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

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat / Master

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Etude APD de la nouvelle ligne électrifiée à voie unique entre SAIDA et EL-BAYEDH du PK94+000 au PK118+000 pour une exploitation à 220 km/h avec l'aménagement de la gare mixte de BOUGTOB

Présenté par :

LADJAL Abdell Ali
DAHOU Chaouki Mohamed Sghir

Encadré par :

Mr BENKHLOUF Foudil
Mme KHOUAS Zohra

Promotion 2019 /2020

© ENSTP-FJ


بسم الله الرحمن الرحيم

ملخص :

هذا المشروع يدرس التصميم التفصيلي لخط السكة الحديدية الرابط بين مدينتي السعيدة والبيض.

المقطع المدروس يمتد من النقطة الكيلومترية 94+000 الى 118+000 بطول 24 كلم مع تهيئة محطة توقف قطارات نقل المسافرين وقطارات نقل البضائع بمدينة بوقطب.

صمم المشروع وفقا لمعايير الاتحاد الدولي للسكك الحديدية وتوصيات الشركة الوطنية للنقل بالسكك الحديدية وقد أجريت دراسة هذا باستخدام برنامج النمذجة الهندسية Civil 3D 2015

Résumé :

Le présent projet synthétise la conception et l'étude d'avant-projet détaillé d'une ligne ferroviaire à voie unique reliant deux villes Saida et El Bayadh.

Le tronçon étudié démarre du PK 94+000 au PK 118+000, sur un linéaire de 24 Km, sur lequel on prévoit un aménagement d'une gare mixte de la ville de Bougtob.

Le projet a été élaboré suivant les normes international 'UIC' (Union International de chemin de fer), et les recommandations Algériennes de la 'SNTF' (Société Nationale de Transport Ferroviaire) en utilisant le logiciel de conception géométrique « Civil 3D 2015 ».

Abstract :

The present project synthetizes the conception and study of a project in detail, of a railway line that links Saida to El Bayadh.

The studied section starts from the kilometric point KP 94+000 to KP 118+000, of a distance of 25 km, in which a mixed train station is planned in Bougtob.

The project was elaborated according to the international norms UIC (International Union of Railways), and the recommendations of the Algerian railway company. Using the geometric design software « CIVIL 3D 2015 »

Remerciement

Nous tenons à remercier en premier lieu et avant tout ALLAH le tout puissant, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir notre travail dans les meilleures conditions.

Ce projet de fin d'étude qu'on a l'honneur de présenter est mené bien grâce à la participation exceptionnelle de notre encadrement par Mr F.Benkhelouf et Mme Khaouas pour l'encadrement.

Nous exprimons également nos remerciements à Mr. Boudjelal Mohamed qui a participe a l'encadrement de notre thèse Il nous a fait profiter notamment de son expérience, de ces compétences et de son savoir-faire dans la conception. Nous lui adressons notre sincère gratitude.

Nous remercions aussi les ingénieurs : Hamza, Adel et l'expert mr. Mouloud Chenane de la Société d'Etude Technique et de l'Ingénierie du RAIL (SETIRAIL).

*Nos vifs remerciements sont également aux membres de jury pour avoir accepté la *lourde tâche de rapporter notre mémoire et pour leur participation.*

Nous voudrons également remercier Mr. Morsli notre enseignant du module voie ferré pour son aide.

Nos remerciements s'adressent également aux enseignants de ENSTP et EPST-TLEMCEN qui ont contribue a notre formation durant les cinq années d'étude au sein des deux grandes écoles.

Dédicace

Tout d'abord, je tiens à remercier le bon dieu,
Je dédie ce modeste travail

À Mes très chers irremplaçables parents : ma plus belle étoile qui puisse exister dans l'univers ma Chère mère Akila et mon cher mon père, le plus beau et bon de tous les Pères boubaker ,.
Vous êtes ma source d'amour et de bonheur.

Vous êtes le guide de mes chemins et la joie de mes jours.
Vous avez tant sacrifié et cru en moi.

Merci maman pour tes prières.
Merci papa pour ton soutien et confiance continus.

À Mes frères Naim ,Nabil l,Khir eddine.
À mes sœurs Asma et Donia .

Et ma Chère
À Ma grande mère HADA et Grand père RABAH qui m'a toujours nommé l'ingénieur

الله يرحمهم

À notre chère les ingénieures Mohammed boudjlel et Hamza Aiche les Meilleures amis et

A mon binôme Dahou chaouki
Pour sa patience, sa compréhension, sa compétence et sa professionnalisme, un grand merci mon frère.

À toutes la famille LADJAL et mes amis,sans exception spécialement :Matlab , Tchipi,Nouri , Oussama ,Taher, Zeghda,Msayach,Maouchi ,Tiguer
Chakib,Berkani, Ayoub

Dédicace

Tout d'abord, je tiens à remercier le bon dieu,
Je dédie ce modeste travail

À Mes très chers irremplaçables parents : ma plus belle étoile qui puisse exister dans l'univers ma Chère mère Saida et mon cher mon père, le plus beau et bon de tous les Pères Said.
Vous êtes ma source d'amour et de bonheur.

Vous êtes le guide de mes chemins et la joie de mes jours.
Vous avez tant sacrifié et cru en moi.

Merci maman pour tes prières.
Merci papa pour ton soutien et confiance continus.

À Mon frère Abd El Halim .
À mes 2 sœurs Chahinez et Kaouthar .

À Ma grande mère Khedra Zoghar (ربي يرحمها) qui m'a toujours nommé l'ingénieur depuis mon enfance et voila ton rêve est réalisé

À notre chère enseignant Babakhouya Youcef le Meilleur ami et enseignant

A mon binôme Abd El Ali Ladjal
Pour sa patience, sa compréhension, sa compétence et sa professionnalisme, un grand merci mon frère.

À toutes la famille DAHOU et KHALED et mes amis,sans exception spécialement :Matlab , Tchipi, Toufik , Oussama , Hamdan , Zeghda
Tiguer , Merrad

Sommaire

INTRODUCTION GENERAL

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE : RELATION DE LA VITESSE AVEC LES COMPOSANTES DE LA VOIE

I.1 Introduction ……..1

I.2. Les constituants de la voie ferrée sur une L.G.V ……1

I.2.1 Les rails ……...……...1

I.2.2 Les traverses ……2

I.2.2.1 Les traverses sur les lignes à grandes vitesse ……....2

I.2.2.2 Les traverses bi bloc ……..……3

I.2.2.3 Les traverses mono bloc ……...4

I.2.3 Les attaches ……5

I.2.4 Les sous couches pour la L.G.V……..5

I.3 Voie ballasté versus voie sur dalle ……..……5

I.5 Rhéologie de ballast vis-à-vis l'augmentation de la vitesse ……..…..8

I.6 Comparaison entre la voie Ballasté/dallé ……..……..8

I.7 Modélisation de la voie sous l'effet de la vitesse …..…….....9

I.8 Les désordres induits dans la structure ……...……...10

I.9 Conclusion……....10

CHAPITRE II : LE TRANSPORT FERROVIAIRE

II.1. Introduction…….……11

II.2. Etat des infrastructures de transport en Algérie …….....11

II.3. Avantages des chemins de fer ……..……..……...11

II.4. Réseaux ferroviaires Algériens..……...…….…...12

II.5. Parc du matériel roulant ……..……..…13

II.6. Le trafic ferroviaire……. ……....13

II.6.1. Le transport commercial …….…….....14

II.6.2. Le transport de voyageurs …….……14

II.7. Le programme de développement des infrastructures ferroviaires……...14

II.8. Le rail en Algérie et son plan de développement……..…15

II.9 Conclusion……..……...16

CHAPITRE III : PRESENTATION DU PROJET

III.1. Introduction : 17
III.2. Présentation du projet : 17
III.2.1. La wilaya d'El Bayadh …….....17
III.2.2. Relief ..... …….19
III.2.3. Les zones :…….....19
III.2.4. Le climat :…….....19
III.2.5. Les températures…….20
III.3. Objectif du projet :……..21
III.4. Caractéristiques techniques de la ligne projetée ……21
III.5. Conclusion :……22

CHAPITRE IV : TRACE EN PLAN

IV.1. Introduction.……23
IV.2. Critère de limitations des paramètres de tracé ……23
IV.3. Règles à respecter dans le tracé en plan.…….....23
IV.4. Eléments de trace en plan…….....24
IV.5 Paramètre de conception de la voie…….....25
IV.5.1 Rayon ……25
IV.5.2 Les dévers…….25
IV.5.3 Raccordement progressif ……30
IV.6. Application pour notre projet …….....32
IV.7 Calcul D'axe ……..36

CHAPITRE V : PROFIL EN LONG

V.1 Introduction …….....37
V.2 Normes, règles et condition a respecter……...37
V.3 Déclivité…….....37
V.3.1 La longueur minimale des déclivités …….....38
V.3.2 Accélération vertical…….....38
V.4 Coordination du tracé en plan et du profil en long …….....39
V.5 Calcul des éléments du profil en long …….....39
V.6 Conclusion…….....40

CHAPITRE VI : ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

VI.1 PARTIE A : ETUDE GEOLOGIQUE

VI.1.1 Introduction ……..41

VI.1.2 Encadrement géologique et tectonique de la région ……41

VI.1.3 Contexte géologique de la zone d'étude……...42

VI.1.4 Cadre sismique ……42

VI.1.5 Conclusion ……44

VI.2 PARTIE B : ETUDE GEOTECHNIQUE

VI.2.1 Introduction……...44

VI.2.2 L'utilité de l'étude géotechnique……...44

VI.2.3 Essais in situ ……..44

VI.2.3.1 Sondages Carottés ……...45

VI.2.3.2 Puits de reconnaissance……...48

VI.2.3.3 Essai préssiométrique Menard……...48

VI.2.3.4 Essai au pénétromètre dynamique lourd ……...50

VI.2.4 Essais de laboratoire……...51

VI.2.4.1 Analyses granulométriques ……...51

VI.2.4.2 Essais limites d'Atterberg……52

VI.2.4.3 Essai au bleu méthylène……...52

VI.2.4.4 Analyses chimique des sols ……53

VI.2.4.5 Essai teneur en eau ……...53

VI.2.4.6 Essai Proctor ……53

VI.2.4.7 Essai CBR ……54

VI.2.4.8 Essai de cisaillement rectiligne ……54

VI.2.4.9 Essai de compressibilité à l'œdomètre ……54

VI.2.5 Classification des sols sur le long du tracé ……55

VI.2.6 Conclusion ……59

CHAPITRE VII : DIMENSIONNEMENT DE LA COUCHE D'ASSISE

VII.1 Introduction……..60

VII.2 Couche de ballast……60

VII.2.1 Définition……..60

VII.2.2 Rôle de la couche de ballast ……60

VII.2.3 Caractéristique de ballast……...61

VII.2.3.1 Caractéristique physique du ballast ……61

VII.2.3.2 Caractéristiques mécaniques……..61
VII.3 La Sous Couche…….62
VII.3.1 Définition ……62
VII.3.2 Rôle de la sous couche ……62
VII.3.3 Composition de la sous couche ……63
VII.4 La Plateforme ……...63
VII.4.1 Couche de forme……63
VII.4.1.1 Compositions ……63
VII.4.1.2 Classe de portance de la plate forme……..64
VII.4.1.3 Epaisseur minimale des couches d'assisse ……..64
VII.5 Application sur le projet……66

CHAPITRE VIII : LES TERRASSEMENT

VIII.1 Introduction……...67
VIII.2 Decapage……...67
VIII.3 Deblais……...67
VIII.3.1La Sécurité dans les zones de déblais ……...68
VIII.3.2 Géométrie des talus en déblai ……...68
VIII.3.3 Etude de stabilité (à titre illustratif) ……...69
VIII.4 Pour notre de projet ……69
VIII.5 Réutilisation des matériaux de déblais ……...71
VIII.6 Conclusion……..72
VIII.7 Remblais ……72
VIII.7.1 Vérification de la stabilité des talus en remblais ……...73
VIII.7.2 Remblai en zone courante ……..73
VIII.7.3 Protection de la plate-forme en zone inondable……...74
VIII.8 Risque d'ensablement ……...75
VIII.9 Gites d'emprunt ……78
VIII.10 Conclusion ……...78

CHAPITRE IX : COMPOSANTE DE LA VOIE

IX.1 Introduction ……79
IX.2 Catégorie de voies ……..79
IX.3 Composantes de la voie ……..80
IX.3.1 Les rails ……...80
IX.3.1.1 Caractéristiques ……...80
IX.3.1.2 Le rail est constitué de plusieurs parties ……80

IX.3.1.3 Les formes principales de rail ……81
IX.3.1.4 Système de raccordement des rails ……82
IX.3.2 Les longs rails soudes ……...83
IX.3.2.1 Avantages et inconvénients des LRS ……..84
IX.3.2.2 Leurs inconvénients, largement compensés par leurs avantages……. ……...84
IX.3.3 Les Travers ……84
IX.3.3.1 Les traverses en bois ……...85
IX.3.3.2 Les traverses métalliques……85
IX.3.3.3 Traverses en béton armé……..85
IX.3.4 Les Attaches ……..……86
IX.3.5 Le Ballast ……...87
IX.3.6 Les appareils de voie……..87
IX.4 Conclusion ……..90

CHAPITRE X : ETUDE HYDRAULIQUE ET ASSAINISSEMENT

X.1 Introduction ……91
X.2 Objectifs de l'assainissement et drainage ……...……91
X.3 Présentation hydrologique de la zone d'etude ……...……91
X.3.1 Pluies annuelles ……...……....92
X.3.2 Précipitations Journalières ……...……...93
X.4 Détermination des caractéristiques géomorphologiques des bassins versants ……...……93
X.4.1 Caractéristiques géométriques ……..……..……94
X.4.1.1 Superficie et périmètre ……94
X.4.1.2 Indice de compacité de Gravelius ……...94
X.4.1.3 La longueur du rectangle équivalent ……...94
X.4.2 Caractéristiques topographiques ……...…....94
X.4.2.1 Altitude moyenne du bassin ……..... .94
X.4.2.2 Pente moyenne ……...……95
X.4.2.3 La vitesse de ruissellement ……...95
X.4.2.4 Temps de concentration …….....95
X.5 Estimation des débits max aux bassins de projet ……...96
X5.1 Formule Rationnelle ……..…97

X.5.1.1 Coefficient de ruissellement ……..…..97
X.5.1.2 Intensité de pluies ……98
X.5.2 Formule de SOGREAH-ARNH (1989) ……..98
X.5.3 Formule de TURAZA ……99
X.6 Dimensionnement des ouvrages hydrauliques à projeter ……..….99
X.6.1 Dimensions des ouvrages ……..……100
X.6.2 Assainissement transversal ……100
X.6.2.1 Dimensionnement des buses ……...……..100
X.6.2.2 Dimensionnement des dalots ……..101
X.6.3 Assainissement longitudinal ……...103
X.6.3.1 Fossé de pied du talus de déblai……..…103
X.6.3.2 Fossé de tête de talus de déblai ……103
X.6.3.3 Fossé de pied de talus de remblai ……..103
X.6.3.4 Fosses de crête ……..103

CHAP XI : PROFIL EN TRAVERS ET CUBATURES

XI.1 Introduction ……..…107
XI.2 Les types de profil En travers ……..107
XI.2.1 Profil en travers courant ……..……107
XI.2.2 Profil en travers type ……..……107
XI.3 Pour notre projet, on a opté pour les sections types ……..……...108
XI.3.1 Les éléments de la superstructure ……..……...108
XI.3.2 Les éléments du talus (remblai ou déblais) ……108
XI.3.3 Les éléments d'assainissement ……...108
XI.3 Calcul des cubatures……...109

CHAPITRE XII : OUVRAGES D'ART

XII.1 Introduction……110
XII.2 Le recueil des données naturelles ……..….110
XII.3 Les croisements avec la route ……110
XII.3.1 Passage inférieur ……111
XII.3.2 Passage supérieur ……...111
XII.4 Franchissement d'un écoulement d'eau ……112

XII.4.1 Pont hydraulique……..112
XII.4.2 dalot et buse……112
XII.5 Les critères de conception des ouvrages d'art ……..113
XII.6 Pour notre projet ……...114
XII.7 Conclusion……...114

CHAPITRE XIII : CONCEPTION DE LA GARE

XIII.1 Introduction……..……115
XIII.2 Types et installations des gares ……115
XIII.2.1 Les gares de voyageurs ……115
XIII.2.2 Les gares de marchandises ……..……....116
XIII.3 Gare de croisement ……..……116
XIII.4 principe de base pour l'étude de l'implantation de la gare……..116
XIII.5 Réseau de voie ……117
XIII.5.1 Nombre de voies ……...……...117
XIII.5.2 Marge de glissement à l'aval des signaux ……117
XIII.5.3 Longueur utile d'une voie de stationnement ……118
XIII.5.4 Garage franc ……118
XIII.6 Caractéristiques géométriques des gares ……...118
XIII.7 Application au projet ……119
XIII.8 Assainissement de la gare ……121
XIII.9. Conclusion ……...……122

CHAPITRE XIV : ÉTUDE ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

XIV.1 Introduction ……123
XIV.2 Définition d'étude d'impact sur l'environnement…. ……...……123
XIV.3 Objectif et utilité d'une étude d'impact ……..……..……123
XIV.4 Cadre législatif et règlementaire des etudes d'impact ……..……..123
XIV.5 contenu de l'étude d'impact sur l'environnement……..……...……...124
XIV.5.1 Délimitation de la zone d'étude ……....124
XIV.5.2 Analyse de l'état initial……124
XIV.6 Évaluation des impacts ……...……125
XIV.6.1 Les mesures prises pour minimiser les impacts ……....125
XIV.6.2 Suivi et bilan environnemental ……...……....125
XIV.7 Identification des sources d'impacts ……125
XIV.8 Description de site et son environnement ……126

XIV.8.1 Environnement physique ……126
XIV.8.2 Environnement biologique ……...126
Xiv.8.3 Environnement socioculturel ……128
XIV.9 Evaluation des impacts prévisibles et les mesure à prendre pour chaque phase du projet …...128
XIV.10 Suivi et bilan environnemental ……...……133
XIV.10.1 Le programme de surveillance environnementale ……..133
XIV.10.2 Le programme de suivi environnemental ……...133
Conclusion ……...……...133

CHAPITRE XV : SIGNALISATION TELECOMMUNICATION ET ENERGIE

XV.1 Introduction……...134

XV.2 PARTIE A : SIGNALISATION

XV.2.1 Définition ……...134
XV.2.2 Objectifs de signalisation ……...134
XV.2.3 Système de signalisation ERTMS/ETCS niveau 1 ……...135
XV.2.4 La signalisation lumineuse ……...……137
XV.2.5 Performances et compatibilité entre le système de signalisation latérale et ERTMS Niveau1……...137

XV.3 PARTIE B : TELECOMMUNICATION

XV.3.1 Introduction ……...138
XV.3.2 Types de système de télécommunication ……...……..138
XV.3.3 Système numérique de transmission (Digital Transmission System) ……138
XV.3.4 Type de circuit de transmission ……138
XV.3.5 Réseau de câblage à fibres optiques ……...……139
XV.3.6 Sorte et caractéristique du câble fibre optique ……..139
XV.3.7 Système de radio sol-trains (GSM-R) (réseau GSM-R) ……139

XV.4 PARTIE C : ENERGIE (ALIMENTATION EN ENERGIE)

XV.4.1 Classification des systèmes d'électrification ferroviaire ……..140
XV.4.2 Notion de l'alimentation électrique……...…140
Devis quantitatif estimatif……...……....141
Conclusion Générale 143
Bibliographie 144

LES ANNEXES

ANNEXE A : PRESENTATION DU PROJET

ANNEXE B : TRACE EN PLAN

ANNEX C : PROFIL EN LONG

ANNEXE D : ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

ANNEXE G : TERRASSEMENT

ANNEXE E : ETUDE HYDRAULIQUE ET ASSAINISSEMENT

ANNEXE F : PROFIL EN TRAVERS ET CUBATURES

ANNEXE J : SIGNALISATION, TELECOMMUNICATION, ENERGIE

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Comparaison des structures de type ligne classique et ligne à grande vitesse ……..2

Figure I.2 : Modèle d'un dévers sur une L.G.V ……..3

Figure I.3 : Type de traverses bi blocs ……..…….....4

Figure I.4 : Deux types de traverses béton mises en place sur LGV……..…….....5

Figure I.5 : Les types d'attache……....6

FigureI.6: Composantes de la voie en dalle……....7

Figure I.7 : Système traverses placés dans un béton coulé in situ ……..…8

Figure II.1 : Répartition du trafic du transport ferroviaire……..……..…….…….....13

Figure II.2 : Le réseau ferroviaire algérien et son plan de développement…….……...15

Figure III. 1 : Plan de localisation du projet Saida – El Bayadh……....…17

Figure III.2 : Les limitrophes de la wilaya d'El Bayadh……....18

Figure III.3: Courbe de température El Bayadh" …….…20

Figure IV.1 : Les éléments du tracé en plan…….....24

Figure IV.2 : Force centrifuge et devers……..….....26

Figure IV3. : Courbe de raccordement…….....31

Figure VI.1 : Représente la carte des zones sismiques de l'Algérie et le zonage ……..43

Figure VI.2 : Exécution d'un sondage à l'aide d'une sondeuse Fordia ……..46

FigureVI.3:Puits de reconnaissance à l'aide d'une tractopelle ……..……48

Figure VI.4 : Courbe pressiométrique au PK 96+350 …….....49

Figure VII.1 : les différentes couche d'assise …….60

FigureVII.2 : Schématisation de la structure adoptée ……..…...66

Figure VIII.1 : Les zones de déblai et le remblai ……...…67

Figure VIII.2 :Les cercles de rupture pour les déblais au PK 95+800 condition sismique. (Logiciel TALREN V5) …….....70

Figure VIII.3 : Les cercles de rupture pour les déblais au PK 95+800 conditions statiques. (Logiciel TALREN V5) ……..…...71

Figure VIII.4 : Structure d'un remblai courant…….……..73

Figure VIII.5 : Structure d'un remblai en zone inondable ……..…….……..74

Figure VIII.6 : Zone inondable (y compris zone de chott) …….……...75

Figure VIII.7 : Zone d'ensablement à droite du tracé PK 110+100 …….....76

Figure VIII.8 : Zone d'ensablement à gauche du tracé PK 108+600 ……...…...…76

Figure VIII.9 : Plantation d'arbres et d'arbustes…….……..……...….77

Figure IX.1 : Les constituants de la voie ferrée …….....79

Figure IX.2 : Schéma d'inclinaison d'un rail ……..……..80

Figure IX.3 : Les composantes du rail …….…...81

Figure IX.4 : Les différents types de rails …….....81

FigureIX.5 : Assemblage par éclissage…….....82

Figure IX.6 : Assemblage par soudure ……83

Figure IX.7 :Travers en bois ……...85

Figure IX.8 : Travers Métallique …….....85

Figure IX.9 : Travers en béton monobloc et bi-blocs……..….85

Figure IX.10 : Travers bi bloc……..…….....86

Figure IX.11 :Les Attache de type vossloh ……..……...86

Figure IX.12 : Les Attaches de type NABLA ……..……86

FigureIX.13 : Ballast sur la voie ……...87

Figure IX.14 : Les éléments constitutifs d'un branchement …….88

FigureIX.15: Traversée-jonction simple……...88

Figure IX.16 Traversée-jonction double ……...……...89

Figure X.1 : La région hydrographique d'Oranie-Chott Ech Chergui ……..92

Figure X.2 : Les stations pluviométriques utilisées …….....93

Figure X.3 : Schéma d'une buse …….....101

Figure X.4 : Schéma d'un dalot ……...101

Figure X.5 : L'eau descente sur talus……...……103
Figure X.6 : Fossés de crête. ……..…..104
Figure X.7 : Schéma d'un fossé …….....104
Figure XII.1 : Passage inférieure ……...……....111
FigureXII.2 : Passage supérieure……111
Figure XII.3 : Pont hydraulique……..…112
Figure XII.4 : Buse…….....112
Figure XII.5 : Dalot ……..…..112
Figure XIII.1 : Garage franc ……...118
Figure XIII.2 :Gare de Bougtob PK 94+420 ……..……....120
Figure XIII.3 : Schéma d'un quais …….....121
Figure XIII.4 : Assainissement transversal de la gare……..……...121
Figure XIII.5 : Assainissement longitudinale de la gare……..…..122
Figure XVI.1 : Les animaux vulnérables de la région……..…....127
Figure XIV.2 : Nappes alfatières et espèces végétales de la région ……...128
FigureXV.1 : Vue d'ensemble de système ETCS Niveau 1…….....135

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Les caractéristiques de l'inclinaison selon la vitesse appliquée……..…..3
Tableau I.2 : Comparaison entre la voie avec/sans ballast…….....9
Tableau III.1 : Daïras et communes de la wilaya d'El Bayadh……..….....18
TABLEAU IV.1 : Les valeurs limites des éléments caractéristiques du tracé en plan pour une vitesse de 220km/h (UIC 703R) …….....32
Tableau IV.2 : Les paramètres de conception du tracé en plan…….....34
Tableau V.1 : Les valeurs du longueurs et rayon minimal du profil en long …….....38
Tableau VI.1 : La répartition de sismicité par chaque zone ……..……....43
Tableau VI.2 : Coefficient d'accélération ……...…….....43
Tableau VI.3 :Les essai in-situ réaliser sur le terrain……..……....45
Tableau VI.4 : La liste des sondages réalisés …….47
Tableau VI.5 : Qualification de compacité du sol à partir de l'essai SPT (NF. P 94-011) …….....47
Tableau VI.6 : Localisation des puits de reconnaissance et description lithographique ……..…..48

Tableau VI.7: Localisation d'essai préssiométrique …….....49

Tableau VI.8 : Qualification de compacité du sol à partir de l'essai pressiométrique (NF, P 94-011) …….50

Tableau VI.9 : Résultats des essais de pénétration dynamique(PDL) …….....51

Tableau VI 10 : Classement du sol (UIC 719R) ……....56

Tableau VI.11 : Définition de la classe de la qualité des sols (NF P113005) ……..…….....57

TableauVI.12 : La classification des sols selon GTR et UIC 719R à partir des sondages carottiers …..58

Tableau VI.13 : La classification des sols selon GTR et UIC 719R à partir des puits de reconnaissance……..…59

Tableau VII.1: Les classes de portance de la plateforme (UIC719R)…….….64

Tableau VII.2 : Les paramètres de dimensionnements et leurs valeurs……...65

Tableau VII3: Les couches d'assisse ……....66

Tableau VIII.1 : Les principales zones de déblais entre PK94+000 et PK 118+000……...68

Tableau VIII.2 : Les caractéristiques mécaniques des déblais…….....69

Tableau VIII. 1 : Récapitulatif des résultats de vérification de stabilité des talus en déblais…….....70

Tableau VIII.4 : Les zones déblais rencontrés le long du tracé…….....72

Tableau VIII.5 : Réutilisation des matériaux de déblais …….....72

Tableau VIII.6: Localisation des zones de remblai ……....73

Tableau IX.1 : Récapitulatif des inclinaisons…….…..80

Tableau IX.2: Caractéristiques du rail UIC60 E1 (EN 13674 -1) et le schéma de profil de la rail type 60 E1 (EN 1367-1)……....82

Tableau IX.3 : Les appareils de voie utilisés……89

Tableau IX.4: Diagrammes des appareils de voie (UIC 711R)……....90

Tableau X.1:: Méthodes de calcul de temps de concentration…….....95

Tableau X.2: Les caractéristiques morphologiques des bassins versants…….....96

Tableau X.3 : Valeur de C…….....97

Tableau X.4 : Paramètre de Montana en fonction de la période ……..…...98

Tableau X.5 : Calcul des intensités et des débits ……..…..…98

Tableau X.6 : Valeurs de coefficient de rugosité…….…….....100

Tableau X.7 : Les ouvrages busés et la vérification des conditions d'auto curage…..……....102

Tableau X.8 : Le dimensionnement des dalots avec la vérification des conditions……102

Tableau X.9 : Calcul des débits d'apports pour les déblais……...105

Tableau XI.1 : Résultats de calcul des cubatures……..109

Tableau XI.2 : Résultats de calcul des matériaux de la couche d'assise ……..…109

Tableau XIII.1 : Les voies selon l'importance des gares (SNTF) ……117

Tableau XIII.2 : Critères des études de gares et de PCG (point de croisement et garage) ……...119

Tableau XIII.3 :L'installation de la gare de BOUGTOB ……...120

Tableau XIV.1 : Les facteurs de l'enivrement physique ……....126

Tableau XV.1 : Caractéristiques principales de l'ETCS Niveau 1……..…136

Tableau XV.4 Présente les deux catégories de sources d'alimentation électrique ……....140

ABREVIATION ET SYMBOLES UTILISES DANS LE TRACE EN PLAN

symbole	désignation	unité
V_V	Vitesse des trains les plus rapides (voyageurs).	km/h
V_M	Vitesse des trains les plus lents (marchandises).	km/h
V_r	Vitesse de référence.	km/h
L_{min}	Longueur minimum de l'alignement.	m
R_{min}	Rayon minimum de courbe.	m
d	Dévers.	mm
d_{thv}	Dévers théorique (dévers d'équilibre) pour les trains voyageurs.	mm
d_{thm}	Dévers théorique (dévers d'équilibre) pour les trains marchandises.	mm
d_p	Dévers prescrit (pratique, normal).	mm
C	Coefficient de dévers.	-
L	Longueur du clotoïde.	m
A	Paramètre du clotoïde.	-
I	Insuffisance de dévers.	mm
I_{max}	Insuffisance de dévers maximale.	mm
E	Excès de dévers.	mm
E_{max}	Excès de dévers maximal.	mm
$\frac{\Delta d}{\Delta l}$	Variation du dévers en fonction de la longueur.	mm/m
$\frac{\Delta d}{\Delta t}$	Variation de dévers par rapport au temps.	mm/s
$\frac{\Delta I}{\Delta t}$	Variation de l'insuffisance de dévers.	mm/s

ABREVIATION ET SYMBOLES UTILISES DANS LE TRACE EN PLAN

symbole	désignation	unité
F	Sondage carottier.	-
SPT	Essai de pénétration au carottier.	-
N0	Le nombre de coups nécessaires à un enfoncement d'amorçage de 0 à 15 cm.	-
N1	Le nombre de coups nécessaires à un enfoncement d'essai de 15 à 30 cm.	-
N2	Le nombre de coups nécessaires à un enfoncement d'essai de 30 à 45 cm	-
NSPT	Résistance à la pénétration	-
PU	Puits de reconnaissance.	-
SP	Sondage pressiométrique.	-
PDL	Pénétromètre dynamique lourd	-
< 80 µm	Pourcentage des tamisas qui ont un diamètre inférieur a 80µm.	**%**
< 2 mm	Pourcentage des tamisas qui ont un diamètre inférieur à 2mm.	**%**
Dmax	Diamètre maximal des granulats.	**mm**
VBS	Valeur de bleu de méthylène.	-
WP	Limite de plasticité.	-
WL	Limite de liquidité.	-
ωn	Teneur en eau naturel.	**%**
IP	Indice de plasticité.	-
IC	Indice de consistance.	-
γ	Poids volumique du sol.	**kN/m3**
γd	Poids volumique du sol sec.	**kN/m3**
γs	Poids volumique des particules solides.	**kN/m3**
γw	Poids volumique de l'eau.	**kN/m3**
CBR	California Bearing Ratio	-
QS1	Classe du sol.	-
P1	Classe de la plateforme.	-

NORMALISATIONS DES ESSAIS :

Type d'essai	Nom d'essai	norme
Essai in-situ	Essai SPT (Standard Pénétration Test).	• **NF P 94-116.**
	Puits de reconnaissance.	• **NF P 94-119.**
	Essai pressiométrique Ménard.	• **NF P 94-110**
	Essai au pénétromètre dynamique lourd.	• **NF P 94-114.**
Essai au laboratoire	Détermination de la teneur en eau.	• **NF P 94-050.**
	Limites d'Atterberg.	• **NF P 94-051.**
	Valeur au bleu de méthylène.	• **NF P 94-068.**
	Densité apparente.	• **NF EN1097-3**
	Analyse granulométrique.	• **NF P 94-056.**
	Analyse sédimentométrique.	• **NF P 94-057.**
	Détermination de la teneur en carbonates	• **NF P 94-048.**
	Essai CBR (Portance d'un sol).	• **NF P 94-078-1** • **NF P 94-078-2**
	Essai PROCTOR simple/ modifié	• **NF P 94-093.**
	Essai de cisaillement rectiligne CD.	• **NF P 94-071-1**
	Essai œdométrique.	• **NF P 94-090-1**
	Essai de compression uniaxial (sol et roc).	• **NF P 94-077.** • **NF P 94-420.**
	Matières organiques.	• **NF P 94-055** • **NF P 94-058** • **XF P 94-047**
	Teneur en sulfates.	• **NF ISO 11048**
	Teneur en carbonate.	• **NF P 94-048**
	Teneur en chlorures.	• **NF EN 196-2**

ABREVIATION ET SYMBOLES UTILISES DANS L'ETUDE HYDROLOGIQUE

symbole	désignation	unité
S	Superficie d'un bassin versant.	m^2
P	Périmètre d'un bassin versant.	m
Kc	Indice de compacité.	-
$L_{éq}$	La longueur du rectangle équivalent.	Km
Hmin	Altitude minimale d'un bassin versant.	m
Hmax	Altitude maximale d'un bassin versant.	m
Hmoy	Altitude moyenne d'un bassin versant.	m
ƃh	Le dénivelé.	m
I_P	Pente moyenne.	m/m
Cr	Coefficient de ruissellement.	-
L_W	Longueur du talweg principal.	Km
T_C	Temps de concentration.	Heure
T	Période de retour de l'averse.	ans
Qa	Débit d'apport.	m^3/s
Qs	Débit de saturation.	m^3/s
I	Intensité de pluie.	mm/h
Sm	Surface mouillée de l'ouvrage.	m^2
Pm	Périmètre mouillé de l'ouvrage.	m
Rh	Rayon hydraulique.	m
i	Pente de pose de l'ouvrage.	%
Kst	Coefficient de rugosité (coefficient de MANNING-STRICKLER.).	-
Qps	Débit a plein section.	m^3/s
V	Vitesse d'écoulement.	m/s

Ø	Diamètre de la buse.	mm
Hr	Hauteur de remplissage.	m
H critique	Hauteur critique.	m
H	Hauteur du dalot.	m
b	Largeur du dalot.	m
n	Nombre des cellules.	-

ABREVIATION UTILISEES DANS LA SIGNALISATION, LA TELECOMMUNICATION ET L'ENERGIE

abréviation	Termes techniques
ATP	Dispositif de protection automatique des trains (Automatic Train Protection)
ERTMS	Système européen de gestion du trafic ferroviaire (European Rail Traffic Management System)
ETCS	Système européen de contrôle des trains (European Train Control System)
GSM-R	Système mondial de communications mobiles pour les chemins de fer (Global System for Mobile Communication-Railroad)
LEU	Unité de contrôle de la piste (Line side Equipment Units)
MMI	Interface Homme Machine
PCC	Poste de commande centralisé
REM	Radio communication pour l'opérateur et le mainteneur
RST	Radio communication du sol-train (Radio Sol Train)
SDH	Système numérique de transmission (Digital Transmission System)
UIC	Union internationale de chemin de fer
UPS	Alimentation sans interruption (Uninterruptible Power Supply)

INTRODUCTION GENERALE

Les infrastructures de transport représentent le moteur générateur du développement économique d'un pays. L'amélioration de ces infrastructures provoque un effet d'entraînement sur l'économie. Dans cette vision leur dépendance, sensiblement étroite, est l'amorce d'une véritable relance économique qui crée inéluctablement de nouveaux besoins en déplacement et inversement.

La position géographique stratégique de l'Algérie a poussé les pouvoirs publics à poursuivre les efforts et initiatives de développement des infrastructures de transport. Ils endossent à cet effet des programmes ambitieux pour un développement soutenu et veillent à le concrétiser. Cela est d'autant plus important qu'il faut bien garder à l'esprit la somme des retards accumulés par le pays, ainsi que la nécessité de bâtir, sans délai, une économie compétitive, prête au rendez-vous de son insertion véritable dans l'économie mondiale.

Parmi les objectifs stratégiques poursuivis, dans le cadre du processus de réformes et transitions économiques en Algérie, figure en bonne place le programme de renforcement et de modernisation du réseau ferroviaire. Ce programme comporte des opérations :

- ✓ de renouvellement et de renforcement des voies existantes,
- ✓ de création de lignes nouvelles,
- ✓ d'extension de capacité des installations existantes pour l'amélioration des débits de lignes,
- ✓ de modernisation des équipements de signalisation et de télécommunication,
- ✓ d'électrification des lignes.

CHAPITRE DE RECHERCHE : RELATION DE LA VITESSE AVEC LES COMPOSANTES DE LA VOIE



I.1 Introduction

L'évolution de la structure des voies ferrées s'est faite au cours du XXème siècle sur des bases essentiellement les charges et la vitesse, cette dernière représente l'élément le plus important du trafic ferroviaire, l'admission d'un nouveau matériel roulant sur une voie nécessite des vérifications de compatibilité. Dans ce cas, on détermine la vitesse du véhicule en fonction de la résistance mécanique de la voie et de son tracé : on parle alors des conditions de circulation.

Les lignes à grande vitesse sont d'une importance fondamentale pour la circulation quotidienne des personnes et des marchandises c'est pourquoi il est essentiel d'offrir un niveau de sécurité et de confort. L'aspect principal de cette thèse est de donner une vision globale et claire de la structure d'une voie ferroviaire lorsqu'on augmente la vitesse (un transport à grande vitesse).

Augmentation de vitesse de circulation nécessite des vérifications et des critères spéciaux sur les éléments de la voie pour donner la sécurité et le confort aux usagers.

I.2 Les constituants de la voie ferrée sur une L.G.V

L'étude des matériaux de voie ferrée pour une L.G.V permet d'apporter une vision globale et de débattre sur certaines questions économiques et techniques telles que Pourquoi utiliser une traverse monobloc au lieu d'un bi bloc ? Les futures voies, seront-elles dallées ou ballastées ? Le rôle principal de la voie ferrée est de guider le train en mouvement tout en supportant les efforts (transversaux, longitudinaux) appliqués par ce dernier et de les distribuer jusqu'au sol support .Les composantes sont les mêmes d'une voie courante (cité dans le chapitre de la superstructure) mais le matériel va être de plus en plus changé ou développé

I.2.1 Les rails :

Le rail est l'élément le plus important de la voie, pour une vitesse importante (L.G.V) on s'intéresse sur des caractéristiques importantes :

L'inclinaison du rail : représente l'angle entre l'axe de symétrie du profil neuf du rail fixé sur Son support et la perpendiculaire au plan de roulement.

- ✓ Pour une vitesse inférieure ou égale à 280 km/h, l'angle d'inclinaison du rail peut être compris entre 1/20 et 1/40
- ✓ Pour une vitesse supérieure à 280 km/h, les rails doivent être normalement posés avec une inclinaison de 1/20

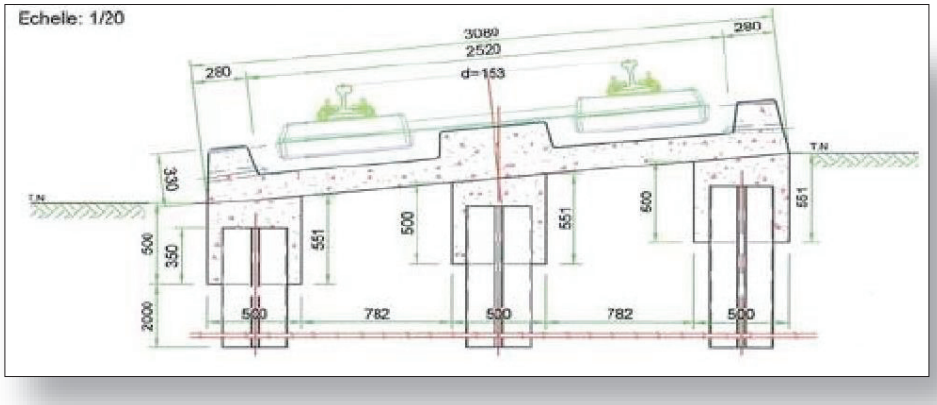
- ✓ Pour les lignes à grande vitesse où la vitesse est inférieure ou égale à 250 km/h, la pose de rails peut se faire sans inclinaison.

vitesse	200<V<250km/h	<280 km/h	>280 km/h
Inclinaison	Sans inclinaison	2.5%-5%	5%

Tableau I.1 : les caractéristiques de l'inclinaison selon la vitesse appliquée

- ✓ Profil de champignon : pente latérale de flanc : entre 1/20 et 1/17,2
- ✓ poids de rail : la masse minimale du rail doit être supérieure à 53 kg/m.
- ✓ montage des rails : basé sur un système utilisé est celui des longs rails soudés (LRS) (le détail dans le chapitre de la superstructure)
- ✓ Pour ce qui concerne les appareils de voie isolés, l'incorporation en LRS par soudure ou avec joints isolants ne pose plus de problèmes si- on respecte certaines règles
- ✓ Le dévers pour les lignes à grandes vitesse :

Figure I.2 : modèle d'un dévers sur une L.G.V



I.2.2 Les traverses :

Le rail, pour conserver sa stabilisation et son écartement, a besoin d'un élément clé, la traverse. Ce matériel de voie ferrée est l'élément qui se situe perpendiculairement à l'axe des voies, sur lesquels sont posés les rails. Les traverses constituent, grâce à leur équilibre, la liaison entre le rail et le ballast.

Les traverses représentent un coût important, ceci est dû à son amortissement et à sa conservation.

I.2.2.1 Les traverses sur les lignes à grandes vitesse :

Sur les lignes grandes vitesses, les deux types de traverse utilisés sont les traverses béton monobloc et les traverses béton bi blocs. Les traverses métalliques ne sont pas utilisables sur

ce type de voie car le bruit créé est insupportable pour le voyageur. D'autre part, les traverses en bois ne sont pas employées car leur résistance, aux efforts dynamiques provoqués par un train à grande vitesse, n'est pas suffisante.

I.2.2.2 Les traverses bi bloc :

Ces traverses ont eu, et ont encore, une très forte utilisation grâce à la simplicité de leur forme, de la facilité de fabrication, en béton simplement armé et de l'excellente résistance latérale, qui est fournit à la voie.

D'autre part, elles souffrent, en général, d'une grande consommation d'acier, nécessaire à la poutre; une mauvaise capacité pour maintenir l'écartement, en raison de sa petite rigidité verticale et transversale; le danger de corrosion de poutre; son mauvais comportement face aux déraillements.

Les lourdes charges (UIC 1, 2 groupes) et les vitesses supérieures à 200 km/h, implique l'utilisation d'un type de traverse bi bloc qu'est dans la figure suivante :

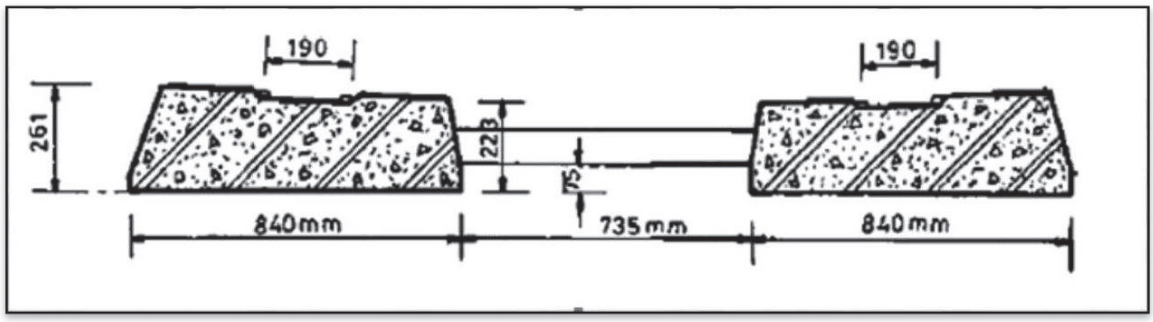


Figure I.3 : type de traverses bi blocs

La traverse bi blocs utilisés sur les lignes grandes vitesse :

- ✓ Les traverses RS
- ✓ Les traverses B450

Avantages et inconvénients de la traverse bi bloc :

Dus à son poids élevé, la traverse bi bloc fournit une résistance transversale très satisfaisante, qui permet la circulation de trains à grande vitesse. Elle maintient l'écartement avec une tolérance satisfaisante et a une durée de vie de 50 ans.

Néanmoins, le comportement des traverses bi blocs est moins satisfaisant lorsque le ballast n'a pas l'épaisseur et les caractéristiques mécaniques appropriées. La répartition de la charge et de la flexibilité est moins satisfaisante avec une traverse bi-blocs qu'une traverse monobloc. En outre, ces traverses exigent des attaches élastiques et leur poids élevé ont pour conséquences une manutention difficile et coûteuse.

I.2.2.3 Les traverses mono bloc :

Les traverses monoblocs sont les plus répandues, et il a été constaté par expérience, que la forme la plus adapté pour les traverses est une section trapézoïdale dans le centre, variant vers les extrêmes de façon progressive et continue, à l'intérieur de caractéristiques générales des différents types existants.

Les traverses mono bloc utilisés sur les lignes grandes vitesse

- ✓ Les traverses DW (DYWIDAG)
- ✓ Les traverses SNCF-VW
- ✓ Les traverses M450

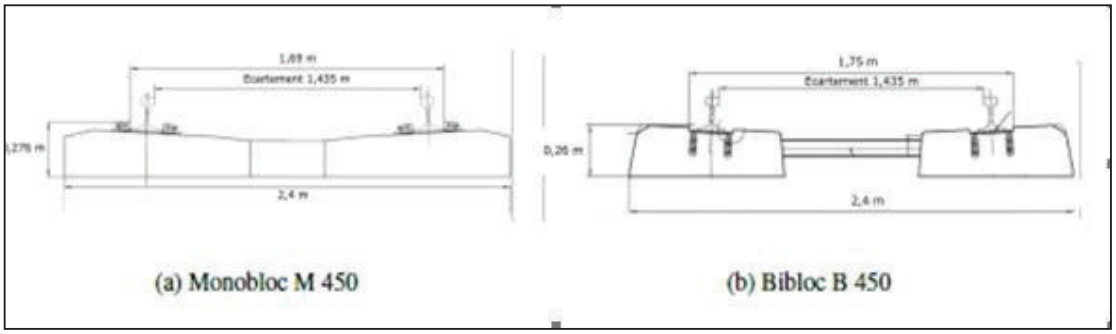


Figure I.4 : Deux types de traverses béton mises en place sur LGV.

Avantages et inconvénients des traverses mono bloc :

Les traverses monoblocs ont un comportement similaire à celui des traverses bi bloc. Qu'ils maintiennent l'écartement de manière satisfaisante et ont une longue vie.

Toutefois, les traverses monoblocs distribuent mieux les charges que les traverses bibloc. Leur résistance transversale est inférieure à celle des traverses bi bloc.

I.2.3 Les attaches :

Ce sont des éléments indispensables pour la fixation du rail sur la traverse. Elles assurent à la fois une élasticité dans le sens vertical et horizontal.

Dans les traverses en béton modernes le rail est fixé à l'aide d'un boulon-tirefond vissé dans une gaine isolante ou non, elle-même scellée dans la traverse, ou à l'aide d'un boulon à tête Marteau R

Les types d'attaches :

- ✓ L'attaches «NABLA»
- ✓ L'attache Vossloh
- ✓ L'attache Pandrol anglaise.
- ✓ L'étrier DE hollandais.
- ✓ L'attache Fist suédoise.

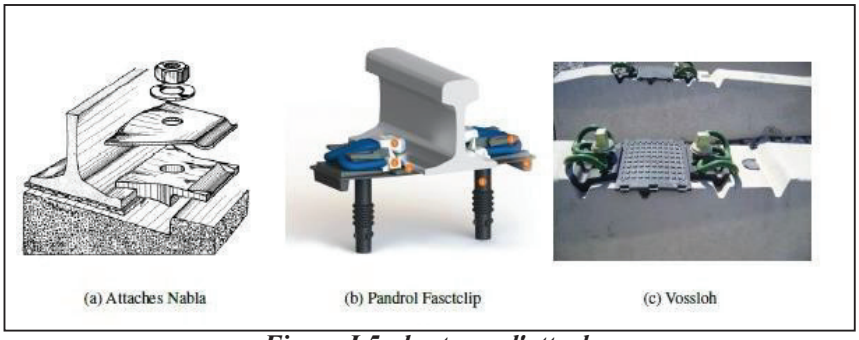


Figure I.5 : les types d'attache

I.2.4 Les sous couches pour la L.G.V :

Une des évolutions de structure de voie possible est le remplacement de la sous-couche granulaire par une couche de grave bitume. Ceci est un levier pour diminuer l'épaisseur de la structure d'assise. En effet, 30 cm de sous-ballast en grave peuvent être remplacés par une couche de grave bitume environ deux fois moins épaisse : 14 cm sur une section expérimentale de la LGV.

L'avantage est induit par la présence de cette couche de grave bitume : diminution des vibrations dans le sol.

L'introduction de géotextiles sous la sous-couche est un moyen de renforcer la structure en présence de sols très souples

Son avantage est

- d'éviter la contamination du ballast par le sol
- Séparation entre ballast et sol
- Filtration pour empêcher l'érosion
- Renforcement du sol
- Un drainage idéal

I.3 Voie ballasté versus voie sur dalle ?

Les voies ballastées et les VSB (Voie Sans Ballast) ont 7 fonctions principales, qui sont les suivantes :

- ✓ Répartir uniformément les charges reçues, vers la plateforme.
- ✓ Stabiliser verticalement, horizontalement et latéralement la voie.
- ✓ Amortir à travers sa structure pseudo élastique, les efforts du véhicule sur la voie.
- ✓ Fournir un certain confort aux passagers.
- ✓ Protéger la plate-forme des variations d'humidité.
- ✓ Faciliter le drainage des eaux pluviales.

- ✓ Permettre la récupération de la qualité de la voie par des opérations d'alignement et de nivellement.

Avantages et inconvénients d'une voie ballastée:

Les principaux avantages d'une voie avec ballast sont :

- ✓ Son comportement est connu jusqu'à des vitesses d'environ 300 km/h
- ✓ Les défauts de fabrication sont faibles.
- ✓ Le coût de construction est modéré.
- ✓ Les nuisances sonores sont réduites.
- ✓ Pour l'entretien, les emplois sont simples et sont très automatisées, de plus il est possible de redonner à la voie ses caractéristiques initiales.

D'autre part, ce système présente des inconvénients : L'inspection et les tâches de maintenance sont très importantes, résultant, par conséquent, un coût d'entretien élevé. Il doit être conservé à l'esprit que, dans le cas de la voie sur dalle, l'entretien est généralement limitée à resserrer attaches dans la plupart des cas .

- ✓ La section transversale requiert une plus grande exigence, par conséquent, une plus grande région d'expropriation et une augmentation du volume de terrassement.
- ✓ Les voies avec ballast pour les lignes à grande vitesse sont dimensionnées à partir de nombreuses études en laboratoire et essais de vitesse, ce qui montre un certain manque de connaissance in situ.

I.4 La voie sur dalle :

- ✓ Est une superstructure pour laquelle le ballast est remplacé par des couches d'assise constituées de dalles en béton.
- ✓ Ce type de voie doit assurer les mêmes fonctions que la voie traditionnelle par la superposition de différents étages de raideurs
- ✓ décroissantes.

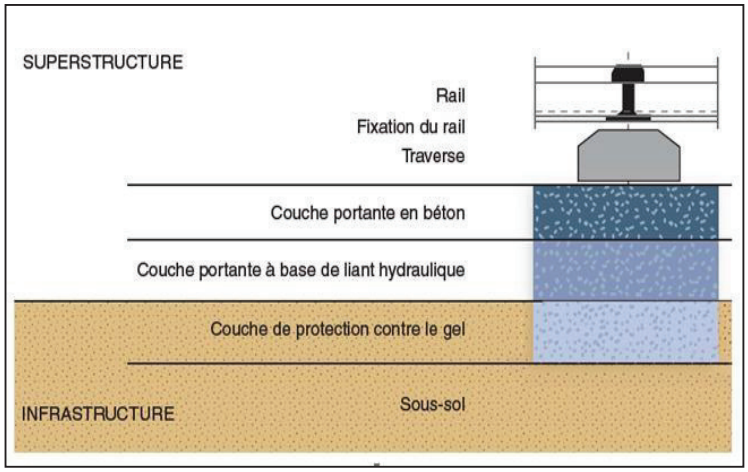


Figure I.6 : composantes de la voie en dalle

Ce type de voie assure une élasticité et un amortissement important et se base sur des techniques que sont :

- ✓ le système spécialisé de traverses en béton noyées dans la dalle en béton
- ✓ l'attache directe de la voie sur « selles »
- ✓ le rail noyé ou « Embedded Rail System » (ERS) : les rails sont maintenus dans des gorges moulées dans le béton par l'intermédiaire d'une résine souple.

I.4.1 Les différentes étapes de la construction de la voie en dalle :

- ✓ Pose des traverses en béton sur la chape en béton.
- ✓ Disposition d'armatures intermédiaires.
- ✓ Positionnement des rails (selles, boulons, ressorts).
- ✓ Installation des bordures latérales (auget).
- ✓ Constitution de la dalle définitive



Figure I.7 : système traverses placés dans un béton coulé in situ

I.4.2 Avantages et inconvénients d'une voie sur dalle :

Les principaux avantages de ce type de voie sont :

- ✓ Pas de défragmentation de ballast
- ✓ Haute résistance aux déplacements latéraux et longitudinaux
- ✓ Pas de défragmentation de ballast
- ✓ Grande durabilité générale de la voie béton

D'autre part, ce système présente des inconvénients :

- ✓ Émissions sonores
- ✓ Transition voie béton

- ✓ Voie ballastée demandant une réalisation rigoureuse
- ✓ Cout de maintenance

I.5 Rhéologie de Ballast vis-à-vis de l'augmentation de la vitesse :

Le ballast est, sans doute, l'élément de la voie ferrée qui a le plus d'influence sur les processus de déformations. Ce fait qualitatif est induit par l'augmentation de la vitesse , oú l'on constate, que l'affaissement total de la voie sous une charge ponctuelle verticale du à la vitesse importante est dû à la couche d'assise du ballast .

Il ressort, en conséquence, l'intérêt que présente l'étude du comportement tension-déformation de cet élément.

Toutefois, il est difficile d'effectuer in situ cette étude, puisque l'interaction existante entre les différents composants de la voie ne permet pas, en général, de distinguer l'influence des différents facteurs agissant simultanément avec le ballast, le rail, la traverse, les attaches et la plate-forme. Le ballast est un élément complexe constitué d'inconnues dépendantes une des autres.

Il est fait appel, alors, à l'étude pilote en laboratoire, grâce à laquelle on obtient des résultats, qui apportent des conclusions d'un grand intérêt. Mais il est toujours nécessaire d'effectuer des essais in situ pour détecter leur comportement en grandeur réelle et par la suite mettre en relation avec les résultats obtenus par les essais.

I.6 Comparaison entre la voie Ballasté/dallé :

Une étude économique va s'orienter à travers celui d'une ligne grande vitesse espagnole.

Pour l'étude économique de la ligne Madrid-Séville, les données témoins sont les suivantes :

• Investissement initial :

- ✓ Voie avec ballast : 500,5 millions euros (base ligne Madrid-Séville);
- ✓ Voie sans ballast : 1019 millions euros (expérience espagnole);

• Entretien de la voie :

Voie avec ballast :

- ✓ scénario 1(trafic faible) 25 millions euros par an.
- ✓ scénario 2 (trafic modéré) 26,48 millions euros par an.
- ✓ scénario 3 (trafic élevé) 27,8 millions euros par an.

Voie sans ballast : le coût est calculé à partir des coûts connus des voies avec ballast, en appliquant un coefficient de réduction de 47%.

Les résultats obtenus par cette étude de l'ingénieur espagnol Antonio Fernandez sont les suivants (en millions d'euro) :

Trafic	Elevé	Modéré	Faible
Voie avec ballast	1045	1067	1089
Voie sans ballast	1248	1259	1269

Tableau I.2: comparaison entre la voie avec/sans ballast

En ce qui concerne la durée de l'investissement, il convient de considérer que la voie sur dalle a une durée de vie utile prévue de 60 ans et la voie avec ballast exigera une rénovation de la superstructure 30 ans après sa mise en place, un investissement qui sera ajouté au coût d'entretien.

En conclusion, et en tenant compte des considérations qui précèdent, dans les trois scénarios examinés l'utilisation de la voie sur dalle entraine un coût plus important en comparaison avec la voie sur ballast.

L'avantage fonctionnel de la VSD est manifeste par rapport à la voie ballastée. A vitesse croissante, la dispersion des sollicitations verticales et horizontales, c'est-à-dire la déformation de la voie, dépend de la qualité géométrique de celle-ci.

I.7 Modélisation de la voie sous l'effet de la vitesse :

Les conditions de circulations doivent respecter toute notion de sécurité, de confort et de stabilité. On s'oriente donc dans une première étape vers des modèles statiques de la voie.

Les matériels roulants circulent très souvent sur des voies qui présentent des défauts. Ces défauts peuvent être de courtes longueurs d'onde et introduire des phénomènes d'hautes fréquences.
Dans ce cas, on représente la voie par des poutres, ressorts, amortisseurs, masses
pour optimiser les règles de calcul des conditions de circulation des matériels roulants nécessite une modélisation numérique de la voie.

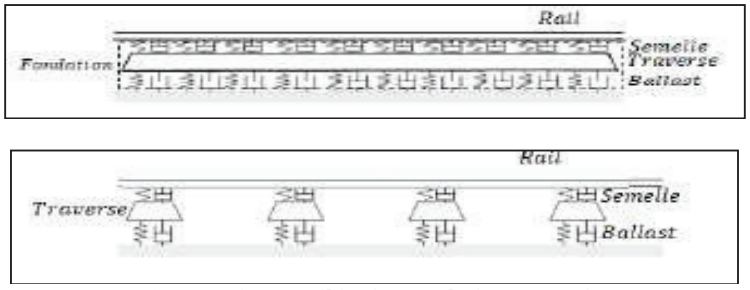


Figure I.8 : Modèle discret à deux couches

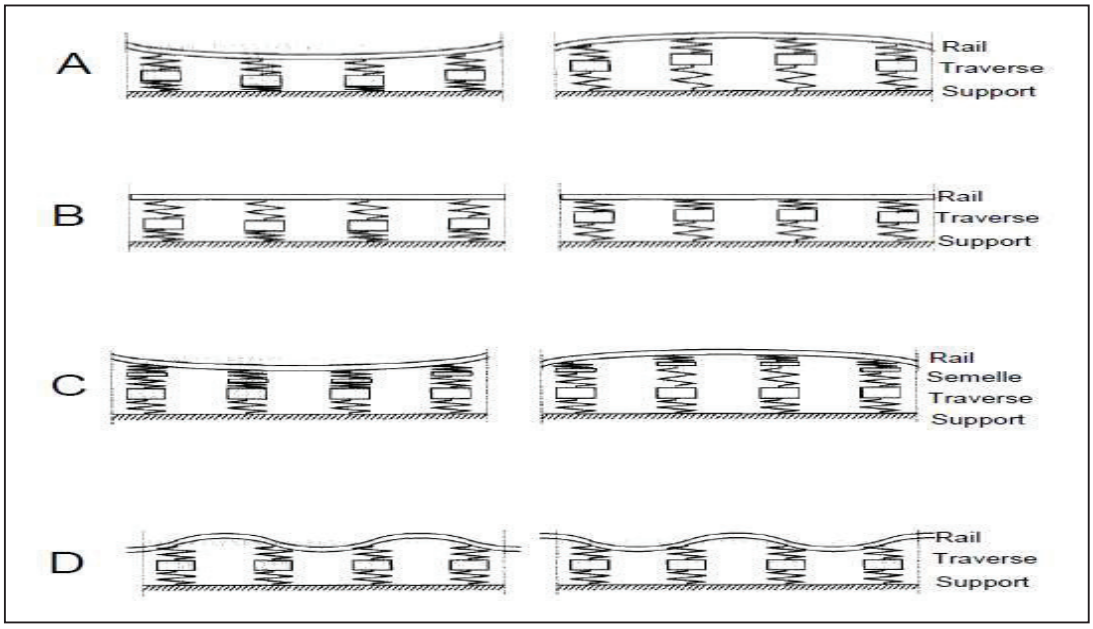


Figure I.9. : Forme des résonances de la voie

I.8 Les désordres induits dans la structure :

La circulation des trains sur une voie ferrée provoque l'émission de vibrations qui sont transmises par le sol à des distances assez grandes.

L'origine de ces vibrations est multiple :

- ✓ successions des charges roulantes.
- ✓ phénomènes de glissement roue/rail.
- ✓ imperfections dans la géométrie de la roue et du rail.
- ✓ vitesse de circulation importante.

I.9 Conclusion :

Augmentation de la vitesse (les lignes à grande vitesse) assument une grande importance dans la dynamisation du transport, qu'il soit de marchandises ou de passagers au niveau mondial, ceci en réponse à une demande et une compétitivité accrue des modes de transport ces dernières décennies.

Dans ce contexte, il a fallu mettre en place des voies répondant à un certains nombres de critères de sécurité, d'usure, de confort du passager

D'un point de vue personnel, cette dissertation m'a démontré que le matériel de voie pour les lignes à grande vitesse, s'il n'est pas différent fondamentalement du matériel de voie courant, doit être de très haute qualité et correspondre aux exigences particulières des grandes vitesses. Ce thème m'a apporté une autre image de la voie ferrée et une satisfaction proportionnée par un approfondissement de connaissances jadis abordés de manière succinct par les cours de Chemins de Fer.

CHAPITRE II : LE TRANSPORT FIRROVIERE



II.1. INTRODUCTION :

Le transport est un secteur clé pour le développement d'un territoire donné. En effet, dans une économie moderne, le transport joue un rôle prépondérant, non seulement il facilite les échanges entre les agents économiques, mais également améliore la circulation des personnes et des biens, des idées et des services, ainsi que le raffermissement des liens d'amitié et de fraternité entre les peuples

II.2. Etat des infrastructures de transport en Algérie :

A son indépendance en 1962, l'Algérie a hérité, outre que sa situation de sous-développement, d'un territoire totalement désarticulé par les formes d'organisation imposées par la colonisation. Le réseau des infrastructures de transport, quant à lui, présente une configuration mise en place par la colonisation qui a conduit au développement des régions qui en étaient les mieux dotées et donc les plus à même de répondre à court terme aux objectifs de production industrielle et d'indépendance économique du pays.

Les infrastructures de transport sont largement orientées au bénéfice de la route, pour des raisons de choix initiaux du pays au lendemain de l'indépendance et restent concentrés dans la frange nord du territoire, en accentuant son occupation déséquilibrée..

II.3. Avantages des chemins de fer :

Le chemin de fer est le moyen de transport issu de la première révolution industrielle, associant une infrastructure, la voie ferrée, des véhicules spécifiques, les locomotives, voitures et wagons, et un système d'exploitation totalement intégré.
Le transport ferroviaire s'effectue sur des voies ferrées, et comprend par conséquent, le train, le métro, le tramway. C'est le seul moyen de transport (avec certains navires à propulsion nucléaire) qui utilise à ce jour, l'électricité massivement, comme source d'énergie. Il présent par conséquent de nombreux avantages, sur les autres modes de transport :

- ✓ Le transport par voie ferrée est souvent plus rapide que par la route (Système de guidage et absence d'obstacle).
- ✓ Il est relativement peu couteux, car la puissance développée par des moteurs électriques relativement légers permet le transport de charges importantes, parce que l'énergie n'a pas besoin d'être stockée, parce qu'elle est bon marché si elle est produite par des installations nucléaires.

- ✓ Il est non polluant, et peut être bientôt encore plus si l'énergie est produite par les systèmes géothermiques, solaire.
- ✓ Il garantit aux états leur indépendance énergétique à long terme, si le pays n'utilise pas d'hydrocarbures pour la production (Pétrole) de gaz ou de charbon pour la produite, et qu'il en détient pas.
- ✓ Fluidité du trafic et respect des délais.

Ceci explique le succès grandissant du transport par voie ferrée de voyageurs au niveau de la ville et du pays (liaisons interurbaines, suburbaines, et urbaines) et maintenant, aussi pour les marchandises au niveau continental grâce aux trains à grande vitesse T.G.V aux ponts et aux tunnels (Tunnel sous la manche).

Le transport ferroviaire de marchandises ou de personnes nécessitent la mise en œuvre d'infrastructures de transferts (multi modalité), pour acheminer et transborder les personnes jusqu'à leur train, et la marchandise ou la remorque et le camion, jusqu'à sa plate-forme, et pour effectuer ensuite l'opération inverse.

II.4. Réseaux ferroviaires algériens :

Le réseau ferré Algérien a connu beaucoup d'étapes depuis sa naissance jusqu'à Aujourd'hui, soit : Le réseau avant 1980 qui comptait 2649 km des lignes à voie normale et 1112 km des lignes à voie étroite (le total étant de 3761 km), et dans sa décennie d'investissement (1980) il y en la création de 303 km de lignes nouvelles et renouvellement de la voie et ballast sur 800 km ainsi que 300 ponts et 4 tunnels.

Puis l'investissement dans la décennie 1990, le déploiement de 425 km de fibre optique, 277 km des lignes nouvelles et renouvellement de la voie et ballast sur 1000 km, ainsi que 200 ponts et 4 tunnels. A partir de l'an 2000, le réseau Algérien a connu l'électrification de 340 km et la réalisation de 500km des lignes nouvelles

Constitution du réseau :

Le réseau ferroviaire est constitué de 4653 km de voies dont la longueur exploitée est de 3.945km . Le réseau comporte, en outre, 3000 ouvrages d'art, 120 tunnels et 200 gares ouvertes au trafic marchandises et voyageurs et de 200 embranchement, raccordant les unités et zones industrielles et les principaux ports. La SNTF disposait d'un effectif de 15847 employés en 1995 (info .SNTF – Filiale statistique). Le réseau se compose de :

- 2700 km de voies normales dont 300 électrique,
- 305 km de doubles voies,
- 1200 km de voies étroites (Mohamadia, Béchar, Blida, Djelfa, Relizane, Tiaret etc.…).

II.5. Parc du matériel roulant :

Le matériel roulant (locomotives, wagons, voitures à voyageurs) a connu dernièrement un effort d'investissement pour rajeunir le parc et l'adapter aux différentes missions du chemin de fer (transport collectif sur de longues distances et transport spécialisé). Le parc du matériel roulant est constitué de

- ✓ 145 locomotives diesel pour voie normale (V.N),
- ✓ 27 locomotives diesel pour voie étroite (V.E),
- ✓ 27 locomotives tractrices pour (V.N),
- ✓ 600 voitures de voyageurs,
- ✓ 371 voitures pour les grandes lignes dont 330 pour les (V.N).

En outre, le parc comprend des véhicules d'entretien de travaux de la pose et de renouvellement…etc. (SNTF).

II.6. Le trafic ferroviaire :

Le chemin de fer qui assurait en 1970 près de 30% du trafic national de voyageurs et de marchandises a vu sa part relative du marché, réduite actuellement à seulement 12.3 % du trafic marchandises et 16.2% du trafic voyageurs.

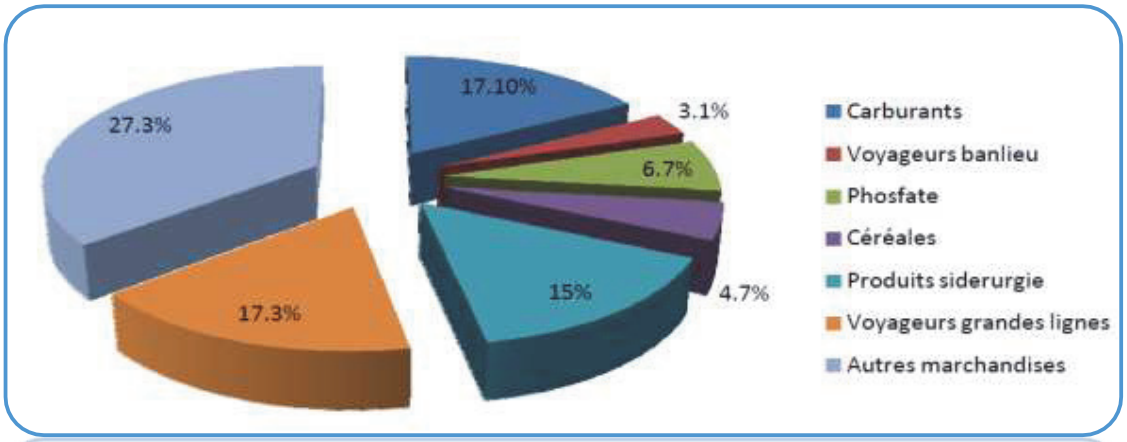


Figure II.1 : Répartition du trafic du transport ferroviaire

Le schéma du secteur suivant indique la répartition du trafic et son pourcentage pour chaque type de transport ferroviaire

II.6.1. Le transport commercial :

Le transport commercial ferroviaire en Algérie concerne surtout les carburants liquides, les produits sidérurgiques et une partie du phosphate.
En 1995 le volume de marchandises transportées a atteint 5.243.645 tonnes avec un parcours moyen de la tonne de 245 km.
Malgré la recette de transport augmentée de 8.845% (entre 1994 et 1995) le tonnage des wagons complets est en baisse de 15.85%.

II.6.2. Le transport de voyageurs :

Le trafic des voyageurs se voit dans les grandes lignes par un pourcentage de 17.3% du trafic ferroviaire total et celui des banlieues est de 3.1% .En 1995 le nombre de voyageurs transportés a atteint 40.467.780 avec un parcours moyen de 39 km et une recette de 737.180.529DA.
La baisse marquée pour le transport ferroviaire est dû aux :

1. Incidents d'exploitation
2. Actes de sabotage
3. Passivité commerciale

D'où un recours aux autres modes de transport parmi lesquels, la route qui assure l'essentiel des transports.

II.7. Le programme de développement des infrastructures ferroviaires

PROJETS EN COURS (TRAVAUX ET ETUDES)

Doublement avec rectification de tracé de la rocade Nord :

Frontière algéro - marocaine (Akkid Abbes) - Tlemcen - Sidi Bel Abbes - Oran - Relizane -Chlef - Blida - Alger - Bouira - Bordj Bouareridj - Sétif - Constantine - Annaba – frontière tunisienne (Tabarka)

Réalisation nouvelle de la rocade des Hauts Plateaux :

Moulay Slissen - Saida - Tiaret -Tissemsilt - Boughzoul - Msila - Ain Touta - Ain Mlila – Tébessa

Réalisation de la pénétrante Ouest :

Sidi Bel Abbes - Moulay Slissen - Mecheria – Bechar

Réalisation de la pénétrante centre :

Boumedfaa - Boughzoul - Djelfa - Laghouat - Ghardaia - Ouargla et Hassi Messaoud

Modernisation et prolongement de la pénétrante Est :

El Gourzi - Ain Mlila - Batna - ; Biskra - Touggourt - Hassi Messaoud

Effectuer un maillage serré autour de la rocade Nord Electrification de toute la rocade Nord Modernisation des systèmes de signalisation en cours

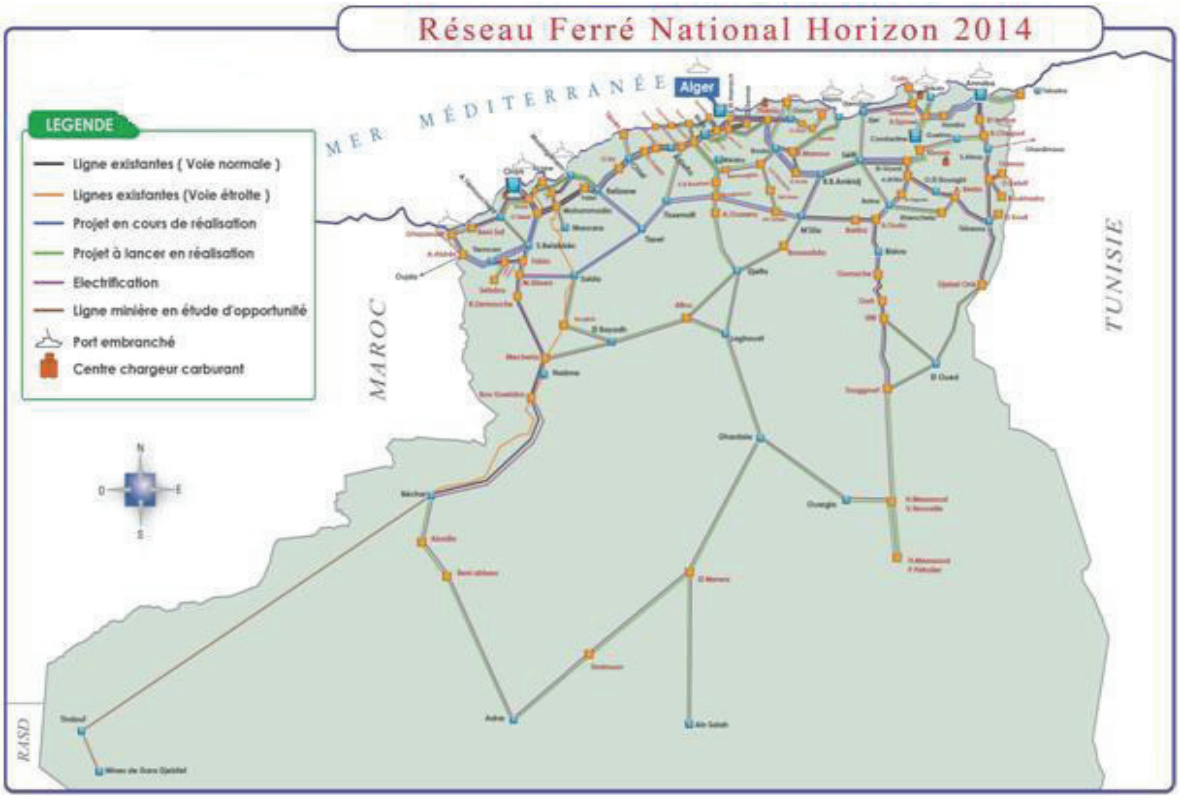


Figure II.2 : le réseau ferroviaire algérien et son plan de développement

II.8. Le rail en Algérie et son plan de développement

Loin d'être dépassé, le rail demeure un moyen de transport incontournable, partout dans le monde. Mode dominant pour le transport des marchandises, c'est également un transport économique.

En Algérie le réseau ferroviaire est resté presque inchangé en totalité, aucun investissement important n'ayant été fait, pour la construction des voies ferrées modernes de grande longueur.

Aujourd'hui ça commence a changé, le secteur ferroviaire connait une véritable relance, un budget important a été alloué à ce secteur, qui servira à moderniser l'infrastructure ferroviaire, une nécessité absolue compte tenu de la vétusté de l'infrastructure existante. La mise en service d'un réseau moderne aura pour effet de réduire le temps de parcours des trains, le développement économique du pays et de relier les villes et les villages d'Algérie en un temps record avec une sécurité supérieure en prime.

Elle permettra enfin de désenclaver les régions du pays en les reliant au réseau ferroviaire existant.

En résumé il s'agit de rénover l'ensemble des voies existantes, procéder a leur doublement, électrifier la rocade nord et acquérir de nouveaux équipement en matériel roulant, pour la signalisation, ainsi que pour la télécommunication.

(1) on donne les grands axes du plan de modernisation du rail en Algérie :

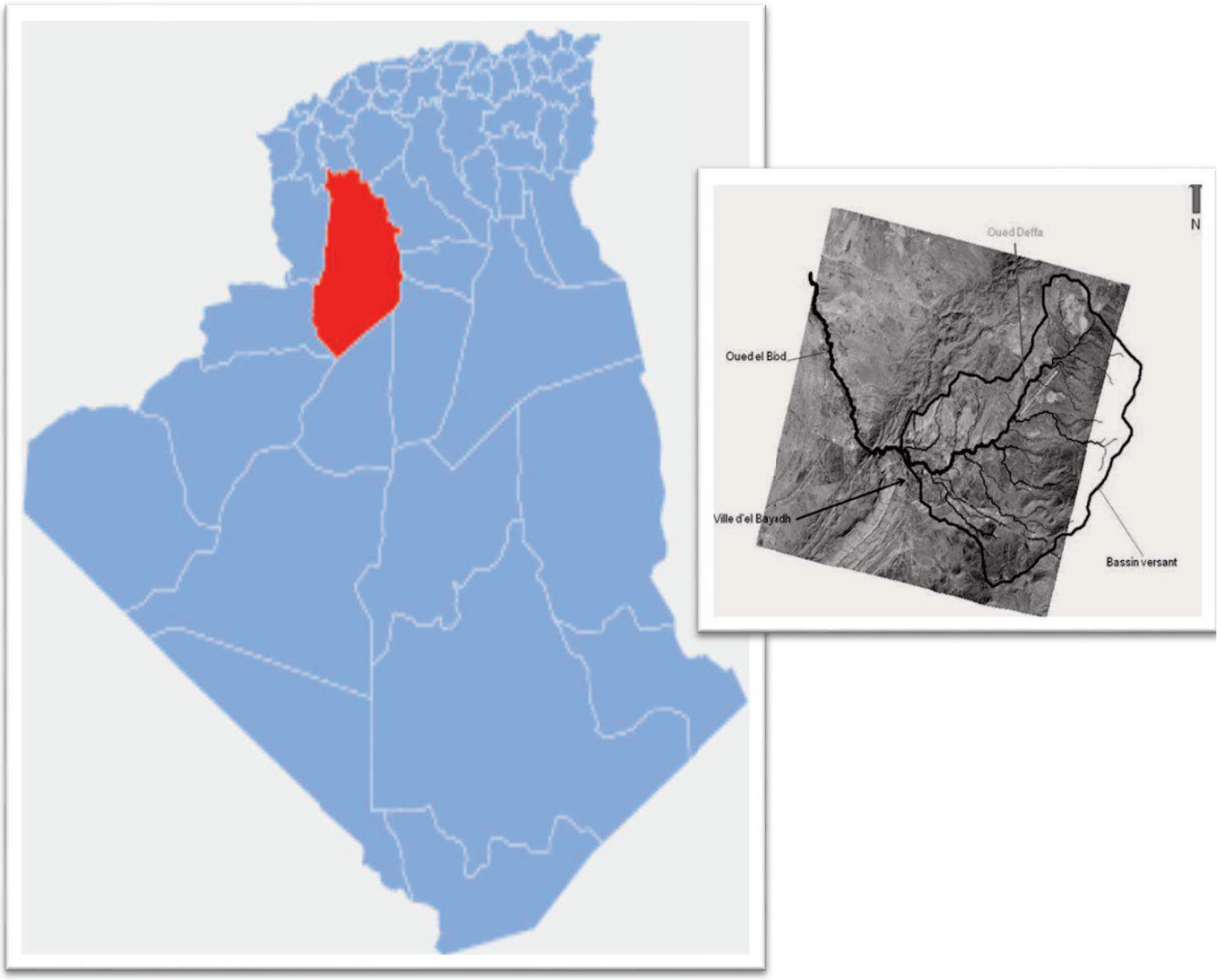
- Modernisation des lignes existantes : 855 Km.
- Doublement des voies : 430 Km.
- Ligne des hauts plateaux : 600 Km.
- Boucle du sud : 800 Km.
- Autres lignes : 1.120 Km.
- Autres lignes en cours de réalisation : 828 Km.
- Lignes Projetées : 1.400 Km.

(1) Ces données sont tirées du site internet de L'**ANESRIF** (**A**gence **N**ationale d'**É**tude et de **S**uivi de la **R**éalisation des **I**nvestissements **F**erroviaires).

II.9 Conclusion

On peut conclure que la politique de l'Algérie est un peu en retard en ce qui concerne le développement des chemins de fer. Il est plus que nécessaire, pour l'amélioration des conditions de l'investissement ainsi que pour le commerce et l'augmentation des échanges entre les différentes régions dans le pays, de favoriser ce secteur. Le projet de la rocade des hauts plateaux dans lequel s'intègre notre étude, permettra d'atteindre cet objectif et de rendre efficace le niveau de développements de l'économie du pays.

CHAPITRE III : PRESENTATION DE PROJET



III.1. Introduction :

Dans le cadre de son programme pour le développement des transports ferroviaires inscrit au plan quinquennal du secteur du transport algérien, l'ANESRIF restructure le réseau ferroviaire national en modernisant les lignes Saïda / Tiaret, Saïda / Mohammadia, Saïda / Moulay Slissen, El Bayadh / Mécheria, El Bayadh / Djelfa et Redem Demouche / Mécheria dans les wilayas de Saïda, El Bayadh et Naama.

Ce plan de développement intègre la construction d'une nouvelle ligne mixte (voyageurs et marchandises) électrifiée entre Saida et El Bayadh desservant les villes de Saida, Ain El Hadjar, Sidi Ahmed, El Kheither, Bougtob et/ou El Biodh, Kef El Ahmar, El Bayadh, d'une longeur d'environ deux cent (200) km pour une exploitation à 220Km/h.

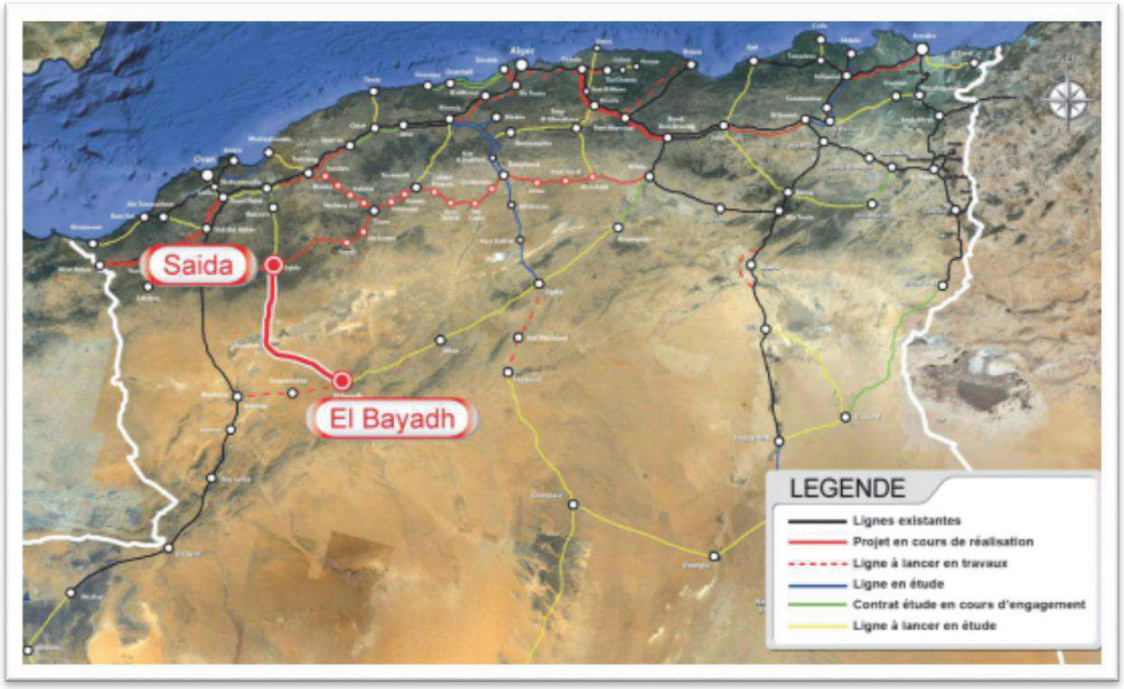


Figure III. 1 : Plan de localisation du projet Saida – El Bayadh

III.2. Présentation de projet :

la Wilaya est comprise entre les parallèles 30° 42'et 34° 28' de l'altitude Nord et entre les méridiens de longitude 0° 24' à l'Ouest fuseau 30 et 2° 16' à l'Est fuseau 31. Elle s'étend sur une superficie de 71 697 km², soit 3 % du territoire national.

III.2.1. La wilaya d'El Bayadh est délimitée :

- ✓ au nord, par les wilayas de Saïda et de Tiaret .

- ✓ à l'est, par les wilayas de Laghouat et de Ghardaïa .
- ✓ au sud-est, par la wilaya d'Adrar ;au sud-ouest, par la wilaya de Béchar ;à l'ouest, par la wilaya de Naâma .
- ✓ au nord-ouest, par la wilaya de Sidi Bel Abbès.La wilaya d'El Bayadh fait partie intégrante de la région des Haute Plaines steppiques du Sud-Ouest algérien. Sur le plan physique, elle présente trois grandes zones distinctes :

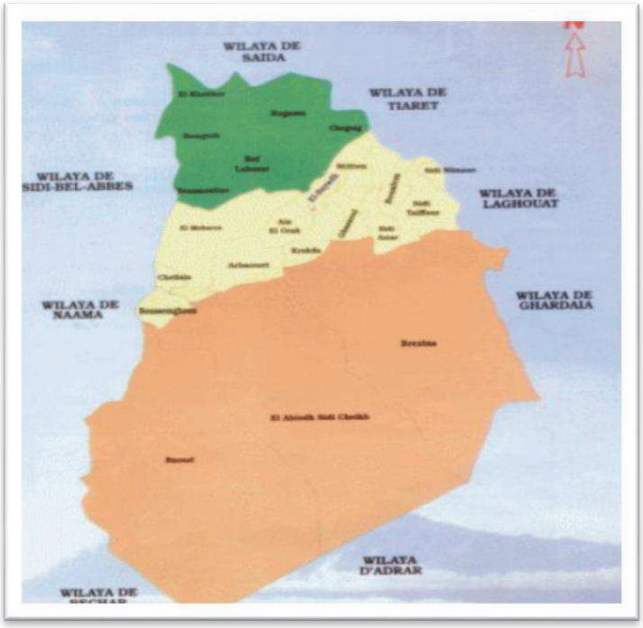


Figure III.2 : Les limitrophes de la wilaya d'El Bayadh

- ✓ Au nord : les Hautes Plaines ;
- ✓ Au centre : l'Atlas saharien ;
- ✓ Au sud : la frontière présaharienne.
- ✓ La Wilaya est constituée de 8 daïras et 22 communes :

Daïras	Communes
El Bayadh	**El Bayadh**
Boualem	**Boualem - Sidi Amar - Sidi Taiffour - Sidi Slimane et Stitten**
Brezina	**Brezina - Ghassoul et Krakda**
Bougtob	**Bougtob - El Kheiter et Tousmouline**
El Abiodh S.C	**Abiodh Sid Cheikh - Bnoud – Ain El Orak et Arbaouet**
Chellala	**Chellala et Mehara**
Boussemghoun	**Boussemghoun**
Rogassa	**Rogassa - Kef Lahmar et Cheguig**

Tableau III.1 : daïras et communes de la wilaya d'El Bayadh

III.2.2. Relief :

Le relief de la Wilaya est constitué en grande partie :

Montagnes	6.111 km
Collines et piémonts	10.422 km²
Plaines	47.254 km²
Autres	7.910 km²

La superficie de la Wilaya est présentée par :

Nord - Hautes Plaines	8.778 km²
Centre - Atlas Saharien	11.846 km²
Sud - Prés Saharienne	51.073 km²

III.2.3. Les zones :

Cette wilaya est constituée de 03 zones distinctes qui sont :

La zone des Hautes : Plaines (8778 Km2) composées de 06 communes. Cette zone se caractérise par la faiblesse et l'irrégularité des précipitations, la gelée (40 à 60 jour) et la présence de vents chaux (sirocco) avec des périodes sèches. Sur le plan bioclimatique, cette zone fait partie de l'étage aride frais.

La Zone de l'Atlas Saharien (11846 Km2) composé de 13 communes. Elle présente une situation bioclimatique (semi-aride froid) et bénéficie de l'apport en eau et alluvions provenant des sommets et versants des reliefs montagneux. Les précipitations sont relativement plus importantes par rapport aux autres zones.

La Zone Pré- Saharienne (51073 Km2) constituée 03 communes, est la partie la plus désavantagée. Elle représente la superficie la plus importante de la Wilaya (71 % de la superficie totale).

III.2.4. Le climat :

Le climat algérien est un climat de transition entre le climat tempéré humide et le climat désertique. Il varie de manière contrastée du type méditerranée et semi-aride dans le Nord vers le type désertique dans le Sahara.

El Bayadh bénéficie d'un climat de steppe, la wilaya est caractérisée par deux périodes principales un hiver rigoureux avec de fréquentes chutes de neige et un été chaud et très sec

Les précipitations sont faibles à El Bayadh. Cette dernière affiche une température annuelle moyenne de 19.5 °C (1972-2003) La moyenne de précipitations annuelles atteintes 335 mm (1969-1995)

III.2.5. Les températures :

Les valeurs mensuelles des températures moyennes au niveau de la station de Saida sont reportées dans le graphe suivant :

- ✓ La température annuelle moyenne de la région EL-BAYADH varie de 15 à 20 c°
- ✓ La température de saison estivale varie de 30 à 40 c°
- ✓ La température hivernale varie de 4 à 10 c°

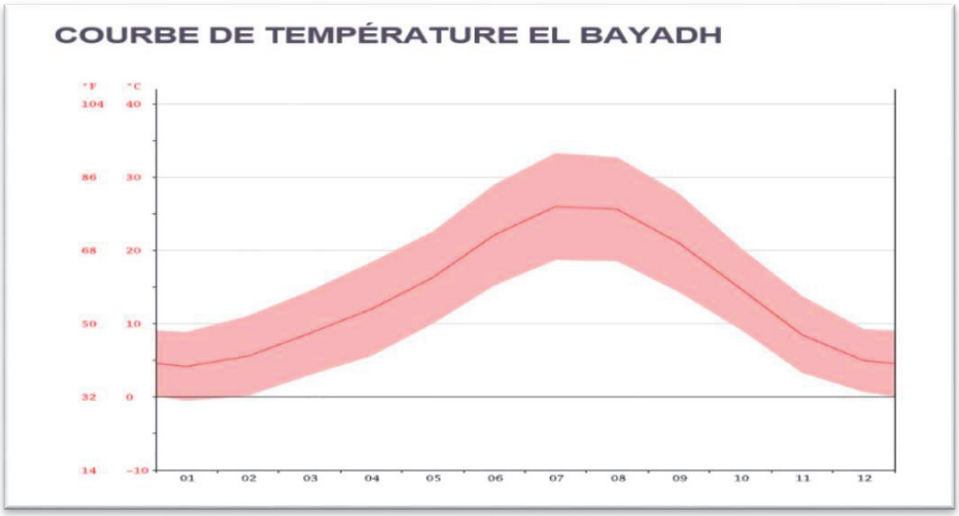


Figure III.3: courbe de température EL BAYADH"

Présentation de projet :

Notre projet porte sur un travail intitulé par : « Étude APD de la ligne ferroviaire à voie unique Saida –bayadh du PK 94+000 au PK 118 +000 avec la conception de la gare de Bougtob ».
Cette nouvelle ligne est destinée au transport de marchandises et de voyageurs.
Le but de cette étude est de faire un tracé économique qui doit répondre aux besoins et aux termes de références exigé pour une vitesse de circulation de 220km/h.

Cette partie est détaillée dans **l'Annexe A.**

III.3. Objectif du projet :

- ✓ Amélioration de transport (voyageurs, marchandises)
- ✓ L'étude doit permettre :
  - Amélioration des performances du chemin de fer
  - Désenclavement et développement des régions du sud
- ✓ Gagner des temps pour les usagers et gagner des espaces pour les gestionnaires de la ville
- ✓ Amélioration des conditions d'exploitation Exploiter ces liaisons ferroviaires pour le transport de carburants Transport des marchandises.
- ✓ Un haut degré de performance.
- ✓ Une vitesse significativement augmentée (220km).
- ✓ Un transport ferroviaire plus compétitif.
- ✓ Un meilleur niveau de sécurité.
- ✓ Un profil adapté à l'électrification.

III.4. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE LA LIGNE PROJETEE :

Les caractéristiques de la ligne projetée que l'ANESRIF a précisée sont comme suit :

Ce plan de développement intègre la construction d'une nouvelle ligne ferroviaire entre Saida et El Bayadh desservant la ville de Bogtob, d'une longueur d'environ (200 km) pour une exploitation à 220 km/h.

- ✓ Vitesse de conception de la ligne :
  - Voyageurs : 220 km/h
  - Marchandises : 100 km/h
- ✓ Ligne à voie unique
- ✓ Ouvrages d'art prévus pour double voie
- ✓ Ecartement standard (1435 mm en alignement)
- ✓ Entre axes : 4,20 m
- ✓ Charge à l'essieu :
  - Infrastructure : 22,5 T
  - Ouvrage d'art : 25,0 T
- ✓ Gabarit d'obstacle : UIC (y compris caténaire en 25 kV)
- ✓ Voie équipée de rails UIC 60 posés sur traverses en béton armé
- ✓ Mode de traction : diesel / électrique

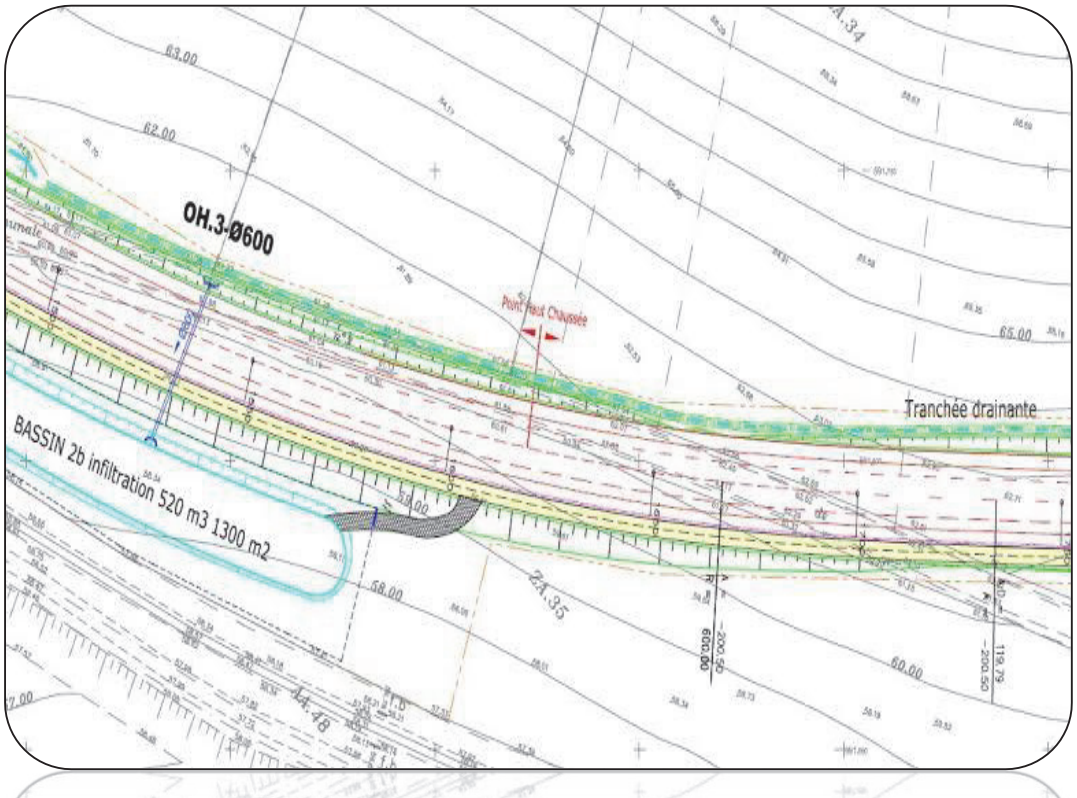
- ✓ Profil en long de la voie
  - Rampes et pentes max en pleine voie : Souhaitable 12 ‰, Maximale 16 ‰
  - Au niveau des gares : 0‰
- ✓ Signalisation de type ERTMS
- ✓ Télétransmissions de type GSM-R et fibre optique
- ✓ Electrification en 25 kV/50Hz
- ✓ La ligne ne comprend aucun passage à niveau

III.5. Conclusion :

La réalisation des liaisons ferroviaires entre les villes est un facteur qui influe directement sur le développement économique d'une région. La ligne ferroviaire reliant la wilaya Saida à El Bayadh, est un projet qui permettra de relancer l'activité économique et de résoudre différents problèmes liés au transport.

Ainsi, dans les chapitres qui suivent, les aspects techniques, environnementaux et financiers feront l'objet d'une étude détaillée conduite selon les normes techniques régissant le transport ferroviaire. Un devis estimatif du coût du projet destiné au maitre de l'ouvrage sera élaboré.

CHAPITRE IV : TRACE EN PLAN



IV.1. Introduction :

L'étude géométrique du tracé de la voie à pour but d'obtenir un bon roulement des véhicules, il est donc indispensable de rechercher la meilleure forme géométrique à donner à la surface de roulement de la voie et du tracé adopté pour cette surface.

Le tracé en plan de la voie ferrée est une projection orthogonale de tous les points sur un plan horizontal, il est constitué en générale d'une succession d'alignements droits et d'arcs de cercles relié entre eux par des courbes de raccordement progressif.
En chemin de fer le tracé en plan est caractérisé par deux vitesses :
$\mathbf{V_r}$: vitesse des trains rapides (voyageurs)
$\mathbf{V_L}$: vitesse des trains lents (marchandises)

IV.2. Critère de limitations des paramètres de tracé :

Parmi les paramètres définissant la géométrie du tracé certains ont été limites afin de respecter les exigences de la sécurité, de confort pour les voyageurs et tenue de la voie Des valeurs limites suivantes ont été définies :

- ✓ Valeur limite normale : valeurs à ne dépasser pour les circulations roulant aux vitesses maximales ou minimales admissibles
- ✓ Valeur limite exceptionnelle : c'est une valeur plus défavorable que la valeur limite normale, qui peut être utilisée dans circonstances exceptionnelles

Les valeurs limites normales et exceptionnelles conditionneront la définition géométrique du tracé.

IV.3. Règles à respecter dans le tracé en plan :

Pour faire un bon tracé dans les normes avec un minimum de coût (économique et technique), on doit respecter certaines conditions à savoir :

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans les fiches UIC, Il faut respecter ces normes dans la conception ou dans la réalisation. Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qui nous semblent pertinentes.
L'adaptation du tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.

- ✓ Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières
- ✓ Eviter au maximum les propriétés privées

- ✓ Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques, si le franchissement est obligatoire éviter les ouvrages biais.
- ✓ Eviter les sites qui sont sujet à des problèmes géologiques (présence de failles ou des matériaux pressentant des caractéristiques très médiocres).
- ✓ Essayer d'utiliser le maximum d'alignement,
- ✓ Suivre les courbes de niveau afin de diminuer le terrassement.
- ✓ Eviter les problèmes de talus :
  - ➢ **Talus en déblai**

Présence de nappe

Terrains plastiques

Présence de roches fissurées

- ➢ **Talus en remblai :**

Présence de terrain instable (pouvant être mis en mouvement par le remblai)

Sol très compressible

IV.4. Eléments de trace en plan :

L'axe du tracé en plan est constitué d'une succession des :

1/ Alignement droit(R=∞) :

2/ Pleine courbe (courbe circulaire) (R=constante) :

3/ Courbe de transition (la clothoide) (R=variable) :

Comme il schématisé dans la **figure IV.1** suivante :

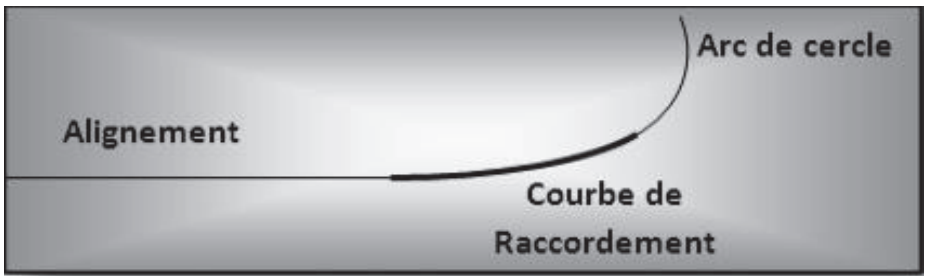


Figure IV.1 : Les éléments du tracé en plan.

IV.5. Paramètre de conception de la voie :

IV.5.1 Rayon minimal :

Les paramètres à prendre en considération pour la détermination des rayons de courbure minimaux sont :

- ✓ Les vitesses maximales et minimales d'exploitation.
- ✓ Le dévers appliqué ou dévers normal ou réel.
- ✓ Les valeurs limites d'insuffisance et d'excès de devers.

Donc le rayon minimum doit se traduire par l'équation suivante :

$$Rmin = \frac{11.8 \times Vv^2}{dmax + Imax} \ [m]$$

Avec :

- $\mathbf{R_{min}}$ = Rayon de courbe **[m]**
- $\mathbf{V_v}$ = Vitesse **[km/h]**
- $\mathbf{d_{max}}$ = Dévers max **[mm]**
- $\mathbf{I_{max}}$ = Insuffisance de dévers **[mm]**

IV.5.2 Les dévers :

D'après les lois de la mécanique classique un point matériel qui se déplace dans une courbe subit une force centrifuge qui a tendance à renverser le matériel roulant à l'extérieur du virage. Cette force peut conduire au déraillement du train et à la fatigue de la voie et des roulants, pour annuler ou modérer cette force, on surélève le rail ou la file extérieur de la voie, cette différence de niveau dans une courbe est appelée 'dévers'.

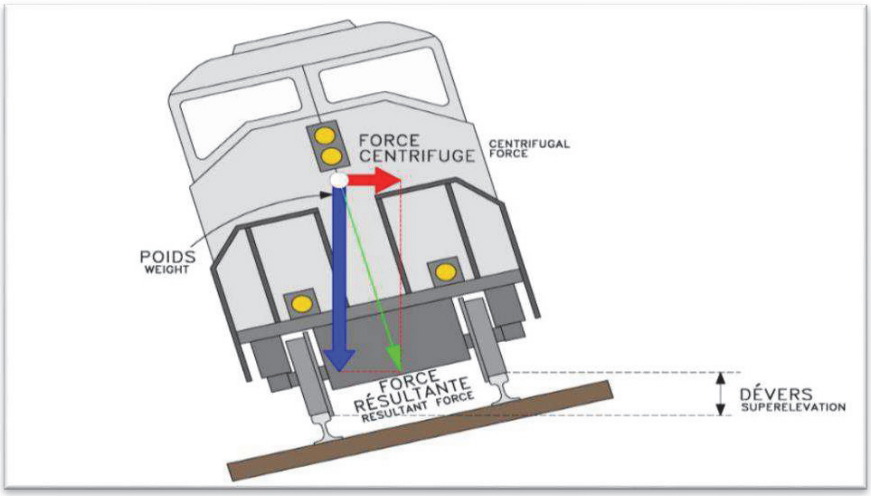


Figure IV.2 : force centrifuge et devers.

IV.5.2.1 Le dévers théorique (d'équilibre) : d_{th} [mm]

Pour une vitesse V du train on établit le dévers nécessaire qui sert à annuler la force centrifuge et la force latérale et assurer la stabilité sur la voie et le confort des voyageurs.

La résultante doit être mécaniquement perpendiculaire au milieu de l'écartement.
Pour une courbe de rayon «**R** et une vitesse du train **V**, la force centrifuge **F** est donnée par cette relation :

$$F = \frac{M \times V^2}{R}$$

Le poids du véhicule est donné par la relation : **P=mg**

$$\tan \alpha = \frac{F}{P} = \frac{V^2}{R.g}$$

($\alpha \ll 0$ *donc* sin ($\alpha \approx 0$))

Ona: $d = e.sin\alpha = e.tan\ \alpha = e.$ V²/R.g

- Avec :
- a : accélération centrifuge
- g =9.81 m/s^2 accélération verticale due à la pesanteur.
- L=1.5 m : l'écartement des deux fils de rail.
- Angle de dévers, entre la résultante P et la force verticale G.

Donc la valeur du devers théorique est donné par cette relation :

$$dth = \frac{11.8 \times Vv^2}{R} \quad [mm]$$

Avec :(**d** : en **[mm]**, **R :** en **[m]** et **V :** en **[Km/h]**).

IV.5.2.2 Dévers pratique :

Sa valeur est compris entre celle des trains rapides et celle des trains lents, elle est donnée par :

- **dp** en **[mm]**
- **C** Coefficient de devers
- **R** en **[m]**

$$dp = 1000 \times \frac{C}{R} \quad [mm]$$

IV.5.2.3 Calcul de coefficient de dévers « C » :

Pour le calcul de coefficient de dévers « **C** » on peut utiliser les formules suivantes :

1er formule :

$$C = 0.006 * Vv^2$$

2eme formule :

$$C = \frac{dRmin \times Rmin}{1000}$$

Avec :

$$dRmin = \frac{V^2max \times Emax + V^2 min \times Imax}{V^2max - V^2min}$$

Et :

$$Rmin = \frac{11.8 \times Vv^2}{dmax + Imax}$$

Avec :

- d_{Rmin} : Dévers pour le rayon minimum **[mm].**
- V_v**:** vitesse maximum des trains voyageurs **[km/h].**
- V_m**:** vitesse des trains marchandise **[Km/h].**
- E_{max} : Valeur admissible d'excès de dévers **[mm].**

- **I_{max}** : Valeur admissible d'insuffisance de dévers **[mm].**
- **R_{min}** : Rayon minimum pour la vitesse maximum **[m].**
- **C :** coefficient de dévers.

IV.5.2.4 L'insuffisance et l'excès de dévers :

Les trains de voyageurs nécessitent des dévers plus importants que celle des trains de marchandises. Pour une vitesse $V_{v\ des}$ trains rapides, un dévers rend difficile sinon impossible, pour le démarrage des trains de marchandise à cause de la traction, de plus, les surcharges entraînent l'écartement des champignons et la formation des bavures. Pour un dévers d_L correspond à une vitesse V_L des trains de marchandises, le voyageur ressent un confort marqué, un chan de freinage de la file supérieure et la fatigue de ses attaches.

L'insuffisance de dévers : C'est la différence entre le dévers théorique des trains rapides et le dévers normal (pratique).

$$\mathbf{I = d_v - d}$$

d_v : dévers théorique des trains rapides

Les valeurs limites de l'insuffisance de dévers pour les trains rapides en voie principale et en voie de circulation sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Valeur recommandé (mm	**150**
Valeur maximale (mm)	160

Pour les valeurs de **R** et **d** fixées, l'insuffisance de dévers détermine la vitesse maximale en pleine courbe, de telle manière que :

$$I = \frac{11.8 \times Vv^2}{R} - dp \ [mm]$$

IV.5.2.5 L'excès de dévers :

C'est la différence entre le dévers théorique des trains lents et le dévers pratiques :

$$E = dp - dth \quad [mm]$$

$$E = dp - \frac{11.8 \times Vm^2}{R} \quad [mm]$$

Avec :

- V_m en **[km/h]**
- **R** en **[m]**
- D_p en **[mm].**

On limite l'excès dévers pour éviter l'usure prématurée du rail intérieur dans les courbes causés par les trains lents (marchandises) qui de masse par essieu plus élevés.

Les valeurs limites de l'excès de dévers pour les trains rapides en voie principale et en voie de circulation sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Valeur recommandé (mm)	**110**
Valeur maximale (mm)	**130**

IV.5.2.6 Variation de dévers en fonction de la longueur : $\Delta d / \Delta l$ [mm/m]

satisfaire aux 2 conditions suivantes :

o 1ère condition : fonction de la vitesse V du mouvement le plus rapide :

- Valeur limite normale : $\Delta d / \Delta l \leq 180/Vv$
- Valeur limite exceptionnelle : $\Delta d / \Delta l \leq 216/Vv$

o 2ème condition : en fonction des valeurs du dévers et du rayon de la pleine courbe adjacente aux raccordements considérés.

IV.5.2.7 Variation de dévers par rapport au temps : $\Delta d/\Delta t$ [mm/s]

C'est le taux suivant lequel le dévers augmente ou diminue relativement à la vitesse d'un véhicule franchissant une courbe de raccordement

$$\frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{\Delta d}{3.6 \times L} \times Vv \quad [mm/s]$$

IV.5.2.8 Variation de l'insuffisance par rapport au temps : $\Delta I/\Delta t$ [mm/ s]

C'est le taux suivant lequel l'insuffisance de dévers augmente ou diminue relativement à la vitesse d'un véhicule franchissant une courbe de raccordement.

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{I \times Vv}{3.6 \times LRP}$$

Dans un RP entre alignement et courbe ;

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{|-I2| \times Vv}{3.6 \times LRP}$$

Dans un RP entre deux courbes de même sens ;

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{|I1+I2| \times Vv}{3.6 \times LRP}$$

Dans un RP entre deux courbes de sens contraire

Avec

- I : Insuffisance dans la pleine courbe en [mm]
- I_1 : Insuffisance dans la courbe amont en [mm]
- I_2 : Insuffisance dans la courbe aval en [mm]
- L_{RP} : Longueur de raccordement progressif en [m]

IV.5.3 Raccordement progressif (RP) :

C'est une courbe à rayon variable assurant la transition entre un alignement et une pleine courbe ou entre deux courbes circulaires de rayon différentes. La clothoide, ou son approximation la parabole cubique (dite de nordling), présente une variation uniforme de la courbure et donc de la flèche. En générale, du fait de la proportionnalité devers/courbure, La variation de dévers est elle aussi uniforme.
L'origine du raccordement progressif (ORP) est l'extrémité du RP coté alignement.

La fin du raccordement progressif (FRP) est l'extrémité du RP coté pleine courbe Dans le cas d'un RP entre deux courbes, l'ORP est l'extrémité du RP du coté du plus grand rayon et la FRP, l'extrémité du RP du coté du plus petit rayon.

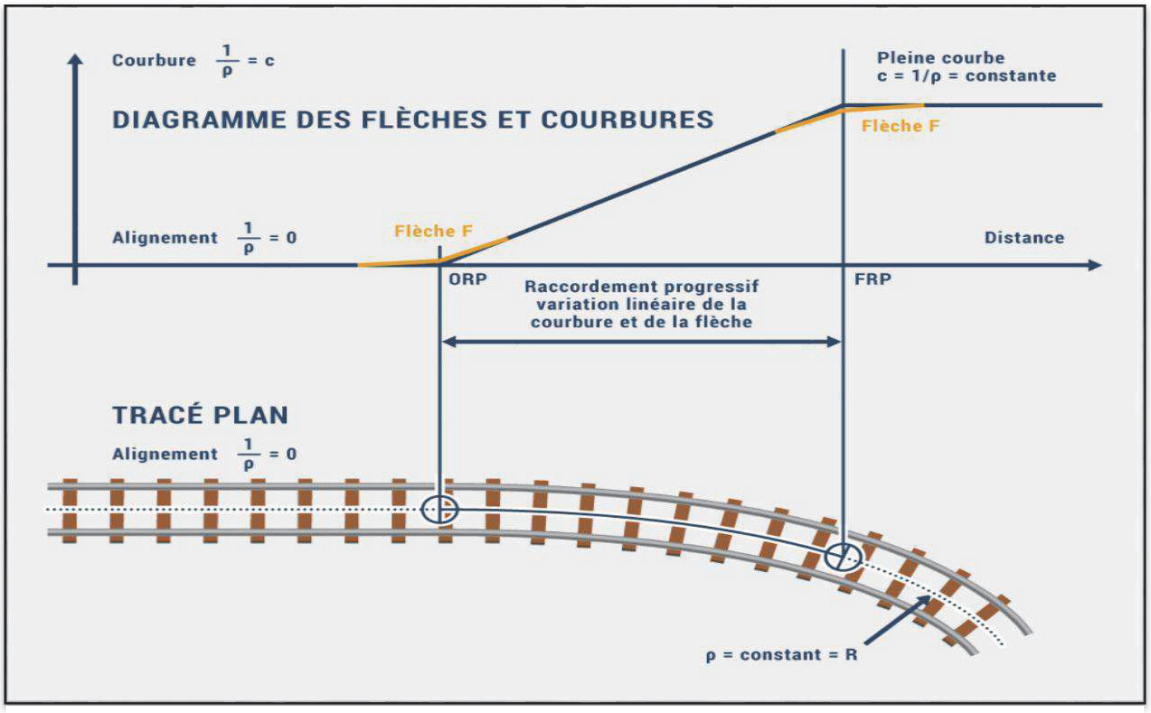


Figure IV3. : Courbe de raccordement.

IV.5.3.1 Raccordement progressif d'inflexion :

C'est un RP unique reliant une courbe à une contre-courbe avec une variation constante des flèches et des dévers entre les deux pleines courbes.

IV.5.3.2 La géométrie de raccordement :

Les courbes de raccordement de la voie en plan doivent être conçues pour limiter la variation de l'accélération transversale non compensée (afin de répondre à des exigences de confort.)

La clothoïde c'est la courbe la plus utilisé aujourd'hui

IV.5.3.3 Longueur de la clotoïde :

La longueur de clotoïde doit être déterminée à partir des valeurs limites imposées par les paramètres suivants :

- Variation de l'insuffisance de dévers en fonction du temps $\frac{\Delta I}{\Delta t}$;
- Variation de dévers en fonction de la longueur $\frac{\Delta d}{\Delta l}$;

- Variation de dévers en fonction du temps $\frac{\Delta d}{\Delta t}$;

C'est la longueur de clothoïde qui doit satisfaire chacune des conditions de sécurité et de confort suivantes :

- $L \geq \frac{Vv}{3.6} \times \Delta d \times \left(\frac{dd}{dt}\right)^{-1}_{lim}$
- $L \geq \Delta d \times \left(\frac{\Delta d}{\Delta l}\right)^{-1}_{lim}$
- $L \geq \frac{Vv}{3.6} \times \Delta I \times \left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)^{-1}_{lim}$

IV.5.3.4 Paramètre de la clotoïde :

$$A = \sqrt{R \times L}$$

IV.6. Application pour notre projet :

On se réfère aux normes **UIC** (union internationale des chemins de fer) pour notre projet.

On a les données **SNTF** du projet :

- Vitesse des trains rapides $\mathbf{V_v = 220\ Km/h}$.
- Vitesse des trains de marchandises $\mathbf{V_L = 100\ Km/h.}$

Voici la fiche **(UIC 703 R)** pour la vitesse maximale de **220 Km/h**

Paramètres et symboles	Valeur normale	Valeur maximale	Valeur exceptionnelle
L_{min} : Longueur minimale [m]	V/2	/	V/3
I : insuffisance de dévers [mm]	100	120	150
E : Excès de dévers [mm]	70	90	110
d : dévers [mm]	120	150	160
$\Delta I/\Delta t$: Variation de l'insuffisance en fonction de temps [mm/s]	25	70	/
$\Delta d/\Delta t$: variation des devers en fonction de temps **[mm/s]**	28	35	50
$\Delta d/\Delta l$: Variation de dévers en fonction de la longueur [mm/m]	0.82	0.98	/

TABLEAU IV.1 : les valeurs limites des éléments caractéristiques du tracé en plan pour une vitesse de 220km/h (UIC 703R)

IV.6.1 Calcul de la longueur de l'alignement droit L_{min} :

- Valeur limite normale : $L_{min} = Vv/2$ **Lmin = 110m**
- Valeur limite exceptionnelle : $L_{min} = Vv/3 = 73.33m$ **Lmin =75m**

IV.6.2 Calcule de rayon minimale R_{min}:

- **Valeur limite normale :**

$$Rmin = \frac{11.8 * Vv^2}{dmax + Imax} \text{ [m]}$$ A.N : $R_{min} = \frac{11.8 * 220^2}{150+120} = 2115.6$ m

En prend : $R_{min} = 2150$ m

- **Valeur limite exceptionnelle** :

$$R_{min} = \frac{11.8 * Vv^2}{dmax + Imax} \text{ [m]}$$ A.N : $R_{min} = \frac{11.8 * 220^2}{160+120} = 1842.32$ m

En prend : $R_{min} = 1850$ m

Remarque :

un exemple sur calcul manuel est détaillé dans **l'Annexe B.**

Le tableau **IV.2** est une fiche récapitulative des valeurs des paramètres de conception utilisés lors du tracé en plan et qui répondent aux exigences de la norme UIC

Tableau IV.2 : les paramètres de conception du tracé en plan.

Rayon (m)	Dévers théorique pour voyageurs dth (mm	Dévers théorique pour marchandises dth (mm)	Dévers pratique dp (mm)	Insuffisance du dévers I (mm)	Excès du dévers E (mm)	longueur de raccordement calculé L (m)			Long. Racc. adopté (m)	Paramètre de clothoide
	$dth = 11.8 * Vv^2/R$	$dth = 11.8 * Vm^2/R$	$dp = 1000x\ C/R$	$I = 11.8 \times Vv^2/R - dp$	$E = dp - 11.8 \times Vm^2/R$	$\frac{Vv}{3.6} \times \Delta d \times \left(\frac{dd}{dt}\right)^{-1}_{lim}$	$\Delta d \times \left(\frac{\Delta d}{\Delta l}\right)^{-1}_{lim}$	$\frac{Vv}{3.6} \times \Delta l \times \left(\frac{\Delta l}{\Delta t}\right)^{-1}_{lim}$		$A = \sqrt{R.L}$
4200	135.98	28.09	80	55.98	51.91	139.68	81.63	48.79	140	766.81
6000	95.18	19.666	60	35.18	40.34	104.76	61.22	30.71	110	836.66
4200	135.98	28.09	80	55.98	51.91	139.68	81.63	48.79	140	766.81
2800	203.97	42.14	120	83.97	77.86	209.52	122.44	73.30	210	766.81

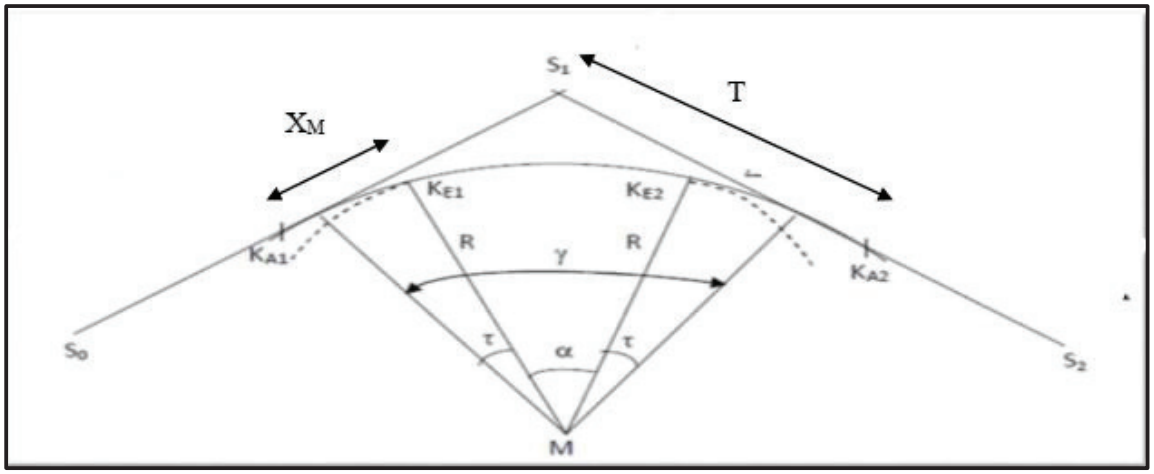
Les paramètres de conception du tracé en plan **Les valeurs exceptionnelles**

La justification de limitation de vitesse est détaillé dans **l'Annexe B.**

limitation de vitesse **600**	Vv=120km/h **283.2**	V_L=50km/h **49.16**	**160**	**150**	**110**	**106.66**	/	/	**110**	**256.90**

IV.7 CALCUL D'AXE :

Après avoir déterminé le couloir sur lequel la voie sera tracée, on entame l'opération de calcul d'axe permettant de matérialiser le tracé d'un projet ferroviaire, elle consiste au calcul d'axe point par point du début du tronçon à sa fin. Ce calcul se fait à partir d'un point fixe dont on connaît ses coordonnées.



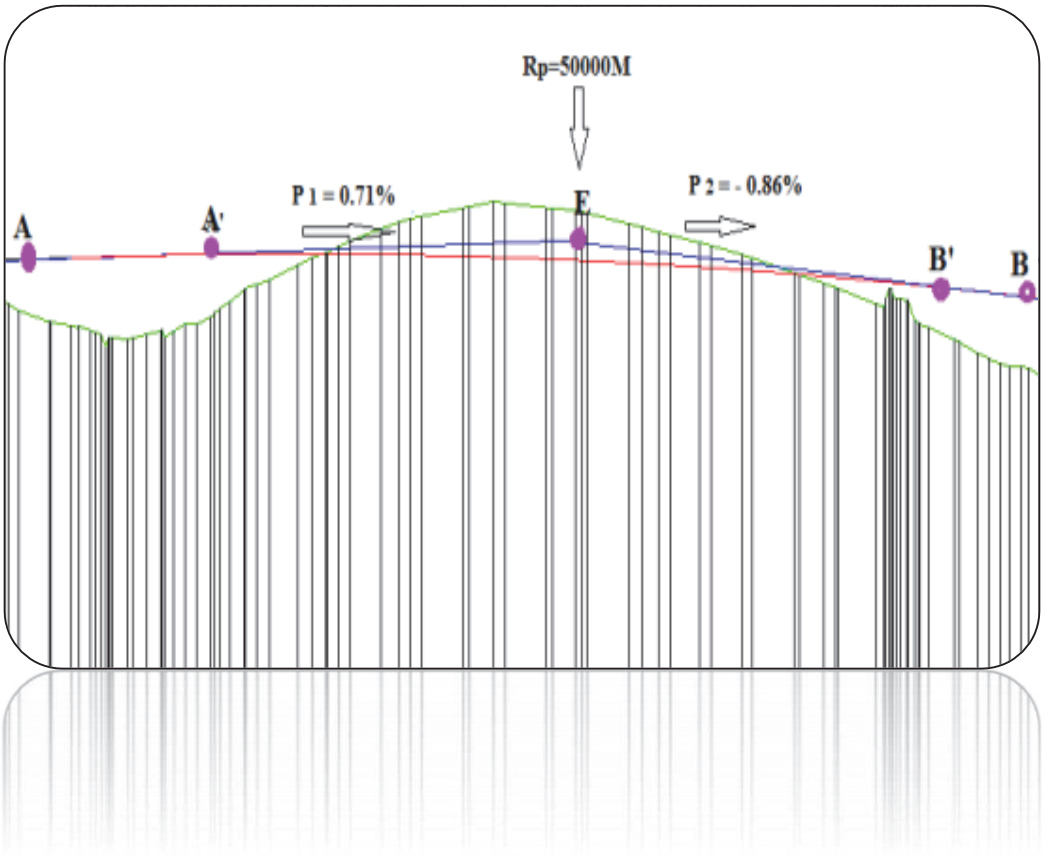
- **S0, S1, S: :** Trois sommets connus ;
- **M** : Origine de la clothoide ;
- **R**: Rayon de l'arc de cercle ;
- **XM** : Abscisse du centre de cercle ;
- **γ** : Angle entre alignement ;
- τ : Angle des tangentes ;
- **T** : Tangente ;
- **σ**: L'angle polaire
- **ΔR** : Ripage **;**
- **K**A : début de clothoide ;
- **KE** : Fin de clothoide .

Un calcul manuel est détaillé dans l'**Annexe B.**

Remarque :

Les calculs sont faits avec le logiciel **CIVIL 3D 2015 ,** les résultats et les vue de divers sont joints dans **l'Annexe B.**

CHAPITRE V : PROFIL EN LONG



V.1 Introduction :

Le profil en long est une ligne continue obtenue par l'exécution d'une coupe longitudinale fictive, il exprime la variation de l'altitude de l'axe en fonction de l'abscisse curviligne.
Le profil en long ayant un but principal d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers. Il est composé d'éléments de lignes droites raccordés par des paraboles.

V.2 Normes, règles et condition à respecter :

Pour une meilleure conception du profil en long il faut tenir compte des règles suivantes «sauf dans des cas exceptionnels qu'il faut justifier » :

- ✓ Assurer la coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- ✓ Respecter les valeurs géométriques (rayons et déclivités) préconisées par les règlements
- ✓ Eviter au maximum les angles rentrant dans le cas des déblais à fin d'éviter la stagnation des eaux.
- ✓ Un profil en long en léger remblai est préférable qu'un profil en long en légère déblai.
- ✓ Respecter les pentes minimales pour assurer un bon écoulement des eaux
- ✓ Rechercher un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- ✓ Minimiser les quantités de déblai et remblai
- ✓ Eviter une hauteur excessive en remblai.
- ✓ Prendre en considération les rétablissements des réseaux routiers :
- ✓ Les ponts rails : passé en dessus de la voie de circulation routière.
- ✓ Les ponts routes : passé au même niveau que le terrain naturel, ou bien en dessous.

En voie ferrée, on recherche toujours à avoir les paliers dans le tracé pour faciliter la traction du train.

V.3 Déclivité :

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).

On appelle déclivité la tangente de l'angle compris entre le profil en long et l'horizontale, elle est appelée pente pour les descentes et rampe pour les montées

La déclivité d'une ligne affecte les possibilités de freinage et de démarrage des trains. La déclivité admise varie en fonction de sa longueur :

- En déclivité de longueur inférieure à 3000 m, elle ne doit pas dépasser 16‰ et exceptionnellement 18‰.
- En déclivité de longueur comprise entre 3 000 m et 15 000 m, elle diminue graduellement pour passer de 16‰ à 13‰, exceptionnellement de 18‰ à 15‰ .
- En déclivité de longueur supérieure à 15 000 m, la déclivité ne doit pas dépasser 13‰ et exceptionnellement 15‰.
- La déclivité dans les gares, les haltes et les points de changement et de garage est fixée à 0,00‰ (palier).

V.3.1 La longueur minimale des déclivités :

Afin d'éviter les sollicitations des véhicules dues aux variations successives des déclivités, une longueur minimale de déclivité est à prévoir

Tableau V.1 : Les valeurs du longueurs et rayon minimal du profil en long

Rayon minimal des éléments du profil en long	**Valeurs et formules**		Application numérique
	Valeur normale	**0,35 V²**	R=0.35×220²=16940m
	Valeur exceptionnelle	**0,25 V²**	R=0.25×220²=12100m

Longueur minimale en profil en long	**Valeurs et formules**		Application numérique
	Valeur normale	**Vv/2**	L_{min}=220/2=110m
	Valeur exceptionnelle	**Vv/2.5**	L_{min}=220/2.5=88m

V.3.2 Accélération vertical :

Lorsqu'un véhicule franchit à une vitesse « V » un raccordement de profil en long de rayon Rv, il est soumis à une accélération centrifuge :

$$a_V = \frac{V^2 max}{Rv}$$

Cette accélération doit être limitée afin de ne pas perturber le confort des passagers. En conséquence, le rayon minimum adopté pour le profil en long sera également limité pour

ne pas dépasser cette accélération à la vitesse maximale de circulation.

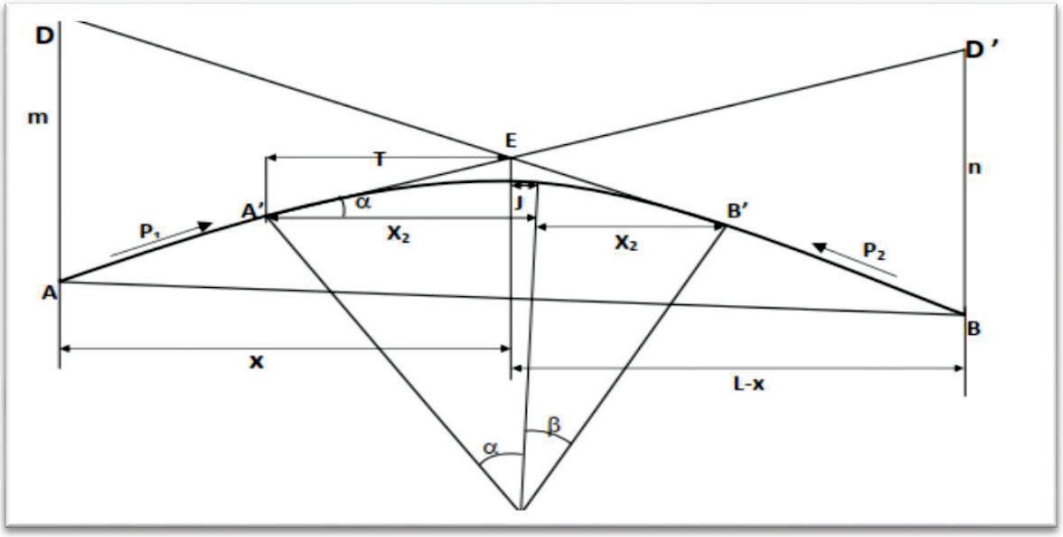
V.4 Coordination du tracé en plan et du profil en long

Il est nécessaire de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long on doit respecter les conditions suivantes :

- ✓ Eviter les coïncidences entre les rayons du profil en long et les rayons du tracé en plan.
- ✓ Il faut respecter les valeurs des paramètres géométriques et les rayons prescrits par le règlement.
- ✓ Il est conseillé de ne pas placer une courbe verticale sur une autre horizontale.
- ✓ Les points singuliers du tracé en plan ne doivent pas être précédés d'un point élevé.
- ✓ Les points de placement des appareils de voie ne doivent pas être en courbe ou bien en déclivité.
- ✓ Minimiser les quantités de déblai et remblai.
- ✓ Éviter une hauteur excessive en remblai.
- ✓ Minimiser les ouvrages d'art.

V.5 Calcul des éléments du profil en long :

Dans ce calcul, on détermine toutes les coordonnées des points singuliers du raccordement, les pentes, la tangente d'une part et d'autre du sommet, la flèche au-dessous de ce dernier, on déterminera aussi les PK des points singuliers.



Avec :

A' et **B'** : Extrémités du raccordement

T : Tangente de par et d'autre du sommet

G : Milieu de raccordement situé sur la variante **A** et **B**: deux points connus sur P_1 et P_2

F : Hauteur de l'abaissement du sommet (Flèche)

X : Distance entre le sommet et un point A sur P_1

(α+β) : angle de variation, ou de changement de direction

O : Centre du cercle de rayon R

E : Sommet ou point de changement de déclivité

L : Distance entre les deux points A et B

Remarque

Le calcul d'axe est effectué par le logiciel **Civil 3D,** les résultats de calcul sont joints dans **(l'Annexe C – Calcul automatique).**

V.6 CONCLUSION

Le profil en long de notre projet répond aux conditions de la norme UIC, le rayon vertical minimal est de de R=16940 m et la pente maximale est de 12.6 ‰ et 0 ‰ au niveau des gares.

CHAPITRE VI : GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE



VI.1 PARTIE A : ETUDE GEOLOGIQUE

VI.1.1 Introduction :

Une bonne analyse géologique est un élément fondamentale de la qualité d'un projet et de la tenue ultérieurement de la plate forme.il faut donc procéder a un inventaire complet des Problèmes géologiques dans le couloir choisi afin que le tracé évite les difficultés de cette nature dans les mesures du possible.

La zone du projet peut être naturellement stable mais elle peut également présenter certaines caractères d'instabilité tels que les mouvements de versants (éboulis rocheux, délitage de zones schisteuses, glissement marneux, coulées boueuses, etc.…), affaissement ou effondrement (cavités naturelles, fontis, poches de dissolution, cavités artificielles, carrières marnières, etc.…..).

Dans cette partie on va reconnaitre les caractéristiques géologiques de la région sur lesquels sera réalisée la nouvelle ligne ferroviaire Saida-El Bayadh, sur le tronçon entre PK 94+000 et le PK 118+000.

VI.1.2 Encadrement géologique et tectonique de la région :

Le couloir de la nouvelle ligne ferroviaire étudié reliant les wilayas de Saida et d'El Bayadh sur un linéaire approximatif de 200 km, est entouré, géologiquement, par l'Atlas tellien Plissé et l'atlas saharien. Sur le plan structural, le projet se développe entre deux unités tectoniques majeures, séparées par L'accident sud Atlasique et l'accident Nord Atlasique. La zone d'étude de notre projet est localisée, géologiquement dans sa majorité dans le domaine des hauts plateaux à l'exception d'une petite section dans le domaine de l'Atlas Saharien. Le début du tracé commence à partir de la gare de Bougtob et se termine au ……

Cadre géomorphologique :

La synthèse des grands ensembles géomorphologiques traversés par notre tronçon étudié (entre PK 94+000 ET PK 118+000) est donnée comme suit :

Du PK 94+000 au PK 110+000 :

Le tracé contourne la ville de Bougtoub, traverse la RN06 par un passage supérieur et prend la direction vers El Bayadh, en longeant la RN06A.À la sortie de la ville de Bougtob en allant vers El Bayadh (Sud-est) sur un linéaire d'environ 15 jusqu'à 20 km, le tracé garde son aspect plat et monotone. Dans cette section des zones d'accumulation de sable (dunes de faible étendu et de faible épaisseur) sont souvent interceptées.

Du PK 110+000 au PK 115+000 :la zone devient relativement perturbée par l'apparition de quelques vallonnements qui restent néanmoins d'amplitude modérées, avec des pentes généralement douces. Cette configuration se poursuit jusqu'a la fin du tronçon , et il y a des zones sujettes à l'ensablement

VI.1.3 Contexte géologique de la zone d'étude :

À L'échelle stratigraphique, Les grands ensembles litho-stratigraphiques dans le secteur étudié, sont représentés par le Quaternaire, pliocène et le Mio-Pliocène, le Crétacé et le jurassique. Et sont comme suit :

- ✓ **Le quaternaire :**

Le quaternaire c'est dépose sur de vastes espaces en couvrant partiellement les formations du Mio-Pliocène et du Pliocène. Il est représenté par des formations alluvionnaires gypseuses, des limons sableux, des sables argileux et des encroûtements calcaires de surface. L'affleurement du quaternaire, est répondu principalement entre les PK 90+000 et PK 96+000.

- ✓ **Les Pliocènes et les Moi-Pliocènes :**

Ces formations sont les plus répandues dans la région étudiée ; elles sont composées de formations continentales, matérialisé surtout par des argiles limoneuses carbonatées, et des argiles sableuse ; avec une présence d'une couverture constituée par des encroutements calcaires caractérisés par une partie sommitale constituée d'une carapace calcaire dure parfois grésifiée de 1,00 m a 2,00 m d'épaisseur.

Ils affleurent du PK 96+000 au PK 112+000

- ✓ **Le crétacé :**

Il est composé de dépôts marins ou lagunaires, représenté essentiellement par des alternances des grés carbonatés, des argiles, et des dolomies. Les affleurements sont localisés, sur les flancs des petit monticules, et recoupé par le tracé entre les PK 112+000 et PK 115+000.

VI.1.4 Cadre sismique :

La Wilaya d'el Bayadh est classée dans la zone de faible sismicité (Zone I), d'après
La nouvelle classification sismique des willayas d'Algérie, faite par le Centre National de Recherche en Génie Parasismique **C.G.S** après le dernier séisme du 21 Mai 2003, RPA 99 (Version 2003).Le document technique réglementaire subdivise le territoire national en cinq (05) zones de sismicité croissante, définies dans le tableau suivant :

Tableau VI.1 : la répartition de sismicité par chaque zone

Ces zones sont représentées sur la **Figure VI.1**

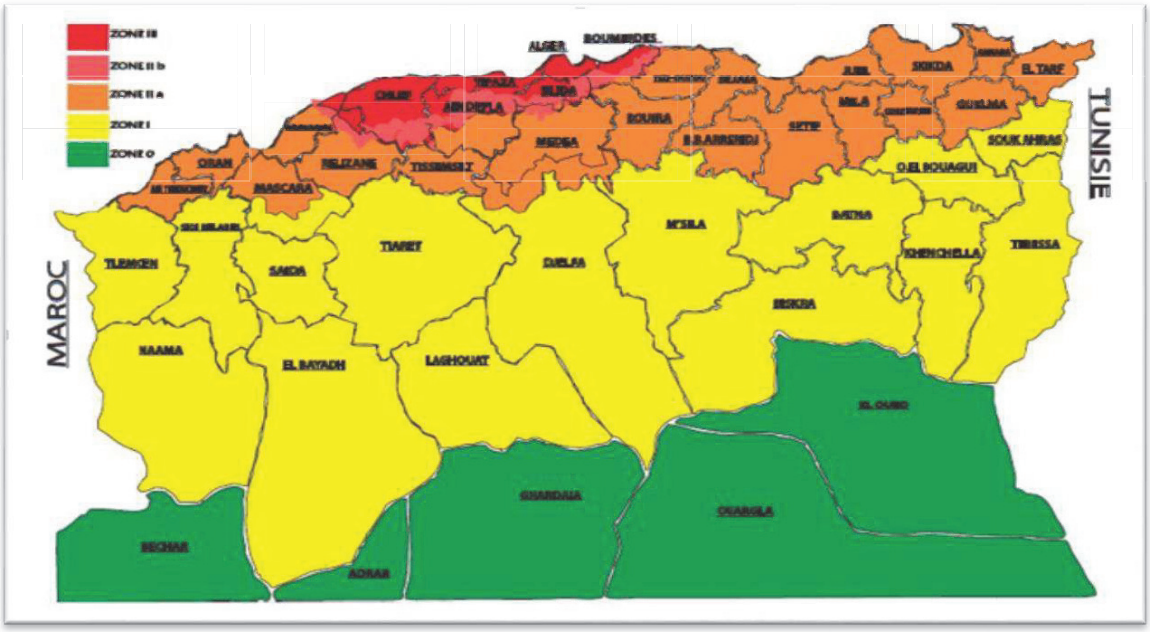


Figure VI.1 : représente la carte des zones sismiques de l'Algérie et le zonage

On prend en considération les coefficients d'accélération des zones dans les calculs selon les types d'ouvrages, données dans le tableau suivant :

Tableau VI.2 : coefficient d'accélération

Zone 0	Zone I	Zone IIa	Zone IIb	Zone III	Classification des ouvrages selon leur importance
1A	0.15	0.25	0.30	0.40	**Ouvrage d'importance vitale**
1B	0.12	0.20	0.25	0.30	**des ouvrages de grande importance**
2	0.10	0.15	0.20	0.25	**Ouvrages courants**
3	0.07	0.10	0.14	0.18	**des ouvrages de faible importance**

VI.1.5 Conclusion :

Les résultats d'identifications géologiques nous ont permis une bonne connaissance géologique sur la zone d'étude qu'est dominée par le groupe de quaternaire Les Pliocènes et les Moi Pliocènes, crétacé

VI.2 PARTIE B : ETUDE GEOTECHNIQUE

VI.2.1 Introduction :

La reconnaissance géotechnique du sol est une opération qui consiste, grâce à des mesures issues d'essais normalisés, à déterminer leur nature et à dégager ses caractéristiques physiques, et pour cela on doit déterminer :

- ✓ Les paramètres de nature qui sont intrinsèques au sol et traduisent les propriétés physiques de ce sol.
- ✓ Les paramètres d'état qui donnent, à un instant donné, la répartition des phases d'u sol entre elles et l'arrangement des grains de la phase solide.

L'étude géotechnique doit connaitre les caractéristiques globales des sols de la plateforme, avec classification des sols de diverses manières, afin de prévoir le comportement géotechnique des différentes formations que va traverser le projet du chemin de fer.

VI.2.2 L'utilité de l'étude géotechnique :

L'étude géotechnique est un élément inséparable des études géologiques et hydrologiques pour la reconnaissance du terrain, elle permet de :

- ✓ Compléter l'étude géologique.
- ✓ Prévoir le comportement des terrains ainsi que la stabilité des ouvrages pendant la phase d'exécution.
- ✓ détecter des zones d'emprunts de matériaux de construction pour les remblais et le corps de la chaussée.

VI.2.3 Essais in situ :

But :

Il consiste à introduire un instrument en un point précis d'un forage pour y mesurer les caractéristiques d'un sol ou d'une roche.

Les essais in-situ sont des mesures physiques directement sur le terrain. Ils sont principalement :

- ✓ L'essai pressiométriques (réalisé dans un sondage).
- ✓ L'essai pénétrométrique (mesure directe de résistivité du sol par enfoncement d'une pointe).

- ✓ Des essais de vérification de compacte de terrain (essai de plaque, pénétromètre léger type Panda).

TRAVAUX SUR TERRAIN :

La campagne de reconnaissance géotechnique in-situ a consisté en la réalisation de sondages carottés avec essais SPT, de sondages pressiométriques, d'essais au pénétromètre dynamique lourd poussés jusqu'au refus et des puits de reconnaissance.
La consistante de ce programme est la suivante :

Travaux et le nombre de sondage	Sondage
Deux (02) sondages carottés, d'une profondeur variant entre 10m et 60m	F-23-SB F-24-SB
Deux (02) sondages pressiométriques notés	SP-17-SB SP-18-SB
Deux(02) essais de pénétration dynamique notés	PDL-17-SB PDL-18-SB
trois (03) puits de reconnaissance notés	PU-29-SB PU-31-SB PU-32-SB

Tableau VI.3 :les essai in-situ réaliser sur le terrain

VI.2.3.1 SONDAGES CAROTTÉS :

- **Réalisation pratique des sondages carottiers :**

Les forages ont été réalisés à l'aide de deux (02) machines de forage, par le procédé rotatif non destructif. L'échantillonnage des sols a été fait à l'aide de carottiers simple et double, de diamètres 101 mm et 86 mm. Des échantillons de sol ont été paraffinés pour les besoins des essais de laboratoire.

Le roc a été carotté en utilisant un outil diamanté adapté aux terrains rocheux.
Les logs de forage ainsi que les photographies des caisses à carottes sont donnés en annexe du présent rapport.
L'une des deux machines de forage utilisées pour l'exécution des sondages carottés et des essais SPT est montée sur chenilles est de marque FORDIA, l'autre est de marque ROLATEC

et est montée sur camion.

Figure VI.2 : Exécution d'un sondage à l'aide d'une sondeuse Fordia



Durant le battage, on note trois (03) enfoncements successifs :

- ✓ L'enfoncement de mise en place : c'est l'enfoncement du carottier sous son poids propre et sous celui de train de tige et du dispositif de battage ;
- ✓ L'enfoncement d'amorçage (de commencement) : le carottier est enfoncé de 15 cm sous l'effet de N_0 coups de mouton ;
- ✓ L'enfoncement de l'essai : le carottier est enfoncé de deux fois 15 cm sous l'effet de N_1 puis N_2 coups de mouton ;
- ✓ L'enfoncement de l'essai : le carottier est enfoncé de deux fois 15 cm sous l'effet de N_1 puis N_2 coups de mouton ;

  Le nombre **$N = N_1 + N_2$** est appelé **résistance à la pénétration** (au carottier standard), il est noté **N_{SPT}**.

L'essai doit s'arrêter si **Nombre de coups est > 50 pour enfoncer 10 cm** (ou Nombre de coups est **> 100** pour enfoncer 20 cm), on considère ces cas comme refus (rencontre de bloc, sol dense ou roche-mère).

La liste des sondages réalisés avec les résultats des essais in-situ :

Désignation	PK	Profondeur de forage(m) = 15m	Description	Niveau d'eau (m)
F-23-SB	PK96+350	0.00-0.50 - 0.50-2.40 - 2.40-3.50 - 3.50-4.50 - 4.50-8.00 - 8.00-9.50 - 9.50-15.00	Sable fin, argileux, carbonaté. Calcaire blanc-rosâtre, dur. Sable fin, légèrement argileux, rougeâtre Argile sableuse Sable argileux, fin Argile sableuse Sable fin, argileux rougeâtre	sec
F-24-SB	PK109+800	- 0.00-1.40 - 1.40-1.70 - 1.70-4.60 - 4.60-9.00 - 9.00-10.40 - 10.40-15.00	Sable argileux, fin à moyens. Ecroutement calcaire fragmenté Argile sableuse Sable argileux, fin à moyen Calcaire dur Sable argileux, fin à moyen	13

Tableau VI.4 : La liste des sondages réalisés

- **Interprétation des résultats** : Concernant les résultats et la série des photos pour différentes profondeurs au niveau de la zone d'étude, ils sont présentés dans **L'AnnexeD**

Etat du sol	N_{SPT}
Très lâche	< 4
Lâche	4 à 10
Moyennement dense	10 à 30
Dense	30 à 50
Très dense	> 50

Tableau VI.5 : Qualification de compacité du sol à partir de l'essai SPT (NF. P 94-011)

VI.2.3.2 Puits de reconnaissance :

Les puits de reconnaissance ont été réalisés à l'aide d'une tractopelle. Les photographies ci-dessous donnent un aperçu de cet engin.

Des échantillons de sol remaniés ont été prélevés systématiquement pour les besoins des essais de laboratoire.

Une campagne de 03 puits de reconnaissance pour l'étude géotechnique du tronçon étudié a été réalisée.



FigureVI.3:Puits de reconnaissance à l'aide d'une tractopelle

Les puits de reconnaissance devront atteindre des profondeurs de l'ordre de 3 à 4m

Puits	PK	Profondeur (m)	Description lithologique
PU-29-SB	PK 097+000	0.00-0.30m 0.30-1.70m	Terre végétale Sable fin limoneux
PU-31-SB	PK 107+000	0.00-0.40m 0.40-3.50m	Terre végétale Sable fin limoneux
PU-32-SB	PK 110+000	0.00-0.30m 0.30-0.60m (refus)	Terre végétale Tuf grésifié

Tableau VI.6 : localisation des puits de reconnaissance et description lithographique

VI.2.3.3 Essai préssiométrique Menard (NF P 94-110) :

Cet essai consiste à dilater radialement une cellule cylindrique placée dans un forage préalable. C'est la réalisation de l'essai dans un forage préalable qui différencie essentiellement cet essai des autres essais pressiométriques réalisés par auto forage ou par fonçage direct de la sonde par battage ou vérinage.

Deux (02) sondages préssiométriques ont été réalisés le long de notre tracé, dont leurs profondeurs varient entre 10 et 14 m.

Conception et description du pressiométre :

Le pressiométre **Ménard** comprend deux parties principales :

- **La sonde :** Elle se compose de trois cellules (cellule centrale et cellule de garde) indépendantes montées autour d'une âme métallique.
- **Contrôle pression-volume (CPV) :** C'est le dispositif qui permet de dilater la sonde et mesurer les pressions et les volumes d'eau injectés.

Essai préssiométrique	PK
SP17-SB	96+350
SP18-SB	109+80

Tableau VI.7: localisation d'essai préssiométrique

La figure ci-dessous présente la courbe préssiométrique (aussi appelée : courbe d'expansion) réalisé sur une profondeur d 14 m au PK 96+350 (SP17-SB) :

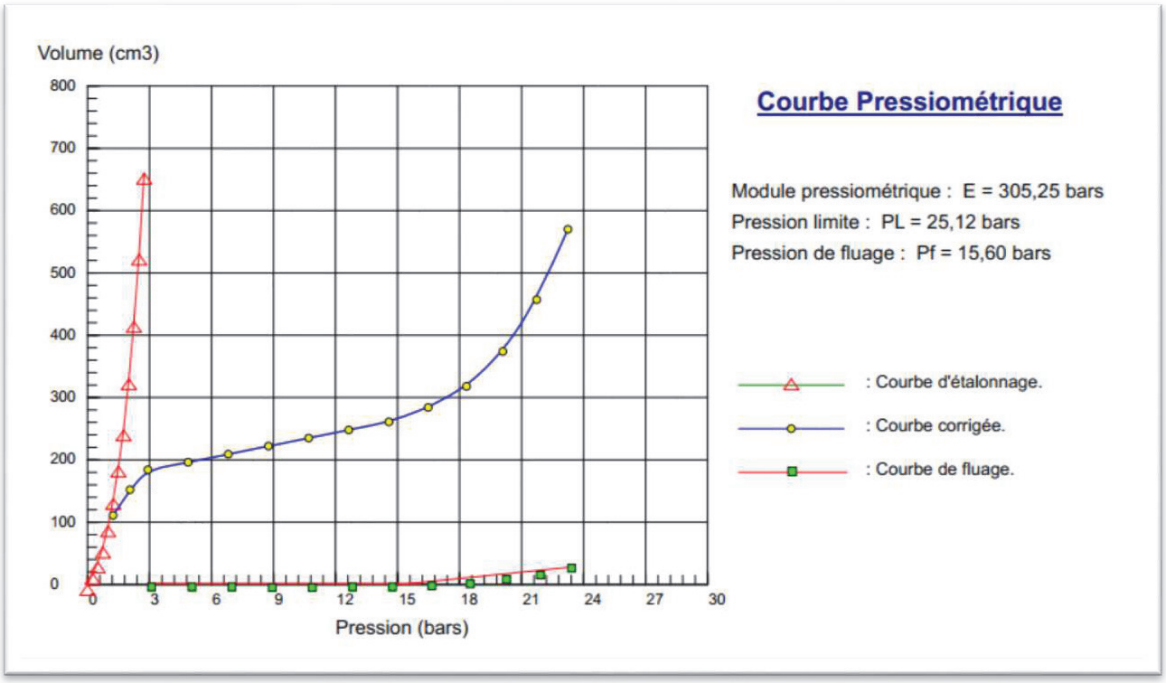


Figure VI.4 : courbe pressiométrique au PK 96+350

Les résultats expérimentaux enregistrés sont interprétés par ordinateur, les caractéristiques pressiométriques de cet essai sont :

- ✓ Module pressiométrique. Em
- ✓ Pression limite Pl
- ✓ Pression de fluage Pf.

- **Résultats de l'essai :**

Concernant les profils de la pression limite, pression de fluage et module pressiométrique ainsi que les courbes pressiométrique des différentes profondeurs (2m, 4m ,6m, 8m ,10m,12m et 14m), ils sont présentés en détail dans **L'Annexe D**

Etat du sol	P_l (MPA)
Très lâche	< 0.2
Lâche	0.2 à 0.5
Moyennement dense	0.5 à 1
Dense	1 à 2
Très dense	> 2

Tableau VI.8 : qualification de compacité du sol à partir de l'essai pressiométrique (NF, P 94-011)

VI.2.3.4 Essai au pénétromètre dynamique lourd (NF P 94-115) :

Le sondage au pénétromètre dynamique lourd (PDL) est un moyen de reconnaissance géotechnique qui teste le terrain en place et fournit une caractéristique du sol. Le domaine préférentiel d'utilisation des pénétromètres dynamiques est la reconnaissance qualitative des terrains.

Un sondage au pénétromètre dynamique consiste à enfoncer l'appareil dans le terrain jusqu'à une profondeur donnée, en général limitée par la capacité de pénétration de l'appareil lui-même.

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus lors des essais au PDL le long du tracé :

Essai	Pk	Niveau d'eau	Nature du sol	Profondeur (m)	$Q_{d,max}$ (MPa)
PDL-17-SB	94+165	-	Sable grésifié	0.00-0.40 Refus de pénétration à 0.40m	80
PDL-18-SB	105+000	-	Sable fin limoneux	0.00-0.60 Refus de pénétration à 0.60m	80

Tableau VI.9 : Résultats des essais de pénétration dynamique(PDL)

Les résultats montrent que les sols traversés sont de **bonne portance**. Les valeurs de la résistance en pointe (Q_d) du sol croissent dans la tranche de sols superficielle comprise entre 0.00 et 0.60 m. Aucune venue d'eau n'a été enregistrée au cours des sondages.

VI.2.4 Essais de laboratoire :

Tous les échantillons prélevés dans les sondages et les puits de reconnaissance durant la campagne de reconnaissance, ont été transportés au niveau du laboratoire. Les essais ont été exécutés sur des échantillons intacts ou remaniés, représentatifs du sol dûment prélevés sur le terrain. Les essais de laboratoire suivants ont été réalisés :

❖ **Selon la nature :**

VI.2.4.1 Analyses granulométriques :

✓ **Par tamisage :**

Il s'agit du tamisage (soit au passant de 2 mm, soit au passant de 80 µm) Qui permet par exemple de distinguer sols fins, sols sableux (riches en fines) et sols graveleux (pauvres en fines), C'est un essai qui a pour objectif de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.

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

✓ **Par sédimentométrie :**

L'analyse granulométrique par sédimentométrie s'adresse a des échantillons de sols ne contenant que des éléments de diamètre inférieur a 100 µm, c'est-a-dire ce qui est désigné sous l'appellation de sols fins.
Elle complète l'analyse granulométrique par tamisage qui est limitée aux grains de diamètre supérieur à 0,063 mm. Elle permet de tracer la courbe granulométrique des éléments fins jusqu'à un diamètre d'environ 2 µm.

- **Résultats de l'essai :**

Concernant les résultats de cet essai sur les échantillons de terrain prélevés des puits et des sondages carottés exécutés sur le tracé, ils sont résumés dans les **Tableau VI.12, Tableau VI.13** et représentés en détail dans **Annexe D**

VI.2.4.2 Essais limites d'Atterberg :

Limite de plasticité (**Wp**) et limite de liquidité (**WL**), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol :

W_P sépare l'état solide de l'état plastique et W_L sépare l'état plastique de l'état liquide et à partir des limites d'Atterberg, on peut calculer :

Indice de plasticité : $IP = WL - WP$

Indice de consistance : $Ic = (W_L - W)/I_p$

- **Résultats de l'essai :**

Concernant les résultats de cet essai sur les échantillons de terrain prélevés des puits et des sondages carottés sur le tracé, ils sont résumés dans les tableaux, et représentés en détail dans **l'Annexe D**

VI.2.4.3 Essai au bleu méthylène :

Le bleu du méthylène est un colorant organique (Bleu) utilisé dans différents domaines de science. Il est utilisé dans la géotechnique pour caractériser un sol contenant de l'argile. Il s'agit d'évaluer la richesse en argile d'un sol en déterminant sa capacité a absorbé les molécules du bleu de méthylène.

- **Résultats de l'essai :**

Concernant les résultats de cet essai sur les échantillons de terrain prélevés des puits et des Sondages carottés sur le tracé, ils sont résumés dans les tableaux **VI.12, VI.13** et représentés en détail dans **l'Annexe D**

VI.2.4.4 Analyses chimique des sols :

L'analyse chimique est une procédure visant à caractériser la composition et les qualités chimiques d'un sol. Une analyse chimique de base comprend la mesure du **PH** eau, de la matière organique, du calcaire total, du sulfates et Chlorure

- **Résultats de l'essai :**

Concernant les résultats de cet essai sur les échantillons de terrain prélevés à partir des sondages carottiers, ils sont résumés dans les **Tableau VI.12** et représentés en détail dans **L'Annexe D.**

❖ **Selon l'état hydrique :**

VI.2.4.5 Essai teneur en eau :

On désigne par teneur en eau la quantité d'eau liquide contenue dans un échantillon de matière Détermination la teneur en eau naturel exprimée en **(%)** et la masse volumique des sols fins :

$$W=\frac{M-Ms}{Ms}=\frac{Mw}{Ms}$$

- **Résultats de l'essai :**

Concernant les résultats de cet essai sur les échantillons de terrain prélevés des puits et des sondages carottés exécutés sur le tracé, ils sont résumés dans les **Tableau VI.12, Tableau VI.13 et** représentés en détail dans **L'Annexe D**

VI.2.4.6 Essai Proctor :

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

- **Résultats de l'essai :**

Concernant les résultats de cet essai sur les échantillons de terrain prélevés des puits et des sondages carottés sur le tracé, ils sont résumés dans les **Tableaux VI.13** et représentés en détail dans **l'Annexe D**

VI.2.4.7 Essai CBR : (California Bearing Ratio)

Le California Bearing Ratio test (CBR) est un essai de portance, il nous permet de réaliser la caractérisation mécanique des sols. Il mesure la résistance à l'effort tranchant d'un sol et le gonflement du sol lorsqu'il est immergé dans l'eau. Il nous permet de calculer la portance du sol, en estimant sa résistance au poinçonnement.

- **Résultats de l'essai :**

Concernant les résultats de cet essai sur les échantillons de terrain prélevés des puits et des sondages carottés sur le tracé, ils sont résumés dans les **tableaux** et représentés en détail dans **l'Annexe D**

❖ **Selon les paramètres mécaniques de comportement :**

VI.2.4.8 Essai de cisaillement rectiligne :

L'essai a pour objectif de mesurer au laboratoire les caractéristiques de plasticité (rupture) d'un échantillon de sol soumis à un cisaillement direct selon un plan imposé, à une vitesse suffisamment lente. L'essai permet de déterminer les valeurs de l'angle de frottement et la cohésion '**C**'.

- **Résultats de l'essai :**

Concernant les résultats de cet essai sur les échantillons de terrain prélevés des puits et des sondages carottés sur le tracé, ils sont résumés dans **Tableau VI.12** et représentés en détail dans **l'Annexe D**

VI.2.4.9 Essai de compressibilité à l'œdomètre :

Cet essai de compressibilité à l'œdomètre s'applique sur les sols fins et matériaux fin cohérents.

- **Résultats de l'essai :**

Concernant les résultats de cet essai sur les échantillons de terrain prélevés des puits et des sondages carottés sur le tracé, ils sont résumés dans **Tableau VI.12, et** représentés en détail

Dans **l'Annexe D**.

VI.2.5 Classification des sols sur le long du tracé :

Dans cette partie on va classer les sols traversés par notre tracé selon le fascicule GTR et le code UIC 719R, afin d'apprécier la qualité du sol support. Les résultats de classification sont représentés dans les **Tableau VI.12, Tableau VI.13**
La qualité d'un sol dépend de deux paramètres ci-après :

- La nature géotechnique du sol.
- Les conditions hydrogéologique et hydrologique locales.

On distingue quatre classes de qualité QS_i de sols ci-après :

- ✓ **QS_0** : sols impropres à la réalisation d'une plateforme correcte et nécessitante certaines mesures confortatives (remplacement de matériaux sur une certaine épaisseur, traitement aux liants, utilisation de géotextiles, renforcement par pieux,etc.)
- ✓ **QS_1 :** sols médiocres acceptables tels quels, dont on doit toujours se préoccuper du bon drainage. Ces sols peuvent éventuellement être transformés en sols de meilleure qualité par un traitement approprié.
- ✓ **QS_2 :** sols moyens.
- ✓ **QS_3 :** bon sols.

D'après la fiche UIC 719R les sols sont classés comme le montre le tableau :

Classification des sols (identification géotechnique)	Classe de quantité des sols
0-1- Sols organiques 0-2- Sols fins, foisonnés, humides et dons non compactable. 0-3- Sols thixotropes. 0-4- Sos comportant des matériaux solubles. 0-5- Sols comportant des matériaux polluants. 0-6- Sols mixtes.	QS_0 « sols impropres»
1-1- Sols comportant plus de 40% de fines. 1-2- Sols très évolutives. 1-3- Sols comportant plus de 15% à 40% de fines. 1-4- Roches évolutives. 1-5- Roches tendres.	QS_1 «sols médiocres »
2-1- sols comportant de 5% à 15% de fines. 2-2- sols comportant moins de 5% de fines mais uniformes. 2-3- roches moyennement dures.	QS_2 «sols moyens»
3-1- sols comportant moins de 5% de fines. 3-2- roches dures.	QS_3 «bons sols»

Tableau VI 10 : classement du sol (UIC 719R)

Tableau VI.11 : définition de la classe de la qualité des sols (NF P113005)

Classification de la norme NFP 11300		Classe de qualité des sols				
classe	désignation	Sous classe	QS0	QS1	QS2	QS3
A	Sols fins	A1	A1h	A1m et A1s	A1s (B.C hydro saison sèche)	/
		A2	A2h	A2m et A2s	A2s(B.C hydro saison sèche)	/
		A3	A3h	A3m et A3s	/	/
		A4	A4h	A4m et A4s(1)	/	/
B	Sols sableux et graveleux avec fines	B1	/	/		/
		B2	B2h	B2m	B2s (B.C hydro)	/
		B3	/	/		Propre et bien gradué Dureté élevée
		B4	B4h	B4m	B4s	Propre et bien gradué Dureté élevée
		B5	B5h	B5m	B5s	/
		B6	B6h	B6m	B6s(B.C hydro)	/
C	Sols comportent des fines et de gros éléments	C1	La classe de qualité est celle de fraction 0/50			
		C2	Fraction 0/50 de classe de qualité QS0 W ≥1.25 wopn	Fraction 0/50 de classe de qualité QS0 W <1.25 wopn	Fraction 0/50 de classe de qualité QS1	Propre et bien gradué Dureté élevée

TableauVI.12 : la classification des sols selon GTR et UIC 719R à partir des sondages carottiers

N° Forage	PK	Profondeur (m)	Nature des sols	Paramètres Physiques				Analyse Granulométrie				Limites d'Atterberg				Essai Œdométrie				Cisaillement CD		Analyse chimique				Classification	
				Wn (%)	ɣh (t/cm3)	γd (t/cm3)	Sr (%)	D_{MAX} (mm)	<2mm	<80µm	<2µm	WL (%)	Wp (%)	Ip (%)	Ic (%)	Pc (bar)	Cc (%)	Cg (%)	Cs (%)	Cu (bar)	φ (°)	PH	Sulfat SO3 (%)	carbonat CaCO3 (%)	Chlorure CL (%)	GTR	UIC 719R
F23	96+350	06.50-06.69 m	Sable argileux	16	1.89	1.62	69	2	99	23	9	NM				0.82	7.64	0.7	0.7	1.11	29	8.95	0.08	0.44	0.035	/	/
	96+350	13.20-13.50 m	Sable argileux	20	1.96	1.64	84	14	87	27	13	NM				1.81	13.29	2.24	1.99	0.72	67	/	/	/	/	/	/
F24	109+800	05.50-05.70 m	Sable argileux	10	1.89	1.71	50	6.30	97	40	13	27	17	10	1.7	5.89	37.5	1.9	2.20	0.26	44	/	/	/	/	A1	QS1
	109+800	12.45-12.94m	Sable argileux	15	2.01	1.75	78	20	75	30	12	41	23	18	1.45	Matériaux graveleux						8.83	0.26	7.92	0.1	B6	QS1

Unités géotechnique : NM essai non mesurable

Tableau VI.13 : la classification des sols selon GTR et UIC 719R à partir des puits de reconnaissance

Puits	PK	Profondeur (m)	Wn (%)	Analyse Granulométrie			Limites d'Atterberg			VBS	Essai de Proctor		Essai de CBR			Classification	
				<2mm (%)	<80µm (%)	<2µm (%)	WL (%)	Ip (%)	Ic (%)		ωopt (%)	γdmax (t/m³)	CBR (10c)	CBR (25c)	CBR (56c)	GTR	UIC 719R
PU-29-SB	097+000	0.30-1.70m	7	51	24	7	36	13	2.2	/	/	/	/	/	/	B6 ts	QS1
PU-31-SB	107+000	1.00-3.50m	4	74	10	2	/	/	/	0.31	10	1.65	6	15	22	B2 ts	QS2
PU-32-SB	110+000	0.30-0.60m	Refus sur dalle gréseuse n'ayant pas permis le prélèvement d'échantillons en quantité suffisante pour les essais														
PU-ZE07-SB	98+000	0.20-1.90m	9	70	35	13	/	/	/	0.38	15.3	1.80	1.7	4.4	5.1	A1 ts	QS1

VI.2.6 Conclusion :

Les essais géotechniques nous ont permis de connaitre les caractéristiques intrinsèques pour la classification **GTR**, en effet nous avons obtenu des sols entre **A, B.** On aura besoin de cette classification pour l'utilisation de matériaux en terrassement. La classification **UIC** nous a permis d'apprécier la qualité du sol de notre zone d'étude en **QS1**et rarement **QS2**, ce qui nous permettra de dimensionner la structure d'assise correspondante à ces classes de qualité de sol, objet du chapitre suivant.

Chapitre VII : dimensionnement de la couche d’assise



VII.1 Introduction :

La structure d'assisses ou l'infrastructure de la voie est le soubassement d'une voie, en d'autre terme, c'est la partie inférieure sur laquelle cette voie repose. Elle sert à répartir sur la plate-forme, les charges exercées par les traverses et amortir les vibrations de la superstructure, de plus elle contribue aux stabilisations longitudinales et latérales de la voie.

Elle permet donc pour une large part d'assurer par sa nature et son épaisseur le bon Comportement de la voie ferrée du point de vue rigidité, tenue et drainage.

Les différentes couches d'assisse :

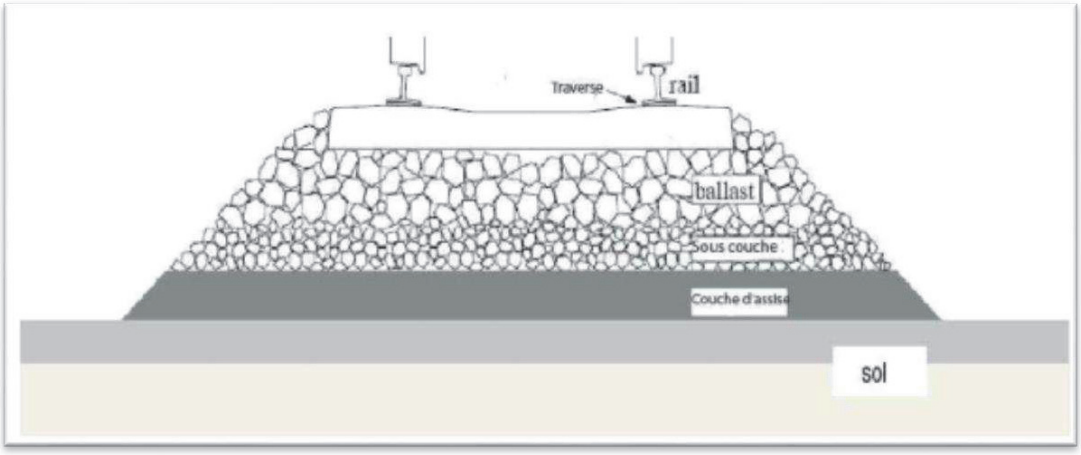


Figure VII.1 : les défférente couche d'assise

VII.2 Couche de ballast :

VII.2.1 Définition :

Le ballast est le lit de pierres ou de graviers sur lequel repose une voie de fer, d'origine volcanique et de nature siliceuse ou calcaire,sa granulométrie est de 25 à 50 cm.La couche de ballast est disposée sous les traverses, son épaisseur est de 300 mm à l'aplomb du rail en pleine voie. L'inclinaison de talus de ballast (pente entre le bord inférieur et le bord supérieur de la couche de ballast) est d'environ 33,7°.

VII.2.2 Rôle de la couche de ballast :

Etant utilisée depuis longtemps, la couche de ballast est une technique érpouvée et joue un rôle très important dans la construction des chemins de fer ballastée son rôle est comme suit :

- ✓ Assurer, en raison de sa granulométrie particulière, le drainage et l'évacuation rapide des eaux zénithales
- ✓ Constituer un amortisseur de vibrations très efficace grâce à ses propriétés rhéologiques
- ✓ Permettre, au moyen du bourrage-dressage mécanisé, la rectification très rapide du nivellement et du tracé.
- ✓ Transmettre les efforts engendrés par le passage des trains au sol sans que celui-ci ne se déforme par tassement.
- ✓ Enchâsser les traverses afin d'assurer une résistance aux déformations longitudinales, particulièrement pour les éléments de voie soudés (LRS : longs rails soudés).
- ✓ Permettre d'ajuster, de façon simple et efficace, le tracé de la voie
- ✓ Permettre la construction de voies ferrées avec le coût des travaux relativement faible (moins élevé).

VII.2.3 Caractéristique de ballast :

VII.2.3.1 Caractéristique physique du ballast :

- **Granularité :** Le ballast est constitué par de la roche concassée, métaux ou plastiques, de dimensions comprises entre 2 et 6 cm, de forme plus ou moins cubique, aux arêtes vives, les granulats ne doivent être ni trop longs ni trop plats. et provenant de carrières agrées par la SNTF. Ces dimensions influent sur la résistace de la voie aux sollicitations.
- **Perméabilité** : Le ballast doit assurer un bon écoulement des eaux car l'eau qui reste dans le ballast y forme finalement de la boue, les traverses qui s'y appuient sont mal assises (traverses boueuses ou danseuse), cette eau se congèle en hiver, d'où gonflement du ballast et soulèvement de la voie. En outre, la voie gelée perd son élasticité.
- **Elasticité :** Celle-ci dérive de la mobilité relative des éléments constituant le ballast. Pour qu'elle soit bonne, il faut que les pierrailles soient de dimensions suffisamment grandes et qu'elles soient bien calibré. Le ballast doit conserver son élasticité et ne pas former sous les traverses une masse compacte, comprimée sous le poids des trains et ne revenant pas lorsque la charge a disparu.

VII.2.3.2 Caractéristiques mécaniques :

- **Résistance aux chocs (résistance à la fragmentation) :** Sous l'effet de contraintes transmises au ballast, il se produit un frottement des granulats entre eux, et des chocs engendrés par les traverses et les bourroirs, donc pour mesurer la résistance combinée à la

fragmentation par chocs et l'usure par frottement réciproque des granulats on réalise l'essai LOS ANGELES.

- **Résistance d'usure (résistance d'abrasion/à l'attrition) :** Sous l'effet des charges concentrées et des vibrations, les granulats du ballast subissent une usure par frottement aux points de contact entre eux. L'essai qui caractérise la résistance à l'attrition est appelé L'essai Micro DEVAL.
  Les valeurs de LA et MDE sont définis en fonction des trafics : LA<=22, MDE<=8.5, C'est la valeur pour une voie à trafic mixte comprenant la circulation de trains voyageurs à une vitesse de 220km/h, et de trains marchandises à vitesse maximale de 100km/h.
- **La dureté :** Afin de résister aux efforts reçus ainsi qu'à l'usure par abrasion du fait de vibrations engendrées par les charges roulantes. Elle est mesurée par une évaluation statique du double aspect de la résistance à l'attrition et aux chocs, elle est exprimée par le coefficient de la dureté relative globale **'DRG'**, (il varie selon la nature des traverses et du trafic). Pour le cas de notre projet, on a **DRG > 17** (selon les normes **UIC** concernant la dureté globale exigé pour le ballast).
- **La Résistance a la compression** : les contraintes verticales transmises au ballast peuvent lui provoquer des ruptures, en effet, les granulats doivent présenter une résistance a la compression suffisante, elle est mesuré a partir d'un essai en laboratoire, en Algérie (**RC > 14 KN/cm2**, Document SNTF).

VII.3 La Sous Couche :

VII.3.1 Définition :

La sous-couche est une couche d'adaptation interposée entre la couche de ballast et la plateforme, elle peut être mono ou multicouches. Elle comprend du haut vers le bas : une couche sous ballast en grave propre bien gradué puis une couche de fondation et enfin s'il y a lieu une couche anti-contaminant complétée par des feuilles de géotextiles.

VII.3.2 Rôle de la sous couche :

Elle concourt à la meilleure répartition des charges transmisses au niveau de la plateforme ; Contribution à l'amélioration de la portance du sol ; protection de la partie supérieure de la plateforme contre l'érosion qui résulte, soit d'une part du poinçonnement opéré par les éléments de ballast, soit, d'autre part, de l'action des eaux zénithales protection des plateformes contre les effets du gel.

VII.3.3 Composition de la sous couche :

- **Couche de sous ballast :** C'est une couche en grave propre bien graduée 0/31.5mm comportant au moins 50% du matériau concassé, compacté à 103% OPM. Cette couche existe dans tous les cas, même sur les plateformes rocheuses.
- **Couche de fondation :** c'est une couche en grave propre bien graduée d'une épaisseur de 15 cm compactée à 100% OPM.
- **La couche anti-contaminant :** c'est une couche de drainage (facultative), en sable moyen propre d'une épaisseur minimale de 15 cm, elles sont complétées en outre par une feuille de feutre synthétique (Géotextile).

Caractéristique de couche de fondation :

- ✓ La couche de fondation est mise en place sous la couche sous-ballast.
- ✓ La couche de fondation est exécutée en grave propre bien graduée. Les matériaux employés sont, soit les sous produits des carrières de ballast, soit des alluvions d'oued.
- ✓ La granulométrie des matériaux de la couche de fondation doit répondre à la condition de non contamination par rapport à la couche de forme et à la couche de sous-ballast.

NB : Le sous-ballast, la couche de fondation et la couche anti-contaminante doivent être posés en pente transversale afin de mener l'eau de pluie vers l'assainissement.

- 4% pente normale ;
- 3% pente posée dans les zones de désert ;
- 5% pente posée dans les zones littorales

VII.4 La Plateforme :

C'est la partie supérieure de l'ouvrage en terre supportant la sous-couche elle est constituée de terres rapportées par rapport au déblai /remblai. Sa partie supérieure est constituée par un couche de forme avec une pente transversale

VII.4.1 Couche de forme :

VII.4.1.1 Compositions :

Elle est située sur la plate-forme dont la partie supérieure est appelée la couche de forme et qui est inclinée conformément a la sous-couche (**4 % pour notre projet)** Située en remblai, la couche de forme sera exécutée en employant le même matériau que pour le remblai ou meilleur.

Située en déblai, elle sera constituée par de fouille, en cas d'un remblai, elle est distinguée du remblai par un taux de compactage plus élevé, dans le cas d'un déblai, cette couche est obtenue

généralement par compactage du fond de fouille. Cependant, on peut prévoir ici encore, un apport de sol de meilleure qualité dans les deux cas, on peut également traiter la couche de forme aux liants.

VII.4.1.2 Classe de portance de la plate forme :

- ✓ La portance d'une plateforme dépend :
- ✓ De la qualité et de l'épaisseur de la couche de forme (lorsque cette dernière existe).
- ✓ De la qualité du sol constituant le corps de remblais ou du sol en place du fond du

Déblai On peut distinguer, en fonction des paramétrés ci-dessus les trois classes de portance de plateforme suivantes :

P3 : bonne plate – forme.

P2 : plate-forme moyenne.

P1 : plate –forme mauvaise

Le tableau suivant nous a permis d'identifier les classes de plateforme en fonction de la qualité du sol support :

Classe de qualité du sol	Classe de portance envisagée pour la plate-forme	Couche de forme de mettre en œuvre pour obtenir cette classe de portance	
		Qualité	Epaisseur Min :e_f(m)
Qs 1	P1	Qs1	-
	P2	Qs2	0.5
	P2	Qs3	0.35
	P3	Qs3	0.5
Qs2	P2	Qs2	-
	P3	Qs3	0.35
Qs3	P3	Qs3	-

Tableau VII.1: les classes de portance de la plateforme (UIC719R)

VII.4.1.3 Epaisseur minimale des couches d'assisse :

e= E+a+b+c+d+f+g (m) …. (Normes UIC 719 R p .57)

L'épaisseur de la couche d'assise (épaisseur du ballast+ épaisseur du sous couche) dépend des facteurs suivants :

E : facteur dépendant des classes de portance (**P1, P2 ou P3**).

a : facteur dépendant de l'UIC groupes (groupe 1 à 6, UIC 714).

b : facteur dépendant de type de traverse.

c : facteur dépendant des conditions de travail.

d : facteur dépendant de la charge maximale d'essieu des véhicules.

f : facteur dépendant de la vitesse.

g : facteur dépendant de l'installation de géotextiles.

Tableau VII.2 : les paramètres de dimensionnements et leurs valeurs

Paramètres de Dimensionnement	Valeurs
E	E= 0.70m pour les plateformes de classe de portance P1. E= 0.55m pour les plateformes de classe de portance P2. E= 0.45m pour les plateformes de classe de portance P3.
A	a= 0 pour les groupes UIC 1 et 2 (ou ligne à V> 160 km/h quel que soit le groupe UIC). a= -0.5m pour les groupes UIC 3 et 4. a= -0.10 m pour les groupes UIC 5 et 6 groupe ainsi que 7.8 et 9 avec voyageurs. a= -0.15 m pour les groupes 7.8 et 9 sans voyageurs
B	b=0 pour les traverses bois de longueur 2.60m. b= (2.5-L)/2 pour les traverses béton de longueur L.
C	c=0 pour un dimensionnement normal. c=0.1m à titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC autre que 7.8 et 9 avec voyageurs. c= 0.05m à titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC 7,8 et 9 sans voyageurs.
D	d= 0 lorsque la charge maximale d'essieu des vehicules remorques ne dépasse pas 200 KN. d= +0.05m lorsque la charge maximale d'essieu des vehicules remorqués ne dépasse pas 225 KN. d= +0.10m lorsque la charge maximale d'essieu des vehicules remorqués ne dépasse pas 250KN.
F	f=0 pour toutes les lignes parcourues à V ≤ 160 km/h et pour les plates-formes de portance P3, des lignes parcourues à grande vitesse. f=0.05m pour les plates-formes de classe de portance P2 des lignes parcourues à grande vitesse.

	f= 0.10m pour les plates-formes de classe de portance P1 des lignes parcourues à grande vitesse.
G	g= + géotextile lorsque la couche de forme est en sol QS1 ou QS2. g=0 (pas de géotextile) lorsque la couche de forme est en sol QS3.

VII.5 Application sur le projet :

VII.5.1 Détermination de l'épaisseur des couches :

Pour notre projet et selon le rapport géotechnique à partir les résultats obtenus la catégorie des matériaux existants sur le long de notre tronçon étudié est QS1, On se basant sur le **tableau de la norme UIC 719R ;** on aura :

la classe de portance de la couche de forme est **P3**.

Pour notre projet, ces paramètres sont définis comme suit :

E = 0.55 m : pour une classe de portance **P3**

a = 0 m : pour les lignes de groupe UIC 1 et **UIC2, V > 160 km/h**

b = (2.5-L)/2 : traverses en béton de longueur L (b et L en (m), b< 0 si L> 2.5m),

b = 0.13 m

c = 0 m : pour un dimensionnement normal,

d = 0.05 : pour une charge maximale d'essieu égale à 22.5t,

f = 0.05 m : pour la plateforme de portance P3, des lignes à grande vitesse,

g = (géotextile n'est pas nécessaire).

L'épaisseur calculée :

e=0.45 + 0.13 + 0.05 + 0.05 = 0.68 m ; on prend **e = 0.70 m.**

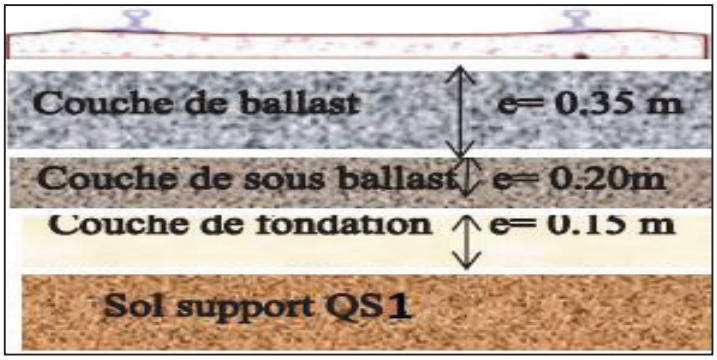
Une épaisseur ef = 0.35 m de la couche de forme de classe QS3.

Épaisseur totale : 105 cm

Les épaisseurs des différentes couches sont représentés dans le tableau suivant :

La couche	Epaisseur (m)
Ballast	**35 cm,**
Sous-ballast	**20cm,**
Couche de fondation	**15 cm,**
Epaisseur totale	**70 cm**

Tableau VII3 : les couches d'assisse



FigureVII.2 : Schématisation de la structure adoptée

CHAP VIII : LES TERRASSEMENT



VIII.1 INTRODUCTION :

Les terrassements sont des travaux fondamentaux pour réaliser des projets ferroviaire, le terrassement est le travail consistant à déplacer des matériaux (sols, roches, etc) en quantités importantes dans un but précis.

Ils sont des terrains naturels dénivelés (plus hauts ou plus bas) par rapport aux cotes du projet sont remaniés pour être conforme au plan de terrassement ainsi qu'aux cotes du projet par les actions de remblai et déblai.

VIII.2 DECAPAGE :

L'épaisseur de terre végétale varie en fonction de la nature des formations, du type et de la densité de la végétation, de l'existence d'explorations agricoles et de la déclivité du terrain. Etant donné que l'infrastructure ferroviaire est un ouvrage linéaire, qui traverse différents types de terrains le long du tracé, on prévoit des variations significatives dans l'épaisseur de terre végétale à décaper : Dans les zones basses, constituées par les dépôts alluvionnaires où l'épaisseur de sols résiduels est développée (terrain marneux), la terre végétale devra être plus épaisse, tandis que dans les lieux plus rocheux (calcaires) la terre végétale devra être moins épaisse.

Sur la base des données obtenues dans la reconnaissance de surface et dans les travaux de prospection, nous avons trouvé que l'épaisseur de décapage varie le long de notre tracé de 0,1 à 0,3m dans les lieux plus rocheux (calcaires) et de 0,5m à 0.7m dans les terrains marneux

VIII.3 DEBLAIS :

Le déblai consiste à abaisser le niveau des terrains naturels plus haut que l'arase de terrassement et le remblai consiste à rehausser le niveau des terrains naturels plus bas que l'arase de terrassement (formation level).

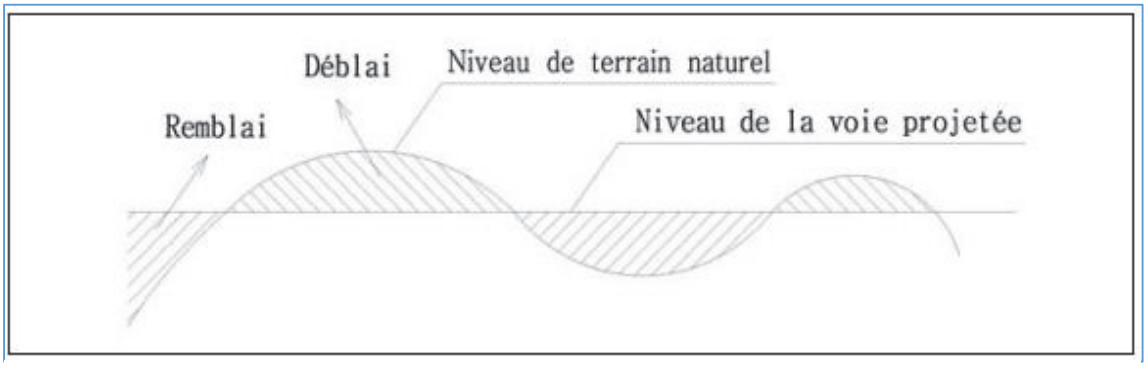


Figure VIII.1 : les zones de deblai et le remblai

Les principales zones de déblais le long du tracé ont fait l'objet d'un programme de reconnaissance géotechnique établi sur la base du profil longitudinal.

Tableau VIII.1 : Les principales zones de déblais entre PK94+000 et PK 118+000.

PK	Longueur [m]	H_{max}[m]
94+000 au 94+975	**75.02**	**0.27**
94+050 au 112+225	**17194.32**	**16.05**
115+900 au 116+025	**125.09**	**0.58**
116+300 au 118+000	**1705.58**	**7.8**

VIII.3.1 La Sécurité dans les zones de déblais :

La prévention des instabilités locales, qui est détectée pendant l'excavation des déblais, il convient de prévoir des mesures de stabilisation et de soutènement des talus, tels que le traitement avec des boulons d'ancrage, des grilles à mailles hexagonales, le gunitage…etc. Comme critère général :

- Lorsque les déblais sont effectués dans des terrains rocheux, il peut être possible de disposer au pied des talus pour récupérer les possibles blocs qui pourraient se détacher.
- Pour la stabilisation des talus, il faudra disposer des fossés de crête de talus, ainsi que des tuyaux en descente en béton. De la même façon, la surface des talus sera traitée avec des plantations.
- Dans le cas où peuvent apparaitre des instabilités locales avec détachement des blocs, il est à envisager le rabotage localisé de blocs, la projection de béton, le boulonnage local, la disposition de grillage antichute...
- Il est recommandé de disposer des fossés revêtus dans les bermes pour contrôler l'eau d'écoulement et éviter son infiltration dans les déblais.

VIII.3.2 Géométrie des talus en déblai :

- Les pentes des talus principalement utilisées et exprimées en fraction base sur hauteur, sont : 1/2, 2/3, 1/1, 3/2, 2/1, 2.5/1, 3/1.
- Elles sont conçues de façon à assurer la stabilité de l'ouvrage.

- Les talus peuvent être réalisés par palier, en étant interrompus par des banquettes d'au-moins
- La géométrie proposée doit être justifiée par des calculs de stabilité.

VIII.3.3 Etude de stabilité (à titre illustratif) :

Pour la vérification de stabilité des talus en déblais on a utilisé le logiciel '**TALREN V5**', et on a choisi la méthode de Bishop pour les ruptures circulaires, Pour les calculs des stabilités, les facteurs de sécurité globaux, à prendre en considération :

- Fs ≥1.5 pour l'analyse en conditions statiques.
- Fs ≥ 1,0 pour l'analyse en conditions sismiques.

VIII.4 Pour notre de projet :

L'étude de stabilité des talus en déblais **:**

Les actions sismiques sont appliquées en étant des forces statiques équivalentes, constantes et proportionnelles au poids propre du terrain ; ces actions sont déterminées en faisant référence aux normes parasismiques algériennes (Règles Parasismiques Ouvrages d'Art – RPOA) :

- ✓ Accélération sismique de la zone : **$A= 0.12\ g\ m/s^2$**
- ✓ Coefficient sismique horizontale : **$k_h= 0.5\times A= 0.06$**
- ✓ Coefficient sismique verticale : **$k_v= 0.3\times k_h= 0.018$**

- **Les caractéristiques mécaniques des déblais :**

Tableau VIII.2 : Les caractéristiques mécaniques des déblais.

Pk	Nature terrain	Paramètres géotechniques		
		γ_h (KN/m^3)	C (KN/m^3)	(degré)
94+050 au 112+225	Calcaire	22	80	35
	Argile sableuse	20	45	25
	Sable argileux	20	35	29

- **Résultats de vérification de stabilité des talus en déblais :**

Etant donné le type de formations traversées entre le PK 94+000 et le PK 118+000, on a adopté une pente de 3H /2V pour assurer la stabilité

Tableau VIII. 1 : Récapitulatif des résultats de vérification de stabilité des talus en déblais.

PK Début- fin	Géométrie des talus				Facteur sécurité		Obs
	Longueur (m)	Hauteur Max (m)	Pente proposé	Berme/ Talus	Condition statique	Condition sismique	
94+050 au 112+225	17194.32	16.05	3H /2V	2m / 6m	2.56	1.82	stable

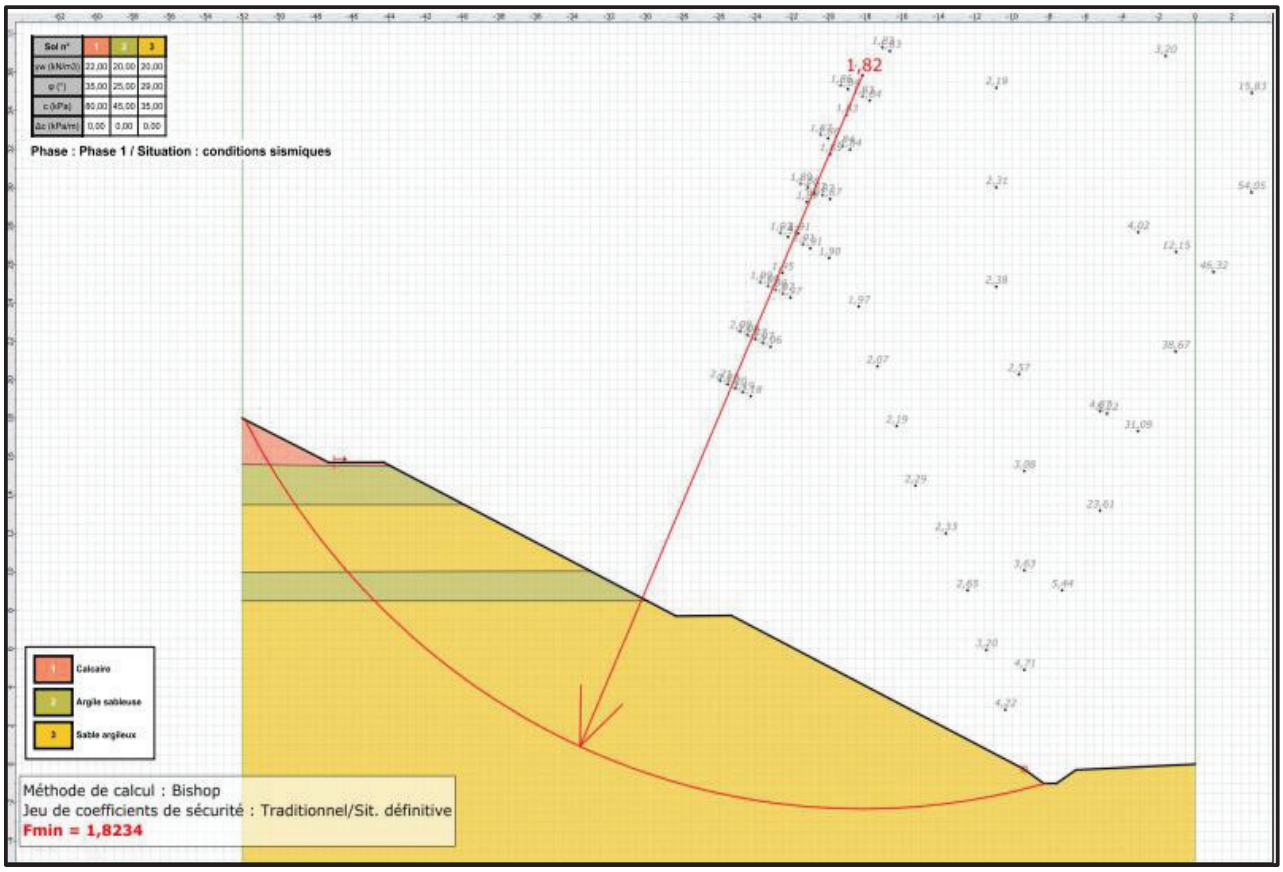


Figure VIII.2 :les cercles de rupture pour les déblais au PK 95+800 condition sismique. (Logiciel TALREN V5)

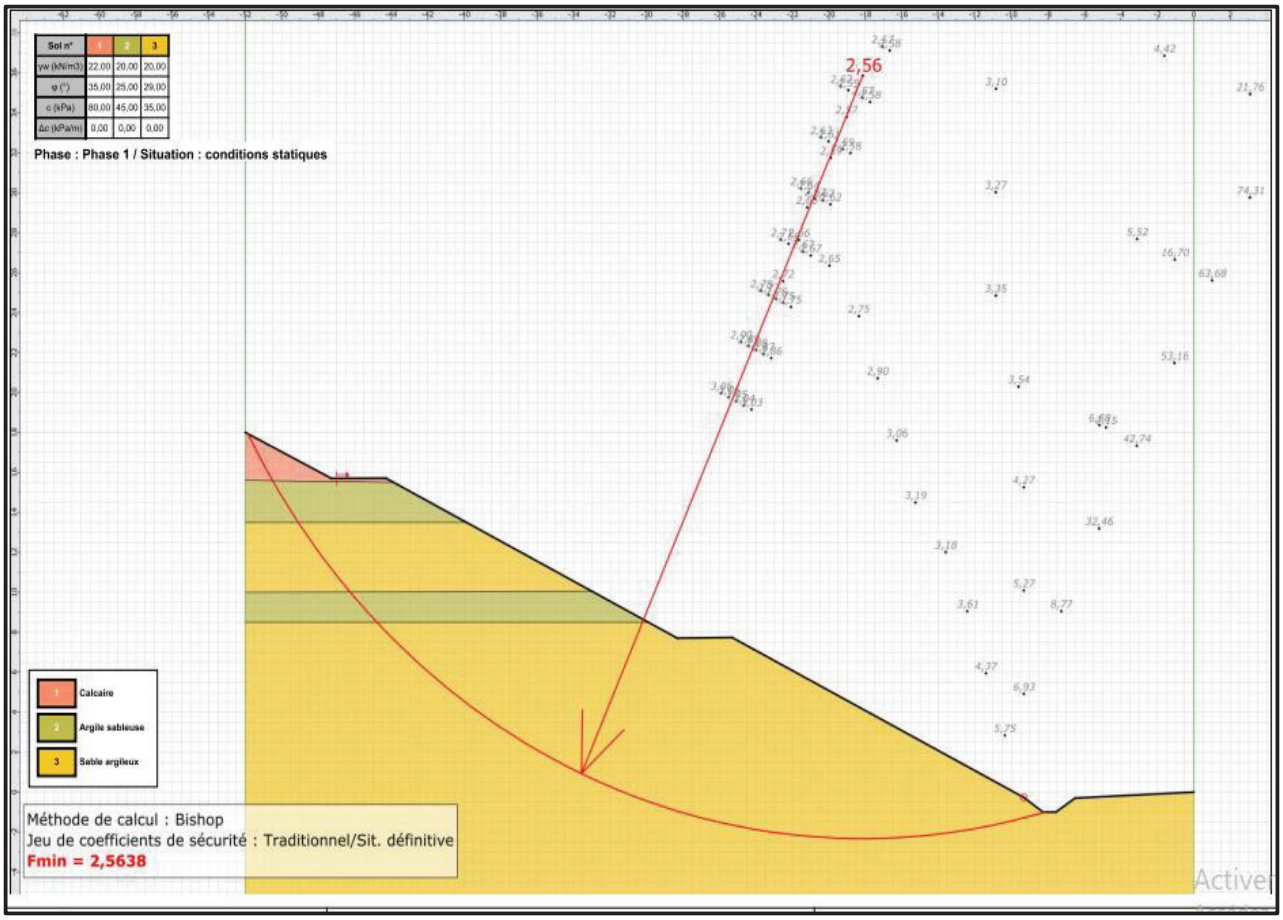


Figure VIII.3 : les cercles de rupture pour les déblais au PK 95+800 conditions statiques. (Logiciel TALREN V5)

VIII.5 Réutilisation des matériaux de déblais (déblais mise en remblais) :

En raison des coûts énormes des travaux de terrassements, les constructeurs essaient d'utiliser le maximum des sols extraits en remblais pour réduire les coûts de transport et d'achat des matériaux conformes à l'utilisation pour remblais. Les conditions de réutilisation des matériaux sont définies par le GTR.

Dans les zones déblais on a trois (3) classes de sol classifié par GTR (A1ts, B2ts, B6ts) :

Tableau suivant représente les zones déblais rencontrés le long du tracé entre PK 94+000 au pk 118+000

PK	Classe GTR	utilisation des matériaux	
		En remblai	En couche de forme
97+000	B6 ts	Sol normalement inutilisable en l'état	Sol normalement inutilisable en l'état
98+000	A1 ts		
107+00	B2 ts		

Tableau VIII.4 : les zones déblais rencontrés le long du tracé

Les Condition et notice d'utilisation des matériaux détaillés dans l'annexe G.

VIII.6 Conclusion :

D'après le GTR les matériaux mis en dépôt est B6 ts, B2 ts A1 ts

	Déblais mis en remblais	Déblais mis en dépôt
Volume (m^3)	0	66850,73 m^3

Tableau VIII.5 : Réutilisation des matériaux de déblais

VIII.7 REMBLAIS :

Remblayer, consiste à mettre en place des matériaux pour rehausser ou niveler le terrain existant.

Après l'analyse de profil en long du tronçon étudié, on a pu localiser les zones qui sont sujets de cette action. Les remblais concernés sont représenté dans le tableau suivant **:**

PK	Longueur (m)	Hmax (m)
PK 94+000 AU PK94+900	**906.84**	**1.64**
PK 94+975 AU PK95+050	**75.18**	**1**
PK 112+225 AU PK 115+900	**3700**	**4.6**
PK 116+025 AU PK 116+300	**276.11**	**1**

Tableau VIII.6: localisation des zones de remblai

Les terres végétales seront décapées et stockées pour leur réutilisation, ainsi que les talus des remblais seront protégés contre l'érosion et l'infiltration des eaux par la mise en place d'une couche de terre végétale d'environ **0,30 m d'épaisseur**. Cette terre végétale ne peut en aucun cas être réutilisée en remblais.

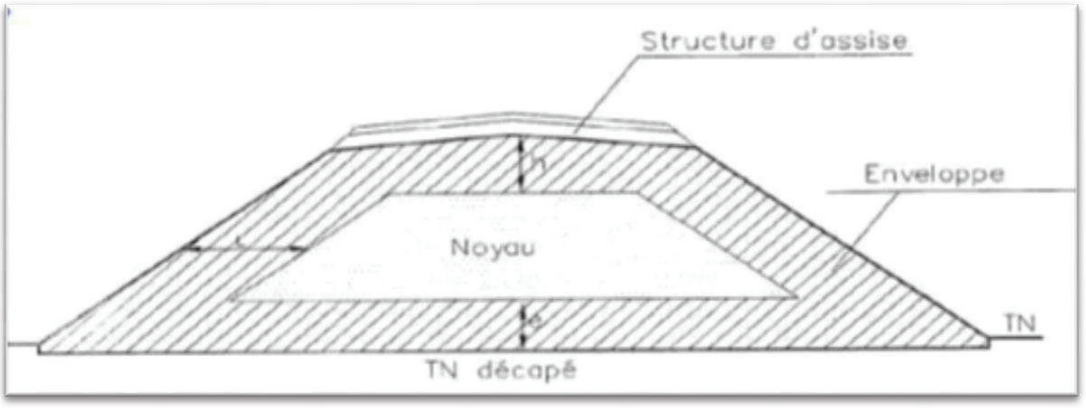
VIII.7.1 Vérification de la stabilité des talus en remblais :

On a trouvé un remblai de H max= 4.6 m < 8 m l'étude des stabilités des talus n'est pas nécessaire

VIII.7.2 Remblai en zone courante (non inondable) :

Dans la figure suivant se présente la structure de remblai en zone courante (non inondable), elle est constituée par un noyau et une enveloppe :

Figure VIII.4 : Structure d'un remblai courant.



Avec :

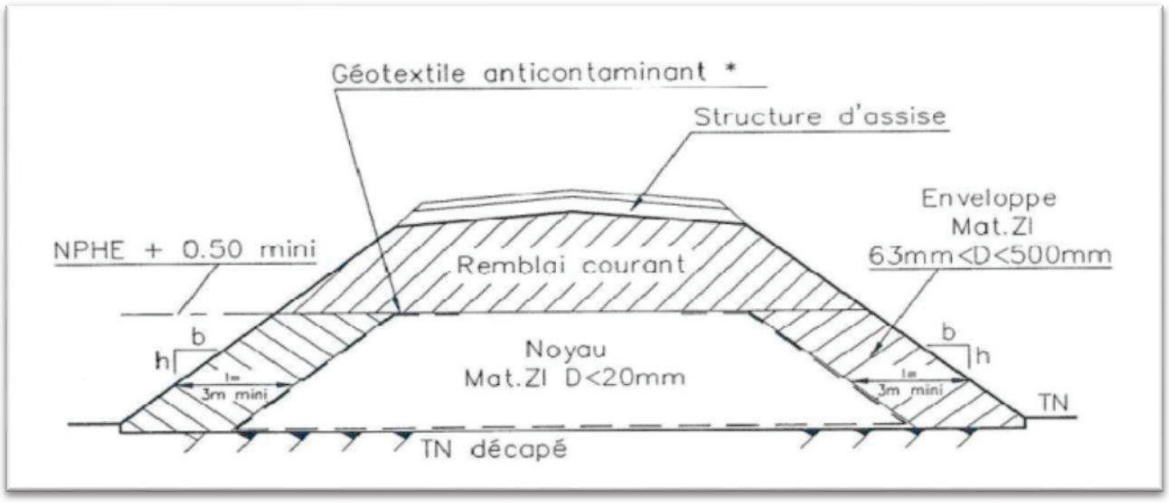
- e : épaisseur de l'enveloppe en base de remblai (1.00m minimum).
- l : largeur de l'enveloppe (3.00 m minimum).

- h : épaisseur de l'enveloppe au-dessus du noyau (1.00 m minimum).

VIII.7.3 Protection de la plate-forme en zone inondable (Remblais en zone inondable) :

Les remblais en zones inondables doivent être dimensionnés selon la conception donnée dans le référentiel technique (voir Figure ci-dessous) de manière à assurer leur stabilité et leur durabilité.

À fin d'éviter des remontées capillaires susceptibles de générer des désordres dans le corps de remblai, Il sera nécessaire d'adopter des mesures comprenant une purge sur 0.5 à 1.0 m de profondeur et une substitution par la mise en place de de matériaux granulaires avec les caractéristiques suscitées



. ***Figure VIII.5 : Structure d'un remblai en zone inondable***

Dans les zones de remblais en zone inondable (la zone de chott), les remblais sont souvent de hauteurs modestes comprises entre 3,0 et 7,5 mètres, soit inférieure à 8 mètres dont au-delà on doit prévoir des bermes pour favoriser la stabilité de talus de remblai. Le profil en travers type est proposé sans berme en se basant sur le profil en long de la nouvelle ligne Saïda / El-Bayadh.

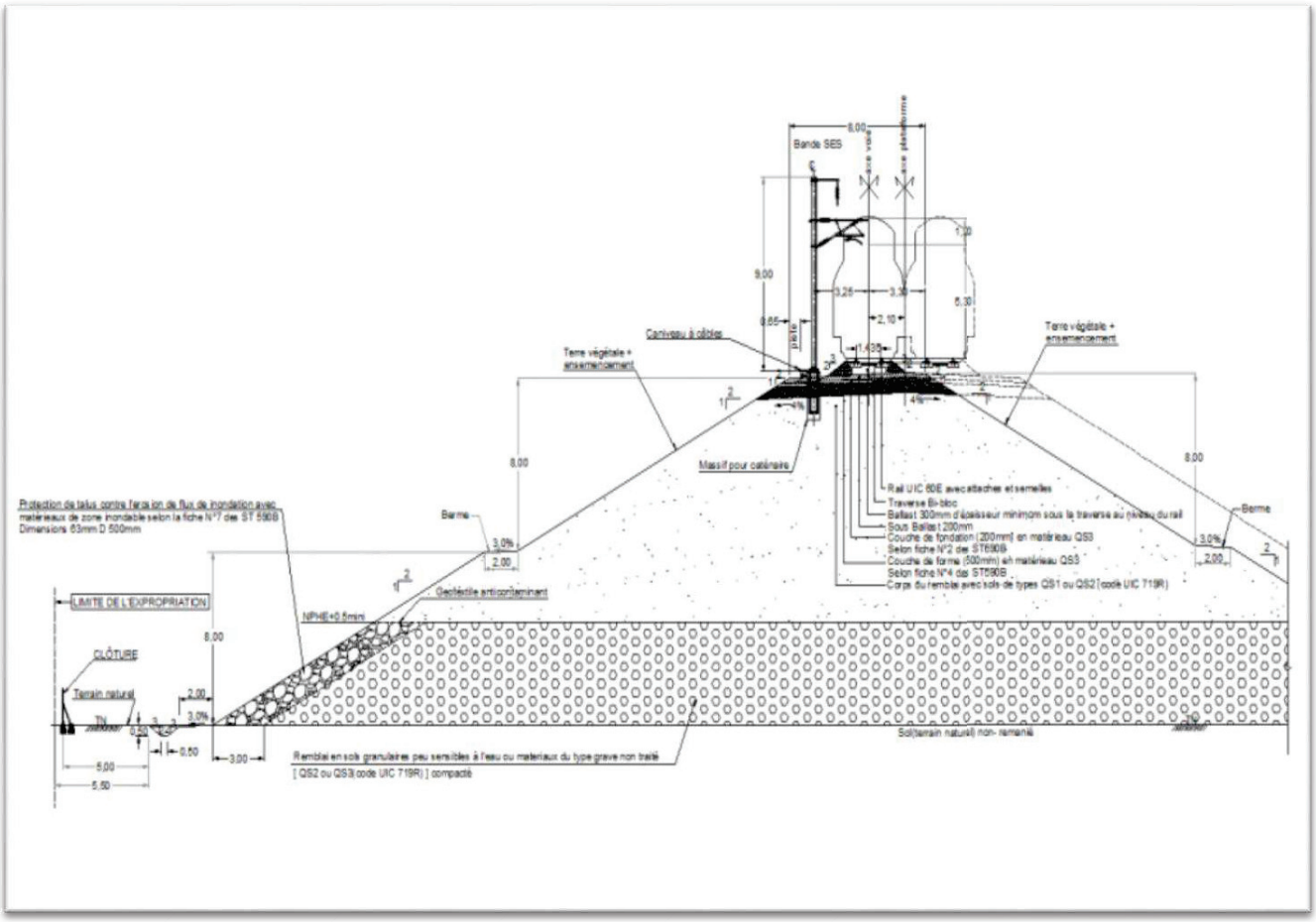


Figure VIII.6 : Zone inondable (y compris zone de chott)

VIII.8 Risque d'ensablement :

Les zones à risque d'ensablement sont également visibles le long du tracé **(du PK 108+600 au PK 110+400)** et constituent une contrainte impliquant des aménagements spécifiques avec la nécessité d'un entretien de la future voie.

Pour la préparation de l'assise du remblai au niveau de ces zones, Les sables (sables de dunes) et les sables argileux seront substitués par un sol de qualité 'QS1' sur des épaisseurs variables le long du tracé, généralement entre 0.5 et 1.5m.

Le tracé contourne la ville de Bougtoub, traverse la RN06 par un passage supérieur et prend la direction vers El Bayadh, en longeant la RN06A.

Figure VIII.7 : Zone d'ensablement à droite du tracé PK 110+100



Figure VIII.8 : Zone d'ensablement à gauche du tracé PK 108+600



❖ **Les techniques pour minimiser le risque d'ensablement :**

- ✓ La fixation des dunes et la lutte contre l'ensablement recourent essentiellement aux techniques mécaniques visant à réduire le phénomène de saltation et pour cela deux moyens peuvent être envisagés :
  - soit stabiliser le sol et les masses sableuses en mouvement ;
  - soit réduire le gradient de vitesse du vent au voisinage de la surface du sol ce qui empêche la formation de dépôts de sable.
- ✓ L'une des solutions de base pour lutter contre le risque d'ensablement de la voie est d'éviter les grands obstacles dans les couloirs de transit sableux. Parmi ces obstacle : le cas des grands remblais.
- ✓ En cas de déplacement des sables par saltation, il faut rabaisser (quand c'est possible) la hauteur des remblais.
- ✓ Plantation d'arbres et d'arbustes (solution pour lutter contre l'ensablement de la voie)

Voir la figure.

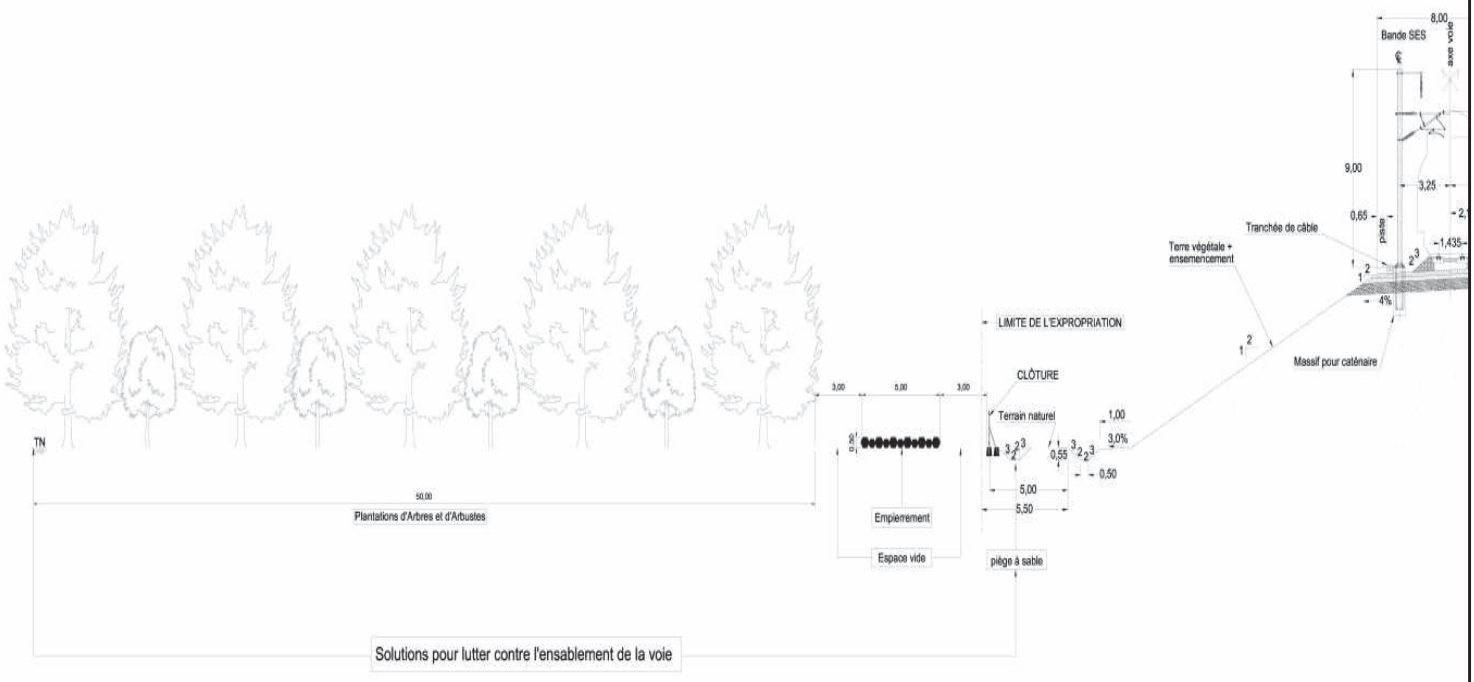


Figure VIII.9 : Plantation d'arbres et d'arbustes (solution pour lutter contre l'ensablement de la voie)

VIII.9 Gites d'emprunt

En tenant compte du volume important des remblais prévus le long du tracé d'une part et de l'absence de gîte pour plusieurs autres sections en remblais importants, il a été prévu un complément de puits de reconnaissance et le prélèvement d'échantillons pour les essais de laboratoire afin de classer les matériaux de ces gîtes selon le guide technique de réalisation des remblais et de couche de forme (GTR). Trois zones d'emprunt ont été repérées sur ce tronçon et sur des zones voisines.

Le résultat de cette essai réalisé au laboratoire sur les différents échantillons, prélevés à partir des puits de reconnaissance et leurs localisations sont résumés dans le tableau ci-après :

Puits	PK	Profondeur (m)	Wn (%)	Analyse Granulométrie			Limites d'Atterberg			VBS	Essai de Proctor		Essai de CBR			Classification	
				<2mm (%)	<80µm (%)	<2µm (%)	WL (%)	Ip (%)	Ic (%)		ωopt (%)	γdmax (t/m³)	CBR (10c)	CBR (25c)	CBR (56c)	GTR	UIC 719R
PU-ZE07-SB	98+000	0.20-1.90m	9	70	35	13	/	/	/	0.38	15.3	1.80	1.7	4.4	5.1	A1 ts	QS1

Tableau VIII.10 : l'essais laboratoire a partir de puit de reconnaissance

VIII.10 CONCLUSION :

Les travaux de terrassements représentent une part importante du coût global de réalisation des projets ferroviaires. Cette importance justifie une recherche d'optimisation globale, visant à minimiser les coûts en respectant les contraintes du projet (largeur de la plateforme, pentes maximales, courbures en plan et en altitude).

CHAPITRE IX : LA SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE



IX.1 Introduction :

La superstructure ferroviaire comprend toutes les installations fixes qui permettent d'assurer le bon guidage des wagons à leur trajectoire et de supportant les efforts transversaux, longitudinaux et verticaux. Elle se compose de deux files de barre en acier appelées (rails) posées parallèlement sur des supports transversaux que l'on nomme (traverses) reposant sur une couche de ballast.

Le but de ce chapitre est d'apporter des notions simples mais indispensables de ce qui est la voie ferrée et ses composantes.

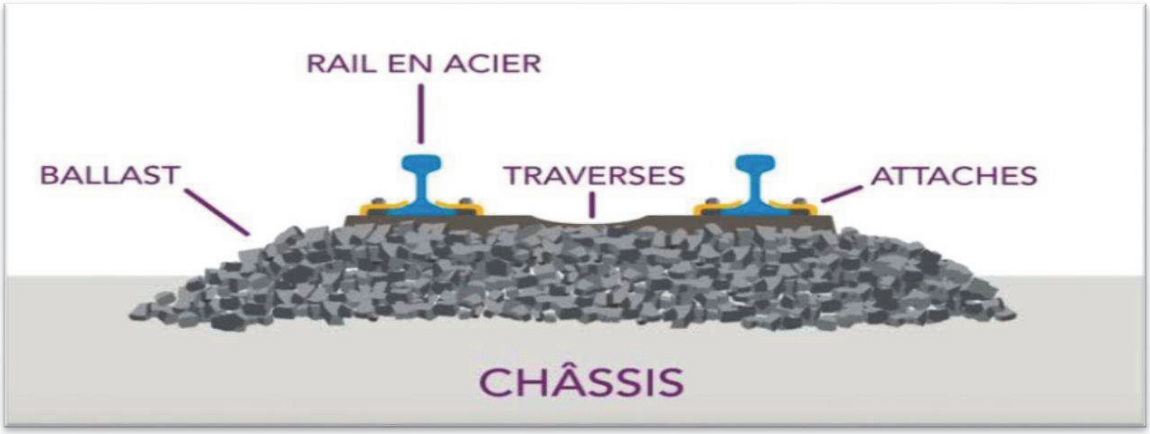


Figure IX.1 : Les constituants de la voie ferrée

IX.2 CATEGORIE DE VOIES :

Les voies sont classées en plusieurs grandes catégories, chacune réservée pour un objectif bien précis, on distingue ainsi :

- ✓ **Les voies principales** : affectées à la circulation des trains.
- ✓ **Les voies de circulation** : affectées à desserte interne des grands complexes Ferroviaires.
- ✓ **Les voies de service** : affectées aux manœuvres, elles sont constituées en général par des anciennes voies principales déclassées.
- ✓ **Les voies d'évitement** : qui permettent à deux trains circulant à contre sens sur une voie unique de se croiser.
- ✓ **Les voies de garage** : affectées au stationnement du matériel roulant.

IX.3 COMPOSANTES DE LA VOIE :

La voie ferroviaire est constitué par :

IX.3.1 Les rails :

Le rail est un élément linéaire en acier, doté d'un profil particulier. La mise en parallèle de deux files de rails crée une voie ferrée. Le rail doit assurer les fonctions suivantes :

- ✓ Supporter la charge des roues et les efforts dynamiques qui en résultent.
- ✓ Former une surface de roulement continue et plane qui permet de minimiser les efforts de traction (faible résistance spécifique à l'avancement).
- ✓ Assurer le guidage des wagons en courbe, en reprenant les efforts transversaux dus à la force centrifuge.
- ✓ Reprendre les efforts longitudinaux provoqués par l'accélération, le freinage et la résistance au roulement des convois.

IX.3.1.1 Caractéristiques :

- ✓ **Inclinaison du rail :**

L'inclinaison du rail représente l'angle entre l'axe de symétrie du profil neuf du rail fixé sur son support et la perpendiculaire au plan de roulement. Dans le tableau IX.1 sera présenté les caractéristiques de l'inclinaison selon la vitesse appliquée.

Tableau IX.1 : Récapitulatif des inclinaisons.

	Vitesse		
	200<V<250km/h	<280 km/h	>280 km/h
inclinaison	Sans inclinaison	2.5% - 5%	5%

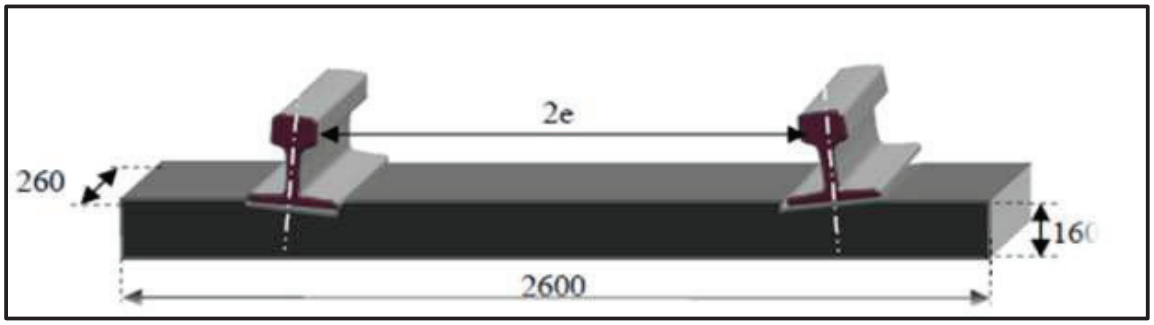


Figure IX.2 : Schéma d'inclinaison d'un rail

IX.3.1.2 Le rail est constitué de plusieurs parties :

- ✓ **La table de roulement** qui est la face supérieure du champignon assurant le contact roue-rail et la répartition des contraintes.

- ✓ **Le bourrelet ou Champignon** : c'est la partie supérieure du rail, il est caractérisé par sa largeur, sa hauteur, le bombement de sa table de roulement et l'inclinaison de ces faces latérales.
- ✓ **Portées d'éclissage** : Ce sont les plans inclinés qui raccordent le bourrelet et le patin à l'âme du rail, leur fonction est de servir d'appui pour soutenir le champignon.
- ✓ **L'Âme** : garantit une épaisseur suffisante pour résister aux sollicitations.
- ✓ **Le Patin** : assure une largeur suffisante pour le transfert de charge à la traverse et la zone pour attaches.

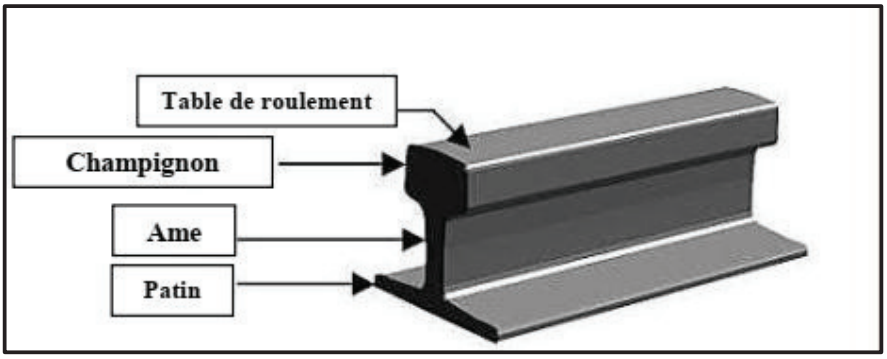


Figure IX.3 : Les composantes du rail

IX.3.1.3 Les formes principales de rail :

Il existe plusieurs profils de rails en voie :

- Le profil double champignon (DC), qui n'est plus fabriqué.
- Le profil Vignole.
- Le rail à gorge : utilisés pour les voies encastrées dans des chaussées routières, notamment pour les installations industrielles et les lignes de tramway. (Wikipédia)



Figure IX.4 : Les différents types de rails (de gauche à droite : Rail Vignole, Rail à double champignon, Rail à gorge)

❖ **Pour notre projet :**

Le rail utilisé sera du type 60 E1 (60,21 kg/m). La fabrication et la fourniture des rails seront conformes à la norme EN 13674-1 (Rails Vignole de masse ≥ 46 kg/m).

Les caractéristiques de rails du type UIC 60 E1 sont comme suit :

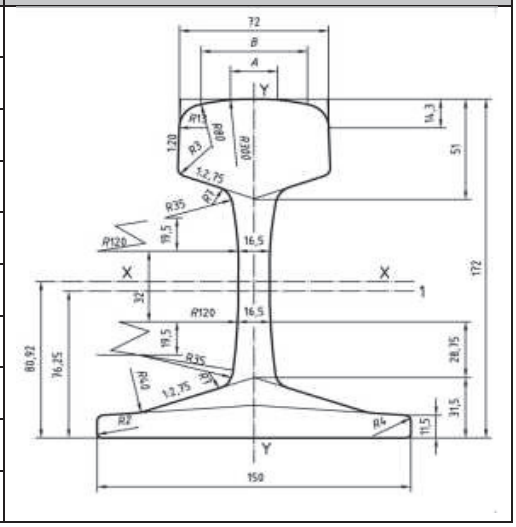
Caractéristiques	Valeur	Profil rail du type UIC 60 E1
Masse par mètre	60,21 kg/m	
Surface de la section	76,70 cm²	
Hauteur du rail	172 mm	
Largeur du champignon	72 mm	
Largeur du patin	150 mm	
Moment d'inertie (Axe X – X)	3038,3 cm4	
Moment d'inertie (Axe- Y-Y)	512,3 cm4	
Résistance à la traction	R ≥ 880 N/mm²	
Allongement	A ≥ 10%	
Dureté au milieu de la table de	roulement 260 ~ 300 HBW	

Tableau IX.2: caractéristiques du rail UIC60 E1 (EN 13674 -1) et le shéma de profil de la rail type 60 E1 (EN 1367-1).

IX.3.1.4 Système de raccordement des rails :

✓ **L'éclissage :** C'est l'assemblage de deux rails consécutifs à l'aide de deux éclisses.

L'éclissage doit satisfaire aux conditions suivantes :

1- Relier les rails de façon à ce qu'ils se comportement comme une poutre continue.

2- Avoir la même qualité d'acier que le rail.

3- Empêcher les mouvements verticaux des extrémités des rails l'une par rapport à l'autre.



FigureIX.5 : Assemblage par éclissage

✓ **Les Soudures :**

a- Soudure électrique ou forgeage :

Utilisée essentiellement en atelier. Le principe est de relier les deux extrémités à souder, l'un à une anode et l'autre à une cathode, puis de les rapprocher. L'arc électrique engendré provoque la fusion du métal et son forgeage.

b- Soudure aluminothermique :

Réalisé en voie par réaction chimique très exothermique sur une charge de métal d'apport.
Les grands avantages qu'elle offre cette méthode sont :

- une réduction des couts d'entretien de la voie.
- Une meilleure qualité de roulement et plus grand confort pour les voyageurs.



Figure IX.6 : Assemblage par soudure

IX.3.2 Les longs rails soudes :

Les longs rails soudés (L.R.S) sont des barres dont la longueur est suffisante pour qu'un, au moins, de ses points reste fixe, quelles que soient les variations de température
Les longs rails soudés ou LRS, appelés aussi " barres longues ", constituent une méthode moderne de pose des voies ferrées qui présente l'intérêt de supprimer la plupart des joints de rails sur des longueurs importantes, souvent de plusieurs kilomètres. Ces barres longues sont produites en atelier par la soudure de rails élémentaires. Cette soudure effectuée en atelier fixe ou semi-mobile est faite par étincelage et forgeage ou bien encore par induction et forgeage.

Ces barres longues, dont la souplesse autorise le transport sur des rames de wagons plats, sont ensuite posées et soudées entre elles sur place par soudure aluminothermique ou soudure électrique.

IX.3.2.1 Avantages et inconvénients des LRS :

Les LRS présentent deux principaux avantages, qui sont la conséquence de la suppression des joints éclissés :

- ✓ Une réduction des coûts d'entretien de la voie ;
- ✓ Une meilleure qualité de roulement et un plus grand confort pour les voyageurs.

IX.3.2.2 Leurs inconvénients, largement compensés par leurs avantages, sont :

- ✓ Une technicité plus grande de leur mise en œuvre et de leur entretien, nécessitant un personnel bien formé ;
- ✓ Un risque de déformation par flambement de la voie sous les contraintes de compression excessives lors de périodes de très fortes chaleurs (mais ce risque existe aussi en barres normales), Pour cette raison, on prend des précautions particulières comme par exemple une limitation de la vitesse, on n'entreprend pas de travaux en été sur des voies en LRS ;
- ✓ Un risque accru par rapport aux barres normales de rupture de rail lors des périodes de grand froid du fait de la tension régnant dans les barres ;

❖ **Pour notre projet :**

Longueur minimum des barres élémentaires : 36 m

En atelier : barres élémentaires soudées électriquement en barre continue pour une longueur supérieure ou égale à 288 m.

In situ (en voie) : soudure aluminothermique

IX.3.3 Les Travers :

Une traverse est un élément fondamental de la voie ferrée. C'est une pièce posée en travers de la voie ferre sous les rails.

D'après la SNTF la disposition des traverses sur le long de la voie est généralement entre 1666-1667 traverses/Km.

Les traverses doivent remplir les fonctions suivantes :

- ✓ Répartition des charges verticales transmises par le rail sur le ballast.
- ✓ Maintien l'écartement des rails.
- ✓ Renforcement et renouvellement aisé du ballast.

On distingue trois types de traverse :

IX.3.3.1 Les traverses en bois :

Fabriqués en bois exotique dure elles sont généralement en chêne, elles assurent la souplesse et l'isolement élastique, néanmoins leur inconvénient est celui de la sensibilité aux attaques atmosphériques.

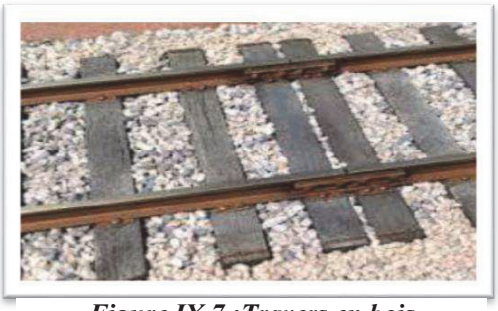


Figure IX.7 :Travers en bois

IX.3.3.2 Les traverses métalliques :

Sont des produits industriels de fabrication simple, en aciers, elles ont une forme d'U renversé, leurs extrémités sont enfoncées dans le ballast pour empêcher tout déplacement, vue leurs légèreté (environ 80 Kg) elles sont faciles à poser, cependant, elles sont bruyantes et conductrices d'électricité, donc nécessitent des dispositifs d'isolement couteux



Figure IX.8 : Travers Métallique

IX.3.3.3 Traverses en béton armé :

Les travers en béton armé coutent moins cher ce qui a élevé leur utilisation à travers le monde, ainsi que leur poids important assure un bon ancrage de la voie dans le ballast, par contre elles ont inconvénients notamment l'exigence d'un plus en ballast que d'autres types de traverses.

Il existe deux types de traverses en béton :

- ✓ Traverse **bi-bloc** : formées de deux blocs de béton armé appelés « Blochets » reliés par une entretoise métallique, qui absorbe les efforts en milieu de traverse.
- ✓ Traverse **Monobloc** : Formées en un seul bloc de béton précontraint, amincies dans leur partie centrale, armées de fils à haute résistance.

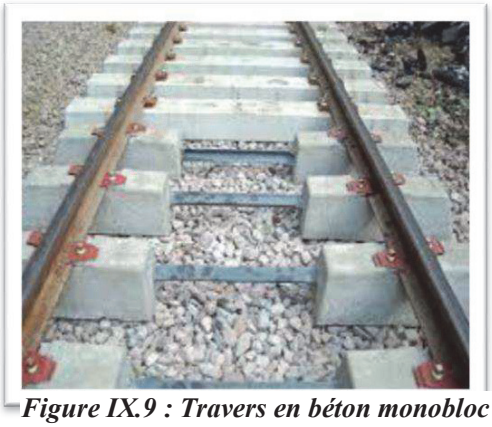


Figure IX.9 : Travers en béton monobloc et bi-blocs

❖ **Pour notre projet :**

Traverses bi-bloc en béton précontraint

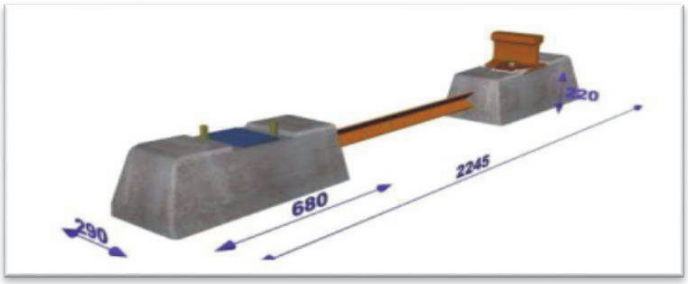


Figure IX.10 : travers bi block

IX.3.4 Les Attaches :

Les attaches rail-traverse assurent la fixation du rail sur la traverse. Elles assurent à la fois une élasticité dans le sens vertical et horizontal.

Il existe plusieurs types d'attaches mais les plus utilisés et connues sont les suivantes :

- ✓ Les anciennes attaches pour les traverses en bois étaient des crampons puis des tirefonds. Le premier type serrait mal le patin, le rail pouvant alors se relever de la traverse et le deuxième était tellement rigide que le rail pouvait soulever la traverse en se redressant.
- ✓ Pour les traverses métalliques, le système d'attache est constitué de boulons qui fixent les crapauds sur le patin.
- ✓ Le développement technologique a permis de concevoir et mettre en œuvre des attaches élastiques qui peuvent résister d'une manière élastique aux mouvements. On *distingue deux types* ***L'attache NABLA et L'attache de type E-clip.***



Figure IX.11 :Les Attache de type



Figure IX.12 : Les Attaches de type NABLA

IX.3.5 Le Ballast

On appelle ballast le lit de pierre ou de gravier sur lequel repose une voie de chemin de fer. La couche de ballaste est composé de pierres de granulométrie 25/50, de type plutonique (granite, diorite…. etc.). Pour le nivellement on utilise du gravillon de 10 mm à 35 mm extrait des carrières appelées ballastières. Le ballast subit deux types d'usure :

- Contamination pars des matériaux parasites (terre, herbes…).
- Tassement du ballaste sous les traverses, ce qui provoque une déformation verticale de la voie.



FigureIX.13 : Ballast sur la voie

Le ballast a pour rôle de :

- Répartir sur la plate-forme les charges concentrées qu'elle reçoit des traverses.
- Amortir une partie très importante de la vibration grâce à ses propriétés rhéologiques.
- Assurer, en raison de sa granulométrie, le drainage rapide de la voie.
- Permettre de rectifier rapidement le nivellement au moyen du bourrage-Dressage mécanisme.
- S'opposer par le frottement de ses éléments entre eux et contre les traverses à tout déplacement de la voie (Le choix de la grosseur du ballast dépend de la nature des traverses).

IX.3.6 Les appareils de voie

L'exploitation des voies ferrées exige des dispositifs de liaison et d'intersection des itinéraires, que l'on désigne sous le terme générale d'appareils de voie.
Les appareils de voie sont constitués de rails spéciaux (croisement de rails) et d'éléments mobiles (aiguilles). Ils permettent le passage d'une voie à une ou plusieurs autres. Lorsque

l'étude géométrique est terminé et les choix technique effectués, il devient possible de déterminer le schéma d'implantation de l'appareil.

Types d'appareil de voies : Il existe deux catégories d'appareils de voie :

- ✓ **Les Branchements :** permettent à l'itinéraire de ce ramifié en deux ou exceptionnellement en trois.

Dans le langage simple le branchement est appelé aiguillage et il se compose de trois parties :

- Partie aiguillage : qui comprend essentiellement les aiguilles mobiles ;
- Partie intermédiaire : assimilable à la voie courante ;
- Partie cœur (croisement) : qui comprend essentiellement le coeur de croisement.

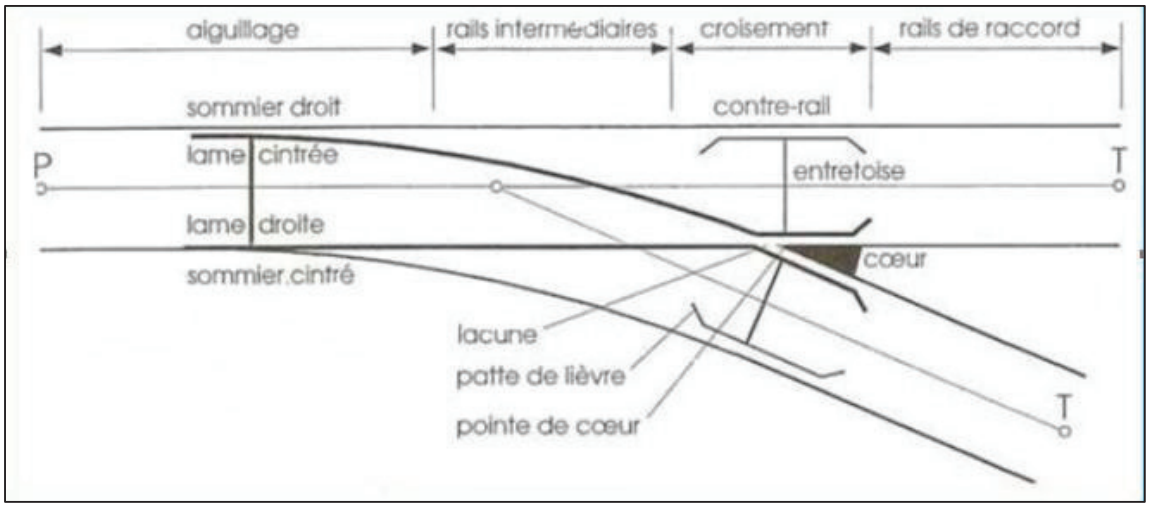


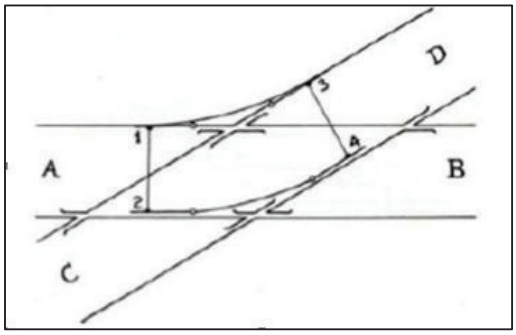
Figure IX.14 : les éléments constitutifs d'un branchement

- ✓ **Les traversées** : Il existe deux types :

Les traversées simples : permettent le croisement à niveau d'une voie par une autre en alignement ou en courbe de même rayon sans qu'il ne soit possible d'agir sur l'orientation des trains.

Les traversées jonction : permettent le croisement à niveau d'une voie par une autre et également la jonction des deux voies. On trouve :

- Les traversées jonction simples (TJS) permettant la jonction des voies uniquement dans un sens de circulation.



FigureIX.15: Traversée-jonction simple.

- Les traversées jonction doubles (TJD) permettant la jonction des voies dans les deux Sens de circulation.

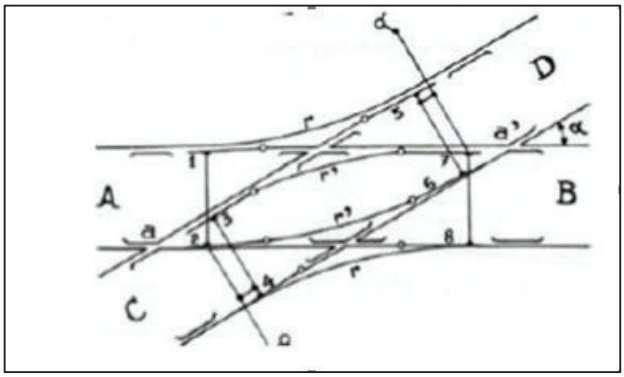


Figure IX.16 Traversée-jonction double.

❖ **Pour les appareils de notre voie :**

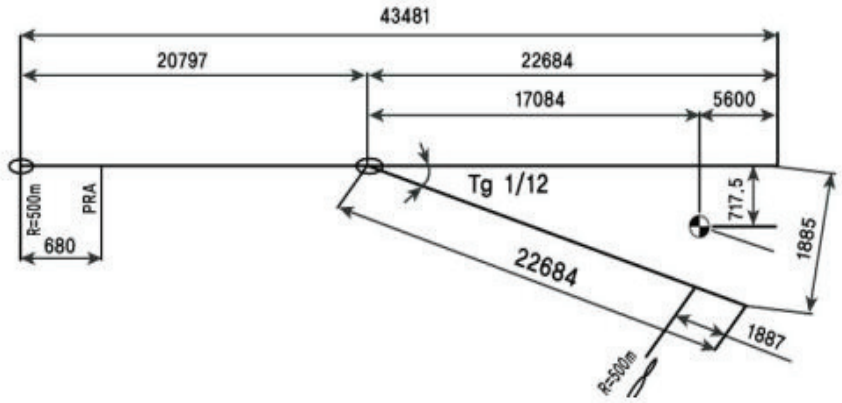
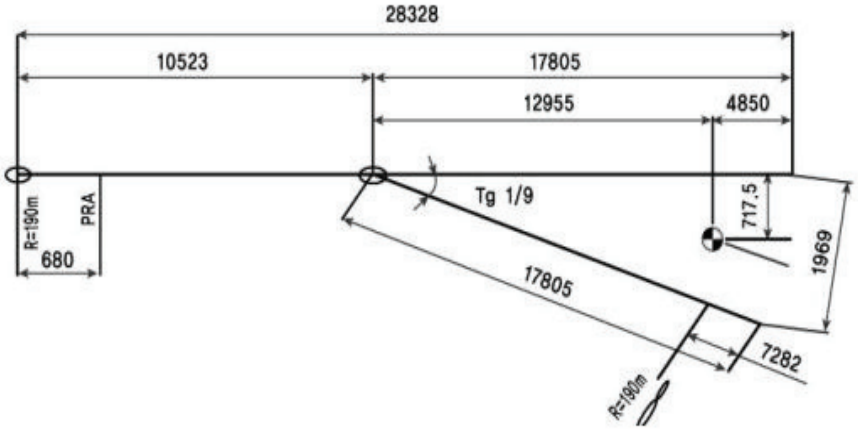
Les spécifications et dimensions des appareils de voie adoptés (type UIC 60E1) dans le projet de la nouvelle ligne Saïda / El-Bayadh sont présentées dans le tableau suivant :

Appareil de voie	Type de rail	R (m)	LQ (m)	A (m)	B (m)	Vitesse en voie directe (Vitesse en voie déviée)
1/18,5	UIC 60 E1	1200	66,711	39,924	33,787	160 km/h (100 km/h)
1/12	UIC 60 E1	500	43,481	20,797	22,684	160 km/h (65 km/h)
1/9	UIC 60 E1	300	34,538	16,616	17,922	160 km/h (50 km/h)
	UIC 60 E1	190	28,328	10,523	17,805	160 km/h (40 km/h)

Tableau IX.3 : Les appareils de voie utilisés.

Des diagrammes (skeleton en anglais) d'appareils de voie de type UIC 60E1 sont présentés ci-dessous :

Tableau IX.4: diagrammes des appareils de voie (UIC 711R)

Appareils de voie	Diagramme
Appareil de voie tg 1/12 R500 60E1	
Appareil de voie tg 1/9 R190 60E1	

IX.4 CONCLUSION :

L'état de la superstructure influant sur niveau de performance du réseau ferroviaire. Les systèmes ferroviaires nécessitent une superstructure à ces propres paramètres (Type de rail, de traverses les attaches et le système de pose de voie) qui servent à définir le caractère de cette dernière de supporter et guider les véhicules ferroviaires (matériel roulant).

CHAPITRE X : ETUDE HYDRAULIQUE ET ASSAINISSEMENT



X.1 Introduction

L'étude d'assainissement et de drainage des infrastructures ferroviaires a pour objet d'assurer l'évacuation de toutes les eaux superficielles et souterraines pour éviter la submersion de la voie ferrée. Ceci se fait à l'aide des différents ouvrages de drainages (Buses, Dalots,…).

Le volet assainissement doit être traité avec précision et dans les normes.
L'objectif principal de la présente étude hydrologique est donc la détermination des débits de crues tout le long du nouveau tracé de cette voie ferrée afin d'éviter toute inondation de celle-ci, et de prévoir ainsi l'aménagement hydraulique de protection le plus approprié.

X.2 Objectifs de l'assainissement et drainage :

- ✓ Assurer l'évacuation rapide des eaux pluviales.
- ✓ réduction du cout de l'entretien.
- ✓ protection de la voie contre l'inondation (la réparation des dégâts nécessite d'arrêter la voie a la circulation pendant les travaux de réparation des dégâts en vue de la difficulté de créer une déviation spontané pour cette voie).
- ✓ Eviter les problèmes d'érosion des éléments de la superstructure de la voie (rail,…) et des talus de remblai et de déblais.
- ✓ Le rabattement des nappes phréatiques.

X.3 Présentation hydrologique de la zone d'etude :

Notre zone d'étude situe dans la région hydrographique d'Oranie-Chott Ech Chergui, traverse essentiellement deux bassins versants qui sont le bassin versant de la **Macta** par le bassin versant de **l'oued Saida** et en grande partie le bassin versant du **Chott Ech Chergui**

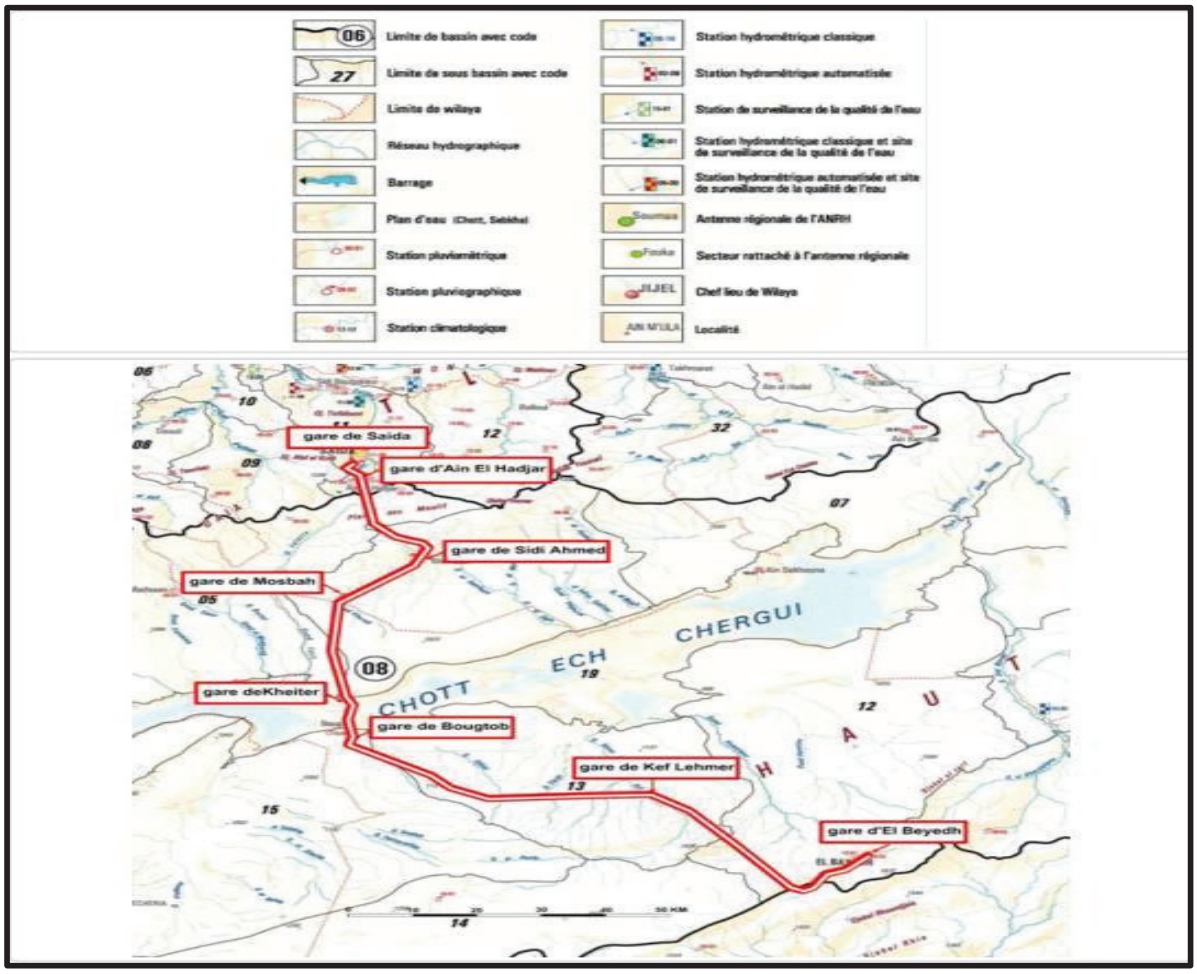


Figure X.1 : la région hydrographique d'Oranie-Chott Ech Chergui

X.3.1 Pluies annuelles :

On a obtenu d'apres l'**ANRH (** Agence Nationale des Ressources Hydrauliques)les données disponibles concernant les pluies mensuelles journalières maximales pour les stations pluviométriques :

(080501 ; 080502 ; 081202 ; 081502 ; 111103 ; 111120), Plus des deux stations **IDF** (111120 ; 081401) Voisines de la zone d'étude. Les postes utilisés sont indiqués dans le tableau suivant et la figure 02 (voir **l'Annexe E).**

L'annexe E présente les informations communiquées par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques **ANRH** concernant toutes les données climatiques disponibles des stations météorologiques les plus proches de la zone d'étude ainsi que la réponse de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

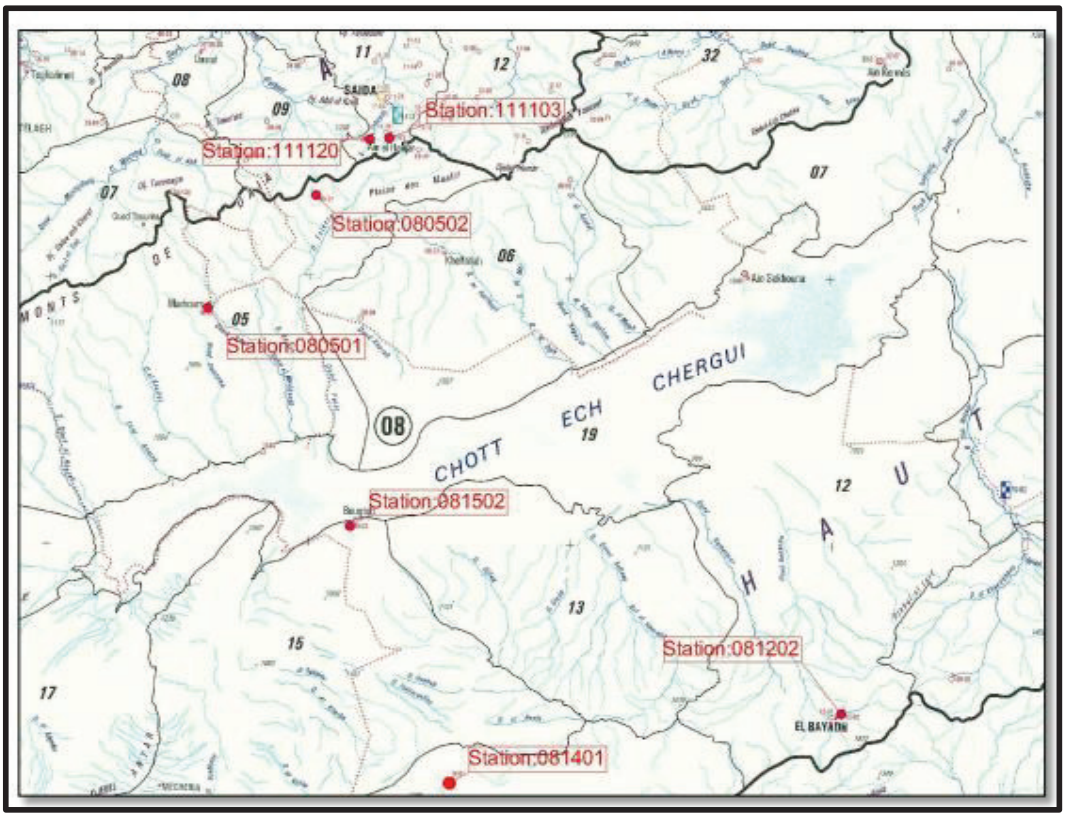


Figure X.2 : Les stations pluviométriques utilisées.

SOURCE : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H)

X.3.2 Précipitations Journalières :

Les précipitations constitue l'unique source des écoulements d'eau dans les bassins versants, elles sont exprimées généralement en hauteur de précipitation (mm). Et si on rapporte cette hauteur à l'unité de temps, il s'agit d'une intensité de précipitation (mm/h). Tel que :

1 mm = 1 L / m².

X.4 Détermination des caractéristiques géomorphologiques des bassins versants :

La détermination des caractéristiques des bassins versants consiste à calculer, ou évaluer, les Paramètres explicatifs, indispensables à l'évaluation des débits de crues. Les paramètres physiques peuvent être calculés, sans grandes difficultés, avec une précision satisfaisante. Après délimitation des bassins versant sur carte topographiques au 1/50 000 en utilisant **logiciel-Autocad**, On a trouvé au total deux (02) bassins versants qui croisent notre tracé, dont on a déterminé les caractéristiques géomorphologiques.

X.4.1 Caractéristiques géométriques :

X.4.1.1 Superficie et périmètre :

La superficie **S** du bassin versant est la portion du plan délimitée par une ligne de crête, ou contour du bassin, les débites vont être en partie relié à sa surface. Elle est calculée en réalisant l'intégrale de la ligne du contour du bassin tracé.

Le périmètre **P** est la longueur de la ligne de contour du bassin**.**

X.4.1.2 Indice de compacité de Gravelius (Kc) :

L'indice admis par les hydrologues pour caractériser la forme d'un bassin versant est l'indice de GRAVELIUS qui est le rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même surface.

$$K_C = \frac{\text{Perimetre du bassin versant (P)}}{\text{Perimetre du cercle de surface egale a celle du bassin versant } (P_C)}$$

Avec :

Kc: Indice de forme.

S: Surface du bassin versant (Km²).

P: Périmètre du bassin versant (Km).

$$K_C = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}} = 0.28\frac{P}{\sqrt{S}}$$

X.4.1.3 La longueur du rectangle équivalent : Léq (Km)

Il s'agit d'une transformation purement géométrique dans laquelle le contour du bassin versant devient un rectangle de même périmètre et de même surface.

$$L_{éq} = \frac{kc\sqrt{S}}{1.12} \times \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{kc}\right)^2}\right)$$

X.4.2 Caractéristiques topographiques :

X.4.2.1 Altitude moyenne du bassin : H_{moy} (m)

L'altitude moyenne est évaluée en faisant la moyenne entre la côte de pointe du flanc de coteaux et la côte minimale de la vallée,

•**H_{min}** : Altitude minimale **[m]**

•**H_{max}** : Altitude maximale**[m]**

$$Hmoy = \frac{Hmax + Hmin}{2}$$

X.4.2.2 Pente moyenne : I_P (m/m) :

•**Δh** En **[m]**

Δh = Hmax - Hmin

•**L_w** en **[km]**

$$Ip = \frac{\Delta h}{Lwx\ 1000}$$

X.4.2.3 La vitesse de ruissellement :

Elle est déterminée par la formule suivant :

$$V_{ruiss} = \frac{L}{Tc}$$

Avec:

Vruiss: Vitesse de ruissellement en Km/h

L : Longueur du talweg principal en Km

Tc : Temps de concentration en heure.

X.4.2.4 Temps de concentration

On a pris en considération les formules de calcul des temps de concentration **Tc** suivantes en rapport aux surfaces des bassins versants :

méthode	Surface du BV	Formule	Paramètres
Formule de Ventura	inférieur à 5 Km^2	$Tc = 0.127\sqrt{\frac{S}{Ip}}$	**Tc** = temps de concentration **(heure)** **S** = surface **[Km^2]** **I** : pente moyenne du BV **[m/m]** **L** : longueur du **bassin [km]** H=H_{moy} - H_{min} **en [m]** **H_{moy}** : altitude moyenne **[m]** **H_{min}** : altitude minimale **[m]**
Formule de Passini	entre 5 Km^2 et 25 Km^2	$Tc = 0.108\frac{(SL)^{1/3}}{Ip^{1/2}}$	
Formule de Giandotti	supérieur à 25 Km^2	$Tc = \frac{4\sqrt{S}+1.5L}{0.8\sqrt{H}}$	

Tableau X.1:: méthodes de calcul de temps de concentration

Les Caractéristiques physiques des bassins versants :

N°BV	PK	S(km²)	P (km)	Lw (km)	Kc	Leq (km)	Hmax (m)	Hmin (m)	Hmoy (m)	Δh (m)	Pente talweg (m/m)	Tc (h)	Vruiss (Km/h)
BV1	97+528	0.250	2.270	0.195	1.27	0.84	1032	1030	1031	2	0.002	1.30	0.15
BV2	101+057	7.080	12.240	3.28	1.29	4.57	1039	1035	1037	4	0.001	10.87	0.30

Tableau X.2: les caractéristiques morphologiques des bassins versants

Avec :

S (km²) : Surface de bassin versant
P (km) : Périmètre de bassin versant.
L (km) : Longueur du cours d'eau principal
Leq (km) : La longueur du rectangle équivalant
Hmax(m) : Altitude max
H.min(m) : Altitude min
H.moy(m) : Altitude moyenne
Δh (m) : dénivelée spécifique
I : Indice de pente
Tc : Temps de concentration

X.5 Estimation des débits max aux bassins de projet :

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 les formules édictées dans le guide de l'assainissement (route et chemin de fer) de Sétra, connues par leur large utilisation dans les projets de drainage ferroviaire en Algérie qui sont fonction de la surface des bassins versant

Comme suit :

- ✓ **Pour les bassins versant inférieur à10 Km²:**
  - La formule rationnelle ;
  - Formule de SOGREAH-ARNH (1989) .
  - Formule de TURAZA.
- ✓ **La formule de transition pour les bassins compris entre 10 et 50 Km² .**
- ✓ **La formule CRUPEDIX pour les bassins versants supérieurs à 50 Km².**

X5.1 Formule Rationnelle :

$$Q = 0{,}2778\ C\ I\ A$$

α=0,2778 : Coefficient de convention des unités

Q: Débit de crue de période de retour voulue « en m3/s »

C : Coefficient de ruissellement dans la période de retour considérée

I : Intensité de pluie pour le temps de concentration du B.V et la récurrence souhaitée « en mm/h »

A : Superficie du bassin « en km2 »

X.5.1.1 Coefficient de ruissellement : (source : RAHMANI.2014)

Il caractériser la capacité d'un bassin versant à ruisseler, obtenue en tenant compte des trois paramètres suivants : La couverture végétale, la forme, la pente et la nature du terrain. Il est exprimé en % est défini comme suit :

$$Cr = \frac{\text{hauteur d'eau ruisselée en mm}}{\text{hauteur d'eau précipitée en mm}} * 100$$

On peut citer quelque valeur de ce coefficient dans ce tableau :

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtue en enrobé (sol imperméable)	0.8-0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15-0.4	0.4
terrain naturel	0.05-0.20	0.2

Tableau X.3 : valeur de C.

Le terrain situé entre SAIDA et EL-BAYADTH a de faibles dénivellations. L'ensemble du tracé repose, essentiellement, sur un sol imperméable. Pour le coefficient de ruissellement, on a adopté comme valeur **C = 0,8**

X5.1.2 Intensité de pluies :

La relation Intensité - Durée - Fréquence recherchée est de la forme:

I(t,T) : Intensité de pluie en **[mm/h]**

T : période de retour

t : temps en **heures.**

$$I(t,T) = \frac{a(T)}{t^b}$$

a et b : paramètres de Montana

Avec : b= 0.72

T	2	5	10	20	50	100
a(T)	14.1	20.9	25.4	29.8	35.4	39.6

Tableau X.4 : paramétre de montana en fonction de la période

Le tableau suivant récapitule pour les bassins versants de la zone d'étude les quantiles débits max des fréquences retenues, à savoir 100, 50 et 10 ans :

N°BV	PK	S (km2)	Tc(h)	Intensité de pluie I (mm/h)			Débit (m^3/s)		
				I(10)	I(50)	I(100)	Q(10)	Q(50)	Q(100)
BV1	97+528	0.25	1.30	21.02	29.30	32.78	1.16	1.62	1.82
BV2	101+057	7.08	10.87	4.55	6.35	7.10	7.16	10.0	11.18

Tableau X.5 : Calcul des intensités et des débits

X.5.2 Formule de SOGREAH-ARNH (1989)

$$Qt=Cq\ (Pt-P1)$$

Avec :

P_1=20mm En Algérie du Nord

Cq : Coef du ruissèlement.

$Cq = (S/6)\ .Tb^{-0.77}$

Q_t : débit de pointe (en **m^3/s**) de période de retour t

Pt : Pluie journalière max. de période de retour t

Le détail de calcul est représenté dans **l'annexe E.**

X.5.3 Formule de TURAZA

$$Q_{max\%}=(ptc\%*S*C)/3,6*tc$$

$Q_{max\ \%}$: débit de crue de période de retour voulue (en m3/s)

tc : temps de concentration du bassin

ptc % : pluie de durée **tc** et de période de retour voulue

C : coefficient de ruissellement du bassin.

Nous adoptons les coefficients généralement admis en Algérie en supposant que l'averse est généralisée sur l'ensemble du bassin versant et que l'intensité est constante, Le détail de calcul est représenté dans **l'annexe E.**

X.6 Dimensionnement des ouvrages hydrauliques à projeter :

Les ouvrages hydrauliques sont clairement identifiés et alimentés par les oueds que nous avons repérés sur cartes au 1/50 000. Nous avons recensé lors de nos visites de reconnaissance plusieurs cours d'eaux importants pour lesquels nous avons projetés des ouvrages de drainage.

Ces ouvrages hydrauliques doivent faire transiter des débits donnés dans des conditions satisfaisantes : curage, vitesse maximale pour limiter l'érosion.

Le débit de saturation ou le débit capable est calculé par le biais de la formule de MANNING STRICKLER sur un écoulement en régime uniforme.

$$Qs = V.Sm \qquad Qs = Ks\,.\,Sm\,.\,Rh^{2/3}.I^{1/2}$$

Avec :

Qs: Débit maximum (debit capable) **« m_3/s »**

Sm : Surface mouillée de l'ouvrage en **« m_2 »**

b: Largeur de l'ouvrage en **« m »**

Hm: Hauteur mouillée en **« m »**

Rh : Rayon hydraulique **« m »**

Sm: Surface mouillée en **« m_2 »**

Pm: Périmètre mouillé en **« m ».**

I : Pente de pose de l'ouvrage en **« m/m ».**

Ks : Coefficient de MANNING-STRICKLER (coefficient de rugosité).

Tableau X.6 : Valeurs de coefficient de rugosité.

Nature d'ouvrage	En terre	Buse métallique	maçonnerie	Béton (dalot)	Béton (buse préfabriquée)
K s	**30**	**40**	**50**	**70**	

X.6.1 Dimensions des ouvrages :

Les dimensions retenues pour les ouvrages sont celles qui répondent aux deux **conditions suivantes:**

- **Qa < Qs**

  Qa : Débit d'apport (m3/s).

  Qs : Débit de saturation de l'ouvrage (m3/s).

- **Selon le Guide technique « Assainissement routier » Sétra la vitesse doit respecter les critères suivants vis-à-vis de la durabilité des ouvrages :**
  - Ouvrage en béton inférieure ou égale 4 m/s.
  - Ouvrage métalliques inférieure ou égale 2.5 m/s

X.6.2 Assainissement transversal :

X.6.2.1 Dimensionnement des buses :

Ouvrages de sections circulaires, disposés sous le tracé, identifié par le diamètre **(Ø)**,dans notre projet les buses sont en béton.

On calcule les dimensions de la buse par la formule de Manning Strickler.

En remplaçant dans la formule de MANING STRIKLER

$$\mathbf{Qs = Ks \,.\, Sm \,.\, Rh^{2/3}.I^{1/2}}$$

On obtient : **D=Ø=2R**

A la saturation :

$$Q_{max} = Qs = Ks.R_h^{2/3}.S_m.I^{1/2}$$

Et on calcule le diamètre D.

$$Q_a = K_{.s}\left(\frac{D}{4}\right)^{2/3}.\pi\frac{D}{4}^{2}.I^{1/2}$$

- ✓ **Taux de remplissage :** h=D (section pleine)
- ✓ **La section mouillée :** Sm= πR^2 **(m²)**
- ✓ **Le périmètre mouillé :** Pm= $2\pi R$ (m)
- ✓ **Le rayon hydraulique :** Rh = $\frac{Sm}{Pm}$

Alors Rh = $\frac{R}{2}$ **(m)**

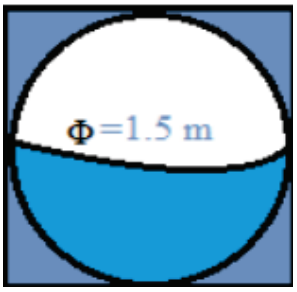


Figure X.3 : schéma d'une buse

❖ **Les conditions d'auto curage :**

•Pour 1/10 du débit à pleine section (c'est-à-dire Q/Qps =0,1) : V ≥ 0,60 m/s .

•Pour 1/100 du débit à pleine section (c'est-à-dire Q/Qps =0,01) : V ≥ 0,30 m/s.

X.6.2.2 Dimensionnement des dalots :

A la saturation :

On calcule par itération les dimensions du dalot en utilisant la formule de Manning Strickler.

$$Q_{max} = Qs = Ks.R_h^{2/3}.S_m.I^{1/2}$$

Hauteur de remplissage :

- ✓ Hr = 0.80 H si H≤2.5 m
- ✓ Hr = H-0.5 si H>2.5 m

- **La section mouillée :** Sm= Hr b**(m2)**
- **Le périmètre mouillé :** Pm= 2Hr+ b **(m)**
- **Le rayon hydraulique :** Rh = $\frac{Sm}{Pm}$

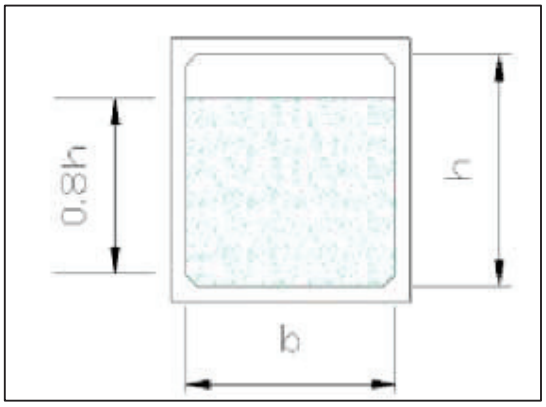


Figure X.4 : schéma d'un dalot

❖ **Les conditions d'auto curage :**

- V < 4 m/s
- H > $h_{critique}$ Tel que h critique :

$$h_{critique} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g^{b^2}}}$$

Un réseau d'assainissement et de drainage constitué par des buses de diamètre **Ø1500** chaque **50 m**, pour assurer la continuité des écoulements naturels entre les deux parties du chott Ech Chergui. La vérification hydraulique de chaque ouvrage est rapportée dans le tableau suivant :

N° BV	PK	Qprjeté (m3/s)	Nbrs Cellules	Ø calculé (mm)	Ø adopté (mm)	S_m (m2)	I (m/m)	Qps (m3/s)	Vps (m/s)	vérification		Obs
										Q/Qps=0.1 v≥0.60 m/s	vérification	
BV1	97+574	1.82	1	1420	1500	1.77	0.002	2.90	1.64	1.04	Cond.vérifiée	**Buse**

Tableau X.7 : Les ouvrages busés et la vérification des conditions d'auto curage.

N BV	PK	Qprjeté (m3/s)	Nbrs Cellules	Largeur du fond b (m)	Hauteur d'eau H(m)	Hauteur de remplissae Hr = H-0.5	I (m/m)	Qsat (m3/s)	Vérification		Obs
									V<4m/s , $V=\frac{Qs}{nSm}$	H> h critique $hc=\sqrt[3]{Q^2/gb^2}$	
BV2	**101+048**	**11.18**	**5**	**2.5**	**2.5**	**2**	**0.001**	**46.45**	**V=1.85 Cond.vérifiée**	**h_C=1.26 Cond.vérifiée**	**dalot**
BV3	**106+250**	**/**	**1**	**1.5**	**1.5**	**stagnation des eaux**					**Dalot**
BV4	**108+558**	**/**	**1**	**1.5**	**1.5**	**stagnation des eaux**					**Dalot**
BV5	**112+260**	**28.58**	**Ouvrage d'art L=50.00m**								**OA**
BV6	**116+250**		**2**	**2**	**2**	**écoulement**					**Dalot**

Tableau X.8 : le dimensionnement des dalots avec la vérification des conditions.

X.6.3 Assainissement longitudinal :

X.6.3.1 Fossé de pied du talus de déblai :

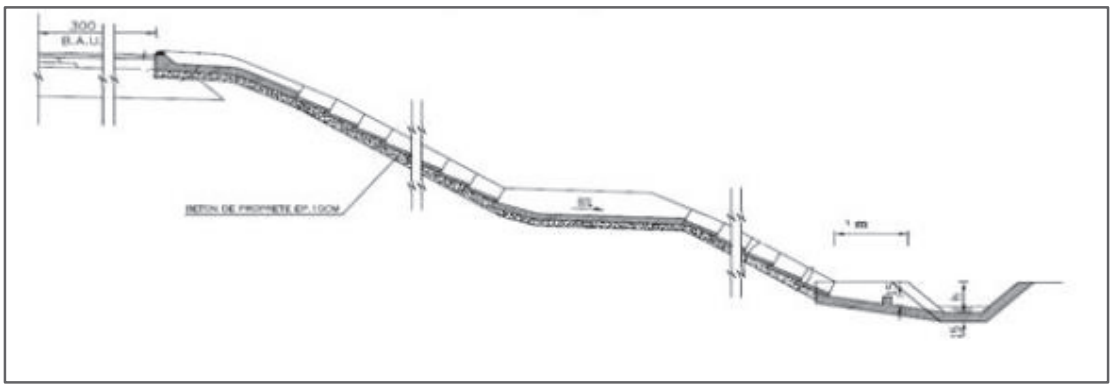
Ces fossés sont prévus au pied du talus de déblai afin de drainer la plate-forme ferroviaire et les talus vers les exutoires.

Les fossés de pied de talus auront une section trapézoïdale. Leur géométrie sera définie dans les plans de détail du projet

X.6.3.2 Fossé de tête de talus de déblai :

Cette fossé a pour objectif d'évacuer les eaux en provenance des zones adjacentes aux déblais, en les canalisant jusqu'à un lit ou ouvrage de drainage.

Figure X.5 : l'eau descente sur talus



X.6.3.3 Fossé de pied de talus de remblai :

Les fossés sont en terre ou en béton (en fonction de leur vitesse d'écoulement).ils sont prévus lorsque la pente des terrains adjacents est vers la plate-forme ferroviaire et aussi de collecter les eaux de ruissellement de la chaussée, en remblai, par l'intermédiaire des descentes d'eau.

X.6.3.4 Fosses de crête :

Dans les zones de déblai de grande hauteur (supérieure à 3,0 m), en vertu de l'inclinaison du terrain adjacent, un fossé de crête est nécessaire afin est d'éviter l'érosion du talus.
Généralement cet ouvrage est revêtu pour éviter son érosion et les infiltrations susceptibles de compromettre la stabilité du talus. Il intercepte les eaux de ruissellement du bassin versant naturel modifié par notre tracé. Il sera implanté en retrait (1 à 2 m) par rapport à la crête du talus.



Figure X.6 : Fossés de crête.

Dimensionnement des fossés :

La capacité hydraulique (débit de saturation) de ces fossés est calculée en utilisant la formule de « Manning Strickler » sur un écoulement à surface libre :

$$Qa = Kst.\ Sm.\ Rh^{3/4}.I^{1/2}$$

La Surface mouillée : Sm=bh+2(eh/2) **[m²]**

Avec : tg $\alpha = \frac{h}{2} = \frac{1}{m}$ et : e=mh

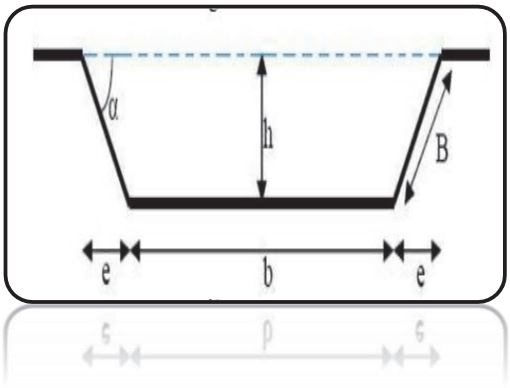


Figure X.7 : Schéma d'un fossé.

Le Périmètre mouillé : Pm= b + 2B **(m)**

Avec :

$$B = \sqrt{e^2 + h^2} = \sqrt{m^2h^2 + h^2} = h\sqrt{m^2 + 1}$$

Donc :

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

Le rayon hydraulique :

$$Rh = \frac{Sm}{Pm}$$ **Donc :**

$$Rh = \frac{h\,(b+mh)}{b + h\sqrt{1+m^2}}$$

On obtient :

$$h = \left[\frac{Qa}{Kst\,.\,I^{1/2}}\right]^{4/7} \frac{\left[b + h\sqrt{1+m^2}\right]^{3/7}}{b+mh}$$

Hauteur critique :

Nombre de Froude $Fr = 1$

$$\frac{v}{\sqrt{g\,h}} = 1$$

donc :

$$hc = \left[\frac{Q}{g \cdot b^2}\right]^{1/3}$$

Pour le dimensionnement des fossés on prend le cas le plus défavorable, dans le cas des déblais. La profondeur d'un fossé est généralement comprise entre 0,50 et 1,00 m et sa largeur en plafond entre 0,50 et 1,50 m.

Le choix de type du fossé est en fonction débit à évacuer qui est rapporté par la plate-forme, les bermes et les talus : Qa= Qpf + Qb + Qt

Tableau X.9 : calcul des débits d'apports pour les déblais.

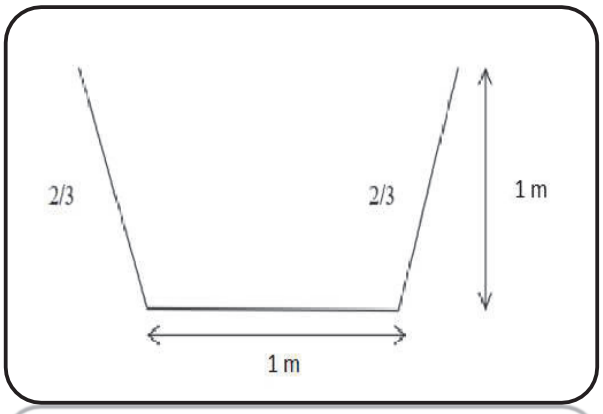
Déblai du PK 95+0.50 au PK 112+225						
	Données	**Surface (km^2)**	**Tc= $0.127\sqrt{\frac{S}{Ip}}$ (heure)**	**I(t, 20ans)= $\frac{a\,(20\ ans)}{t^b}$ (mm/heure)**	**C**	**Qa=0.2778CIA (m^3/s)**
Talus en déblai	**L=17194m H_{moy}=4.45m β=3h :2v (0.5 m/m)**	**St= X.L St=0.07**	**Tc=0.047**	**296.34**	**0.45**	**Qa_{20ans}= 2.35**
Berme	**L=17194m IB=3m I=4%**	**SB=IB.L SB=0.05**	**Tc=0.142**	**121.49**	**0.4**	**Qa_{20ans}= 0.67**
Plateforme	**L=17194m IB=8 m I=4%**	**SB=Ip.L Sb=0.137**	**Tc=0.235**	**84.533**	**0.2**	**Qa_{20ans}= 0.64**
Total	**$Qa = Q_{Talus} + Q_{Berme} + Q_{Plateforme} = 3.66\ (m^3/s)$**					

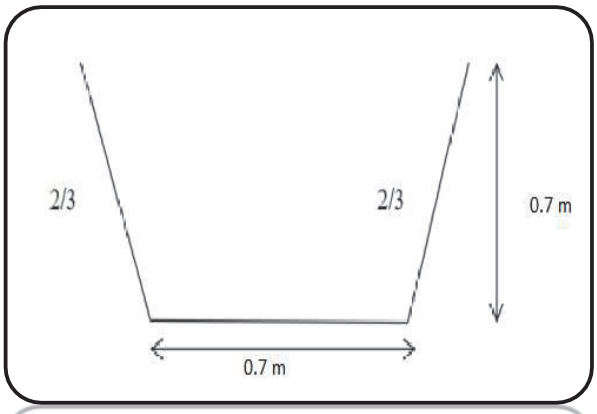
En conclusion on fixe la base du fossé à b=0.7m= 70 cm et la pente du talus à (1/m =1/1.5) d'où la possibilité de calculer le rayon hydraulique en fonction de la valeur de h. La valeur du coefficient de rugosité étant fixée (**Kst=70**), la pente du fossé **I= 2%**

Nous obtenons les valeurs de **b=0.7 m**, et **h=1m** ; celle-ci permettra au fossé d'évacuer le débit des eaux de ruissellement.

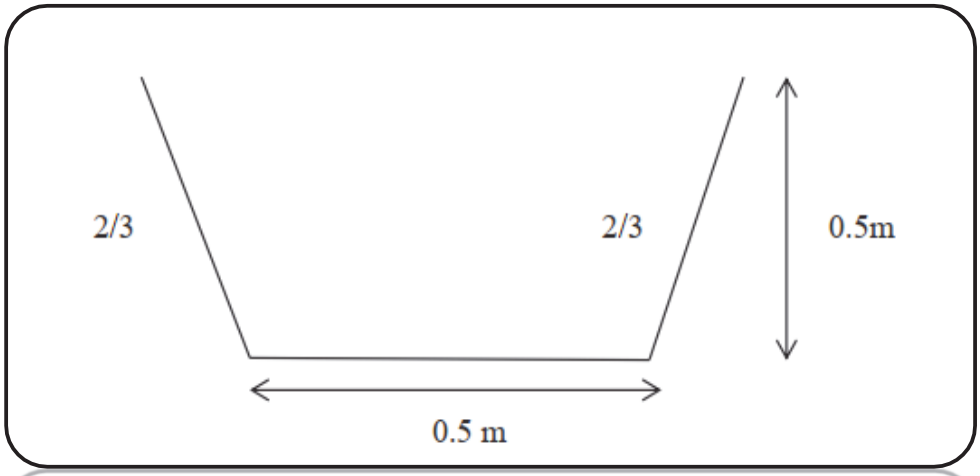
hc=0.91 m < h=1m (Fr< 1) ; Donc : le régime est fluvial (subcritique)

Les fossés adoptés sont :

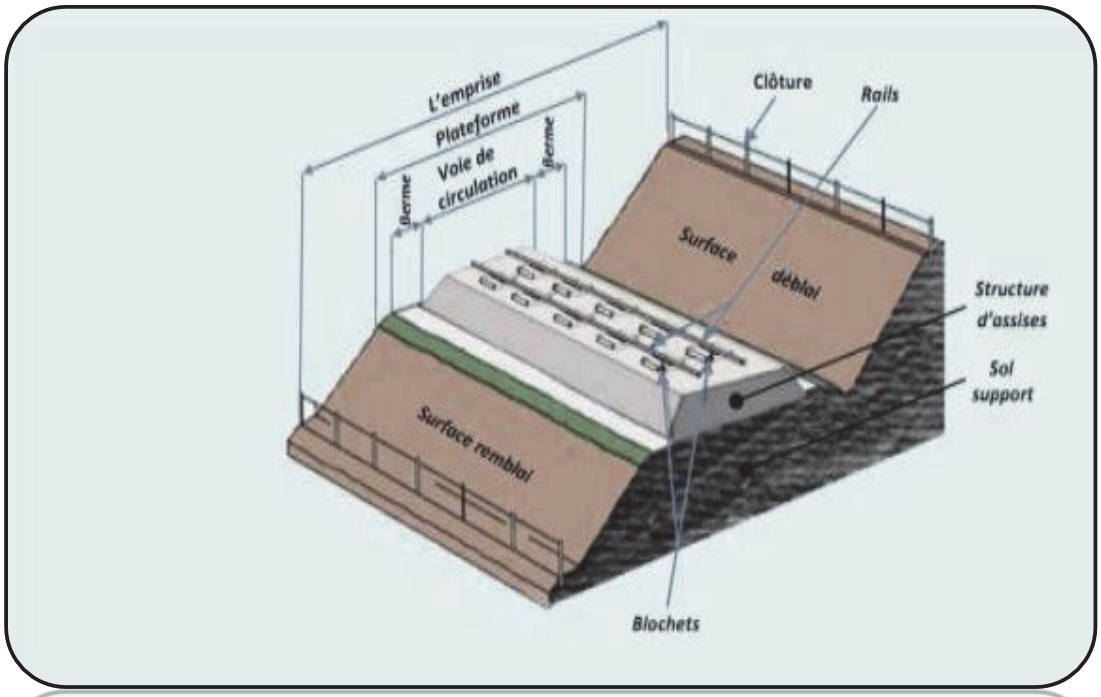




Fossé en terre :



CHAP XI : PROFIL EN TRAVERS ET CUBATURES



XI.1 INTRODUCTION :

Le profil en travers correspond à une section transversale perpendiculaire à l'axe du projet de l'ensemble des points définissant sa surface sur un plan vertical. Il permet 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).

XI.2 LES TYPES DE PROFIL EN TRAVERS :

On distingue deux types de profil :

XI.2.1 Profil en travers courant :

Est une pièce de base dessinée dans les projets à des distances régulières **25m**. Il s'applique au PK indiqué, il reprend et mentionne toutes les données caractérisant la section transversale de la voie au **PK** considéré, notamment cote terrain naturel (**TN**), cote de projet, dévers de la plate-forme.

XI.2.2 Profil en travers type :

Est un profil unique, contenant et détaillant d'une manière précise tous les éléments constituant la voie notamment les dimensions de la voie, ses dépendances, la structure de la couche d'assise, sa composante ainsi que les épaisseurs.

Le profil en travers type :

En chemin de fer, le profil en travers type doit indiquer tous les éléments suivants :

- ✓ **<u>Eléments de l'infrastructure :</u>**
  - les épaisseurs et la nomination de chaque couche.
  - les pentes de chaque couche.
  - la pente latérale de la plateforme.
- ✓ **<u>Eléments de la superstructure :</u>**
  - Le type de rail utilisé et la valeur de l'écartement de chaque voie.
  - Le type des traverses utilisées.
  - l'épaisseur de la couche de ballast.
  - la longueur des butées du ballast.

- la valeur du devers maximal en courbe.

✓ **Eléments du talus :**

- la pente de chaque talus.
- les ouvrages de consolidation éventuels.

✓ **Eléments d'assainissement :**

- types et dimensions du fossé ou des drains.

XI.3 Pour notre projet, on a opté pour les sections types :

XI.3.1 Les éléments de la superstructure :

- ✓ Le type de rail utilisé : UIC 60 E1
- ✓ L'écartement des rails : on a Utilisé un écartement de 1.435 m
- ✓ La largeur de la plate-forme en double voie est fixée à 13.60 m avec un entraxe de 4.20 m
- ✓ La largeur de la plate-forme en voie simple est fixée à 8 m
- ✓ Le type des traverses : des traverses bi-bloc en béton précontraint ont utilisées dans notre projet dont les dimensions sont présentées dans le **CHAP.IX**
- ✓ Epaisseur de la couche de ballast : 0.35m.

XI.3.1 Les éléments de l'infrastructure :

L'épaisseur de chaque couche : comme déjà mentionner dans le **CHAP VII,** nous avons les épaisseurs suivantes :

- ✓ Epaisseur du sous-ballast : 20 cm.
- ✓ Epaisseur de la couche de fondation : 15 cm.
- ✓ pente latérale de la plate-forme : 4% ;

XI.3.2 Les éléments du talus (remblai ou déblais) :

- ✓ Les talus : la pente de chaque talus : Pente (déblai : 3H/2V et remblai : 3H/2V)

détaillée dans le **CHAP VIII .**

XI.3.3 Les éléments d'assainissement :

Les dimensions du fossé sont présentées : détaillée dans le **CHAP X**

Nota : les profils en travers types adoptés pour notre projet sont représentés en **Annexe F**

XI.3 CALCUL DES CUBATTURES :

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

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

Les éléments qui permettent cette évaluation sont :

- ✓ Les profils en long.
- ✓ Les profils en travers.
- ✓ Les distances entre les profils (le pas).

Il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures, parmi eux, on peut citer :

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

Pour notre projet, le calcul des cubatures de terrassement a été fait à l'aide du logiciel **CIVIL 3D 2015**. Les résultats du calcul automatique sont résumés dans le tableau ci-après :

Pour plus de détails voir l'annexe F.

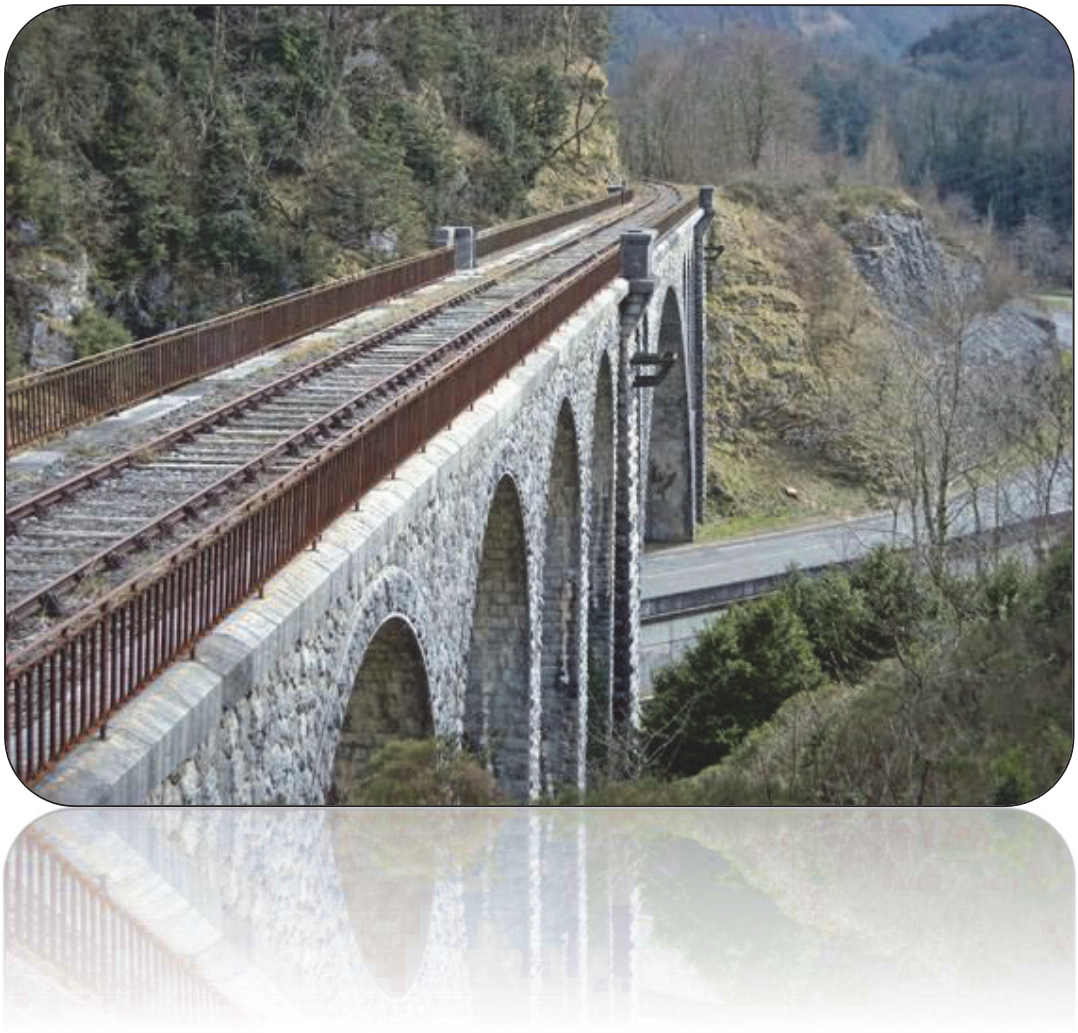
Tableau XI.1 : résultats de calcul des cubatures

Nature	Remblais	Déblais
Volume (m^3)	2315131,38	66850,73

Tableau XI.2 : résultats de calcul des matériaux de la couche d'assise

Nature	Ballast	Sous-ballast	Couche de Fondation	Couche de Forme
Volume (m^3)	39840	40320	32640	84720

CHAPITRE XII : OUVRAGES D'ART



XII.1 Introduction

Un **ouvrage d'art** est une construction de grande importance et de grande taille appartenant à l'une au moins de ces catégories :

- ✓ ouvrage permettant de franchir un obstacle sur une voie de communication routière, ferroviaire ou fluviale (ponts, tunnels).
- ✓ dispositif de protection contre l'action de la terre ou de l'eau (murs, tranchée couverte, digue).

La ligne ferroviaire projetée doit être dotée des ouvrages d'art pour assurer la perméabilité transversale, le franchissement des différentes infrastructures existantes ainsi que les cours d'eau et pour répondre aux exigences techniques et économiques, on constate les types d'ouvrage :

- ✓ Ponts rail.
- ✓ Ponts routiers et Passage inférieure (pont cadre).
- ✓ Les ouvrages hydrauliques (buses, Dalots).

XII.2 Le recueil des données naturelles :

La visite des lieux par l'ingénieur chargé d'étude d'un projet est plus qu'une simple formalité : c'est une étape essentielle de ce projet. Les principaux renseignements à recueillir sur place sont rappelés ci-après :

- La topographie.
- L'hydrologie.
- la reconnaissance géotechnique.

Les autres actions naturelles susceptibles de solliciter un pont sont les suivantes :

- Le vent, dont la force peut être accrue dans le cas d'une vallée encaissée.
- La neige et la glace.
- Les séismes, considérés comme des actions accidentelles.

XII.3 Les croisements avec la route

En général, le problème de croisement doit prendre en considération la nature et le débit de la

voie, l'analyse au cas par cas tous les types de croisement en fonction de la vitesse de base maximale doit être faite. On prévoit en effet, trois solutions possibles :

XII.3.1 Passage inférieur :

La vitesse de train est importante >100km/h et si la topographie et nature de zone ne le permet.



Figure XII.1 : passage inférieure

XII.3.2 Passage supérieur

C'est rarement envisagé, c'est lorsque la topographie ou bien la nature de site l'exige.



FigureXII.2 : passage supérieure

XII.4 Franchissement d'un écoulement d'eau :

XII.4.1 Pont hydraulique :

Ouvrage hydraulique pour franchir un oued de grand débit



Figure XII.3 : pont hydraulique

XII.4.2 dalot et buse

Ouvrage hydraulique pour les moyens débits d'eau.



Figure XII.4 : Buse

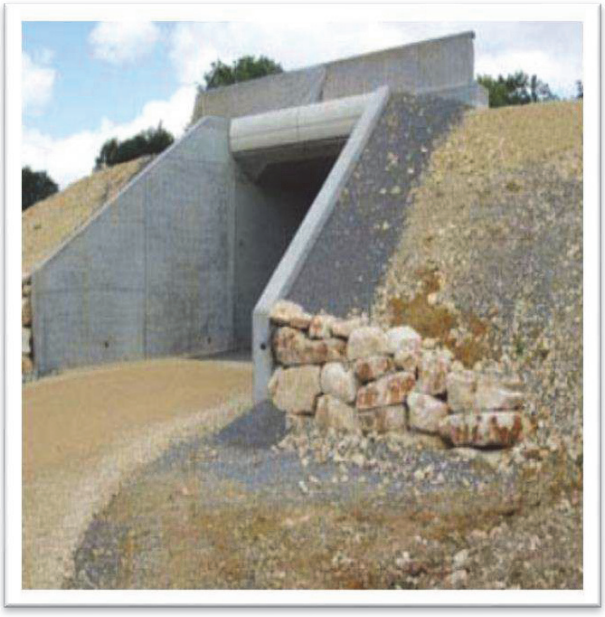


Figure XII.5 : dalot

Les ouvrages d'art du projet

Obstacle à franchir	Emplacement (PK du tracé de la ligne Saïda/ El-Bayadh)	Ouvrage projeté
RN06	**PK 096+409**	**Passage supérieur en portique (RN06 + faune) B = 35,2**
Oued	**PK 097+547**	**Buse (1500mm)**
Piste	**PK 099+024**	**Passage supérieur en portique (piste + faune) B=8.0**
Oued	**PK 101+057**	**Dalot (2.50x2.50)**
PISTE	**PK102+000**	**Passage supérieur en portique (piste + faune) B=8.0**
Piste	**PK 103+380**	**Passage supérieure en portique (piste + faune) B=8.0**
RN06A	**PK 109+974**	**Passage supérieur en portique (RN06A) B=26.0**
Oued	**PK 112+260**	**Pont-rail**

XII.5 LES CRETERES DE CONCEPTION DES OUVRAGES D'ART :

Le choix du type d'ouvrage dépend des contraintes imposées. il doit d'une part bien connaître la gamme des solutions possibles, avec leurs sujétions, leurs limites et leur coût, et d'autre part être en mesure de recenser et d'évaluer les contraintes avec la plus grande précision possible, afin de limiter au maximum les risques pendant l'exécution. Ces dernières sont divisées en deux catégories :

- ✓ Situation de l'ouvrage
- ✓ Exigences techniques. Toutefois, les contraintes dimensionnelles et fonctionnelles sont :
  - La voie portée, ou l'obstacle franchi.
  - Programme de charge.
  - Gabarit.
  - La topographie.
  - Tirant d'eau (cas d'une cour d'eau à franchir).
  - Adaptation architecturelle à la région ;
  - Condition à respecter durant la conception
  - Contrainte économique

XII.6 Pour notre projet :

Les ponts sont à concevoir de manière à convenir à l'exploitation des trains à grande vitesse (220km/h) et à faciliter leur maintenance.

L'ouvrage projeté est un pont-rail qui sert à enjamber un oued sur une longueur d'environ 50m, dans le PK 112+260 d'une largeur de tablier de 14 m.

- ✓ Le tracé en plan présente une droite de longueur de : 50 m.
- ✓ Le Profil en long présente une pente longitudinale de : 0.61%.
- ✓ Le profil en travers de notre est défini par Largeur du tablier : 14m.
- ✓ Pente transversale : 1.5%
- ✓ Nombre de voies : 2 voies.
- ✓ Entraxe des deux voies : 4.20 m
- ✓ Largeur de trottoir : 1.00m.
- ✓ Ecartement de la voie 1.435 m

XII.7 CONCLUSION :

Les ouvrages d'art de la nouvelle ligne électrifiée Saida / El Bayadh sur 24km sont effectués par cohérence pertinente entre le tracé et la localisation du pont en prenant en compte les obstacles importants, les conditions locales, les conditions de passage, l'économicité, La constructibilité par l'application de nouvelles techniques ou de nouvelles méthodes de construction et la facilité de l'entretien. En minimisant la pollution de l'environnement et les conflits avec les riverains, Pour concevoir un meilleur tracé optimal qui répond aux exigences techniques et économiques tout en assurant la perméabilité transversale de la ligne ferroviaire.

CHAPITRE XIII : CONCEPTION DE LA GARE



XIII.1 INTRODUCTION

La gare ferroviaire est un lieu de stationnement ou de passage des trains. C'est aussi l'ensemble des installations et des bâtiments nécessaires à l'embarquement et débarquement des voyageurs, le chargement et déchargement des marchandises qui s'y trouvent, ainsi que pour certaines d'entre elles, assurent des fonctions de sécurité dans la circulation des trains.

Elle se base par des règles d'exploitation très strictes, en raison surtout de la coordination générale du réseau qui exige la précision des horaires.

XIII.2 Types et installations des gares

On distingue trois types des gares :

XIII.2.1 LES GARES DE VOYAGEURS

Elles sont de tailles très variables :

XIII.2.1.1 Les gares principales :

Situées dans les grandes villes, elles sont des lieux d'échange entre le mode ferroviaire et les divers modes de transport urbains (bus, tramway, métro). Elles voient passer quotidiennement un nombre considérable de voyageurs.

XIII.2.1.2 Les haltes : elles constituent un simple point d'arrêt, souvent sans personnel permanent.

❖ **Installations d'une gare des voyageurs :**

Dans une gare ferroviaire, on peut trouver plusieurs installations et constructions selon le type, la conception et la catégorie de la gare.

- **Le bâtiment de voyageurs :** c'est un espace réservé aux voyageurs dans lequel on peut trouver une salle d'attente, guichet de billet, poste de sécurité, kiosque...etc.
- **Les bâtiments à usages divers (B.U.D) :** c'est un espace de service réservé aux agents de chemins de fer.
- **Quais :** c'est une bande parallèle à la voie ferrée qui permet l'accès aux trains.
- **Abris de quais :** c'est une installation sur le quai qui a pour but de protéger les Voyageurs des intempéries.
- **Les passages sous terrain et les passerelles :** ils sont construits dans les gares afin de permettre aux voyageurs de traverser la voie et de changer le quai en pleine sécurité.

XIII.2.2 LES GARES DE MARCHANDISES :

Les gares de marchandises assurent la totalité du traitement du trafic marchandises. Elles sont dotées de halles à marchandises et de vastes cours de débord, dans lesquelles s'opèrent le transbordement des chargements entre les wagons et les véhicules routiers assurant la livraison terminale vers les installations des clients (expéditeurs ou destinataires).

❖ **Installations d'une gare marchandises :**

Les installations de la base d'une gare de marchandises sont :

- Un BS (bâtiment de service) pour accomplir les formalités de l'acte commercial.
- Des cours de débord pour embarquement et débarquement des marchandises.
- Quais de débord.
- Halle de stockage.
- Parking pour stationnement des véhicules.

XIII.3 Gare de croisement :

Une gare de croisement est un endroit sur le tracé d'une voie ferrée où cette dernière se divise en deux voies parallèles, sur une longueur de quelques dizaines à quelques centaines de mètres maximum pour se rejoindre à nouveau, et ce afin de permettre à deux trains de se croiser ou de se dépasser. Elle est implantée à une distance considérable d'une autre gare.

XIII.4 principe de base pour l'étude de l'implantation de la gare :

❖ Il faut élaborer le plan de gare de sorte à maximaliser le traitement des besoins du transport des voyageurs et des marchandises, en tenant compte des conditions géologiques alentours, de l'accessibilité aux routes existantes, des plans d'urbanisme futurs, etc

❖ L'endroit doit faciliter le rassemblement et la dispersion, mais également la liaison Avec les autres moyens de transport.

- ✓ Le terrain se doit d'être droit et plat dans la gare
- ✓ Le terrain doit être en pente dans la zone d'arrivée et en descente dans la zone de sortie
- ✓ L'endroit idéal tiendra compte des zones d'habitations alentours, de l'urbanisme, du besoin de transport, de la facilité d'utilisation, de l'efficacité d'exploitation et des points relatifs à la conduction des trains.

XIII.5 RESEAU DE VOIE

XIII.5.1 Nombre de voies :

Le nombre de voie est variable selon l'importance des gares, chaque voie à une fonction spécifique comme le tableau montre :

Fonction de la gare	Voie composant le réseau
Destiné au transport de voyageurs	- Voie principale - Voie de déplacement - Voie de gare.
Destiné au transport de marchandises	- Voie de manœuvre - Voie de garage - Voie de déchargement pour train longs - Voie de stationnement prolongé - Voie de liaison.
Destiné aux ateliers d'entretien des Véhicules	- Voie de liaison - Voie d'entretien
Destiné à l'aire d'approvisionnementen Carburant	-Voie d'approvisionnement.
Destiné au service de la maintenancede la voie	- Voie d'acheminement vers hangar de maintenance - Voie de hangar.

Tableau XIII.1 : Les voies selon l'importance des gares (SNTF)

XIII.5.2 Marge de glissement à l'aval des signaux :

✓ **Définition :**

c'est le tronçon de la voie située au prolongement d'un parcours du train à l'aval d'un signal fermé et aucune autre circulation n'est autorisée dans cette marge.

✓ **Son utilité :**

elle a pour but de minimiser les conséquences d'un accident de collision lorsqu'un train n'a pas pu s'arrêter avant cette marge, à cause d'un freinage défaillant.

✓ **Valeur de la marge (LG) :**

Elle varie en fonction de la vitesse de la ligne, on l'utilise comme marge à l'aval des signaux de protection, d'entrée, intermédiaires ou de sortie.

XIII.5.3 Longueur utile d'une voie de stationnement :

C'est la longueur nécessaire permettant au train de stationner sur la voie de dépassement sans gêner la circulation sur la voie principale ou les autres voies de dépassement voisines. La longueur utile est la distance séparant deux garages francs

XIII.5.4 Garage franc :

Le garage franc marque la limite de la partie de voie à occuper par les trains en gares.

Le garage franc est implanté par rapport au coeur de l'appareil de voie à une distance D qui positionne l'élément **GF.**

La distance D est déterminée de telle façon qu'on obtient un entre axe entre les vois de 4.2 m.

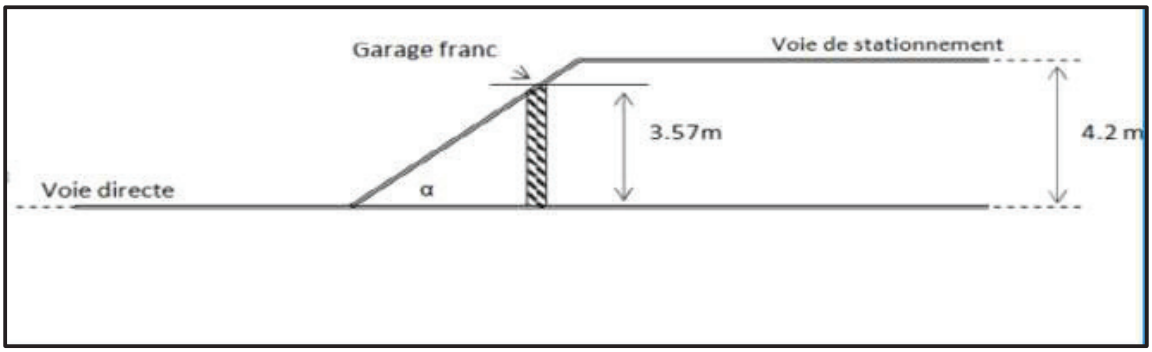


Figure XIII.1 : Garage franc

XIII.6 Caractéristiques géométriques des gares :

- ✓ **Déclivité dans les gares** :

  en gare, la déclivité est à limiter en fonction des activités qui y sont prévues. Dans notre projet, la déclivité est de 0 ,0 % afin d'éviter tous déplacement possible des trains.

- ✓ **La longueur de quai :**
  - Grande ligne 450 m.
  - Service régional 350 m.
  - Banlieue 225 m.

- ✓ **La largeur des quais :**

  La largeur des quais est donnée par la formule suivante :

$$Bmin = (1.5 * Nmin + S)/L$$

- ***Nmin*** **:** nombre de voyageurs sur le quai qui est égale à 80% des voyageurs au départ du train.
- **S :** surface prise par les bâtiments voyageurs sur les quais.
- **L :** longueur d'un quai est égale à la longueur du plus grand train.
- **1.5 :** surface prise par un voyageur.

- Quai intermédiaire **B > 6 m**
- Quai extérieur **B ≥ 6 m**

✓ **Hauteur des quais :**

La hauteur du bord du quai devra être de 350, 550 ou de 760 mm au-dessus de la surface de roulement, et cela selon le type du matériel roulant qui est susceptible de s'arrêter dans ce quai.

- Quai bas **h= 35 cm**
- Quai mi- haut **h= 55 cm**
- Quai haut **76≤ h ≤ 100 cm**

✓ **La distance à l'axe de la voie :**

Pour les bordures de quai implantées à la hauteur nominale de 550 mm et de 760 mm, la distance nominale à l'axe de la voie est fixée à : L (mm)=1650+S

✓ **valeur de S est donnée par la formule :**

$$S\ (mm) = (3750/R) + ((I-1435)/2)$$

- **R :** le rayon de la voie (m).
- **I :** l'écartement de la voie (mm).

✓ **L'entre axe des quais :**

- e normal > 11.3 m.
- e minimal > 9.3 m.

Tableau XIII.2 : Critères des études de gares et de PCG (point de croisement et garage)

Désignation	Valeur
Entraxe	4,20 m
Pente en Gare de croisement et en Gares	00 ‰
Appareil de voie	UIC 60E1
Largeur de quai	8,0 m
Longueur utile des quais	350 m
Longueur utile des voies (en gare et en gare de croisement)	1 200 m

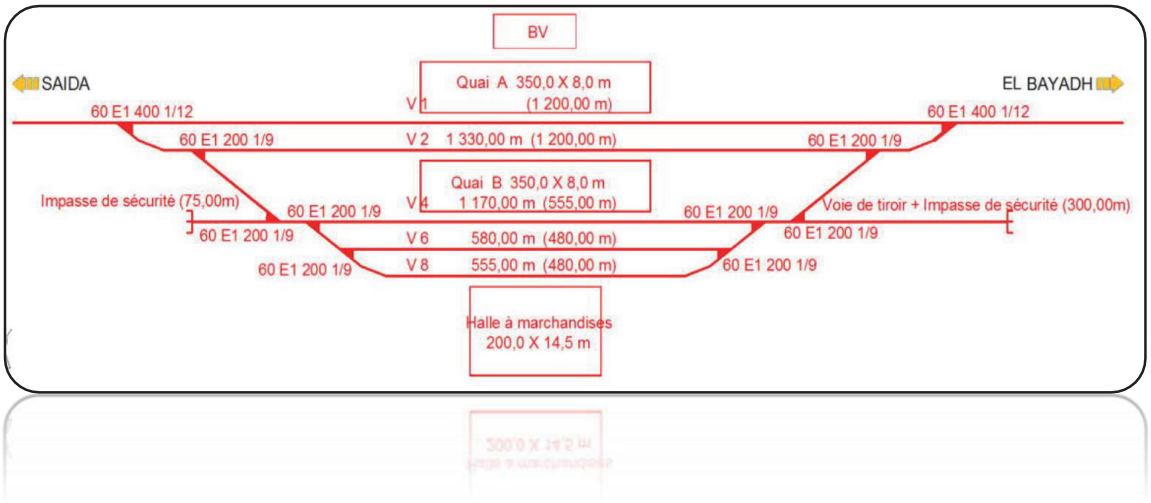
XIII.7 Application au projet :

XIII.7.1 PRESENTATION DE LA GARE DE BOUGTOB :

La gare de Bougtob est gare intermédiaire de la ligne ferroviaire Saida-El Bayadh ,une gare mixte (voyageurs et marchandises) située entre le PK 93+820 et PK 95+020 du côté ouest de la ville, elle sera adjacente à la zone industrielle ainsi que à la zone d'activité et à la RN 06. La gare est localisée à proximité de la zone prévue pour le complexe d'activité industriel conformément à la demande de la daïra de Bougtob. De ce fait, cette gare est située très

favorablement afin d'activer ces lieux à travers le développement urbain projeté par le **PDAU** (Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme) pour l'accès à la RN06 dont un plan d'élargissement est prévu.

Figure XIII.2 :Gare de BOUGTOB PK 94+420 :



L'installation de la gare de **BOUGTOB** est présentée dans le tableau suivant :

Installation de la gare	
Désignation	Gare de BOUGTOB
Types de trafic	Voyageurs + marchandises
Bâtiment	construit au sol
Voies Principales	2 voies (V1, V2)
Voies de service (siding)	5 voies (3 voies de débord, 1 impasse de sécurité, 1 impasse de sécurité + voie de tiroir)
Quai et Halle à Marchandises	Quai A : 350,0 x 8,0 m Quai B : 350,0 x 8,0 m Halle à marchandises : 200,0 x 14,5 m
Longueur utile de voie	1 200,00 m
Appareils de Voie	UIC60 E1 1/12 : 2 unités UIC 60 E1 1/9 : 8 unités
L'entraxe	4.5m au niveau de la gare
Passage	souterrain : destiné à la commodité et la sécurité des voyageurs

Tableau XIII.3 :L'installation de la gare de BOUGTOB

XIII.7.2 Quais :

- ✓ Distance d'éloignement d'un quai ou d'une halle à marchandises depuis l'axe de voie
  - 1700 mm (ballast, lit de gravier)
- ✓ Hauteur des quais voyageurs ou des halles à marchandises
  - 500 mm au-dessus de la FSR (face supérieure des rails)
- ✓ Largeur des quais
  - 8 m compte tenu des divers équipements de quai et ouvrages installés sur ou le long du quai
- ✓ Largeur des escaliers réservés aux voyageurs
  - 3,0 m au minimum
- ✓ Coupe type d'un quai

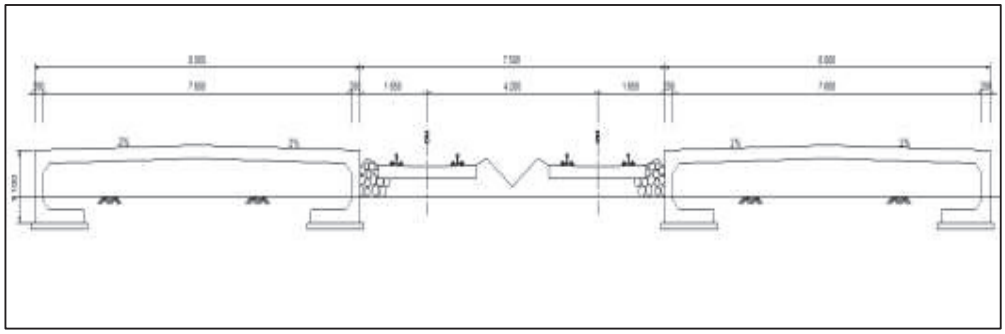


Figure XIII.3 : schéma d'un quais

XIII.8 Assainissement de la gare :

✓ **Assainissement transversale :**

Pour assurer un bon drainage des eaux pluviales dans la gare, les quais doivent avoir une pente de 2% en toit, avec inclinaison transversale des plates-formes de 4%.

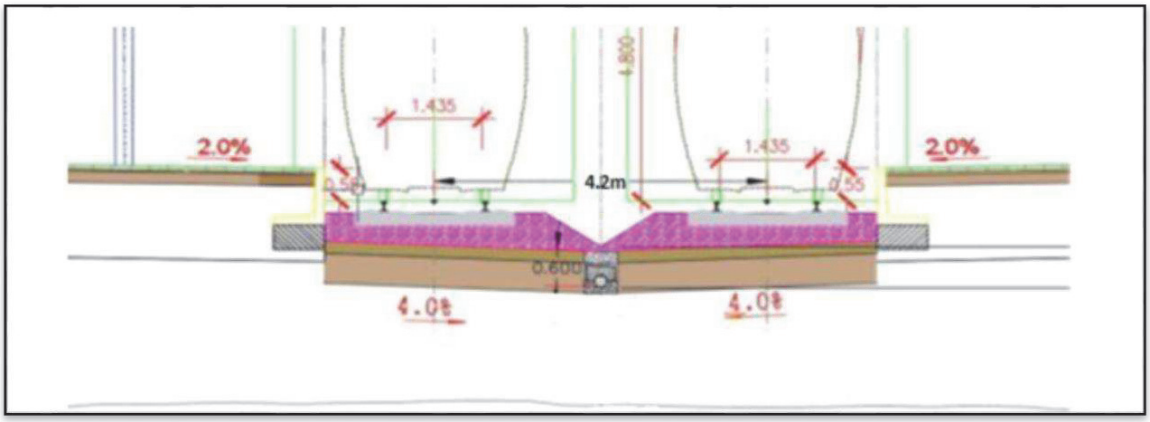


Figure XIII.4 : Assainissement transversal de la gare

- ✓ **Assainissement longitudinale :**

Les drains disposés longitudinalement avec des pentes de 4‰, permettent de collecter les eaux de ruissellement qui s'infiltrent dans le ballast et la plate-forme et les évacuer vers le réseau d'assainissement via les regards de visite.

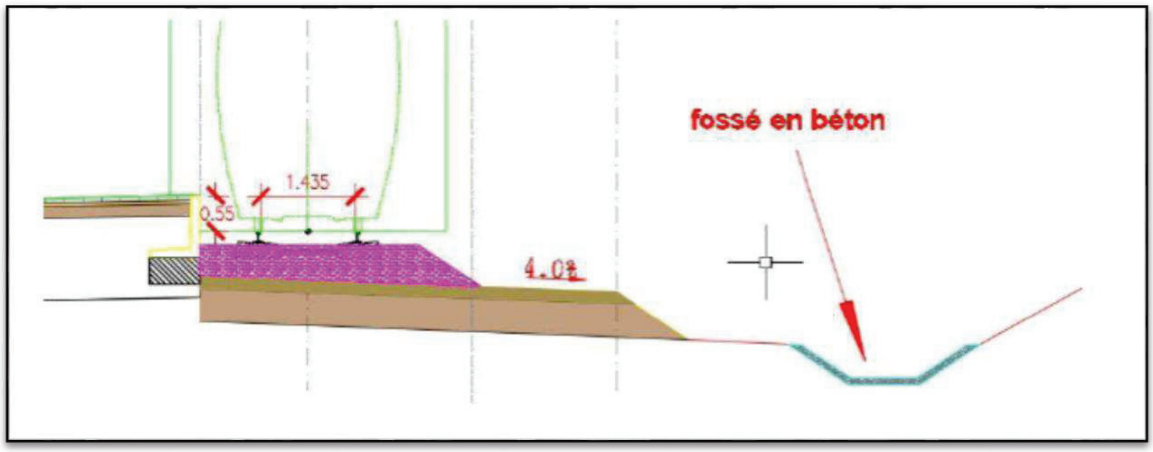


Figure XIII.5 : Assainissement longitudinale de la gare

XIII.9. CONCLUSION :

La gare de voyageurs El Bayadh est conçue comme un complexe des voyages avec une gare routière, stationnements des taxis et aussi la réserve foncière pour la création d'un P+R parking pour stationnement des véhicules des voyageurs.

CHAPITRE XIV : ÉTUDE ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL



XIV.1 INTRODUCTION

Toute réalisation d'infrastructure apporte au milieu qu'elle traverse urbain ou rural a des effets négatifs environnementaux. Ainsi dans notre cas précis, la réalisation d'une ligne ferroviaire ainsi que l'exploitation d'un matériel roulant engendrent des effets négatifs sur l'ensemble de l'environnement des zones traversées.

Ainsi et afin de diminuer ces effets négatifs et permettre une intégration du projet dans le milieu naturel existant, des études d'impact environnementaux sont indispensables.

Dans ce présent chapitre ; nous récapitulons un ensemble de mesures qui doivent être envisagées afin de réduire et compenser les conséquences dommageables du projet.

Cette étude porte sur l'analyse environnementale et sociale de la zone abritant le projet, de 24 km, il prend son origine au niveau de la gare ferroviaire de la Commune de Bougtob (W. El Bayadh)..

XIV.2 DEFINITION D'ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

C'est une étude détaillée qui permet d'apprécier, d'évaluer et de mesurer les effets directs et indirects, à court, moyen et long terme de la réalisation du projet sur l'environnement. Cette étude doit être réalisée avant le commencement du projet c'est-à-dire au stade de faisabilité de ce dernier. Elle doit être présentée à l'Agence Nationale de Protection de l'Environnement pour avis avant l'obtention de toutes autorisations administratives relatives à la réalisation de ce projet.

XIV.3 OBJECTIF ET UTILITE D'UNE ETUDE D'IMPACT :

L'étude d'impact est destinée à :

- ✓ Concevoir un meilleur projet
- ✓ Éclairer l'autorité administrative sur la décision à prendre
- ✓ Informer le public et le faire participer à la prise de décision

XIV.4 CADRE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE DES ETUDES D'IMPACT :

Dans le cadre et afin d'assurer une prise en compte des considérations environnementales dans toutes les initiatives de développement, plusieurs lois et décrets ont été promulgués et doivent être appliqués sous le contrôle du ministère en charge de l'environnement.

Parmi les lois et les décrets qui s'appliquent sur notre projet on a :

Décret exécutif n°87-91 du 21 Avril 1987 Faisant référence à l'évaluation de l'impact dans le plan d'utilisation des terrains

Loi n° 03-10 du 19 juillet 2003 Relative à la protection de l'environnement et à la prévention de la pollution industrielle dans le cadre du développement durable

Loi n° 2004-09 du 27 Joumada Ethania 1425 correspondant au 14 août 2004 Relative à la promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable

Décret exécutif n° 07-144 du 19 mai 2007 Fixant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.

Décret exécutif n° 08-312 du 5 Chaoual 1429 correspondant au 5 octobre 2008 Fixant les conditions d'approbation des études d'impact sur l'environnement pour les activités relevant du domaine des hydrocarbures

Loi n° 07-06 du 13 mai 2007 Relative à la gestion, à la protection et au développement des espaces verts.

XIV.5 contenu de l'étude d'impact sur l'environnement :

XIV.5.1 Délimitation de la zone d'étude :

L'étude d'impact doit définir et justifier les limites de la zone d'étude qui correspond à la zone de réalisation du projet et aux zones d'influences du projet, Elle doit aussi inclure toutes les portions du territoire qui peuvent être touchées par le projet et ses activités connexes.

Les limites de la Wilaya d'EL- Bayadh sont :

- ✓ Au Nord : Saida et Tiaret .
- ✓ A l'Est : Laghouat – Ghardaïa .
- ✓ A l'Ouest :Sidi BelAbbés– Naama .
- ✓ Au Sud – Ouest : Bechar.
- ✓ Au Sud – Est : Adrar.

XIV.5.2 Analyse de l'état initial

L'analyse de l'état initial est une phase indispensable et déterminante pour la qualité et l'utilité de l'étude d'impact. En effet, avant la mise en place du projet, il est nécessaire d'étudier les différentes composantes du milieu pouvant être affectées par le projet.

L'analyse de l'état initial consiste à décrire les composantes de différents milieux :

- ✓ Description du milieu physique : Géomorphologie, climat, hydrologie,
- ✓ Description du milieu biologique : la végétation, la faune…etc.
- ✓ Description du milieu humain : population, agriculture, Patrimoine archéologique et bâti.

XIV.6 Évaluation des impacts

XIV.6.1 Les mesures prises pour minimiser les impacts

Il est important de définir de manière détaillée les mesures qui seront prises pour minimiser les impacts. Ces mesures seront opérationnelles afin de prévenir, atténuer ou réparer les conséquences dommageables du projet sur l'environnement.

XIV.6.2 Suivi et bilan environnemental

Permet d'assurer la mise en application des mesures prescrites et leur efficacité à moyen et long termes.

XIV.7 Identification des sources d'impacts :

Les activités prévues pour la construction de la voie sont considérées comme des sources d'impact pouvant engendrer des changements d'une ou de plusieurs composantes environnementales sensibles.

En effet, les sources d'impact sont définies comme toute intervention humaine susceptible de modifier directement ou indirectement une composante des milieux naturel ou humain. Ainsi, dans le cadre du projet de la nouvelle voie ferrée Saida-El Bayadh, en période de pré-construction et construction, les sources potentielles d'impact comprennent, entre autres :

- ✓ les travaux de dégagement des aires des bases vie (organisation des chantiers, notamment mis en place des ateliers, garages et magasins, habitations du personnel) ;
- ✓ le transport des équipements et matériaux de construction ;
- ✓ les travaux de préparation de l'emprise ;
- ✓ les travaux d'ouverture du territoire (emprunts et pistes) ;
- ✓ les travaux de terrassement (remblais et déblais) ;
- ✓ l'installation des rails et la construction des ouvrages connexes.

La phase d'exploitation du projet de chemin de fer comprend les activités sources d'impact potentielles suivantes :

- ✓ l'utilisation du chemin de fer ;
- ✓ les travaux d'entretien des rails et ouvrages connexes.

Les composantes du milieu récepteur susceptibles d'être modifiées de façon significative par le projet de chemin de fer Saïda/El Bayadh, sont regroupées en deux catégories ci-dessous :

- ✓ Composantes biophysiques : les sols, la végétation, la faune, les ressources en eau (eaux de surface et souterraines) et la qualité de l'air.
- ✓ Composantes humaines : l'affectation et l'utilisation du territoire (agriculture, élevage, habitation),la santé, les nuisances sonores, les revenus et l'emploi.

XIV.8 Description de site et son environnement :

XIV.8.1 Environnement physique :

Tableau XIV.1 : les facteurs de l'enivrement physique

Climat	▪ La zone d'étude bénéficie d'un climat de steppe (par deux périodes principales un hiver rigoureux avec de fréquentes chutes de neige et un été chaud et très sec). ▪ L'irrégularité des précipitations ▪ La gelée
Température	▪ T max (°C) : 26.7 ▪ T min (°C) : 2,2 ▪ T moy. (°C) : 15.6
Vents	▪ présence de vents chaux (sirocco) avec des périodes sèches. ▪ Le sirocco se manifeste pendant la période estivale juillet et Août. ▪ L'intensité du vent est importante.
Relief	▪ Le cas de notre projet traversent la zone des Hautes Plaines, cette zone fait partie de l'étage aride frais. cette dernière est caractérisée par Les altitudes varient entre 900 m à 1400 m et une irrégularité des précipitations. Des potentialités agricoles peu importantes, De PK 94+200 vers la fin du tronçon PK 118+000 le terrain est presque plat (peu de vallonnement), dans cette section
Sismologie	▪ la région étudiée est classée dans la zone sismique I, à Sismicité faible.

XIV.8.2 ENVIRONNEMENT BIOLOGIQUE :

XIV.8.2.1 La Faune :

Notre étude sert aussi à protéger l'habitat de la faune sauvage commune qui existe dans la région. Parmi Les espèces les plus remarquables :

L'Avifaune nicheuse, la sarcelle marbrée (deux espèces classées vulnérables) , la glaréole à colier, l'échasse blanche et l'oedicnéme. La région est également Riche en ichtyo-faune, et aussi sur la gazelle .

Figure XVI.1 : les animaux vulnérables de la région



XIV.8.2.2 La Flore :

La forêt est une richesse naturelle, un milieu vivant sa constitution et sa répartition géographique jouent un rôle très important nettement dans la protection de la nature contre les phénomènes d'érosion et de la désertification. La région d'étude est caractérisée par un patrimoine forestier constitue essentiellement de forêts domaniales d'une superficie de 122 111 hectares, soit 1,70 % de la superficie totale, exemple :

- ✓ Alfa
- ✓ Pin d'Alep
- ✓ Euphorbia Guyoniana
- ✓ ThYmus Ciliatus
- ✓ Ziziphus Lotus

Figure XIV.2 : Nappes alfatières et espèces végétales de la région



XIV.8.3 ENVIRONNEMENT SOCIOCULTUREL :

XIV.8.3.1 Population et Habitat:

La région s'étale sur une superficie de 2017.60 km², et compte une population estimée à 18568 habitants, avec une densité moyenne de 9.2 hab. /km².

XIV.8.3.2 Agriculture :

La répartition générale des terres est présentée en deux grandes rubriques :

- **Terres utilisées pour l'agriculture :** il s'agisse de terres portant des cultures ayant un cycle végétatif saisonnier (cultures maraîchages), des terres portant des cultures annuelles (céréales, légumes secs et cultures industrielles) ou cultures pluriannuelles (cultures fourragères).
- **Autres terres :** Se répartissent en 04 rubriques ou catégories :

✓ Zone alfatière
✓ Zone forestière situant dans l'Atlas Saharien
✓ Terres improductives non affectées à l'agriculture
✓ Terres improductives (Sebkha)

XIV.9 Evaluation des impacts prévisibles et les mesure à prendre pour chaque phase du projet :

Application sur le projet :

Les Tableau suivantes représente evaluation des impacts prévisibles et les mesure à prendre pour chaque phase

- ✓ **Sur le milieu physique :**

Thème environnemental	Impact	Mesure
Sols et géologie	▪ à la réalisation de dépôts de matériaux provisoires, entrainant temporairement l'existence de buttes a l'échelle locale ou régionale. ▪ Erosion et déstabilisation du sol (érosion régressive).	▪ Valorisation et en matériaux de remblai ▪ Dépôt en décharge agrée ou une ancienne carrière. ▪ Stockage définitif à terre.
Hydrologique	▪ Inondation et emportement de la voie par les eaux lors de crues spectaculaires (Oued Kef Lahmar en 2002 et inondation de 2008) ▪ Bouleversement écologique dus à des itinéraires différents des eaux de précipitation. ▪ Discontinuité hydraulique des cours d'eau et autres écoulements dans la période pluviale lors de la phase de terrassement et de construction des ouvrages hydrauliques ou des ouvrages d'art. ▪ Abaissement du niveau de la nappe phréatique	▪ La réalisation des décapages juste avant les terrassements. ▪ La mise en végétation immédiate des talus, des fossés et berges de cours d'eau, en saison favorable. ▪ La mise en œuvre d'une toile de protection dans les secteurs sensibles a l'érosion ▪ Le ralentissement du cheminement de l'eau dans les fossés provisoires ou définitifs en pieds de talus (écrans filtres mobiles avant rejet dans les cours d'eau et enherbement des fosses). ▪ Le traitement des eaux de chantier dans des bassins de décantation/ filtration provisoires avant rejet dans les cours d'eau sensibles. ▪ Le rejet a l'aval des captages, au-delà de leur aire d'alimentation âpres décantation. ▪ Drainage et collecte des eaux de ruissellement issues des terrassements dans des bassins de décantation avant rejet dans le

		cours d'eau.
Air	▪ Altération de la qualité de l'air par et les émissions des gaz nocifs, de vapeurs, de fumées ou de particules fines. ▪ Pollution due a l'émanation de poussières.	▪ L'irrigation des zones de chantier de façon régulière. ▪ Bâchage de camions : Durant le transport de matériaux.

✓ **Sur le milieu biologique**

Thème environnemental	Impact	Mesure
Flore	▪ La destruction et/ou la dégradation de la couverte végétale (surtout pour les terres qui contiennent de la Alfa). ▪ Déplacement des sables (déboisement au niveau de la ceinture verte qui stoppe le phénomène de l'érosion éolienne). ▪ Disparition des espèces végétales rares, menacés ou en voie d'extinction. ▪ la voie ferrée peut être un obstacle et occasionner la formation de dunes de sable et accentuer une désertification annoncée (impact positif).	▪ Les talus créés doivent être végétalistes. ▪ Réutilisation dans l'aménagement des espaces verts aux tours de l'axe. ▪ Eviter le maximum les zones riches en végétation.
Faune	▪ Risque de perturbation liée au bruit et à la lumière entraînant un dérangement local de la faune. ▪ Pour certaines espèces (allant de l'insecte au mammifère, en passant par les oiseaux), l'éclairage des infrastructures (chantier nocturne) peut constituer des barrières physiques entrainant l'abandon d'axes de déplacement.	▪ La pose des barrières pour la faune le long des passages des forêts ou des zones de colonisation faunistiques. ▪ Impact de vibration sera modéré dans le temps. ▪ Création des passages pour animaux.

	▪ Disparition ou diminution des espèces faunistiques.	
Les espaces boisés	▪ L'implantation des installations de chantier, de même que la réalisation des terrassements et des accès au chantier, peuvent également entraîner des atteintes aux biotopes et aux individus au sein des emprises du projet et affecter les écosystèmes proches.	▪ Les arbres de la ceinture verte doivent être déplacé et non pas déboisé. ▪ La mise en place de clôtures provisoires ou de dispositifs de protection des fûts vis-à-vis des chocs.

✓ **sur le milieu humain :**

Thème environnemental	Impact	Mesure
Population	▪ Risques d'accidents de circulation et de travail. ▪ Risques de contaminations des maladies transmissibles.	▪ Conception des ouvrages de passage agricole, pistes agricoles parallèles au chemin de fer pour la liaison entre les passages. ▪ Conception des ouvrages soit en passage supérieur ou inférieur.
Agriculture et élevage	▪ Coupure des cheminements et allongements de parcours pour les animaux. ▪ Difficultés d'accès aux parcelles agricoles. ▪ Destruction de clôtures pour les besoins du chantier ▪ Morcellement des parcelles : Ces terrains peuvent alors être incultivables ou peu rentables du fait de leurs tailles trop réduites. ▪ Problèmes d'assainissement (inondation, erosion de terres agricoles…).	▪ Remise en état des terres pour leur réutilisation pour les cultures dans les sites de dépôts
Habitat	▪ Déguerpissement des habitations. ▪ Les fermes et berges qui se trouvent dans l'emprise ferroviaire vont être uniquement	▪ Protection avec les barres

	déplacées vue le statu domanial des terrains.	

✓ **Sur le paysage :**

Thème environnemental	Impact	Mesure
paysage	▪ La gêne visuelle pour les riverains et usagers. ▪ Modification de la topographie. ▪ Changement de la qualité esthétique du paysage et de l'environnement.	▪ Remise en état des lieux après les travaux ▪ Dépôt des excès de matériaux dans une décharge autorisée ou une ancienne carrière. ▪ Adoucissement et végétalisation des talus dans la phase exploitation afin de minimiser l'impact visuel

✓ **Sur le milieu ambiant :**

Thème environnemental	Impact	Mesure
Bruit	▪ Nuisances sonores des travaux de préparation des emprises, de construction et d'installation des machines pour les travailleurs de chantier.	▪ La mise en place d'une butte en terre, nommée merlon. ▪ La mise en place d'un écran acoustique.
Qualité de l'air	▪ L'émission de poussières et de particules de taille variable. ▪ L'émission des gaz d'échappement (SO2 et CO2): Cette émission	▪ Arrosage des pistes, notamment par vent fort et temps sec pour limiter les envols de poussières. ▪ .Eviter les opérations de chargement et de déchargement de matériaux par vent fort.

	provenant essentiellement des engins et les camions du chantier, va contribuer à altérer la qualité de l'air ambiant).	▪ Vitesse de circulation des engins limitée à 30 km/h dans les zones sensibles1 à la poussière. . Utilisation de véhicules aux normes (échappement et taux de pollution) et contrôle régulier de leur respect.

XIV.10 SUIVI ET BILAN ENVIRONNEMENTAL :

Le projet de construction de la voie ferrée inclut un plan de gestion environnemental et social dont le but est d'assurer le respect des dispositions prévues à l'égard de l'environnement à chacune des phases du projet, soit aux phases de construction et exploitation.

Pour des fins de présentation, le plan est structuré en deux sections :

- ✓ Programme de surveillance environnementale.
- ✓ Programme de suivi environnemental.

XIV.10.1 Le programme de surveillance environnementale :

Un programme de surveillance environnementale sera mis en place afin de s'assurer du bon déroulement des lors de la phase de construction et du bon fonctionnement des équipements et installations projetés. Il vise principalement à s'assurer du respect des éléments suivants :

- ✓ Lois et règlements pertinents ;
- ✓ Conditions fixées par les autorités réglementaires ;
- ✓ Engagements du promoteur prévus aux autorisations ;
- ✓ Mesures proposées dans l'étude d'impact sur l'environnement, notamment les mesures d'atténuation.

XIV.10.2 Le programme de suivi environnemental :

- ✓ **Suivi de la phase travaux :** Assurer la mise en oeuvre et le suivi des mesures d'élimination ou de réductions des impacts.
- ✓ **Suivi-Bilan (évaluation à posteriori) :** Contrôler la mise en place et l'efficacité des dispositions prises pour améliorer l'insertion environnementale du projet.

Conclusion :

L'objectif principal à atteindre par l'étude d'impact est celui d'intégrer l'équipement du projet dans le paysage et de prévoir toutes les mesures de compensation et de prévention tout le long de la ligne surtout durant la phase d'exploitation et ce avec le minimum de nuisances économiques et écologiques.

CHAPITRE XV : SIGNALISATION TELECOMMUNICATION ET ENERGIE



XV.1 Introduction :

En télécommunication, la signalisation désigne L'échange d'information permettant l'établissement et le contrôle d'un circuit de télécommunication et la gestion du réseau, en opposition avec le transfert de données utilisateurs.

La signalisation, les systèmes de télécommunications et l'énergie peuvent être classées selon leurs propriétés principales.

XV.2 PARTIE A : SIGNALISATION

XV.2.1 Définition :

La signalisation ferroviaire est un système d'informations destiné à renseigner le mécanicien du train d'une circulation ferroviaire, on lui donnant sous forme de codes réalisés par des signaux de forme, de combinaisons, ou de couleur diverses, disposés le long des voies. Les informations données par ce moyen peuvent concerner une limitation de vitesse à respecter, un arrêt non prévu à la marche à exécuter, l'information d'une direction géographique vers laquelle le convoi va s'engager, des prescriptions concernant la traction électrique, d'où la signalisation est un des éléments de base de la sécurité ferroviaire.

XV.2.2 Objectifs de signalisation :

Les objectifs de la signalisation sont multiples, on peut cependant les résumer aux principaux points suivants :

- ✓ assurer un haut niveau de sécurité et éviter les risques inhérents à la circulation ferroviaire que sont :
  - deux trains se retrouvent face à face sur la même voie. (le nez à nez)
  - le train suiveur rattrape celui qui le précède. (le rattrapage)
  - quand un train arrive sur un aiguillage déjà occupé par un train venant d'une autre direction. (la prise en écharpe)
- ✓ Éviter les risques de déraillement (il faut une imitation de vitesse dans les courbes, les zones d'aiguillage et de travaux).
- ✓ Eviter les risques inhérents aux passages à niveau, intersections avec le réseau routier.
- ✓ Assurer la sécurité dans les gares
- ✓ Permettre un freinage sans risque par une distance d'arrêt suffisante.

XV.2.3 Système de signalisation ERTMS/ETCS niveau 1 :

C'est un système de contrôle/commande assurant un trafic ferroviaire standardisé et interopérable. La ligne ferroviaire Saida –El Bayadh sera équipée de L'ERTMS / ETCS

Niveau1, CE système permettra aux trains de circuler à une vitesse de 220 km/h sur la base d'une signalisation de cabine associée à un contrôle de vitesse de sécurité, La constitution principale du sous-système est comme suit :

❖ Système ETCS (Européen Train Control System) :

est une partie du sous-système de l'ERTMS, système composé de matériel et de logiciel de haute performance offrant la fonction de surveillance, il a pour but d'améliorer l'économicité et de faciliter la maintenance en mettant en place le moins possible des installations au sol, ainsi qu'afin de permettre l'interopérabilité des trains avec la prise en compte de l'interconnexion et de l'évolution future.

❖ ETCS Niveau 1 :

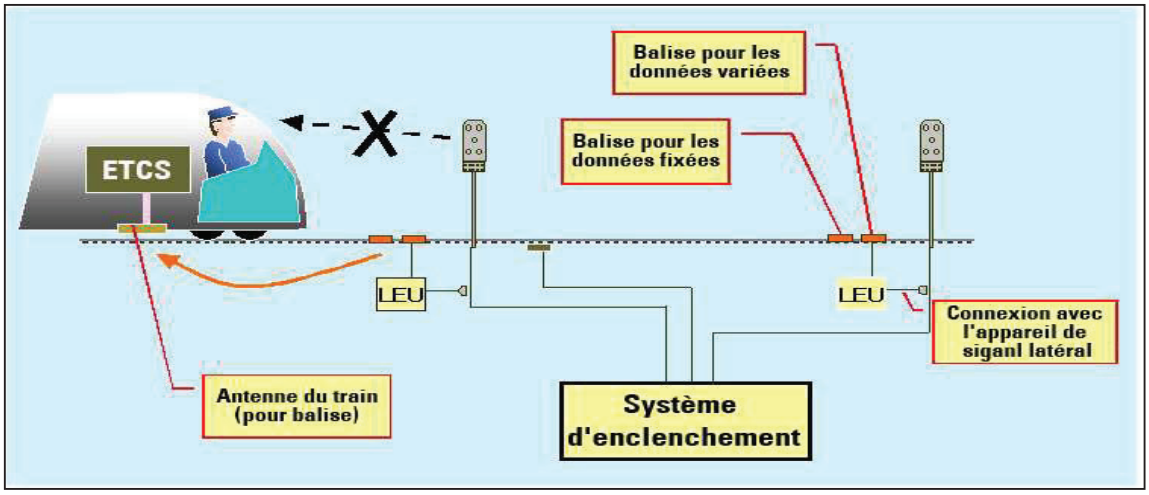
Le Niveau 1 de l'ETCS est basé sur le système de commande de train installé en système de signalisation existant, La transmission des informations sol-cabine du niveau 1 de l'ETCS accomplie en base sur la balise.

❖ Système d'ATP :

L'ATP est un dispositif qui protège le train, en utilisant des informations sur l'état de la piste [par exemple, courbure, pente, tunnels, etc.] qui affectent la sécurité de fonctionnement du train.

❖ Poste de commande centralise PCC :

Les équipements de contrôle sont des dispositifs qui accomplissent le contrôle et la surveillance et procèdent à l'exploitation des trains efficacement Le poste de commande



FigureXV.1 : vue d'ensemble de système ETCS Niveau 1

Dans le tableau ci-dessous, sont présentées l'aperçu, les caractéristiques principales de systèmes **ERTMS 1** examiné dans le cadre du notre projet :

Tableau XV.1 : Caractéristiques principales de l'ETCS Niveau 1

désignation	Niveau 1
Introduction	Basé sur les signaux du côté de la voie, la performance de type discontinu (balise ou boucle) pour la fonction de contrôle des trains.
Méthode de blocage	Fixe : basé sur le principe de la distance à parcourir. Qui accorde la permission de se déplacer à la distance autorisée, par le calcul de la distance de freinage dans l'ordinateur de bord par la réception de l'information de la vitesse autorisée ainsi que la position du train précédent de la part de voie.
Méthode de transmission des informations	Par balise
Détection de train	Circuit sur voie/compteur d'essieux
Utilisation de l'appareil de signalisation	Utilisation de l'appareil de signalisation au sol
Caractéristiques principales	• Basé sur le principe d'un blocage fixe L'autorisation peut être accordée pour aller à la fin de blocage fixe et occupée • Les informations de signal sont transmises au train de LEU par la balise de sorte qu'il protège de quitter l'autorisation de déplacement du train. • Le conducteur exploite le train en vérifiant toutes les conditions de piste de service par MMI • La méthode de signalisation au sol est facilement modifiable au système d'ATP • La construction du système n'est possible sans une infrastructure ferroviaire dédiée de communications

(6) Choix d'un système de l'ERTMS (European Rail Traffic Management System) Quant au système de signalisation ferroviaire, le choix doit prioritairement se fonder sur les directives de la politique nationale compte tenu de la nature et des caractéristiques de la ligne faisant l'objet d'un projet ferroviaire. Par ailleurs, il convient de choisir ce système dans le but d'améliorer l'économicité et de faciliter la maintenance en mettant en place le moins possible des installations au sol, ainsi qu'afin de permettre l'interopérabilité des trains avec la prise en

compte de l'interconnexion et de l'évolution future. L'exploitation de la nouvelle ligne électrifiée entre Saida et El Bayadh est prévue à 220 km/h.

XV.2.4 La signalisation lumineuse :

Pour réaliser la signalisation lumineuse, on utilise des panneaux portants un ou plusieurs feux. Ces panneaux sont constitués d'un écran noir bordé d'un liséré blanc. Il existe différentes formes de panneaux qui varient selon le nombre et le type des indications devant être présentées, vous trouverez ci-dessous un échantillon des panneaux les plus courants. Ces signaux peuvent être affichés comme un signal fermé ou un signal ouvert.

XV.2.5 Performances et compatibilité entre le système de signalisation latérale et ERTMS Niveau1 :

La ligne sera équipée avec de la signalisation latérale. Le système ERTMS Niveau 1 sera installé en superposition à la signalisation latérale :

- ✓ La vitesse maximum des trains utilisant la signalisation latérale sera de 160 km/h et équipés de l'ERTMS Niveau 1 avec signalisation de cabine sera de 220 km/h
- ✓ Les deux systèmes (signalisation latérale et ERTMS 1) devront être entièrement compatibles et permettre indifféremment la circulation des trains équipés ERTMS et des trains non équipés sans qu'il soit nécessaire d'intervenir sur les systèmes.

Différentes fonctions des signaux :

Les signaux sont appelés à remplir les rôles et les fonctions suivantes :

- ✓ Signalisation d'arrêt : La catégorie des signaux d'arrêt peut être différenciée en **trois Parties :**
  - Signal de protection : protège l'accès à une aiguille, une zone de manœuvres, un passage à niveau...etc.
  - Signal de block : protège l'accès à une ligne séparant deux établissements.
  - Signal de cantonnement (signal d'espacement) : protège l'accès à une section de ligne.
- ✓ Signalisation de limitation de vitesse
- ✓ Signal annonceur : précède un signal d'arrêt
- ✓ Signal d'arrêt différé : l'équivalent du signal annonceur, utilisé en block manuel.

XV.3 PARTIE B : TELECOMMUNICATION

XV.3.1 Introduction :

Cette partie présentera le système de télécommunication utilisé à la nouvelle ligne ferroviaire entre Saida ~ El Bayadh.

La conception de télécommunication de la section entre SAIDA ~ EL BAYADH Sera établie après l'examen minutieuse d'état actuel d'utilisation du système ferroviaire algérien exploitant et d'interface avec autres domaines (signalisation, énergie électrique, architecture et génie civil etc.), en effectuant la reconnaissance du site.

XV.3.2 Types de système de télécommunication :

Les systèmes applicable à la section entre SAIDA ~ EL BAYADH sont comme suit :

- ✓ Système numérique de transmission (Digital Transmission System)
- ✓ Réseau de câbles fibre optique (Optic Fiber Cable Network)
- ✓ Système radio de train - GSM-R
- ✓ Système téléphonique (Telephone System)
- ✓ Chronométrie (Clock System)
- ✓ Système d'information aux voyageurs (téléaffichage)
- ✓ Annonce aux voyageurs (Système de sonorisation)
- ✓ CCTV et système de contrôle d'accès (CCTV and Access Control System)
- ✓ Système de détection du feu (Fire Detection System)

XV.3.3 Système numérique de transmission (Digital Transmission System) :

Le tracé de SAIDA ~ EL BAYADH sera exploité sur la gestion centralisée de stabilisation en utilisant les éléments suivants :

- ✓ La commande, le contrôle et la gestion des ouvrages du tracé seront effectués dans le PCC à travers le terminal de contrôle à distance.
- ✓ Le réseau de multiservices doit prendre en considération tous les circuits provenant des systèmes installés sur le tracé.

XV.3.4 Type de circuit de transmission :

Le réseau radio du type de 'Global System for Mobile communications Railway' (GSM-R)

- ✓ Circuit de téléphone ferroviaire
- ✓ Circuit de téléphone administratif
- ✓ Circuit de caméra surveillant
- ✓ Circuit d'annonce
- ✓ Circuit de contrôle d'entrée et de sortie
- ✓ Circuit de panneau lumineux
- ✓ Circuit de billetterie

- ✓ Circuits de contrôle et d'information d'installation des autres domaines tels que la sous-station (électricité), les équipements et la signalisation etc.

XV.3.5 Réseau de câblage à fibres optiques :

Le câble à fibres optiques est un système d'alimentation du circuit de communication de bonne qualité pour la transmission audio, vidéo et de données etc.

La capacité et la dimension du câble fibre optique seront déterminées selon la constitution du réseau de transmission.

La conformité de la capacité d'OFD, le mode d'essai et la mesure de protection du câble fibre optique seront examinés avant de mettre en place.

XV.3.6 Sorte et caractéristique du câble fibre optique :

La fibre optique peut être divisée selon la matière utilisée, l'onde, la répartition de l'indice de réfraction et le mode d'ondes électriques etc.

La division selon la répartition de l'indice de réfraction et le mode d'ondes électriques peut être encore diviée par la fibre optique à saut d'indice et gradient d'indice, ou par la fibre optique monomode et le multimode.

XV.3.7 Système de radio sol-trains (GSM-R) (réseau GSM-R) :

Le réseau de télécommunication mobile de GSM-R sera développé de manière à satisfaire toutes les demandes du réseau de télécommunication téléphonique entre Sol-Train et Sol-Sol et garanti pour la sécurité de transport. Les informations sur le service ferroviaire seront également échangées.

Fonction principale de GSM-R :

Cette partie est détaillée dans l'**Annexe J**

XV.4 PARTIE C : ENERGIE (ALIMENTATION EN ENERGIE) :

L'énergie électrique est l'énergie fournie sous forme de courant électrique à un système électrotechnique ou électronique. L'électricité est directement utilisable pour effectuer un travail : déplacer une charge, fournir de la lumière.

Un système d'électrification ferroviaire est l'ensemble des moyens mis en œuvre pour alimenter en énergie électrique les trains (locomotive électrique ou rame automotrice électrique).

XV.4.1 Classification des systèmes d'électrification ferroviaire :

Ces systèmes peuvent être classés selon différents critères :

- ✓ Type d'alimentation (troisième rail ou caténaire),

- ✓ Type de courant :
  - Courant continu ou courant alternatif,
  - Tension électrique,
  - Fréquence (en courant alternatif),
  - Courant monophasé ou triphasé.

L'électrification d'une ligne ferroviaire est associée à des symboles de vitesse, de performances, de confort, de service et un peu quand même d'écologie, On utilise de moins en moins le diesel, notamment parce que l'électrique coute globalement trois fois moins chère, les locomotives électriques ont un cout d'achat inferieur aux engins moteurs diesel, un entretien plus simple et une puissance supérieure car les locomotives diesels remorquent beaucoup mois de tonnage qu'un train électrique.

Les équipements de réception électrique seront installés selon l'analyse des règlements d'alimentation de SONELGAZ

XV.4.2 Notion de l'alimentation électrique

Divers sources électriques et le mode de l'alimentation S'agissant des installations pour la signalisation et la télécommunication, la source d'alimentation se devise en deux catégories :

- ✓ primaire (normale)
- ✓ secondaire (de secours)

Le Tableau XV.4 ci-dessous présente les deux catégories de sources d'alimentation électrique :

Sources électrique de l'Alimentation primaire (normale)	Sources électrique de l'Alimentation secondaire (de secours)
✓ réseau de SONELGAZ ✓ caténaire ✓ autres	✓ caténaire ✓ groupe électrogène fixe ✓ groupe électrogène mobile ✓ groupe électrogène solaire photovoltaïque

DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF

LOT 01 : INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER				
DESIGNATIONS DES TRAVAUX	**U**	**QUANTITÉ**	**Prix Unitaire**	**Montant Total**
Amenée du matériel et installation général du chantier	F	1	45 600 000,00	45 600 000,00
Repliement de chantier	F	1	22 800 000,00	22 800 000,00
Fourniture et installation d'un laboratoire de chantier	F	1	20 800 000,00	20 800 000,00
Etudes d'exécution	F	1	35 500 000,00	35 500 000,00
TOTAL INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER				**124 700 000,00**
LOT 02 : TERRASSEMENTS GENERAUX				
DESIGNATIONS DES TRAVAUX	**U**	**QUANTITÉ**	**Prix Unitaire**	**Montant Total**
Décapage de terre végétale sur épaisseur de 0,30m	M3	86 400,000	400,00	34 560 000,00
Déblais mis en dépôt	M3	66 850,730	600,00	40 110 438,00
Mise en remblai de terrain meuble issu de lieux d'emprunt	M3	2 315 131,380	1 800,00	4 167 236 484,00
Couche de Fondation	M3	32 640,000	2 200,00	71 808 000,00
Matériaux de zone inondable	M3	2 500,000	3 500,00	8 750 000,00
Fourniture et mise en œuvre de la couche de forme	M3	84 720,000	1 700,00	144 024 000,00
Fourniture et mise en œuvre de la couche de s/ballast	M3	40 320,000	3 800,00	153 216 000,00
Fourniture et mise en œuvre de la couche de ballast	M3	39 840,000	4 900,00	195 216 000,00
TOTAL TERRASSEMENTS GENERAUX				**4 814 920 922,00**
LOT 03 : DRAINAGE ET ASSAINISSEMENTS				
DESIGNATIONS DES TRAVAUX	**U**	**QUANTITÉ**	**Prix Unitaire**	**Montant Total**
Fossé trapézoïdaux en béton armé	ML	24 000,0	5 900,00	141 600 000,00
buses en béton armé diamètre 1500mm	ML	357,0	49 616,00	17 712 912,00
Dalot en béton armé (1.5*1.5)	ML	60	47 084,00	2 825 040,00
Dalot en béton armé (2,5*2,5)	ML	72,00	47 084,00	3 390 048,00
Fourniture et mise en œuvre de béton armé dosé 350kg/m3 C.E.M.I 32.5. pour dalot	m3	60,0	44 500,00	2 670 000,00
TOTAL DRAINAGE ET ASSAINISSEMENTS				**168 198 000.00**
LOT N°04 : GARE ET OUVRAGES D'ARTS				
DESIGNATIONS DES TRAVAUX	**U**	**QUANTITÉ**	**Prix Unitaire**	**Montant Total**
Bâtiment et voyageur	F	1,0	20 000 000,00	20 000 000,00
Quai	m^2	4 800	40 000,00	192 000 000,00
Passage souterrain	m^2	1	66,00	66,00
Ouvrages d'arts	F	1	10 302 127,00	10 302 127,00
Protection gazoducs	M^3	24	27 016,36	648 392,64

Fourniture et mise en œuvre de lit de pose en sable épaisseur : 10 cm	M^3	5,000	1 100,00	5 500,00
Protection des fondations en enrochement	M3	23,50	6 400,00	150 400,00
TOTAL GARE ET OUVRAGES D'ARTS				**388 479 445,64**
LOT 05 : TRAVAUX DE VOIE				
Pose de voie UIC 60	ML	1 445,04	4 500,00	6 502 680,00
Bourage, relevage et stabilité de voie	ML	1 445,04	1 780,00	2 572 171,20
Fourniture et pose traverses Bi-bloc	U	1 736	6 073,00	10 545 460,85
Pose des appareils de voie simple type :	U			
UIC 60 -1/12-R 500		6	291 608,00	1 749 648,00
Fourniture d'un branchement d'appareil de voie UIC 60 1/12 500		6	15 433 581,00	92 601 486,00
Fourniture des rails NEUFS UIC 60	T	157,31	107 400,00	16 894 777,64
Fourniture des traverses bi-bloc	U	40 008	9 000,00	360 072 000,00
Fourniture des attachés pour rails	U	160 032	1 200,00	192 038 400,00
Fourniture de la semelle cannellée (200x165x9)	U	80 016	275,00	22 004 400,00
La caténaire	Km	24	42 605 840	1 022 540 160,00
Pose d'une appareil de voie UIC 60 1/9 190	U	2	267 317,00	534 634,00
Fourniture d'un branchement d'appareil de voie UIC 60 1/9 190		2	12 626 324,00	25 252 648,00
TOTAL VOIE FERREE				**1 753 308 465.69**

DESIGNATIONS DES LOTS	MONTANT TOTAL
INSTALLATION DE CHANTIER ET ETUDES D'EXECUTION	**124 700 000,00**
TERRASSEMENTS GENERAUX	**4 814 920 922,00**
DRAINAGE ET ASSAINISSEMENTS	**168 198 000.00**
GARE ET OUVRAGES D'ARTS	**388 479 445,64**
TRAVAUX VOIE	**1 753 308 465.69**
MONTANT DU MARCHE H T	**5 328 100 367.64**
MONTANT DE LA T V A (19 %)	**1 012 339 069.85**
MONTANT DU MARCHE EN TTC	**6 340 439 437.49**

Le cout total du projet est estimé à : 6 340 439 437.49 DA EN TTC

Six milliard trois cent quarante millions quatre cent trente-neuf mille quatre cent trente-neuf dinars algériens.

Conclusion Générale

Le développement des infrastructures de transports est la pierre angulaire de toute politique d'aménagement du territoire. En effet, ce dernier qui est par définition, la meilleure répartition dans un cadre géographique des activités économiques en fonction des ressources naturelles et humaines, ne peut atteindre son objectif sans un développement harmonieux des infrastructures. En Algérie, au lancement de grands projets d'infrastructures de transport, entrant dans le cadre de la relance économique et du développement des différents réseaux. L'autoroute Est-Ouest et haut plateaux, les voies ferrées, le tramway d'Alger, d'Oran et de Constantine, le métro d'Alger…etc.

Dans ce travail le tronçon de 24 km étudié fait partie du projet de la nouvelle ligne ferroviaire SAIDA-EL-BAYEDH (du PK 94+000 au 118+000 PK).
Ce projet de fin d'étude nous a permis d'enrichir nos connaissances, et de cerner tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter dans un projet de chemin fer. Cette étude a été une occasion pour nous de profiter de l'expérience pratique des personnes du domaine, d'une part, et, d'autre part, d'apprendre une méthodologie rationnelle pour mener un projet ferroviaire. C'était aussi l'occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels : CIVIL 3D, Global Mapper et TALREN4.
Dans notre démarche d'étude, nous avons essayé de respecter toute les fiches UIC et les normes (SNCF et SNTF ...) qui permettent d'élever la vitesse de circulation tout en maintenant les qualités essentielles de sécurité, de confort, d'économie et d'environnement.
Dans cette étude nous avons considéré tous les aspects techniques et environnementaux du projet.

A commencer par le tracé, les profils en long et en travers, l'étude géotechnique, la superstructure de la voie, le dimensionnement, le terrassement et la stabilité, l'assainissement et l'impact sur l'environnement et l'aménagement de la gare BOUGTOB
Dans tous ces aspects de l'étude nous avons proposé des solutions à certains problèmes pertinents comme la stabilité des remblais et des déblais de grande hauteur.

A ce titre, nous avons essayé à travers cette étude, de faire le point de connaissances en ce qui concerne les grandes lignes d'une étude d'un projet pareil, où nous avons eu la chance d'appliquer nos connaissances acquises durant notre formation d'Ingénieur d'Etat, ainsi d'avoir un aperçu sur le monde professionnel.

Bibliographie

Document ENSTP

- Cours de chemins de fer de l'Ecole Nationale Sépurieure des Travaux Publics, par Mr Assri et Mr Kadi.
- Projet de fin d'étude- voie ferré.
- Cours d'Hydraulique appliquée, par Mr Rahmani et Mr Fkir, 2017et 2018.
- Cours d'Environnement, par Mme S.Bouafia, 2017.
- GTR(2007). Conception et réalisation des terrassements – Guide technique. SETRA/LCPC Mme.Derriche

Fiche UIC

- Code UIC720, U. (2005). Pose et maintenance de voie en LRS
- 703R : Caractéristiques de trace des voies parcourues par des trains de voyageurs rapides (2éme éditions du 01/01/1989).
- 741F : Quais des voyageurs- règle pour l'implantation des bordures des quais par rapport à la voie (4ème éditions, Décembre 2005).
- 719R : Ouvrages en terre et couches d'assises ferroviaire (2éme éditions du 01/01/1994).

Fiche

- Fiche technique du reseau de la SNTF
- Decument de Programme d' ANSERIF 2015.
- Conception du tracé de la voie courante V≤ 220 Km/h (Version 1 du 12/09/2006).
- Référentiel technique SNTF-Chapitre 6 « Géométrie de la voie » (Version 2 du 22/12/2005).

Livre

- GOUMETTRE Ahmed ; KALLI Fatima-Zohra, Manuel de projet de routes, Octobre 2011.
- ALIAS, J. (1984). La voie verrée . paris
- M.El Mooudded ,F.Louf,P.A Boucard, F.Dadié ,P.Dupont, G.Saussine
- Modèle dynamique réduits de milieux périodique par morceau : application aux voie ferroviaires

Sites Internet

- Société nationale des transports ferroviaire [http://www.sntf.dz].
- Site Wikipédia http://fr.wikipedia.org/wiki/Environnement
- ANESRIF [www.anesrif.dz].
- Dictionnaire visuel [www.infovisuel.info].
- INFRARAIL [www.infrarail.dz].
- Ministère du transport algérien [www.ministere-transports.gov.dz].
- Ainsi que d'autre sites (Google, Wikipédia…etc.)
- SYSTRA.(1994).plateforme ferroviaire

ANNEXES

ANNEXE A : PRESENTATION DU PROJET

I- Présentation de la ville BOUGTOB :

I-1 Milieu physique :

I-1-1 Situation géographique :

BOUGTOB est une commune d'Algérie située dans la wilaya d'El Bayadh , dans le nord-ouest algérien. Elle est considérée comme l'un des carrefours qui relient le sud algérien à l'Oranie.

Elle couvre une superficie de 2017.60 km².Elle est limité géographiquement :

- ✓ au Nord et par la commune d'El Kheither ;
- ✓ au sud par la commune de Tousmouline.
- ✓ à l'Est par la commune de Rogassa et El Kaf Lahmer ;
- ✓ à l'Ouest par la commune d'El Bioud (wilaya de Naama)



Figure A.1 : localisation de la commune de Bougtob dans la wilaya D'El Bayadh

I-1-2 Le relief :

Situe entre l'extrémité des monts de ksour au nord-ouest et la région des hautes plateaux au sud, la ville de BOUGTOB s'étend au pied a L'Atlas saharien. Elle est recouverte par des vastes de forets de chênes, pins d'Alep et alfa.

I-1-3 Le climat :

Le climat de la région de BOUGTOB est du type méditerranéen aride à hiver frais. il est caractérisé par deux saison contrastées, l'une froide et humide, qui s'étale de la fin octobre jusqu'au début Mai avec une température mensuelle entre de 8°C et 22 °C
et une pluviométrie moyenne mensuelle entre 17 mm et 21 mm , l'autre sèche et chaude, qui va de la mi-mai à la mi-octobre avec une température mensuelle de 19.5°C et 31°C et une pluviométrie moyenne mensuelle entre 3.50 mm et 19 mm

I-2 Pluviométrie :

Schématiquement, les précipitations décroissent du littoral vers l'intérieur suivant un gradient latitudinal, altère néanmoins par l'effet orographique de l'Atlas saharien, la zone de BOUGTOB présente une valeur des précipitations annuelles de l'ordre de 193 mm/an.

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Tot
Pan (mm)	15.5	17	20.8	12.6	20.7	18.8	27.7	19	19.03	13.2	5.38	3.46	193
Pan (%)	8.03	8.80	10.77	6.52	10.72	9.74	14.35	9.84	9.86	6.83	3.02	1.79	100

Tableau A.1 : Répartition mensuelle de la pluie annuelle. (Station de BOUGTOB :(1969 - 1995)

I-3 Temperature :

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou
Température	24	18	12	8	7	9	13	16	20	26	31	29

Tableau A.2 : Température moyenne mensuelle à la station de Bougtob, pour la période 1995-2006

Interprétation :

Juillet est le mois le plus chaud de l'année. La température moyenne est de 30.7 °C à cette période. Le mois le plus froid de l'année est celui de Janvier avec une température moyenne de 6.8 °C.

1-4 Situation démographique :

1-4-1 Structure de la population :

la population totale de la ville de BOUGTOB est estimée à 18568 habitants, soit une densité de 9.2 habitants par km².

II- Présentation de la wilaya Saida :

II -1 Milieu physique :

II-1-1 Situation géographique :

Saida occupe une place importante et jouit d'une position stratégique au niveau des hauts plateaux ouest suivant le plan national d'aménagement du territoire dont l'axe centrale s'articule sur les wilayas de Tissemsilt, Tiaret, Saïda, Naama et EL- Bayadh.
Elle constitue naturellement, le meilleur maillon de la chaîne des monts telliens. Elle détient les premières ressources en eau et en végétation de l'Algérie. La wilaya est située dans l'ouest algérien et elle s'étend sur une superficie de 6 613 km².Et délimitée depuis le découpage administratif de 1985, comme suit :

- ✓ Au nord par la wilaya de Mascara ;
- ✓ À l'ouest par la wilaya de Sidi-Bel Abbés ;
- ✓ Au sud par la wilaya d'EI-Bayadh ;
- ✓ À l'est par la wilaya de Tiaret.

II-1-2 Le relief:

Située entre l'extrémité des monts de Dahia au nord et la région des Hauts-Plateaux au sud, la wilaya de Saïda s'étend au pied de ces deux massifs de l'Atlas tellien que traverse l'oued Saïda la vallée est recouverte d'une vaste superficie forestière de 156401 ha, soit 23.5% de la superficie globale de la wilaya.

II -1-3 Le climat :

La région de Saida, soumise à l'influence d'un climat de type méditerranéen, est caractérisée par le contraste entre une longue saison estivale, sèche et chaude et une saison hivernale pluvieuse et froide. Néanmoins les influences sahariennes sont prédominantes et déterminent un régime thermique qui traduit un climat semi-aride.

II -2 Pluviométrie :

Schématiquement, les précipitations décroissent du littoral vers l'intérieur suivant un gradient latitudinal, altéré néanmoins par l'effet orographique de l'Atlas saharien, la zone de Saida présente une valeur des précipitations annuelles de l'ordre de, 400 mm /an

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Todt
Pan (mm)	20.02	34.35	41.43	39.43	37.43	35.83	30.03	33.13	29.73	10.63	4.83	9.53	326.41
Pan (%)	6.19	10.52	12.69	12.07	11.46	10.97	9.20	10.14	9.10	3.25	1.47	2.91	100

Tableau A. 3 : Précipitation moyenne mensuelle et annuelle à la station de Saida, pour la période 1970-2009

II -3 Température :

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou
Température	22.4	18.9	12.6	9.6	8.5	9.2	12.3	14.1	18.6	24.1	27.2	27.1

Tableau A.4 : Température moyenne mensuelle et annuelle à la station de Saida, pour la période 1995-2006

II -4 Humidité :

Station	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou
Saida	55	60	68	72	71	68	63	58	46	41	43	59

Tableau A. 3: Moyennes mensuelles d'Humidité relative de l'air en % à la station de Saida pour la période de 1995-2006

II -5 Aspect administratif :

La wilaya de Saïda est divisée en 6 daïras regroupant 16 communes :

Désignation	Wilaya de Saida
Nombre de Daïra	6
Nombre de commune	16
Superficie	6.612,56 km²

Tableau A. 4 : Découpage administratif et superficie de la wilaya de Saida

II -6 Situation démographique :

II -6-1 Structure de la Population : La population totale de la wilaya est estimée à 312 757 habitants, soit une densité de 200 habitants par Km².

Année	1987	1998	2008	2010
Saida	235.240	280.752	330.641	312.757

Tableau A. 5: Evolution de la population de la wilaya Saida

II -7 Infrastructure de Base :

II -7-1 Réseau routier : La wilaya dispose d'un important réseau routier constitué de :

- ✓ Routes nationales : 372 km ;
- ✓ Routes wilayas : 645 km ;
- ✓ Routes communales : 433 km.

II -7-2 Réseau Ferroviaire : La wilaya de Saïda dispose d'une ligne de chemin de fer qui la traverse du Nord au Sud.

II -7-3 Ressources Hydriques : Parmi les spécificités de la wilaya, on compte le riche potentiel hydrique tant thermal que minéral dont trois (04) sites :

- ✓ La Source d'Ain Skhouna ;
- ✓ Sources de Hammam-Rabbi ;
- ✓ Sources de Sidi Aissa **;**
- ✓ Les sources d'eau douce.

III- Présentation de la wilaya El Bayadh :

III -1 Milieu physique :

III -1-1 Situation géographique :

Géographiquement, la Wilaya est comprise entre les parallèles 30° 42'et 34° 28' de l'altitude Nord et entre les méridiens de longitude 0° 24' à l'Ouest fuseau 30 et 2° 16' à l'Est fuseau 31. Elle s'étend sur une superficie de 71 697 km², soit 3 % du territoire national. Elle S'étend du Chott Echergui à l'Erg Occidental et est dominée par les trois monts du djebel Amour de la chaîne Atlas Saharien, le Boudergua, El Ouastani et le grand Ksel

- ❖ **Limitées géographiques :**

- ➢ Au Nord : Saida et Tiaret ;
- ➢ A l'Est : Laghouat – Ghardaïa ;
- ➢ A l'Ouest : Sidi Bel Abbés Naama ;
- ➢ Au Sud-ouest : Bechar ;
- ➢ Au Sud-est : Adrar

III -1-2 Le relief:

Le relief de la Wilaya est constitué en grande partie de :

- ✓ Montagnes : 6.111 km² ;
- ✓ Collines et piémonts : 10.422 km² ;
- ✓ Plaines : 47.254 km² ;
- ✓ Autres : 7.910 km².

La Wilaya d'El Bayadh est constituée aussi de (03) zones distinctes qui sont :

Zone - I - Hautes Plaines : Les Hautes Plaines composées de 06 communes : BOUGTOB, El Kheiter, Tousmouline, Rogassa, Kef Lahmar, Cheguig et une partie de Mehara. Les altitudes varient entre 900 m à 1.400 m à Hassi Ben Hadjam (Mehara). Cette zone se caractérise par l'amplitude élevée (34 à El Kheiter).

Zone - II - Atlas Saharien : L'Atlas Saharien composé de 13 communes : El Bayadh - Boualem - Sidi Amar - Sidi Taiffour-Sidi Slimane-Stitten-Ghassoul-Krakda-Ain El Orak-Arbaouet-Chellala-Mehara et Boussemghoun. Elle présente une situation bioclimatique (semi-aride froid) relativement plus avantageuse par rapport à celle de la partie Saharienne de la Wilaya. Elle bénéficie de l'apport en eau et alluvions provenant des sommets et versants des reliefs montagneux dont les altitudes varient entre 1300 mètres et 2000 mètres (2008 m Djebel Ksel à l'Ouest de la localité de Stitten. Les précipitations sont relativement plus importantes par rapport aux autres zones l'hiver et plus rigoureux.

Zone - III - Prés Saharienne : La Prés - Saharienne est constituée uniquement de Trois communes qui sont : Brezina - El Abiodh Sidi Cheikh et Bnoud. Partie la plus désavantagée, elle représente la superficie la plus importante de la Wilaya (71 % de la superficie totale).

III -1-3 La géologie :

Les schémas structuraux typiquement Atlasiques sont bien représentés dans cette région, par une succession de synclinaux et d'anticlinaux étirés et faillés, de direction générale Sud – Ouest, Nord - Est. Les faciès reconnus sont d'âge Jurassique - Crétacé recouverts par des terrains Mio-Pliocène et Quaternaire de remplissage.

III-1-4 L'hydrologie, hydrogéologie :

La Wilaya est inscrite sur deux versants, limités par la ligne de partage des eaux passant le long de l'Atlas Saharien. Les Oueds présent dans la willaya sont :

- ✓ D'Ouest en Est : Oued Kef Lazreg - Oued Tousmouline - Oued Kef Lahmar Oued Hamaimat - Oued Hanacha et Oued Mehairigua drainent les piémonts Nord de l'Atlas Saharien vers Chott Chergui.

Au Sud de l'Atlas Saharien, les oueds les plus importants sont :

- ✓ Oued Namous qui constitue la limite de la Wilaya avec celle de Naâma.

- ✓ Les Oueds El Gharbi - Mazar - El Kabech - Saggeur présentent un cours parallèle entre eux orientés vers le Sud - Est.

III-1-5 Le climat :

Sur le plan climatologique, la Wilaya est caractérisée par deux périodes principales qui expriment le contraste important durant l'année à savoir :

- Un Hiver rigoureux avec de fréquentes chutes de neige ;
- Un Eté chaud et très sec. Ce qui favorise l'apparition des plantes résistantes à la sécheresse.

Précipitation : La valeur maximale des précipitations est enregistrée au mois de mai 71.2 mm La moyenne annuelle des précipitations est de l'ordre de 336 mm répartie comme suit :

- ✓ 23% en automne ;
- ✓ 35% en hiver ;
- ✓ 35% au printemps ;
- ✓ 7% en été.

III -2 Pluviométrie :

est très irrégulière et varie de 200 à 300 mm durant l'année on peut assister à plusieurs mois ou d'années de sècheresse de suite.

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou
El bayadh	20.2	34.35	41.43	39.43	37.43	35.83	30.03	33.13	29.73	10.63	4.83	9.53

Tableau A. 6: Précipitation moyenne mensuelle et annuelle à la station d'El Bayadh, pour ka période 1970-2009

III-3 Température : laisse apparaître des changements temporels (un Hiver froid de température moyenne de 6° C et un Eté chaud de 36° C).

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	annuelle
Pan (mm)	25.8	19.3	13.1	18.8	7.6	10.3	12.9	16.1	21.6	27.3	30.6	30.7	19.5

Tableau A. 7 Température moyenne mensuelle et annuelle à la station d'El Bayadh, pour la période 1995-2003

III-4 Humidité : L'humidité relative est élevée durant toute l'année (plus de 33%).Les valeurs maximales sont atteintes durant les mois d'hiver (82à 75 %) lorsque les températures sont minimales.

Station	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	annuelle
El bayadh	41.5	55.6	63.5	70.5	69.3	68.1	58.8	49.1	46.7	37.6	25.9	29.80	51.36

Insolation : La quantité d'heures d'ensoleillement dans la région est assez élevée ; la moyenne annuelle est de 8 heures par jour. L'ensoleillement annuel total est de 2898 heures.

IV- Milieu biologique :

IV-1- La faune :



Figure A. 2 : La faune remarquable

IV-2 Les espaces boisés :

La Wilaya se caractérise par un patrimoine forestier constitue essentiellement de forêts domaniales d'une superficie de 122 111 hectares, soit 1,70 % de la superficie totale. A cette superficie s'ajoute 13 553 hectares de reboisement dans le cadre du barrage vert qui traverse la wilaya du Sud-Ouest au Nord Est.

V- Milieu humain (socio-économique) :

V-1 Population :

V-1-1 Structure de la Population :

La population de la Wilaya à fin 2010 est de 278 100 habitants, cette situation traduit une évolution importante de la population dans la mesure où en 44 ans, elle a doublé à un rythme moyen annuel absolu de 6.167 habitants selon les différents recensements de la population effectués depuis l'indépendance.

V-2 Aspect administratif :

Elle est issue de la récente réorganisation territoriale de la région Hauts Plateaux Ouest du pays entreprise en 1984. Administrativement la Wilaya est constituée de 8 daïras et 22 communes.

Désignation	Wilaya d'El Bayadh
Nombre de Daïra	8
Nombre de commune	22
Superficie	71.697 km²

Tableau A. 8: Découpage administratif et superficie de la wilaya d'El bayadh

V-3 Agriculture :

La répartition générale des terres est présentée en deux grandes rubriques :

- Terres utilisées pour l'agriculture ;
- Autres terres : Se répartissent en 04 rubriques ou catégories :

• Zone alfatière d'une superficie de 240 251 hectares,

• Zone forestière situant dans l'Atlas Saharien pour une superficie de 122 111 hectares,

• Terres improductives non affectées à l'agriculture d'une superficie de 1041558 ha.

• Terres improductives (Sebkha) d'une superficie de 550 ha, comprend les terres improductives.

V-4 Activités industrielles :

Le tissu industriel est quasiment inexistant, l'emploi industriel ne représente que 1,99 % de la population occupée de la Wilaya.

V-5 Réseaux d'énergie :

La longueur totale du réseau d'électrification de la Wilaya est de 3 429 km dont 2 172 km de moyenne tension et 1 257 km de basse tension, avec la mise en service chaque année de nouveaux centres d'électrification, permettant à nombreux foyers d'être accordés au réseau, le taux d'électrification déjà appréciable atteint 94,03 % à fin 2012 avec un ensemble de 44 891 abonnés.

V-6 Infrastructures sanitaires :

L'action sanitaire s'articule autour de trois établissements publics hospitaliers (EPH) à El Bayadh, Bougtob et Abiod Sidi Cheikh qui couvrent l'ensemble du territoire de la Wilaya, ces établissements regroupant 470 lits.

V-7 Infrastructures de base :

V-7-1 Réseau routier : La wilaya dispose d'un important réseau routier est constitué de :

type	Longueur en Km	%
Réseau primaire : R.N	539.5	34.5
Réseau secondaire : C.W	130	9.250
Réseau tertiaire : C.C	730.45	52.35
ensemble	1404.9	100

Tableau A. 9: Le réseau routier de la wilaya d'El Bayadh

V-7-2 Réseau Ferroviaire :

La wilaya est concernée par trois projets de voies ferrés :

- Ligne El-Bayadh /Méchria prêt à être réaliser.
- Ligne El-Bayad /Saida en cours d'étude.
- Ligne El-bayadh /Aflou/Djelfa.

V-7-3 Réseau Aéroportuaire :

L'aérodrome Ksel d'El Bayadh est situé à 12 Km² au Nord Est du chef-lieu de la Wilaya considéré comme l'un des principaux objectifs de lutte contre l'enclavement de la wilaya.

V-8 Paysage et Patrimoine :

La Wilaya est un véritable musée naturel par la diversité de ses sites à savoir : Les gravures rupestres, les vieux ksour, les grottes, les oasis est un paysage fascinant, elle est le foyer des différents sites que l'on rencontre dans certaines zones de l'Atlas Saharien

Sites Touristiques : Deroua (El Bayadh), Timenderat (Sidi Amar), Medgoug (Sidi Taiffour), El Ghor, Oasis, Grottes (Brezina), Palmerie (El Abiodh Sidi Cheikh), Moulk Slimane et El Areg El Gharbi (Bnoud), l'Oasis et l'Oued (Boussemghoun), et El Ayoune (Chellala).

ANNEXE B : TRACE EN PLAN

Tableau B.1 : les éléments du tracé en plan

Elément	Définition
L'alignement (R=λ)	c'est un tracé droit, il est considéré comme étant le meilleur tracé pour le confort et la sécurité qu'il offre aux voyageurs.
Arcs de cercles (R=constante)	Dans les endroits où la topographie ne permet pas de réaliser les alignements, on a recourt au raccordement circulaire. Vu le poids important, donc pour la diminuer, le rayon sera le plus grand possible et sa valeur minimale dépend de la vitesse de base.
Courbes de raccordement (R=variable)	C'est un élément géométrique qui raccorde l'alignement à un arc de cercle dont la courbure varie progressivement d'un rayon R=λ à la fin de l'alignement jusqu'à une valeur R constante au début de l'arc de cercle. On utilise pour ce type de raccordement la clothoïde qui assure, grâce à sa variation linéaire de courbure la stabilité et le confort plus son aspect esthétique satisfaisant.

Tableau B.2 : définition des paramètres géométriques de conception du tracé en plan

paramètre	définition	Unité
Longueur minimale des éléments de tracé L_{min}	La longueur effective de tout élément de tracé (autre que les courbes de raccordement) doit se situer au-dessus d'une valeur exceptionnelle, en prenant en considération les paramètres de conception du tracé effectivement utilisés pour les éléments de tracé encadrants (dévers, insuffisance de dévers et leurs variations).	m
Rayon minimal : R_{min}	Le concepteur du tracé de la voie doit s'efforcer d'utiliser les plus grands rayons et courbes de raccordement permis par les contraintes de conception de la voie. Ceci permettra toute augmentation future de la vitesse. En tout état de cause, le concepteur du tracé de la voie ne doit pas utiliser des rayons de courbe inférieurs à 180 m pour les nouveaux tracés.	m
Le dévers d	Le dévers est la dénivelée entre les deux files de rails composant la voie. Une courbe est posée en dévers lorsque la file de grand rayon (rail extérieur de la voie) est surélevée par rapport à la file de petit rayon (rail intérieur de la voie). Le dévers a pour but de s'opposer aux déraillements des trains dus à la force centrifuge exercée sur les trains qui se déplacent sur une courbe.	mm
Le dévers théorique d_{th}	Lorsque la vitesse d'un véhicule empruntant une courbe est telle que la résultant «R» du poids du véhicule «P » et de la force centrifuge «F» est perpendiculaire au plan de roulement, l'action de l'accélération transversale est entièrement compensée. Pour obtenir ces conditions, il est nécessaire de surhausser la file du rail de grand rayon par rapport au niveau	mm

	de l'autre, d'une valeur appropriée.	
Le dévers prescrit d_p	Il est utilisé Afin de conserver l'homogénéité du confort pour les passagers sur la ligne**.** Le dévers réel est normalement limité à une valeur inférieure à la valeur théorique ce qui donne une insuffisance de dévers pour les trains les plus rapide, et un excès de dévers pour les trains lents.	mm
Le coefficient de dévers	Le coefficient de dévers exprime la proportionnalité entre le dévers prescrit et la courbure à la création d'une ligne, le respect d'un coefficient de dévers commun à toutes les courbes conduit à avoir un rapport constant entre courbure et insuffisance de devers. La prise en compte de cette disposition constitue un facteur de confort.	/
Insuffisance de dévers	Lorsque la vitesse d'un véhicule empruntant une courbe est plus élevée que la vitesse d'équilibre correspondant au dévers prescrit, ce véhicule est soumis à une force centrifuge non compensé. Le dévers de la voie est donc insuffisant et la résultante des forces se déplace vers l'extérieur de la courbe.	mm
Excès de dévers E	Lorsque la vitesse d'un véhicule en courbe est plus faible que la vitesse d'équilibre correspondant au dévers pratique, ce véhicule est soumis à une force centripète non compensée. Le dévers de la voie est donc excessif et la résultante des forces se déplace vers l'intérieure de la courbe.	mm
Variation de dévers en fonction de la longueur : $\Delta d/\Delta l$	La variation du dévers provoque un gauchissement de la voie, donc les points de contact des boggies ne se trouvent pas au même niveau, et la charge se répartit inégalement sur les quatre roues, et sous des charges dynamiques pour de grandes vitesses, le problème s'avère néfaste.	mm/m
Variation de dévers par rapport au temps : $\Delta d/\Delta t$	C'est le taux suivant lequel le dévers augmente ou diminue relativement à la vitesse d'un véhicule franchissant une courbe de raccordement.	mm/s
Variation de l'insuffisance par rapport au temps : $\Delta I/\Delta t$	C'est le taux suivant lequel l'insuffisance de dévers augmente ou diminue relativement à la vitesse d'un véhicule franchissant une courbe de raccordement.	mm/s
clothoïde	Les clothoïdes sont des courbes homothétiques, c'est-à-dire géométriquement semblables entre elles, le paramètre de la clothoïde étant le rapport d'homothétie ou facteur de similitude. Les angles et les rapports sont donc des invariants. On utilise ce type de raccordement afin de : • Introduire progressivement le devers ; • Concevoir un tracé esthétiquement satisfaisant ; • Respecter les conditions du confort et de sécurité.	

Exemple de calcul manuel (paramètres de conception de tracé en plan)

(Exemple de calcul pour le rayon **R = 4200m**)

- ✓ **Coefficient de dévers :**

$C = \frac{dRmin \times Rmin}{1000}$

$$d_{Rmin} = \frac{Vv^2 Emax + Vm^2 Imax}{Vv^2 - Vm^2} = \frac{220^2 x90 + 100^2 x120}{220^2 - 100^2} = 144.67 \text{ mm}$$

C=311.05

- ✓ **Dévers théorique :**

  - **Dévers théorique pour voyageurs : Vv= 220 km/h**

$$dth = \frac{11.8\, Vv^2}{R} = \frac{11.8 \times 220^2}{4200} = 135.98 \text{ mm}$$

  - **Dévers théorique pour marchandises : Vm = 100 km/h**

$$dth = \frac{11.8\, Vm^2}{R} = \frac{11.8 \times 100^2}{4200} = 28.09 \text{ mm}$$

- ✓ **Dévers pratique**

$$dp = \frac{1000 \times C}{R} = \frac{1000 \times 336}{4200} = 75 \text{ mm} < dp_{max} = 150 \text{ mm (condition vérifiée).}$$

- ✓ **Insuffisance de dévers :**

$$I = \frac{11.8\, Vv^2}{R} - dp = \frac{11.8 \times 100^2}{4200} - 80 = 55.98 \text{ mm} < I_{max} = 120 \text{ mm (condition vérifiée).}$$

- ✓ **Excès de dévers :**

$$E = dp - \frac{11.8\, Vm^2}{R} = 80 - \frac{11.8 \times 100^2}{4200} = 51.91 \text{ mm} < E_{max} = 90 \text{ mm (condition vérifiée).}$$

- ✓ **Longueur de la clothoïde**

  - ❖ $L \geq \frac{Vv}{3.6} \times \Delta d \times \left(\frac{dd}{dt}\right)^{-1}_{lim}$ **AN :** $\frac{220}{3.6} \times 80 \times (35)^{-1}_{lim} = 139.68m$
  - ❖ $L \geq \Delta d \times \left(\frac{dd}{dl}\right)^{-1}_{lim}$ **AN :** $80 \times (0.98)^{-1}_{lim} = 81.63m$
  - ❖ $L \geq \frac{Vv}{3.6} \times \Delta I \times \left(\frac{dI}{dt}\right)^{-1}_{lim}$ **AN :** $\frac{220}{3.6} \times 55.98 \times (70)^{-1}_{lim} = 48.79\ m$

L = Max (139.68; 81.63; 48.79)

on prend **L= 140 m**

- ✓ **Paramètre de clothoïde :** A= $\sqrt{R \times L} = \sqrt{4200 \times 140}$ = 766.81

Les paramètres de conception du tracé en plan

Les valeurs exceptionnelles :

Justification de la limitions de vitesse dans le rayon R= 600 m

V_v= 120 km/h pour les voyageurs.

V_m=50 Km/h pour les marchandises .

On a :

- **I : insuffisance de dévers = 150 mm**
- **E : Excès de dévers =110 mm**
- **d : dévers =160 mm**

1/Insuffisance du dévers :

I = 11.8 . $\frac{Vv^2}{R}$ **- dp** **A.N :** $V_v = \sqrt{\frac{(I+dp).R}{11.8}} = \sqrt{\frac{(150+160).600}{11.8}}$ **= 125.54 km/h**

En prend V_v=120 km/h

2/ Excès du dévers :

E = dp - 11.8. $\frac{Vm^2}{R}$ **A.N :** $V_m = \sqrt{\frac{(dp-E)R}{11.8}} = \sqrt{\frac{(160-110).600}{11.8}}$ **=50.42 km/h**

En prend V_m=50 km/h

Soit les caractéristiques suivantes :

Rayon (m)	Paramètre A (m)	Point	Abscisse X	CordonnéeY
4200	**766.81**	S0	229618.4555	**3769209.3428**
		S1	231954.6737	**3766517.5215**
		S2	233,050.8040	**3765592.2189**

- ✓ **Calcul de distance**

ΔX 1 = XS1 - XS0 = 2336.22 m ; ΔY1 = YS1 - YS0 = **-2691.82 m**

ΔX2 = XS2 - XS1 = 1096.13 m ; ΔY2 = YS2–YS1 = **-925.30 m**

s1s0 = $\sqrt{\Delta X1^2 + \Delta Y1^2}$ = **3564.24 m**

s2s1 = $\sqrt{\Delta X2^2 + \Delta Y2^2}$ = **1434.46 m**

- ✓ **Le Gisement**

Gs0s1 = 200 - arctg $\frac{\Delta X}{\Delta Y}$ ⇒ Gs0s1=**154.55 grade**

Gs1s2 = 200 - arctg $\frac{\Delta X}{\Delta Y}$ ⇒ Gs1s2= **144.65 grade**

- ✓ **Calcul de l'angle entre l'alignement γ:**

γ=|G s1s2-G s0s1| ⇒ γ= **9.9 gr**

- ✓ **Calcul de longueur de clothoïde L :**

L =A²/R = L=766.81²/4200= **140 m.**

- ✓ **Calcul de l'angle τ :**

$\tau = \frac{L}{2R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{140}{2\times4200} \times \frac{200}{3.14}$ = **1.06**

- ✓ **Vérification de non chevauchement :**

Il faut que τ< γ/2 :

On a : γ/2 = **4.45 gr**

Et τ=1.09 gr $< \gamma/2$ => **condition vérifiée pas de chevauchement** √

- ✓ **Calcul de la tangent T :**

T=Xm+(R+ΔR) tg(γ/2)

Xm=L/2=140/2 = **70 m**

ΔR=L²/24R=0.194 m d'où T = 70+(4200+0.194)tg4.45 = **364.07 m**

- ✓ **Calcul de la distance S0KA1 :**

S0KA1 = S0S1 – T = |3564.24– 364.07 | **= 3200.17 m**

- ✓ **Calcul de la corde SL :** SL = $\sqrt{X^2 + Y^2}$

Avec : X=L=**140 m**

Et : Y = $\frac{A^2}{6R} = \frac{766.81^2}{6\times4200}$ = **23.33 m**

AN : SL = **141.93 m**

Calcul de l'angle polaire σ :

σ =arc tg $\frac{Y}{X}$ ⇒ AN : σ= **10.46 gr**

Calcul de α :

α = γ- 2τ ⇒ AN : 9.9-2(1.06)

α = **7.78 gr**

- ✓ **Calcul de La longueur de l'arc :**

B=$\frac{\pi.R\,\alpha}{200}$ ⇒ AN : B= **513.01**

- ✓ **Calcul des cordonnées des points singuliers :**

KA1 : XKA1 = XS1 – T × sin G(s0;s1) =231954.6737 – 364.07 × sin (154.55)= **231674.48m**

YKA1 = YS1 – T × cos G(s0;s1) = 3766517.5215 –364.070×cos(154.55)=**3766792.68 m**

KA2 : XKA2 = XS1 + T × sin G(s1;s2) = 231954.6737 + 364.07 ×sin (144.65)=**232232.80 m**

YKA2 = YS1 + T × cos G(s1;s2) = 3766517.5215 +364.07×cos (144.65)=**3766752.43 m**

KE1 : $X_{KE1}=X_{KA1}+ SL \times \sin[G(s0 ;s1) + \sigma] = 231674.48 +141.93 \sin (165.22)$

= 231748.21 m

$Y_{KE1}=Y_{KA1}+SL\times\cos[G(s0;s1)+\sigma]= 3766792.68 + 141.93 \cos (165.22)$

=3766671.09

KE2 :$X_{KE2}=X_{KA2} -SL\times\sin[G(s1;s2) - \sigma] =232232.80 -141.93 \sin(133.98)$

=2321106.62 m

$Y_{KE2}=Y_{KA2}- SL\cos[G(s1;s2) - \sigma] = 3766752.43 - 141.93\cos(133.98)$

=37668246.64 m

Listing de la géométrie de l'axe en plan

Axe en plan : Alignement - (1)
Description:
Plage d'abscisse : Début: 94+000.00, Fin: 118+000

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			94+000.00	230,481.1554	3,771,251.0937
DR1	ANG=240.6786 (g)	1,499.8488			
			95+499.85	229,586.6826	3,770,047.1566
CLO2	A=256.905				
	R=600.000	110.000			
			95+609.85	229,523.8327	3,769,956.9298
ARC3	XC=230,036.1888				
	YC=3,769,644.6939				
	R=600.000	702.264			
			96+312.11	229,548.9547	3,769,294.5469
CLO4	A=256.900				
	R=600.000	109.996			
			96+422.11	229,618.4555	3,769,209.3428
DR5	ANG=154.4949 (g)	3,564.2415			
			99+986.35	231,954.6737	3,766,517.5215
CLO6	A=766.810				
	R=4,200.000	139.999			
			100+126.35	232,047.0226	3,766,412.3025
ARC7	XC=235,172.6672				
	YC=3,769,217.7161				
	R=4,200.000	1,161.281			
			101+287.63	232,931.5794	3,765,665.6005
CLO8	A=766.810				
	R=4,200.000	139.999			
			101+427.63	233,050.8040	3,765,592.2189
DR9	ANG=134.7706 (g)	3,974.9399			
			105+402.57	236,447.4582	3,763,527.5428
CLO10	A=836.660				
	R=6,000.000	116.667			
			105+519.24	236,546.9545	3,763,466.6210
ARC11	XC=233,380.7164				

	YC=3,758,370.0598				
	R=6,000.000	89.150			
			105+608.39	236,622.3287	3,763,419.0151
CLO12	A=836.660				
	R=6,000.000	116.667			
			105+725.05	236,720.0918	3,763,355.3490
DR13	ANG=136.9544 (g)	6,671.8156			
			112+396.87	242,299.0657	3,759,696.3637
CLO14	A=766.810				
	R=4,200.000	139.999			
			112+536.87	242,415.7035	3,759,618.9364
ARC15	XC=240,054.1106				
	YC=3,756,145.7709				
	R=4,200.000	1,553.938			
			114+090.81	243,511.8031	3,758,529.9610
CLO16	A=766.810				
	R=4,200.000	139.999			
			114+230.81	243,589.9893	3,758,413.8306
DR17	ANG=162.6305 (g)	2,908.2722			
			117+139.08	245,200.7800	3,755,992.3847
CLO18	A=766.810				
	R=2,800.000	209.999			
			117+349.08	245,319.2602	3,755,819.0164
ARC19	XC=247,590.7771				
	YC=3,757,456.1514				
	R=2,800.000	559.403			
			117+908.48	245,689.3496	3,755,400.7746
CLO20	A=766.810				
	R=2,800.000	209.999			
			118+118.48	245,847.0090	3,755,262.0748
DR21	ANG=145.1370 (g)	883.0172			
			119+001.50	246,517.2248	3,754,687.1573

ANNEXE C : PROFIL EN LONG

Tableau C.1 : définition des paramètres géométriques de conception du profil en long

Elément	Définition
Pente	Tronçon de voie où l'altitude est décroissante dans le sens de circulation (descente).
Rampe	Tronçon de voie où l'altitude est croissante dans le sens de circulation (montée).
Palier	C'est la partie de la ligne rouge qui se trouve en horizontale
courbes de raccordement vertical	Ce sont des arcs de cercles qui assurent la liaison entre les éléments de la ligne rouge

Tableau C.2 : définition des paramètres géométriques de conception du profil en long

Paramètre	Définition	Unité
Longueur minimale des éléments du profil en long	Lors du passage du train par deux déclivités successives de sens différents, ce dernier subit deux accélérations verticales brutales qui peuvent provoquer des oscillations très importante aux véhicules, ce qui représente un malaise aux passagers ainsi que des dégâts possibles aux rails..	**m**
Rayon minimal des éléments du profil en long	Pour raccorder les éléments du profil en long, on utilise des courbes paraboles de type $y=x^2/2R$, l'équation d'un cercle est $x^2+ (y-R)^2=R^2$ ou encore sous la forme : $x^2+y^2-Ry=0$. On constate que pour les grands rayons $R \geq 4000$m la variation de l'ordonnée y sur l'arc de raccordement est négligeable devant l'abscisse x. Le raccordement circulaire permet d'assurer le confort et la sécurité en réduisant l'accélération centrifuge due à la vitesse des véhicules, alors on est obligé d'intervenir pour que l'accélération verticale ne dépasse pas sa valeur maximale permise	**m**
Déclivité	Elle est considérée comme étant la tangente de l'angle compris entre le profil en long et l'horizontal, elle joue un rôle important pour l'écoulement des eaux. Dans la terminologie ferroviaire, on parle en générale de déclivité lorsque cette tangente est ≥ 1 à 1.8 ‰, c'est une rampe en montée et une pente en descente suivant le sens du kilométrage ou de la circulation	**‰**

CALCUL DES ELEMENTS DU PROFIL EN LONG :

Dans ce qui suit on détermine :

- ✓Les coordonnées des points singuliers du raccordement ;
- ✓La tangente d'une part et d'autre du sommet ;
- ✓La flèche en dessous de ce dernier ;
- ✓Les PK des points singuliers ;

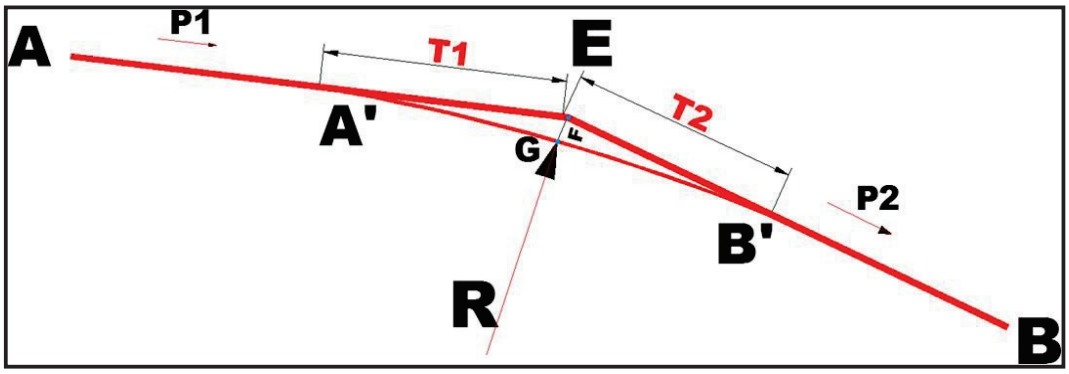


Figure C.1 : Eléments du profil en long

Exemple de calcul manuel (calcul d'axe) : R= 17000 m

Point A : X= 0 m ; Z= 993.17 m

Point E : X=2780.02 m ; Z= 1027.74 m

Point B : X= 9510.01 m ; Z= 1046.07 m

- ✓ **Détermination des pentes :**

$$P1 = \frac{\Delta Z1}{\Delta S1} = \frac{1027.74-993.17}{2780.02-0} = +1.24\%$$

$$P2 = \frac{\Delta Z2}{\Delta S2} = \frac{1046.07-1027.74}{9510.01-2780.02} = +0.27\%$$

P2 P1 : les pentes prises avec leurs sens.

- ✓ **Détermination de T :**

T= R/2× (P2-P1) ⇒ 17000/2(0.0027-0.0124) = 82.45 m

- ✓ **Détermination de la flèche F :**

$$F = \frac{T^2}{2R} = 0.20$$

- ✓ **Calcul de la cote du point au milieu de raccordement**

$Z_G = Z_E - F \Rightarrow 1027.74\text{-}0.20 = 1027.54$ m

- ✓ Calcul des PK et des cotes des points A' et B'

Point A' :

$Z_{A'} = Z_E - P1 \times T \Rightarrow 1027.74\text{-}0.0124 \times 82.45 = 1026.7$

$PK_{A'} = S_E - T \Rightarrow 2780.02\text{-}82.45 = 2697.57$ m

Point B' :

$Z_{B'} = Z_E - P2 \times T \Rightarrow 1027.74\text{-}0.0027 \times 82.45 = 1027.52$ m

$PK_{B'} = S_E + T \Rightarrow 2780.02+82.45 = 2862.47$ m

Profil : listing profil en long

Profil en long : ligne rouge
Plage d'abscisse : Début: 94+000.00, Fin: 118+000.00
LONGUEUR DE L'AXE : 24,000.000m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			94+000.00	993.168
D1	PENTE= 1.25%	2,685.519		
			96+685.52	1,026.816
PAR1	S= 96+780.00 Z=1,028.000			
	R = 17,000.000	188.961		
			96+874.48	1,028.134
D2	PENTE= 0.14%	12,574.983		
			109+449.46	1,045.914
PAR2	S= 109+510.00 Z=1,046.000			
	R = 26,000.000	121.074		
			109+570.54	1,046.367
D3	PENTE= 0.61%	2,988.190		
			112+558.73	1,064.508
PAR3	S= 112+640.00 Z=1,065.001			
	R = 25,000.000	162.547		
			112+721.27	1,066.023
D4	PENTE= 1.26%	3,247.462		
			115+968.74	1,106.852
PAR4	S= 116+034.44 Z=1,107.678			
	R = 30,000.000	131.419		
			116+100.15	1,108.216
D5	PENTE= 0.82%	1,899.846		
			118+000.00	1,123.780

ANNEXE D : ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

Tableau D.1 : les essais in situ

L'essai	But	Principe	L'implantation	
Sondage carottier (SPT) NF P 94-116.	Tracé un profil de pénétration. · Fournir des échantillons de sol remaniés qui peuvent servir à la reconnaissance des horizons traversés et sur lesquels on peut pratiquer les essais d'identification classiques (granulométrie, limites d'Atterberg et teneur en eau) . · Connaître la compacité des sols pulvérulents et la consistance des sols cohérents traversés. · Sa réussite dépend du choix du matériel, de l'implantation correcte des forages et de la capacité du sondeur.	Cet essai consiste à enfoncer dans le terrain par battage un carottier de conception et de dimensions normalisées. On compte le nombre de coups de mouton nécessaire pour enfoncer le carottier sur une certaine profondeur. Une fois plein, le carottier est remonté à la surface, vidé de sa carotte puis redescendre au fond du forage. L'opération est répétée sur toute la hauteur du profil à tester.	F-23-SB	PK96+350
			F-24-SB	PK109+800
Puits de reconnaissance PU NF P 94-119.	La vérification la nature des matériaux d'excavation et leurs conditions de réutilisation dans les remblais ; · L'identification géo-mécanique afin d'examiner la portance des terrains et de préciser les types des fondations . · La reconnaissance surtout de la qualité des matériaux d'assise au niveau des plateformes.	Les puits de reconnaissance devront atteindre des profondeurs de l'ordre de 3 à 4m, ou aller jusqu'à la profondeur limite du bras mécanique de la rétro-excavatrice, leur implantation sera faite à l'emplacement des ouvrages de drainage et des zones de déblais et de remblais	PU-29-SB	PK 097+000
			PU-31-SB	PK 107+000
			PU-32-SB	PK 110+000

Sondage pressiométrique SP NF P94-110	L'essai permet de définir trois caractéristiques pressiométriques : • Pression limite Pl ; • Pression de fluage Pf ; • Module pressiométrique Em	Il s'agit d'un essai contrainte-déformation mené jusqu'à la rupture pour une configuration d'application des charges bien précises. Cet essai, met au point par MENARD, consiste à mesurer l'augmentation de volume d'un cylindre dilatable, soumis à une augmentation de pression intérieure, et placé à la profondeur à laquelle on désire tester le sol. Il est donc nécessaire d'exécuter préalablement un forage dans lequel on introduit la sonde. Suivant la nature des terrains rencontrés, ce forage peut être réalisé à l'aide d'une tarière, d'un carottier, ou de toute autre forme de moyen mécanisé. Notons cependant qu'on ne réalise jamais un seul essai pressiométrique à une profondeur unique, mais on effectue une série d'essais espacés d'un mètre par exemple. Par raison de précaution, on fait progresser le forage au fur et à mesure des essais jusqu'à la profondeur maximale à atteindre.	SP17-SB	96+350
			SP18-SB	109+80
Essai pénétromètre dynamique lourd **PDL NF P 94-114**	· Connaître la résistance des terrains de surface à partir de la résistance de pointe ; · La reconnaissance qualitative des terrains lors d'une reconnaissance préliminaire ; · Contrôle de l'homogénéité d'un site ; · Détermination des épaisseurs des différentes couches de sols ; · Localisation des cavités ou d'autres discontinuités.	Un sondage eu pénétromètre dynamique consiste à enfoncer l'appareil dans le terrain jusqu'à une profondeur donnée, en général limitée par la capacité de pénétration de l'appareil lui –même. L'ensemble est battu dans le terrain sous l'action de chocs répétés, exercés sur la tête du train de tige par une masse tombant en chute libre d'une hauteur constante	PDL-17-SB	94+165
			PDL-18-SB	105+000

Tableau D.2 : les essais au laboratoire

L'essai	But	Principe
Analyse granulométrique des sols par tamisage NF P94-056	L'analyse granulométrique a pour but de déterminer les proportions des grains de différentes tailles dans le sol. Elle s'effectue par tamisage pour les grains d'un diamètre supérieur à 80 µm	L'essai consiste à séparer par brassage sous l'eau, les grains agglomérés, puis une fois séchés, à les classer au moyen d'une série de tamis et à peser le refus cumulé sur chaque tamis. La masse cumulée des refus sur chaque tamis est rapportée à la masse totale sèche en vue de calculer par différance le pourcentage de passant (tamisât).
Analyse granulométrique des sols par sédimentométrie NF P94-056	L'analyse granulométrique d'un sol par la méthode de sédimentation a pour objet de déterminer la distribution pondérale de la taille des particules d'un sol fin Elle s'effectue par tamisage pour les grains d'un diamètre inférieur à 80 µm	L'essai utilise le fait que dans un milieu liquide au repos, la vitesse de décantation des grains fins à très fins est fonction de leurs dimensions. La loi de Stokes donne, dans le cas des grains sphériques de même masse volumique, la relation entre le diamètre et leur vitesse de sédimentation. Par convention, cette loi est appliquée aux éléments d'un sol pour déterminer des diamètres équivalent des particules
Essais limites d'Atterberg NF 94-051	Le but de l'essai est de déterminer les teneurs en eau remarquables situées à la frontière entre ces différents états sont les « Limites d'Atterberg»	L'essai s'effectue sur la fraction 0/400 m en 2 phases : · Détermination de la teneur en eau WL pour laquelle une rainure pratiquée dans une coupelle se ferme, suite à des chocs répétés pour un nombre de coups donnés (cette limite de

	· Limite de Liquidité : W_L (frontière entre état plastique et liquide) . · Limite de Plasticité : W_P(frontière entre état solide et plastique). A partir des limites d'Atterberg, on peut calculer les indices suivants qui expriment la sensibilité à l'eau du sol (IP) et sa consistance (IC) par rapport à sa teneur en eau (ωn) : - Indice de plasticité : $Ip = W_L - W_P$ -indice de consistance : $Ic=(W_L-Wn)/Ip$	liquidité correspond à une résistance à un cisaillement conventionnel) ; · Détermination de la teneur en eau WP pour laquelle le rouleau de sol se fissure (cette limite de plasticité correspond à une résistance à la traction conventionnelle
Essai de CBR NF P 94-078	Il nous permet de réaliser la caractérisation mécanique des sols. Il mesure la résistance à l'effort tranchant d'un sol et le gonflement du sol lorsqu'il est immergé dans l'eau. Il nous permet de calculer la portance du sol, en estimant sa résistance au poinçonnement	On compacte avec une dame standard dans un moule standard ,l'échantillon de sol recueilli sur le site, selon un processus bien déterminé, à la teneur en eau optimum (Proctor modifié) avec trois (3) énergies de compactage 25c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant quatre (4) jours. Ensuite poinçonner l'échantillon par pénétration d'un poinçon cylindrique à vitesse constante. On relève les valeurs des forces correspondant à des enfoncements de 2,5 et 5mm. Nous calculons le coefficient CBR pour chacune de ces valeurs correspondantes et prenons le maximum : MAX (CBR (2.5), CBR (5))
Essai teneur en eau NF P94-050 et NF P94-053	Elle permet de caractériser l'état hydrique d'un sol par la détermination de la teneur en eau	Prélève une certaine quantité de matériau et placer dans un récipient (taré). Pesée de la prise(M), ensuite la prise est séchée à l'étuve 105°c. Après 24h, nouvelle pesée (Ms). Détermination la teneur en eau Natural et la masse volumique des sols fins : $W=\frac{M-Ms}{Ms}=\frac{Mw}{Ms}$
Essais Proctor NF P 94-093	Il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage et une teneur	L'essai consiste à humidifier un matériau a au moins cinq teneurs en eau

	en eau, il a donc pour but de déterminer une teneur en eau optimale afin d'obtenir une densité sèche maximale	et à le compacter dans un moule selon un procédé et une énergie normalisée. On détermine pour chaque teneur en eau la masse volumique sèche
Essai de Compressibilité à l'odomètre NF P 94-090-1	Pour déterminer les caractéristiques de compressibilité et estimer le tassement d'un massif de sol sous l'effet des charges	L'essai s'effectue sur une éprouvette de sol placée dans une enceinte cylindrique rigide (odomètre)- Diamètre de la boite : D≥60 mm-hauteur de l'éprouvette : Max (10mm ; 6dmax) ≤Hi≤0.4D. un dispositif applique sur cette éprouvette un effort axial vertical, l'éprouvette étant drainée en haut et en bas et maintenue saturée pendant l'essai. La charge est appliquée par paliers maintenus constants successivement croissants et décroissants suivant un programme défini

Résultats des sondages carottiers :

F-24-SB



Figure D.1 : Sondage : F-24-SB - Caisse n° : 1/3 Profondeur : 0,00 à 5,50 m



Figure D.2 : Sondage : F-24-SB - Caisse n° : 2/3 Profondeur : 5,50 à 10,50 m



Figure D.3 : Sondage : F-23-SB - Caisse n° : 3/3Profondeur : 10,50 à 15,00 m

RAPPORT DE FORAGE

Sondage : F-24-SB

Projet : Campagne Géotechnique Ligne Electrifiée entre Saida et El Bayadh — **Dossier N° : GLX-15-014**

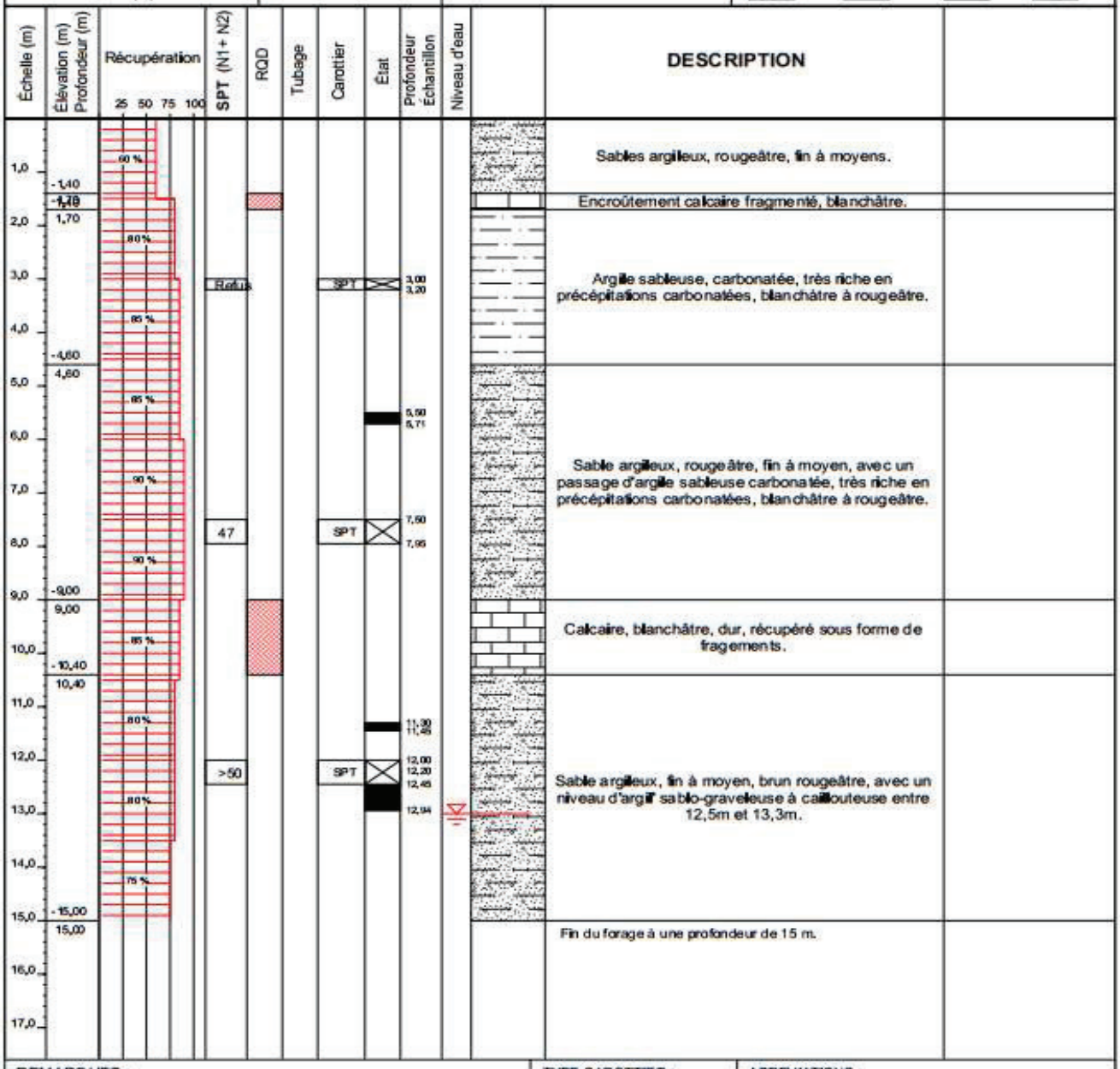
Endroit : PK 109+ 800 — **Client : SETIRAIL**

Date début : 07/05/2015
Date fin : 07/05/2015
Profondeur forée (m) : 15
Niveau d'eau (m) : 13

Coordonnées GPS:
X : 240 231
Y : 3 761 075
Z :

Boue de forage : Eau claire
Type forage : Carottage + SPT
Foreuse : FORDIA

Etat des échantillons : Intact | Remanié | Paraffiné | Roche



REMARQUES :

TYPE CAROTTIER :
- CF : Carottier fendu
- TM : Tube à paroi mince
- PS : Tube à position fixe
- CR : Tube carottier
- TF : Tube fendu

ABREVIATIONS :
- AG : Analyse granulométrique
- S : Sédimentométrie
- L : Limites d'Atterberg(WLIP)
- W : Teneur en eau
- PV : Poids volumique(Gd, Gh)
- AC : Analyse chimique
- CIS : Cisaillement rectiligne
- TR : Cisaillement Triaxial
- Rc : Résistance à la compression
- OED : Essai oedométrique
- GL : Gonflement libre
- R : Refus à l'enfoncement

Préparé par : M. BENMEZIANE | Vérifié par : F. BEGHACHI | 07/10/2015 | Page : 1 de 1

RAPPORT D'ESSAI

Masse Volumique des sols fins
Teneur en eau pondérale

Projet : Campagne Géotechnique Ligne Electrifiée entre Saida et El Bayadh
Client : SETIRAIL
Lieu :
N° Dossier : GLX-15-014

Sondage : F-24-SB
Profondeur : 05.50-05.70 m
Date Essai : 26/07/2015
Température étuve : 105 °C
Nature Sol :

Détermination de la teneur en eau pondérale des matériaux

Méthode par étuvage (NF P94-050)

N°Echant							
Poids total humide (g)	1433.5						
Poids total sec (g)	1348.5						
Poids de la tare (g)	525.1						
Poids d'eau	85,00						
Poids du sol sec (g)	823,40						
Teneur en eau (%)	10,32						

Weau (%)	10,32

Détermination de la Masse Volumique des sols fins

Méthode par immersion dans l'eau (NF P94-053)

N°Echant						
Poids total sans paraffine (g)	356,2					
Poids total avec paraffine (g)	365.4					
Poids total dans l'eau (g)	166.5					
Volume brute (cm³)	198,90					
Volume de la paraffine (cm³)	10,45					
Volume net (cm³)	188,45					
Masse volumique (g/cm³)	1,89					

γ_h (g/cm³)	1,89
γ_d (g/cm³)	1,71
Sr (%)	49,75

* Densité Paraffine = 0.88 g/cm³
* Densité de l'eau = 1 g/cm³

RAPPORT D'ESSAI

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

NF P 94-056 / NF P 94-057

Client : SETIRAIL — **N° Projet : GLX-15-014**

Projet : Campagne Géotechnique Ligne Electrifiée entre Saida et El Bayadh — **Réf. Client :**

Endroit : Saida- El Bayadh — **N° rapport :**

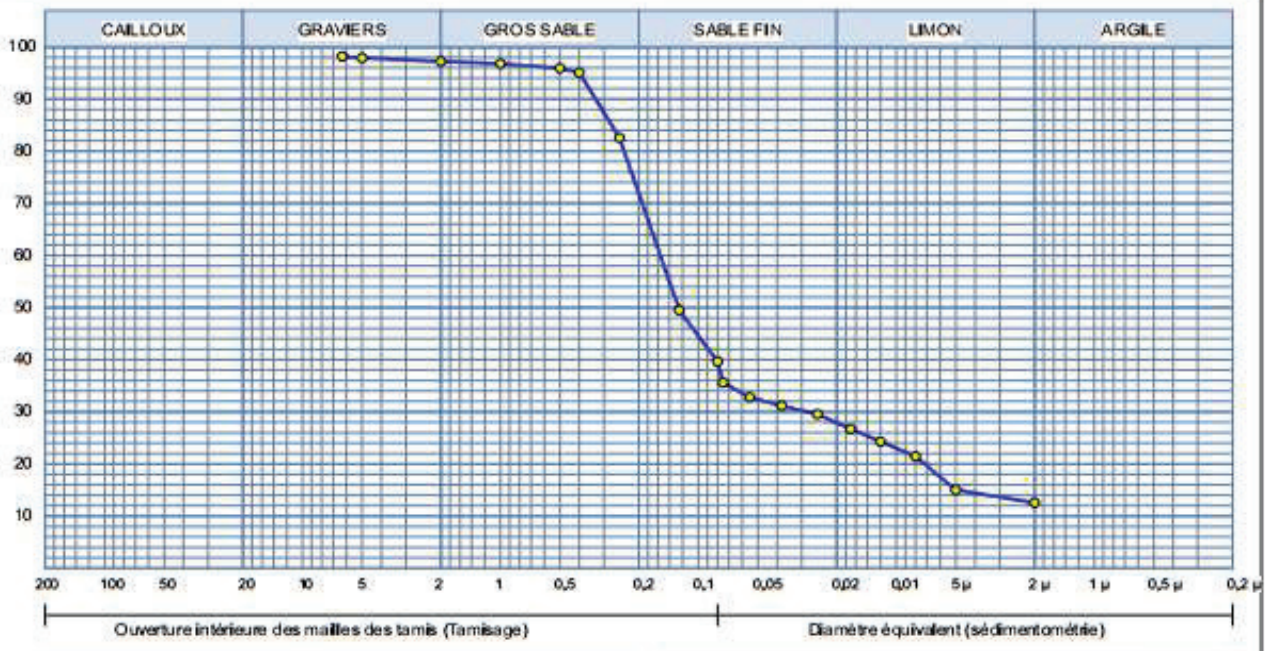
Sondage n° : F-24-SB

Profondeur : 05.50-05.70

Matériaux :

Provenance :

Date essais : 28/06/15



Analyse Granulométrique		Analyse sédimentométrique	
Tamis (mm)	Tamisat (%)	Diamètre équivalent	Tamisat (%)
6,30	98,18	75,00 µm	35,62
5,00	97,88	55,00 µm	32,79
2,00	97,21	38,00 µm	31,17
1,00	96,78	25,00 µm	29,55
0,50	95,91	17,00 µm	26,72
0,40	95,09	12,00 µm	24,29
0,25	82,55	8,00 µm	21,46
0,13	49,48	5,00 µm	14,99
0,08	39,66	2,00 µm	12,57

Echant	< 80 µ	LIMITES D'ATTERBERG			Classificat°
		W.L (%)	W.P (%)	LP (%)	
	39,66 %	%	%	0 %	SA

RAPPORT D'ESSAI

Les Limites d'Atterberg: NF P94-051

Projet : Campagne Géotechnique Ligne Electrifiée entre Saida et El Bayadh

Client : SETIRAIL

Lieu :

N° Dossier : GLX-15-014

Sondage : F-24-SB

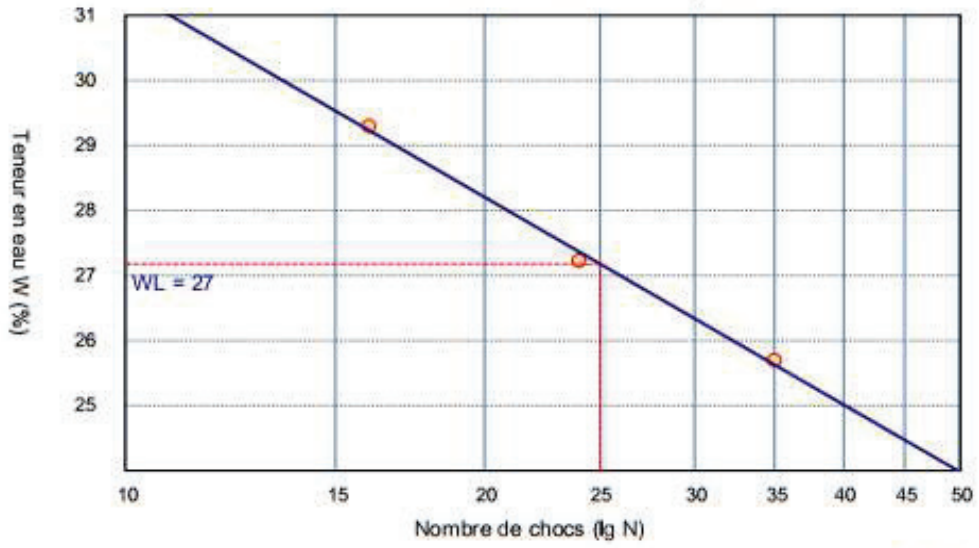
Profondeur : 05.50-05.70 m

Date Essai : 27/07/2015

Température étuve : 105 °C

Nature Sol :

Détermination de la limite de Liquidité



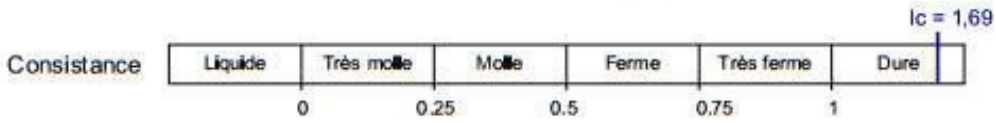
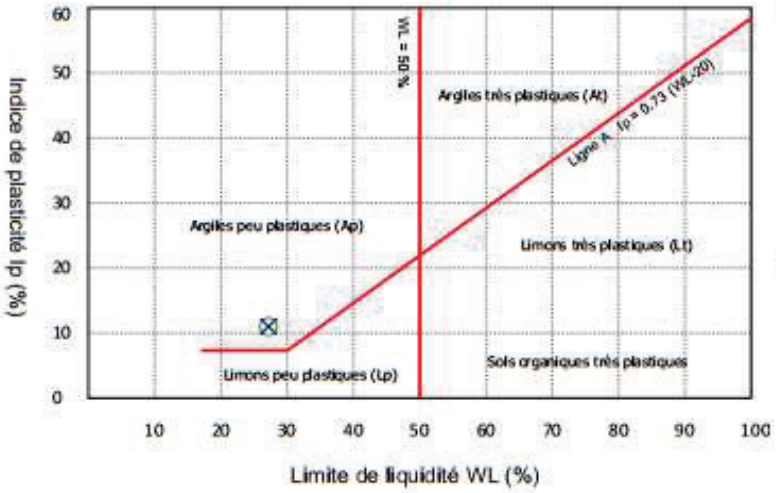


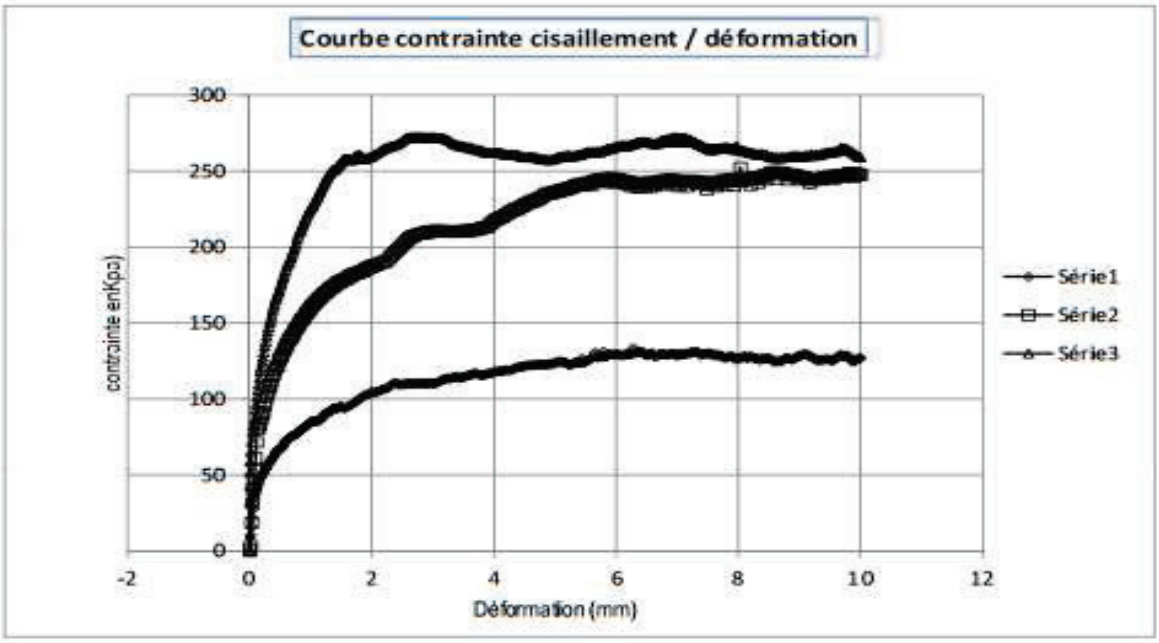
Diagramme de Casagrande

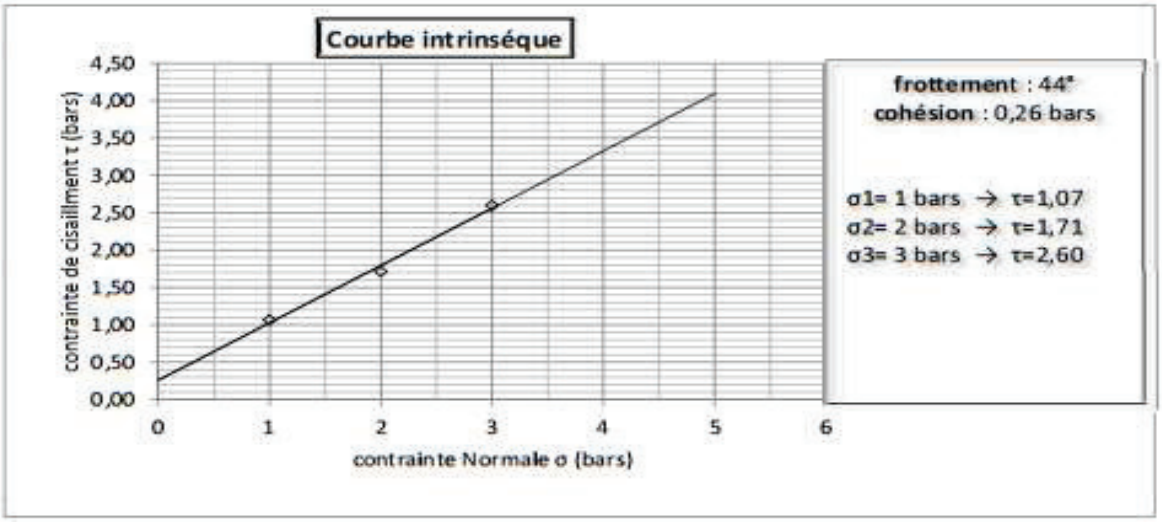


Limite de liquidité	WL =	27 %
Limite de plasticité	Wp =	17 %
Indice de plasticité	Ip =	10 %
Teneur en eau	W =	10,32 %
Indice de consistance	Ic =	1,69

	Rapport D'essai	Référence échantillon
INZAMAC	Essai de cisaillement Rectiligne Selon la norme NFP94-071-1 Aout 1994	SU-584-AG15

N° sondage/Puits: F-24-SB	Profondeur: 05,50-05,70m		Référence matériel
Date de l'essai: 14/08/2015	vitesse de cisaillment :0,02mm/min		Presse: PRC01
Prélevé par : INZAMAC		Type dessai: CD	Balance: Bal 03
Projet :	Etude ADP et DEC de la nouvelle ligne electrifié entre SAIDA et El Bayad (200Km)		
Client : SETIRAIL			





RAPPORT D'ESSAI

COMPRESSIBILITE A L'OEDOMETRE

XP P 94-090-1

Client : SETIRAIL **N° Projet : GLX-15-014**

Projet : Campagne Géotechnique Ligne Electrifiée entre Saida et El Bayadh

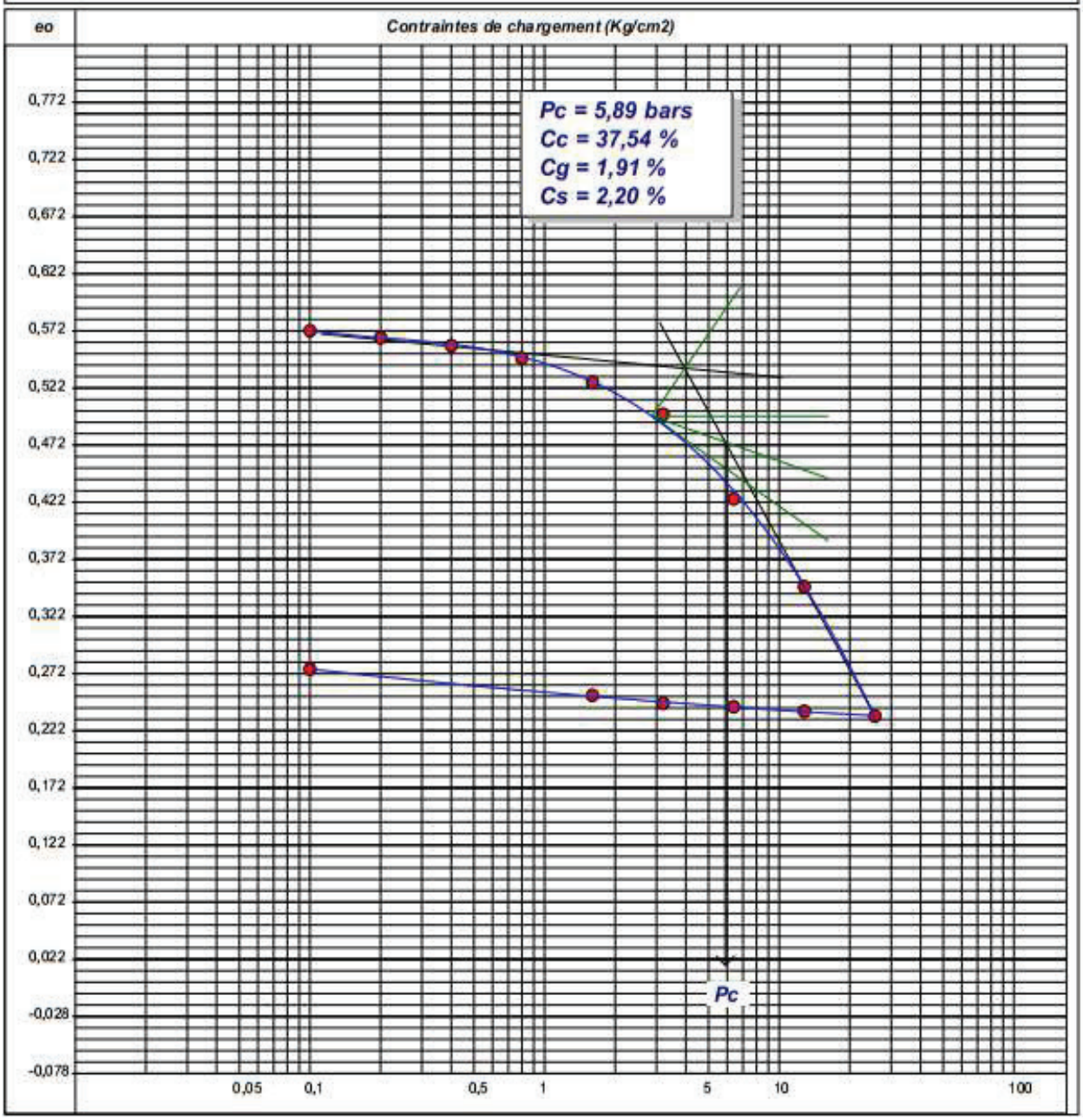
Endroit : Saida- El Bayadh

Sondage n° : F-24-SB

Profondeur : 05.50-05.70

Nature :

Date essais : 17/16/15



Résultats des Puits de reconnaissance
PU-31-SB

RAPPORT D'ESSAI

ANALYSE GRANULOMETRIQUE

NF P 94-056 / NF P 94-057

Client : SETIRAIL — **N° Projet : GLX-15-014**

Projet : Campagne Géotechnique Ligne Electrifiée entre Saida et El Bayadh — **Réf. Client :**

Endroit : Saida- El Bayadh — **N° rapport :**

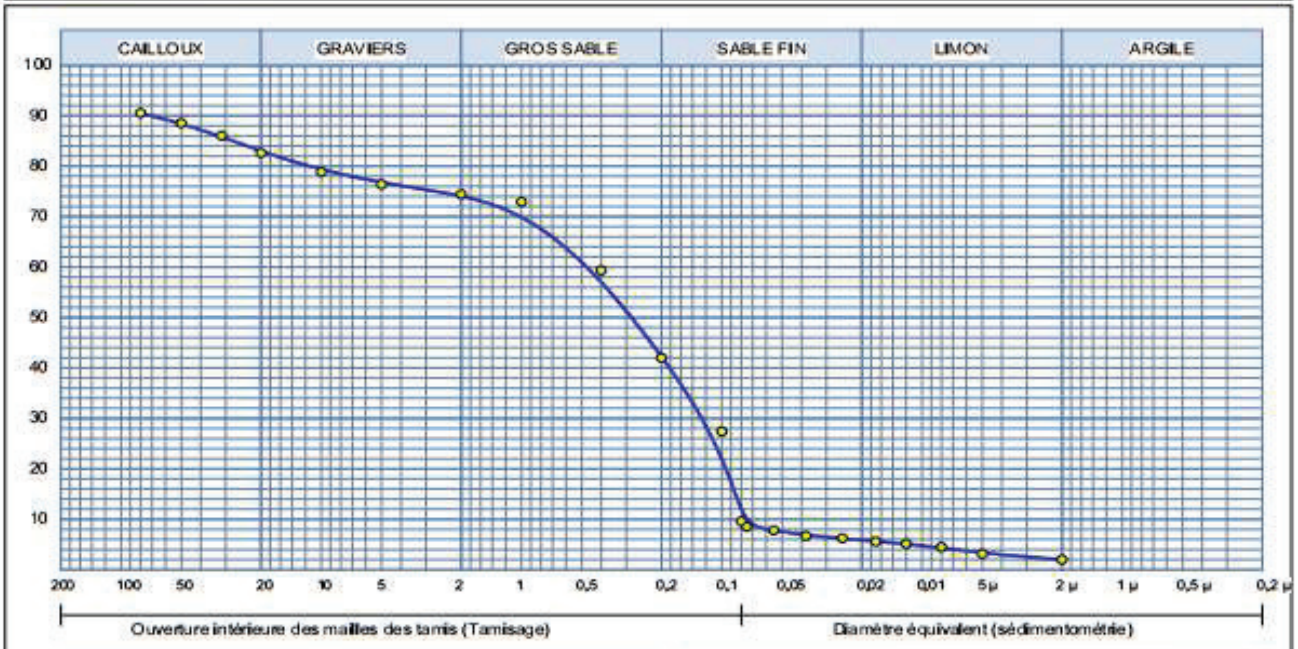
Sondage n° : PU-31-SB

Profondeur : 01.00 - 03.50

Matériaux :

Provenance :

Date essais : 13/08/2015



Analyse Granulométrique		Analyse sédimentométrique	
Tamis (mm)	Tamisat (%)	Diamètre équivalent	Tamisat (%)
80,00	90,52	75,00 µm	8,48
50,00	88,53	55,00 µm	7,81
31,50	86,04	38,00 µm	6,70
20,00	82,60	25,00 µm	6,25
10,00	78,83	17,00 µm	5,58
5,00	76,37	12,00 µm	5,14
2,00	74,41	8,00 µm	4,47
1,00	72,93	5,00 µm	3,13
0,40	59,34	2,00 µm	2,01
0,20	42,01		
0,10	27,39		
0,08	9,60		

Echant	< 80 µ	LIMITES D'ATTERBERG			Classificat°
		W.L (%)	W.P (%)	I.P (%)	
—o—	9,60 %	%	%	/ %	/

DETERMINATION DE LA VALEUR AU BLEU
Selon la norme NF P 94-068

Client: SETIRAIL **Laboratoire :** INZAMAC

Puits n°: PU-31-SB **Date:** 28/09/2014

Projet : Campagne Géotechnique Ligne Electrifiée entre Saida et El Bayadh **Operateur :** Dj B

M_h = 72 gr W =3.4 % M_0 = 69.6 g C =86 %

mh_2 = 65.22 g ms_2 = 63.072 g

Masse sèche de la prise d'essai de la fraction 0/5 en gr M_0	**$M_0 = M_h/1+w$** = 69.6 gr
Quantité totale de la solution de colorant ajoutée (ml) V	**V** = 25 ml
Masse de bleu introduite (solution à 10/l). B	**B = V x 0.01** = 0.25
VBS exprimée en grammes de bleu pour 100 gr de matériau sec (matériau D max ≤ 5 mm)	**VBS = B/M_0 X 100 =**
VBS exprimée en grammes de bleu pour 100 gr de matériau sec (matériau D max ≥ 5mm)	**VBS = B/M_0 x C^*** = 0.31

*C : étant la proportion 0/5 mm de la fraction 0/50mm du matériau sec.

Chef de Département Laboratoire :
S.ZEGGAGH

ESSAI PROCTOR
Selon la norme NF P 94-093

Essai: – ***Modifié*** – ***Normale X:***

Client : SETIRAIL **Provenance :** Saida- El Bayad **Projet :** Campagne Géotechnique Ligne Electrifiée entre Saida et El Bayadh	**N° échantillon :** 892 **Profondeur :** 1.0 à 3.5 m **Puits n° :** PU-31-SB	**Date de prélèvement :** **Date de l'essai :** 25/08/2015 **Nom opérateur :** Dj Boulmaâli

Densité apparente sèche :

Echantillon n° :					
Eau ajoutée (%)		**6 %**	**8 %**	**10 %**	**12 %**
Poids total humide (Pth)		**14548**	**14662**	**14749**	**14854**
Poids moule vide (PM)		**10924**	**10924**	**10924**	**10955**
Poids sol humide (Ph)		**3624**	**3738**	**3825**	**3899**
Poids sol sec [Ps = Ph/(1-w)]		**3425**	**3474**	**3480**	**3479**
Volume du moule (V)		**2104**	**2104**	**2104**	**2104**
Masse volumique sec (γd = Ms/V)		**1.63**	**1.65**	**1.65**	**1.65**

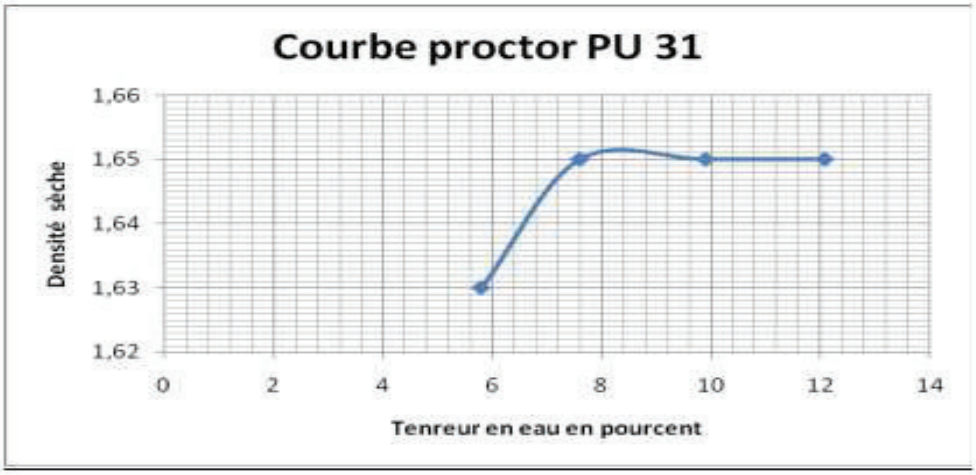
Teneur en eau

Numéro de la tare										
Poids total humide (Pth)			554	551	666	701	951	1000	998	925
Poids total sec (Pts)			537	532	646	678	916	961	948	882
Poids de la tare (Po)			223	224	372	384	566	564	531	528
Poids de l'eau [Pw = Pth - Pts)			17	19	20	23	35	39	50	43
Poids du sol sec (Ps = Pts – Po)			314	308	274	294	350	397	417	354
Teneur en eau (%) (w = Pw/Ps)			5.41	6.17	7.3	7.8	10	9.8	12.0	12.1
Moyenne (%) :			5.8 %		7.6 %		9.9 %		12.0 %	

– Densité sèche maximale : 1.65 – Teneur en eau optimal : 10 %

Chef de Département Laboratoire :
S.ZEGGAGH

REPRESENTATION GRAPHIQUE



Résultats de l'essai

$W_{OPM} = 10\ \%$	$\rho d = 1.65$
Essai effectué sur les éléments :	5 mm 20 mm
Refus à 20 mm : m = ... %	
Correction en fonction de la granulométrie	
$\omega' = \omega_{omp} \times \left(1 - \frac{m}{100}\right)$ $\omega' =$	$\rho'_d = \frac{\rho_d}{1 + \frac{m}{100} \times \left(\frac{\rho_d}{\rho_s - 1}\right)}$ $\rho'_d =$ .....

Avec :

W' : teneur en eau Proctor du matériau 0/D, en pourcentage,
W : teneur en eau Proctor du matériau déterminée sur la fraction 0/20, en pourcent,
m : proportion de la fraction 0/20 dans le matériau, en pourcent,
ρ'_d : masse volumique sèche Proctor du matériau 0/D, en tonnes par mètre cube,
ρ_d : masse volumique sèche déterminée sur la fraction 0/20, en tonnes par mètre cube.
ρ_s : masse volumique sèche des particules élémentaires du sol, en tonnes par mètre cube,

ESSAI C.B.R
Selon la norme NF P 94-078

Projet : Campagne Géotechnique Ligne Electrifiée entre Saida et El Bayadh	**N° échantillon** : PU-31-SB **Profondeur** : 01.00-03.50m **Date d'essai** : 22/08/2015	**Intensité de compactage** : 10 c/c **Nom opérateur** : Djamel B **Indice Portant** : ** **CBR immergé à 4 jours** : 6

I- Etat initial de l'échantillon étudié

	1	2
N° de la tare :		
P. total humide :	547	483
P. total sec :	521	461
P. de la tare :	228	224
P. de l'eau :	26	22
P. du sol sec :	293	237
Teneur en eau :	8.9 %	9.3 %

Moyenne : 9.1 %

DENSITE SECHE :

P. total humide :	14371
P. du moule	10877
P. du sol humide :	3494
Teneur en eau (%) :	9.1
P. sec calculé :	3203
Volume du moule :	2104

Densité sèche ρs : 1.52

II- Etat final de l'échantillon après imbibition

TENEUR EN EAU APRES IMBIBITION (%) :

	1	2
N° de la tare : ……		
P. total humide : ….	993	
P. total sec : ……...	922	
P. de la tare : ……	566	
P. de l'eau : ……	71	
P. du sol sec : ……	356	
Teneur en eau :	19.94	

Moyenne : 19.94 %

POIDS APPROXIMATIF DU SOL IMBIBE :

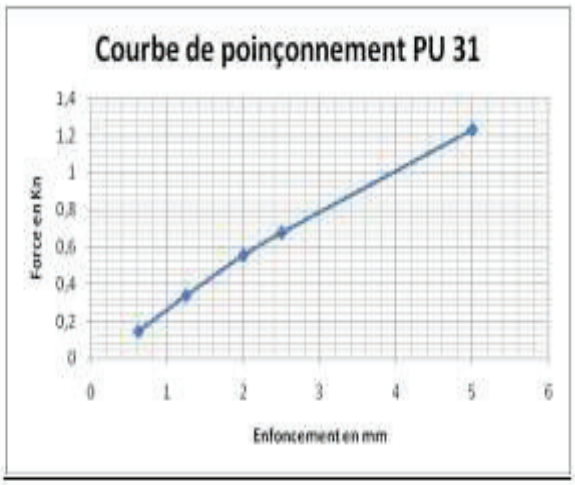
P. total humide après imbibition :	14772
P. total avant imbibition :	14371
P. de l'eau absorbée :	401
Différence de teneur en eau :	11
P. app. de sol imbibé :	3895
Profondeur conventionnelle d'imbibition :	

	Temps	1er jour	2ème jour	3ème jour	4ème jour	Gonflement relatif
Gonflement :	Lecture du comparateur en 1/100 mm	- 0.9	- 0.9	- 0.9	- 0.9	- 0.8
	Valeur du gonflement					

Date de Poinçonnement : 26/08/2015

Lecture Initiale du cadran de la presse :

Temps	Enfon-cement	Force totale		Pression en KG/cm²
		Lecture	Valeur	
30''	0,625	6	0,1449	
1'	1,25	14	0.3381	
1'40''	2	23	0.5555	
2'	**2.5**	28	0.6763	
4'	**5**	51	1.2318	



CALCUL DE L'INDICE PORTANT

à 2,5 mm : $\frac{F(2,5)}{13.35} \times 100 = 5$

à 5 mm : $\frac{F(5)}{19,93} \times 100 = 6$ D'où ICBR=6

Chef de Département Laboratoire :
S.ZEGGAGH

ESSAI C.B.R
Selon la norme NF P 94-078

Projet : Campagne Géotechnique Ligne Electrifiée entre Saida et El Bayadh	**N° échantillon** : PU-31-SB **Profondeur** : 01.00-03.50m **Date d'essai** : 22/08/2015	**Intensité de compactage** : 25 c/c **Nom opérateur** : Djamel B **Indice Portant** : ** **CBR immergé à 4 jours** :15

I- Etat initial de l'échantillon étudié

N° de la tare :	1	2
P. total humide :	540	462
P. total sec :	513	442
P. de la tare :	223	225
P. de l'eau :	27	20
P. du sol sec :	290	217
Teneur en eau :	9.31	9.22

Moyenne : 9.3 %

DENSITE SECHE :

P. total humide :	14619
P. du moule	10952
P. du sol humide :	3667
Teneur en eau (%) :	9.3
P. sec calculé :	3355
Volume du moule :	2104

Densité sèche ρs : 1.59

II- Etat final de l'échantillon après imbibition

TENEUR EN EAU APRES IMBIBITION (%) :

N° de la tare :	1	2
P. total humide :	737	
P. total sec :	669	
P. de la tare :	291	
P. de l'eau :	68	
P. du sol sec :	378	
Teneur en eau :	18	

Moyenne :

POIDS APPROXIMATIF DU SOL IMBIBE :

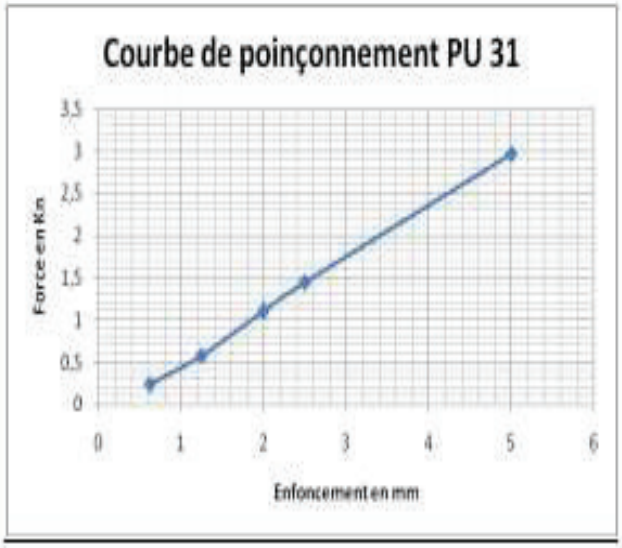
P. total humide après imbibition :	14963
P. total avant imbibition :	14619
P. de l'eau absorbée :	344
Différence de teneur en eau :	9
P. app. de sol imbibé :	4011
Profondeur conventionnelle d'imbibition :	

	Temps	1er jour	2ème jour	3ème jour	4ème jour	Gonflement relatif
Gonflement :	Lecture du comparateur en 1/100 mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Valeur du gonflement					

Date de Poinçonnement : 26/08/2015

Lecture Initiale du cadran de la presse :

Temps	Enfon-cement	Force totale		Pression en KG/cm²
		Lecture	Valeur	
30''	0,625	10	0.2415	
1'	1,25	24	0.5797	
1'40''	2	46	1.1111	
2'	**2,5**	60	1.4492	
4'	**5**	123	2.9710	



CALCUL DE L'INDICE PORTANT

à 2,5 mm : $\frac{F(2.5)}{13.35} \times 100 = 11$

à 5 mm : $\frac{F(5)}{19.93} \times 100 = 15$ D'où ICBR= 15

Chef de Département Laboratoire :
S.ZEGGAGH

ESSAI C.B.R
Selon la norme NF P 94-078

Projet : Campagne Géotechnique Ligne Electrifiée entre Saida et El Bayadh	**N° échantillon** : PU-31-SB **Profondeur** : 01.00-03.50m **Date d'essai** : 22/08/2015	**Intensité de compactage** : 56 c/c **Nom opérateur** : Djamel B **Indice Portant** : ** **CBR immergé à 4 jours** : 22

I- Etat initial de l'échantillon étudié

N° de la tare :	1	2
P. total humide :	515	483
P. total sec :	492	460
P. de la tare :	222	229
P. de l'eau :	23	23
P. du sol sec :	270	231
Teneur en eau :	9.52	9.96

Moyenne : 9.74 %

DENSITE SECHE :

P. total humide :	14798
P. du moule	10899
P. du sol humide :	3817
Teneur en eau (%) :	9.74
P. sec calculé :	34
Volume du moule :	2104

Densité sèche ρs : 1.65

II- Etat final de l'échantillon après imbibition

TENEUR EN EAU APRES IMBIBITION (%) :

N° de la tare :	1	2
P. total humide :	817	
P. total sec :	749	
P. de la tare :	368	
P. de l'eau :	98	
P. du sol sec :	381	
Teneur en eau :	25.72	

Moyenne :

POIDS APPROXIMATIF DU SOL IMBIBE :

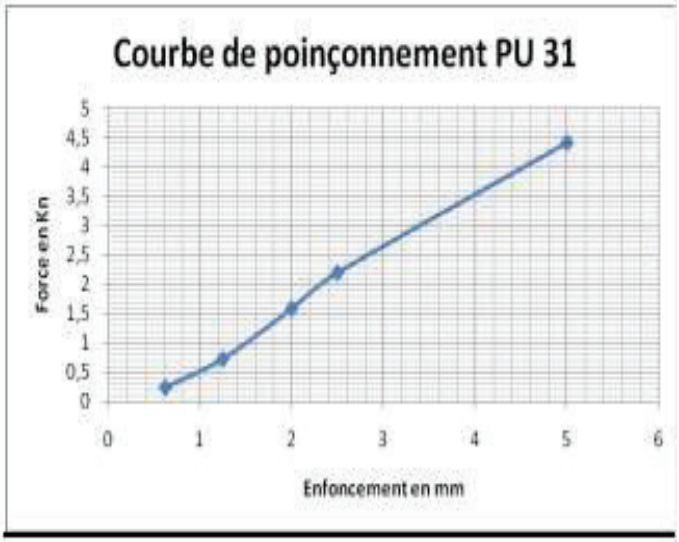
P. total humide après imbibition :	14973
P. total avant imbibition :	14798
P. de l'eau absorbée :	175
Différence de teneur en eau :	16
P. app. de sol imbibé :	4074
Profondeur conventionnelle d'imbibition :	

	Temps	1er jour	2ème jour	3ème jour	4ème jour	Gonflement relatif
Gonflement :	Lecture du comparateur en 1/100 mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Valeur du gonflement					

Date de Poinçonnement : 26/08/2015

Lecture Initiale du cadran de la presse :

Temps	Enfon-cement	Force totale		Pression en KG/cm²
		Lecture	Valeur	
30''	0,625	10	0.2415	
1'	1,25	30	0.7246	
1'40''	2	64	1.5458	
2'	**2.5**	91	2.1980	
4'	**5**	183	4.4202	



CALCUL DE L'INDICE PORTANT

à 2,5 mm : $\frac{F(2,5)}{13.35} \times 100 = 16.46$

à 5 mm : $\frac{F(5)}{19.93} \times 100 = 22.18$ D'où ICBR= 22.18

Chef de Département Laboratoire :
S.ZEGGAGH

Résultats d'essai pressionmétrique Ménard

SP-11-SB

RAPPORT DE SONDAGE

Essai Pressiométrique Menard

NF P 94-110-1

Projet : Campagne Géotechnique Ligne Electrifiée entre Saida et El Bayadh

N°Dossier : GLX-15-014

Lieu : Saida- El Bayadh

Client : SETIRAIL

Sondage N° : SP17 Appareil:

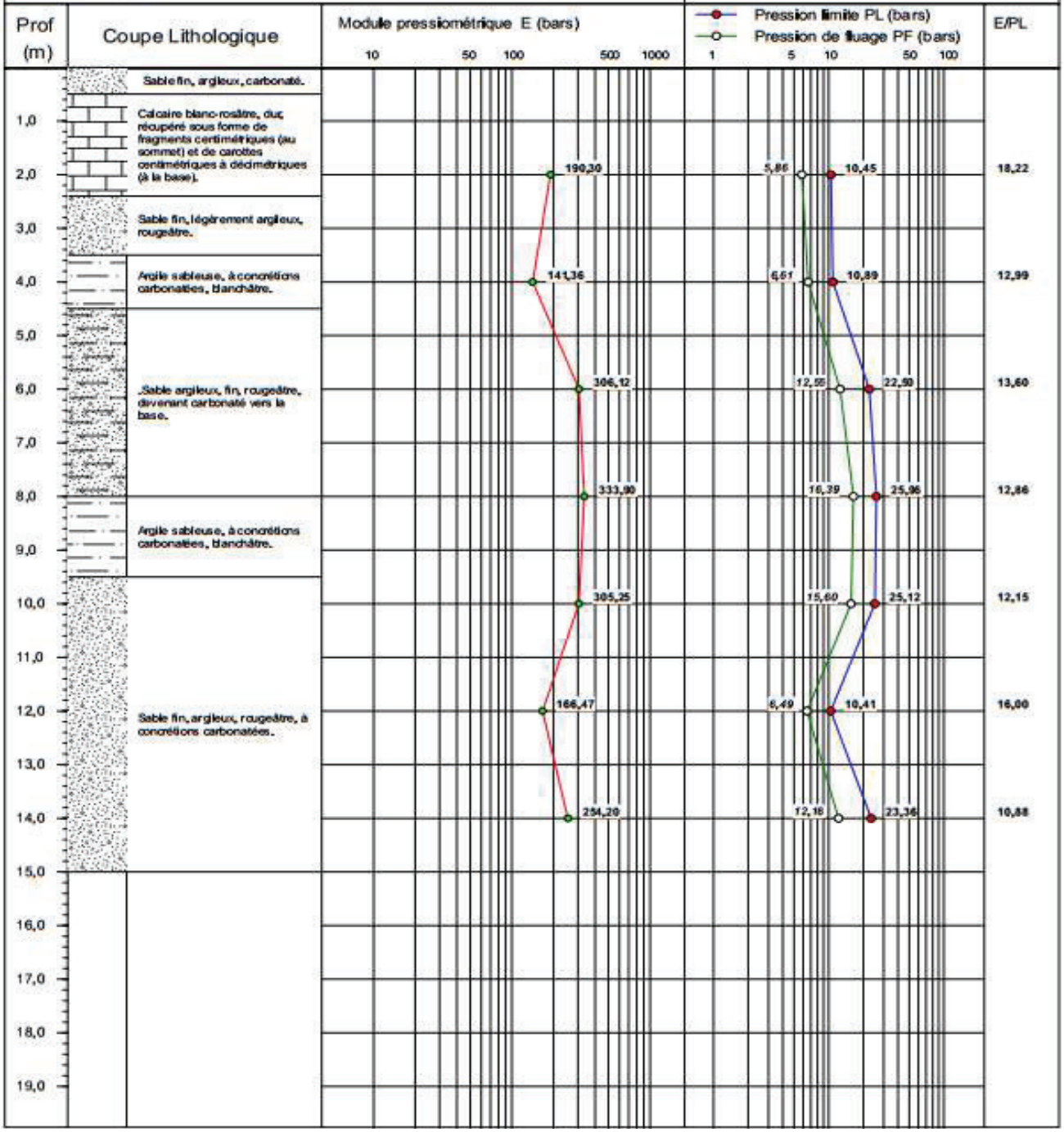
Date essai : 10/07/2015

Profondeur nappe / TN (m) :

Coordonnées GPS :

X : 229 627 Z :

Y : 3 769 179



RAPPORT D'ESSAI

Essai Pressiométrique Menard

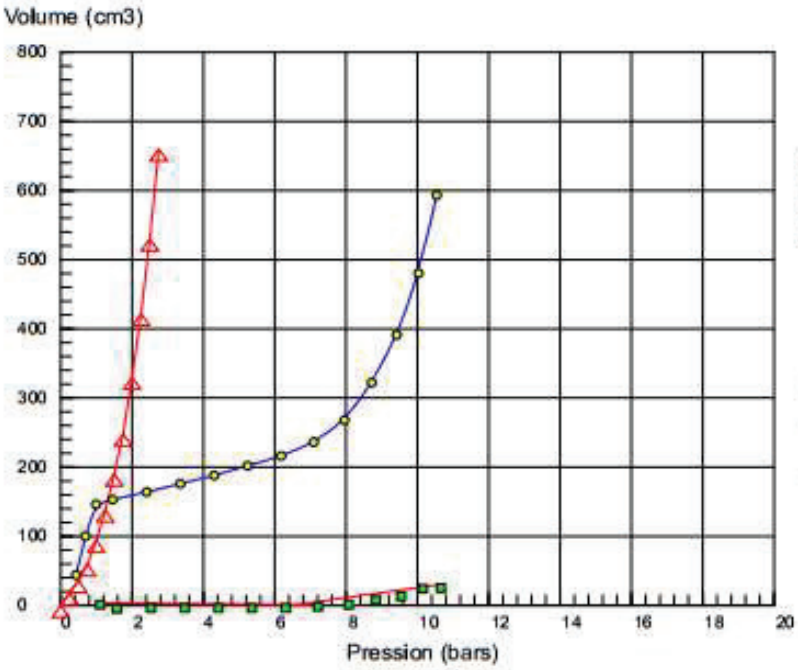
NF P 94-110-1

Client : SETIRAIL
Projet : Campagne Géotechnique Ligne Electrifiée entre Saida et El Bayadh
Endroit : Saida- El Bayadh

N° Projet : GLX-15-014
Réf. Client :
N° rapport :

Sondage n° : SP17
Profondeur Essai : 4 m
Coordonnées GPS :
X : 229 627 Z :
Y : 3 769 179

Date essai : 04/07/2015
Volume de la sonde <Vs> (cm3) : 535
Hauteur CPV/Terrain naturel (m) : 1,1
Profondeur nappe / TN (m) :



Courbe Pressiométrique

Module pressiométrique : E = 141,36 bars
Pression limite : PL = 10,89 bars
Pression de fluage : Pf = 6,61 bars

: Courbe d'étalonnage.
: Courbe corrigée.
: Courbe de fluage.

Pr. brute (bars)	Vol à 30s (cm3)	Vol à 60s (cm3)	Pr. corrigée (bars)
0,50	37	44	0,43
1,00	92	100	0,69
1,50	139	146	0,99
2,00	152	153	1,46
3,00	162	164	2,41
4,00	174	176	3,36
5,00	186	188	4,31
6,00	200	202	5,24
7,00	214	216	6,18
8,00	232	236	7,10
9,00	261	268	7,96
10,00	308	322	8,72
11,00	372	391	9,42

Pr. brute (bars)	Vol à 30s (cm3)	Vol à 60s (cm3)	Pr. corrigée (bars)
12,00	450	480	10,03
13,00	562	593	10,54

Remarque :

RAPPORT D'ESSAI

Essai Pressiométrique Menard

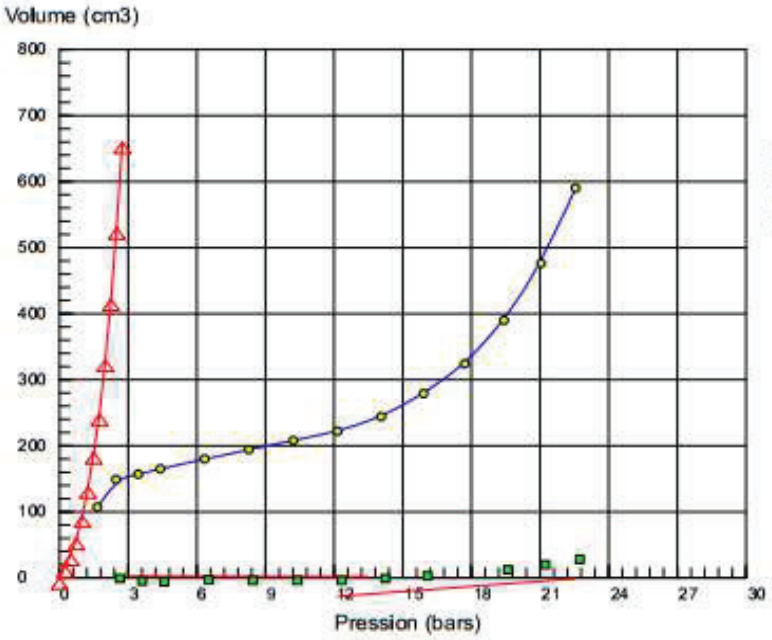
NF P 94-110-1

Client : SETIRAIL
Projet : Campagne Géotechnique Ligne Electrifiée entre Saida et El Bayadh
Endroit : Saida- El Bayadh

N° Projet : GLX-15-014
Réf. Client :
N° rapport :

Sondage n° : SP17
Profondeur Essai : 14 m
Coordonnées GPS :
X : 229 627 Z :
Y : 3 769 179

Date essai : 04/07/2015
Volume de la sonde <Vs> (cm3) : 535
Hauteur CPV/Terrain naturel (m) : 1,1
Profondeur nappe / TN (m) :



Courbe Pressiométrique

Module pressiométrique : E = 254,20 bars
Pression limite : PL = 23,36 bars
Pression de fluage : Pf = 12,16 bars

: Courbe d'étalonnage.
: Courbe corrigée.
: Courbe de fluage.

Pr. brute (bars)	Vol à 30s (cm3)	Vol à 60s (cm3)	Pr. corrigée (bars)
1,00	89	107	1,66
2,00	144	149	2,48
3,00	156	157	3,44
4,00	165	165	4,41
6,00	177	180	6,34
8,00	192	194	8,28
10,00	206	208	10,22
12,00	220	222	12,16
14,00	239	244	14,06
16,00	270	279	15,91
18,00	517	324	17,71
20,00	372	390	19,43
22,00	450	476	21,05

Pr. brute (bars)	Vol à 30s (cm3)	Vol à 60s (cm3)	Pr. corrigée (bars)
24,00	556	590	22,56

Remarque :

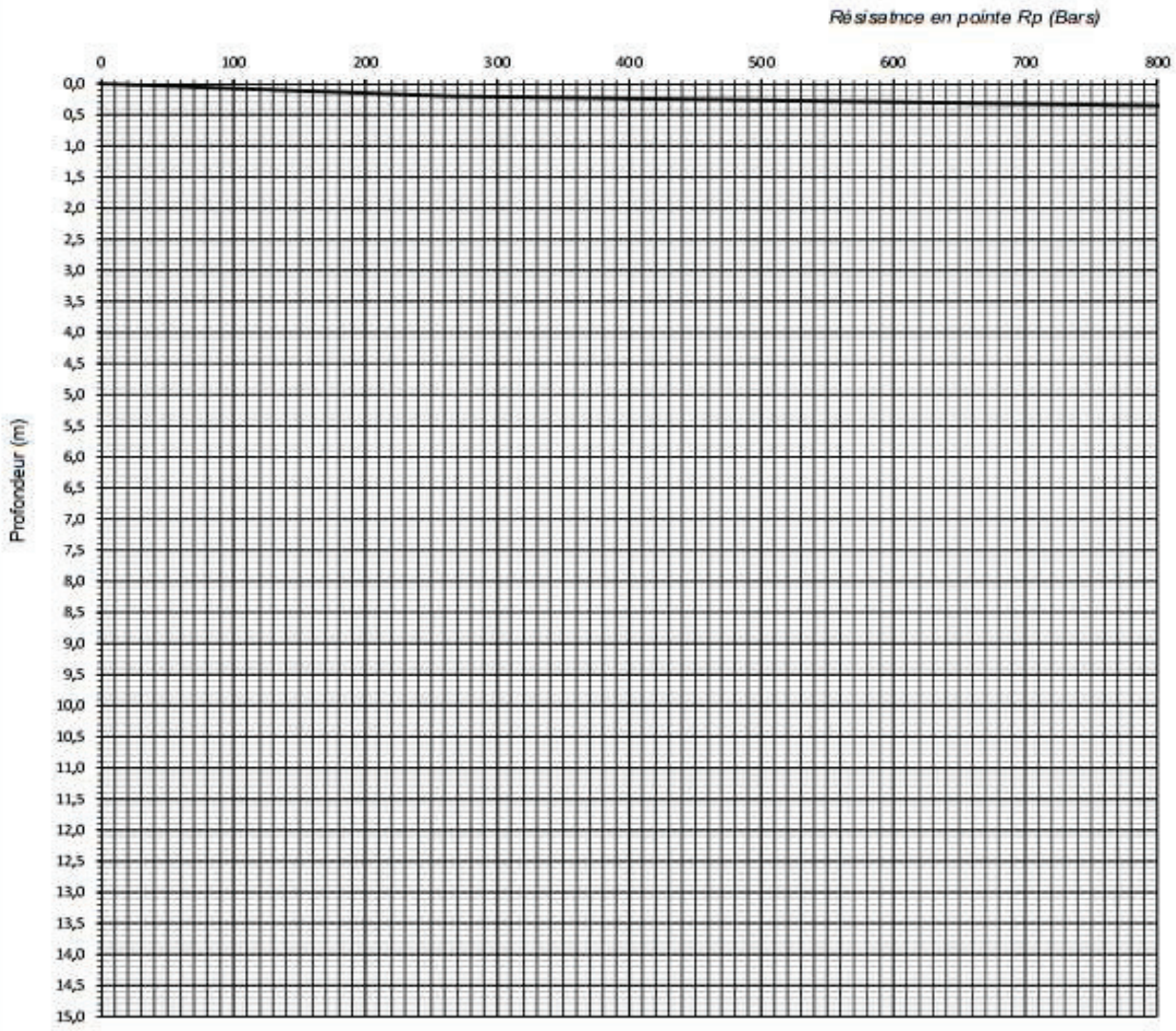
Résultats d'essai au pénétromètre dynamique lourd

PDL-17-SB

ITAMAC	**ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD** ***Selon la norme NF P 94-115***	Ref : **GLX-15-014**

Date d'essai : *14/06/2015*	**Réf. point :** *PDL-17*		**REFERENCES MATERIEL**
Client : *SETIRAIL*	**Profondeur refus :** *0,4 m*		**Poids du mouton :** *63 Kg.* **Hauteur de chute :** *75 Cm.* **Section de la pointe :** *19,63 cm².* **Longueur de la tige :** *1 m.*
Lieu : *SAIDA-EL BAYADH*	**Opérateur :** *Amara*		
Projet : *Etude APD et DCE la nouvelle ligne électrifiée entre SAIDA/EL BAYADH*	**Coordonnées :**	*- X = 230 553* *- Y = 3 803 226*	

ESSAI AU PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD



L'ingénieur géologue
T.MARMOUZ

ANNEXE G :LES TERRASEMENT

Utilisation des matériaux en remblai et en couche de forme.

En remblai

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
A_1s	Ces sols sont difficiles à compacter. Il faut au moins éviter de réduire encore leur teneur en eau et pour des remblais de grande hauteur un changement de leur état hydrique est nécessaire.	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	E : extraction en couches R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1 0 0 0 1 2 2
		=	ni pluie ni évaporation importante	**Solution 1 : humidification dans la masse** W : humidification pour changement d'état R : régalage en couches minces C : compactage moyen	0 0 4 0 1 2 0
				Solution 2 : emploi en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 0 0 0 1 2
		-	évaporation importante	**Solution 1 : arrosage superficiel** W : arrosage superficiel pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de faible hauteur (≤ 5 m)	0 0 3 0 0 1 1
				Solution 2 : extraction avec arrosage superficiel E : extraction frontale W : arrosage superficiel C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	2 0 3 0 0 1 2
				Solution 3 : humidification dans la masse W : humidification pour changement d'état R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 4 0 1 1 2
A_1ts	**Sols normalement inutilisables en l'état** Leur humidification pour les ramener dans l'état s voire m peut être envisagée sous réserve d'une étude spécifique				NON
A_2th	**Sols normalement inutilisables en l'état**				NON
A_2h	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible. La mise en dépôt provisoire et le drainage préalable ne sont habituellement pas des solutions envisageables dans le climat français moyen. Le matelassage est à éviter au niveau de l'arase-terrassement.	+	pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		=	ni pluie, ni évaporation importante	**Solution 1 : traitement** T : traitement à la chaux C : compactage faible	0 0 0 2 0 2 0
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage faible H : remblai de faible hauteur (≤ 5 m)	0 0 0 0 0 3 1
		-	évaporation importante	**Solution 1 : aération** E : extraction en couches W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1 0 1 0 1 2 2
				Solution 2 : traitement T : traitement à la chaux C : compactage moyen	0 0 0 2 0 2 0

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
B_2m	Ces sols sont très sensibles à la situation météorologique	+	pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		=	ni pluie, ni évaporation importante	C : compactage moyen	0 0 0 0 0 2 0
		–	évaporation importante	**Solution 1 : utilisation en l'état** C : compactage intense	0 0 0 0 0 1 0
				Solution 2 : arrosage W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage moyen	0 0 3 0 0 2 0
B_2s	Pour ces sols, il faut compenser l'insuffisance de la teneur en eau par un compactage intense, un arrosage ou une humidification. L'humidification dans la masse pour changer l'état est relativement facile à réaliser	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	E : extraction en couche R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1 0 0 0 1 1 2
		=	ni pluie, ni évaporation importante	**Solution 1 : utilisation en l'état** C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 0 0 0 1 2
				Solution 2 : humidification W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage moyen	0 0 4 0 1 2 0
		–	évaporation importante	**Solution 1 : arrosage** W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 3 0 0 1 2
				Solution 2 : humidification W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage moyen	0 0 4 0 1 2 0
B_2ts	**Sols normalement inutilisables en l'état** Mais dans certains cas leur humidification peut être envisagée pour les amener à l'état "s" ou "m"				NON

Sol	Observations générales	Situation météorologique		Conditions d'utilisation en remblai	Code E G W T R C H
B_5e	Pour ces sols, il faut compenser l'insuffisance de la teneur en eau par un compactage intense, un arrosage, ou une humidification avec un malaxage soigné et une quantité d'eau importante	++	pluie forte	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON
		+	pluie faible	E : extraction en couches R : couches minces C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	1 0 0 0 1 1 2
		=	ni pluie, ni évaporation importante	**Solution 1 : humidification** W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage moyen	0 0 4 0 1 2 0
				Solution 2 : utilisation en l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	0 0 0 0 0 1 2
		–	évaporation importante	**Solution 1 : arrosage** W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur faible (≤ 5 m)	0 0 3 0 0 1 1
				Solution 2 : extraction frontale - arrosage E : extraction frontale W : arrosage pour maintien de l'état C : compactage intense H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)	2 0 3 0 0 1 2
				Solution 3 : humidification W : humidification pour changer d'état R : couches minces C : compactage intense	0 0 4 0 1 1 0
B_5ts	**Sols normalement inutilisables en l'état** Leur humidification pour changer d'état doit être décidée à l'appui d'une étude spécifique				NON

ANNEXE E : HYDROLOGIE ET ASSAINISSEMENT

Application au projet :

Calcul des caractéristiques géomorphologiques des bassins versant :

Prenant comme exemple le bassin versants N°1

Tableau E.1 : les caractéristiques morphologiques des bassins versants

N°BV	PK	S (Km2)	P (Km)	LW (Km)	H_{max}(m)	H_{min}(m)
BV1	**97+528**	**0.250**	**2.270**	**0.195**	1032	1030

Calcul de l'indice de compacité :

$$\mathbf{Kc}=\frac{\mathbf{P}}{2\sqrt{\mathbf{s\pi}}}=\mathbf{0.28}.\frac{\mathbf{P}}{\sqrt{\mathbf{S}}}=\mathbf{0.28}\frac{\mathbf{2.27}}{\sqrt{\mathbf{0.25}}}=\mathbf{1.27}$$

Calcul de la longueur du rectangle équivalent :

$$\mathbf{L_{éq}}=\frac{\mathbf{Kc}\sqrt{\mathbf{S}}}{\mathbf{1.12}}\left(1+\sqrt{\mathbf{1}-\left(\frac{\mathbf{1.12}}{\mathbf{Kc}}\right)^2}\right)=\frac{1.27\sqrt{0.25}}{1.12}\left(1+\sqrt{1-\left(\frac{1.12}{1.27}\right)^2}\right)=0.84\text{ km}$$

Calcul de l'altitude moyenne du bassin versant :

$$\mathbf{H_{moy}}=\frac{\mathbf{Hmin+Hmax}}{\mathbf{2}}=\frac{1032+1030}{2}=1031\text{ m}$$

Calcul de l'indice de pente moyenne :

$$\mathbf{I_P}=\frac{\mathbf{\Delta H}}{\mathbf{Lw\ x\ 1000}}=\frac{2}{0.84\text{x }1000}=0.0020\text{ m/m}$$

$$\textbf{Avec : }\mathbf{\Delta H = Hmax - Hmin} = 1032 - 1030 = 2\text{ m}$$

Calcul de temps de concentration :

Nous avons la surface du bassin versant S < 25 km2, alors :

$$\mathbf{Tc=0.127}\sqrt{\frac{\mathbf{S}}{\mathbf{Ip}}}=0.127\sqrt{\frac{0.25}{0.002}}=1.30\text{ h}$$

Données hydrologiques (recueillies) :

Tableau E.2 : les pluies mensuelles et journalières maximales pour les stations pluviométriques

Code station	Nom station	X (Lambert)	Y (Lambert)	Z
080501	MARHOUM	234	132	1115
080502	-	-	-	-
081202	EL BAYADH	344.8	343.8	1310
081502	BOUGTOUB	259.1	384.9	1018
111103	AIN EL HADJAR	266.5	165.2	1025
111120	FERME DU SYNDICAT	263.7	165.5	1000
081401	MECHERIA	223.76	326.5	1167

Pluies annuelles :

Code station : 111120
Nom station : FERME DU SYNDICAT
X : 263.7
Y : 165.5
Z : 1000

Année	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	P, annuel
1974	0	41,1	40,6	0	30,9	61,5	133	93,2	41,1	21,8	0	4,2	467,4
1975	12,1	5,9	76,7	17,2	10,4	139,6	36,9	51,6	60,4	26,5	19,9	11,3	468,5
1976	66,1	80	31,1	68,6	100,4	8,7	21,3	21,6	63,3	27,3	9,3	2	499,7
1977	2,8	44,2	91,3	25,6	58	18,3	25,8	35,3	15	0	0	2,4	318,7
1978	0	53,4	25,7	10,2	23,2	85,6	38,3	54,9	9,2	31,7	0	3	335,2
1979	13,3	88,4	39,5	71,9	40,9	13,1	0	26,7	0	1,5	0	0	295,3
1980	48,4	11,5	50,4	63,8	13	48,6	54,3	55	18,9	11,5	0	8	383,4
1981	5,5	18,6	0	19	41,8	33,9	22	140,8	47,4	12,5	19,8	0	361,3
1982	17,3	68	60,2	0	0	20,2	19,6	6,2	9,5	3,5	0	0	204,5
1983	0	0,9	11,4	26,7	48,6	18,9	25,5	24,3	66,3	16	0	0	238,6
1984	6,5	10	0	53	51	10	30	8,5	45,2	2	0	2,5	218,7
1985	8,5	9,3	41,8	40,1	51,5	48	56,1	20,8	31,5	30,5	14,1	0	352,2
1986	25,7	35,4	15,3	25,9	23,6	51,4	6,3	0,1	0	0,1	2,1	0,5	186,4
1987	28,9	16	35	19	67,9	18,3	12,4	17,5	16	5	8,7	1,5	246,2
1988	23,5	23,7	49,6	13,1	11,2	19,7	0	0	0	30,7	36,2	58,5	266,2
1989	13,5	18,3	14,6	24,6	85,9	0	5,5	23,8	36,3	8	3	6,5	240
1990	18,9	6	36,9	68,1	36	27,5	195,9	5,8	27,6	0	0	0	422,7
1991	9	72,3	18,8	34	15,9	17,2	99,5	64,3	0	0	0	0	331
1992	0	13,5	24,8	31,3	0	61	33,2	38,1	25,7	0	0	23,4	251

1993	25,8	16,4	19,7	34,1	69,9	44,9	5,4	11,9	3,6	0	0	0	231,7
1994	42,5	23	26,9	7,2	38,7	29,6	112,4	28,7	5	31,7	0	0	345,7
1995	27,1	35,8	16	67,5	83,1	88	93	80,3	49,8	0	23,5	0	564,1
1996	14,4	15	8,3	0	57,6	4,2	1,9	0	13,7	0,3	3,2	78,1	196,7
1997	57,4	0	74,1	46,7	8,4	28,2	10,3	26,3	52,7	3	0	7,5	314,6
1999	0	0	0	0	0	0	4,7	11,5	34,7	2,3	0	0	53,2
2000	13,3	50,1	61,4	32,9	59,8	62,3	6,5	25,9	15,7	0,6	1,2	0,8	330,5
2001	46,6	34,2	81,8	12,5	1,2	11,4	26,8	55,1	62,6	0,6	0	21,1	353,9
2002	3,1	8,6	81,3	19,2	131,9	61,2	17,1	42	29,4	47,9	7,5	44	493,2
2003	7,5	66,1	57,9	64,4	44,1	36,3	16	23	132,1	19,1	4,8	27,5	498,8
2004	33,7	37,7	60,6	26,5	2,1	41,6	33	9,9	0	10,5	3,3	0	258,9
2005	48,1	46,2	77,6	24,8	142,6	0	0	0	0	0	0	0	339,3
2006	0	0	0	0	0	46,4	83,7	55	2	0,6	5,8	1	194,5
2007	40,5	146,3	16,8	18,5	18,9	7,6	25,3	19,1	68,1	11,3	28,6	7,1	408,1
2008	74,4	134,1	65,4	91,7	112,3	23,8	51,8	71,1	16,7	1,4	5,2	2,2	650,1
2009	67,8	0,7	40,8	35,3	79,5	106,7	43,3	42,2	47,4	4,4	1,7	45,2	515
2010	2,6	40,1	28,9	30,7	26,1	20,9	31,1	83,6	61,9	52,4	7,2	4,8	390,3

Précipitations Journalières :

Le tableau suivant nous donne les pluies Journalières maximales (qui correspondent aux stations pluviométriques dont les N° de code vont du (080501 ; 080502 ; 081202 ; 081502 ; 111103 ; 111120) pour des fréquences allant de 0.9 à 0.99 (qui correspondent aux périodes de retour de 10 à 100 ans). Les valeurs d'U.Gumbel (variables réduites de Gumbel) varient de 2,3 à 4,6.

Tableau E.3 : Pluies Max journalières en mm

Fréquence	0.9	0.95	0.98	0.99
U.Gumbel	2,3	3,0	3,9	4,6
080501	45.3	52.9	62.8	70.2
080502	57.8	68.7	82.9	93.5
081202	46.7	54.3	64.1	71.5
081502	40.7	47.5	56.4	63.1
111103	58.6	68.5	81.4	91.1
111120	52.1	60.1	70.5	78.3

Tableau E.4 : Valeurs des intensités obtenues en mm/h (Station 111120).

I(t,T)	2ans	5ans	10ans	20ans	50ans	100ans
1	14.1	20.9	25.4	29.8	35.4	39.6
2	8.5	12.7	15.4	18.1	21.5	24.1
3	6.4	9.5	11.5	13.5	16.1	18.0
6	3.9	5.8	7.0	8.2	9.7	10.9
12	2.4	3.5	4.3	5.0	5.9	6.6
24	1.4	2.1	2.6	3.0	3.6	4.0

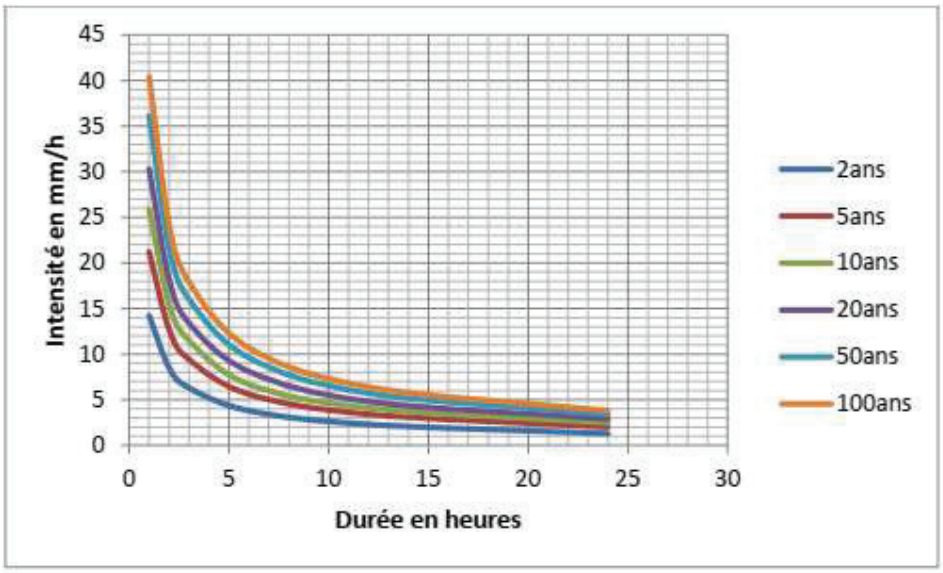


Figure E.1 : *Courbe Intensité-Durée-Fréquence (Station 111120).*

Tableau E.5 : débits max journaliers de différentes fréquences m3/s calculés par « Formule de SOGREAH-ARNH (1989) » pour les BVN < à 10 Km²

N° BV	PK	S($m^{2)}$	Q(10)	Q(50)	Q(100)
BV1	97+528	0.25	0.45	0.79	0.94
BV2	101+057	7.08	12.68	22.28	26.38

Tableau E.6: débits max journaliers de différentes fréquences m3/s calculés par « **Formule de TURAZA»** pour les BVN < à 10 Km².

N° BV	PK	S($m^{2)}$	Q(10)	Q(50)	Q(100)
BV1	**97+528**	**0.25**	**0.24**	**0.36**	**0.44**
BV2	101+057	7.08	0.45	0.70	0.84

ANNEXE F : PROFIL EN TRAVERS ET CUBATURE :

Calcul des cubatures

Déblais et Remblais : exemple de calcul des cubatures sur 2 km

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol, déblai Cum, (m3)	Vol, remblai Cum, (m3)
94+000,000	12,53	0	0	0	0	0
94+025,000	4,1	207,87	0	0,09	207,87	0,09
94+050,000	2,94	87,91	0	0,13	295,78	0,22
94+075,000	5,57	106,31	0	0,04	402,09	0,26
94+100,000	8,33	173,74	0	0	575,83	0,26
94+125,000	8,93	215,72	0	0	791,56	0,26
94+150,000	5,9	185,36	0	0	976,92	0,26
94+175,000	4,71	132,6	0	0	1109,51	0,26
94+200,000	4,77	118,5	0	0	1228,01	0,26
94+225,000	2,08	85,7	0,16	2,02	1313,71	2,28
94+250,000	2,44	56,47	0,05	2,65	1370,18	4,93
94+275,000	6,79	115,3	0	0,63	1485,48	5,57
94+300,000	7,55	179,25	0	0	1664,73	5,57
94+325,000	5,37	161,57	0	0,05	1826,29	5,61
94+350,000	3,37	109,26	0	0,05	1935,56	5,66
94+375,000	3,47	85,49	0	0	2021,05	5,66
94+400,000	1,35	60,31	0,59	7,37	2081,36	13,03
94+425,000	0,54	23,71	2,12	33,92	2105,08	46,95
94+450,000	0	6,81	3,97	76,13	2111,88	123,08

94+475,000	0	0	5,23	114,97	2111,88	238,05
94+500,000	0	0	3,85	113,58	2111,88	351,63
94+525,000	0	0	5,07	111,55	2111,88	463,17
94+550,000	0	0,01	4,87	124,22	2111,9	587,39
94+575,000	0	0,01	6,81	145,96	2111,91	733,35
94+600,000	0	0	8,07	185,96	2111,91	919,31
94+625,000	0	0	6,9	187,11	2111,91	1106,42
94+650,000	0	0	6,43	166,56	2111,91	1272,98
94+675,000	0	0	6,21	157,99	2111,92	1430,97
94+700,000	0	0	4,55	134,6	2111,92	1565,57
94+725,000	0,04	0,5	3,15	96,29	2112,41	1661,86
94+750,000	1,24	16,05	0,95	51,22	2128,47	1713,07
94+775,000	1,68	36,62	0,48	17,86	2165,09	1730,93
94+800,000	2,99	58,49	0,05	6,66	2223,57	1737,59
94+825,000	4,76	96,88	0	0,65	2320,45	1738,25
94+850,000	6,33	138,53	0	0	2458,98	1738,25
94+875,000	7,67	174,99	0	0	2633,96	1738,25
94+900,000	9,86	219,19	0	0	2853,16	1738,25
94+925,000	14,11	299,64	0	0	3152,8	1738,25
94+950,000	16,36	380,89	0	0	3533,68	1738,25
94+975,000	13,8	377	0	0	3910,69	1738,25
95+000,000	7,73	269,05	0	0	4179,74	1738,25
95+025,000	7,39	188,92	0	0	4368,66	1738,26
95+050,000	9,73	213,9	0	0	4582,56	1738,26
95+075,000	13,63	291,98	0	0,06	4874,54	1738,33
95+100,000	23,26	461,19	0	0,06	5335,73	1738,39

95+125,000	27,59	635,66	0	0	5971,4	1738,4
95+150,000	32,5	751,14	0	0	6722,54	1738,41
95+175,000	33,97	830,9	0	0	7553,44	1738,41
95+200,000	37,22	889,9	0	0	8443,34	1738,41
95+225,000	43,96	1014,8	0	0	9458,13	1738,41
95+250,000	42,23	1077,42	0	0	10535,56	1738,42
95+275,000	40,09	1029,04	0	0	11564,6	1738,42
95+300,000	36,55	958,09	0	0	12522,69	1738,42
95+325,000	28,22	809,62	0	0	13332,31	1738,42
95+350,000	18,7	586,48	0	0,06	13918,79	1738,49
95+375,000	17,77	455,87	0	0,06	14374,66	1738,55
95+400,000	19,17	461,74	0	0	14836,4	1738,55
95+425,000	17,61	459,72	0	0	15296,12	1738,56
95+450,000	20,28	473,53	0	0	15769,65	1738,56
95+475,000	22,7	537,17	0	0	16306,82	1738,56
95+500,000	7,67	379,53	0	0	16686,34	1738,56
95+525,000	9	208,28	0	0	16894,63	1738,57
95+550,000	11,89	261,07	0	0	17155,7	1738,57
95+575,000	12,17	301,59	0	0	17457,28	1738,57
95+600,000	23,53	444,7	0	0	17901,99	1738,58
95+625,000	47,13	878,01	0	0	18779,99	1738,58
95+650,000	50,36	1212,92	0,04	0,5	19992,92	1739,08
95+675,000	53,64	1293,72	0	0,51	21286,63	1739,58
95+700,000	64,78	1473,22	0	0	22759,86	1739,59
95+725,000	67,68	1648,13	0	0,02	24407,99	1739,61
95+750,000	76,33	1791,98	0	0,02	26199,96	1739,63

95+775,000	85,39	2012,37	0	0	28212,33	1739,64
95+800,000	108	2406,89	0	0	30619,22	1739,65
95+825,000	132,12	2989,62	0	0	33608,84	1739,65
95+850,000	138,9	3374,72	0	0	36983,56	1739,65
95+875,000	131,28	3363,46	0	0	40347,03	1739,65
95+900,000	123,52	3171,82	0	0	43518,85	1739,65
95+925,000	120,19	3033,7	0	0	46552,54	1739,65
95+950,000	119,67	2985,53	0	0	49538,07	1739,66
95+975,000	118,02	2958,78	0	0	52496,86	1739,66
96+000,000	111,52	2857,68	0	0	55354,54	1739,66

ANNEXE J : TELECOMMUNICATAION ET SIGNALISATION ET ENERGIE

Fonction principale de GSM-R :

Les domaines choisis pour l'utilisation du *GSM-R* doivent satisfaire les mentions suivantes :

- ✓ Le système radiocommunication de train (Radio Sol Train : *RST*) doit connecter entre le conducteur du train et les opérateurs d'énergie électrique et de transport ;
- ✓ Le système de radio d'exploitation et de Maintenance (*REM*) est dédié aux équipes de maintenance, d'exploitation et de travaux ;
- ✓ Commande du train Le système de GSM-R doit connecter les éléments suivants :
  - Terminal fixe par câble et radio terminal fixe
  - Terminal fixe par câble et terminal portable sur sol
  - Terminal fixe par câble et terminal équipé dans le train (CAB).

Alimentation de la charge à basse tension :

L y a deux catégories d'alimentation à prévoir pour les installations de la gare et les équipements de signalisation et de télécommunication : alimentation électrique primaire (normale) et alimentation électrique secondaire (de secours). En cas de rupture de l'alimentation à basse tension, les équipements de signalisation, de télécommunication sont directement touchés. Il est nécessaire de prévoir une alimentation de secours pour une fourniture continue de qualité.

L'alimentation normale est fournie par **SONELGAZ** (en cas d'indisponibilité de celui-ci, par la caténaire), et l'alimentation de secours par la caténaire ou le générateur électrique. Le commutateur de transfert automatique doit être installé entre l'alimentation normale et celle de secours en cas de panne.

L'alimentation primaire prend le réseau de **SONELGAZ** ou la caténaire (en cas d'absence du réseau disponible de **SONELGAZ**) comme source de courant électrique après réduction de la tension électrique. Les éléments consommateurs sont représentés dans la **Figure J.1**

L'UPS peut prendre l'alimentation normale ou l'alimentation de secours comme sa source électrique pour l'utilisation des équipements représentés dans la **Figure J.1**

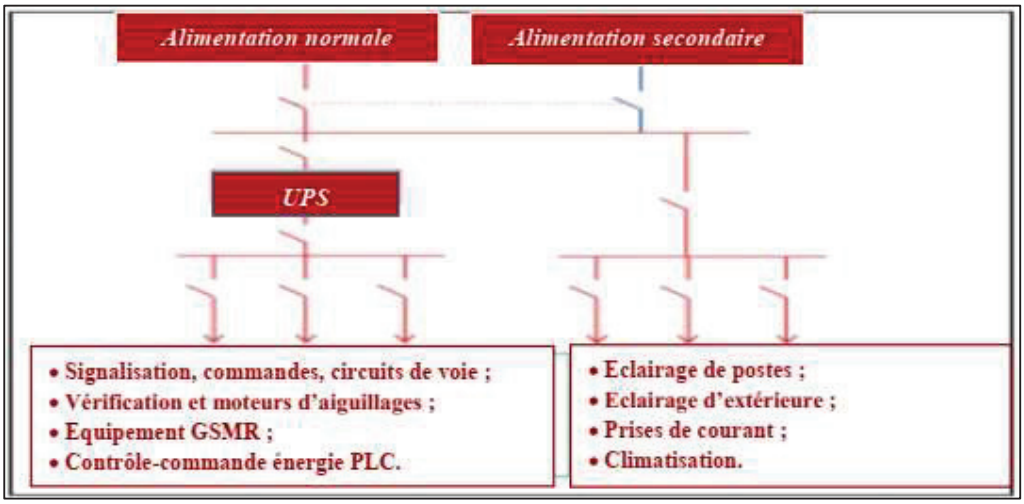


Figure J. 1: Schéma de distribution de l'alimentation normale / de secours