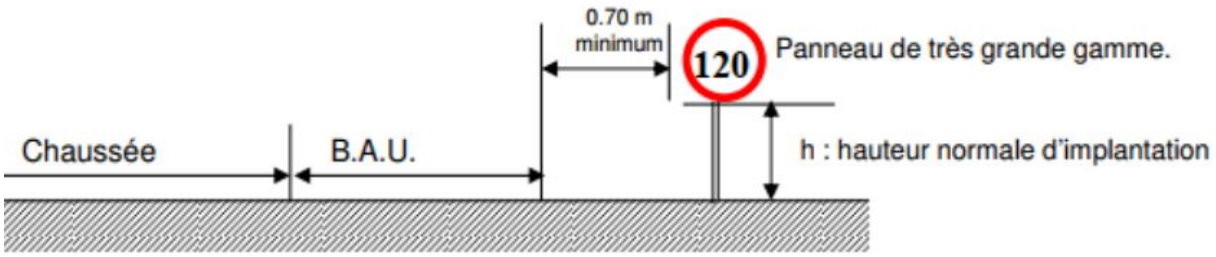


Figure XV.6. Exemple de l'implantation de panneau

XV.1.5.2. Signalisation horizontale :

Le marquage des chaussées doit indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de la circulation.

Les marquages horizontaux se divisent en trois types :

a) Marquages longitudinaux

-Lignes continues : Ce sont des lignes longitudinales sans interruption, il est interdit de les franchir ou de les chevaucher. Elles servent à délimiter l'espace de chaque voie, les limites externes de la chaussée lorsqu'il est interdit de s'arrêter.

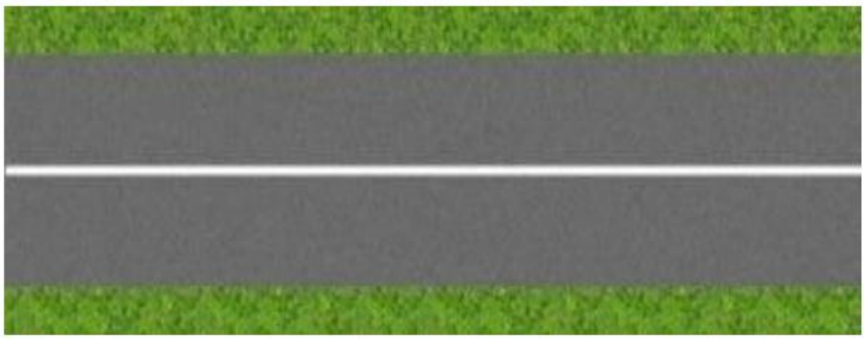


Figure XV.7. Ligne continue

Lignes discontinues : Elles sont destinées à orienter et à faciliter la libre circulation, elles sont franchissables et se différencient par leur module qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle. Citons quelques exemples de lignes discontinues :

-ligne axiale : pour délimiter les voies.

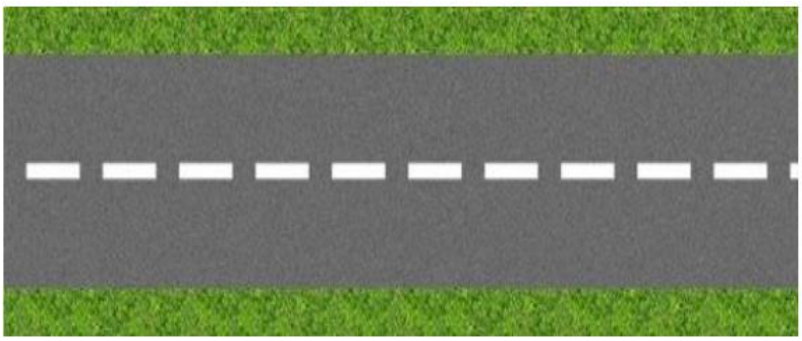


Figure XV.8. Les lignes axiales

-ligne de rive : pour délimiter les voies de d'accélération et de décélération.

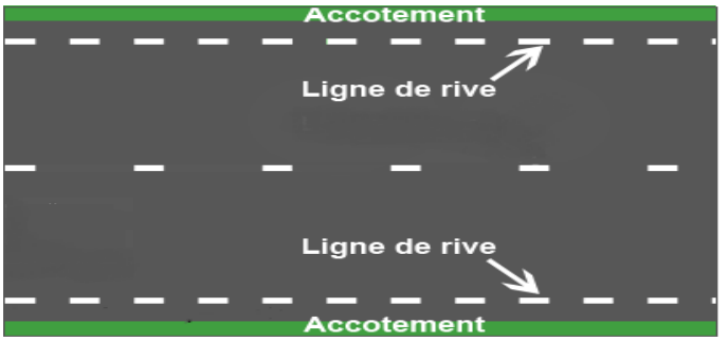


Figure XV.8. Les lignes de rive

-ligne d'avertissement : associée à des flèches de rabattement pour annoncer une ligne continue. Les traits ont une longueur de 1m pour les intervalles de 2,25m, sur environ 100m.

b) Marquages transversaux

Ils indiquent, en général, des recommandations obligatoires ou des précautions, telles que les lignes de stop ou de passage pour piétons.

c) Autres marquages

-les flèches : elles sont utilisées pour fournir au conducteur des renseignements sur les directions à prendre ;

-les flèches de rabattement : elles sont légèrement incurvées vers la voie que les usagers doivent emprunter ;

-Les flèches de sélection, à l'approche d'une intersection, signalent aux usagers la direction à prendre.

d) Caractéristiques générales des marquages

-Le marquage horizontal est appliqué sur la chaussée avec la peinture ;

-Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages définitifs et le jaune pour les marquages provisoires ;

-Le jaune pour les marques interdisant l'arrêt ou le stationnement, les lignes zigzag indiquant les arrêts d'autobus et le marquage temporaire ;

-Le bleu éventuellement pour les limites de stationnement en zone bleue ;

-Le rouge pour les damiers rouge et blanc matérialisant le début des voies de détresse.

XV.1.5.3. Modulation des lignes discontinues

Elles sont basées sur une longueur Périodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :

Type de marquage	Type de Modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre 2 traits successifs (m)	Rapport Pleins/vides
Axe longitudinal	T1	3	10	1/3
	T`1	1.5	5	1/3
	T3	3	1.33	3
Rive	T2	3	3.5	1
	T`3	20	6	3
	T4	39	13	3
Transversal	T`2	0.5	0.5	3

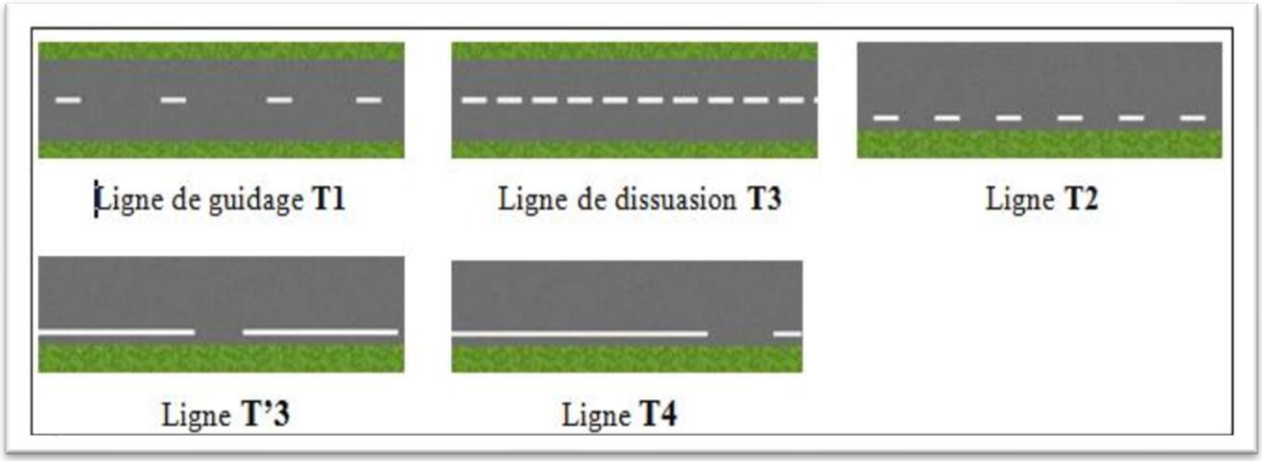


Figure XV.9 Les lignes du discontinues

XV.1.5.4. Largeur des lignes

-La largueur U des lignes est définie en fonction de la catégorie de la route :

U= 7,5cm sur les autoroutes et les voies rapides ;

U=6cm sur les routes et les voies urbaines ;

U=5cm pour les autres routes ;

U = 3 cm pour les lignes tracées sur les pistes cyclables.

NB : Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un U= 7,5cm.

XV.1.5.5. Les flèche

Les flèches situées au milieu d'une voie signalant aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée. [30] On a deux types de flèches :

– Flèche de rabattement ;

L'emploi des flèches de rabattement est interdit sur les voies d'insertion en carrefour ainsi qu'en rabattement d'une voie pour véhicules lents sur une voie rapide.

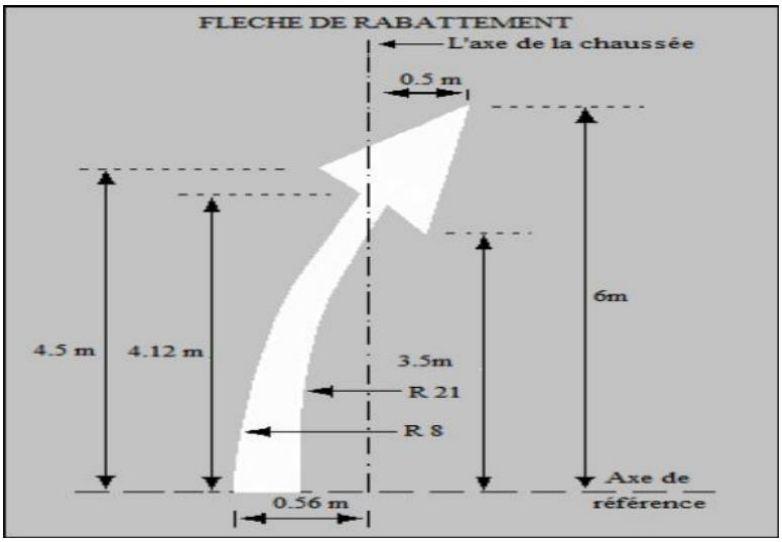


Figure XV.10. Flèche de rabattement

– Flèche de sélection (directionnelle).

La flèche de « tourne-à-gauche » se déduit par symétrie de la flèche de « tourne-à-droite », la flèche bidirectionnelle « tourne-à-gauche et direct » se déduit par symétrie de la flèche de « tourne-à-droite et direct ».

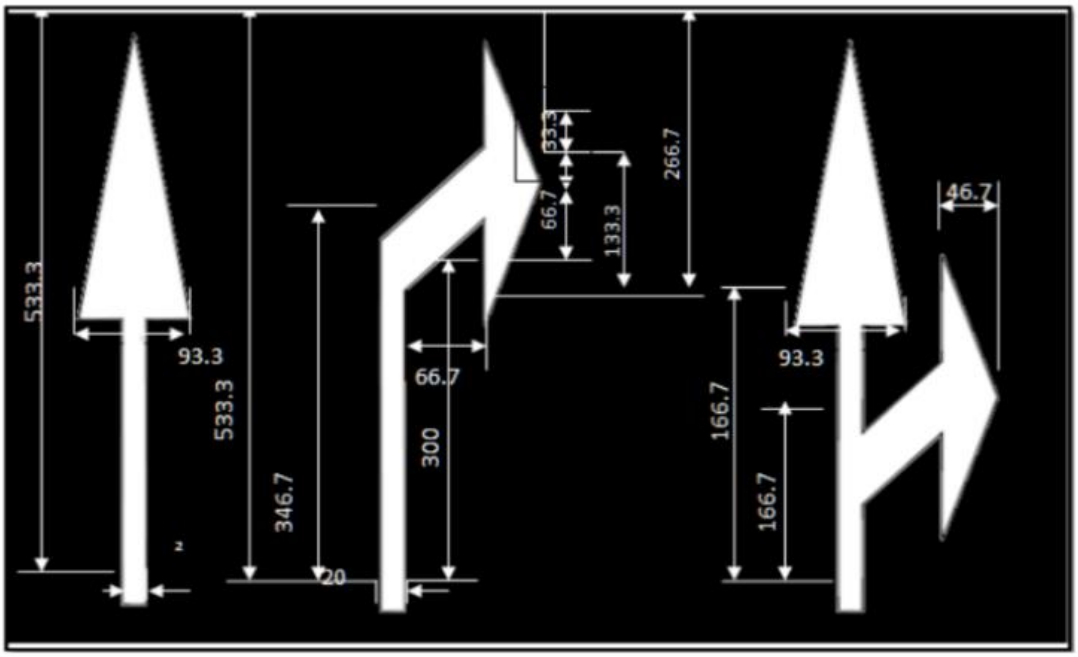


Figure XV.11 flèches directionnelles (de sélection)

XV.1.6. LES CRITERES DE CONCEPTION DE LA SIGNALISATION

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation tout en respectant les critères suivants :

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéités) ;
- Cohérence avec les règles de circulation ;
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.

XV.1.7. APPLICATION AU PROJET

Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont les suivants :



Fig XV.12. Panneau d'indication de direction



FIGURE XV.13. EMPLACEMENT D'ARRET D'URGENCE A 150 M



Figure XV.14. Vitesse limitée



Figure XV.15. Accès interdit au véhicule (la hauteur supérieure à 5.25 m)

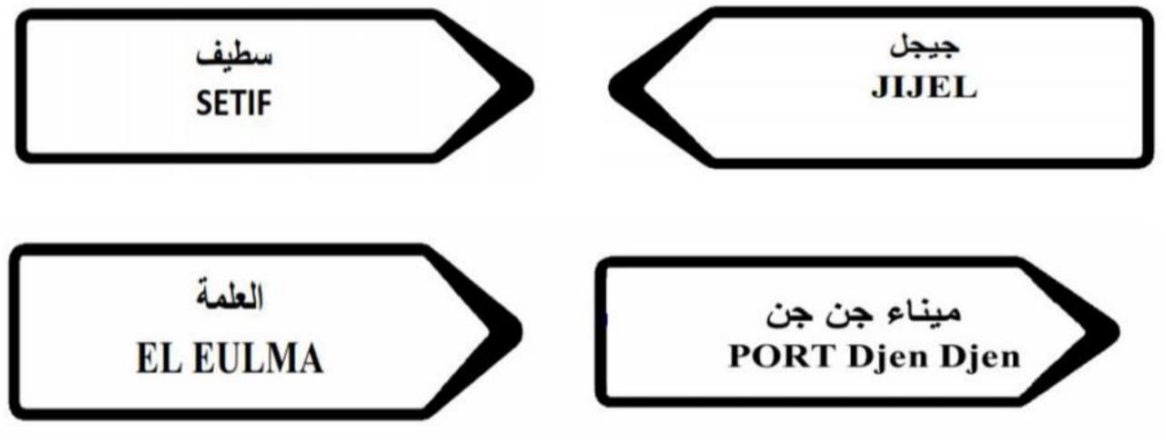


Figure XV.16. Panneaux de signalisation de direction

ROUTE: DJENDJEN - EL EULMA - SIGNALISATION HORIZONTALE

Du Pk 12+200 au Pk 13+240 (ECHANGEUR CHEDDIA)

N°	Dénomination	Modulations	Pk Début	Pk Fin	Longueure en Mètre	Nb	Quantié Totale en ml	Position
1	CONTINUE 3U	LIGNE LONGITUDINALE CONTINUE	12+200	13+240	5378	1	5378	Echangeur Cheddia
2	T1 - 2U	LIGNE DISCONTINUE	12+200	13+240	4220	1	4220	Echangeur Cheddia
3	T4 - 3U	LIGNE DISCONTINUE	12+200	13+240	310	1	310	Echangeur Cheddia
4	T2 - 5U	LIGNE DISCONTINUE	12+200	13+240	1316	1	1316	Echangeur Cheddia
5	T3' - 3U	LIGNE DISCONTINUE	12+200	13+240	4180	1	4180	Echangeur Cheddia

SIGNALISATION HORIZONTALE - MODULATION ET TYPOLOGIE

N°	Type Ligne	Modulations description	Modulations
1	CONTINUE 3U	LIGNE LONGITUDINALE CONTINUE	
2	T1 - 2U	LIGNE LONGITUDINALE DISCONTINUE	
3	T4 - 3U	LIGNE LONGITUDINALE DISCONTINUE	
4	T2 - 5U	LIGNE LONGITUDINALE DISCONTINUE	
5	T3' - 3U	LIGNE LONGITUDINALE DISCONTINUE	
6	T3 - 2U	LIGNE LONGITUDINALE DISCONTINUE	
NB	**L'unité de largeur pour la signalisation horizontale est comme suit :** * **U = 7,5 Cm** : Sur l'Autoroute et les bretelles des diffuseurs, des noeuds autoroutiers et d'entrée/sortie sur airs, à l'exception des bretelles précisées ci-dessous. * **U = 6 Cm** : Sur les bretelles de sortie de l'autoroute après les péages, sur les bretelles d'entrée de l'autoroute avant les péages et sur les RN. * **U=5 Cm** : Sur toutes les autres routes qui ne sont pas nationales.		

Figure XV.17. Signalisation horizontale

XV.2. L'ECLAIRAGE

XV.2.1. INTRODUCTION

L'éclairage public est généralement un éclairage de chaussée offrant une amélioration de la visibilité. Il est utilisé lorsqu'il y a fréquemment coexistence de piétons et de véhicules, c'est-à-dire à l'intérieur des localités en zones bâties. Il s'agit principalement de créer dans ces espaces, des conditions permettant aux usagers de la circulation de s'identifier mutuellement rapidement. En outre, l'éclairage des rues doit donner un sentiment de sécurité et contribuer à la prévention des accidents.

Dans un trafic en augmentation constante, l'éclairage public et la signalisation nocturne des routes jouent un rôle indéniable en matière de sécurité. Leurs buts sont de permettre aux usagers de la voie de circuler la nuit avec une sécurité et confort aussi élevé que possible.

XV.2.2. CRITERES FONCTIONNELS EN ECLAIRAGE PUBLIC

Principaux critères à retenir sont :

- Les types d'usages et d'usagers (type de voie) ;
- Le la vitesse de déplacement ;
- Le type de chaussée ;
- Les contraintes (risques d'accident, sentiment de sécurité…).

XV.2.3. CATEGORIES D'ECLAIRAGE

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

- Eclairage général d'une route ou une autoroute, catégorie A ;
- Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), catégorie B ;
- Eclairage des voies de cercle, catégorie C ;
- Eclairage d'un point singulier (carrefour, virage…) situé sur un itinéraire non éclairé, Catégorie D.

NB : Pour le présent projet on a utilisé catégorie A (autoroute).

XV.2.4. PARAMETRES 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 10 m et parfois 12m pour les grandes largeurs de chaussées ;
- La largeur (l) de la chaussée ;
- Le porte-à-faux (p) du foyer par rapport au support ;
- L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb (s) par rapport à la chaussée.

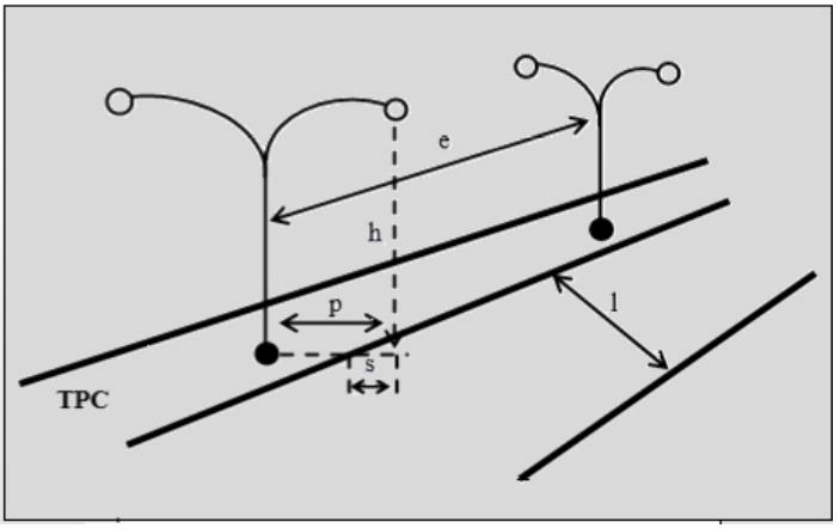


Figure XV.18. Paramètres de l'implantation des luminaires

XV.2.5. APPLICATION AU PROJET

Dans notre projet on ne va pas mettre d'éclairage vu que c'est une autoroute, on se contentera d'éclairer les zones particulières comme les points où il y a des échangeurs et sur les ouvrages d'art (pont, viaduc). Sur ces points particuliers, la bordure du TPC doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs lumineux en place, ensuite, les foyers doivent être suffisamment rapprochés pour que les plages d'éclairement se raccordent sans discontinuité. La hauteur des foyers est en général de 8 à 12 m et l'espacement des supports de 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de notre autoroute.

XV.3. SECURITE

XV.3.1. INTRODUCTION

La route une fois réalisée aura besoin des équipements qui serviront à assurer la sécurité d'un côté et à guider les usagers de la route d'un autre côté.

XV.3.2. DISPOSITIF DE RETENUE

Les dispositifs de retenue sont des équipements de sécurité destinés à retenir les véhicules dans la plate-forme de la route lors des sorties accidentelles. En plus de cette fonction, ils permettent aussi d'isoler les obstacles singuliers ou les dénivellations importantes et de protéger les zones riveraines contre les intrusions des véhicules. L'emploi des dispositifs de retenue est lié étroitement à la notion de la zone de sécurité définie par l'ICTAAL 2000 qui est de 8.5 m pour les catégories respectives L2.

A l'intérieur de cette zone, doit être isolé tout dispositif agressif constitué par des obstacles suivants :

- Les arbres, les poteaux, maçonneries, appui d'ouvrages d'art, etc. Caniveaux non couverts ;
- Fossé de plus de 50 cm de profondeur ;
- Talus de déblai et de remblai selon des cas conventionnels.

XV.3.3. TYPES DES DISPOSITIFS DE RETENUES

Les dispositifs de retenue utilisés sont les suivants :

XV.3.3.1. Glissières de sécurité :

Elles sont classées en trois niveaux, suivent leurs performances de retenue :

- Les glissières de niveau 1 : sont testées avec un véhicule léger de masse de 1.250 kg heurtant la glissière à une vitesse de 80 km/h sous un angle de 30° ou 100 km/h sous un angle de 20°, sont particulièrement adoptées pour les routes principales ;
- Les glissières de niveau 2 et 3 : sont envisageable lorsque les vitesses pratiquées, à leurs endroits, sont faibles (de l'ordre de 60 Km/ h).

XV.3.3.2. Murettes de protection en béton armé :

L'implantation de ce type d'ouvrage nécessite des prescriptions spéciales dont il faut tenir compte dès la conception des projets. Leurs implantations (au lieu d'une simple glissière) sont

envisagées lorsque le danger potentiel représenté par la sortie d'un véhicule lourd de la chaussée, et notamment d'un véhicule de transport en commun, est important, en particulier dans les cas suivants :

- Les sections où la route surplombe directement sur la mer ;
- Lorsque la hauteur de la dénivellation est supérieure à 10 m.
-



Figure XV.19. Types des dispositifs agréés

CHAPITRE XVI

IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XVI.1. INTRODUCTION

Le terme « environnement » est à prendre ici au sens large. Ce domaine rassemblera toutes les thématiques qui décrivent les lieux de vie des espèces animales et végétales.

Pour réaliser une étude d'impact, il faut aborder l'ensemble des thématiques directement liées à l'environnement (eau, air, faune, flore), mais aussi sur l'environnement de l'être humain. Le code de l'environnement a été récemment introduit l'obligation d'y ajouter l'évaluation de l'impact du projet sur la santé de l'homme.

Il sera donc pour chaque thème étudie, de définir le périmètre pertinent. Les effets spatiaux sont différents en fonction du paramètre affecté. Et des effets indirects en raison des relations fonctionnelles entre les divers compartiments du milieu.

XVI.2. CADRE JURIDIQUE

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n°07-145 du 19 mai 2007, stipulant qu'une telle étude doit comprendre :

- Une analyse détaillée du projet ;
- Une analyse de l'état initial du site et de son environnement ;
- Une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, moyen et long terme du projet sur l'environnement.

XVI.3. OBJECTIFS DE L'ETUDE

Les préoccupations relatives à l'environnement peuvent être en grande partie regroupées autour de quelques objectifs généraux :

- Rechercher la meilleure intégration de la route dans l'environnement, et favoriser la valorisation mutuelle de la route et de l'environnement ;
- Ne pas dégrader l'environnement, ou du moins limiter ou corriger ce qui peut conduire à des dégradations ;
- Gérer et entretenir les abords de la route ;
- Proposer des mesures visant à atténuer les impacts identifiés afin d'optimiser l'intégration du projet dans le milieu récepteur.

XVI.4. IDENTIFICATION DES IMPACTS DE PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT

C'est l'identification de l'ensemble des effets ou impacts sur les milieux physiques, humains et sur l'environnement naturel d'un projet donné. C'est une étude scientifique et technique multidisciplinaire, qui permet d'analyser et d'évaluer les effets et les mesures par rapport à chacune des composantes environnementales d'un projet.

On intervient dans cet environnement par la construction d'un aménagement routier, plusieurs paramètres physiques et naturels tels que l'eau, l'air, la faune, et la flore seront perturbés. L'altération des paysages et des nuisances dus au bruit peut être aussi les conséquences de cette intervention L'identification des impacts d'un projet routier est basée sur l'analyse des relations conflictuelles possibles entre le milieu traversé et l'infrastructure à

implanter. Cette analyse permet de mettre en relation les sources d'impact associées aux phases de pré construction, de construction, et d'exploitation de la nouvelle infrastructure et les différentes composantes du milieu susceptibles d'être affectées. Cette tâche comprendra :

- L'identification des impacts directs et indirects sur le milieu naturel et le milieu créé afin de définir les mesures de limitation nécessaires ;
- L'évaluation quantitative et/ou qualitative de ces effets afin de définir la gravité des impacts et le niveau de priorité à donner aux mesures correspondantes.

La réalisation de cette autoroute, engendrera des effets sur l'environnement aussi bien positifs que négatifs.

XVI.5. INCIDENCE DU TRONÇON AUTOROUTIER DJEN-DJEN EULMA SUR L'ENVIRONNEMENT

Dans le cadre de la réalisation de la pénétrante, l'étude d'impact sur l'environnement de ce projet d'infrastructure routière est indispensable afin d'assurer l'intégration du projet dans le milieu et de déduire les répercussions environnementales de ce dernier sur le milieu récepteur.

XVI.6. DELIMITATION DE LA ZONE D'ETUDE

XVI.6.1. DESCRIPTION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE

La wilaya de Jijel est une wilaya côtière située au nord-est de l'Algérie. Elle s'étend sur une superficie de 2 398,69 km^2.

Elle est limitée Par :

- La mer Méditerranée au nord avec une longueur de 121,2Km de côte.
- La wilaya de Mila au sud ;
- La wilaya de Sétif au sud-ouest ;
- La wilaya de Bejaia à l'Ouest ;
- La wilaya de Skikda à l'Est.

Sur le plan de l'organisation administrative, la wilaya compte 11 daïras et 28 communes et plus de 64 000 habitants.

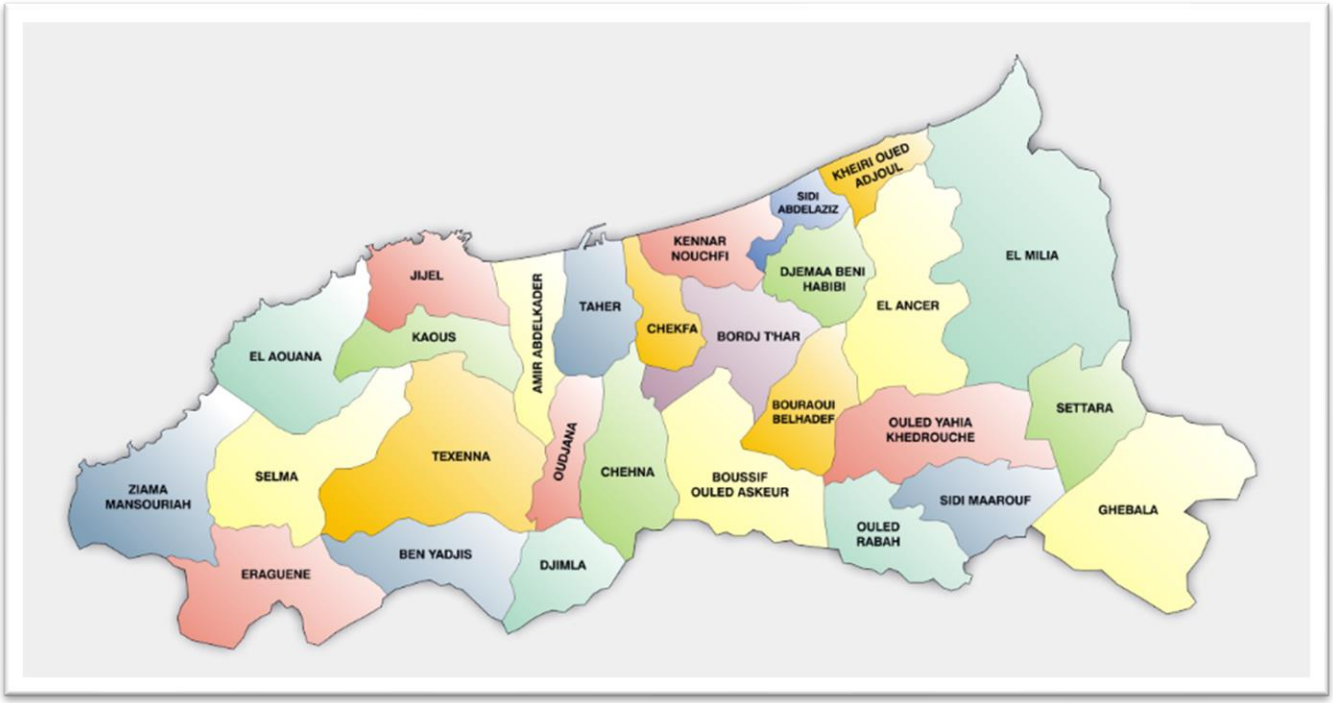


Figure XVI.1. Carte de situation géographique de la wilaya de Jijel

XVI.6.2. DESCRIPTION DE LA ZONE DU PROJET

Dans le cadre de l'amélioration du réseau routier de la wilaya. La Direction des Travaux Public de la wilaya de Jijel a lancé le projet de la pénétrante afin de mettre fin aux problèmes d'encombrement et d'éliminer les points noirs, et afin d'assurer une sécurité routière en fonction des contraintes existantes sur le terrain. Ce projet va renforcer et améliorer les échanges de trafic et va offrir à la population locale un niveau de service adéquat aux exigences de la population autochtone ainsi qu'aux utilisateurs de la route.

XVI.7. IMPACT DES ROUTES SUR L'ENVIRONNEMENT

XVI.7.1. IMPACTS POSITIFS DU PROJET

XVI.7.1.1. Impacts positives directs:

- L'amélioration de la sécurité routière : le transfert de trafic des routes nationales vers des autoroutes qui présentent de meilleures caractéristiques géométriques moins accidentelles implique sûrement l'amélioration de la sécurité routière ;
- L'amélioration des conditions de circulation : surtout la réduction des nuisances (pollution de l'air et bruit) du fait du report d'une partie du trafic des routes nationales vers l'autoroute et la mise en fonctionnement de ses voies de contournement des principales villes.

XVI.7.1.2. Impacts Positives indirect :

- La création de nouveaux emplois, l'augmentation d'activités par la création d'emplois temporaires (du fait de la construction du projet autoroutier au profit de la main d'œuvre locale) et permanents (pour les besoins d'exploitation de l'autoroute) ;
- Le développement et la croissance économiques des régions traversées par le projet.

XVI.7.2. IMPACTS NEGATIFS DU PROJET

XVI.7.2.1. Impacts sur l'hydrologie et l'hydrologie :

- **Phase de chantier :**
  - Intervention d'engins de chantier provoque la pollution des eaux par les hydrocarbures (fuel, huiles) ;
  - La pollution des eaux de surface et souterraine par le rejet des eaux de chantiers ;
  - La modification du régime d'écoulement des eaux de surfaces et souterraine à cause des travaux de terrassement, et déversement des eaux de chaussée dans les oueds est susceptible de les affecter ;
  - Diminution du coefficient d'infiltration dû au passage de la machinerie et les véhicules lourds pendant la phase de chantier.
- **Phase d'exploitation :**
  - Les eaux de ruissellement se chargent d'apports provenant des gaz d'échappement, de l'usure des chaussées et des pièces des pièces des véhicules (plaquettes de frein, pneumatiques etc…).



Figure XV.2. Oued Djen-Djen au pk 7+000

XVI.7.2.2. Pollution atmosphérique:

- **Phase de chantier :**

  À ce stade la pollution de l'aire est temporaire due essentiellement aux différents polluants des engins de chantier et des émissions de poussière.

- **Phase d'exploitation :**

  Une partie importante de la pollution de l'aire est imputable à la circulation routière. Le trafic routier entraîne en général la libération de quantité importante de polluants atmosphériques.

La zone d'étude appartient à la zone climatique A (caractérisée par un climat tempéré Subhumide). La température moyenne annuelle à Jijel Centre est de 18.2 °C. Elle est parmi les régions les plus arrosées d'Algérie avec une précipitation annuelle moyenne de 814 mm.

Les vents dominants soufflent généralement de la mer vers le continent (NNW - SSE).

XVI.7.2.3. Impact sur le bruit et les vibrations :

- **Phase de chantier :**
  - Nuisance sonore dû aux fonctionnements d'engins de chantier (engins de terrassement, palplanche, engin de forage...) ;
  - Emission de vibration à cause de l'intervention d'engins de chantier (engins de terrassement, marteaux piqueurs, palplanche, engin de fonçage...).
- **Phase d'exploitation :**
  - Il est lié exclusivement à la circulation routière qui a pour origine le bruit émis par les moteurs des véhicules ;
  - Le bruit lié au roulement est devenu la source principale émise par les véhicules en circulation pour des vitesses supérieures à 50 km/h et à partir de 70 km/h pour les PL. Deux facteurs sont à l'origine de ce bruit : le revêtement routier et le pneumatique.

XVI.7.2.4. Impact sur le milieu physique :

- **Phase de chantier :**

- Les émissions de poussières et les pollutions atmosphériques affecteront la qualité de l'air ;
- Les risques de contamination des sols et des ressources hydriques liés aux accidents probables avec des produits dangereux utilisés ;
- Le risque de dégradation de sols due à l'exploitation des carrières et à l'installation des chantiers ;
- Les risques de pollution de ces milieux due aux rejets d'eaux usées et de déchets solides du chantier (logements et bureaux).

- **Phase d'exploitation :**

- Risques d'érosion le long des talus de la nouvelle infrastructure ;
- Risques de pollution chronique (eaux de ruissellement de la chaussée) ou de pollution accidentelle ;

- Recalibrage et artificialisation des cours d'eau, modification des bassins versants, augmentation des risques d'inondation.

- Une perturbation temporaire des habitudes de vie des résidents à proximité du projet ;
- Pour la santé publique et la sécurité, on a un risque d'accidents routiers engendrés par la circulation de la machinerie pendant la phase de construction, et par les véhicules pendant la phase d'exploitation ;
- Pour le niveau sonore, les propriétés qui se trouvent aux bords de 100 m de la route sont touchées par le bruit qui dépend du trafic ;
- La circulation des camions et engins de chantier pourra également causer des accidents.

XVI.7.2.5. Impact sur le paysage :

L'infrastructure routière a un impact sérieux sur le paysage qu'elle traverse, même si dans certains cas les effets sont minimisés par l'existence de talus et par le relief. Afin de permettre leur évaluation, on distingue deux catégories :

- Les tronçons qui sont à l'origine d'une défiguration du paysage pour la raison : de l'installation de la route en remblai à l'intérieur d'une zone ou le terrain naturel qui sera clairement visible d'une distance éloignée ;
- Les tronçons courts de l'infrastructure pour lesquels diverses solutions techniques peuvent être proposées, afin de réduire la défiguration du paysage, en général au niveau des points de traversée des oueds, ouvrages et échangeurs.

XVI.7.2.6. Impact sur le milieu biologique :

➢ Sur la faune

Les aménagements proposés pour la protection de la faune visent principalement à maintenir les déplacements de surface de la petite et de la grande faune (le sanglier, le lièvre) et cela de part et d'autre de l'emprise du Projet. Ce maintien sera assuré par l'établissement de voies préférentielles sécurisées. Ces mesures permettent indirectement d'assurer la sécurité des usagers de la route pouvant être compromise par les collisions automobiles avec les animaux traversant la chaussée. Ces aménagements reposent principalement sur :

- L'aménagement de passages de franchissement sous la chaussée du Projet;
- L'implantation des clôtures spéciales pour contraindre l'animal à emprunter les ouvrages de franchissement préconisés.



Figure XVI.3. Exemple de grillage petite faune en pied de clôture

- **Sur 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.



Figure XVI.4. Exemple de rétablissement de voirie pour l'agriculture

XVI.8. CONCLUSION

La protection de l'environnent c'est l'art de l'ingénieur, dans le présent projet, on a fait le maximum pour tenir compte les principales précautions pour la protection de la flore, la faune, les eaux...etc.

Le défi est de limiter le plus possible l'impact sur l'environnement humain tout en préservant les ressources naturelles. Cet engagement permanent doit s'imposer tout le long de trois étapes successives qui marquent la vie de la route :

- Sa conception ;
- Sa construction ;
- Son exploitation.

CHAPITRE XVII

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

XVII.1. INTRODUCTION

Pour estimer le coût de construction de la variante analysée pour le tracé. Le travail d'estimation a été réalisé selon les étapes suivantes :

- L'identification des prix unitaires de construction à utiliser ;
- Les hypothèses considérées pour l'estimation des quantités et le calcul des coûts ;
- Le calcul de la quantité et le coût de la variante.

PROJET : LA LIAISON AUTOROUTIERE RELIANT LE PORT DJEN-DJEN A L'AUTOROUTE EST OUEST SUR 12 Km.

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N°	Désignation des travaux	Unité U	Quantité	Prix unitaire (DA)	Prix total (DA)
1.LOGISTIQUE DU CHANTIER					
1.1	Installation du chantier	Forfait	/	3%(2+3+4)	7 320 679 596.00
Total (1)					7 320 679 596.00
2. TRAVAUX PREPARATION					
2.1	Préparation de terrain	m^2	360000	900.00	324 000 000.00
Total (3)					324 000 000.00
3.TERRASSEMENTS					
3.1	Décapage de terre végétale sur d'épaisseur 20cm	m^3	36693	150.00	825 592 500.00
3.2	Déblais mis en dépôt	m^3	4944567	800.00	3 955 653 600.00
3.3	Remblais d'emprunt	m^3	1945998	1000.00	19 459 980 000.00
Total (4)					26 187 224 100.00
4.CORPS DES CHAUSSEES					
4.1	Couche de forme(60cm TUF)	m^3	247003	1800.00	444 605 400.00
4.2	Couche de fondation (GB 2.3 t/m^3)	T	50734	6500.00	329 771 000.00
4.3	Couche de base (GB 2.3t/m^3)	T	45123	6500.00	293 299 500.00
4.4	Couche de roulement (BB 2.4t/m^3)	T	29166	7000.00	204 162 000.00
4.5	Couche d'imprégnation sablée en Cut-back(0/1)	m^2	129910	120.00	15 589 200.00
Total (5)					1287 427 100.00
5. ASSAINISSEMENT					
5.1	Ouvrages en dalots à exécuter selon plans y compris fourniture et toutes sujétions de mise en œuvre	m^3	118.125	50000.00	590 625.00
5.2	Fossés trapézoïdaux en béton	ml	12645	6500.00	82 192 500.00
Total (6)					82 783 125.00

6.ECHANGEUR					
6.1	Echangeur	/	/	/	80 000 000.00
Total(7)					80 000 000.00
7.OUVRAGE D'ART					
7.1	Ouvrage d'art	m^2	1583	350000.00	554 050 000.00
Total (8)					554 050 000.00
8.IMPACT SUR L'ENVIRENNEMENT					
8.1	Impact sur l'environnement	Forfait	/	3%(3+4+5)	7 313 443 089.75
Total (9)					
9.SIGNALISATION ET EQUIPEMENT ROUTIERS					
9.1	Marquage par hachures	m^2	650	500.00	325 000.00
9.2	Marquage en ligne continues(U=18cm)	ml	26354	150.00	3 953100.00
9.3	Marquage en ligne discontinues (axe 0.15)	ml	6589	150.00	988 350.00
9.4	marquage en ligne discontinues (rive 0.18)	ml	15367	150.00	2 305 050.00
9.5	Flèches de direction	U	30	1500.00	45 000.00
9.6	Fleche de rabattement	U	25	1500.00	37 500.00
9.7	Type A - Panneaux de danger	U	27	8000.00	216 000.00
9.8	Type AB - Panneaux d'intersection et de priorité	U	22	8000.00	176 000.00
9.9	Type B - Panneaux de prescription	U	23	8000.00	184 000.00
9.10	Type C - Panneaux d'interdiction et de restriction	U	20	8000.00	160 000.00
9.11	Type D - Panneaux d'obligation	U	15	8000.00	120 000.00
9.12	Borne kilométrique	U	18	2000.00	36 000.00
9.13	Eclairage	U	2120	90000.00	190 800 000.00
Total (10)					199 256 000.00
10.SEPARATEUR EN BETON ARME					
10.1	Séparateur en béton armé	ml	12000	7000.00	84 000 000.00
Total (11)					84 000 000.00
11.CONTROLE (BUREAU D'ETUDE ET LABORATOIRE)					
11.1	Contrôle (bureau d'étude et laboratoire)	Forfait	/	2%(2+3+4)	4 880 453 064.00
Total					26 952 376 807.75
TVA(19%)					5 120 951 593.47
TTC					32073328401.22

Conclusion générale

Ce projet de la pénétrante représente un double objectif : D'une part pour la wilaya de **JIJEL** car il représente un accès à l'autoroute Est–Ouest et il permettra de dynamiser l'activité économique régionale en facilitant les échanges commerciaux entre JIEJL et les autres wilayas et en fin soulager la **RN77**.

A la fin de ce travail, j'ai exposé les différentes étapes de réalisation d'une autoroute selon les différents guides et normes algériennes tels que le guide des terrassements routiers (**GTR-fascicules 1 et 2**), le catalogue algérien de dimensionnement des chaussées neuves **CTTP** et **l'ICTAAL**, et en utilisant des logiciels de calcul importants dans le domaine de la construction routière, qui sont : **Alizée LCPC** et **AUTOCAD CIVIL3D**.

L'étude est basée sur la géométrie de la route, en effet à travers les différents profils en long et en travers ainsi que le tracé en plan qui doit être en équilibre entre les besoins en visibilité et les contraintes spécifiques du projet, j'ai pu:

- Identifier et choisir la forme et l'allure de notre autoroute.
- Mettre en évidence les largeurs des voies, des accotements, des fossés et de l'emprise.
- Limiter les pentes de talus qui conditionnent la stabilité, les pentes transversales de la chaussée et des accotements indispensables pour un bon écoulement des eaux.

A partir de l'étude géotechnique, j'ai classé le sol support de chaussé qui est un sol de faibles caractéristiques mécaniques de classe S4, ce qui justifie l'emploi et l'ajout d'une couche de forme de 60 cm de Tuf mise en place en 2 couches et qui donnera au sol une meilleure portance. Ainsi, la chaussée obtenue comporte:

- Couche de roulement 8 cm en BB
- Couche de base 12 cm en GB
- Couche de fondation 13 cm en GB
- Couche de forme 60 cm en Tuf

Concernant les travaux d'assainissement et les équipements de notre projet, j'ai proposé les différents moyens utilisés pour assurer un bon écoulement des eaux et bien sûr assurer le confort et la sécurité des futurs usagers.

Ce projet était une expérience pleine de connaissance, et une première étape pour entrer dans le monde du travail, nous j'ai appris à gérer les problèmes techniques qui je serai confrontée sur le terrain, j'ai également appris que la maitrise des techniques et de la programmation qui jouent un rôle majeur pour la facilitation et la réalisation des études.

Bibliographie

Documents :

[1] L'ICTAAL 2015.

[2]. ICTAAL ECHANGEUR.

[3] B40 : Normes techniques d'aménagement des routes octobre 1977.

[4] Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves « CTTP » (2000).

[5] " Assainissement Routier" – Guide technique. SETRA (octobre 2006).

[6] Signalisation routière arrêté et instruction interministériels du 15 Juillet 1974.

[7] GTR (Guide des Terrassement Routiers, Réalisation des remblais et des couches de formes LCPC, SETRA ,1992) Norme NF-P 11-300.

[8] MANUEL DE PROJET DE ROUTES .Kalli F.Z- Goumettre Ahmed. Edition OPU.

Cours :

[1]. Cours de dimensionnement des chaussées ENSTP 2ème année (Mme Z.Derriche).

[2]. Cours de géotechnique routière 4eme année ENSTP de (Mr Hammadi Kamel).

[3]. Cours de géotechnique routière 4eme année ENSTP de (Mme Z.Derriche).

[4]. Cours d'hydraulique appliquée ENSTP 4eme année de (Mr.Rahmani).

[5] Cours routes (Mme BOUAFIA Sounia).

Logiciels utilisés :

[1]. Civil 3d version 2020.

[2]. Alizé-LCPC.

[3]. Google Earth.

[4]. Global Mapper.

[5]. Microsoft Office (Word).

Autres:

[1]. Aide-mémoire Routes.

[2]. Site Internet «www.setra.com».

[4]. Site internet www.GCAlgerie.com.

[4]. Site internet www.memoireonline.com.

[4]. Site internet www.techniques-ingenieur.fr

[4]. Site internet www.4geniecivil.com.

[4]. Site internet www.researchgate.net.

ANNEXE

Listing de la géométrie de l'axe en plan

Client: GUENOUNE WISSEM
Client
Client Company
Address 1

Prepared by: GUENOUNE WISSEM
Preparer
Your Company Name
123 Main Street

Date: 06/06/2022 10:11:32 AM

Axe en plan: axe principale
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 11998.52m

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0000.00	755942.6419	4073049.0783
DR1	ANG=219.9211 (g)	213.805			
			0213.80	755876.8246	4072845.6563
CLO2	A=300.000				
	R=900.000	100.000			
			0313.80	755844.2887	4072751.1118
ARC3	XC=755004.6990				
	YC=4073075.2864				
	R=900.000	1156.614			
			1470.42	754930.2581	4072178.3703
CLO4	A=300.000				
	R=900.000	100.000			
			1570.42	754830.9890	4072190.3244
DR5	ANG=308.8084 (g)	161.815			
			1732.23	754670.7205	4072212.6421
DR6	ANG=312.6273 (g)	154.804			
			1887.04	754518.9515	4072243.1464
ARC7	XC=754026.3233				
	YC=4069792.1635				
	R=2500.000	1104.055			
			2991.09	753424.1224	4072218.5505
DR8	ANG=284.5128 (g)	56.478			
			3047.57	753369.3069	4072204.9460

ARC9	XC=753465.6591				
	YC=4071816.7241				
	R=400.000	80.702			
			3128.27	753293.4655	4072177.7633
DR10	ANG=271.6686 (g)	897.291			
			4025.57	752483.5724	4071791.4939
ARC11	XC=753258.4437				
	YC=4070166.8172				
	R=1800.000	222.078			
			4247.64	752289.5230	4071683.7855
DR12	ANG=263.8142 (g)	722.794			
			4970.44	751680.3807	4071294.7130
ARC13	XC=751411.2361				
	YC=4071716.0931				
	R=500.000	154.784			
			5125.22	751539.2147	4071232.7491
DR14	ANG=283.5219 (g)	953.980			
			6079.20	750617.0137	4070988.5710
ARC15	XC=750514.6308				
	YC=4071375.2462				
	R=400.000	4.890			
			6084.09	750612.2789	4070987.3482
DR16	ANG=284.3002 (g)	992.736			
			7076.83	749649.5784	4070745.0011
CLO17	A=300.000				
	R=900.000	100.000			
			7176.83	749553.0858	4070718.8011
ARC18	XC=749820.9176				
	YC=4069859.5770				
	R=900.000	609.390			
			7786.22	749073.8370	4070361.4441
CLO19	A=300.000				
	R=900.000	100.000			
			7886.22	749021.1932	4070276.4389
DR20	ANG=234.1211 (g)	698.717			

			8584.94	748664.3740	4069675.7010
DR21	ANG=233.7694 (g)	990.940			
			9575.88	748163.0377	4068820.9354
ARC22	XC=746955.4250				
	YC=4069529.2232				
	R=1400.000	374.223			
			9950.10	747933.0715	4068527.1218
DR23	ANG=250.7863 (g)	343.136			
			10293.23	747687.4593	4068287.5034
CLO24	A=387.814				
	R=940.000	160.000			
			10453.23	747576.1844	4068172.6060
ARC25	XC=748287.4222				
	YC=4067557.9998				
	R=940.000	627.459			
			11080.69	747348.3795	4067600.4117
CLO26	A=387.814				
	R=940.000	160.000			
			11240.69	747350.2356	4067440.4740
DR27	ANG=197.4553 (g)	48.449			
			11289.14	747352.1717	4067392.0633
ARC28	XC=746362.9625				
	YC=4067352.5016				
	R=990.000	484.124			
			11773.27	747254.8170	4066922.7394
DR29	ANG=228.5869 (g)	374.120			
			12147.39	747092.4101	4066585.7080

Listing de la géométrie de profil en long

Client: GUENOUNE WISSEM
Client
Client Company
Address 1

Prepared by: GUENOUNE WISSEM
Preparer
Your Company Name
123 Main Street

Date: 06/06/2022 10:12:18 AM

Profil en long : Ling rouge
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0000.19, Fin: 11998.52
LONGUEUR DE L'AXE : 11998.330m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			1078.52	20.851
PAR0	S= 1148.17 Z=21.199			
	R= 8000.000	294.920		
			1217.81	22.760
D1	PENTE= 2.24%	885.204		
			1984.80	46.595
PAR1	S= 2131.97 Z=43.244			
	R= 7250.000	57.906		
			2279.20	45.370
D2	PENTE= 1.44%	895.642		
			3056.56	56.577
PAR2	S= 3280.57 Z=59.807			
	R= 18000.000	448.017		
			3504.58	57.462
D3	PENTE= -1.05%	784.894		
			4289.48	49.245
PAR3	S= 4565.07 Z=46.359			
	R= 12000.000	551.197		
			4840.67	56.133
D4	PENTE= 3.55%	561.040		
			5401.71	76.030
PAR4	S= 5530.59 Z=80.600			

	R= 12500.000	257.750		
			5659.46	87.828
D5	PENTE= 5.61%	880.507		
			6539.97	137.210
PAR5	S= 6694.72 Z=145.889			
	R= 8000.000	309.502		
			6849.47	148.581
D6	PENTE= 1.74%	89.189		
			6938.66	150.133
PAR6	S= 7200.60 Z=154.690			
	R= 7200.000	523.871		
			7462.53	140.188
D7	PENTE= -5.54%	874.222		
			8336.75	91.787
PAR7	S= 8556.65 Z=79.613			
	R= 5300.000	439.799		
			8776.55	85.686
D8	PENTE= 2.76%	980.703		
			9757.25	112.770
PAR8	S= 9858.53 Z=115.567			
	R= 8800.000	202.543		
			9959.80	120.695
D9	PENTE= 5.06%	1266.543		
			11226.34	184.824
PAR9	S= 11250.14 Z=186.029			
	R= 8200.000	47.588		
			11273.93	187.096
D10	PENTE= 4.48%	724.587		
			11998.52	219.579

Rapport sur les volumes

Client: GUENOUNE WISSEM
Client
Client Company
Address 1

Préparé par: GUENOUNE WISSEM
Preparer
Your Company Name
123 Main Street

Date: 06/06/2022 11:41:42 PM

Axe axe principale:
Groupe de tabulations: TAB
Abscisse curviligne de départ: 0000.00
Abscisse curviligne de fin: 11998.52

Abscisse curviligne	Surface de déblai (m^2)	Volume de déblai (m^3)	Volume réutilisable (m^3)	Surface de remblai (m^2)	Volume de remblai (m^3)	Vol. déblai cum. (m^3)	Vol. réutilisable cum. (m^3)	Vol. remblai cum. (m^3)	Vol. net cum. (m^3)
0000.00	1,432.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0200.00	0.00	0.00	0.00	171.91	4,249.06	23,174.27	12,281.69	12,281.69	10,892.57
0400.00	8.71	110.97	110.97	9.20	1,706.50	24,424.63	41,294.79	41,294.79	-16,870.16
0600.00	11.12	279.87	279.87	0.78	17.02	27,434.22	41,503.71	41,503.71	-14,069.49
0800.00	6.50	128.94	128.94	5.60	136.84	28,858.00	42,522.21	42,522.21	-13,664.21
1000.00	0.06	3.91	3.91	172.50	2,532.37	29,759.85	46,539.78	46,539.78	-16,779.94
1200.00	0.00	0.00	0.00	105.66	2,603.66	29,760.68	95,551.16	95,551.16	-65,790.48
1400.00	138.65	1,701.63	1,701.63	11.85	2,982.52	31,462.30	135,743.97	135,743.97	-104,281.67
1600.00	1,821.07	42,625.01	42,625.01	0.00	0.00	195,935.22	135,896.50	135,896.50	60,038.72
1800.00	1,423.65	36,287.60	36,287.60	0.00	0.00	528,126.97	135,896.50	135,896.50	392,230.47
2000.00	889.93	22,641.33	22,641.33	0.00	0.00	759,567.53	135,896.50	135,896.50	623,671.03

2200.00	0.00	0.00	0.00	224.21	5,948.59	843,204.32	147,513.17	147,513.17	695,691.14
2400.00	188.29	4,180.91	4,180.91	0.00	0.00	856,136.11	162,677.20	162,677.20	693,458.91
2600.00	213.97	4,433.01	4,433.01	0.00	0.00	880,574.18	162,677.71	162,677.71	717,896.47
2800.00	31.65	988.52	988.52	3.88	48.54	918,898.07	162,726.25	162,726.25	756,171.82
3000.00	2.65	215.10	215.10	34.82	696.96	926,636.31	163,836.60	163,836.60	762,799.71
3200.00	47.36	758.10	758.10	0.00	68.98	927,929.14	167,162.19	167,162.19	760,766.96
3400.00	73.85	1,665.41	1,665.41	0.00	0.00	944,217.70	167,162.19	167,162.19	777,055.51
3600.00	560.24	12,806.64	12,806.64	0.00	0.00	997,531.11	167,162.19	167,162.19	830,368.93
3800.00	871.74	22,177.69	22,177.69	0.00	0.00	1,158,370.49	167,162.19	167,162.19	991,208.30
4000.00	255.40	6,894.58	6,894.58	0.00	0.00	1,263,323.64	167,162.19	167,162.19	1,096,161.45
4200.00	345.96	9,154.60	9,154.60	0.00	0.00	1,314,090.49	167,162.19	167,162.19	1,146,928.30
4400.00	0.00	0.00	0.00	361.26	6,444.63	1,329,793.01	182,030.74	182,030.74	1,147,762.27
4600.00	0.00	0.00	0.00	608.28	14,571.45	1,329,793.01	274,300.27	274,300.27	1,055,492.74
4800.00	192.19	4,734.18	4,734.18	0.06	0.71	1,343,010.67	308,360.03	308,360.03	1,034,650.65
5000.00	149.89	3,917.01	3,917.01	0.35	12.47	1,373,668.56	308,901.34	308,901.34	1,064,767.21
5200.00	47.30	2,274.48	2,274.48	55.64	721.00	1,424,732.38	309,651.96	309,651.96	1,115,080.42
5400.00	0.00	0.00	0.00	917.62	22,482.57	1,425,521.09	437,936.79	437,936.79	987,584.29
5600.00	181.67	3,881.83	3,881.83	0.00	286.65	1,435,106.87	519,555.90	519,555.90	915,550.97
5800.00	663.01	16,927.63	16,927.63	0.00	0.00	1,558,018.29	519,555.90	519,555.90	1,038,462.39
6000.00	175.10	5,080.36	5,080.36	115.21	2,127.41	1,649,549.36	522,586.69	522,586.69	1,126,962.67

6200.00	0.61	7.57	7.57	223.55	7,050.91	1,656,280.17	590,176.77	590,176.77	1,066,103.40
6400.00	0.00	0.00	0.00	555.21	14,357.40	1,660,742.98	648,473.49	648,473.49	1,012,269.49
6600.00	436.06	7,074.04	7,074.04	0.00	0.00	1,670,024.97	691,955.13	691,955.13	978,069.83
6800.00	1,464.08	34,762.35	34,762.35	0.00	0.00	1,874,957.75	691,955.13	691,955.13	1,183,002.61
7000.00	2,373.40	59,418.72	59,418.72	0.00	0.00	2,293,499.26	691,955.13	691,955.13	1,601,544.12
7200.00	440.96	13,562.92	13,562.92	0.00	0.00	2,567,255.37	691,955.13	691,955.13	1,875,300.24
7400.00	577.81	14,371.79	14,371.79	0.00	0.00	2,650,607.71	691,955.13	691,955.13	1,958,652.57
7600.00	38.49	848.53	848.53	31.98	855.42	2,683,607.36	703,479.55	703,479.55	1,980,127.81
7800.00	8.78	637.62	637.62	168.83	4,157.40	2,700,580.00	713,038.09	713,038.09	1,987,541.91
8000.00	76.60	1,359.56	1,359.56	143.71	5,445.87	2,703,184.22	807,213.54	807,213.54	1,895,970.67
8200.00	0.00	0.00	0.00	900.40	22,491.49	2,704,477.39	949,758.46	949,758.46	1,754,718.93
8400.00	0.00	0.00	0.00	571.99	15,258.44	2,704,477.39	1,114,375.37	1,114,375.37	1,590,102.02
8600.00	376.60	7,509.83	7,509.83	0.00	2.50	2,716,999.56	1,151,651.30	1,151,651.30	1,565,348.25
8800.00	1,763.47	44,150.54	44,150.54	0.00	0.00	2,976,701.95	1,151,651.30	1,151,651.30	1,825,050.65
9000.00	1,381.19	35,571.59	35,571.59	0.00	0.00	3,270,570.44	1,151,651.30	1,151,651.30	2,118,919.14
9200.00	973.71	23,710.77	23,710.77	0.00	0.00	3,463,305.73	1,151,651.30	1,151,651.30	2,311,654.43
9400.00	767.90	19,480.98	19,480.98	0.00	0.00	3,635,537.25	1,151,651.30	1,151,651.30	2,483,885.95
9600.00	168.86	4,980.65	4,980.65	32.38	552.05	3,748,864.31	1,152,350.64	1,152,350.64	2,596,513.67
9800.00	0.00	0.00	0.00	441.68	10,227.16	3,757,579.36	1,192,136.42	1,192,136.42	2,565,442.94
10000.00	0.00	0.00	0.00	941.93	22,135.03	3,757,579.36	1,318,481.53	1,318,481.53	2,439,097.83

10200.00	1.62	20.19	20.19	167.92	8,157.72	3,757,599.55	1,513,714.64	1,513,714.64	2,243,884.90
10400.00	27.15	557.78	557.78	142.36	4,771.15	3,768,661.41	1,538,357.36	1,538,357.36	2,230,304.05
10600.00	1,833.53	41,124.93	41,124.93	0.00	0.00	3,911,997.45	1,543,116.20	1,543,116.20	2,368,881.25
10800.00	2,038.10	48,671.59	48,671.59	0.00	0.00	4,267,780.77	1,543,116.20	1,543,116.20	2,724,664.56
11000.00	663.73	18,452.13	18,452.13	0.00	0.00	4,546,404.57	1,543,116.20	1,543,116.20	3,003,288.36
11200.00	515.17	14,753.55	14,753.55	0.00	0.00	4,660,268.08	1,543,116.20	1,543,116.20	3,117,151.87
11400.00	0.00	0.00	0.00	988.05	26,870.48	4,681,692.04	1,640,934.16	1,640,934.16	3,040,757.88
11600.00	0.00	0.00	0.00	748.57	16,994.63	4,681,692.04	1,794,107.33	1,794,107.33	2,887,584.71
11800.00	0.00	0.00	0.00	210.24	7,213.58	4,681,692.04	1,933,030.23	1,933,030.23	2,748,661.82
11998.52	20,162.72	253,352.05	253,352.05	0.00	241.97	4,944,567.13	1,945,997.83	1,945,997.83	2,998,569.30

Rapport sur les volumes des matériaux

Abscisse curviligne	Volume de décapage (m^3)	Volume de roulement (m^3)	Volume de base (m^3)	Volume de fondation (m^3)	Volume de forme (m^3)
0000.00	0	0	0	0	0
0200.00	612	488	752	848	4,118
0400.00	1375	972	1,504	1,691	8,237
0600.00	1835	1,458	2,256	2,537	12,355
0800.00	2,446	1,944	3,008	3,382	16,474
1000.00	3,058	2,430	3,760	2,428	20,592
1200.00	3,669	2,917	4,512	5,074	24,711
1400.00	4,281	3,403	5,264	5,919	28,829
1600.00	4,892	3,889	6,016	6,765	32,948
1800.00	5,504	4,375	6,788	7,811	37,066
2000.00	8,115	4,881	7,520	8,458	41,185
2200.00	6,727	5,347	8,272	9,302	45,303
2400.00	7,339	5,833	9,024	10,147	49,422
2600.00	7,950	6,319	9,776	10,993	53,540
2800.00	8,562	6,805	10,626	11,839	57,659
3000.00	9,173	7,291	11,280	12,884	61,777
3200.00	9,785	7,778	12,034	13,533	65,835
3400.00	10,396	8,234	12,786	14,379	69,953
3600.00	11,008	8,750	13,638	15,224	74,072
3800.00	11,619	9,236	14,290	16,070	78,190
4000.00	12,231	9,722	15,042	16,916	82,309
4200.00	12,842	10,208	15,704	17,761	86,942
4400.00	13,454	10,694	16,546	18,607	90,546
4600.00	14,065	11,181	17,298	19,452	94,664
4800.00	14,677	11,667	18,050	10,298	98,783
5000.00	15,289	12,153	18,802	21,144	10,2897
5200.00	15,900	12,639	19,554	21,990	106,999
5400.00	16,512	13,125	20,308	22,836	111,118
5600.00	17,123	13,611	21,058	23,682	115,236

5800.00	17,735	14,097	21,810	24,527	119,355
6000.00	18,346	14,583	22,562	25,373	123,473
6200.00	18,958	15,069	23,315	26,220	127,568
6400.00	19,569	15,556	24,067	27,095	131,687
6600.00	20,181	16,042	24,819	27,911	135,805
6800.00	20,792	16,528	25,571	28,758	139,924
7000.00	21,404	17,014	26,323	29,602	144,042
7200.00	22,016	17,500	27,075	30,448	148,160
7400.00	22,627	17,986	27,827	31,293	152,279
7600.00	23,315	18,472	28,579	32,139	156,397
7800.00	23,850	18,958	29,331	32,985	160,516
8000.00	42,4462	19,444	30,083	33,830	164,634
8200.00	25,073	19,930	30,835	34,676	168,753
8400.00	25,635	20,417	31,587	35,521	172,871
8600.00	26,296	20,903	32,339	36,367	176,990
8800.00	26,908	21,389	33,091	37,213	181,108
9000.00	27,519	21,875	33,843	38,058	185,227
9200.00	28,131	22,361	34,595	38,904	189,345
9400.00	28,742	22,847	35,347	38,750	193,463
9600.00	29,354	23,333	36,099	40,595	197,582
9800.00	29,966	23,819	36,851	41,441	201,700
10000.00	30,577	24,305	37,603	42,288	205,819
10200.00	31,189	24,791	38,355	43,132	209,937
10400.00	31,800	25,277	39,107	43,978	214,056
10600.00	32,412	25,764	39,859	44,823	218,174
10800.00	33,023	26,250	40,611	45,669	222,293
11000.00	33,835	26,736	41,363	46,514	226,411
11200.00	34,246	27,222	42,115	47,360	230,530
11400.00	34,858	27,708	42,887	48,206	234,648
11600.00	35,469	28,194	43,619	49,051	238,252
11800.00	36,081	28,680	44,371	49,897	242,885
11998.52	36,693	29,166	45,123	50,743	247,003