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

Mémoire

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

Thème

ETUDE EN APD DE LA NOUVELLE LIGNE FERROVIERE A DOUBLE VOIE (CHELGHOUM EL AID ET TELERGHMA) DU PK382+000 AU PK394+000 AVEC CONCEPTION DE LA GARE DE MECHTA LARBI.

Présenté par :
- MEDDOUR Yazid
- ZIADI Seyfeddine

Encadré par :
- Mr. KHELIF Aissa

Co-Encadrant :
-Mr. FEDGHOUCHE

Promotion 2021/2022

REMERCIMENT

Avant de commencer la présentation de ce travail

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieuxqui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce travail.

En second lieu nous tenons à remercier notre encadreur Mr.AISSA KHELIF .pour ses appréciations compétentes, ses précieux conseils et Son aide durant toute la période du travail. et le groupe de infrafer eulma spécialement Mr.OUSSEMA et FOUEAD pour leurs soutiens et leurs remarques.

Nous remercions très chaleureusement tous nos enseignants du de l'ENSTP qui nous ont donné et assuré une formation et des connaissances au-delà de nos attentes. Sans oublier les merveilleuses assistantes de département infrastructure de base Mme Makoudi et Mme Bourebia

Nous remercions également nos familles respectives pour le soutien et l'aide sans faille durant ces longues années de formations et qui nous ont permis d'atteindre ce stade de notre formation ; ainsi qu'à tous les gens qui nous ont épaulé et aidé moralementtout au long de notre parcours.

Nos remerciements s'adressent, également, aux membres du jurypour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou deloin à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicace

Après avoir rendu grâce à Dieu le Tout Puissant et le

MiséricordieuxJe dédie ce modeste travail :

A ma chère mère

Aucune dédicace très chère maman, ne pourrait exprimer la profondeur des sentiments que

j'éprouve pour vous.

Depuis ma naissance jusqu'àaujourd'hui, ma plus grande fan, mon support de vie, ma confidente, ma tendresse et ma meilleure amie, tu m'as toujours procuré de la douceur et de l'amour, tu es une merveilleuse mère et une femme extraordinaire, qui a toujours été là pour moi

J'implore Dieu, tout puissant, de vous accorder une bonne santé, une longue vie et beaucoup de bonheur.

A Mon cher père

Vous avez toujours été mon école de patience, de confiance et surtout d'espoir et d'amour. Vous êtes et vous resterez pour moi ma référence, la lumière qui illumine mon chemin.

J'implore Dieu, tout puissant, de vous accorder une bonne santé, une longue vie et beaucoup de bonheur.

A Mon frère et à Ma sœur.

A tous mes enseignants du primaire jusqu'à l'université.

A toute ma famille.

A mon binôme : MEDOUR YAZID.

A tous ceux qui m'ont accompagné tout au long de ce parcours, ceux qui ont toujours été à mes côtés dans les moments de bonheur et qui m'ont Donné un grand soutien moral.

À mes chers amis.

ZIADI SEYFEDDINE

Dédicace

Après avoir rendu grâce à Dieu le Tout Puissant et le MiséricordieuxJe dédie ce modeste travail :

Je dédie ce mémoire :

A ma mère BOUCHEFCHOUF Djamila et A mon cher père MEDDOUR Samir

D'avoir été à mes coté depuis ma naissance, et de m'avoir donné autant du support et m'apporter autant d'aides.

A mes frères : Saber, Abd El Malek.

A mes sœurs : Amira, Imane.

A mon binôme : Ziadi Seyfeddine.

A tous mes amis Bello , Tarek, Nasr-Eddine, Hocine, Ilyas, Ammar, Abd El Moumen, Mohammed, Midou, Boudi, El Arbi, Adel, Lamine, Hamza, Imam, Azzedine, Gaa les totos,

Pour leurs rigueurs et leur disponibilité durant la préparation de ce mémoire.

A tous ceux qui m'ont accompagné tout au long de ce parcours, ceux qui ont toujours été à mes côtés dans les moments de bonheur et qui m'ont Donné un grand soutien moral.

MEDDOUR YAZID

RESUME

Le présent projet consiste essentiellement à l'étude d'avant-projet détaillé (A.P.D) de la nouvelle ligneferroviaire à double voie reliant chelghoum el aïd et teleghma sur le tronçon du Pk382+000 au Pk 394+000 avec la conception de la gare de Mechta larbi chelghoum el aïd.

L'identification des caractéristiques techniques les plus appropriées de la ligne ferroviaire projetée sera basée sur les recommandations ainsi que les pratiques qui sont suivies par laSNTF et les autres systèmes ferroviaires plus développés (normes UIC), la modélisation géométrique du projet a été exécutée à l'aide du logiciel COVADIS 16.

ملخص

يتكون هدا المشروع بشكل اساسي من دراسة تفصيلية اولية لما قبل المشروع لخط السكة الحديدية المزدوج الجديد الرابط بين شلغوم العيد والتلاغمة على المقطع من Pk 382+000 au Pk 394+000 مع تصميم محطة مشتل العربي

وسيعتمد تحديد الخصائص التقنية لخط السكة الحديدية المقترح على التوصيات وكذلك الممارسات التي يتبعها SNTF (الشركة الوطنية للنقل بالسكك الحديدية) وغيرها من أنظمة السكك الحديدية الأكثر تطورا(معاييرUIC الإتحاد الدولي للسكك الحديدية) ، وقد تم تنفيذ النمذجة الهندسية للمشروع باستخدام برنامجCOVADIS 2016

Abstract

This project is mainly to study detailed design (ODA) of the two way rail road that links Chelghoum El Aïd to Tlaghma from that start in the Kp 382+000 to the Kp 394+000 And the design of the Mechta larbi station . .

The identification of the most appropriate specifications for the proposed railway line will be based on the recommendations and practices which are followed by SNTF (National Railway Transport Company) and other more developed rail systems UIC standards (International Federation of Railways), geometric modeling of the project was carried out with the help of the programme COVADIS 16

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE…..……..…1

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 INTRODUCTION**....…….……...…….…..…3**
I.2 LA VOIE FERÉE BALASTÉE**…….……..……..……...3**
I.2.1 Composants de la voie **……..…….……..……....…4**
I.2.2 Les efforts exercés sur la voie **……..……...…..……..…….4**
I.3 FONCTIONS ET CARACTERISTIQUES DU BALLAST **...…….....6**
I.3.1 Définition du ballast**…….……...…..6**
I.3.2 Nature et origine du ballast**…….……....…….6**
I.3.3 Le rôle du ballast **…….…….……..……..7**
I.3.4 Les caractéristiques du ballast**…….……...….....7**
I.3.4.1 Caractéristiques physiques**…….…….. 7**
I.3.4.2 Caractéristiques mécanique**……...…….……...…… 8**
I.3.5 Les qualités requises pour le ballast **…….…..…….....…9**
I.4 DÉGRADATION DU BALLAST **……...…….……...…..10**
I.5 ÉTUDE DE TASSEMENT DU BALLAST**……..…..…….…...…10**
I.6 CONCLUSION**……...…….17**

CHAPITRE II: CHEMINS DE FER EN ALGERIE

II.1 INTRODUCTION**……..…….……..……..…. 18**
II.2 RESEAU DE TRANSPORT EN ALGERIE**……...…….…..…..18**
II.2.1 Le transport routier **……..……...…..…..…18**
II.2.1 Le transport portuaire et maritime **……...……...……19**
II.2.2 Le transport aéroportuair**e……..……..…..…. 19**
II.2.3 Le transport ferroviaire**…….……..……..…….. .19**
II.3 LE CHEMIN DE FER**…….……..……...19**
II.3.1 Historique du chemin de fer en Algérie**…….…….…….….. 20**
II.3.2 Avantage de chemin de fer **…….…….…..…21**
II.3.3 Réseau actuel en Algérie**…….…….…….……....22**
II.4 CONCLUSION**……..…….....22**

CHPITRE III PRESENTATION DU PROJET

III.1 INTRODUCTION**……..…….……..…23**

III.2 PRESENTATION DE LA VILLE MILA**…….…….…...23**

III.3 PRESENTATION DU PROJET**…….…..…..…24**

III.4 OBJECTIFS GENERAUX**…….…..…..25**

III.5 CONCLUSION**…**……..…**25**

CHAPITRE IV: ETUDE GEOMETRIQUE

IV.1 INTRODUCTION**……...……..…26**

IV.2 TRACE EN PLAN**…….....26**

IV.2.1 Définition **…….....26**

IV.2.2 Eléments du tracé en plan **…….....26**

IV.2.3 Règles à respecté dans le tracé en plan **…….....27**

IV.3 PARAMETRES DE CONCEPTION DE LA VOIE**…….....28**

IV.3.1 Paramètres de conception **…….…...…….…...28**

IV.3.2 Paramètre géomètrique**…….…….……...28**

IV.3.3 Paramètre fonctionnels**…….…….…….....29**

IV.3.4 Contraintes a prendre en considération dans le tracé**.....30**

IV.4 CALCUL DES PARAMETRS ET APPLICATIONS NUMERIQUE SUR LE PROJET**.....30**

IV.5 CONCLUDION**…….....33**

CHAPITRE V : ETUDE GEOLOGIUE ET GEOTECHNIQUE

V.1 INTRODUCTION**…….…….34**

V.2 ETUDE GEOLOGIQUE**…….……...34**

V.2.1 Contexte géologique du projet**…….…….……34**

V.2.2 CADRE SISMIQUE **…….…….…..35**

V.3 ETUDE GEOTECHNIQUE**…….…...35**

V.3.1 Investigation géotechnique**…….…….…..36**

V.3.1.1 Essai in situ **.....……...36**

V.3.2.1 Essai au laboratoire**.....36**

V.3.2 Campagne De Reconnaissance Géotechnique **: …….…..……42**

V.3.2.1 Essai in situ . **.....……..42**

V.3.2.2 Essai laboratoire**.....……..44**

V.3.3 Condition d'utilisation des matériaux en remblai ..……..……....47
V.3.4 Interprétation des résultats…….……..…… 48
V.4 CONCLUSION…….…….…49

CHAPITRE VI : SUPERSTRUCTRE DE LA VOIE

VI.1 INTRODUCTION…….……..…..……50
VI.2 LES CARACTERISTIQUE DE LA VOIE…….…….…..50
VI.3 CATEGORIE DE VOIES ……..……..…50
VI.4 ROLE DE LA VOIE……..……....51
VI.5 LES COMPOSANTES DE LA VOIE ……..……51
VI.5.1 Le Rail…….…….……. .51
VI.5.1.1 Type des rails.....51
VI.5.1.2 Assemblage des rails 54
VI.5.2 LES TRAVERS……...…..……..…56
VI.5.2.1 Le rôle des traverses.....56
VI.5.2.2 Les types des traverses.....56
VI.5.3 LES ATTACHES ……..……..……....58
VI.5.3.1 Le rôle des attaches 58
VI.5.3.2 Les types d'attaches.....58
VI.5.4 APPAREIL DE VOIE……..……..……....59
VI.5.4.1 Types d'appareils de voie 59
VI.6 CARACTÉRISTIQUE ET TYPE D'INSTALATION POUR NOTRE PROJET…..…..…...63
VI.7 CONCLUSION…….…….…63

CAHPITREVII : ASSISE FERROVIAIRE

VII.1 INTRODUCTION…….. 64
VII.2 LES CONSTITUANTS DE LA COUCHE D'ASSISES…….…64
VII.3 LES BALLAST……64
VII.4 SOUS COUCHE…….……65
VII.4.1 Constitution de la sous-couche …….……65
VII.4.2 Rôle de la sous couche …….……66
VII.5 LA PLAT FORME…….…..……66

VII.5.1 Classification des sols pour la plateforme**..……..…….66**
VII.5.2 Les classes de la portance de la plate forme **…..…….…….…...67**
VII.5 Calcul des épaisseurs minimales des couches d'assise**…….…….……68**
VII.6 Application au projet**…….…….....…..……..70**
VII.7 Conclusion **……..……..…...71**

CHAPITRE VIII : ETUDE HYDROLOGIQUE ET ASSAINISSEMENT

VIII.1 INTRODUCTION**…….…….…..……72**
VIII.2 PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE **…..…….……72**
VIII.2.1 Localisation et relief de la zone d' étude**…….…….…72**
VIII.2.2 Caractéristique hydrologique de la zone d'étude **……...…….72**
VIII.3 BASSINS VERSANTS**……...73**
VIII.3.1 La délimitation des bassins versants **……73**
VIII.3.2 Les caractéristiques des bassins versants**……..75**
VIII.4 CLIMATOLOGIE **……..77**
VIII.5 ETUDE HYDRAULOGIQUE**……77**
VIII.5.1 Introduction **…….77**
VIII.5.2 Données pluviométrique **……..78**
VIII.5.3 Calcul des précipitations maximales journalières de fréquence donnée PJ(%)**..78**
VIII.5.4 Calcul de la fréquence d'averse **……...78**
VIII.5.5 Calcul de l'intensité horaire moyenne **……..78**
VIII.5.6 Calcul du débit maximal dans les bassins (les débits de crue) **……79**
VIII.5.7 Résultats de calcul des débits par la méthode rationnelle **…….81**
VIII.6 ETUDE D'ASSINISEMENT **……...……..82**
VIII.6.1 Introduction **……...…..82**
VIII.6.2 Les ouvrages transverseaux**……...…83**
VIII.6.2.1 Critère de dimensionnement à respecter **…….83**
VIII.6.2.2 Dimensionnement des buses **……...84**
VIII.6.2.3 Dimensionnement des dalots **……..85**
VIII.6.2.4 Vérification la condition d'auto-curage **……...86**
VIII.6.3 Ouvrage longitudinaux **…….…….……..87**
VIII.6.3.1 Dimensionnement des fossés**……...87**
VIII.6.3.2 Les hypothèses émises pour le dimensionnement**…….……87**
VIII.7 CONCLUSION **……..…….……...89**

CHAPITRE IX: PROFIL EN TRAVERS

IX.1 INTRODUCTION……..……....90
IX.2 TYPE DE PROFIL EN TRAVERS……..……..90
IX.2.1 Profil en travers type ……..…90
IX.2.2 Profil en travers courant ……....90
IX.3 LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS TYPE…….....90
IX.4 LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS…….……..……..…91
IX.5 LES PROFILS EN TRAVERS AFFECTÉS DANS NOTRE PROJET…….……91
IX.6 CONCLUSION……..……....92

CHAPITRE X:TERRASSEMENT ET OUVRAGE D 'ART

X.1 INTRODUCTION…….93
X.2 LES TERRASSEMENTS…….…. 93
X.2.1 CALCUL DE STABILITE……..…… 93
X.2.2 LES PENTES DES TALUS……..… 93
X.2.3 COMPACTAGE ……..….94
X.2.4 REMBLAIS……..... 94
X.2.5 DEBLAIS…….....….. .95
X.2.6 VERIFICATION DE LA STABILITE ……..…..96
VII.2.6.1 Cas déblais ……....…….96
VII.2.6.2 Cas remblais ……...96
X.2.7 EPAISSEURE DE LA TERRE VEGETALE ……..…….……98
X.2.8 CALCUL DES VOLUMES DES TERRASSEMENT ……..……..98
X.2.9 ZONE D'EMPRUNT……..…….. ..99
X.3 LES OUVRAGES D'ART…….....99
X.3.1 INTRODUCTION…….…... ..99
X.3.2 LES CRITERES DE CONCEPTION DES OUVRAGES D'ART….……...100
X.3.3 LES PONTS ……..……...…..…100
X.3.4 LCROISEMENT AVEC LA ROUTE ……..…..…...100

X.3.5 APPLICATION AU PROJET…… 100
X.3.6 Conclusion……..……..102

CHAPITRE XI: CONCEPTION DE LA GARE MECHTA EL ARBI

XI.1 INTRODUCTION……..….103
XI.2 TYPE DE GARE…….....103
XI.2.1 Les gares de voyageurs…….....103
XI.2.2 Les gares de marchandises ……..…..103
XI.2.3 Les gares mixtes ……..……..103
XI.2.4 Les gares de triages ……..……..…103
XI.2.5 Les gares de croisements ……..…….....103
XI.3 PLAN DE MASSE D'UNE GARE…….……104
XI.3.1 Catégories de la voie……..…104
XI.3.2 Le trafic ……..…...104
XI.3.3 L'emplacement de la gare ……..…..…104
XI.4 AMENAGEMENT D'UNE GARE…….……104
XI.4.1 Installations d'une gare voyageurs ……..…….104
XI.4.2 Installations d'une gare marchandises…….……..…104
XI.5 RESEAUX DE VOIE…..……..…...105
XI.5.1 Garage Franc ……..……..105
XI.5.2 La marge de glissement à l'aval des signaux……..…..105
XI.5.3 La longueur utile d'une voie de stationnement……..…...106
XI.5.4 Heurtoir…….……106
XI.5.5 Quai…….……..107
XI.5.5.1 Les caractéristiques géométriques du quai 107
XI.5.5.2 Distance de bords de quais par rapport l'axe de la voie.....108
XI.5.6 Les appareils de voies ……..……108
XI.6 LA GARE DE MECHTA EL ARBI…….…….....109
XI.6.1 TRACE EN PLAN ET PROFIL EN LONG ……...109
XI.6.2 LES CARACTERISTIQUES DE LA GARE DE MECHTA …….…….....110
XI.6.2.1 Nombre de voies 110
XI.6.2.2 Appareils de voies 110
XI.6.2.3 Longueur de garage franc.....110
XI.6.2.4 Marge de glissement à l'aval des signaux 110

XI.6.2.5 Les quais 111
XI.6.2.6 Entre-axe.....111
XI.6.2.7 Longueur utile des voies.....112
XI.6.2.8 Passerelle spérieure.....114
XI.7 ASSAINISSEMENT DANS LA GARE.....114
XI.7.1 Assainissement transversale..... 115
XI.7.2 Assainissement longitudinal..... 115
XI.8 CONCLUSION 116

CHAPITRE XII : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XII.1 INTRODUCTION.....117
XII.2 OBJECTIFS DE L'ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT.....117
XII.3 IMPACT DES VOIES FERREES SUR L'ENVIRONNEMENT.....117
XII.4 ANALYSE DE L'ETAT INITIALE.....117
XII.4.1 Situation du projet.....117
XII.4.2 Milieu physique 119
XII.4.3 Milieu biologique 123
XII.4.4 Milieu humaine 123
XII.5 Évaluation des impacts et les mesures prises pour minimiser ces impacts 124
XII.5.1 Impacts sur le milieu physique 127
XII.5.2 Impacts sur le milieu biologique 127
XII.5.3 Impacts le milieu socio-économique.....128
XII.5.4 Les impacts positifs du projet 131
XII.6 CONCLUSION.....132

CHAPITRE XIII : SIGNALISATION FERROVIAIRE

XIII.1 INTRODUCTION.....133
XIII.2 OBJECTIFS DE LA SIGNALISATION.....133
XIII.3 DIFFERENTES FONCTIONS DES SIGNAUX.....133
XIII.4 GENRE ET ETALON DE SIGNALISATION 133
XIII.5 IMPLANTATION DES SIGNAUX 134
XIII.6 LES BLOKS 134
XIII.7 VISIBILITE DES SIGNAUX.....135

XIII.8 LES TYPES DE SIGNALISATION**……...……..135**

XIII.8.1 La signalisation mécanique **..……135**

XIII.8.2 La signalisation lumineuse **……...….135**

XIII.8.3 Autres types de signalisation **…….....136**

XIII.9 SYSTEME DE SIGNALISATION ADOPTE POUR NOTRE PROJET**……...…...143**

XIII.8 CONCLUSION **……..…….…….....146**

CHAPITRE XIV : DEVIS ESTIMATIFET QUANTITATIF….147

CONCLUSINO GENERALE …….……...149

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : La voie ballastée.....3
Figure I.2 : Les composantes de la voie.....4
Figure I.3 : Composantes des efforts sur la voie.....5
Figure I.4 : Grains de ballast 6
Figure I.5 : Granulométrie du ballast utilisé par la S.N.C.F 7
Figure I.6 : Ballast souillé.....9
Figure I.7 : Essai triaxial applique sur le ballast.....12
Figure I.8 : Banc d'essais BETTER.....14
Figure I.9 :Box Test et Une courbe de tassement obtenue au cours d'un essai [5]. 14
Figure I.10 : Action du bourrage : vibration, plongée et serrage (Selig and Waters 1994).....16
Figure III.1 Situation géographique du tronçon d'étude 24
Figure IV.1 éléments du tracé en plan 26
Figure V.1 : Carte géologique couvrant la zone d'étude (extrait de la carte géologique Constantine au 1 / 200000) 35
Figure V.2 : Carte sismique de l'Algérie (RPA 99).....35
Figure V.3 : Limites d'Atterberg.....46
Figure VI.1 les constituants de la voie ferrée.....51
Figure VI.2 : Le rail Vignole 52
Figure VI.3 : Le rail a gorge 52
Figure VI.4 : Le rail à double champignon.....52
Figure VI.5 Les trois profils type des rails.....53
Figure VI.6 : profil de rail UIC 54.....53
Figure VI.7 : Figure Assemblage des rails par éclissage.....54
Figure VI.8 Soudure des LRS.....55
Figure VI.9 : travers en bois 57
Figure VI.10 : traverse en acier.....57
Figure VI.11 : Traverse bi-bloc en béton armé.....58
Figure VI.12 : Liaison rail-traverse 58
Figure VI.13: Attache élastique de type Nabla.....59
Figure VI.14 : Liaison entre les rails 60
Figure VI.16: traversée oblique 62
Figure VI.17 : traversée jonction simple.....62
Figure VI.18 : Croisement intersection double.....63
Figure VII.1 : Couche d'assise 64
Figure VII.2 : L'épaisseur de la couche d'assise 69
Figure VIII.1 : carte de situation de la région d'étude.....72
Figure VIII.2 : situation du projet entre deux grands bassins.....73
Figure VIII.3 : la délimitation des bassins versants.....74
Figure VII.4 : Dimensionnement de buse.....84

Figure VIII.5 : Dimensionnement de dalot 85
Figure VIII.6 : Fosse trapézoïdale. 89
Figure IX.1 : Constituants du profil en travers. 91
Figure X.1 : Calcul de la stabilité sismique du remblai 97
Figure X.2 : Calcul de la stabilité statique du remblais 97
Figure X.3 : Calcul de la stabilité sismique du déblai 98
Figure X.4 : Calcul de la stabilité statique du déblai 98
Figure X.5 : Croisement gazoduc au pk 392+875 102
Figure X.6 : croisement gazoduc au pk 388+340 102
FigureXI.1 : l'emplacement du garage franc GF. 105
Figure XI.2 : longueur utile d'une voie. 106
Figure XI.3 : un heurtoir 107
Figure *XI.4*: La hauteur du quai et la distance entre le bord de quai et l'axe de la voie (source UIC741). 108
Figure XI.5 : Emplacement de la Gare mechta. 109
FigureXI.6 : Profil en long de la gare. 110
Figure XI.7 : exemple des ADV dans la gare de mechta 114
Figure XI. 8 : Dimensions de la passerelle selon la norme SNTF 114
Figure XI.9 : Assainissement longitudinale de la gare 115
FigureXI.10 : Assainissement longitudinale de la gare 115
Figure XII.1 : Localisation de la daïra de Chelghoum Laïd dans la wilaya de Mila 118
Figure XII.1 : Relief 119
Carte XII.2 : Topographie du terrain 120
Figure XII.3 : PDAU Chelghoum Laïd + traitement auteu 121
Figure XII.4 : la direction de l'agriculture 122
Figure XIII.1: équipement sol et enclenchement 146
Figure XIII.2 : synoptique de fonctionnement de ce système de signalisation ERTMS 146

LISTE DES TABLEAUX

Tableau IV.1 Paramètres de conception.....27
Tableau IV.2 Paramètres géométriques de trace en plan (SNTF).....27
Tableau IV.3 Paramètres géométriques de profil en long (SNTF) 28
Tableau IV.4 Paramètres fonctionnels de trace en plan (SNTF).....28
Tableau IV.5 : récapitulatif des paramètres du la trace.....31
Tableau V.1 : Le programme d'investigation pour les ouvrages en terre.....37
Tableau V.2 : Le programme d'investigation pour les ouvrages d'art 40
Tableau V.3: Les résultats des puits des reconnaissances 42
Tableau V.4 : la classification des sols selon GTR.....48
Tableau VI.1 : Vitesse et type de branchement 61
Tableau VII.1 : la classe la portance de la plate-forme (normes UIC 719R p.34).....68
Tableau VIII.1 Caractéristiques des bassins versants des oueds traversés par le projet.....76
Tableau VIII.2 Pluie annuelles 77
Tableau VIII.3 : Donnée pluviométrique.....78
Tableau VIII.4 : Coefficient C1.....80
Tableau VIII.5 : Coefficient C2.....80
Tableau VIII.6 : Coefficient C3.....81
Tableau VIII.7 : Résultats de calcul des débits par la méthode rationnelle.....81
Tableau VIII.9 : Résultats des calculs des dimensions des buses.....85
Tableau VIII.10 : Calcul des débits à évacuer dans le cas de remblai et déblai. 87
Tableau X.1 : localisation des zones de remblais 94
Tableau X.2 : localisation des zones de déblai 95
Tableau X.3 : Les caractéristiques de déblai 96
Tableau X.4 : Les caractéristiques de remblai.....96
Tableau X.5 : Les paramètres géotechniques employés dans de calcul de stabilité du déblai .96
Tableau X.6 : Les paramètres géotechniques employés dans de calcul de stabilité du remblai96
Tableau X.7 : Récapitulatif des volumes de terrassement 99
Tableau X.8 : Récapitulatif des volumes des couches d'assise 99
Tableau X.9 : passages supérieurs 101
Tableau X.10 : passages inférieurs 101
Tableau X.11 : ouvrage hydraulique.....101
Tableau XI.1: Les caractéristiques géométriques du quai. 107
TableauXI.2 : - Entre-axes. 111
TableauXI.3: Les longueurs utiles de voies de la Gare de mechta 112
Tableau XI.4 :. Coordonnées d'implantation des appareils de voies.....112
TableauXI.5 : Coordonnées d'implantations des garages francs.....113
Tableau XII.1 : Impact sur la géomorphologie.....125
Tableau XII.2 : Impact sur la qualité d'air.....125
Tableau XII.3 : Impact sur les eaux superficielles.....126

Tableau XII.4 : Impact sur les eaux souterraines.....127
Tableau XII.5 : Impact sur la flore.....127
Tableau XII.6 : Impact sur la Faune 128
Tableau XII.7 : Impact sonores.....128
Tableau XII.8 : Impact sur les activités agricoles.....129
Tableau XII.9 : sécurité et santé publiques.....130
Tableau XII.10 : les différents passages routiers utilisés.....131
Tableau XIV.1 : DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITAT

INTRODUCTION GENERALE

Les transports affectent le développement économique depuis le début de la civilisation humaine. Le développement économique a toujours été centré sur la confluence de systèmes de transport – les premières villes s'établirent dans les baies et ports naturels, et sur les rivières et lacs où le transport était disponible. Les Romains construisirent des routes pour unifier et permettre l'accès à leur lointain empire. Les caractéristiques géographiques telles que la proximité de la mer ou de voies d'eau, de plaines, de montagnes et l'emplacement des oasis définirent les premiers systèmes de transport (par exemple, la Route de la Soie s'est développée d'oasis en oasis, de ville en ville, où il n'y avait pas de voies d'eau ou de routes fiables). La révolution industrielle a généré de nouvelles demandes de transport, pour de plus grands volumes de charbon, de minerai de fer, et autres matériaux, ce qui a amené la construction de canaux amplifiant les transports fluviaux et le développement des premiers chemins de fer.

L'infrastructure économique d'un pays n'est certes qu'un élément de sa vie économique, maiselle constitue la charpente principale de son organisation. Pour l'Algérie, appelée à connaîtreun plus grand développement, on a maintes fois affirmé l'importance de cette charpente. De plus, au milieu des difficultés actuelles, elle est l'un des atouts les plus durables et les moins sujets à perturbation.

Parmi ces infrastructures on distingue le transport ferroviaire (les chemins de fer)

Les chemins de fer sont un moyen de transport efficace, qui concentre les gens et les marchandises et les transportent sur une route fixe, en utilisant une machine motrice et de multiples voitures et wagons de marchandises.

Le réseau des chemins de fer algérien a fait son apparition à la fin du XIXe siècle. Il sert au

Transport de personnes et de marchandises. L'ambition des pouvoirs publics est de connecter toutes les villes d'Algérie entre elles par le réseau ferroviaire. .

Le programme se divise en plusieurs régions, parmi ces régions on a la région de la wilaya de Mila dans le Nord-est Algérien.

Notre mémoire de fin d'étude consiste de faire l'étude APD de la nouvelle ligne ferroviaire

à double voies reliant cheleghoum l'aïd et Teleghma sur un tronçon de PK382+000 au PK 393+853 avec la conception de la gare Mechta L arbi –Chelghoum l'aïd.

Suivant un plan de travail :

- Une recherche bibliographique sur le ballast.
- chemins de fer en Algérie.
- Présentation du projet.
- Etude géométrique.
- Étude géologique et géotechnique.
- Superstructure de la voie.
- Assise ferroviaire.
- Étude hydrologique et assainissement.
- Profile en travers.
- Terrassement et ouvrage d'art.
- Conception de la gare Mechta Larbi - Chelghoum L'aïd
- Etude d'impact sue l'environnement.
- Signalisation ferroviaire.
- Devis estimatif et quantitatif
- Conclusion générale.

CHAPITRE I :

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 INTRODUCTION

La voie ferrée est une structure composée de différents constituants qui permet la circulation des trains et supporte les différents types de sollicitations transversales, longitudinales et verticales, Les efforts transversaux et verticaux entraînent des déformations irréversibles (tassement vertical et étalement horizontal) de la voie, Les efforts longitudinaux (accélérationet freinage) restent moins importants.

Les caractéristiques de la voie sont fixées par des règles normalisées définissant des exigencesgéométriques et mécaniques pour assurer au mieux la qualité homogène de la voie.

La voie à grande vitesse a un écartement standard de 1.435 m entre les deux files de rails. Laplateforme qui concerne deux voies est la structure d'assise sur laquelle la voie repose. La plateforme est constituée de sol rapporté dans le cas d'un remblai ou de sol en place dans le cas d'un déblai. Sa qualité dépend de la nature géotechnique du sol et des conditions géologiques et hydrologiques locales.

I.2 La voie ferrée ballastée

Les voies ballastées ont été développées depuis bientôt deux siècles. La vitesse, les charges par essieux et la densité de trafic ont progressivement augmenté avec le progrès technologique. Parallèlement, les exigences de confort et de sécurité pour la voie ont également évolué ; les exigences sur la qualité du roulement, aussi. En même temps, l'augmentation des sollicitations de la voie, dues à des vitesses et à des charges plus élevées, engendrent une dégradation plus rapide de l'état géométrique et une usure accélérée des composants de la voie. Cela a pour effet un plus grand besoin d'entretien et une diminution dela durée de vie de certains composants de la voie.

Cela a pour effet un plus grand besoin d'entretien et une diminution de la durée de vie de certains composants de la voie. Les tassements discontinus et différentiels de la voie sont devenus plus fréquents, en entraînant une forte augmentation des coûts d'entretien et, dans certains cas, des renouvellements précoces.



Figure I.1 : La voie ballastée.

I.2.1 Composants de la voie

Les constituants de la voie ballastée peuvent être classifiés en deux groupes principaux : l'armement composé des rails, des semelles absorbantes, des attaches et des traverses, et les structures d'assises constituées du ballast et des sous-couches sur lesquelles il repose.

L'armement assure entre autres la fonction de transmission des efforts aux structures d'assises

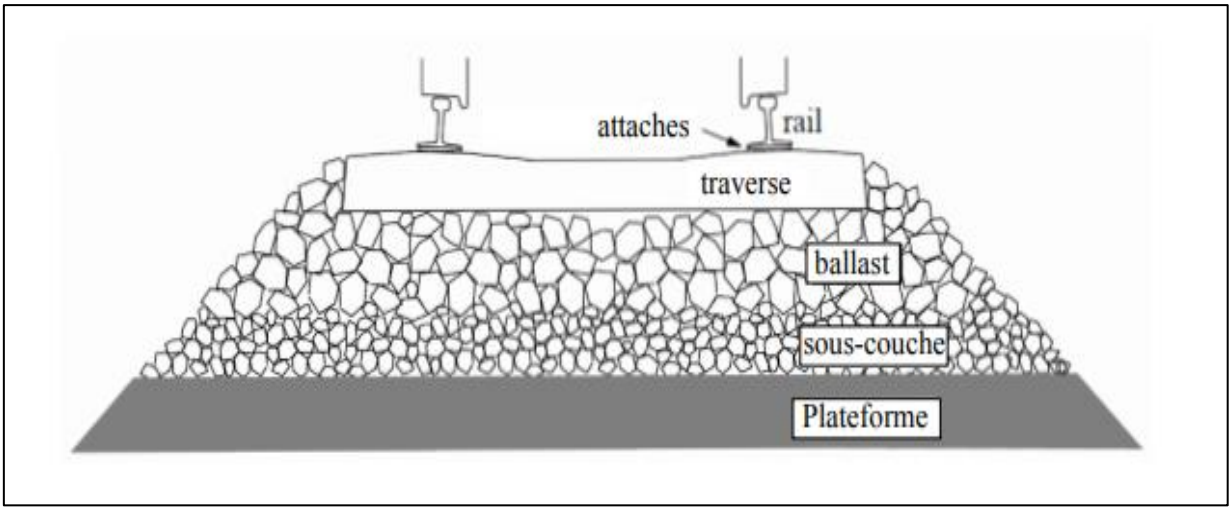


Figure I.2 : Les composantes de la voie

- ✓ **Les rails :** Les rails sont les constituants longitudinaux en acier en contact avec lesroues des véhicules. Leur fonction est de guider le train et d'assurer la transmissiondes charges ponctuelles aux traverses.
- ✓ **Les attaches rails-traverse** : Les attaches rail-traverse assurent la fixation du rail sur la traverse et résistent aux mouvements verticaux, latéraux et longitudinaux du rail. Il existe plusieurs types et techniques d'attache, selon le type de traverses **[1].**
- ✓ **Les traverses :** Les traverses transmettent les efforts à la structure d'assise. Elles permettent aussi de maintenir l'écartement des deux files de rail et de garder L'inclinaison du rail, laquelle est de l'ordre de 1/20 **[2].**

I.2.2 Les efforts exercés sur la voie

Ils existent des forces dans la direction verticale, latérale et longitudinale qui s'appliquentsur la voie. Ces forces sont dues au trafic et aux changements de température.

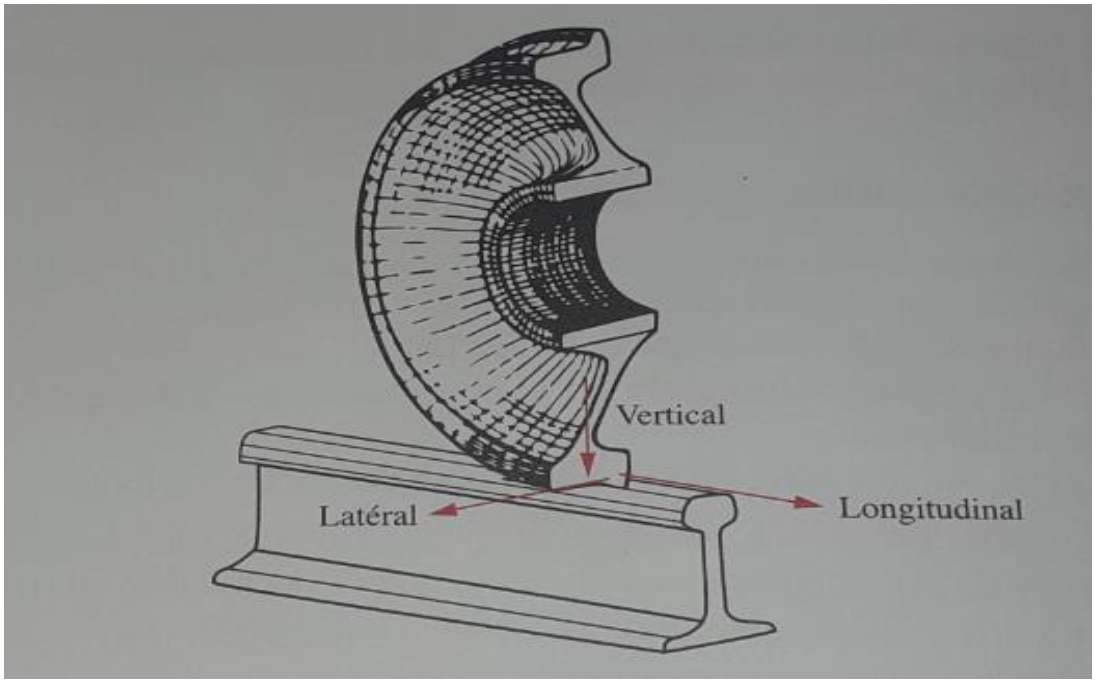
❖ **Efforts verticaux**

La force verticale est une combinaison des surcharges statiques et dynamiques. La charge statique est constituée par le poids du train et de l'armement (les rails, le système de fixationet les traverses). Les charges dynamiques dépendent des caractéristiques de la voie, du véhicule, des conditions d'opération et des conditions environnementales **[2].**

Il est possible de classer les voies en fonction des charges de circulation. Ce classement des voies fait par l'Union Internationale des Chemins de Fer (U.I.C.) se divise en trois catégories

- Catégorie A, 16 tonnes par essieu.
- Catégorie B, 18 tonnes par essieu.
- Catégorie C, 20 tonnes par essieu.

Figure I.3 : Composantes des efforts sur la voie.



L'augmentation de la charge par essieu et de la vitesse sont des éléments importants influantsur la vitesse de dégradation de la voie, et donc les coûts de maintenance.

❖ **Efforts latéraux**

Les efforts latéraux s'exercent dans une direction parallèle à l'axe principal des traverses. Ces efforts proviennent des charges latérales apportées par les roues. Ces forces sont provoquées par le contact roue-rail, particulièrement pendant les virages, du fait de la présence de la force centrifuge.

❖ **Efforts longitudinaux**

Les forces longitudinales sont parallèles aux rails. Ces forces sont produites soit par l'effet d'accélération et de freinage, soit par la dilatation et la contraction thermique des rails.



Figure I.4 : Grains de ballast

I.3 FONCTIONS ET CARACTERISTIQUES DU BALLAST

I.3.1 Définition du ballast

Le ballast est un matériau granulaire placé dans la partie supérieure des structures d'assises et entre les traverses. Ce granulat provient du concassage de roches extraites dans des carrières de pierres dures (granit, diorite, rhyolite, quartzite, grès)

Le ballast constitue la couche supérieure de la structure d'une voie ferrée sur laquelle repose les traverses supportant le rail. L'épaisseur de la couche d'environ 300 mm sous la traverse suffit à remplir les différentes fonctions d'une couche support de voie à moindre coût.

C'est l'élément qui résiste à la plupart des efforts exerces sur la voie. Le ballast est un granulat $d=D = 25=50$ *mm* provenant du concassage de roches extraites dans des carrières de pierres dures (granit, diorite, rhyolite, porphyre, quartzite...). Sa couche doit être compactée, lors de la mise en place de la voie, afin d'améliorer la stabilité du ballast. L'épaisseur minimale de cette couche pour les lignes à grandes vitesses est 30 *cm*.

I.3.2 Nature et origine du ballast

Les granulats du ballast proviennent des produits de différentes natures (naturels ou artificiels). Parmi les produits naturels, citons les pierres concassées, les graviers et le sable. Parmi les produits artificiels citons les laitiers, les scories et les cendrées (d'usine ou de dépôts de locomotives).

Les qualités et défauts des pierres concassées dérivent des caractères des roches dont elles sont extraites :

Des roches magmatiques et métamorphiques, sont des roches massives, compactes, exemptes de porosité, non gélive et dépourvues de stratification où de joints de clivage, et résistent parfaitement aux agents atmosphériques (ex: porphyre, granite, basalte,gneiss, diorite).

Des roches sédimentaires peuvent fournir des pierres suffisamment dures pour constituer un ballast de bonne qualité. Les roches siliceuses (grés, quartzites) résistent bien aux altérations dues aux agents atmosphériques. Les calcaires s'altèrent par

dissolution et par l'abondance des joints. Cependant, les calcaires durs peuvent donner un ballast de bonne qualité

I.3.3 Le rôle du ballast

- Transmettre uniformément jusqu'à la plate-forme les charges dues à la circulation de véhicules ferroviaires,
- Ancrer la voie aussi bien dans le sens longitudinal que transversal.
- Contribuer aux caractéristiques de souplesse et d'amortissement de la voie sous l'action dynamique des essieux de véhicules; ce qui permet de limiter la fatigue des constituants de la voie, et d'absorber les vibrations mécaniques et sonores grâce à sa structure plutôt poreuse.
- Faciliter l'entretien du nivellement de la voie.
- assurer le drainage de la voie

I.3.4 Les caractéristiques du ballast

I.3.4.1 Caractéristiques physiques

❖ **Granulométrie**

On utilise actuellement en Algérie la 25/50mm (documents SNTF). Les fuseaux de contrôle et de refus sont représentés sur le Graphe. Les fuseaux de contrôle et de refus minimaux et maximaux déterminent la zone de tolérance qu'il ne faut pas dépasser.

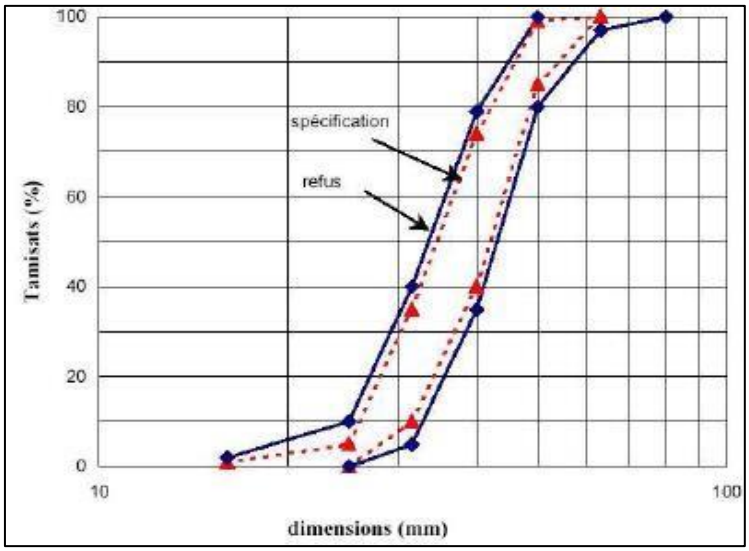


Figure I.5 : Granulométrie du ballast utilisé par la S.N.C.F

❖ **Forme des granulats**

Les éléments de ballast sont de forme polyédrique à arêtes vives. Seulement, il existe aussi des grains allongés qui nuisent à la stabilité de la couche compactée car ils sont susceptibles de se rompre et par conséquent de désorganiser l'assemblage granulaire stable formé par l'ensemble du ballast. C'est pourquoi il est nécessaire de délimiter

sévèrement la quantité des aiguilles et des éléments plats présents dans le ballast. Les prescriptions concernent la longueur (aiguilles) et l'épaisseur des grains (plats).

❖ **Homogénéité des granulats**

Un ballast hétérogène (âge et dureté différents) s'altère très rapidement.

❖ **Propreté des granulats**

Le ballast doit être exempte des éléments fins et débris. Pour obtenir un ballast propre la masse relative des éléments passant au tamis de 1.6mm doit être inférieur à 0.5% (UIC719R).

I.3.4.2 Caractéristiques mécanique

❖ **Résistance d'altération**

- Deval à sec DS : DS> 14 pour les pierres dures (ballast).
- Deval humide DH : DH > 12 pour les calcaires (pierres carbonatées).

❖ **Dureté**

La dureté et la résistance à l'usure des grains de ballast sont définies à l'aide del'essai Los Angeles et l'essai d'attrition Micro-Deval en présence d'eau.

❖ **Résistance aux chocs**

Sous l'effet des 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 pour un ballast acceptable le coefficient LA doit être inférieur à 25%(LA<25).

La résistance aux chocs des grains de ballast entre eux est mesurée par essai de fragmentation, appelé LOS ANGELES. L'éprouvette ainsi que plusieurs boules en aciersont soumises à une rotation autour de l'axe du cylindre qui les contient.

❖ **Résistance à la compression simple**

Les contraintes verticales transmises au ballast peuvent lui provoquer des ruptures, en effet, les granulats doivent présenter une résistance à la compression suffisante, elle est mesurée à partir d'un essai laboratoire, en Algérie (Rc >14 KN/cm, document SNTF).

Pour évaluer les qualités mécaniques de ballast le maitre d'ouvrage (exploitant SNTF) exige une étude concernant la résistance à la compression simple du matériau.

La SNTF exige que la roche dont provient le ballast, ait au minimum, une résistance à la compression simple de mille deux cent kilogrammes par centimètre carré (1200 kg/cm2).

I.3.5 Les qualités requises pour le ballast

❖ **La 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 danseuses), cette eau se congèle en hiver, d'où gonflement du ballast et soulèvement de la voie. En outre, la voie gelée perd son élasticité

Si le ballast est insuffisamment perméable, les pluies y creusent des ravinements qui créent des portes à faux compromettant l'assiette de la voie.

Un ballast souillé est un ballast qui a perdu sa perméabilité parce que ses vides se sont remplis de cendrées tombant des foyers des locomotives, de poussières de charbon, de déchets de ballast, de matières étrangères de toute nature.



Figure I.6 : Ballast souillé

❖ **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 calibrées.

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.

❖ **Solidité**

Le ballast doit être assez dur pour résister aux chocs provoqués par les charges roulantes (broiement) et pour supporter l'action destructrice des outils de bourrage (émiettement). Un ballast tendre ou poreux se désagrège rapidement, il absorbe l'humidité qui retient les poussières et les corps étrangers. Toutes choses égales, le ballast pourra être d'autant plus fin qu'il sera plus dur.

I.4 DÉGRADATION DU BALLAST

La dégradation des caractéristiques géométriques de la voie est accompagnée de dégradations du matériau ballast en lui-même. Cette dégradation a pour effet d'accélérer les dégradations géométriques, comme évoqué plus tôt, mais également de diminuer la résistance de la voie aux contraintes qui lui sont imposées. Une perte de qualité du ballast peut augmenter le risque d'incident.

La qualification et la quantification des phénomènes de dégradation du ballast durant la vie de l'infrastructure sont donc nécessaires.

- **Causes de dégradation du ballast**

La dégradation du ballast est dû à différentes causes qui sont de deux natures : Mécanique et

Environnementale

- **Mécanique**

D'abord, il y a les charges dynamiques induites par le trafic ferroviaire. Ces charges sont distribuées sur les surfaces de contact entre traverse et ballast.

Des chaines de répartition des charges se forment entre les arêtes de ballast, qui peuvent se briser à cause des contraintes qui y sont concentrées.

Puis L'opération de bourrage, en particulier la plongée des pioches, provoque une fragmentation des grains de ballast sous la traverse et entre les traverses, et à long terme et une diminution de sa granulométrie.

Des essais in situ montrent que les opérations de bourrage abiment le ballast plus que le trafic. Après 28 plongées, la granulométrie du ballast est tellement réduite, que tous les vides sont saturés par les grains de taille plus petite.

A cet état, les fines représentent plus de 30% en poids du ballast, et le renouvellement du ballast devient alors nécessaire.

- **Environnementale**

Dès sa pose, le ballast subit l'influence de son environnement, en particulier des agents atmosphériques les poussières et les plantes.

Le choix de la nature du ballast et un désherbage effectué périodiquement sont prévus pour prévenir ce type de pollution. Pendant l'exploitation de la ligne, à la sollicitation ferroviaire s'ajoute une pollution provenant des éventuelles pertes de matériel des trains, et de la poussière d'acier des rails

I.5 ÉTUDE DE TASSEMENT DU BALLAST

Quand la voie ferrée est chargée par le poids du train, le ballast peut subir une déformation non élastique. Dès que la voie est déchargée, elle ne revient pas exactement à sa position initiale mais à une position près de celle d'origine. Après plusieurs cycles de chargements dusaux passages des trains, les petites déformations non élastiques se seront accumulées dans les parties différentes de la voie qui vont avoir de nouvelles positions. Ce phénomène est appelé le tassement du ballast. Le tassement se produit donc par le chargement cyclique et ça sévéritédépend de la qualité et du comportement du ballast.

Différentes études ont été menées pour étudier le comportement du ballast. Ces études ont utilisé différentes approches : d'un côté nous avons les essais expérimentaux développés

au laboratoire, à partir des essais classiques de la mécanique des sols ou grâce à la confection d'une maquette de voie à échelle réelle. D'un autre côté, nous avons l'approche numérique, qui dans les dernières années a permis de comprendre plus en détail la physique de ce système, grâce à l'utilisation de la méthode des éléments finis ou de la méthode des éléments discrets.

Le tassement du ballast apparait en deux phases :

- Directement après le bourrage, c'est l'étape de densification du ballast. Le tassementest relativement rapide jusqu'à ce que le ballast devienne bien compacté ;
- La deuxième phase du tassement est plus lente que la première phase et la relation entre le tassement et le temps (nombre de cycles de chargement) est plus ou moins linéaire.

Cette deuxième phase est la phase intéressante et le tassement peut être causé par plusieursmécanismes de comportement du ballast :

La continuation de la densification du ballast (après la première phase)
dû auréarrangement des grains produit sous le passage des trains ;

- La pénétration de sol entre les grains de ballast réduit la hauteur de la couche de ballast et par suite change la position de la voie.
- La réduction du volume de ballast due à la détérioration des grains de ballast sous l'action de la charge mobile et des facteurs de l'environnement tels que le gel et la pluie. Les grains de ballast peuvent se diviser en deux ou plusieurs parties ce qui favorise la réduction de volume de la couche de ballast.
- Les fortes contraintes qui se localisent aux points de contact entre les grains font changer la forme des grains, ils deviennent moins anguleux ce qui réduit le volumeoccupe par le ballast.
- Le comportement non élastique après déchargement qui à cause de glissements entreles grains de ballast sous chargement, fera que la déformation ne disparaitra pas totalement après déchargement.
- La migration des grains de ballast qui se trouvent sous le blochet vers des régions moins chargées favorise l'enfoncement du blochet dans le ballast.
- Les mouvements latéral et/ou longitudinal des traverses peuvent causer la sortie des grains de ballast situes sous la traverse et par suite faire enfoncer la traverse de plus enplus dans le ballast.

En bref, le tassement du ballast peut être produit par deux raisons essentielles : la densification du ballast et le comportement non élastiques du ballast.

I.5.1 Approches expérimentales

La plupart des lois de tassement sont déterminées empiriquement grâce à des essais a échelleréelle ou réduite (au laboratoire) plus ou moins compliques. Elles visent généralement la deuxième phase du tassement qui est plus ou moins linéaire. La première phase n'est pas intéressante et très difficile à déterminer car sa durée en nombre de cycles dépend fortement du bourrage.

❖ **Essais triaxiaux**

L'essai à l'appareil triaxial consiste à soumettre une éprouvette de ballast à une pression de confinement latéral (σ_2 - σ_3) et à une contrainte d'écrasement répétée σ_1, La pression de confinement latéral peut être appliquée par le vide ou l'eau. L'éprouvette de forme cylindrique est maintenue par une membrane de latex permettant les déformations latérales et la conservation de la contrainte maximale (σ_1 - σ_3). L'essai triaxial permet de simuler un signal périodique **(sinusoïdal)** el de caractériser le comportement en déformation du ballast avec pour objectif d'adapter une relation aux applications ferroviaires.

Shenton (1978) et Hettler (1987) ont déduit grâce à des essais avec un appareil triaxial, la loide tassement qui est de la forme suivante :

$$\tau_N = \tau_1 [1 + C_N \ln N]$$

Où :

- C_N : est une constante.
- τ_1 : est le tassement obtenu au premier cycle de chargement et
- τ_N : est le tassement au cycle N.

Le ballast utilisé par Shenton a une granulométrie qui s'étale de 13 à 38 mm pour une celluletriaxiale de 230 mm de diamètre et une hauteur inférieure au double du diamètre. Hettler utilise un ballast 25/50 mm et une cellule de 780 mm de diamètre et 450 mm de hauteSoulignons que les essais triaxiaux sont convenables pour des milieux granulaires fins tels quele sable et l'argile, les résultats obtenus sur le ballast avec ce type d'essais peuvent être perturbés.



Figure I.7 : Essai triaxial applique sur le ballast

❖ **Les modèles à échelle réduite**

Guérin [8] a travaillé sur la conception d'un modèle à échelle réduite pour l'identification expérimentale d'une loi de tassement. Cette expérience appelée MICROBALLAST est une maquette d'une portion de voie. Elle est constituée par du ballast respectant le fuseau granulométrique utilisé par la SNCF mais à une échelle un tiers. Le même rapport a été employé pour la magnitude du chargement appliqué. La rigidité du sol simulé est comprise entre 45 et 100 MPa. Cette rigidité peut varier grâce à l'utilisation d'un élastomère de différentes épaisseurs. La maquette est constituée par une caisse d'une hauteur de 400 mm et de section 500 × 500 mm2, avec une couche de ballast de 100 mm sous le blochet, lequel est modélisé par une pièce cylindrique en acier.

Les résultats jusqu'à 800000 cycles mettent en évidence une évolution en deux phases du tassement en fonction du nombre de cycles. La première phase correspond à la densification de la structure ballast, qui dépend de la qualité du bourrage. La deuxième phase correspond au comportement à moyen terme. Cette phase est caractérisée par un incrément du tassement en millimètres par cycle ($d\tau/dN$) constant et par une stabilisation de l'amplitude de la déflexion élastique δ du système. Guérin propose une loi de puissance pour le taux de tassement :

$$(d\tau/dN) = \alpha\, \delta\beta$$

Avec $\alpha \simeq 1.437.10^{-6}$ et $\beta \simeq 2.51$. Le paramètre α semble interpréter la densification de la structure du ballast. Ce paramètre évolue avec l'assemblage granulaire, qui reste constant lorsqu'on arrive à la densité maximale du ballast sous un niveau de chargement spécifié.

Après Guérin, Bodin (2001) propose deux lois de tassement vertical et latéral de la même forme que la loi précédente. Celles-ci ont été identifiées expérimentalement sur un banc d'essai nommé BETTER (Ballast : Essai de Tassement Transversale à Échelle Réduite) a été mis au point. Cet essai avait pour but de caractériser le comportement du ballast sous sollicitation combinée (verticale et horizontale). Il reproduit à échelle 1/3 une portion de voie ballastée entourant une traverse bi-bloc en béton. Cette traverse bi-bloc est posée sur 10 cm de micro ballast contenu à l'intérieur d'une boîte parallélépipédique de dimensions 1.7 m × 0.4 m× 0.5 m.

Les chargements ont été appliqués par un vérin dont on peut faire varier l'inclinaison entre 0° et 30°. Les essais réalisés ont été partagés entre des essais quasi-statiques à faible nombre de cycles et des essais cycliques à grand nombre des cycles (ou essais de fatigue1.8).

Les résultats obtenus mettent en évidence le lien entre l'incrément de tassement et la déflexion verticale δ. La loi de tassement verticale établie pour le banc d'essai BETTER est la suivante :

$$d\tau/dN = 2.1.10^{-6}\, \delta^{1.17}$$

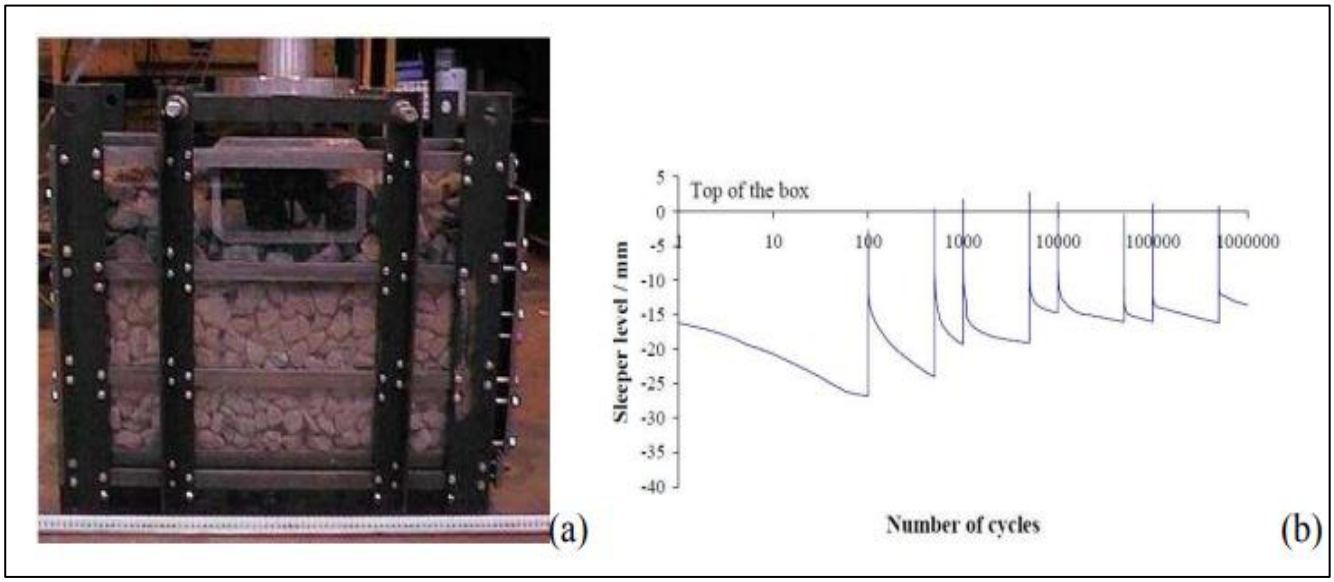
Ces paramètres sont comparables à ceux trouvés par Guérin.



Figure I.8 : Banc d'essais BETTER

❖ **Box test**

Ce type de test fait partie de modèles à échelle réelle, afin d'étudier les phénomènes que se produisent dans cette portion de voie. Une boîte a été conçue pour simuler un échantillon de ballast pendant sa mise en service, les sollicitations dues au trafic et les opérations de maintenance. Cette boîte a pour dimensions 700 mm de longueur, 300 mm de largeur et une hauteur de 450 mm L'épaisseur de la couche de ballast est de 300 mm Le matériau a été soumis à un chargement sinusoïdal, avec une amplitude minimale de 3 kN et maximale de 40 kN, pour un nombre total de cycles de 1 million et une fréquence de 3 Hz. Cette étude a permis de vérifier l'augmentation de la rigidité du système et la



réduction des incréments de tassement après chaque cycle de bourrage.

Figure I.9 :Box Test et Une courbe de tassement obtenue au cours d'un essai [5].

I.5.2 Approches numériques

Deux approches numériques peuvent être envisagées : l'approche par la méthode des éléments finis, adoptée pour les milieux continus, et l'approche par éléments discrets pour la simulation de la dynamique des particules.

❖ Approche milieu continu : méthode par éléments finis

La modélisation par éléments finis a été l'une des premières approches numériques utilisées dans le domaine de la voie ballastée. Ces modélisations avaient pour objectif de prédire l'évolution de la géométrie de la voie produite par le chargement cyclique. Les éléments finis ont permis de dimensionner les couches d'assise de la voie en fonction de la qualité du sol support, en termes de densité et de module d'élasticité.

❖ Approche par la méthode des éléments discrets

les modèles par éléments finis sont très utilisés dans le domaine ferroviaire pour l'étude du comportement de la voie, mais ils présentent des inconvénients majeurs dans le cas du ballast où ce type d'outil ne tient compte ni de sa nature granulaire, ni des caractéristiques propres des particules, ni de son arrangement. Les méthodes par éléments discrets ont la particularité de traiter chaque grain comme un corps rigide ou déformable avec un nombre fini de degrés de liberté. Cette approche donne ainsi accès aux vitesses des grains et aux efforts de contact au cours du tassement du ballast.

I.5.3 Variabilité de la déformation du ballast : tassement différentiel

Un aspect qui n'a pas été traité de manière directe dans les études de l'évolution du tassement, menées par des approches expérimentales ou numériques, c'est la variabilité de la réponse, en termes de tassement du ballast. Cette variabilité a des origines différentes :

– D'une part, les irrégularités de la voie vont générer des fluctuations des efforts statiques et dynamiques, lors de la circulation des véhicules.

– D'autre part, du fait que l'épaisseur de la couche de ballast est constituée par environ une dizaine de diamètres des grains, le tassement est très sensible aux détails de l'arrangement des grains.

Ce constat nous apprend qu'il ne suffit pas de donner une loi de l'évolution du tassement mais qu'il est important de donner une loi probabiliste de tassement qui peut également s'exprimer sous la forme d'une loi de tassement moyen avec une variabilité qui évolue en fonction d'un fuseau de tassements, prenant en compte l'évolution de la distribution des tassements en fonction du tonnage.

I.5.4 les solutions envisageables pour ce phénomène de tassement

❖ **Correction de la géométrie par bourrage-nivellement-dressage**

Le bourrage-nivellement-dressage est une procédure d'entretien de la voie qui permet de restaurer la position géométrique correcte de la voie. Il est réalisé par des machines munies de pioches qui plongent dans le ballast encadrant les traverses. Le processus de bourrage se déroule en deux étapes : d'une part le soulèvement et repositionnement correct d'une portion de la voie dans les trois directions, et d'autre par l'action simultanée de vibration et réarrangement du ballast autour et au-dessous des traverses (Figure I.10).

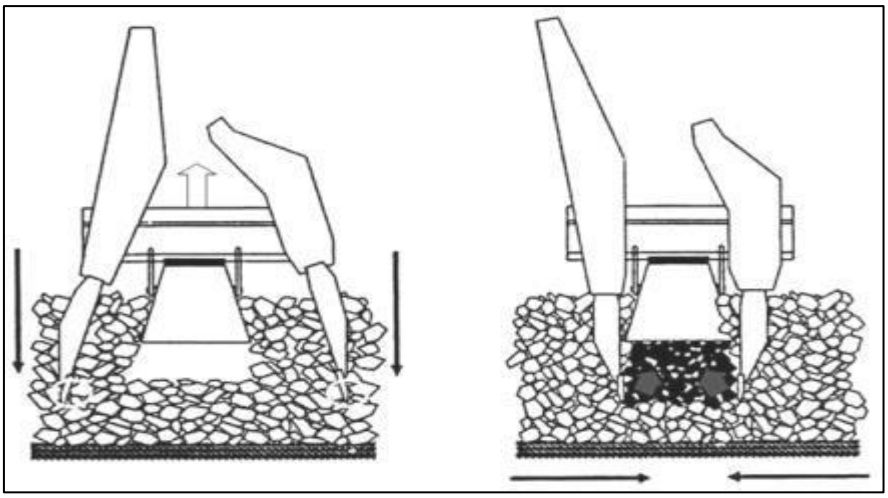


Figure I.10 : Action du bourrage : vibration, plongée et serrage (Selig and Waters 1994)

D'ailleurs, le processus comporte une perte de compactage du ballast, ainsi que de stabilité latérale. Ces pertes sont particulièrement dangereuses dans les courbes. Elles doivent ainsi être récupérées pour garantir la sécurité du trafic : trois solutions différentes existent.

- La stabilisatrice dynamique applique aux rails, par l'intermédiaire de galets à boudins, des vibrations horizontales à 35 Hz, combinées à une charge verticale statique qui est transmise à la couche de ballast (Plasser and Theurer 1993).

- La dameuse utilise une technique différente : la vibration est appliquée directement à la surface du ballast, en correspondance des cases, des banquettes et aux épaulements, par l'intermédiaire de plaques. En plus de compacter le ballast, elle restaure son profil latéral (UIC 2008).

- En absence de l'une de ces deux machines, les premières 100.000 TBC2 de trafic doivent circuler à une vitesse réduite de 80 km/h, avec des évidentes conséquences négatives sur la capacité de la ligne.

I.6 Conclusion

La voie ferrée est une infrastructure de transport soumise à de fortes contraintes techniques garantissant l'efficacité et la sécurité de son exploitation. Elle doit satisfaire des exigences mécaniques et géométriques nécessaires à son bon fonctionnement.

Parmi les éléments qui la composent, le ballast est un élément important. Il répond d'abord aux exigences de résistance, puisqu'il doit résister aux efforts auxquels il est soumis et les transmettre au sol support. Il doit également répondre aux exigences de géométrie primordiales à la sécurité des engins roulants.

La structure ballastée subit donc des chargements importants et répétés ce qui entraine une modification de la géométrie de la voie. Des tassements irréversibles du matériau et des déformations plastiques se manifestent dans la structure. Il est alors nécessaire de réaliser des opérations de nivellement et d'entretien de la géométrie de la voie.

Références bibliographiques

[1]. Gilles Saussine. Contribution à la modélisation de granulats tridimensionnels :application au ballast (2004).

[2]. André-Gilles Dumont , Michaël Tille avec la collaboration de Alan Carter .Voie de circulation

[2]. ALIAS, J. (1984). La voie verrée. Paris

[4]. Juan Carlos Quezada. Mécanismes de tassement du ballast et sa variabilité.

[5]. la norme européenne NF EN 13450 (août 2003). Cette norme remplace à partir dejanvier 2004 la norme française NF F53 - 695.

[6]. W.L. Lim. Mechanics of Railways Ballast Behaviour. PhD thesis, The Universityof Nottingham , mai 2004

[7]. Comportement du ballast sous l'action du bourrage et du trafic ferroviaire THÈSENO 4697 (2010)

[8]. N. Guerin. Approche expérimentale et numérique du comportement du ballast desvoies ferries (1996).

CHAPITRE II :

CHEMINS DE FER EN ALGERIE

CHAPITRE II: CHEMINS DE FER EN ALGERIE

II.1 INTRODUCTION

Le chemin de fer est un système de transport guidé servant au transport de personnes et de marchandises. Il se compose d'une infrastructure spécialisée, de matériel roulant et de procédures d'exploitation faisant le plus souvent intervenir l'humain, même si dans le cas des métros automatiques cette intervention se limite en temps normal la surveillance.

Par métonymie, « chemin de fer » désigne aussi les sociétés exploitantes, souvent appelées autrefois « compagnies ». Les employés du chemin de fer sont les « cheminots ».

L'expression « chemin de fer » est apparue officiellement dans l'ordonnance royale du 26 février 1824 autorisant la construction de la première ligne française à Saint-Étienne. L'adjectif correspondant, « ferroviaire », qui dérive de l'italien ferroviaire, est apparu vers 1911.

Le système ferroviaire est aussi utilisé sous diverses déclinaisons spécialisées : métros, tramways, chemins de fer à crémaillère.

L'infrastructure des chemins de fer est appelée voie ferrée. Elle se compose, la plupart du temps, de deux files de rails posés sur des traverses, d'appareils de voie, passages à niveau, dela signalisation et, le cas échéant, des installations de traction électrique (sous-stations, caténaires, etc).

Le matériel roulant circule communément en convois, appelé trains ou rames. Les convois sont composés de wagons ou de voitures tractées par des locomotives. Il peut également s'agir de rames autotractées, c'est-à-dire incluant leur propre système de traction.

L'humain est au centre des systèmes ferroviaires couramment rencontrés, que ce soit pour la conduite des trains, l'orientation des convois vers leur destination, la sécurisation des voyageurs ou marchandises transportées. Le travail de l'humain est encadré par des procédures. Très tôt, on a légiféré sur le chemin de fer. En France, la loi du 15 juillet 1845 (encore en vigueur) pose les bases de la Police du Chemin de Fer (statut des voies ferrées, servitudes, droits et devoirs des exploitants et des tiers, contrôle des titres de transport, etc.). Depuis, de nouvelles lois et de nombreux règlements sont venus la compléter, en ce qui concerne la sécurité, l'organisation et le service public.

II.2 RESEAU DE TRANSPORT EN ALGERIE

Le transport en Algérie est diversifié vu la superficie de l'Algérie.

Même si quelques régions algériennes demeurent encore isolées en raison de l'absence d'infrastructure routière, le réseau routier algérien demeure l'un des plus denses du continent africain, sa longueur est estimée à 108 302 km de routes (dont 76 028 km goudronnées) et plus de 3 756 ouvrages d'art. L'autoroute Est-Ouest de 1 216 km permet de relier la ville d'Annaba de l'extrême Est jusqu'à la ville de Tlemcen à l'extrême Ouest.

II.2.1 Le transport routier

En Algérie, le transport routier depuis l'indépendance a été l'objet d'un intérêt spécial en raison de l'étendue considérable du territoire, de la forte mobilité de la population et de l'importance des échanges commerciaux entre les régions économiques du pays. Il a évolué graduellement en fonction de la distribution de la population et de ses activités et selon les contraintes de la topographie. Il diminue graduellement vers les Hauts Plateaux et se réduit à un nombre restreint

d'axes dans le Sud.

II.2.1 Le transport portuaire et maritime

Si la mer joue un rôle important dans le transport des marchandises (hydrocarbures, produits chimiques, produits miniers,etc.) ; Plus de 95% des échanges économiques extérieurs de l'Algérie se font par voie maritime, d'où la décision d'engager des programmes d'entretien, de développement et de modernisation de ce secteur.

Les infrastructures portuaires se composent de 40 ports dont : 11 ports mixtes (pêche, commerce, hydrocarbures); 03 ports spécialisés en hydrocarbures (SKIKDA, BEJAÎA et ARZEW); 26 ports abris de pêche (dont 06 à l'intérieur des ports de commerce); 01 port de plaisance (SIDI FREDJ).

Les activités portuaires hors hydrocarbures sont importantes à Alger (30 % du total) ; les ports situés à l'Est (Annaba, Skikda, Béjaia) traitent ensemble 50 % de ce trafic et à l'Ouest les ports d'Oran et de Mostaganem en traitent 20 %. Les ports d'Arzew/Bethioua sont affectés exclusivement au transport des hydrocarbures.

Malgré la situation apparemment satisfaisante, au point de vue des capacités de nos ports, certains d'eux ont une conception en général ancienne non adaptée aux normes du trafic moderne et à la taille des navires marchands.

II.2.2 Le transport aéroportuaire

L'Algérie dispose de 53 plates-formes nationales dont 12 aérodromes de classe internationale notamment Alger (Houari Boumediène), Annaba, Constantine, Tlemcen et Oran. ; 10 de classe nationale, 10 de classe régionale et un aérodrome à usage restreint dans le sud de l'Algérie.

Les services internationaux réguliers sont quasiment assurés à partir des 4 principaux aéroports du Nord : Alger, Oran, Constantine et Annaba et couvrent l'Europe, les pays du Maghreb, le Moyen- Orient et l'Ouest de l'Afrique.

Les capacités aéroportuaires actuelles sont suffisantes sauf pour une partie de la zone des Hauts-plateaux et l'extrême sud. Les investissements en cours de réalisation nécessitent des actions de renforcement et de développement des capacités pour les aires de mouvement de certains aérodromes existants.

II.2.3 Le transport ferroviaire

Il joue un rôle important pour la desserte des ports et des grands centres urbains de la bande côtière. Il a évolué en rapport avec les activités agricoles, minières et industrielles, lacroissance et le déploiement des populations et en réponse également à des exigences de défense nationale. Les lignes principales sont proches de la côte et pratiquement parallèles à elle, mais le réseau comporte aussi des ramifications reliant des zones moins développées ainsi que des pénétrantes desservant les gisements miniers. Il existe également un trafic important de banlieue au niveau des principales villes du Nord, Alger, Annaba et Oran.

II.3 LE CHEMIN DE FER

Les systèmes ferroviaires nécessitent une infrastructure particulière appelée voie ferrée. Les véhicules sont guidés par une ou plusieurs files de rails fixés sur des traverses au moyen, en France, de tirefonds. Le ballast est une couche drainante sur laquelle reposent les traverses. Il permet d'affiner la géométrie de la voie, par exemple pour créer un dévers en courbe. Les

véhicules étant guidés par les rails, ils ne peuvent pas changer de direction sans utiliser une installation particulière. La plupart du temps il s'agit d'un aiguillage, manœuvré soit à pied d'œuvre soit d'un poste d'aiguillages.

Le matériel ferroviaire, de par sa technique de roulement, ne peut pas monter ou descendre de pente trop importante, ni effectuer de courbe trop prononcée. Pour s'adapter au terrain, la construction des lignes de chemin de fer a nécessité l'établissement d'Ouvrages d'art : ponts, viaducs et tunnels. La voie peut aussi croiser la route à un passage à niveau.

La distance entre les deux rails de roulement (cas le plus fréquent) est appelée écartement. Elle est mesurée entre les faces internes du rail. L'écartement le plus communément répandu est celui de la voie normale : 1,435 m (standard UIC). Au-delà, on parle de voie large, en dessousil s'agit de voie étroite.

Certains trains sont mûs par de l'électricité et nécessitent des infrastructures spécifiques dès lors qu'ils ne fournissent pas eux-mêmes leur énergie. Dans la majorité des cas, cette alimentation en énergie se fait par une caténaire suspendue au-dessus des voies, le train venant capter le courant grâce à un pantographe ou une perche. Les métros et certains pays (Angleterre) utilisent un troisième rail latéral : le captage est alors assuré par des patins. D'autres systèmes utilisent un troisième rail central, par exemple le nouveau tramway de Bordeaux.

Dès lors que deux trains peuvent circuler en même temps sur une ligne commune, il est nécessaire d'établir des règles de circulation afin de garantir la sécurité. Comme sur route, une signalisation a été mise en place ainsi que des systèmes de prévention des risques ferroviaires. Un de ces systèmes est le cantonnement, qui interdit à un train d'entrer sur une section de ligne où se trouve déjà un autre train.

Comme tout transport en commun, les trains ne s'arrêtent pas n'importe où. Les voyageurs prennent le train dans une gare pour descendre dans une autre, parfois après avoir eu à effectuer des correspondances. Les marchandises sont chargées sur des wagons dans une gare de fret ou sur un embranchement particulier. Elles changent de direction dans des triages. Les containers sont chargés et déchargés à un terminal de transport combiné.

Les infrastructures ferroviaires nécessitent un entretien constant. Il s'agit d'opérations diversifiées, dont la nature dépend de la nature de la voie elle-même et des conditions dans lesquelles elle se trouve implantée : déneigement, Renouvellement Voie Ballast, inspection des ouvrages d'art, désherbage, etc...

II.3.1 Historique du chemin de fer en Algérie

L'histoire des chemins de fer algériens commence en 1857 durant la colonisation française de l'Algérie avec la construction de 5 014 km de voies ferrées. Depuis l'indépendance du pays, ce réseau a beaucoup évolué : déclassement de tronçons, construction de nouvelles lignes, doublement de voies, électrification de certains tronçons. Sa longueur est de 4 498 km.

Le 30 juin 1959, l'État français et l'OCFA signent une convention créant la Société nationale des chemins de fer français en Algérie (SNCFA).

La Société nationale des chemins de fer français en Algérie devient la Société nationale des chemins de fer algériens (en gardant le même sigle SNCFA) le 16 mai 1963. Le matériel français est conservé mais, rapidement, des commandes de locomotives et de voitures, provenant des Pays du bloc soviétique, complètent le parc.

En 1975, le révolutionnaire Trans-Maghreb Casablanca-Oran-Alger-Tunis, entièrement composé d'un nouveau matériel INOX construit en France, est mis en service. Mais très rapidement, des problèmes politiques entre les États traversés provoquent sa limitation puis son arrêt définitif dans les années 1980.

Le 31 mars 1976 à la fin de la concession de l'État français, l'état algérien divise la SNCFA en trois organismes distincts, La Société nationale des transports ferroviaires (SNTF), la société nationale d'études et de réalisations de l'infrastructure ferroviaire (SNERIF) et la société d'engineering et de réalisation des infrastructures ferroviaires (SIF).

Un nouveau programme d'investissement permet la réalisation de 203 km de nouvelles lignes, le doublement de 200 km de voie sur la rocade nord et le renouvellement de 1 400 km de voieet ballast.

En 1986, la crise financière poussera à la dissolution de la SNERIF et de la SIF dont les prérogatives sont reprises par la SNTF qui changera de statut en 1990 pour devenir un EPIC.

À la fin des années 1990, la SNTF exploite un réseau de 3 500 km.

En 2005, l'agence nationale d'études et de suivi de la réalisation des investissements ferroviaires (ANESRIF) est créée pour gérer un nouveau programme d'investissement publicavec l'objectif de porter le réseau à 12 500 km en 2025.

En 2010, 315 km de nouvelles voies sont ouverts (Bordj Bou Arreridj à M'Sila, Ain Touta à M'Sila, nouvelle ligne de Béchar), les lignes de banlieue d'Alger ont été électrifiées.

En 2015, sur un programme de 2 300 km de nouvelles lignes, 1 324 km sont en travaux dont la majeure partie concerne la partie ouest de la boucle des hauts plateaux.

Le 10 septembre 2018, la mise en service du système de télécommunication ferroviaire GSM-R pour la première fois en Afrique, ce système de télécommunication vise à sécuriser les communications sur un réseau autonome entre le centre installé à Alger et les trains ainsi qu'entre les trains et les opérateurs chargés de l'entretien du réseau.

II.3.2 Avantage de chemin de fer

Le chemin de fer présente plusieurs avantages par rapport aux autres moyens de transporton peut citer :

- Possibilité de remorquer des charges élevées car le contact métal sur métal limite àune faible valeur la résistance au roulement.
- Rapidité et sécurité vis-à-vis des accidents car le dépassement est impossible, absencedes obstacles.
- Un débit supérieur à celui d'une autoroute à 4 voies.
- Coût de transport réduit par rapport au transport routier.
- Transport Non ou peu polluant
- Fluidité du trafic et respect des délais.
- Il garantit aux états leur indépendance énergétique a long terme, si le pays n'utilise pas

d'hydrocarbures pour la production (Pétrole) de gaz ou decharbon pour la produite, et qu'il en détient pas.

II.3.3 Réseau actuel en Algérie

Le réseau des chemins de fer algérien est aujourd'hui parmi les plus modernes en Afrique.

Il sert au transport de personnes et de marchandises. L'ambition des pouvoirs publics est de connecter toutes les villes d'Algérie entre elles par le réseau ferroviaire. Actuellement ce réseau est de 4498Km dont :

- Longueur des lignes en exploitation : 3750Km.
- Longueur des lignes en double voie : 553Km.
- Longueur des lignes en voie unique : 3217Km.
- Longueur des lignes électrifiées : 323Km.
- Nombre de gares en exploitation : 175.
- Nombre de haltes en exploitation : 215.
- Nombre d'Ouvrage d'Art dont l'ouverture est supérieure à 10 m : 553.
- Nombre d'Ouvrage d'Art dont l'ouverture est inférieure à 10 m : 5279.
- Nombre de tunnels : 139. - Longueur des tunnels : 40Km.
- Nombre de passages à niveau gardé : 267.
- Nombre de passages à niveau non gardé : 959.

II.4 CONCLUSION

Le transport ferroviaire est très important pour développer l'économie d'un pays et le plus important que notre pays l'Algérie est entrain de suivre un programme très riche qui va faciliter le transport des voyageurs et de marchandises.

CHAPITRE III :

PRESENTATION DU PROJET

CHAPITREIII : PRESENTATION DU PROJET

III.1 INTRODUCTION

En matière de trafic ferroviaire, la Région joue un double rôle, dont elle est :

- Origine ou destination d'un important trafic local, lié à son activité industrielle et commerciale.
- Une zone de transit du trafic entre l'Est, l'Ouest et le Sud du pays, compte tenu de la structure générale du réseau ferroviaire.

Etant donné que la voie ferrée a toujours tenu un rôle important dans le développement des urbanisations, et compte tenu de l'extension ainsi que de l'évolution du contexte socio-économique de la région, des résultats des enquêtes auprès des opérateurs économiques et des conditions d'exploitation de la voie ferrée nécessite l'augmentation des fréquences et de la vitesse commerciale des trains, ces hypothèses de croissance des trafic voyageurs et de marchandises seront formulées sur le choix d'un nouveau couloir dans le sens de la nouvelle stratégie, afin de maintenir sa vocation à faire converger des flux considérables de biens et de personnes d'une part et d'autre part permet une amélioration de la qualité des transports ainsi qu'une réduction des encombrements sur la ligne projetée.

III.2 PRESENTATION DE LA VILLE MILA

La wilaya de Mila est créé lors du dernier découpage administratif Algérien de 1984, avec la ville de MILA comme chef-lieu de la wilaya 43.

La wilaya de Mila est située dans le Nord-est Algérien à 464 m d'altitude, et à 33 KM de la mer Méditerranée», elle est Limitrophe au Nord des wilayas de Jijel et Skikda, de l'Est par la wilaya de Constantine de l'Ouest par la wilaya de Sétif et enfin du Sud par les wilayas de Batna et Oum el bouaghi.

La wilaya abrite le plus grand barrage d'eau au niveau national, Barrage de beni- Haroun qui alimente une grande partie de l'Est Algérien avec de l'eau potable et de l'eau d'irrigation.

- **Superficie:** Elle s'étend sur une superficie de 9.373 km², et se caractérise par un relief varié, constitué essentiellement de montagnes, de collines au nord et de pleines au Sud.
- **Climat:** humide et Terres Fertiles au Nord et sec et terres semi-arides à arides au Sud de la wilaya ;
- **plan et source d'eau** : la wilaya abrite un important réseau hydrographique composé de rivières et de barrages : barrage béni Haroun, barrage oued el Athmania , et barrage oued Seguène - les rivières ;oueds Rhumel, oued Nadja (oued El-Kebir) sont les principales sources d'alimentation du barrage de beni haroun.
- **Forets:** Un massif forestier riche et varié au nord de la Wilaya ; les Forets de (Terai Beinen ,Tassala et Grarem Gouga).
- **Pluviométrie:** Entre 400 mm au Sud de la wilaya et 750 mm au Nord de la wilaya.
- **Le réseau routier:** Le réseau routier de la wilaya est de 310 kms de routes nationales, 295 Kms de chemins de wilaya et 1522 Kms de chemins communaux.

- **POTENTIALITES ECONOMIQUES:** Sur le plan économique, la Wilaya de Mila est classée comme Wilaya agricole, avec la présence de quelques unités industrielles publiques et privées notamment dans la zone sud de la Wilaya, ainsi que des aires d'échanges commerciaux tel que le renommé marché Hebdomadaire de Tadjnanet et le marché de gros des fruits et légumes de Chelghoum Laid.
- **POTENTIALITES AGRICOLES:** Une superficie agricole utile (SAU) de près de 239.150 hectares représentant plus de 63 % des terres agricoles et bénéficiant d'une pluviométrie de près de 750 mm par an au nord et de 400 mm par an au sud soit 10% de la superficie totale de la wilaya. Les essences dominantes sont le Pin d'Alpe, le Chêne Le patrimoine forestier de la wilaya de Mila couvre plus de 33.394 Hectares représentant liège et le Chêne vert.
- **POTENTIALITES TOURISTIQUES:** La Wilaya de Mila recèle un important potentiel touristique riche et varié : paysages fascinants et magnifique de la wilaya, divers sites et plans d'eau notamment le grand barrage de Béni Haroun qui s'étend sur une superficie d'environ 1000 Hectares, a été choisi en fonction des atouts touristiques majeurs et variés qu'il recèle à découvrir, rajoute à cela une exploitation potentielle des 13 sources thermales naturelle parmi elles le site de Hameme Béni Haroun.

La wilaya de Mila possède aussi divers sites archéologiques, témoins des différentes civilisations qui sont succédés à travers son histoire, parmi ses sites on notera l'ancienne ville de Mila (vieux Mila) la source romaine Ain el bled, el markz, la mosquée de Sidi Ghanem et la caserne romaine a bab el djamaa et beaucoup d'autres sites sont toujours enterrés et n'ont pas encore vus le jour.

III.3 PRESENTATION DU PROJET

Le projet rentre dans le cadre de développement des transports ferroviaires, notamment la modernisation et doublement de voie de la rocade nord.

Il s'inscrit dans le programme complémentaire de soutien à la croissance (PCSC), le tronçon de ligne entre la gare mechta l arbi Chelghoum l'aïd et Telegham.

Du PK 382+000 au PK 394+000.

La ligne est à double voies, ses caractéristiques géométriques lui confère la possibilité d'offrir des vitesses pouvant atteindre les 160 km/h avec des charges à l'essieu de l'ordre de 22 ,5 tonnes et des trains de 1200 mètres de longueur, écartement de la voie standard 1435 mm.



Figure III.1 Situation géographique du tronçon d'étude

III.4 OBJECTIFS GENERAUX

Le présent document a pour objet la description Détaillé de l'infrastructure de la ligne projetée influencée essentiellement par le degré d'automatisation qu'on désire y intégrer, par les normes d'exploitation, par les standards et directives d'exploitation.

L'un des objectifs recherché est d'augmenter les fréquences et la vitesse commerciale des trains, le réseau ferré doit faire face à un trafic relativement important sur l'artère Est – Ouest (Constantine – Alger – Oran).

La projection d'une bonne infrastructure de communication et en concertation avec les autorités locales, contribue au développement du transport ferroviaire de la région.

Le choix d'une alternative pour un couloir donné reste en fonction d'une étude détaillée par rapport à plusieurs critères à savoir :

- Topologie du Terrain.
- Expropriation.
- Coût.
- Rentabilité.

III.5 CONCLUSION

Notre projet consiste à réaliser une étude en APD de la nouvelle ligne e à double voies reliant Chelghoum l'aïd a Teleghma du PK 382+000 au PK 394+000 avec la conception de la gare Mechta l arbi.

CHAPITRE IV :

ETUDE GEOMETRIQUE

CHAPITRE IV: ETUDE GEOMETRIQUE

IV.1 INTRODUCTION

L'étude géométrique du tracé de la voie a 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 a adopté pour cette surface.

Il faut définir géométriquement trois groupes d'éléments du tracé qui sont :

- L'axe en plan.
- Le profil en long.
- Le profil en travers.

IV.2 TRACE EN PLAN

IV.2.1 Définition

Le tracé en plan est la projection sur un plan horizontal de l'axe de la chaussée. C'est une succession de droites, d'arcs de cercle et de courbes de raccordement.

Il vise à assurer de bonnes conditions de sécurité et de confort tout en s'intégrant au mieux dans la topographie du site.

Dans les chemins de fer on trouve deux vitesses caractéristiques, à partir desquelles on pourra définir et déterminer toutes Les caractéristiques géométriques de la voie qui doivent être homogènes pour assurer les conditions de confort et de sécurité :

Vr : vitesse des trains rapides des voyageurs.

Vm : vitesse des trains lents des marchandises.

IV.2.2 Eléments du tracé en plan

Le tracé en plan est constitué de 3 éléments :

- Des Alignements (droites).
- Des arcs de cercle.
- Des courbes de raccordement de courbures progressives.

❖ **Alignement :**

C'est un tracé droit, il est considéré comme étant le meilleur tracé pour le confort Et la sécurité qu'il offre aux voyageurs

❖ **La courbe :**

Par cette appellation, on désigne les courbes dans le plan ainsi que les éléments de transition qui y sont associés (cercle et courbe de raccordement), les paramètres de la courbe sont définis par rapport à l'axe de la voie.

➢ **Arcs de cercles (R=constante)**

Dans les endroits où la topographie ne permet pas de réaliser les alignements, on a recourt aux raccordements circulaires. Vu le poids important des convois, le rayon sera le plus grand possible et sa valeur minimale dépend de la vitesse de base d'où le raccordement entre les alignements se fait avec les arcs de cercles, ces derniers doivent assurer un passage sécurisé et

confortable des trains afin d'éviter le déraillement.

- **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=∞ à la fin de l'alignement jusqu'à une valeur R constanteau début de l'arc de cercle.

Il y a plusieurs types de courbes de raccordement mais la plus utilisable est la Clothoïde qui assure, grâce à sa variation linéaire de courbure, la stabilité et le confort, Elle présente en plus un aspect esthétique satisfaisant.

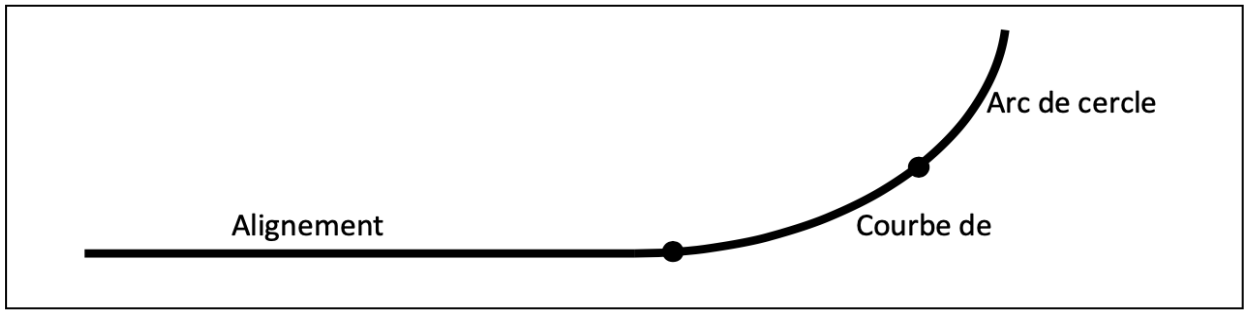


Figure IV.1 éléments du tracé en plan

IV.2.3 Règles à respecté dans le tracé en plan

Pour faire un tracé technico-économique, dans les normes il est recommandé de respecter les règles suivantes :

- Eviter de passer sur des terrains agricoles, des zones forestières et des propriétés privées
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Essayer d'utiliser le maximum d'alignement droit et respecter la longueur minimale.
- Eviter le passage sur les zones de grande importance tel-que les centrales à gaz, des transformateurs électriques.

Notre tracé d'étude est développé à partir des données topographiques et des visites faites sur le site, il est conçu d'une manière à être conforme aux exigences de la nouvelle ligne ferroviare à double voies entre Chelghoum Laid et Teleghma ; en tenant compte des descriptions suivantes :

- Ligne à double voie .
- Trafic mixte voyageur-marchandise .
- Réduction des expropriations des propriétés privées.

IV.3 PARAMETRES DE CONCEPTION DE LA VOIE

Les paramètres basiques de conception ont été adoptés conformément à ceux qui sont fixéspar les normes techniques ferroviaires élaborées par la SNTF, tout en respectant les critères techniques de conception.

IV.3.1 PARAMETRES DE CONCEPTION

Tableau IV.1 Paramètres de conception

Vmax voyageurs (Km/h)	**160**
Vmin marchandises (Km/h)	**100**
Ecartement standard (mm)	**1435**
Rail	**UIC 54**

IV.3.2 PARAMETRES GEOMETRIQUES

Tableau IV.2 Paramètres géométriques de trace en plan (SNTF)

	Normal	Exceptionnel
Vmax (km/h)	160	-
Vmin (km/h)	100	-
Dévers maximal d (mm)	160	180
R_{min}	980	900
Longueurs minimales des alignements (m)	≥Vmax/2 = 80	≥Vmax/3 = 54
Longueurs minimales des pleines courbes (m)	≥Vmax/2 = 80	≥Vmax/3 = 54

❖ **Remarque :**

Pour traverser cette zone avec deux rayons de 1035 m du PK 389+900 au PK392+450 cette section est caractérisée par la présence des contraintes sur les deux cotées : une agglomération à gauche, des grands hangars, mosquée cimetière, des poulaillers …etc. on utilise le cas exceptionnel pour longueurs minimales des alignements (≥V/3) selon SNTF.

Tableau IV.3 Paramètres géométriques de profil en long (SNTF)

			Normal	Exceptionnel
Déclivité maximale		L<3000 m	16 ‰	18 ‰
	Voies generals	3000<L<15000 m	16 ‰ à 13 ‰	18 ‰ à 15 ‰
		L>15000 m	13 ‰	15 ‰
	Gares	-	0	0
Rayon minimal en raccordements verticaux (m)		V=160 km/h	$0.35V^2$= 8960	$0.25V^2$ = 6400
La longueur minimale des pentes uniformes et des raccordements en profil en long (m)		V=160 km/h	V/2= 80	V/2.5= 2.5

IV.3.3 PARAMETRES FONCTIONNELS

Tableau IV.4 Paramètres fonctionnels de trace en plan (SNTF)

		Normal	Exceptionnel
Insuffisance de dévers admissible	I (mm)	150	**160**
Excès de dévers admissible	E (mm)	110	**130**
Limite de la variation de dévers par rapport à la longueur	dd/dl (mm/m)	180/Vmax = 1.125	**216/Vmax = 1.35**
Limite de la variation de dévers par rapport au temps	dd/dt (mm/s)	50	**60**
Limite de la variation d'insuffisance de dévers	**dI/dt (mm/s)**	**75**	**90**

IV.3.4 CONTRAINTES A PRENDRE EN CONSIDERATION DANS LE TRACE

Pour faire un tracé conforme aux paramètres géométriques et fonctionnels du référentiel technique de l'SNTF, il doit être pris en considération certaines contraintes supplémentaires suivantes :

- En profil en long, sauf cas exceptionnel, il ne doit pas y avoir d'interférences entre courbes de raccordement progressif en plan (clothoïde) et courbe de raccordement enprofil en long.
- Au point de changement de pente longitudinale, lorsque la déférence algébrique des deux déclivités est inférieure à 2‰ (peut être porté à 4‰), il est possible de ne pas raccorder les segments.
- En tracé en plan, afin d'éviter que les surcharges et les délestages puissent déstabiliser les circulations et les faire dérailler, la longueur des courbes de transition (clothoïde) sera en fonction du dévers adopté et du taux de variation de dévers admissible, selon la

  relation suivante : $\frac{d}{L} \leq \frac{dd}{dl}$
- La longueur minimale des raccordements de déclivité est de 30 m pour tenir compte des bases de nivellement des bourreuses.

IV.4 Calcul des paramètres et application numérique sur le projet

Pour une vitesse de 160 Km/h, le rayon minimal normal est de 980 m, correspondant à un dévers max de 160 mm, et d'insuffisance de dévers max de 150 mm. Donc tous les rayons du notre tracé doivent être supérieure au Rmin=980 m.

On prend le rayon R=1200 m comme exemple pour calculer les dévers et les différents paramètres correspondant à ce dernier.

- Dévers théorique : $d_{th} = \frac{11.8 * V^2 max}{R} = \frac{11.8 * 160^2}{1200} = 251.73$ mm
- Le coeficient de dévers : $C = 0.006 * V^2_{max} = 0.006 * 160^2 = 153.6$.

La valeur de C doit être un multiple de 15 et doit répondre à la relation suivante :

$0.5 < \frac{C}{0.0118.V^2 max} = 0.55 \leq 0.7$, alors dans ce cas on prend C= 165.

- Le dévers pratique $d_p = 1000 * \frac{C}{R} = 1000 * \frac{165}{1200} = 137.5$ mm on prend dp=150mm
- Insuffisance de dévers : $I = d_{th} - d_p = 251.73 - 150 = 101.73$ mm
- Excès de dévers : $E = d_p - \frac{11.8 * V^2 m}{R} = 150 - \frac{11.8 * 100^2}{1200} = 57.67$ mm
- La longueur de clothoïde : $L_{rp} = \frac{dp}{\frac{dd}{dl}} = \frac{dp}{\frac{180}{Vmax}} = \frac{150}{\frac{180}{160}} = 133.33$ m

  On prend $L_{rp} = 160$ m
- Limite de la variation de dévers par rapport à la longueur : $\frac{dd}{dl} = \frac{dp}{Lrp} = \frac{150}{160} = 0.94$ mm

- La variation d'insuffisance de dévers : $\frac{dl}{dt} = \frac{di}{dl} * \frac{Vmax}{3.6} = \frac{101.73*160}{160*3.6} = 28.26$ mm/s

Ci-dessous le listing des paramètres et des dévers correspondant à chaque rayon qui se trouve sur le tracé du tronçon d'étude :

Rayon (m)	Vitesse KM/H		dth (mm)	C	C adopté	Vérification C	dp (mm)	dp adopté	l (mm)	E (mm)	Lrp (m)	Lrp adopté	dd/dL (mm/m)	dl/dt (mm/s)
	Voy	Mar												
-	-	-	$\frac{11.8xVmax2}{R}$	$0{,}006xVmax2$	-	$\frac{C}{0{,}0118xVmax2}$	1000x(C/R)	-	dth-dp	$dp-\frac{11.8xVmin2}{R}$	dp/dd/dL	-	dp/Lrp	(l*Vmax)/(100*3,6)
1100	160	100	274,62	153,60	165,00	0,55	150,00	150	124,62	42,73	133,33	160	0,94	34,62
500	60	60	84,96	21,60	30,00	0,70	60,00	60	24,96	0,00	20,00	100	0,60	4,16
1200	160	100	251,73	153,60	165,00	0,55	137,50	150	101,73	51,67	133,33	160	0,94	28,26
1200	160	100	251,73	153,60	165,00	0,55	137,50	150	101,73	51,67	133,33	160	0,94	28,26
1200	160	100	251,73	153,60	165,00	0,55	137,50	150	101,73	51,67	133,33	160	0,94	28,26
1200	160	100	251,73	153,60	165,00	0,55	137,50	150	101,73	51,67	133,33	160	0,94	28,26
1035	160	100	291,86	153,60	165,00	0,55	159,42	160	131,86	45,99	142,22	150	1,07	39,07
1035	160	100	291,86	153,60	165,00	0,55	159,42	160	131,86	45,99	142,22	150	1,07	39,07
1200	160	100	251,73	153,60	165,00	0,55	137,50	150	101,73	51,67	133,33	160	0,94	28,26

Tableau IV.5 : récapitulatif des paramètres du la trace

❖ **Remarque :**

Le rayon de la deuxième courbe du tracé est inférieur au rayon minimal (500m<Rmin), en raison d'emplacement de la courbe à l'entrée de la gare de mechta el Arbi avec un branchement de type UIC 54-500-1/12 (tg=0.083) où la vitesse d'embranchement est fixée à 60 km/h.

NB : le tracé est réalisé à l'aide de logiciel AutoCAD 2016, et les plans de tracé en plan et le profil en long sont joints en format A3.

IV.5 CONCLUSION

Les résultats obtenus dans cette étude sont conformes au référentiel de l'SNTF, et tous lesparamètres nécessaires pour la rectification et le dédoublement du tracé afin d'atteindre lavitesse de 160 km/h sont pris en compte.

CHAPITRE V :

ETUDE GEOLOGIUE ET GEOTECHNIQUE

CHAPITRE V : ETUDE GEOLOGIUE ET GEOTECHNIQUE

V.1 INTRODUCTION

L'objet de ce présent chapitre est de décrire d'une manière la plus détaillé possible les caractéristiques géologiques et étudier les conditions géotechniques de la région, dans le couloir de passage du projet de la ligne à double voies relian Chelghoum l'aïd et Teleghma du PK 382+000 au PK 394+000.

V.2 ETUDE GEOLOGIQUE

L'étude géologique nécessaire dans tout projet, pour but de préciser succinctement les terrains rencontrés et leur contexte géologique.

elle nous permet de déterminer les risques (chute de bloc, glissement de terrain, inondation, sismicité, phénomène de retrait-gonflement des argiles, remontée de nappe phréatique, tassement de sol compressible…) qui permet s'avoir les facteurs de stabilité ou d'instabilité des assises géologiques, ainsi de trouver les relations entre les facteurs géologiques, hydrauliques et géotechniques et leurs répercussions sur l'ouvrage projeté.

V.2.1 Contexte géologique du projet

Sur le plan géologique la région d'étude, fait partie des zones externes septentrionales de la chaine des Maghrébides. Elle est caractérisée par un empilement de plusieurs unités géologiques. Les principales formations géologiques rencontrées dans la région sont les suivantes :

- **Alluvions actuelles et récentes des vallées :** dépôts de limons, cailloux roulés au niveau du lit majeur de l'oued et alluvions actuelles, surtout dans les boucles concaves des oueds.
- **Alluvions actuelles et récentes des plateaux :** cailloux roulés, graviers et limons sur les plaines, matériel limoneux ou marneux emporté sur de grandes surfaces
- **Marnes** plus au moins séléniteuses à intercalations de bancs de calcaires, de grés et conglomérats.

Il est constitué par des marnes plus au moins argileuses grises à noires avec des intercalations de quelques bancs de marno-calcaires.

Les terrains constitutifs du site d'assise sont des terrains sédimentaires d'âges quaternaire et miocène continental.

Les formations traversées sont constituées par des dépôts lacustres constitués par des limons, argiles limoneuses jaunâtres sablo graveleuses et des argiles sablo graveleuses.

Afin de prévoir le comportement géotechnique des différentes formations que va traverser le projet d'étude, une analyse des paramètres physico –mécaniques s'avère indispensable.

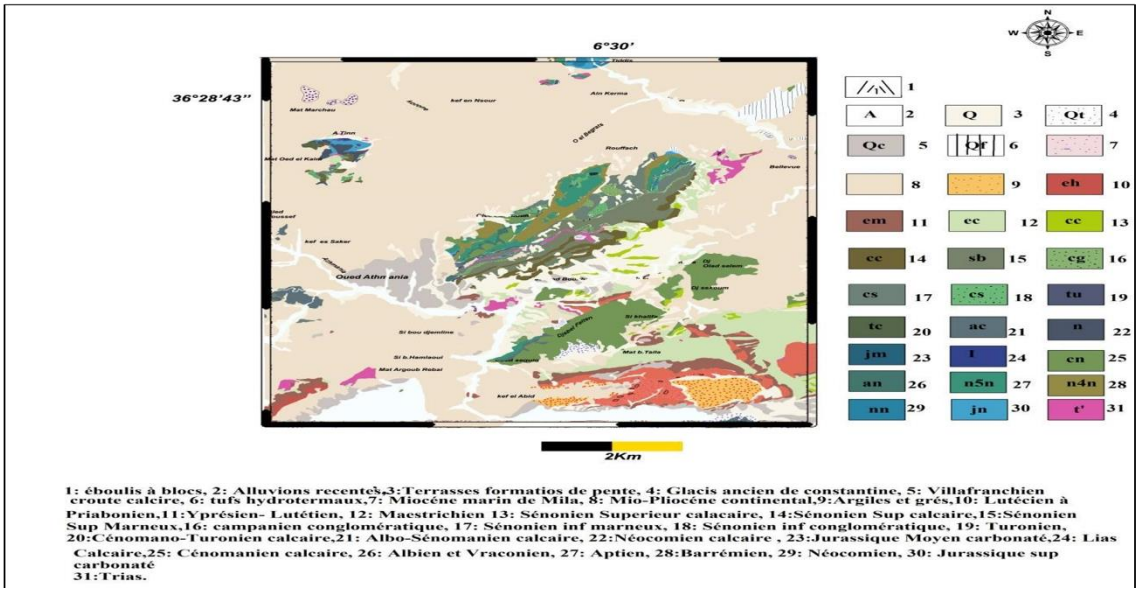


Figure V.1 : Carte géologique couvrant la zone d'étude (extrait de la carte géologique Constantine au 1 / 200000)

V.2.2 CADRE SISMIQUE

D'après le Règlement Parasismique Algérien (RPA 99) publie par le Centre de Génie Parasismique C.G.S, on remarque que la région de la wilaya de Mila s'intègre dans une zone de sismicité moyenne Zone II a. pour les calculs dynamiques des ouvrages, il y'a lieu de se référer au règlement parasismique Algérien.

V.3 ETUDE GEOTECHNIQUE

Les éléments géologiques collectés doivent être complétés par des éléments

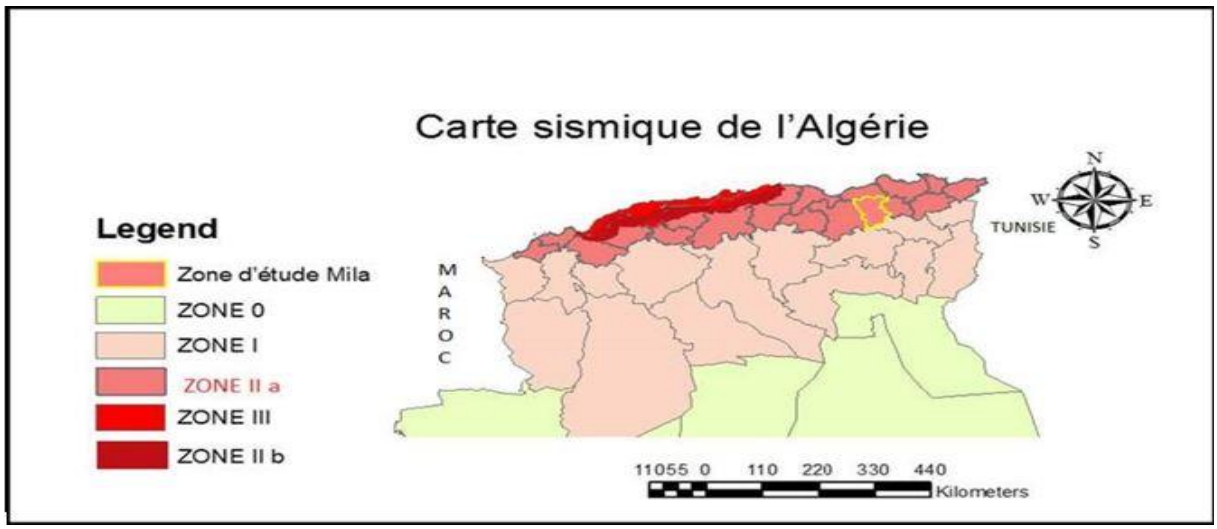


Figure V.2 : Carte sismique de l'Algérie (RPA 99).

géotechniques précis, permettant de comprendre le comportement du sol vis-à-vis des sollicitations extérieures.

A ce stade de la recherche, nous souhaitons connaître les caractéristiques de base du terrain :

Granulométrie, mesures de sédimentation, limites d'Altberg, tests chimiques, humidité naturelle, ces données servira à classer le sol pour permettre de déterminer le classement de la plate-forme nécessaire pour dimensionner la structure d'assise.

En plus du test d'identification, un simple test de compression a été réalisé,

Cisaillement, compression triaxiale, essai de pression, peut calculer : stabilité

Terrassement, tassement sous le remblai et les pentes à donner aux talus de déblais et de remblais.

Enfin, effectuez des tests sur le terrain pour déterminer la capacité la portance des ouvrages

V.3.1 Investigation géotechnique

Cette investigation est basée sur les essais in situ et les essais au laboratoire, pour déterminer les caractéristiques géotechniques du sol en place (physique-mécaniques et chimiques en précisant les risques naturels peuvent affecter le terrain.

V.3.1.1 Essai in situ

- **Puits de reconnaissance**

Les puits de reconnaissance représentent un forage dans la terre permettre d'observer directement en profondeur la nature des formations présentes, d'évaluer l'épaisseur de la terre végétale pour le décapage et de procéder au prélèvement d'échantillons remaniés pour l'identification et la caractérisation géotechnique en laboratoire.

La reconnaissance des sols est une étude in situ avec des essais en laboratoire, qui permet de définir l'ensemble des caractéristiques, physiques, mécaniques et chimiques des terrains en place pour cela, un programme d'investigation a été réalisé par le laboratoire.

V.3.2.1 Essai au laboratoire

Pour les échantillons prélevés on prévoit la réalisation des essais suivants :

- Essais d'identification (Granulométrie, Sédimentométrie, Limites d'Atterberg, teneur en eau naturelle, densité spécifique, essai d bleu VBS)
- Analyses chimiques (Sulfates, Carbonates)
- Essais mécaniques (Proctor modifié, Cisaillement rectiligne et l'essai œdométriques).

❖ **les ouvrages en terre**

Tableau V.1 : Le programme d'investigation pour les ouvrages en terre

Localisation	Type d'ouvrage en terre	Profondeur (m)	Essais in situ	Profondeur (m)	Essais au laboratoire
PK 382+200	Déblai	0.4	1 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche.	3 m	- Essais d'identification - CBR –Analyses chimiques - Essais œdométriques - Essais cisaillement rectiligne.
Pk 383+700	Remblais	1	1 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche.	5 m	- Essais d'identification - CBR –Analyses chimiques - Essais œdométriques - Essais cisaillement rectiligne
PK 385+200	Déblai	11.7	1 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche.	5 m	- Essais d'identification - CBR –Analyses chimiques - Essais œdométriques

PK 386+700	Remblais	8.1	1 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche.	5 m	- Essais d'identification - CBR –Analyses chimiques - Essais œdométriques - Essais cisaillement rectiligne
PK 388+200	Remblais	6.6	1 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche.	5 m	- Essais d'identification - CBR –Analyses chimiques - Essais œdométriques - Essais cisaillement rectiligne
PK 389+700	Remblais	15.5	1 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche.	5 m	- Essais d'identification - CBR –Analyses chimiques - Essais cisaillement rectiligne
PK 391+200	Déblai	1	1 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche.	5 m	- Essais d'identification - CBR –Analyses chimiques - Essais œdométriques

PK 392+700	Remblais	4.6	1 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche.	5 m	- Essais d'identification - CBR –Analyses chimiques - Essais œdométriques - Essais cisaillement rectiligne
PK 393+800	Déblai	0.5	1 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche.	3 m	- Essais d'identification - CBR –Analyses chimiques - Essais œdométriques

❖ **Ouvrage d'Art**

Afin de fournir les données nécessaires pour construite les ouvrage d'art, un programme géotechnique sera établi et donné dans le tableau au-dessous, pour cela on prévoit la réalisation des essais suivants :

➢ **Essais In situ**

- la réalisation d'un sondage carotté de chaque ouvrage avec prélèvement des échantillons intact.

➢ **Essais de laboratoire**

- Essais d'identification (Granulométrie, Sédimentométrie, Limites d'Atterberg, teneur en eau naturelle, densité spécifique, essai d bleu VBS)
- Analyses chimiques (Sulfates, Carbonates)
- Essais mécaniques (Proctor modifié, Cisaillement rectiligne et l'essai œdométriques).

Tableau V.2 : Le programme d'investigation pour les ouvrages d'art

Localisation	Type d'ouvrage	Essais in situ	Profondeur (m)	Essais au laboratoire
PK 383+670	-Passage supérieur	- Sondage carotté avec prélèvement des échantillons intact.	15	- Essais d'identification – CBR - Analyses chimiques - Essais œdométriques
PK 384+640	-Passage supérieur	- Sondage carotté avec prélèvement des échantillons intact.	15	- Essais d'identification – CBR - Analyses chimiques - Essais œdométriques
PK 384+820	-Passage inférieure	Sondage carotté de avec prélèvement des échantillons intact	15	- Essais d'identification – CBR - Analyses chimiques - Essais œdométriques
PK 385+580	-Passage supérieur (pont routier)	- Sondage carotté avec prélèvement des échantillons intact.	15	- Essais d'identification – CBR - Analyses chimiques - Essais œdométriques

PK 386+550	-Passage inférieure	- Sondage carotté avec prélèvement des échantillons intact.	15	- Essais d'identification – CBR - Analyses chimiques - Essais œdométriques
PK 387+380	-Passage supérieur (pont routier	- Sondage carotté avec prélèvement des échantillons intact.	15	- Essais d'identification – CBR - Analyses chimiques - Essais œdométriques
PK 389+890	-Passage inférieure	- Sondage carotté avec prélèvement des échantillons intact.	15	- Essais d'identification – CBR - Analyses chimiques - Essais œdométriques
PK 391+090	-Passage inférieure	- Sondage carotté avec prélèvement des échantillons intact.	15	- Essais d'identification – CBR - Analyses chimiques - Essais œdométriques

PK 391+565	-Passage inférieure	- Sondage carotté avec prélèvement des échantillons intact.	15	- Essais d'identification – CBR - Analyses chimiques - Essais œdométriques
PK 392+510	-Passage inférieure	- Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact.	15	- Essais d'identification – CBR - Analyses chimiques - Essais œdométriques

V.3.2 Campagne De Reconnaissance Géotechnique :

Prédire le comportement géotechnique des différentes formations qui seront traversées Le projet de chemin de fer une campagne d'investigation géotechnique in-situ, consistant à l'exécution des essais suivants :

V.3.2.1 Essai in situ :

La réalisation de 09 puits de reconnaissance chaque 1,5 Km, afin de permettre une reconnaissance des conditions géologiques de la plateforme du tracé.

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau V.2: Les résultats des puits des reconnaissances

Puits	PK	Profondeur (m)	Description lithologique
		0.00-1.00	Argiles marron noirâtres lâches.
		1.00-3.80	Tufs argileux rougeâtres sableux lâches à compactes en profondeur
		0.00-1.00	Argiles graveleuses marneuses.

		1.00-3.00	Tufs argileux sablo - graveleux lâches très humides
		3.00-3.80	Argiles rougeâtres tuffacées compactes.
		0.00-1.50	Argiles marron et noirâtres lâches (terre végétale).
		1.50-3.80	Tufs argileux rougeâtres sableux lâches à très lâches très humides.
		0.00-2.20	Argiles sablo graveleuses à marneuses jaunâtres très lâches.
		2.20-3.60	Tufs argileux jaunâtres sableuses
		0.00-1.10	Argiles marron lâches.
		1.10-1.40	graves grossières d'oued.
		1.40-2.50	Tufs argileux tendres en surface.
		2.50-3.90	Tufs argileux et graves (blocs calcaires), humides.
		0.00-2.10	Argiles noirâtres.
		2.10-3.50	Tufs argileux rouges blanchâtres compactes
		0.00-0.50	Terre végétale
		0.50-1.30	Argiles graveleuses marneuses
		1.30-3.00	Tufs argileux rougeâtres crayeux
		0.00-1.10	Argiles tuffacées rougeâtres lâches.

		1.10-3.60	Tufs argileux graveleux rougeâtres à blanchâtre
		0.00-2.00	Argiles noirâtres lâches.
		2.00-3.50	Tufs argileux rougeâtres crayeux.

❖ **Interprétation des résultats :**

Les coupes lithologiques établies à partir des puits de reconnaissance permettent de distinguer les formations suivantes :

- **Argiles marrons à noirâtres graveleuses** : ce sont des argiles marrons lâches parfois noirâtres, graveleuses avec des niveaux sableux, présentant des débris de coquilles.
- **Argiles marneuses graveleuses :** ce sont des argiles marneuses jaunes sablo graveleuses
- **Tufs argileux lâches avec passages sablo graveleux** : il s'agit des tufs blanchâtres associés à des argiles rougeâtres graveleuses.
- **Alluvions fines à grossières d'oued** : il s'agit de matériaux détritiques des dépressions, constitués par Argiles, limons, sables, graviers et blocs.

V.3.2.2 Essai laboratoire

Des échantillons prélevés lors de l'exécution des puits de reconnaissance, ont été soumis aux essais d'identifications physiques et essais mécaniques suivant :

➢ **Essais physiques**

- **Analyses granulométriques**

L'analyse granulométrique permet de détecter les pourcentages des différentes familles de grains constituant l'échantillon, Elle s'effectue par tamisage pour les grains d'un diamètre supérieur à 80 µm et par sédimentométrie pour les grains les plus fins.

- **Mesure de la teneur en eau naturelle**

Le teneur en eau représente la quantité d'eau contenu dans un échantillon de sol

- **Détermination des limites d'Atterberg (WL, WP et IP)**

Les limites d'Atterberg permettent de détecter les teneurs en eau (exprimées en %) correspondant aux limites des différents états (limite de liquidité, limite de plasticité)

- **Analyse chimiques :** (Sulfates, Carbonates) **.**

➢ **Essais mécanique**

- **Essais Proctor**

L'essai Proctor modifié est un essai qui permet de déterminer la teneur en eau nécessaire pour obtenir la densité sèche optimale d'un sol par compactage

- **Essais CBR**

Est un essai de portance qui donne l'aptitude des matériaux a supporter les charge des remblais et des couche de forme, il permet d'évaluer la traficabilité des engins des terrassements.

❖ **Interprétation des essais en laboratoire**

Unité 1 : argiles marrons à noirâtres graveleuses

- Les analyses granulométriques indiquent un sol fin, car plus de 50% des éléments passent au tamis 80µ.
- Cette formation présente des teneurs en eau naturelles faibles et des densités sèches faibles.
- l'indice de plasticité mesuré est de l'ordre de 35 % avec une limite de liquidité correspondante de 52%.
- Les limites d'Atterberg permettent de classer cette tranche de sol parmi les argiles très plastiques.
- Le sol présente une valeur moyenne de densité Proctor modifiée.
- -Cette tranche de sol présente une valeur faible de l'indice CBR à 95% de compacité. Cet indice est de l'ordre de 4.

En se basant sur la classification des sols selon la norme (NFP 11-300), il s'agit de sols fins de classe A3 (argiles très plastiques) et en classe de portance QS1 selon la classification (UIC).

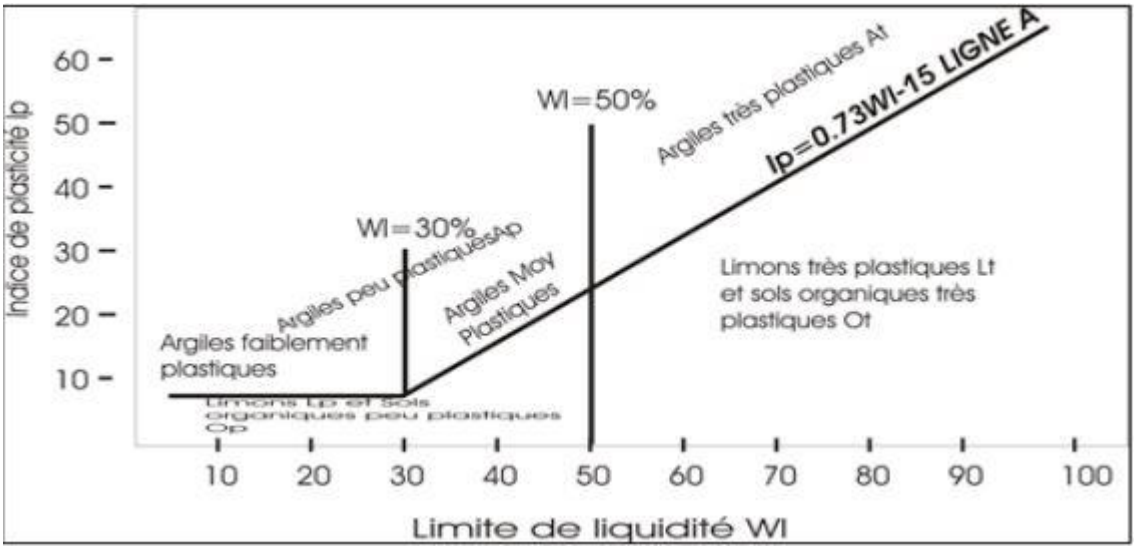


Figure V.1 : Limites d'Atterberg

Unité 2 : argiles marneuses jaunâtres sablo graveleuses

- Les analyses granulométriques indiquent un sol fin, car plus de 50% des éléments passent au tamis 80µ.
- Cette formation présente des teneurs en eau naturelles faibles à moyennes et des densités sèches moyennes
- l'indice de plasticité mesuré est de l'ordre de 21 % avec une limite de liquidité correspondante de 45 à 50 %.
- Les limites d'Atterberg permettent de classer cette tranche de sol parmi les argiles moyennement plastiques à très plastiques
- Le sol présente une valeur moyenne de densité Proctor modifiée
- Cette tranche de sol présente une valeur faible de l'indice CBR à 95% de compacité. Cet indice est de l'ordre de 7.

Les essais oedométriques ont donné des valeurs de :

- Cc = 0.1518 moyennement compressibles.
- Cg = 0.027 sols non gonflants.

Les essais de cisaillement non consolidés, non drainés UU ont donné des valeurs de

- Cuu = 0.35ba.
-
- Φuu = 2°.

- Les analyses chimiques montrent que ces sols présentent un taux de carbonates 29 %.

En se basant sur la classification des sols selon la norme (NFP 11-300), il s'agit de sols de classe A2 à A3 et en classe de portance QS1 selon la classification (UIC).

Unité 3 : Tufs argileux rougeâtres sablo graveleux

- Les analyses granulométriques indiquent un sol fin, car plus de 50% des éléments passent au tamis 80µ.
- Cette formation présente des teneurs en eau naturelles faibles à moyennes et des densités sèches moyennes.
- l'indice de plasticité mesuré est de l'ordre de 21 % avec une limite de liquidité correspondante de 45 %.
- Les limites d'Atterberg permettent de classer cette tranche de sol parmi les argiles moyennement plastiques.
- Le sol présente une valeur moyenne de densité Proctor modifiée.

Cette tranche de sol présente une valeur élevée de l'indice CBR à 95% de compacité. Cet indice est de l'ordre de 6 à 1
Les essais oedométriques ont donné des valeurs de :

- Cc = 0.141 moyennement compressibles
- Cg = 0.032 sols non gonflants

Les essais de cisaillement non consolidés, non drainés UU, ont donné des valeurs de :

- Cuu = 0.27 bars
- Φuu = 4°.

En se basant sur la classification des sols selon la norme (NFP 11-300), il s'agit de sols de classe A2 et en classe de portance QS1 selon la classification (UIC).

V.3.3 Condition d'utilisation des matériaux en remblai

Prenons exemple du tronçon du PK 387+150 au PK 387+980, la donnée géotechnique et les classifications sont interprétés comme suit :

Les investigations réalisées ont donné les résultats synthétisés au tableau ci-dessous :

Tableau V.3 : la classification des sols selon GTR

PK	Echantillon	Wn	Granulométrie				Limite d'Atterberg		VBS	Proctor		Classe GTR
			Dmax mm	**< 5mm**	**< 2mm**	**< 0.08 mm**	**WL**	**IP**		**Wopt (%)**	**γd opm (t/m³)**	
387+150 au 387+980	Ech 01	18.3	>50 mm	36	33	16	37	21	1.98	11.95	1.91	**C1B6 th**

Les matériaux issus des déblais sont classés selon le GTR dans la classe C1B6 état hydrique très humide, sols normalement inutilisable en l'état.

Le matériau issu des déblais peut être réutilisé en remblais sous réserve de l'amélioration de son état hydrique.

NB : pour vérifier la stabilité de talus dans le chapitre de terrassement.

V.3.4 Interprétation des résultats

1 - L'analyse des résultats obtenus, nous font aboutir à une même classification selon la norme (NFP 11-300), il s'agit de la classe A comme premier critère de classification qui regroupe toutes les catégories de sols fins avec pour principales caractéristiques un D max.

(Plus grand diamètre) inférieur à 50mm et un taux de fines supérieur à 80µ dépassant les 35%.

2 -Le second critère de classification où l'on tient compte simultanément de la granulométrie et de la plasticité ou argilosité.

Celle-ci a fait ressortir des matériaux de plasticité égale, la valeur de l'indice de plasticité obtenue pour l'ensemble des matériaux se situe entre 21et 35%

3 - Les valeurs de portance CBR obtenues à 95% de l'optimum Proctor modifié font ressortir des valeurs fluctuantes on relèvera deux niveaux de valeurs.

- **Niveau de portance 1** : avec une valeur d'indice portant Ip = 4 donc<5
- **Niveau de portance 2** : avec une valeur d'indice portant Ip = 7 comprises entre 5 et 10.

Le premier niveau caractérise les sols de classe A sous classe A3.ces sols constituent des matériaux sensibles à l'eau et à plasticité élevée ,qui pour être réutilisées nécessiteraient des traitements associant chaux et liants hydraulique (GTR) dans notre cas ils seront classés en (PST 0) partie supérieure des terrassements niveau 0, soit donc en arase terrassements AR0 qui inévitablement nécessitera selon la position géométrique du profil (déblais / remblais) , soit une substitution de matériau et réalisation d'une couche de forme en matériau granulaire insensible à l'eau avec un drainage efficace à la base de la couche ce qui nous permettra d'accéder à un niveau de PST3 donc une plateforme classée PF3.

Le second niveau de portance obtenu caractérisant les sols classés A2 qui compte tenu de la fraction argileuse qu'ils comportent rendent ces sols très sensibles et nécessitent également la réalisation d'une couche de forme granulaire insensible à l'eau avec drainage efficace à la base ce qui nous placera en PF3.

Les résultats de portance obtenue nous imposent la réalisation d'une couche de forme qui devra assurer une portance suffisante.

V.4 CONCLUSION

La réalisation des essais d'identifications et les essais mécaniques aux laboratoires sur plusieurs échantillons du sol prélevés de nombreuses profondeurs, nous ont permis de faire une classification du sol selon l'UIC 719R :

La classe de qualité du sol support le plus souvent rencontré le long du tracé est enmajorité QS1.

CHAPITRE VI :

SUPERSTRUCTRE DE LA VOIE

CHAPITRE VI : SUPERSTRUCTRE DE LA VOIE

VI.1 INTRODUCTION

Une voie ferrée est constituée par un assemblage d'éléments de caractéristiques physiques et mécaniques différentes qui permettent la transmission à la plate- forme (infrastructure), les charges statiques et dynamiques des roues, pour assurer le bon guidage des roues des véhicules par les deux files de rails à leur trajectoire .

Les éléments constitutifs de la superstructure de la voie sont : le ballast, les traverses, les rails avec leurs accessoires.

VI.2 LES CARACTERISTIQUE DE LA VOIE

Les Caractéristiques de la voie ferrée adoptées par SNTF sont :

- L'écartement des rails.
- La longueur des rails en voie.
- Le type de rail utilisé (poids, longueur, section).
- Le mode de fixation des rails aux traverses.
- Le type et la densité des traverses.
- Le support (ballast ou béton).
- La charge admise par mètre courant ou à l'essieu.
- La vitesse des trains.
- Le tracé en plan (rayons de courbure et dévers).
- Le profil en long (pente ou rampe

VI.3 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.

VI.4 ROLE DE LA VOIE

La voie a pour rôle deux fonctions principales :

- Supporter et guider le matériel ferroviaire.
- Transmettre et guider les charges des essieux au sol naturel qui doit se faire sans déformation sensible de ce dernier.

VI.5 LES COMPOSANTES DE LA VOIE

La voie ferrée se compose de rails, mais aussi de traverses, d'attaches et du ballast. Ces éléments, qui remplissent chacun un rôle précis, constituent la superstructure de la voie ferrée.

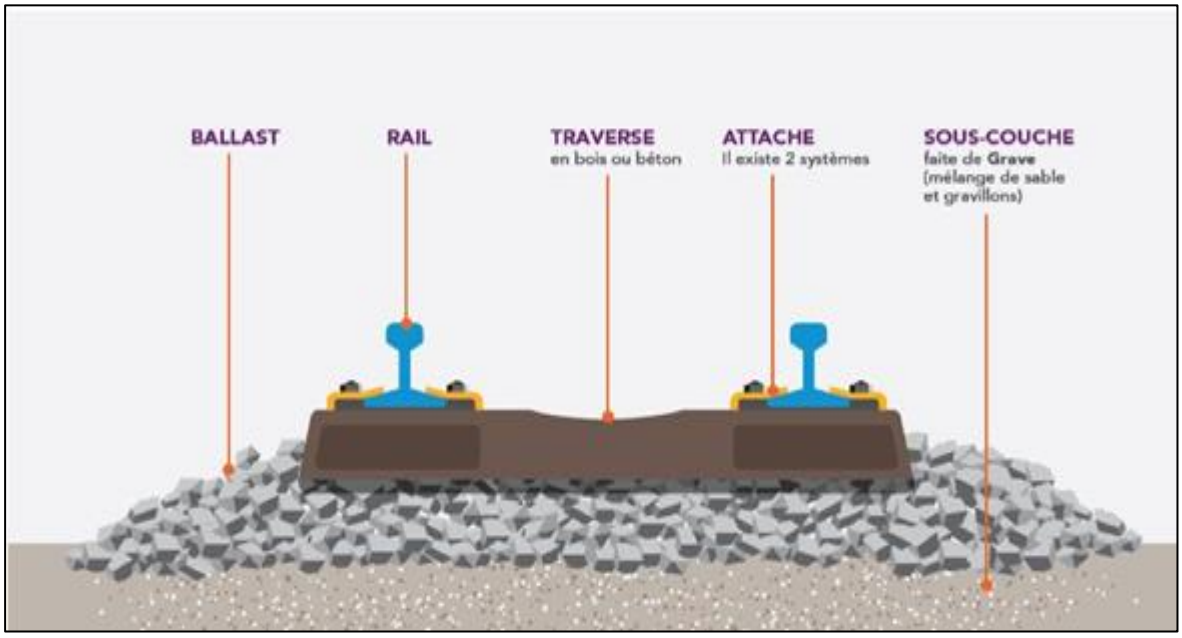


Figure VI.1 les constituants de la voie ferrée

❖ **Remarque**

Le ballast, la sous couche et la plateforme sont détaillés dans le chapitre assise ferroviaire, dans ce chapitre on va voir les traverses, les rails et les attaches.

VI.5.1 LE RAIL

Le rail est un élément linéaire en acier, doté d'un profil particulier. La mise en parallèle de deux files de rail crée une voie ferrée. Qui sont inclinés vers l'intérieur selon une pente de 1/20 en vois normale pour stabiliser le centrage des roues du train. La longueur des rails est de 18m ou 36m.

VI.5.1.1 Type des rails

Selon leur géométrie, les rails se divisent en trois types dont on distingue :

- **Le rail Vignole :**

Ce type est généralement utilisé pour le cas des trains de transport de marchandise et de transport de voyageur à longue distance. Le profil est composé de : **Champignon** ; **Ame** ; **patin.**

- **Le patin** : qui s'appuie sur la traverse
- **Le champignon** : qui constitue le chemin de roulement
- **L'âme** : qui relie le champignon au patin pour supporter la charge



Figure VI.2 : Le rail Vignole

- **Le rail a gorge :**

Ce type est utilisé pour les tramways. Il est constitué d'unegorge qui reçoit le boudin de la roue, car la voie est encastrée dans la chaussée routière.

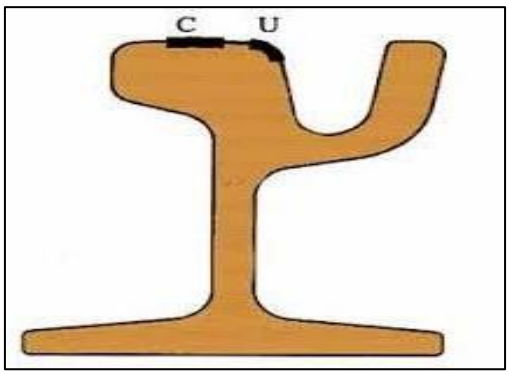


Figure VI.3 : Le rail a gorge

- **Le rail à double champignon**

Le rail à « double champignon symétrique »avait été conçu pour permettre de retourner le rail usé et donc doubler sa durée de vie.

Le défaut de ce système était que lorsque lerail était retourné, il était déjà abimé (poinçonnements dû à l'écrasement au niveau des berceaux). Ce principe a été abandonné.

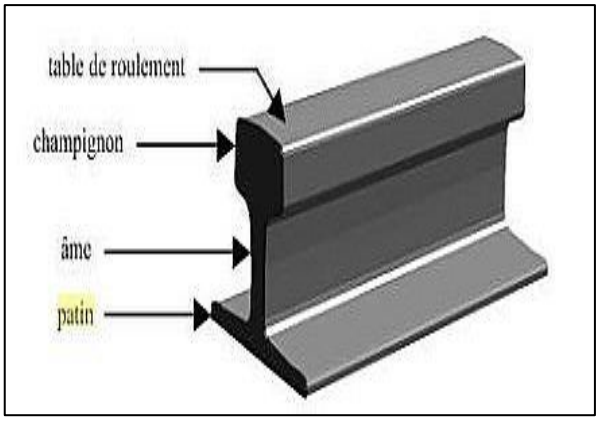


Figure VI.4 : Le rail à double champignon

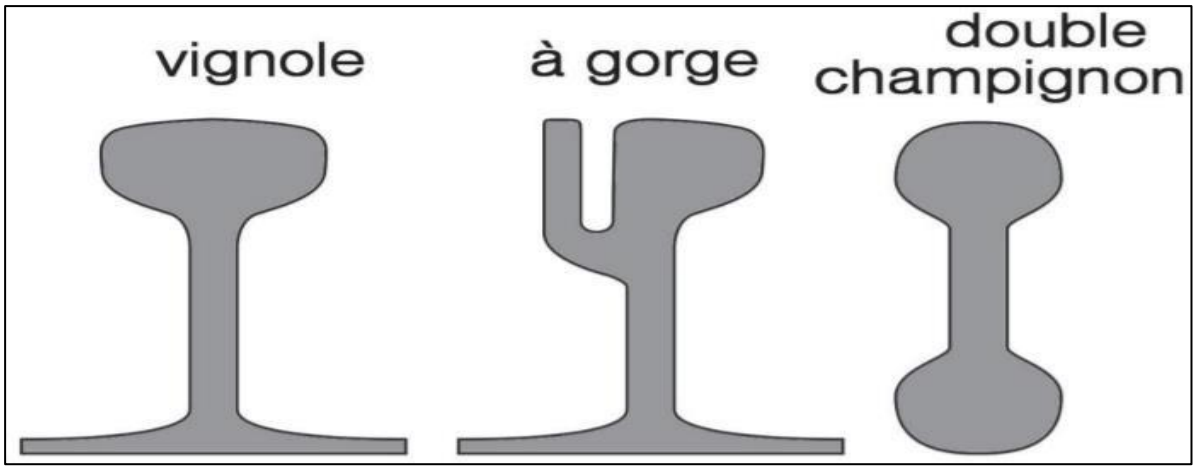


Figure VI.5 Les trois profils type des rails

❖ Cas de notre projet

type du rail utilisé pour la ligne étudiée :on adopte des rails Vignole UIC 54(a environs 54.43Kg /ml du rail).Il se caractérise par une base élargie qui permet une fixation facile surles traverses, il est fixé soit directement sur les traverses, soit par l'intermédiaire de selles métalliques.

- **Propriétés spécifiques des rails UIC 54**

Le profil : c'est la coupe transversale du rail qui peut comprendre les trois partiessuivantes :

- **Le champignon :** c'est la partie supérieure du rail, qui est caractérisé par sa largeur, sa hauteur, le bombement de sa table de roulement et l'inclinaison de ces forces latérales.

  La largeur du champignon doit être choisie pour permettre :

  - Une marge d'usure latérale suffisante dans les courbes de faible rayon.
  - Un effet de frettage dans les zones ou se produisent les contraintes dues au contact rail-route.

- **L'âme et portée d'éclissage :** leur tracé est caractérisé par l'épaisseur de l'âme, la forme des congés de raccordement avec le champignon et le patin, et l'inclinaison des portées d'éclissage.

  L'épaisseur de l'âme doit tenir compte des efforts de déversement et les efforts tranchants qu'elle supporte et des sollicitations élevées qui se développent au voisinage des trous d'éclissage.

- **Le patin :** caractérisé par sa largeur et par l'épaisseur et la forme des ailes, qui sont essentiellement fixées par des considérations d'équilibrage entre la section du patin et celle du champignon et par les possibilités du laminage, sa largeur conditionne la rigidité du rail dans le plan horizontal et détermine le taux de compression sur les traverses.

- **Caractéristiques géométriques et mécanique du rail UIC 54 :**

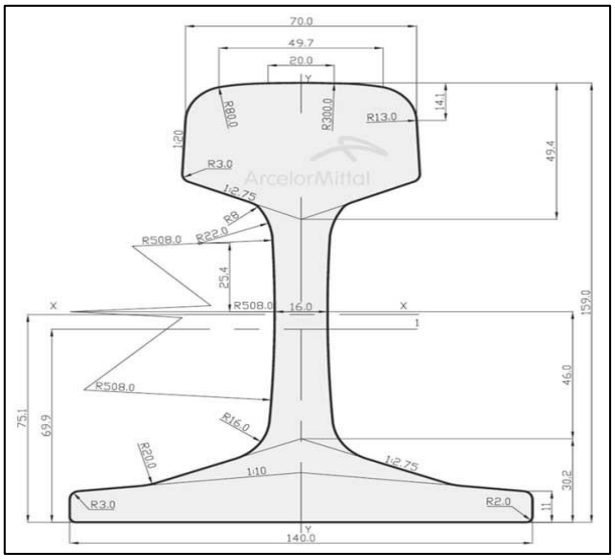


Figure VI.6 : profil de rail UIC 54

  - Hauteur H=159 mm
  - Largeur de table de roulement l=70mm
  - Epaisseur de l'âme E=16mm
  - Largeur du patin L=140mm
  - Poids métrique P=54.43k
  - Degré de l'acier : 260 (Carboe-manganèse)
  - Résistance à la traction : R ≥ 880 N/mm2
  - Dureté : 260/300 HBW
  - Allongement : A ≥ 10%
  - Section F=69.34cm^2
  - Moment d'inertie par rapport à l'axe horizontal I_X=2.346cm^4
  - Moment de résistance par rapport :
    - Au champignon : Wxk=297.3cm ^{3}
    - Au patin : Wxf=312.8cm^3
    - A l'axe vertical y-y : Wy=59.6cm^3
  - Elancement : E=1.14
  - Equilibrage thermique : a/b=1.67 où :
    - **a** : est l'entraxe des trous centraux d'éclisse
    - **b** : la distance entre l'about du rail et l'axe de son premier trou.
  - Les longs rails soudés sont les plus souvent constitués des rails de 18ou 36m.

VI.5.1.2 Assemblage des rails

Il existe deux modes d'assemblages des rails, l'éclissage et la soudure :

- **Eclisse**

Une éclisse est un composant de la voie ferrée, il s'agit d'une pièce métallique fixée par des boulons sur les rails, elle permet de faire la liaison entre deux rails consécutifs. Elles sont souvent utilisées à proximité des aiguillages.

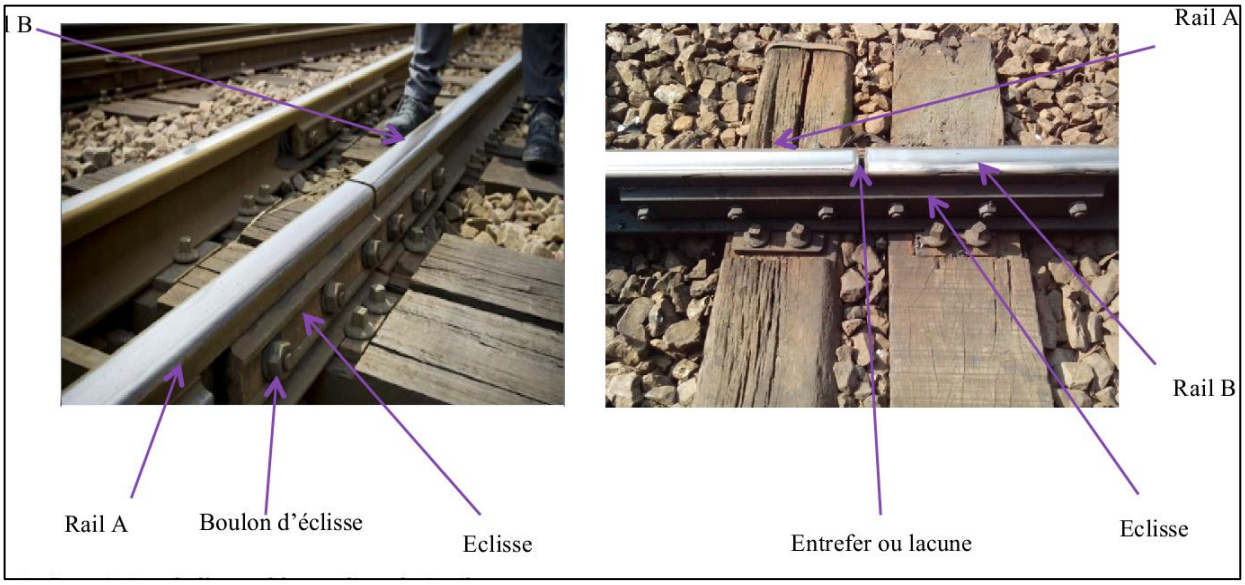


Figure VI.7 : Figure Assemblage des rails par éclissage

L'éclissagedoit satisfaire aux conditions suivantes :

- Relier les rails de façon à qu'ils se comportent comme une poutre continue en alignement et en nivellement,
- Avoir la même qualité d'acier que le rail, c'est-à-dire avoir une résistance à la déformation qui approche d'aussi près que possible celle des rails qu'il assemble
- Empêcher les mouvements verticaux des extrémités des rails l'une par rapport à l'autre, tout en permettant la dilatation

- **Soudures** : après fabrication, les rails de 18 à 36 mètre sont transporté par des trains, vers des ateliers de soudage électrique, l e soudage électrique permet de réaliser des long barres soudées dites « **LRS : long rail soudés** » qui , transportées par des véhicules spéciaux (train en général) , seront déposée sur des voie soit en construction neuve ,soit sur de long portion en réparations ,Ces LRS constituent des unités élémentaire assez long (400 mètre) que seront ultérieurement soudées entre elle par des soudure aluminothermique



Figure VI.8 Soudure des LRS

❖ **Cas de notre projet**

On a utilisé le système LRS

❖ **Avantages et inconvénient des LRS**

- Suppression de l'éclissage boulonné.
- Réduction des dépenses d'entretien.
- Réduction des défauts et avaries de rails.
- Amélioration du confort.
- Réduction de l'usure de la superstructure et des véhicules.
- Réduction des dépenses énergétiques de traction.
- Une mécanisation plus facile de la pose et de la maintenance de la voie.
- Une réduction du bruit et les émissions sonores.

Toute foies les LRS présentent aussi des inconvénients dans l'entretien et la technique de pose puisqu'il faut contrôler couramment les différents aspects qui peuvent nuire aux rails comme :

- Imperfections initiales ; défaut de la soudure et de construction,
- Efforts longitudinaux importants.
- Résistance latérale affaiblie et d'autre cause font apparaitre des défauts de dressage latéraux.
- Glissement latéral et flambage de la voie.

VI.5.2 LES TRAVERS

Les traverses sont le système sur lequel repose les deux files de rail, elles assurent la transmission des efforts encaissés par les rails au ballast, et assurent au même temps le maintien de l'écartement entre les deux rails. D'après la SNTF la disposition des traverses sur le long de la voie est généralement entre 1666/1667 traverses/Km.

VI.5.2.1 Le rôle des traverses

Les traverses jouer un rôle important réside dans :

- Maintien l'écartement des deux files de rail.
- Reprise des efforts latitudinaux et transversaux résultant de la dynamique des véhicules.
- Transmission des charges au ballast.
- Maintenir de l'inclinaison du rail 1/20 de rail.

VI.5.2.2 Les types des traverses

On distingue trois différents types de traverses :

Traverses en bois ou en métal, en béton (béton bi-bloc ou mono bloc).

- **Les traverses en bois** :

Utilise généralement au niveau des appareils de voie



Figure VI.9 : travers en bois

- **Les traverses en métal**

Les traverses en acier sont des produits industriels, elles sont constituées d'un laminé en forme de U renversé, elles s'enfoncent dans le ballast pour qu'elles s'opposent aux déplacements transversaux de la voie. Elles sont légères (environ 80 Kg) et facile à poser



Figure VI.10 : traverse en acier

➢ **Les traverses en béton**

- **Bi-bloc** : deux blocs sont reliés par une entretoise en acier pour maintenir l'écartement

  Monobloc : poutre en béton précontrainte elle offre une meilleure résistance à la flexion que la traverse bi-bloc et une meilleure répartition des charges verticales.



Figure VI.11 : Traverse bi-bloc en béton armé

VI.5.3 LES ATTACHES

L'attache est un matériel de fixation et un appareil constitué d'un crapaud qui est maintenu par un écrou accroché dans la traverse, elle sert à fixer le rail sur cette traverse pour l'empêcher de tout déplacement.

Il existe plusieurs types et techniques d'attache, selon le type de traverses.

VI.5.3.1 Le rôle des attaches

- Assurer le serrage du rail sur la traverse
- Absorber les efforts longitudinaux et dynamiques au passage des trains
- Assurer le positionnement du rail sur la traverse
- Conserver un effort de serrage suffisant malgré les vibrations dues aux circulations

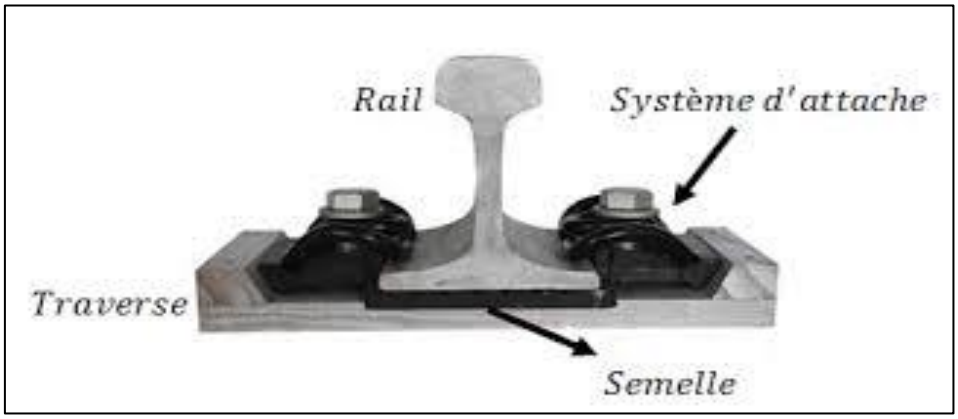


Figure VI.12 : Liaison rail-traverse

VI.5.3.2 Les types d'attaches

Il existe plusieurs types et techniques d'attache, selon le type de traverses.

❖ **Cas de notre projet**

Pour notre projet l'attache utilisée est une attache élastique de type NABLA.

➢ **L'attache de type NABLA**

La plus utilisée actuellement est constituée par un crapaud (lame-ressort) maintenu par un écrou (tirefond) vissé sur une tige filetée dans des encoches accrochées dans le blochet.





Figure VI.13: Attache élastique de type Nabla

VI.5.4 APPAREIL DE VOIE

Les appareils de voie sont des dispositifs de guidage permettant le passage d'une voie à une autre en assurant la continuité des voies par extension. En effet, le conducteur d'un train n'ayant aucune maîtrise de la direction prise par le convoi, ce sont les appareils de voie qui sont chargés de le guider et de l'orienter de façon mécanique et passive ; Il peut être commandé automatiquement ou manuellement depuis un poste d'aiguillage ou bien à pied d'œuvre (sur le terrain) par une personne habilitée.

VI.5.4.1 Types d'appareils de voie

Parmi les appareils de la voie, on distingue :

➢ **Les branchements**

Permettent à l'itinéraire de se ramifier en deux, ou exceptionnellement en trois autres.
Le branchement simple se compose de 03 parties en générales **:**

- Partie **aiguillage** (qui comprend essentiellement les aiguilles mobiles)
- Partie **intermédiaire** (assimilable à la voie courante)
- Partie **croisement** (qui comprend essentiellement le cœur de croisement) ; Au niveau du cœur il existe une lacune dans la continuité des rails qui permet le passage des roues mais où le guidage n'est plus assuré. On utilise des contre rails pour rétablir ce guidage.

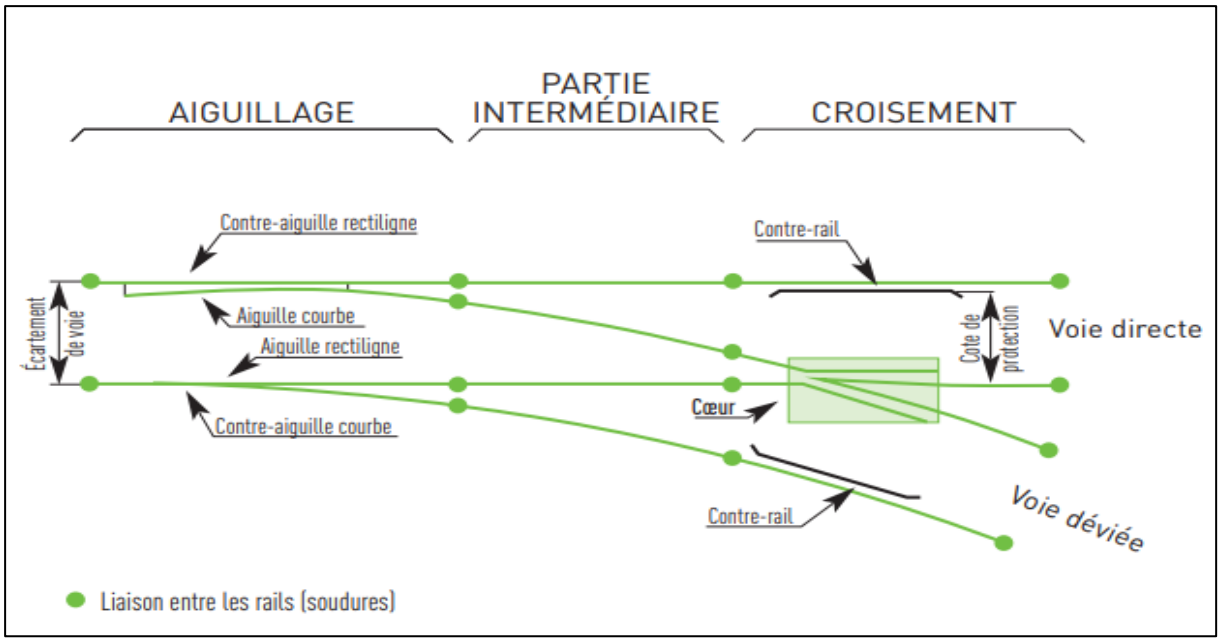


Figure VI.14 : Liaison entre les rails

- **Constitution d'un branchement**

Autre que le branchement simple il existe deux autres

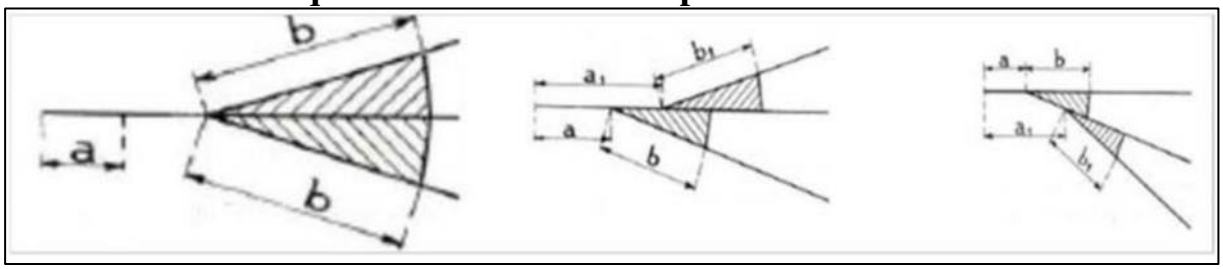


Figure VI.15 : Branchement double symétrique et asymétrique

- **L'application de différents types de branchement**

Il y'a deux critères pour choisir le type du branchement :

- En fonction de la vitesse de l'embranchement
- En fonction du tracé

Le tableau ci-après montre les cas d'application des types de branchement plus courante dans notre pays en fonction de la vitesse de branchement :

Tableau VI.1 : Vitesse et type de branchement

Domaine d'emploi du branchement	Vitesse(Km/h)	Type de branchement
• **Dans le réseau des zones industrielles.** • **Dans le réseau d'embranchement Particulier.**	**30**	140- 1/6 tg (0,167)
• **Dans les faisceaux de classement, remisage, voie de nettoyage et toutes les voies de manœuvre**	**40**	190- 1/7 tg (0,143) 190- 1/9 tg (0,111)
• **Comme branchement d'entrée et de sortie de voies de quais les trains de voyageurs.** • **Dans le faisceau de transfert de la a garede marchandises.**	**50**	300- 1/9 tg (0,111)
• **Dans la voie de circulation des trainsmarchandises**	**50**	**300- 1/9 tg (0,111)**
• **Comme branchement d'entrée et de sortie des voies de quai utilisées par les trains de banlieue ou de voyageurs.** • **Dans les communications des voies de ligne.** • **Dans la bifurcation d'une voie de ligne** • **Comme branchements d'entrée et de sortie des gares.**	**70**	**500- 1 /12 (0,083)**
• **Bifurcation d'une voie de ligne**	100	**1200-1 :7 (tg=0,054)**

➢ **Les traversées**

On distingue **:**

❖ **La traversée oblique ordinaire**

Elle permet l'intersection de deux voies en alignement ou en courbes de même rayon (cas de l'enroulement) l'intersection se fait sous un angle compris entre 6°et 90°.
La traversée oblique ordinaire est constituée d'une traversée proprement dite, de deux croisements. Elle comporte également deux groupes de quatre files de rails intermédiaires. Les différentes parties d'une traversée oblique sont dites à droite ou à gauche suivant leurs positions par rapport à un observateur situé au centre et dirigé suivant l'axe longitudinal.

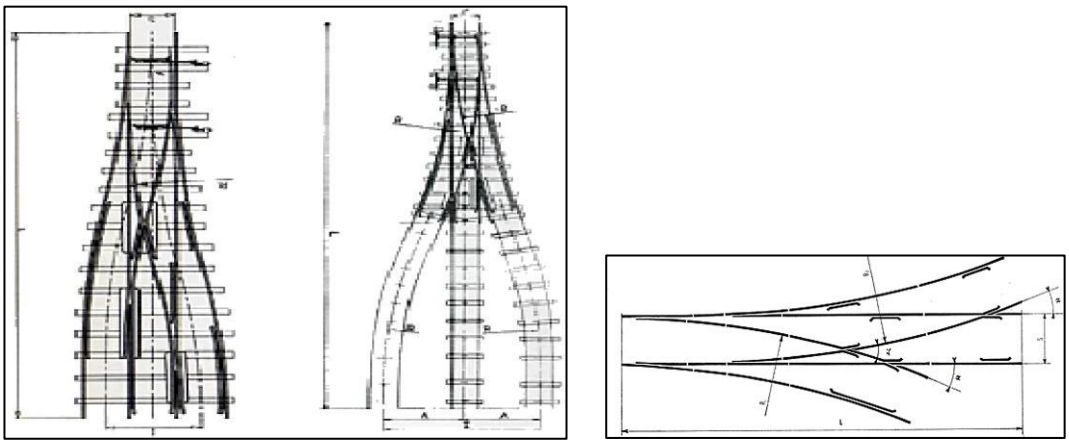


Figure VI.16: traversée oblique

- **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.
    La traversée jonction simple est une traversée oblique qui grâce à l'adjonction d'aiguillages, permet de relier entre elles les deux voies qui se croisent d'une seule côte, par rapport à l'axe longitudinal de la traversée oblique, Elle est constituée de deux croisements, d'une traversée proprement dite, de deux aiguillages et de voie intermédiaire

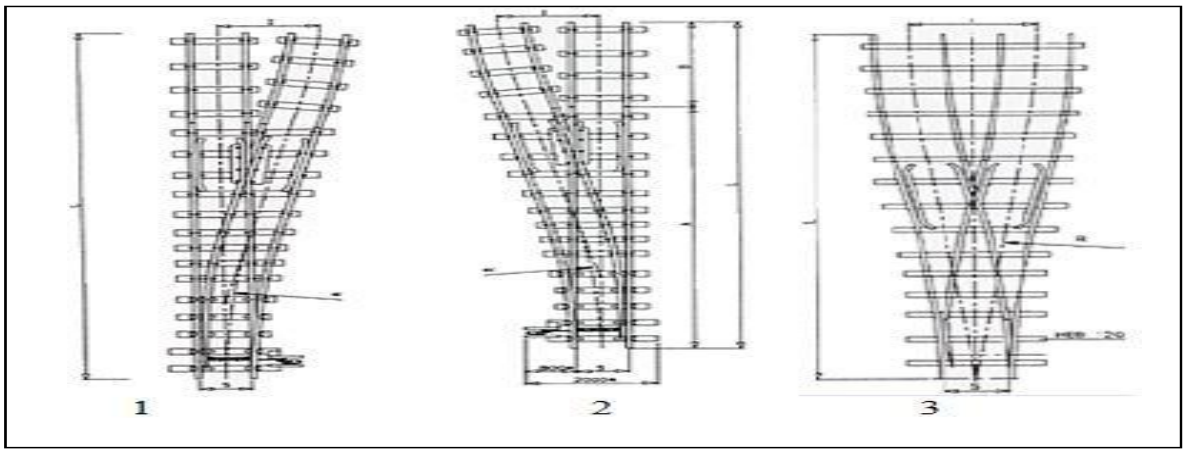


Figure VI.17 : traversée jonction simple

Élément traversée jonction simple :

- Croisement déviation à droite.
- Croisement déviation à gauche.
- Croisement à symétrique à deux voies.

- **Des traversées jonction doubles (TJD) :** permettant la jonction des voies dans les

deux sens decirculation

La traversée jonction double à en plus des éléments de la traversée jonction simple, deux aiguillages permettant à cet appareil de relier les deux voies qui se croisent de deux cotés par rapport à l'axe de l'appareil.

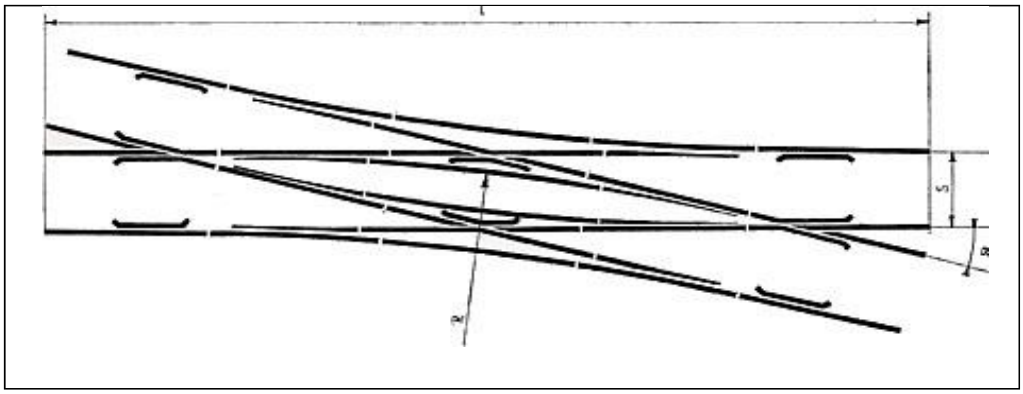


Figure VI.18 : Croisement intersection double

VI.6 CARACTERISTIQUE ET TYPE D'INSTALATION POUR NOTRE PROJET

Pour construire une voie moderne qui répond aux normes internationales et grâce au développement technologique, on adopte (d'après la SNTF) les éléments constitutifs suivants :

- Les longs rails soudés (LRS)
- Les traverses en béton bi-bloc
- Les attaches élastiques de type NABLA
- L'écartement de la voie est de 1,435m
- La superstructure a été dimensionné selon les normes UIC 719 R et UIC 714 R

Voie courante

- Rail UIC 54
- Traverse bi bloc en béton armé type B440 (VAX U31).
- Attache élastique pour la traverse B440.

Voie de service en gare

- Rail UIC 54
- Traverses bi bloc B440 en béton arméB440 (VAX U31).
- Traverses en bois entre les appareils de voie et les tronçons de transition entre les appareils et voies avec les traverses en béton.
- Attache élastique pour la traverse B440

VI.7 Conclusion

Ce présent chapitre recueil les caractéristiques, les catégories et les différents constituants de la voie, ainsi les rails et leur assemblage, les travers, les systèmes d'attache et les appareils de voie.

CHAPITRE VII :

ASSISE FERROVIAIRE

CAHPITREVII : ASSISE FERROVIAIRE

VII.1 INTRODUCTION

L'infrastructure de la voie ferrée ou la structure d'assise est la partie inférieure surlaquelle la voie repose

La structure d'assise permet d'assurer le bon comportement de la voie ferré du pointde vue rigidité, tenue et drainage, on assurant les fonctions suivantes :

- Répartir sur la plate-forme les charges exercées par les traverses (charges reçu).
- Amortir les vibrations de la superstructure.
- Détournement des eaux de pluies.
- Protection contre la contamination du ballast.
- Stabilité longitudinale et transversale

VII.2 LES CONSTITUANTS DE LA COUCHE D'ASSISES

Les couches d'assise sont composées de couche de ballast, la sous-couche, et la plateforme

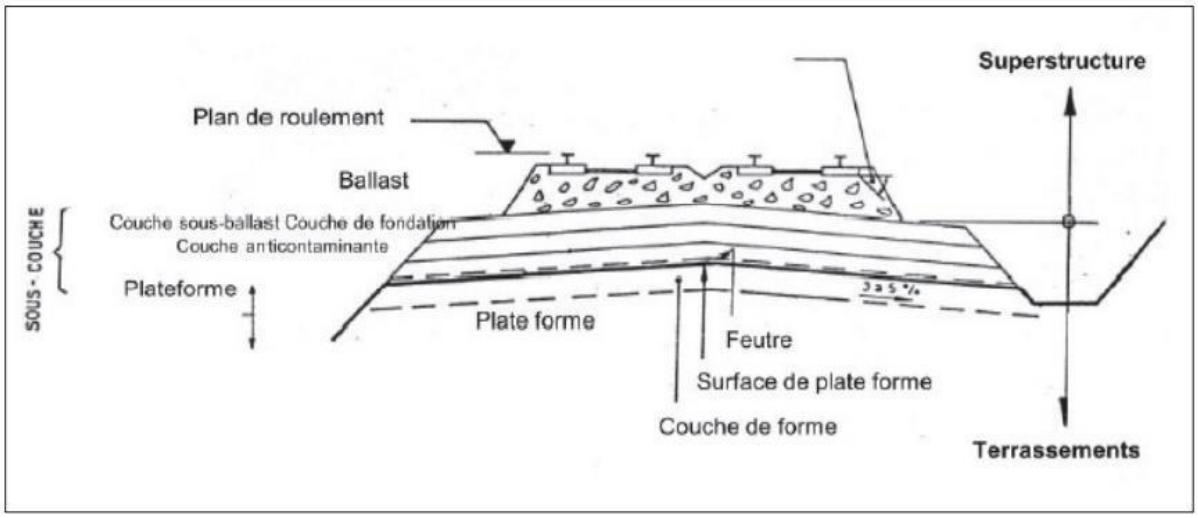


Figure VII.1 : Couche d'assise

L'épaisseur et la nature des couches d'assises dépendent des paramètres suivants

- L'importance trafic (tonnages, charges, vitesses).
- Les caractéristiques hydrogéologiques et climatiques du site.
- Les caractéristiques du sol de plate-forme (la portance, sensibilité à l'eau et au gel).
- Les caractéristiques de l'armement (profil de rail, nature et espacement des traverses).

VII.3 Le ballast

- **Définition**

Le ballast représente les cailloux placés entre les traverses servent à stabiliser la voie ferrée ils forment une couche épaisse qui repend aux exigences suivants :

- Facilite le drainage et empêche la voie d'être inondés
- Transmettre des efforts engendrés par le passage des trains au sol, sans que celui-ci ne se déforme par tassement
- Absorbe les vibrations
- Maintient la dilatation thermique à un niveau minimum
- Empêche les plantes de pousser par-dessous

➢ **Caractéristique de ballast**

- Pierre rocheuse dure concassée, résistance à la compression: ≥ 12Kn
- Résistance à la compression: ≥ 12Kn /cm² Maille: 22,4/63 mm
- Limite de maille entre 31,5-50 mm: 50%
- Résistance à l'érosion avec le coefficient Los Angeles: ≤ 15 %
- La granularité du ballast se situe à proximité dans la classe 25 à 50 mm (pierre cassée)

VII.4 Sous couche

La sous-couche permet la transition entre la couche de ballast et la plateforme, la sous-couche peut-être mono ou multicouche.

Elle comprend du haut vers le bas, une couche sous ballast en grave propre bien gradué (0/31.5) puis une couche de fondation (facultative) dans le cas de mauvais sol et enfin, s'il y a lieu une couche anti contaminatrice (facultative) complété par des feuilles de géotextile

Cette sous-couche est penté transversalement de 3 à 5 %.

VII.4.1 Constitution de la sous-couche

❖ **La couche de sous-ballast**

Cette couche existe dans tous les cas, cas, même sur les plateformes rocheuses ou elle sert de couche d'égalisation et contribue à réduire la raideur de l'assise, elle est en grave propre bien graduée 0/31.5 mm comportant au moins 30% du matériau concassé ayant une DRG ≥ 12 et compacté a 100% OPN.

❖ **La couche de fondation**

C'est une couche en **grave** propre bien graduée, compactée a 95 % OPN, et d'une épaisseur de15 cm minimum, la DRG exigé est ≥ 10. Elle protège la plateforme contre l'action des engins lors de la construction de la voie et utilisée sur les sols médiocres

❖ **La couche anti-contaminants :** elle est en sable propre d'une épaisseur minimal de 15 cm

❖ **Le géotextile :** il est de géo-synthétique perméable à l'eau et à l'air peut être utilisé comme séparateur et anti contaminant, filtre drainage et armature. Pour éviter la contamination de la sous-couche par les éléments fins de la plateforme.

VII.4.2 Rôle de la sous couche

La sous couche assure plusieurs fonctions comme :

- Évacuation des eaux de pluie.
- Protection contre l'érosion et le gel.
- Assure un rôle de séparateur contre la contamination du ballast par les matériaux de la plateforme.
- Dégradation et transmission uniforme à la plate-forme des charges transmises par les traverses

VII.5 La plate-forme

➢ **Définition**

Partie supérieure de l'ouvrage en terre supportant la sous-couche la plateforme est constituée terres rapportées dans le cas d'un remblai ou du sol en place dans le cas d'un déblai

de pente transversale de 4 % pour notre projet.

❖ **Cas d'un remblai :** cette couche de forme est constituée soit, du même sol que le corps deremblai, soit d'un sol de qualité meilleure son taux de compactage est de 95 % de OPM

❖ **Cas d'un déblai :** la couche de forme est obtenue par compactage du fond de fouille à 95% sur une épaisseur minimale de 30 cm.

Pour évaluer la qualité de la plateforme, il convient :

- D'apprécier la qualité de chaque sol composant la plateforme.
- D'apprécier la qualité de la plateforme complète : couche de forme + sol sous-jacent.

VII.5.1 Classification des sols pour la plateforme

La qualité d'un sol dépend des deux paramètres ci-après :

➢ La nature géotechnique du sol ; à cet égard, on utilise l'identification géotechnique.

➢ Les conditions hydrogéologiques et hydrologiques locales ; ces conditions, sont réputées bonnes si :

- La couche supérieure du sol considéré est hors de toute nappe naturelle (niveau de cette dernière mesuré avant toute opération de rabattement complémentaire et en période climatique défavorable).
- La plateforme n'est pas le siège de percolations (pénétration par l'eau circulant dans le sol (éventuellement pollué)) naturelles transversales, longitudinales ou verticales nocives,
- Les eaux de pluie sont évacuées correctement de la plateforme et les dispositifs longitudinaux de drainage sont en bon état de fonctionnement. Si l'une au moins de ces trois conditions n'est pas remplie, les conditions hydrogéologiques et hydrologiques sont réputées mauvaises. On distingue, selon que les conditions ci-dessus soient bonnes ou mauvaises et selon les modalités de tableau, les quatre classes de qualité **QSi** de sols ci-après:
- **QS0** : Sols "impropres" à la réalisation d'une plateforme correcte et nécessitant certaines mesures confortatives, (remplacement du matériau sur une certaine

épaisseur, traitement aux liants, utilisation de géotextiles, renforcement par pieux, etc.)

- **QS1** : 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, (traitement aux liants).
- **QS2** : Sols moyens.
- **QS3** : Bons sols.

❖ Selon la fiche UIC 719R, la classe de qualité du sol prépondérante de la plateforme de notre projet est de classe **QS1**

VII.5.2 Les classes de la portance de la plateforme :

La portance d'une plate-forme dépend

- ➢ De la qualité du sol constituant le corps de remblais ou du sol en place du fond du déblai.
- ➢ De la qualité et de l'épaisseur de la couche de forme (lorsque cette dernière existe).

On peut distinguer, en fonction des paramètres ci-dessus les trois classes de portance deplate-forme suivante :

- P3 : bonne plateforme
- P2 : plateforme moyenne.
- P1 : plateforme mauvaise.

Tableau VII.1 : la classe la portance de la plate-forme (normes UIC 719R p.34)

Classe de qualité du sol	Classe de portance de la plateforme	Couche de forme mettre en œuvre pour avoir cette portance	
		Qualité	Épaisseurs min e_f(m)
Qs1	P1	QS1	-
	P2	QS2	**0.50**
	P2	QS3	**0.35**
	P3	QS3	**0.50**
	P2	QS2	-
	P3	QS3	**0.35**
QS3	**P3**	**QS3**	-

❖ Classe de portance des plateformes de notre projet Les résultats des travaux du terrain montre que si on envisage pour une classe de portance P2 « plate-forme moyenne » et on a un matériau majoritaire QS1 donc on va utiliser matériaux QS2 avecune épaisseur de 50 cm.

VII.6 Calcul des épaisseurs minimales des couches d'assise

Ces épaisseurs minimales calculées sont valables pour un espacement de traversesde 0.6 m

Et de la charge maximale d'essieu de 25 t (**UIC 719R p57**) :

L'épaisseur de la couche d'assise (e = épaisseur du ballast + épaisseur du sous couche) est donnée par la formule suivante :

e = E +a + b + c + d + f + g

- « E » - des classes de portance (P1, P2 ou P3).
- « a » - de l'UIC groupes (groupes 1 à 6, UIC 714).
- « b » - de la type de traverses.
- « c » - des conditions de travail.
- « d » - de la charge maximale d'essieu des véhicules.
- « f » - de la vitesse.
- « g » - de installation de géotextiles.

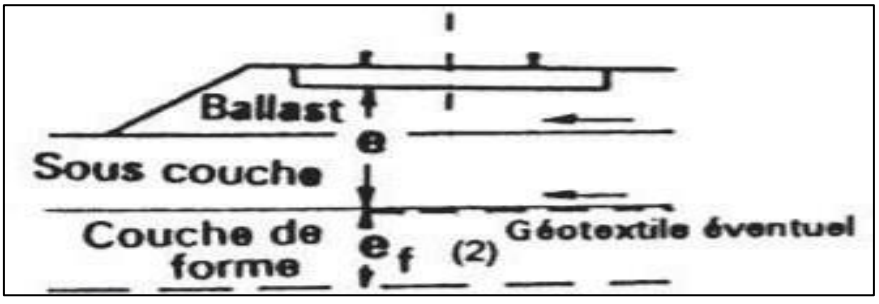


Figure VII.2 : L'épaisseur de la couche d'assise

➢ **Les Valeurs de 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.

➢ **Les Valeurs de a :**

- 0 m pour les lignes des groupes UIC 1 et 2 (ou lignes à V>160 km/h quel que soitle groupe (UIC).
- -0.05 m pour les lignes de groups UIC (3,4).
- -0.10 m pour les lignes de groupe UIC (5, 6,7, 8,9) avec voyageurs.
- -0.15 m pour les lignes de groupe UIC (7, 8,9) sans voyageurs.

➢ **Les Valeurs de b :**

- 0 m pour les travers en bois de longueurs L= 2.6 m
- (2.50-L)/2 m : pour les travers en béton de longueur L. (L et b en mettre si L>2.5, bpeut être négatif).

➢ **Les Valeurs de c :**

- 0 m pour un dimensionnement normal (nouvelle ligne).
- 0.1 m : à titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes degroupe UIC autre que ‘’7, 8 et 9 sans voyageurs’’.
- 0.05 m : à titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantesde groupe UIC ‘’7, 8 et 9 sans voyageurs''.

➢ **Valeurs de d :**

- 0 m lorsque la charge nominale maximale d’essieu des véhicules remorques estinférieur ou égale a 20 tonne/essieu.
- 0.05 m lorsque cette charge est de 22 ,5 tonne/essieu.
- 0.12 m lorsque cette charge est de 25 tonne/essieu.

➢ **Valeurs de f :**

- 0 m pour toutes les lignes parcourues à V ≤ 160 Km/h et pour les plates-formes deportance P3, des lignes parcourues à grande vitesse.

- 0.05 m pour les plates-formes de classe de portance P2 des lignes parcourues agrande vitesse.
- 0,10 m pour les plates-formes de classe de portance P1 des lignes parcourues à grande vitesse.

- **Valeurs de g :**

  - \+ géotextile lorsque la couche de forme est en sol QS1 ou QS2.
  - 0 (Pas de géotextile), lorsque la couche de forme est en sol QS3.

VII.7 Application au projet :

Détermination de l'épaisseur des couches :

- Notre sol est de classe $Qs1$ et une plate-forme de classe P2 donc **E=0.55m**.
- La ligne étudiée est de groupe $UIC5$: ⇒ $\boldsymbol{a}$ = - **0**. **10**m.
- Travers bi-bloc (mixte) pour rail $UIC5$ (pleines voie et voie de gare) type SL, L=2.24m. ⇒ **b=0,13m**.
- Pour un dimensionnement normal : $\boldsymbol{c}$ **= 0 m**.
- Charge par essieu =225KN ⇒ **d=0,05m**.
- La ligne parcourue à une vitesse ≤ 160 km/h ⇒ **f= 0** .
- g =0.02m lorsque la couche de forme est en sol QS2.

$$e = 0.55 - 0.10 + 0.13 + 0.05 + 0 + 0 + 0.02 = \mathbf{0.65\ m}$$

e = épaisseur de ballast + épaisseur de sous couche = **65 cm**

Nous avons adopté les valeurs suivantes (fiche UIC-719 R) :

Pour la couche de ballast on a :

- 35 cm pour une vitesse > 200 km/h.
- 30 cm pour une vitesse comprise entre 120 et 200 km/h.
- 25 cm pour une vitesse comprise entre 80 et 120 km/h.
- 20 cm pour une vitesse comprise entre 60 et 80 km/h.

Le sol support rencontré tout au long du tracé du projet d'étude, est un sol de classe QS1,

On a adopté une plate-forme de type P2 avec toutefois un corps de plate-forme plus conséquent constitué des couches suivantes, à savoir de haut en bas :

- Couche de ballast → 30 cm.
- Couche de sous ballast → 20 cm.
- Couche de fondation → 15 cm.
- Couche de forme → 50 cm.

VII.8 Conclusion

Le dimensionnement nous a permis de mettre en évidence les épaisseurs des différentes couches devant être présentes pour supporter et diffuser la charge transmise par le matériel roulant. Nous avons respecté les normes de l'UIC en vigueur en Algérie.

CHAPITRE VIII:

ETUDE HYDROLOGIQUE ET ASSAINISSEMENT

CHAPITRE VIII : ETUDE HYDROLOGIQUE ET ASSAINISSEMENT

VIII.1 INTRODUCTION

Cette étude est indispensable dans tout projet ferroviaire pour bien comprendre les mécanismes de circulation des eaux superficielles, et souterraines. Du fait que les modifications qu'apporte le projet perturbent les écoulements d'eau naturels.

Ce chapitre a pour objet de fournir les éléments hydrologiques nécessaires au projet de la nouvelle voie ferrée de la trancon de ligne entre la gare Chelghoum Elaid et Teleghma du PK 382 +000 au PK 393+850

Ce tronçon de voie ferrée traverse un certain nombre de bassins versants hydrologiques qu'on se propose d'étudier

VIII.2 PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE

VIII.2.1 LOCALISATION ET RELIEF DE LA ZONE D'ETUDE

Ce projet se situe dans les commune de Chelghoum Elaid et Teleghma , sur le territoire de la wilaya de Mila , elle est située dans le nord-est de l'Algérie a proximité de Constantine .La nouvelle ligne ferroviaire d'orientation Est Ouest, traversera les terrains agricoles

des hautes plaines sur environ12km de long .

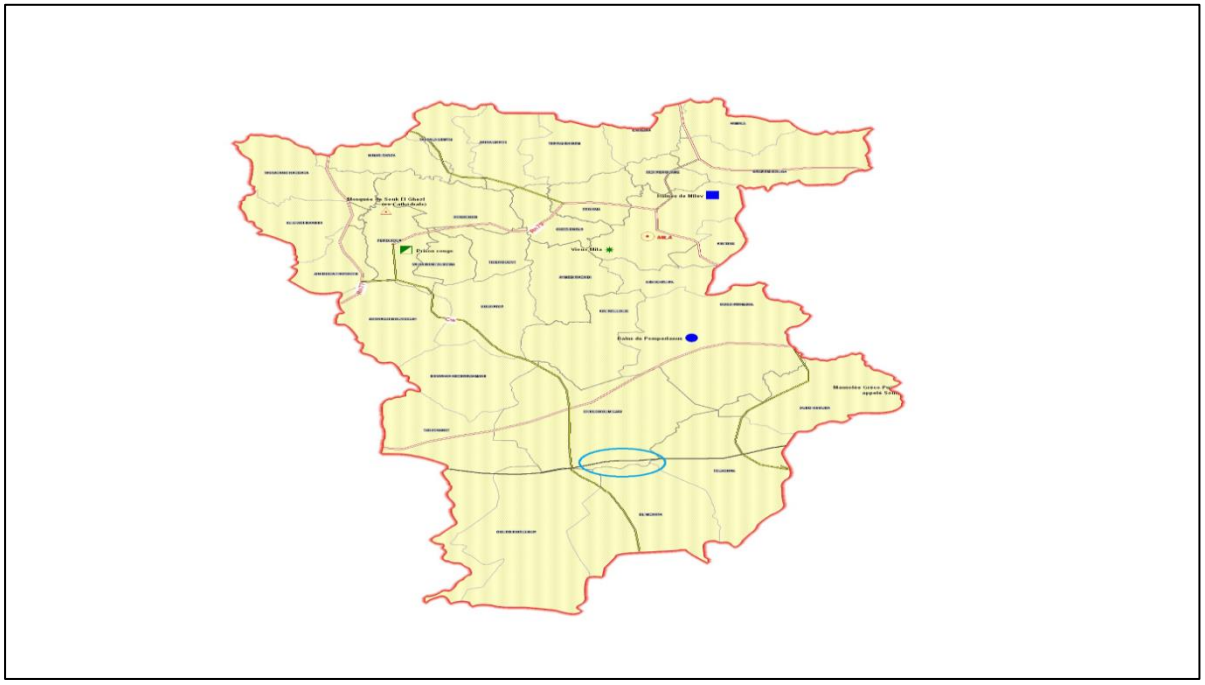


Figure VIII.1 : carte de situation de la région d'étude

VIII.2.2 CARACTERISTIQUEHYDROLIQUE DE LA ZONE D'ETUDE :

Notre tronçon est situé entre deux grandes système hydrographique :Le bassin versant de L'oued Mehari , lui-même subdivise en 08 sous-bassins qui traversent notre tracé , ce bassin est en partie nord de tracé .

Le bassin de L'oued Rhedi , qui subdivise en 08 sous -bassin , ces derniers traversent aussi le tracé .



Figure VIII.2 : situation du projet entre deux grands bassins

VIII.3 BASSINS VERSANTS

VIII.3.1 La délimitation des bassins versants

La délimitation des bassins versants s'est effectuée sur la base des cartes topographique à l'échelle de 1/50 000, en suivant les lignes de partage des eaux, selon l'orientation des courbes de niveau. Ainsi le réseau hydrographique a été établi en digitalisant le talweg ou le cours d'eau principal.

Après digitalisation des bassins versants sur les cartes topographiques, sous les logiciels : Global Mapper et Google Earth Pro, les paramètres suivants ont été déterminés :

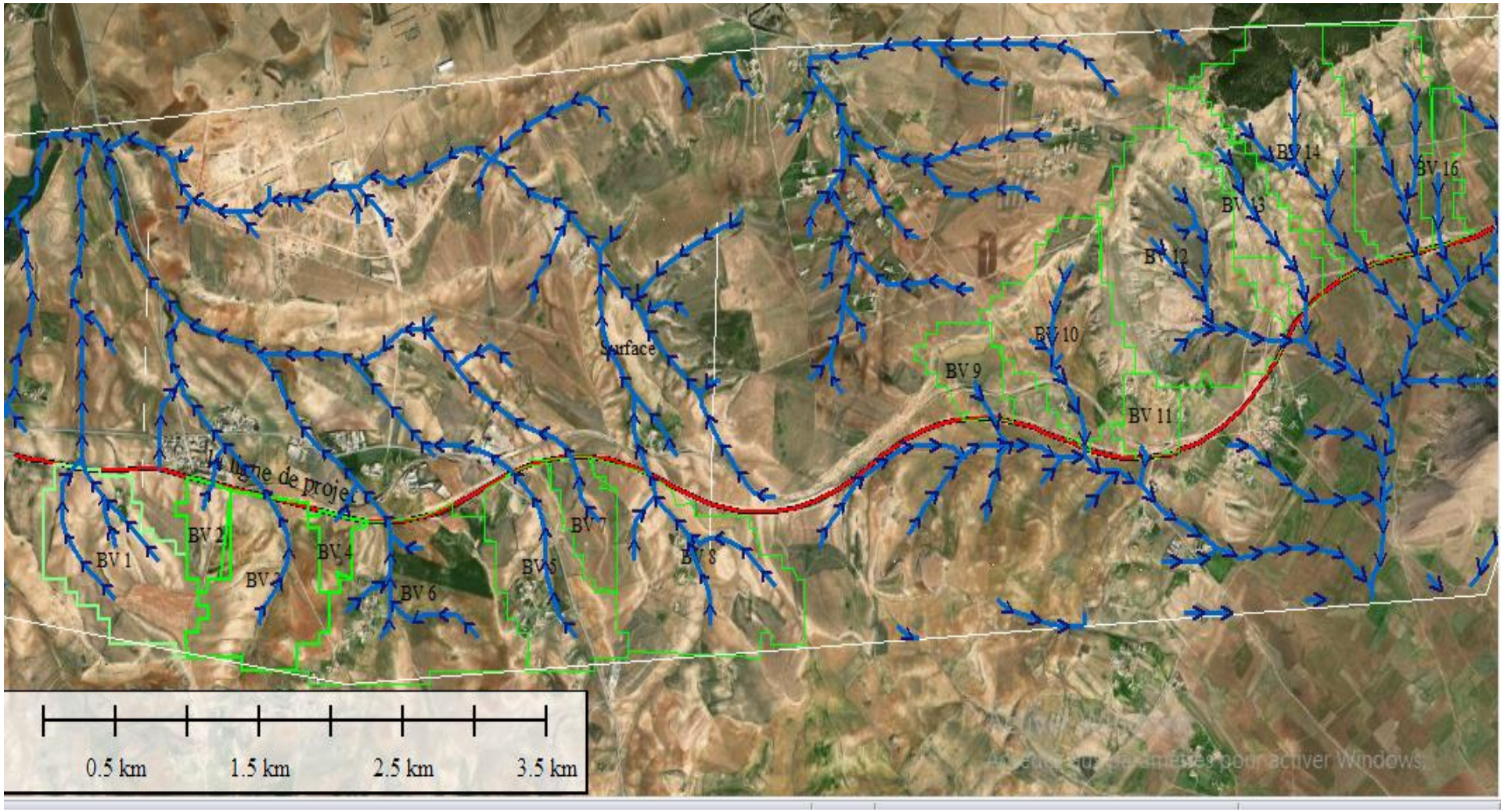


Figure VIII.3 : la délimitation des bassins versants

VIII.3.2 Les caractéristiques 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.

Le PK (point kilométrique) sert à repérer le passage d'un tronçon de la voie ferrée sur les cours d'eau. La délimitation des bassins versants est faite à partir de son intersection

- Surface du bassin versant (Km²).
- Périmètre du bassin versant (Km).
- Longueur du plus long cours d'eau (Km).
- Altitude maximale (m).
- Altitude minimale (m).
- L'altitude moyenne (m).
- La pente (m/m).
- L'indice de compacité de Gravelius (Kc), pour la forme du bassin versant :

$$Kc = 0.28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$$

- Le temps de concentration (Tc) en heure.

Pour le temps de concentration (Tc), la formule de de calcul a été choisie en fonction de la superficie du bassin versant :

a- Superficie inférieure à 5 km²

Le temps de concentration est calculé par la formule de VENTURA :

$$Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{S}{I}}$$

- Tc : temps de concentration (heure).
- S: superficie du bassin versant (Km²).
- I : pente moyenne du bassin versant (m/m).

b- Superficie comprise entre 5 et 25 Km²

Le temps de concentration est calculé par la formule de PASSINI :

$$Tc = 0.11 \frac{\sqrt[3]{S \times L}}{\sqrt{I}}$$

- Tc : temps de concentration (heure).
- S : superficie du bassin versant (Km²).
- L : longueur du cours d'eau principal (Km).
- I : pente moyenne du bassin versant (m/m).

c- Superficie supérieure à 25 Km²

Le temps de concentration est calculé par la formule de GIANDOTTI :

- Tc : temps de concentration (heure).
- S : superficie du bassin versant (Km²).
- L : longueur du cours d'eau principal (Km).
- Hmoy : altitude moyenne (m).
- Hmin : Altitude minimale (m).

$$Tc = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{Hmoy - Hmin}}$$

Tableau VIII.1 Caractéristiques des bassins versants des oueds traversés par le projet

N° BV	PK	S(Km²)	P(Km)	Lw (Km)	Hmax (m)	Hmin (m)	I(m/m)	Kc	Tc (h)
BV1	PK 382+600	0,772	4.045	0,552	873	836	0,07	1,28	0,42
BV 2	PK 383+925	0,4956	4.082	0,88	884	838	0,05	1,62	0,4
BV3	PK 384+780	0,574	5.003	0,917	850	819	0,03	1,84	0,55
BV4	PK 384+950	0,1306	2.024	0,114	869	848	0,18	1,76	0,1
BV5	PK 385+676	1,154	5.629	0,856	887	847	0,05	1,46	0,61
BV6	PK 386+074	0,741	4.775	1,165	907	865	0,04	0,94	0,55
BV7	PK 387+020	0,2393	2.989	0,399	896	870	0,07	0,4	0,23
BV8	PK 387+100	1,51	6.208	1,377	919	876	0,03	1,41	0,9
BV9	PK 389+205	0,3172	3.284	0,309	896	854	0,14	1,63	0,2
BV10	PK 389+989	0,727	5.164	1,118	918	843	0,07	1,69	0,4
BV11	PK 390+265	0,1928	2.106	0,116	893	842	0,44	1,34	0,08
BV12	PK 391+008	1,378	6.707	1,77	933	824	0,06	1,6	0,61
BV13	PK 391+465	0,3159	3.483	0,606	868	824	0,07	1,73	0,27
BV14	PK 392+160	0,999	7.421	1,564	982	830	0,1	2,07	0,4
BV15	PK 392+560	0,791	6.833	1,278	943	825	0,09	2,15	0,38
BV16	PK 393+100	0,2732	3.178	0,377	858	825	0,09	1,7	0,22

VIII.4 CLIMATOLOGIE

Il est important d'établir des moyennes décrivant le climat :

La région de chelghoum el aïd est caractérisée par un climat méditerranéen chaud avec été sec et un hiver froid.

Avec une température journalière maximale moyenne de seulement 23 degrés, pendant une longue période de l'année, les températures sont constamment supérieures à 25 degrés et peuvent atteindre 34 degrés de chaleur.

VII.4.1 Pluviométrie

Nous en venons à la caractéristique la plus importante : La pluviométrie

Etablir les caractéristiques de pluie et de précipitation d'une zone est primordial avant tout projet de travaux publics, cela nous amène à évaluer les aléa et les risque probable, pour ensuite les prévenir avec différentes ouvrages de protection.

Ici les données nous ont été fournies par l'ANRH.

VII.4.2 Pluie annuelle

Après l'analyse détaillée des observations (ajustement à une loi normale des pluies annuelles de la région)

Tableau VIII.2 Pluie annuelles

Période de retour	Fréquence	Gausse	Birelarch	Tadjnanet
10 ans	0,9	1,282	424,8	522,1
20 ans	0 ,95	1 ,645	458,7	560,9
50 ans	0,98	2,0542	496,8	604,5
100 ans	0,99	2,327	522,2	633,6

VIII.5 ETUDE HYDRAULOGIQUE

VIII.5.1 Introduction

L'étude hydrologique comprend la délimitation des différents bassins versants interceptés ainsi que toutes leurs caractéristiques physiques qui seront directement utilisées pour l'analyse des écoulements

Par ailleurs, cette dernière inclue également l'étude statistique des données pluviométrique disponible pour la zone d'étude.

VIII.5.2 Données pluviométrique

Dans la région traversée par le tracé et d'après les observations effectuées sur la station météorologique, nous avons :

Tableau VIII.3 : Donnée pluviométrique

Pjmoy(mm)		80.3		Pluie journalière moy
Cv		0.43		Coef de variation
B		0.3		
A		34.5		
U(10/50/100 ans)	1.28	2.057	2.327	Variable de Gauss

VIII.5.3 Calcul des précipitations maximales journalières de fréquence donnée PJ (%) :

Le calcul de la précipitation Pj (%) est obtenu par la formule suivante :

$$Pj(\%) = \frac{Pjmoy}{\sqrt{Cv^2+1}} e^{u.\sqrt{\ln(Cv^2+1)}}$$

La pluie à prendre en référence est celle correspondante à un temps « t » en minute ainsi qu'une période de retour de 10 50 et 100 ans

VIII.5.4 Calcul de la fréquence d'averse

Pour obtenir une estimation de la quantité de pluie maximale en 24 heures il faut multiplier la valeur journalière par un coefficient de majoration

Si on ne dispose pas d'autres indications, on utilisera la valeur proposée par l'OMM (Organisation

Météorologique Mondiale) de 1,13.

- P : Pluie journalière maximale annuelle.
- b : Exposant de climatique.
- Tc: Temps de concentration (heure).

$$\boldsymbol{P(t) = 1.13.Pj\%.(\frac{t}{24})^b}$$

VIII.5.5 Calcul de l'intensité horaire moyenne

- I: Intensité de la pluie (mm/h).
- T$\boldsymbol{c}$: Temps de concentration (h).
- P(t): Hauteur de la pluie de durée T$\boldsymbol{c}$,(mm).

$$\boldsymbol{I(t) = \frac{P(t)}{Tc}}$$

❖ **La relation Intensité - Durée - Fréquence recherchée**

- I: Intensité de la pluie (mm/h).
- Tc: Temps de concentration

$$\mathbf{I = A}Tc^{b}$$

A et b: Paramètres climatiques

Vu l'importance des pluies de courtes durées dans la détermination des débits maximales du projet, et la non disponibilité de données pluviographique à Chelghoum el aïd, nous avons pris en considération la station pluviographique de Tadjnanet qui se rapproche le plus de sachant qu'elle est la mieux représentative de cette région

VIII.5.6 Calcul du débit maximal dans les bassins (les débits de crue) :

Nous avons le choix entre une multitude de formules pour le calcul du débit de projet, cependant nous optant pour la méthode la plus simple et qui s'adepte le mieux à la région d'étude à savoir la méthode rationnelle.

❖ **La méthode rationnelle**

Le débit de crue pour les bassins versants de superficie inférieure à 200 km^2 a été calculé en appliquant la méthode rationnelle dont l'expression est de la forme suivante :

$$\mathbf{QA = 0.278\ C.I.\ A}$$

Dans la quelle :

- QA : Débit de crue de fréquence déterminée en m3/s.
- C : Coefficient de ruissellement.
- I : Intensité de pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration en (mm/h).
- A : Surface du bassin versant en (km^2)

➢ **Le coefficient de ruissellement**

Le coefficient de ruissellement C signifie le pourcentage des eaux écoulées sur la terre saturée de pluies par rapport à la quantité totale des eaux courantes, il dépend de :

- La nature du sol.
- L'état de végétalisation sur la terre écoulée.
- Dépendant de la pente du bassin versant.

- **Choix du coefficient de ruissellement**

Le coefficient de ruissellement est estimé par la méthode préconisée de KENESSEY qui est la somme de trois (03) coefficients partiels :

Coefficient C1 : dépendant de la pente du bassin versant**.**

Tableau VIII.4 : Coefficient C1

Pente		C1	
≤3,5 %	0,01	0,03	0,05
Entre 3,5 et 11 %	0,06	0,08	0,10
Entre 11 et 35 %	0,12	0,16	0,20
> à 35 %	0,22	0,26	0,30

Coefficient C2 : dépendant de la nature du sol (perméabilité)**.**

Tableau VIII.5 : Coefficient C2

Nature du sol		C2	
Imperméable	0,22	0,26	0,30
Peu perméable	0,10	0,15	0,20
Perméable	0,06	0,08	0,10
Très perméable	0,03	0,04	0,05

Coefficient C3 : dépendant de la couverture végétale du bassin versant.

Tableau VIII.6 : Coefficient C3

Couverture végétale	C3		
Rocheux	0,22	0,26	0,30
Prairie	0,17	0,21	0,25
Labours champs	0,07	0,11	0,15
Forêt et territoire sableux	0,03	0,04	0,05

La connaissance et la détermination de ces paramètres sont indispensables pour la prédétermination des débits de projet nécessaires pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques.

VIII.5.7 Résultats de calcul des débits par la méthode rationnelle :

Les débits de pointes calculés par la méthode rationnelle pour une période de retour centennale, et cela pour les bassins versants dont la superficie est inférieure ou égale à 200Km² sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau VIII.7 : Résultats de calcul des débits par la méthode rationnelle

					Période de retour 100 ans			
N° BV	PK	S(Km²)	Tc (h)	Cr	Pjmax (mm)	Pt (mm)	I (mm/h)	Q (m^3 /s)
BV1	PK 382+600	0,772	0,42	0,33	175,11	58,78	44,76	3,16
BV 2	PK 383+925	0,4956	0,4	0,33	175,11	57,93	45,42	2,06
BV3	PK 384+780	0,574	0,55	0,3	175,11	63,74	41,28	1,97
BV4	PK 384+950	0,1306	0,1	0,41	175,11	38,22	68,84	1,02
BV5	PK 385+676	1,154	0,61	0,41	175,11	65,75	40,01	5,24
BV6	PK 386+074	0,741	0,55	0,31	175,11	63,74	41,28	2,63
BV7	PK 387+020	0,2393	0,23	0,33	175,11	49,07	53,62	1,17
BV8	PK 387+100	1,51	0,9	0,31	175,11	73,89	35,61	4,62
BV9	PK 389+205	0,3172	0,2	0,37	175,11	47,05	55,91	1,82

BV10	PK 389+989	0,727	0,4	0,33	175,11	57,93	45,42	3,02
BV11	PK 390+265	0,1928	0,08	0,47	175,11	35,74	73,60	1,85
BV12	PK 391+008	1,378	0,61	0,33	175,11	65,75	40,01	5,04
BV13	PK 391+465	0,3159	0,27	0,33	175,11	51,49	51,10	1,48
BV14	PK 392+160	0,999	0,4	0,35	175,11	57,93	45,42	4,40
BV15	PK 392+560	0,791	0,38	0,35	175,11	57,05	46,12	3,54
BV16	PK 393+100	0,2732	0,22	0,35	175,11	48,42	54,34	1,44

VIII.6 ETUDE D'ASSINISEMENT

VIII.6.1 INTRODUCTION

Afin d'établir un système opérationnel d'évacuation des eaux assurant la stabilité de l'infrastructure, une étude doit être faite

Ce système doit assurer le captage des eaux zénithales ainsi que celles de nappes phréatiques, l'assainissement des plateformes ferroviaires comprendra :

- Les ouvrages de collecte longitudinale.
- Les ouvrages transversaux.
- Les ouvrages de raccordement.

Objectifs de l'assainissement et du drainage :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux pluviales pour éviter la submersion de la voie ferrée.
- Réduction des couts d'entretiens.
- Protection de la voie contre l'inondation.
- Protection de la superstructure contre l'érosion.
- Le rabattement des nappes phréatique.

VIII.6.2 LES OUVRAGES TRENSVERSEAUX

Ils permettent le transit, d'un côté à l'autre de la plateforme ferroviaire, des écoulements des Eaux venant des bassins versants.

Ils peuvent être constitués de :

- **Buses :** ouvrages de sections circulaires, disposés sous le tracé sur les points bas du terrain, d'un diamètre de 1000 à 2000 mm
- **Dalots :** ouvrages de sections rectangulaires ou carrées, disposés sous le tracé, identifié par la largeur (B) et la hauteur (H).
- **Ponts et viaducs :** Les ouvrages d'assainissement transversaux doivent véhiculer des débits de crue centennaux, donc les dimensions retenues pour ces ouvrages sont celles qui répondent à la condition suivante :

$$Q_{100} < Qs$$

- Q_{100} : Débit de crue centennal (débit d'apport) en m³/s.
- Q_s : Débit de saturation de l'ouvrage en m³/s.

On pourra utiliser Des buses et des dalots, disposés sous la voie, elles seront prévus principalement pour les oueds.

La taille des dalots a été sélectionnée en fonction du débit d'eau entrant, selon le dimensionnement hydraulique effectué avec la formule de Manning-Strickler :

$$\mathbf{Qs = Ks.\ S}_{\boldsymbol{m}}\mathbf{.\ Rh}_{2/3}\mathbf{.\ I}_{1/2}$$

- Q : Débit.
- A : Superficie de section du dalot.
- Ks : Coefficient de rugosité Strickler.
- Rh : Rayon hydraulique ; Rh = Sm/Pm = Section mouillée /Périmètre mouillé
- I : Pente de pose de l'ouvrage (m/m).

Tableau VIII.8 : Valeur de KS selon SETRA

Nature de la surface Ks	valeur
Terre	30
Buses métalliques	40
Maçonneries	50
Bétons (dalots)	70
Bétons (Buses préfabriquées)	80

VIII.6.2.1 Critère de dimensionnement à respecter

Pour le dimensionnement des différents ouvrages les critères suivants ont été tenus en compte

- L'ouvrage doit prévoir évacuer le débit de crue correspondant.
- Le régime de ruissèlement est gravitaire (régime fluvial). H > h critique tel que

$h_{critique}=\sqrt[3]{\frac{Q_a}{g\times b^2}}$ Pour assurer un écoulement fluvial**.**

- La pente des ouvrages doit être limitée (Pente minimale I = 1 %) pour éviter des vitesses trop élevées.
- La hauteur d'eau correspondante à ce débit ne doit pas dépasser 80 % de la hauteur de l'ouvrage. (Selon la norme SNTF hydraulique drainage).
- Les conditions d'auto curage consistent à vérifier les vitesses d'écoulement pour les taux de remplissages de 1% et 10% des débits, afin d'assurer la durabilité des ouvrages (en vue de l'érosion des parois et la stagnation des eaux) :

  - 1ere condition : pour Qa /Qps=0.1 il faut $V_{écoulement}$>0.6 m/s.
  - 2ème condition : pour Qa /Qps=q= 0.01 il faut V écoulement >0.3 m/s.
  - 3eme condition : Vps < 4 m/s.

Coefficient de rugosité Strickler **Ks = 70** (correspond au béton grossier avec coffrage bois).

Ce pré dimensionnement est vérifié par la suite en calculant Le débit de saturation (QS) des ouvrages transversaux par l'utilisation de la formule de « Manning Strickler » sur un écoulement à surface libre en régime uniforme :

- V = Vitesse d'écoulement d'eau (m/s). $\mathbf{Q_s = V.S_m}$
- S_m = Section mouillée de l'ouvrage (m²).

VIII.6.2.2 Dimensionnement des buses

Les ouvrages de sections circulaires, disposés sous le tracé, identifié par le diamètre (Ø).

On calcule les dimensions de la buse par la formule de Manning Strickler

On a : $Q_s=R_h{}^{2/3}.I^{1/2}.k_s.S_m$

Avec :

$$S_m=\pi.\frac{D^2}{4} \quad ; \quad R_h=\frac{D}{4}$$

A la saturation :

$$Q_{max}=Q_s=\left(\frac{D}{4}\right)^{2/3}.I^{1/2}.k_s.\pi.\frac{D^2}{4}$$

$$D=\left(\frac{4^{5/3}\times Q_a}{k_s\times\pi\times I^{1/2}}\right)^{3/8}$$

$D'où : \ Q_a=R_h{}^{2/3}.I^{1/2}.k_s.S_m$

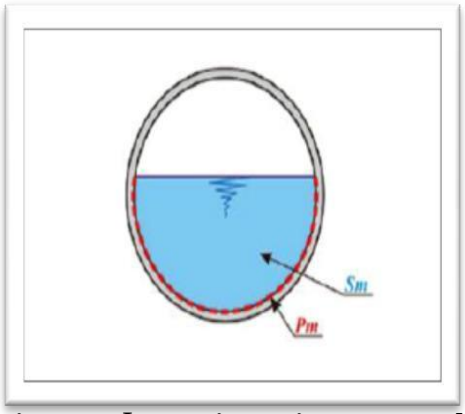


Figure VII -4 Dimensionnement de buse.

VIII.6.2.3 Dimensionnement des dalots

Ouvrages de sections rectangulaires ou carrées, disposés sous le tracé, identifié par la largeur de (B) et la hauteur (H). Dans notre projet, les dalots sont en béton. On calcule par itération les dimensions du dalot en utilisant la formule Manning-Strickler :

$$Q_a = R_h^{2/3} . I^{1/2} . k_s . S_m$$

- La surface mouillée : S_m= h.b avec $h = 0.8H$.
- Le périmètre mouillé : P_m = b+2h.
- Le rayon hydraulique : $R_h = \frac{\text{h.b}}{\text{b+2h}}$.
- A la saturation : $Q_{max} = Q_s = R_h^{2/3} . I^{1/2} . k_s . S_m$.

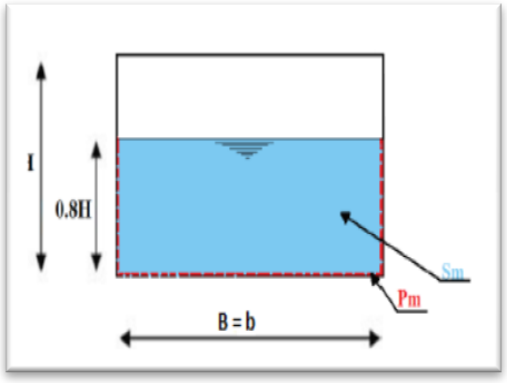


Figure VIII.5 : Dimensionnement de dalot

Tableau VIII.9 : Résultats des calculs des dimensions des buses.

N° BV	PK	Q (m^3/s)	D calculé (m)	D (m)	Sm (m²)	Pm (m)	Rh	Qps (m^3/s)
BV1	PK 382+600	3,16	1,149	1,5	1,76	4,712	0,375	6,41
BV 2	PK 383+925	2,06	0,978	1	0,785	3,141	0,25	2,18
BV3	PK 384+780	1,97	0,962	1	0,785	3,141	0,25	2,18
BV4	PK 384+950	1,02	0,751	1	0,785	3,141	0,25	2,18
BV5	PK 385+676	5,24	1,38	1.5	1,76	4,712	0,375	6,41
BV6	PK 386+074	2,63	1,072	1,5	1,76	4,712	0,375	6,41
BV7	PK 387+020	1,17	0,791	1	0,785	3,141	0,25	2,18
BV8	PK387+100	4,62	1,324	1,5	1,76	4,712	0,375	6,41
BV9	PK 389+205	1,82	0,934	1	0,785	3,141	0,25	2,18
BV10	PK 389+989	3,02	1,129	1,5	1,76	4,712	0,375	6,41
BV11	PK 390+265	1,85	0,940	1	0,785	3,141	0,25	2,18
BV12	PK391+008	5,04	1,36	1.5	1,76	4,712	0,375	6,41
BV13	PK 391+465	1,48	0,864	1	0,785	3,141	0,25	2,18
BV14	PK 392+160	4,40	1,300	1,5	1,76	4,712	0,375	6,41
BV15	PK 392+560	3,54	1,199	1,5	1,76	4,712	0,375	6,41
BV16	PK 393+100	1,44	0,855	1	0,785	3,141	0,25	2,18

VIII.6.2.4 Vérification la condition d'auto-curage

L'auto curage c'est l'aptitude de conduite d'assainissement à transporter la particule solide, donc une bonne auto curage impose que la capacité de transport des particules solide soit suffisante pour éviter leur sédimentation et leur dépôt

Pour vérifier ces conditions il faut vérifier :

- V > 0.6 m/s pour : Q = 0.1 Qps.
- V > 0.3 m/s pour : Q = 0.01 Qps.
- Vps < 4 m/s.

❖ **Application sur notre projet**

1) Buse de Φ= 1500 mm

Pour $Q/Q_{ps} = 0.1$

Selon le tableau des canalisations circulaires partiellement remplies, après interpolation on trouve :

$\frac{V}{Vps}$ = 0.64 ⟹ v = 2.33 m/s > 0.6 m/s (**verifier**)

Pour $Q/Q_{ps} = 0.01$

$\frac{V}{Vps}$ = 0.32 ⟹ v = 1.16 m/s > 0.3 m/s (**vérifier**)

V_{ps}= 3.64 m/s < 4 m/s (**verifier**)

2) Buse de Φ= 1000 mm

Pour $Q/Q_{ps} = 0.1$

Selon le tableau des canalisations circulaires partiellement remplies, après interpolation on trouve :

$\frac{V}{Vps}$ = 0.64 ⟹ v = 1.78 m/s > 0.6 m/s (**verifier).**

Pour $Q/Q_{ps} = 0.01$

$\frac{V}{Vps}$ = 0.32 ⟹ v = 0.89 m/s > 0.3 m/s (**vérifier**).

V_{ps}= 2.78 m/s < 4 m/s (**verifier**).

Les conditions d'auto curages et de régime d'écoulement sont vérifiées.

❖ **Interprétation**

Par rapport à la vérification des deux premières conditions on a assuré la non stagnation des dépôts et des sédiments, et pour la troisième on a garanti la durabilité de notre ouvrage (la protection du béton d'enrobage)

VIII.6.3 Ouvrage longitudinaux

VIII.6.3.1 Dimensionnement des fossés

Les fossés sont des ouvrages linéaires qui véhiculent les débits des eaux de surface drainées avec un écoulement à surface libre aussi bien de l'infrastructure que des bassins versants en interaction avec le projet afin de les acheminer vers un point de rejet (exutoire) hors de l'emprise de la voie ferrée. Pour le dimensionnement des fossés, on utilise la formule de Manning-Strickler :

$$Q_s = R_h^{2/3} . I^{1/2} . k_s . S_m$$

- La surface mouillée : Am = (b+z.h).h
- Le périmètre mouillé Pm = b+2h. √1 + z2
- Le rayon hydraulique : Rh =Sm/P avec :
- I pente longitudinale de fossé
- z la pente des berges.

VIII.6.3.2 Les hypothèses émises pour le dimensionnement

- Coefficient de rugosité Strickler K**s** =70 (béton).
- Forme de construction - Profil trapézoïdal avec déclivité du talus 2:3.
- Les fossés sont divisés en 3 types selon de débit nécessaire :

Le débit à évacuer qui est la somme des 3 débits La plate-forme, les bermes et les talus : Qa=Qpf+Qb+Qt.

- Le Calcul des débits se fait dans le cas le plus défavorable, où il y a un remblai ou un déblai qui s'étend sur une grande longueur avec une hauteur importante.

Chaque débit est déterminé en utilisant la méthode rationnelle :

$$\boldsymbol{Q} = \mathbf{0}.\mathbf{278}.\boldsymbol{C}.\boldsymbol{I}.\boldsymbol{A}$$

- Q : Débit de crue correspondant au bassin versant, avec une période de retour T (m³/s).
- C : Coefficient de ruissellement
- I : Intensité de pluie (mm/h).
- A : Surface du bassin versant considérer : la plate-forme / les bermes / les talus, en (km²)

Tableau VIII.10 : Calcul des débits à évacuer dans le cas de remblai et déblai.

Calcul des débits à évacuer dans le cas plus défavorable de remblai et déblai				
			Cas remblai : -Longueur : 2455m -Hauteur max : 16.52 m	Cas déblai : -Longueur : 615m - -Hauteur max : 13.90m
		C	0,5	0,5
		P (m/m)	0,04	0,04
		Sm (km2)	0,01652x2, 455=0.0405	0,0139x0, 615=0.0085
		Tc (h)	0,127	0.058
		I (mm/h)	64,07	144.20
		Q (m3/s)	0.359	0.1697
		C	0,31	0,31
		P (m/m)	0,67	0,67
		Sm (km2)	2,455x0, 01265=0,031	0, 615x0, 0096=0.0059
		Tc (h)	0,027	0,011
		I (mm/h)	101,95	121,13
		Q (m3/s)	0,2713	0,0613
		C	0,35	0,35
		P (m/m)	0,04	0,04
		Sm (km2)	0,002x2, 455=0,004	0,002x0, 818=0,0016
		Tc (h)	0,0439	0,0256
		I (mm/h)	81,12	103,56
		Q (m3/s)	0,041	0,016
	Qa (m3/s)		0,359+0,2713+0,041=0,6713	0,1697+0,0613+0,016=0,247

Les dimensions retenues pour les fossés sont celles qui répondent à la condition suivante :

Qa <Qs

$$Q_S = k_s . I^{1/2} . S_m . R_h{}^{2/3} = k_s \times I^{1/2} \times (b + z \times h) \times h \times \left(\frac{(b+z\times h)\times h}{b+2h.\sqrt{1+z^2}}\right)^{2/3}$$

On trouve Qs=2 m³ /s donc la condition est **vérifier**.

En conclusion, les types des fossés adoptés pour notre projet sont : (tracé nous prenons un fossé de : h=0.5m, b=0.5m).

- En remblai : un fossé de dimensions : h=0.50 m, b=0.50 m.
- En déblai : un fossé de dimensions : h=0.50 m, b=0.50 m.

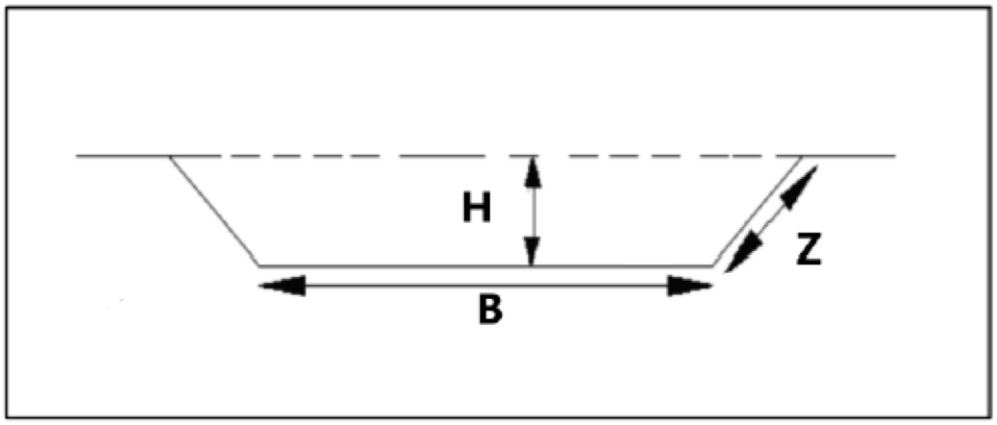


Figure VIII.6 : Fosse trapézoïdale.

VIII.7 CONCLUSION

D'après l'étude hydrologique et hydraulique, on déduit que le tracé projeté comporte un volet des travaux très important en termes d'ouvrages de drainage longitudinal et transversal. Ces travaux doivent être exécutés avec prise en priorité.

CHAPITRE IX :

PROFIL EN TRAVERS

CHAPITRE IX: PROFIL EN TRAVERS

IX.1 INTRODUCTION

Le profil en travers est une coupe transversale, menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la voie projetée, il nous renseigne sur les ´éléments de la superstructure et de l'infrastructure, sur les valeurs des pentes des talus, sur le mode d'assainissement et sur les systèmes ´éventuels de protection de la voie.

IX.2 TYPE DE PROFIL EN TRAVERS

On distingue deux types de profil :

IX.2.1 Profil en travers type

Est une représentation graphique, 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.

IX.2.2 Profil en travers courant

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 devers de la plate-forme.

IX.3 LES ELEMENTS DE PROFIL EN TRAVERS TYPE

- **Eléments de la superstructure**
  - Le type de rail utilisé et la valeur de l'écartement de chaque voie.
  - Le type de travers utilisé.
  - Epaisseur de la couche de ballast.
  - La valeur du dévers maximum en courbe.
  - La longueur des butées du ballast.
- **Eléments de l'infrastructure**

  On mentionne :
  - La dénomination et les épaisseurs de chaque couche.
  - Les pentes transversales de chaque couche.
  - La pente latérale de la plate – forme.
- **Eléments du talus**
  - La pente de chaque talus.
  - Les ouvrages de consolidation éventuels.
- **Eléments d'assainissement** :

On indique le type et dimension des ouvrages d'assainissement ou des drains.

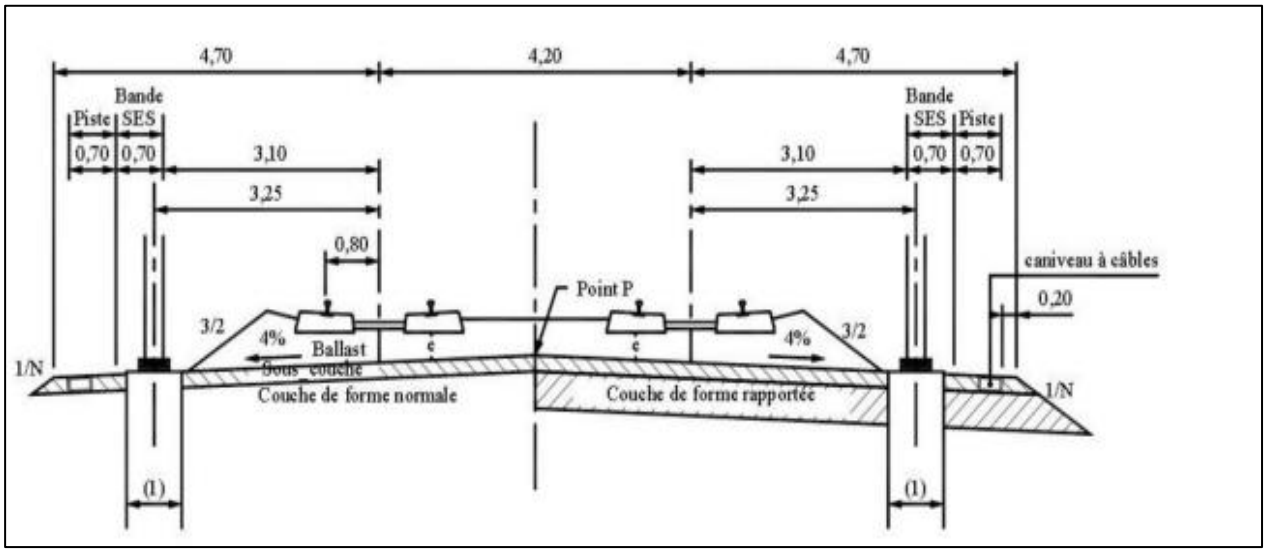


Figure IX.1 : Constituants du profil en travers.

IX.4 LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS

- **Emprise :** C'est la surface du terrain naturel affecté à la voie, limitée par le domaine public.
- **Assiette :** C'est la surface de la voie délimitée par les terrassements.
- **Plate-forme :** C'est la surface de la voie délimitée par les terrassements.
- **La voie :** C'est le chemin de roulement des trains**.**
- **La berme :** Supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations...). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.
- **Le fossé :** C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la voie et talus et les eaux de pluie.

IX.5 Les profils en travers affectés dans notre projet

Selon l'exigence de la SNTF :

- Type de ligne : double voie .
- Ecartement de la voie : 1.435 m.
- Entraxe : 4,2 m.
- Largeurs de la plate-forme :13,6 m .
- Pente latérale de la plate-forme : 4 %
- Largeurs de la berme : 2 m.
- Pente latérale de la couche de ballast : 3H/2V

- Epaisseur du ballast : 30 cm.
- Epaisseur du sous-ballast : 20cm.
- Couche de fondation : 15cm
- Epaisseur de la couche de forme : 50 cm.
- Pente (d´déblai : 3H /2V et remblai : 3H / 2V).
- Fossé trapézoïdal (b= 0.50 m ; h= 0.50 m).

IX.6 Conclusion

Le profil en travers est indispensable lors d'une étude, donc dans ce chapitre nous permis d'énumérer les éléments du profil en travers ainsi que c'est la détermination des volumes des terrassements et de la couche d'assise de la voie ferrée.

CHAPITRE I :

TERRASSEMENT ET OUVRAGE D 'ART

CHAPITRE X: TERRASSEMENT ET OUVRAGE D 'ART

X.1 INTRODUCTION

Les travaux de terrassement consistent à préparer un terrain à accueillir une infrastructure, de sorte à ce que celle-ci soit stable, sans aucun risque de tassement, glissement ou effondrement du sol. Avant d'effectuer les terrassements, il faut commencer par une inspection préliminaire du terrain afin d'identifier les contraintes essentiellement liées aux réseaux divers. Par la suite une étude de la stabilité ainsi que de l'équilibre du sol s'impose.

Les terrassements rapportent des modifications au relief du terrain, les travaux sont réalisés par l'exécution de déblais et de remblais :

- Les déblais consistent à abaisser le niveau du train par enlèvement des terres appelés aussi fouilles ou extraction.
- Les remblais consistent à rapporter des terres afin de relever le niveau appelés aussi remblaiement

X.2 LES TERRASSEMENTS

X.2.1 CALCUL DE STABILITE

Pour la vérification de stabilité des talus en déblais et remblais on a utilisé le logiciel « Slide 6.025 »,

Les principaux paramètres géotechniques employés dans les analyses de stabilité des déblais remblais sont les suivants :

- Poids spécifiqueγ.
- Cohésion c'.
- Angle de frottement interne φ'.

X.2.2 LES PENTES DES TALUS

Les pentes de talus principalement utilisées selon le référentiel technique de SNTF chapitre 07, et exprimées en fraction base (H) sur hauteur (V), sont :

- En déblai : 1/2, 2/3, 1/1, 3/2, 2/1, 2,5/1, 3/1.
- En remblai : 3/2, 2/1.

Les coefficients globaux de sécurité F :

- Fs $\geq$ 1.5 pour la stabilité à court terme.
- Fs $\geq$ 1.3 pour la stabilité à long terme.
- Fs $\geq$ 1 pour la stabilité sous la sollicitation sismique.

Elles doivent être déterminées de façon à assurer la stabilité et la pérennité générale de l'ouvrage en fonction des caractéristiques géotechniques des terrains recoupés en déblais, ou

du sol support et des matériaux mis en œuvre pour les remblais ; de la hauteur de l'ouvrage et de la topographie de site et des risques naturelles.

Les talus peuvent être réalisés avec certains aménagements tels que risberme intermédiaire en déblai et banquette latérale en remblai ou des dispositifs de drainage pour satisfaire les conditions de stabilité.

X.2.3 COMPACTAGE

La technique de compactage est déterminante concernant la qualité des ouvrages en terre, les taux de compactage dépendent de la nature du sol, du type de compacteur et de l'état d'humidité. L'épaisseur des couches élémentaires à prévoir et l'énergie de compactage nécessaire, Des dispositions particulières peuvent également être recommandées (arrosage, essorage …etc.).

X.2.4 REMBLAIS

Les caractéristiques de la section de remblais :

- Talutage : A ce stade d'étude, Les remblais seront profilés à 3H/2V (Horizontal/Vertical) pour assurer la stabilité.
- Décapage : A l'objet de réduire d'éventuels effondrements, Les terres végétales d'épaisseur de 20 cm.
- Drainage : Il est considéré important que la surface des remblais présente une pente transversale d'au moins 4 % afin d'éviter la stagnation de l'eau de pluie.
- Contrôle de tassement : Compte tenu de tous les résultats des travaux et essais de la campagne géotechnique, on ne prévoit pas des tassements significatifs des remblais tous le long du tracé.

Les remblais concernés sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau X.1 : localisation des zones de remblais

PK		Longueur(m)	H max (m)
Débit	**Fin**		
382+463	383+125	662	2.5
383+675	383+950	275	1.32
384+560	384+940	380	6.4
385+575	385+750	175	4.6
385+875	386+900	1325	9.2
386+973	387+150	177	2.22
387+970	390+425	2455	16.52

390+675	391+125	450	6.7
391+320	391+800	480	8.9
392+440	393+082	642	4.5

X.2.5 DEBLAIS

Les Caractéristiques des sections en déblais :

Les pentes données en cette phase d'étude dépendent de la nature des formations recoupées, que les travaux d'investigations géotechnique n'ont pas mis en évidence la présence d'eau dans aucune zone de déblai.

Talutage : Les pentes données en cette phase d'étude dépendent de la nature des formations recoupées, on a adopté une pente de 3H /2V pour assurer la stabilité. Les déblais concernés sont comme présenté dans le tableau suivant :

Tableau X.2 : localisation des zones de déblai

PK		Longueur(m)	H max (m)
Débit	Fin		
383+590	**383+675**	**85**	**0.39**
383+950	**384+440**	**490**	**11.12**
384+950	**385+565**	**615**	**13.9**
385+750	**385+850**	**100**	**0.4**
387+150	**387+970**	**820**	**6.5**
390+425	**390+675**	**250**	**3.05**
391+125	**391+300**	**175**	**1.15**
391+840	**392+440**	**600**	**8.3**
393+275	**393+825**	**550**	**1.4**

X.2.6 VERIFICATION DE LA STABILITE

Application aux déblais-remblais de notre projet :

Sismicité Zone : Zone 2a (sismicité moyenne).

VII.2.6.1 Cas déblais

On prend le cas le plus défavorable dans notre tracé avec un talus de pente 3H/2V et des bermes de 2m et de pente 4%

Tableau X.3 : Les caractéristiques de déblai

Pk début	Pk fin	Hauteur max de déblai
384+950	385+565	13.9

VII.2.6.2 Cas remblais

On prend le cas le plus défavorable dans notre tracé avec un talus de pente 3H/2V.

Tableau X.4 : Les caractéristiques de remblai

Pk début	Pk fin	Hauteur max de remblai
387+970	390+425	16.52

Caractéristiques géotechniques de notre déblai et remblai :

Tableau X.5 : Les paramètres géotechniques employés dans de calcul de stabilité du déblai

Lithologie	Paramètre géotechnique		
	$\gamma h\ KN/m\text{^}3$	C' (kn/m^3)	$\varphi°$
Argileux-graveleux	**20**	**60**	**35**
PST	**20**	**0**	**35**

Tableau X.6 : Les paramètres géotechniques employés dans de calcul de stabilité du remblai

Lithologie	Paramètre géotechnique		
	$\gamma h\ KN/m\text{^}3$	C' (kn/m^3)	$\varphi°$
PST	20	0	35
REMBLAI	19,1	19	27
Qt	19	30	24

Dans les graphiques suivant on peut observer les résultats de calcul de stabilité :

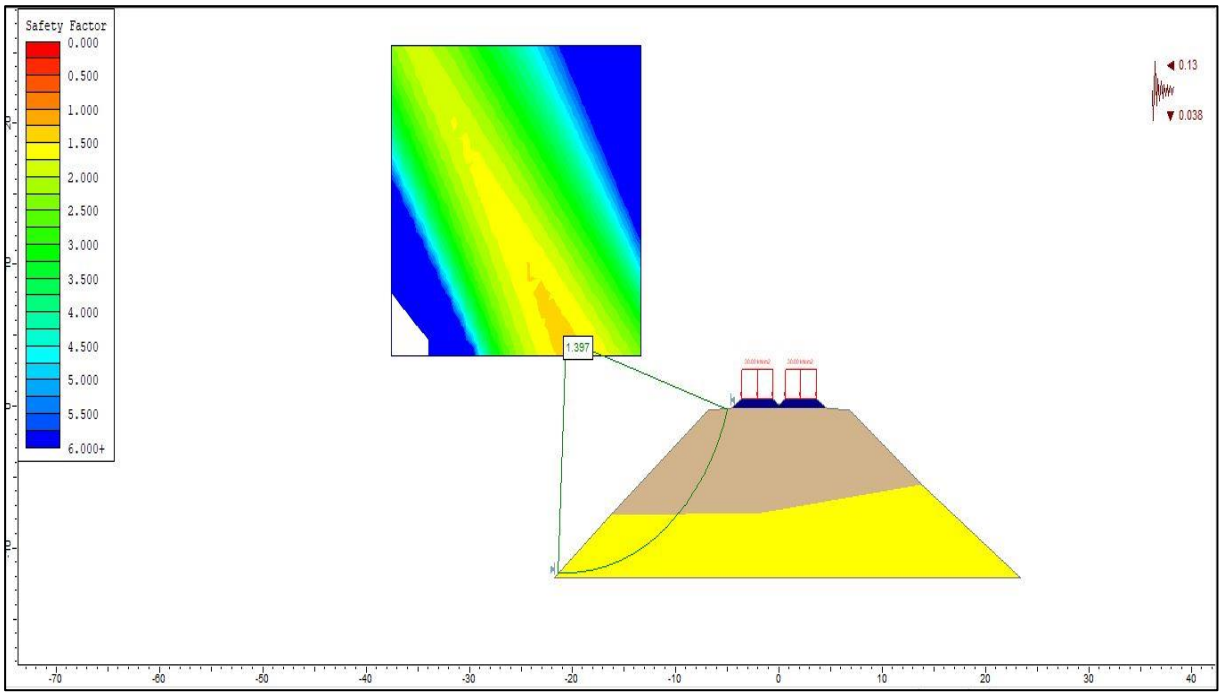


Figure X.1 : Calcul de la stabilité sismique du remblai

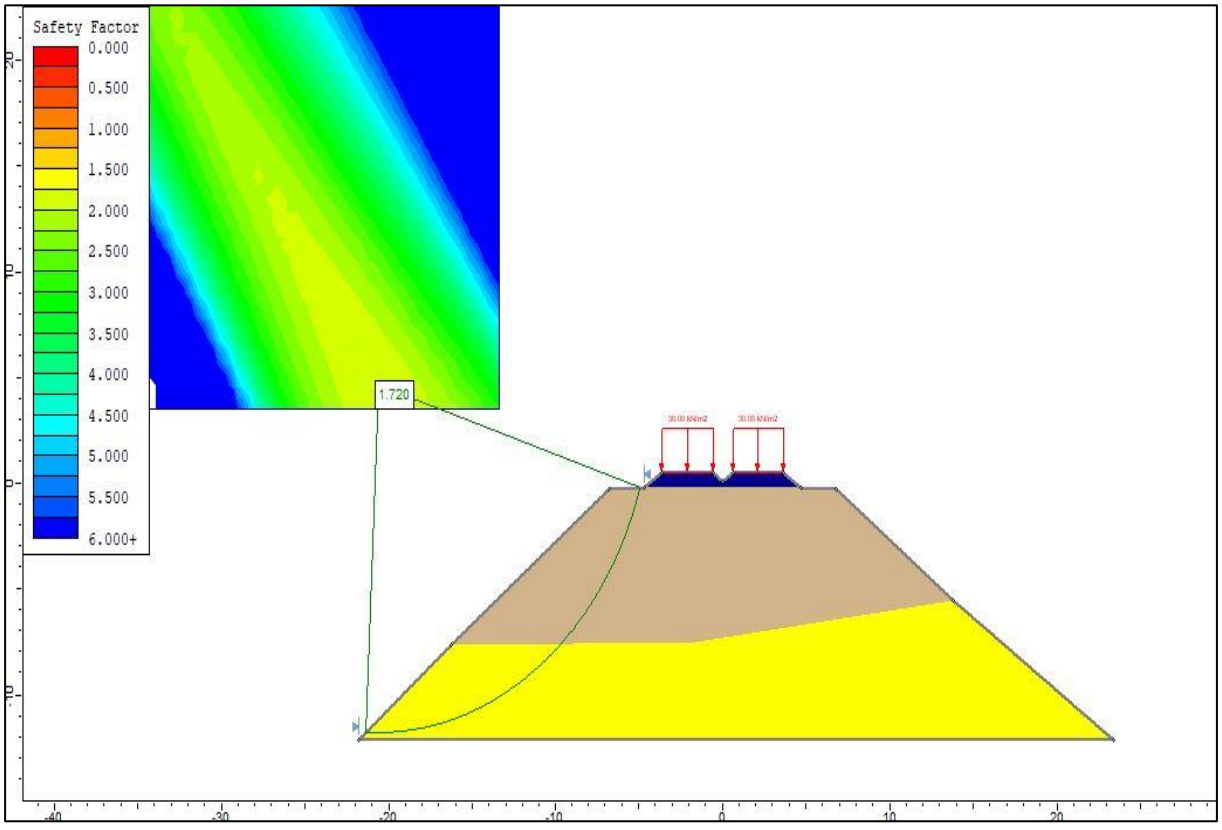


Figure X.2 : Calcul de la stabilité statique du remblais

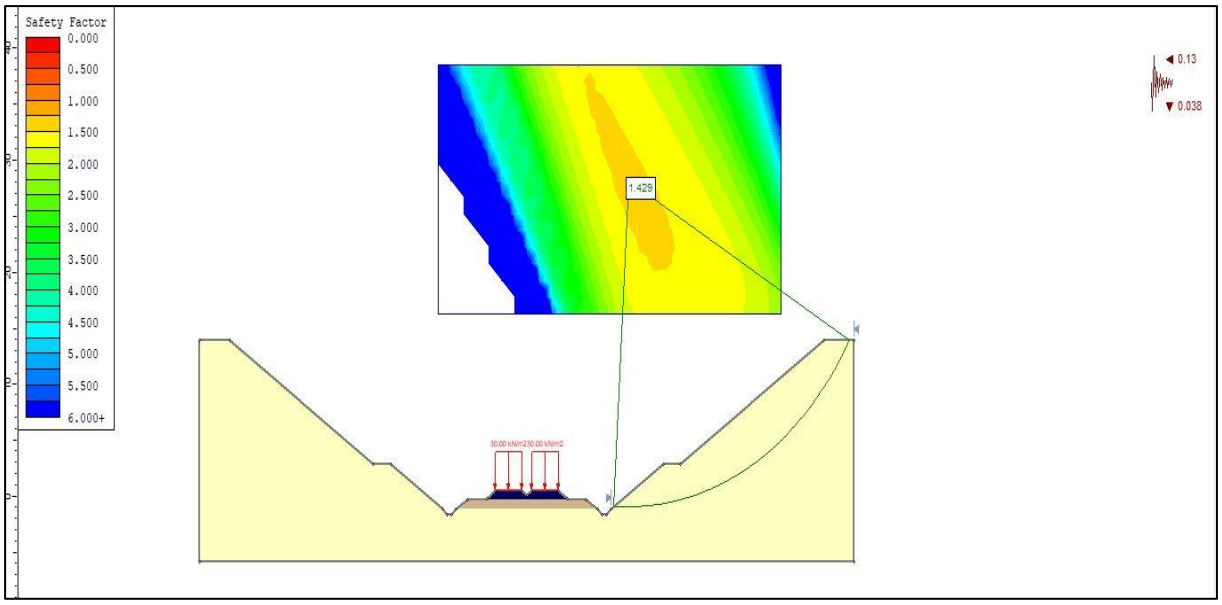


Figure X.3 : Calcul de la stabilité sismique du déblai

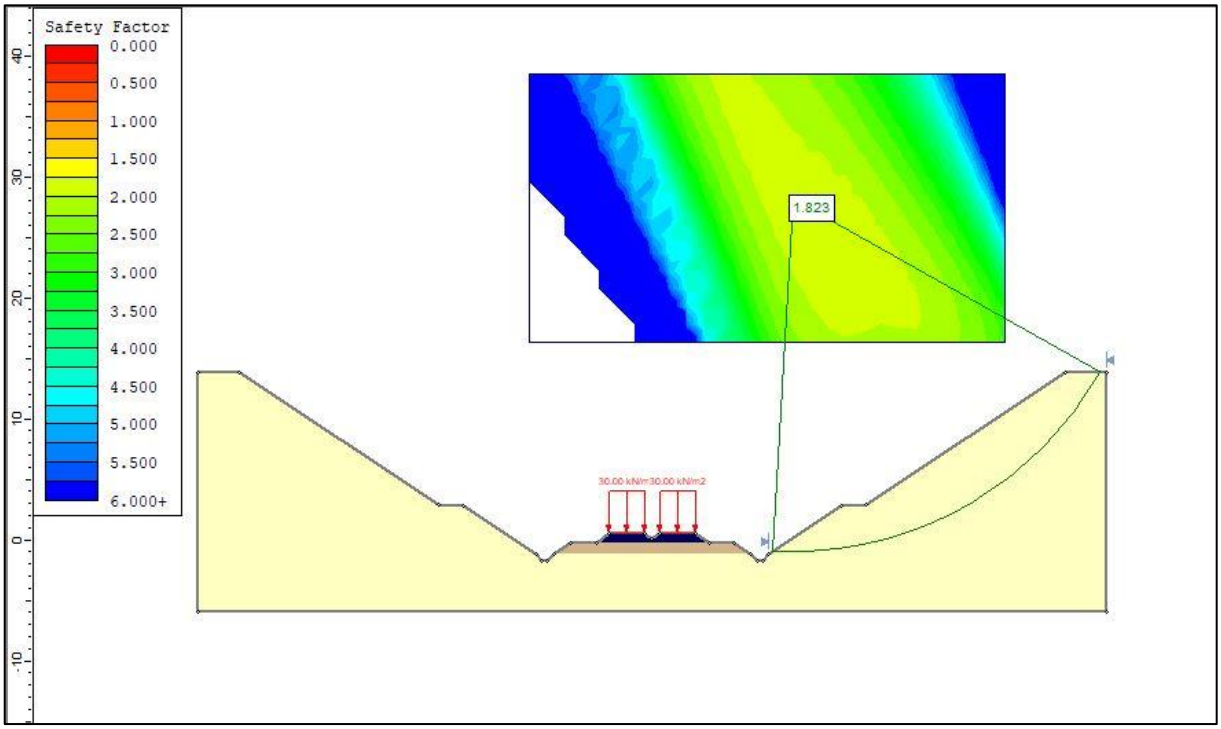


Figure X.4 : Calcul de la stabilité statique du déblai

X.2.7 EPAISSEURE DE LA TERRE VEGETALE

Avant la réalisation d'un remblai il faut préparer le terrain, le décapage de la terre végétale est donc obligatoire et réalisé selon d'épaisseurs déterminées par des études géotechniques, pour le tronçon étudié on prend une épaisseur de 0.20m.

X.2.8 CALCUL DES VOLUMES DES TERRASSEMENT

Les volumes des terrassements sont calculés après avoir défini la ligne rouge du projet et les différentes côtes du terrain naturel à partir du tracé en plan, le profil en long et le profil en travers.

Le calcul des cubatures des terrassements a été fait à l'aide du logiciel « AutoCAD 2016», les tableaux ci-après résument les résultats obtenus :

Tableau X.7 : Récapitulatif des volumes de terrassement

Terrassement	Volume (m3)
Déblais	637819,3
Remblais	1015266,2
Couche terre végétal	83138,8

Tableau X.8 : Récapitulatif des volumes des couches d'assise

Couche	Volume (m3)
Ballast	46806,2
Sous-ballast	32439,3
Couche de fondation	25305,7
Couche de forme	90395,7

❖ **Remarque**: les résultats détaillés sont joints dans l'annexe.

X.2.9 ZONE D'EMPRUNT

A partir des études Géologiques et Géotechniques, la plus grande partie de l'excavation peut être utilisable comme noyau de remblai. Cependant les besoins de ce matériel sont supérieurs à la quantité disponible, il faudra ramener des emprunts les matériaux nécessaires pour équilibrer le rapport remblai/déblai.

Le matériau nécessaire pour les remblais techniques, le sol adéquat et sélectionné seront ramenés de tronçon précédent.

X.3 LES OUVRAGES D'ART

X.3.1 INTRODUCTION

Un ouvrage d'art tout ouvrage permettant a une voie de circulation de franchir un obstacle naturel ou une voie de circulation terrestre.

Pour la conception d'un bon tracé ferroviaire qui assure la perméabilité transversale de la ligne ferroviaire ainsi que le franchissement des différents obstacles et infrastructures tout en répondant aux exigences techniques et économiques, on doit doter cette nouvelle ligne des ouvrages d'art suivants :

- Ponts rail.
- Ponts routiers.
- Passage inférieure (pont cadre).

- Les ouvrages hydrauliques.

X.3.2 LES CRITERES DE CONCEPTION DES OUVRAGES D'ART

Pour choisir l'adoption du type de l'ouvrage d'art il y a des contraintes imposées. Ces dernières sont divisées en des catégories :

- Situation de l'ouvrage
- Données naturelles : écoulement des eaux, nature de sol, etc.
- Exigences techniques : portée, programme de charge, gabarit, etc.

Toutefois, les contraintes dimensionnelles et fonctionnelles sont :

- La voie portée, ou l'obstacle franchir.
- 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.

X.3.3 LES PONTS

D'une façon générale, un pont est un ouvrage en élévation, construit in situ, permettant à une voie de circulation de franchir un obstacle naturel ou artificiel : rivière, vallée, route, voie ferrée, canal, etc.

La voie portée peut être :

- une voie routière (pont-route)
- piétonne (passerelle)
- ferroviaire (pont-rail).

X.3.4 LCROISEMENT AVEC LA ROUTE

Les problèmes de croisements doivent prendre en considération la nature et le débit de la voie et analyser au cas par cas tout type de croisement selon la vitesse de base maximale.

On prévoit en effet, trois solutions possibles :

- Passage supérieur : Si la vitesse des trains est importante ≥ 100 km/h et si la topographie ne le permet pas.
- Passage à niveau : pour les routes de faibles débits
- Passage inférieur de la route : rarement envisagée, c'est lorsque la topographie l'exige (niveau de roulement de train élevé).

X.3.5 APPLICATION AU PROJET

Liste des ouvrages d'art pour notre projet **:**

Tableau X.9 : passages supérieurs

Pk de L'ouvrage	Type de l'ouvrage
PK383+670	Pont route
PK384+640	Pont route
PK385+580	Pont route
PK387+380	Pont route

Tableau X.10 : passages inférieurs

Pk de L'ouvrage	Type de l'ouvrage
PK384+820	PI
PK386+550	PI
PK389+890	PI
PK391+090	PI
PK392+510	PI
PK391+565	PI

Les ouvrages hydrauliques :

Tableau X.11 : ouvrage hydraulique

Pk de L'ouvrage	Type de l'ouvrage
PK392+720	DALOT

Remarque :

Dans notre cas il y a un autre obstacle ou contrainte qui traversé l'axe principal de notre projet est ligne gazoducs.

La première ligne au pk388+340 presque perpendiculaire à la ligne de projet et la deuxième ligne est inclinée avec un angle de 40°sur la ligne de pk392+875.

Les deux croisements seront réalisés en remblai et la protection de la conduite sera assurée avec un ouvrage de protection d'une forme de « U ».

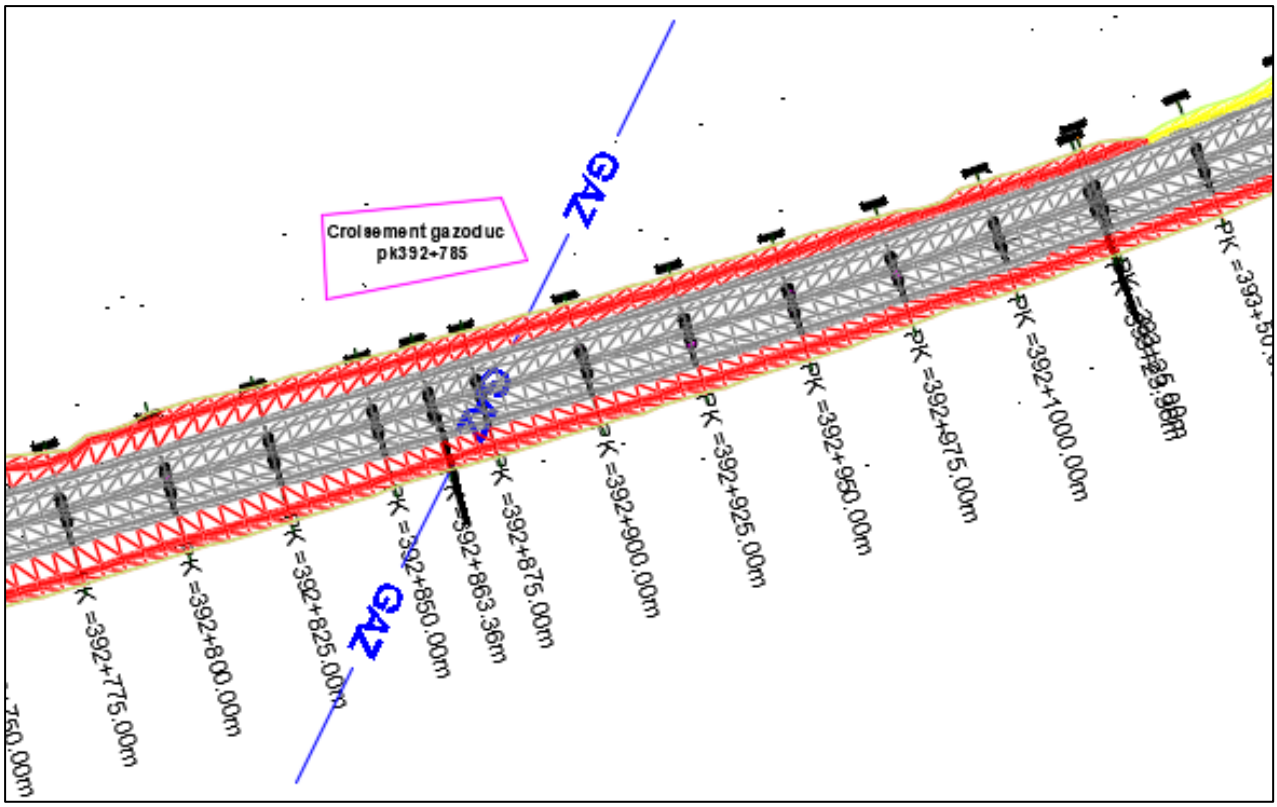


Figure X.5 : Croisement gazoduc au pk 392+875

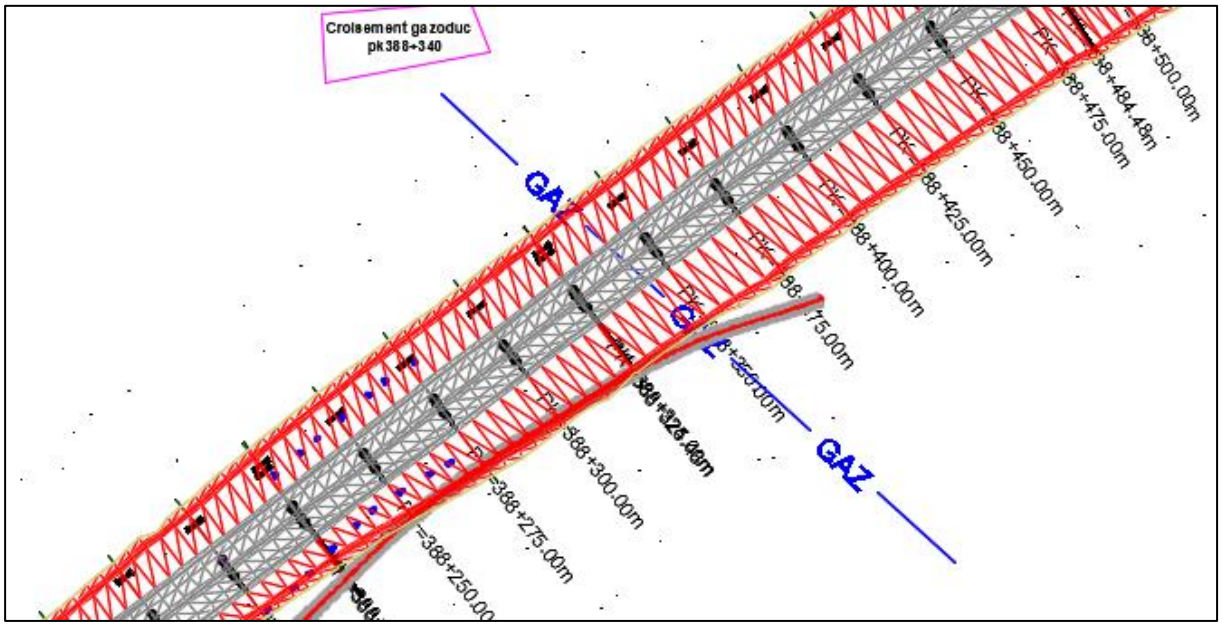


Figure X.6 : croisement gazoduc au pk 388+340

X.3.6 Conclusion

L'étude de la nouvelle ligne ferroviaire concernant notre tronçon Comprend plusieurs des obstacles à franchir qui nécessite une implantation des différents types des ouvrages d'art.

CHAPITRE XI :

CONCEPTION DE LA GARE MECHTA LARBI

CHAPITRE XI: CONCEPTION DE LA GARE MECHTA LARBI

XI.1 INTRODUCTION

Pour tout projet du transport ferroviaire la conception des gares c'est une obligatoire, C'est le lieu d'arrêt des trains qui comprend diverses installations qui ont une double fonction : permettre la montée ou la descente des voyageurs, ou le chargement et le déchargement des marchandises, et pour certaines d'entre elles assure des fonctions de sécurité dans la circulation des trains.

Ce chapitre présentera les composantes et l'organisation de la gare mechta Larbi projetées dans la nouvelle ligne.

XI.2 TYPE DE GARE

Il existe différents types de gares, cela dépend de leurs nécessités, il y a :

- Les gares de voyageurs.
- Les gares de marchandises.
- Les gares mixtes (voyageurs marchandises).
- Les gares de triages.
- Les gares de croisements.

XI.2.1 Les gares de voyageurs

Les gares de voyageurs sont généralement implantées dans les grandes villes, et dans les lieux de grandes populations, ces gares sont chargées de tous installations pour recevoir les voyageurs

XI.2.2 Les gares de marchandises

Les gares de marchandise sont implantées dans les lieux industriels, agricoles et commerciaux importants, à proximité des grandes villes, des ports, des mines, des raffineries de pétrole et des grands laboratoires.

Les gares marchandise sont chargées de toutes les installations pour le chargement, le déchargement et le stockage des marchandises. Émis et reçus par eux.

XI.2.3 Les gares mixtes

Ces gares seront implantées dans la ville industrielle, agricole et commerciale, et elles seront chargées de plusieurs installations pour recevoir les passagers et pour charger, décharger et stocker les marchandises délivrées par la gare.

XI.2.4 Les gares de triages

Les gares de triage assurent la recomposition des trains dits du lotissement, c'est-à-dire des trains qui acheminent les wagons isolés.

XI.2.5 Les gares de croisements

C'est l'une des plus petites gares, Ces gares sont implantées généralement sur les chemins de fer à voie unique, et elles sont chargées d'effectuer le travail de réception des trains des deux côtés de la gare en toute sécurité après l'arrêt de l'un des deux (ou sans arrêt).

XI.3 PLAN DE MASSE D'UNE GARE

La conception de la gare s'effectue en tenant compte des fonctions de toutes les installations de base qui la constituent.

Il y a trois éléments qui sont nécessaires pour l'étude du plan de masse :

XI.3.1 Catégories de la voie

Qui permet de déterminer le rôle et les constituants de la gare.

XI.3.2 Le trafic

C'est un élément très important pour estimer et évaluer l'importance de la gare afin de l'aménager d'une manière convenable.

XI.3.3 L'emplacement de la gare

Généralement, c'est l'élément qui définit et détermine les deux éléments précédents.

XI.4 AMENAGEMENT D'UNE GARE

Une gare ferroviaire s'aménage différemment selon son type, on peut donc distinguer plusieurs installations :

XI.4.1 Installations d'une gare 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 (B.V)** : 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.

XI.4.2 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.

XI.5 RESEAUX DE VOIE

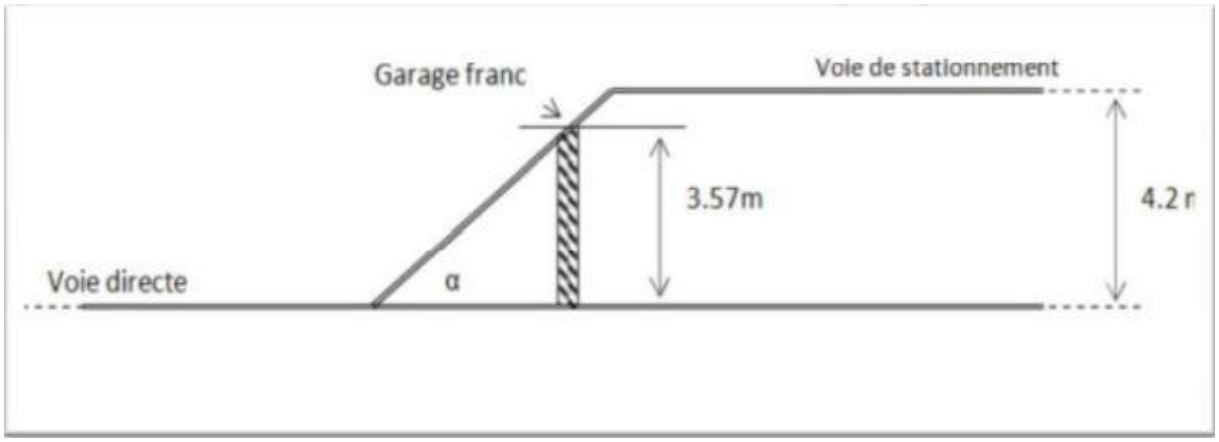
XI.5.1 Garage Franc

Le garage franc marque la limite de la partie de voie à occuper par les trains en gares. La valeur théorique de garage franc est de 3,57 entraxes de la voie directe et la voie déviée, mais en raison de la sécurité, le garage franc sera installé à 1 m de distance du garage franc théorique.

Donc le garage franc est donné par la formule suivante :

GF= 3.57 × N + 1 (1m pour la sécurité)

N : varie selon l'ouverture de l'appareil de voie.



FigureXI.1 : l'emplacement du garage franc GF.

XI.5.2 La marge de glissement à l'aval des signaux

C'est le tronçon de voie situé au prolongement d'un parcours du train à l'aval d'un signal fermé, et aucune autre circulation de train n'est autorisée dans cette marge, qui, pour certains réseaux, doit être libre de toute occupation.

Elle a pour but de minimiser les conséquences d'un accident de collision lorsqu'un train n'a pas pu d'arrêter avant cette marge, faute de freinage ou rails glissants.

➢ **Longueurs de la marge de glissement**

$50 \leq LG \leq 200$, selon la vitesse de la ligne, on l'utilise comme marge à l'aval des signaux de protection, des signaux d'entrée, des signaux intermédiaires ou de sortie.

- LG = 200m pour $V \geq 60$ km/h.
- LG = 100m pour $40km/h \leq V \leq 60$ km/h.

- LG = 50 m pour V < 40 km/h.

XI.5.3 La 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. Donc La longueur utile représente la distance séparant deux garages francs.

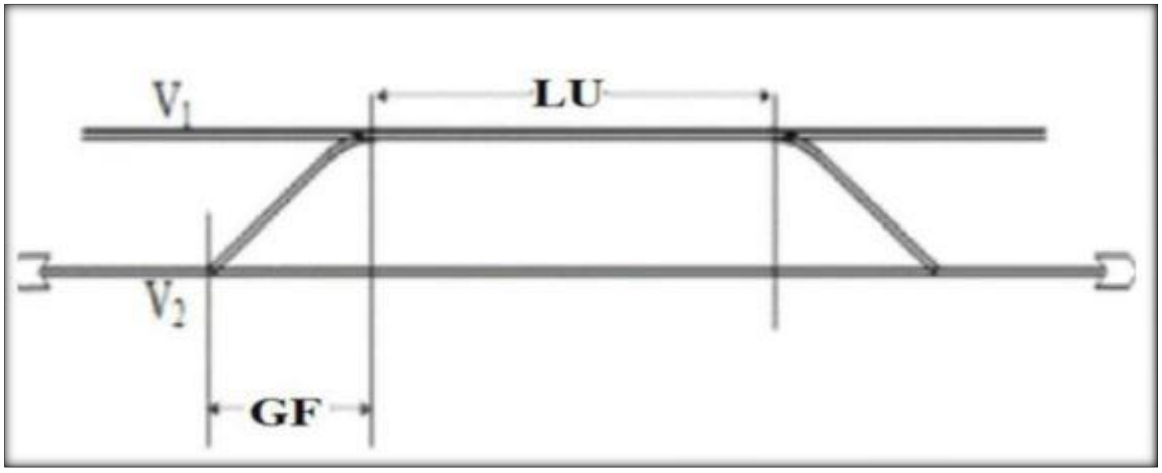


Figure XI.2 : longueur utile d'une voie.

Elle est donnée par la formule suivante :

$$LU = LG + LS + LT + LA + LC$$

Tell que :

- LU : longueur utile.
- LG : longueur de glissement.
- LS : longueur de sécurité.
- LT : longueur maximale de train.
- LA : marge de tolérance d'arrêt.
- LC : tronçon d'isolation pour le système de contrôle.

Les valeurs de la longueur utile sont représentées dans la norme SNTF (aménagement et gare, tracé des voies), tel que :

- La longueur utile minimale pour les trains voyageurs est : 426 m.
- La longueur utile minimale pour les trains de marchandise est : 870 m.

XI.5.4 Heurtoir

Matérialise la fin d'une voie de garage ou de sécurité. Un heurtoir est un dispositif placé à l'extrémité d'une voie ferrée pour arrêter d'éventuel véhicule en dérive et les empêcher de continuer leur chemin en dehors de la voie, conçue pour absorber l'énergie cinétique des trains qui les heurtent par l'intermédiaire des tampons.

Figure XI.3 : un heurtoir



XI.5.5 Quai

XI.5.5.1 Les caractéristiques géométriques du quai

Selon les normes de la SNTF les caractéristiques géométriques sont dans le tableau suivant :

Tableau XI.1: Les caractéristiques géométriques du quai.

Quai	Norme SNTF
Longueur	Grande ligne 450m. Service régional 350 m. Banlieue 225 m.
Largeur	Quai intermédiaire B > 8 m. Quai extérieur B ≥ 6 m.

Hauteur	Quai bas h= 35 cm. Quai mi- haute h= 55 cm. Quai haute 76 ≤ h ≤ 100 cm.
Entraxe des quais	e normal > 11.3. e minimal > 9.3.

XI.5.5.2 Distance de bords de quais par rapport l'axe de la voie

La distance nominale à l'axe de la voie est fixée à :

L (mm)=1650+S

La valeur de S est donnée par la formule :

S (mm)= (3750/R) + ((I-1435)/2)

- R : le rayon de la voie (m).

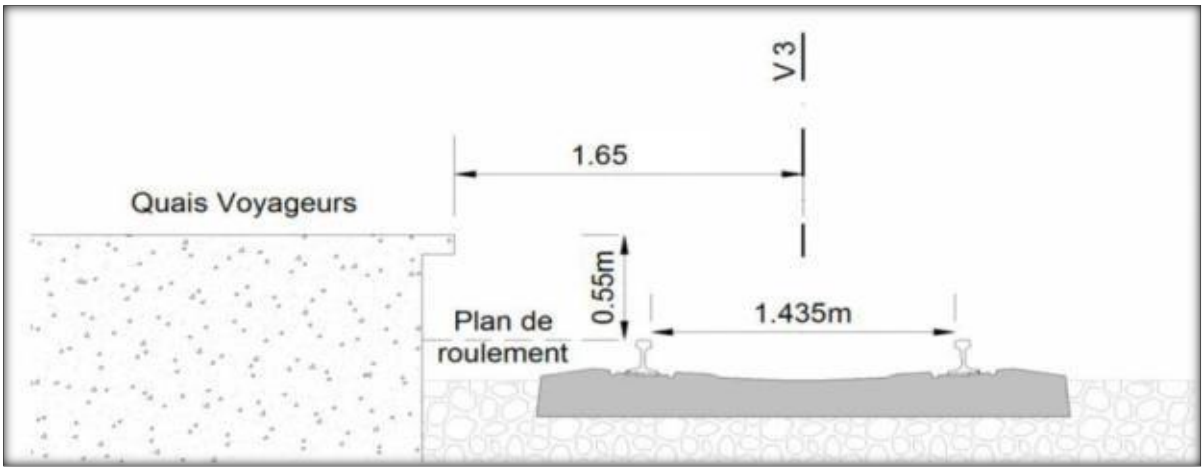


Figure *XI.4*: La hauteur du quai et la distance entre le bord de quai et l'axe de la voie (source UIC741)

XI.5.6 Les appareils de voies

Un appareil de voie est un élément de la voie ferrée qui permet d'assurer le support et le guidage du matériel roulant ferroviaire sur un itinéraire donné.

Si d'autres itinéraires en divergent où le traversent Il permet entre autres d'assurer les bifurcations et les croisements d'itinéraires.

Le type de l'appareil est désigné par la valeur de la tangente d'implantation exprimée sous la forme décimale, et ce dernier se compose de trois parties : l'aiguillage, la partie intermédiaire et la partie cœur (croisement)

Il existe trois catégories d'appareils de voie :

- Les branchements.

- Les traversées.
- Les traversées jonctions.

XI.6 LA GARE DE MECHTA EL ARBI

La Gare de mechta el Arbi est une gare optimisée destinée au stationnement des trains voyageurs. on ajoute deux quai A et B qui permet l'accès aux trains.

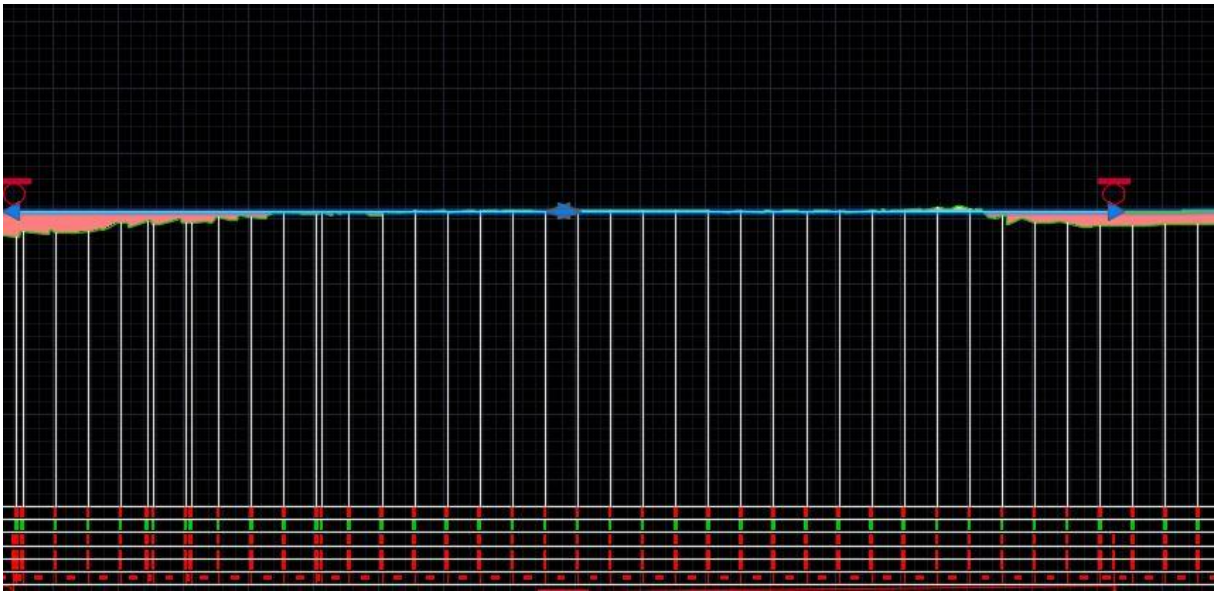
XI.6.1 TRACE EN PLAN ET PROFIL EN LONG

Le tracé de la Gare de mechta se trouve entre le Pk 383+100 et le Pk 384+325 dans une extension de 1225 mètres se situe sur un alignement droit avec une pente nulle.

Cette longueur permet l'emplacement d'une voie de plus de 225 mètres de longueur utile pour le stationnement des trains.



Figure XI.5 : Emplacement de la Gare mechta.



FigureXI.6 : Profil en long de la gare.

XI.6.2 LES CARACTERISTIQUES DE LA GARE DE MECHTA :

XI.6.2.1 Nombre de voies

Le nombre de voies requises pour la Gare de mechta est de 4 voies, 2 voies principales (voies 1 et 2) et 2 voies d'évitement destinées au stationnement des trains (voies 3 et 4).

XI.6.2.2 Appareils de voies

Dans notre projet on placer 14 appareils de voie sont de géométrie UIC :

- Tangente 1/12 – rayon 500m.
- Tangente 1/9 – rayon 190m.

XI.6.2.3 Longueur de garage franc

- Pour l'appareil de voie type 1/12 : lg= 44m.
- Pour l'appareil de voie type 1/9 : lg= 34m.

➢ Exemple de calcul de garage franc :

- Pour UIC 54 500 1/12

$$Gf = 3.57 \times 12 + 1 = 43.84 \text{ m}$$

- Pour UIC 54 190 1/9

$$Gf = 3.57 \times 9 + 1 = 33.13 \text{ m}$$

XI.6.2.4 Marge de glissement à l'aval des signaux

Pour la gare de mechta la longueur de la marge de glissement correspondante à une vitesse V ≥ 60 Km/h est de 200 m.

XI.6.2.5 Les quais

La Gare de mechta a 2 quais à l'intérieur des voies 3 et 4, pour communiquées entre les quais et bâtiment voyageurs On a opté à utiliser une passerelle supérieure qui permet le franchissement sans risque des voies.

- **Longueur des quais**

Les quais des voyageurs A, B et C sont localisés en alignement droit et possèdent une longueur de 250m et 250m.

- **La largeur des quais**

Selon la SNTF (aménagement et gare tracé des voies)

Pour les quai A, B on prend une largeur de 6m.

- **La distance à l'axe de la voie**

L (mm)=1650+ (3750/∞) + ((1435-1435)/2)=1650mm

- **La hauteur des quais**

On prend pour notre cas h= 55 cm

- **Entre–axe des quais**

Selon la SNTF :

- Entraxe normal en ≥ 11.3.
- Entraxe minimal en ≥ 9.3.

Dans notre projet on a opté pour l'entraxe de 13.5 m entre les quais A, B.

XI.6.2.6 Entre-axe

Dans la présente gare de mechta a été considéré les entre-axes suivants :

TableauXI.2 : - Entre-axes.

Ligne	Entre-axes (m)
V1-V2	4.20
V1-V3	9.30
V2-V4	9.30

XI.6.2.7 Longueur utile des voies

Dans le cas de la Gare de mechta les longueurs utiles de voies sont les suivantes :

TableauXI.3: Les longueurs utiles de voies de la Gare de mechta

Voie	Longueur utile (m)
V3	555
V1	555
V2	555
V4	555

Tableau XI.4 :. Coordonnées d'implantation des appareils de voies

N ADV	Point	X	Y
	M1	783774.4417	3998022.2764
	M2	783795.0978	3998024.6976
	M3	783795.2275	3998022.9739
	M1	783825.028	3998023.968
	M2	783804.3719	3998021.5468
	M3	783804.2422	3998023.2705
	M1	784141.1025	3998019.9466
	M2	784120.5389	3998023.0568
	M3	784120.3517	3998021.3383
	M1	784090.6246	3998023.3335
	M2	784111.2041	3998020.2209
	M3	784111.3913	3998021.9393
	M1	784188.1622	3998012.8289
	M2	784208.7258	3998009.7187
	M3	784208.913	3998011.4371
	M1	784174.9265	3998010.583
	M2	784195.4899	3998007.4728
	M3	784195.1606	3998005.7758
	M1	784806.8521	3997915.0053
	M2	784786.2884	3997918.1155
	M3	784786.1012	3997916.397
	M1	784820.2225	3997917.2324
	M2	784799.6587	3997920.3419
	M3	784799.9878	3997922.038
	M1	784995.3571	3997886.4942
	M2	785015.9188	3997883.3843
	M3	785016.1059	3997885.1028
	M1	785045.8565	3997883.104

	M2	785025.2929	3997886.2142
	M3	785025.1058	3997884.4958
	M1	785146.116	3997863.6922
	M2	785125.552	3997866.8024
	M3	785125.8819	3997868.4993
	M1	785096.871	3997875.3882
	M2	785117.4345	3997872.278
	M3	785117.105	3997870.581
	M1	784332.0887	3998000.4761
	M2	784348.5169	3997997.9914
	M3	784348.6908	3997999.8208
	M1	784663.3622	3997927.2903
	M2	784646.9342	3997929.7767
	M3	784646.7601	3997927.9456

TableauXI.5 : Coordonnées d'implantations des garages francs

GARAGE FRANC	X	Y
1	783816.3072	3998025.3872
2	783783.1648	3998020.8297
3	784099.369	3998024.4945
4	784132.3334	3998018.782
5	784230.1429	3998008.2484
6	784216.3575	3998002.5363
7	784765.1196	3997919.5569
8	784778.9013	3997925.2489
9	785037.0888	3997881.9476
10	785004.1234	3997887.6509
11	785104.905	3997871.6904
12	785138.0825	3997867.3898
13	784363.6727	3997997.4681
14	784631.6016	3997930.3268



Figure XI.7 : exemple des ADV dans la gare de mechta

XI.6.2.8 Passerelle supérieure

Selon la SNTF (aménagement et gare tracé des voies)

- La largeur est : B ≥ 2.4 on prend une largeur B = 2.5 m.
- La hauteur est : H > 6.2 m on prend une hauteur 6.5 m pour mieux placer les caténaires.

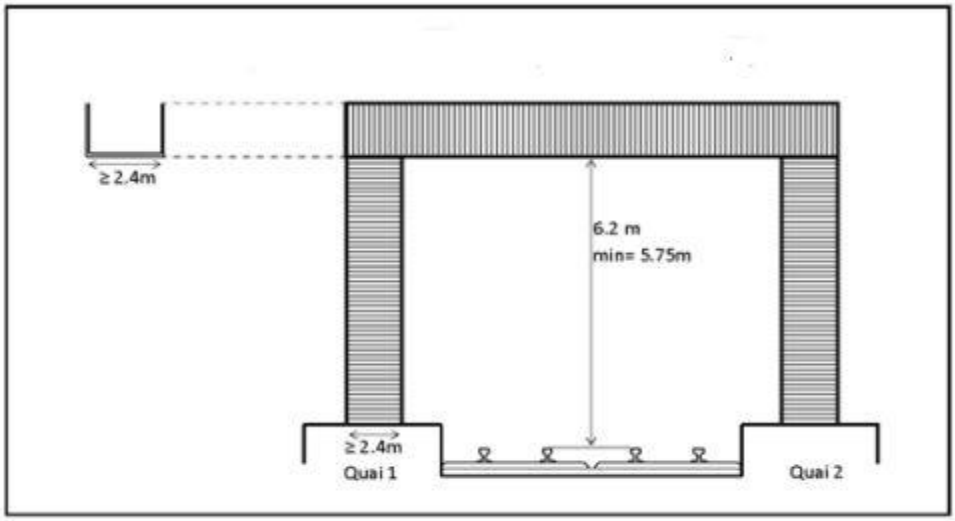


Figure XI. 8 : Dimensions de la passerelle selon la norme SNTF

XI.7 ASSAINISSEMENT DANS LA GARE

XI.7.1 Assainissement transversale

Pour faciliter le ruissellement des eaux pluviales dans les gares, les quais doivent avoir une pente de 2% en toit ou en V selon le cas de telle sorte à évacuer ces eaux vers les voies ensuite ces eaux sont évacuées grâce aux pentes transversales des plates-formes.

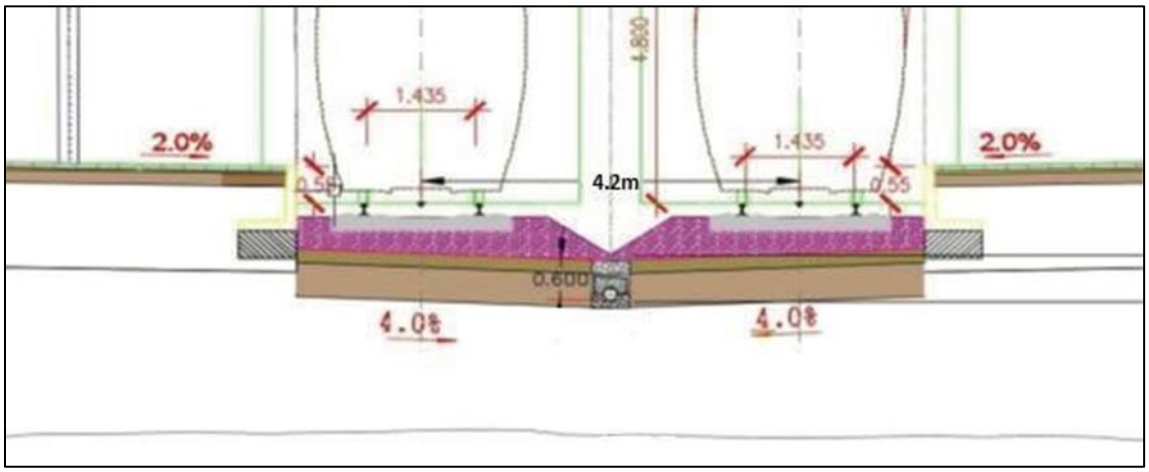
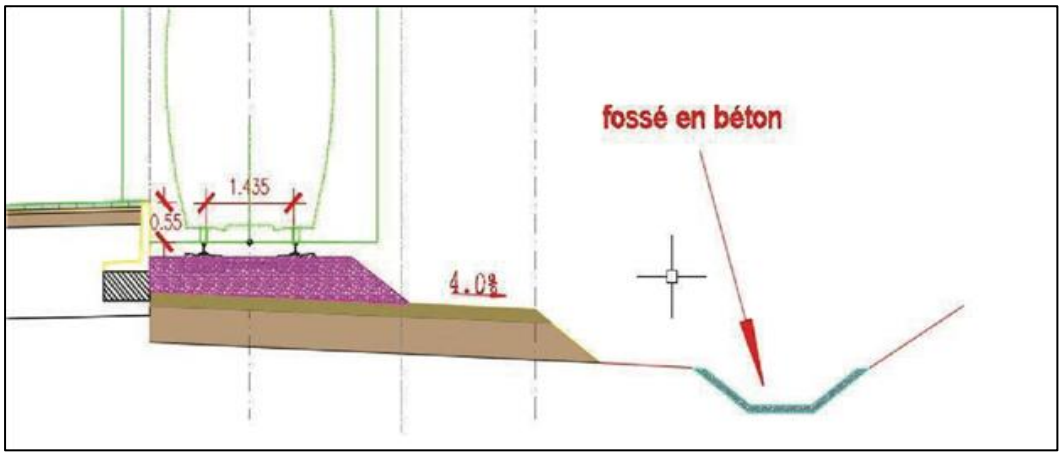


Figure XI.9 : Assainissement longitudinale de la gare

XI.7.2 Assainissement longitudinal

Les drains disposés longitudinalement avec des pentes de 4°/00 permettent de recueillir 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.



FigureXI.10 : Assainissement longitudinale de la gare

XI.8 Conclusion

La gare de Mechta Larbi est aménagée d'une manière à satisfaire aux besoins des usagers de cette région en termes de déplacement et communication avec d'autre région.

CHAPITRE XII :

ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

CHAPITRE XII : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XII.1 INTRODUCTION

L'étude d'impact sur l'environnement décrit le contexte d'insertion et de justification du projet, elle présente une description des différentes composantes du milieu récepteur. Cette étude est un instrument privilégié dans la planification du développement et d'utilisation desressources et du territoire.

Dans le cadre des projets de tracé des voies ferrées, l'étude d'impact sur l'environnement suit les différentes phases de la conception du projet.

Dans le même ordre d'idées, l'étude d'impact sur l'environnement du projet de la nouvelle voie ferrée chelghoum – teleghma, le tronçon du PK 382 +000 au PK 393+850 a fait l'objet d'une démarche logique, articulée en trois phases distinctes :

- **Phase 01 :** est de présenter le projet sur la situation initiale de la zone d'étude.
- **Phase 02 :** illustre et évalue les impacts susceptibles d'être engendrés.
- **Phase 03** : fait l'objetdes mesures à envisager en faveur de l'environnement.

XII.2 OBJECTIFS DE L'ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

Les objectifs du présent Étude d'impact sur l'environnement sont les suivants :

- Assurer l'intégration des contraintes et opportunités inhérentes au milieu dans la démarche de conception de la nouvelle voie ferrée.
- Identifier et évaluer l'importance des impacts appréhendés du projet sur le milieu physique, biologique et humain, ainsi que sur le climat sonore et le paysage.
- Proposer des mesures visant à atténuer les impacts identifiés afin d'optimiser l'intégration du projet dans le milieu récepteur.

XII.3 IMPACT DES VOIES FERREES SUR L'ENVIRONNEMENT

La particularité de la voie ferrée est son caractère linéaire et son impact sur des milieux de natures totalement différentes. On peut les inventorier avec un minimum de bon sens. Le domaine foncier pris au sens large est le premier impacté.

Elle impacte l'environnement, au sens étymologique, donc des écosystèmes définis par leurs composants : eau, air, faune, flore, sol et sous-sol. Les exigences sociales ont peu à peu forgé des outils législatifs et réglementaires qui encadrent ces domaines.

Une nouvelle infrastructure modifiera le développement urbain, mais aussi le développement économique d'un territoire.

XII.4 ANALYSE DE L'ETAT INITIALE

XII.4.1 Situation du projet

La zone d'étude fait partie de la Daïra de Chelghoum Laïd . La daïra est située au centre Est de la wilaya de Mila. à environ 28 km elle occupe 7 ,35% de la surface totale de la wilaya soit 3481 km ^{2}

La ville de Chelghoum route nationale n°5. Elle est distante de 54 km de Constantine, de 55 km de Mila et de 76 km de Sétif :

- Au nord par les communes de Ain Mellouk.
- A l'est par les communes d'Oued Athmania.
- Au sud par les communes de Ouled khelouf.
- A l'ouest par la commune de Tadjenanet .

La commune s'étend sur une superficie de 654,05 km2. Cette superficie se répartit comme suit d'après la carte ci-après :



XII.4.2 MILIEU PHYSIQUE

XII.4.2.1 Climat

À Chelghoum el Aïd, les étés sont courts, très chaud, sec et dégagé dans l'ensemble et les hivers sont long, frisquet et partiellement nuageux. Au cours de l'année, la température varie généralement de 2 °C à 34 °C et est rarement inférieure à -2 °C ou supérieure à 38 °C.

XII.4.2.2 Relief

Cette répartition indique qu'une grande partie de la zone d'étude est située à une altitude de 750 à 850 mètres.

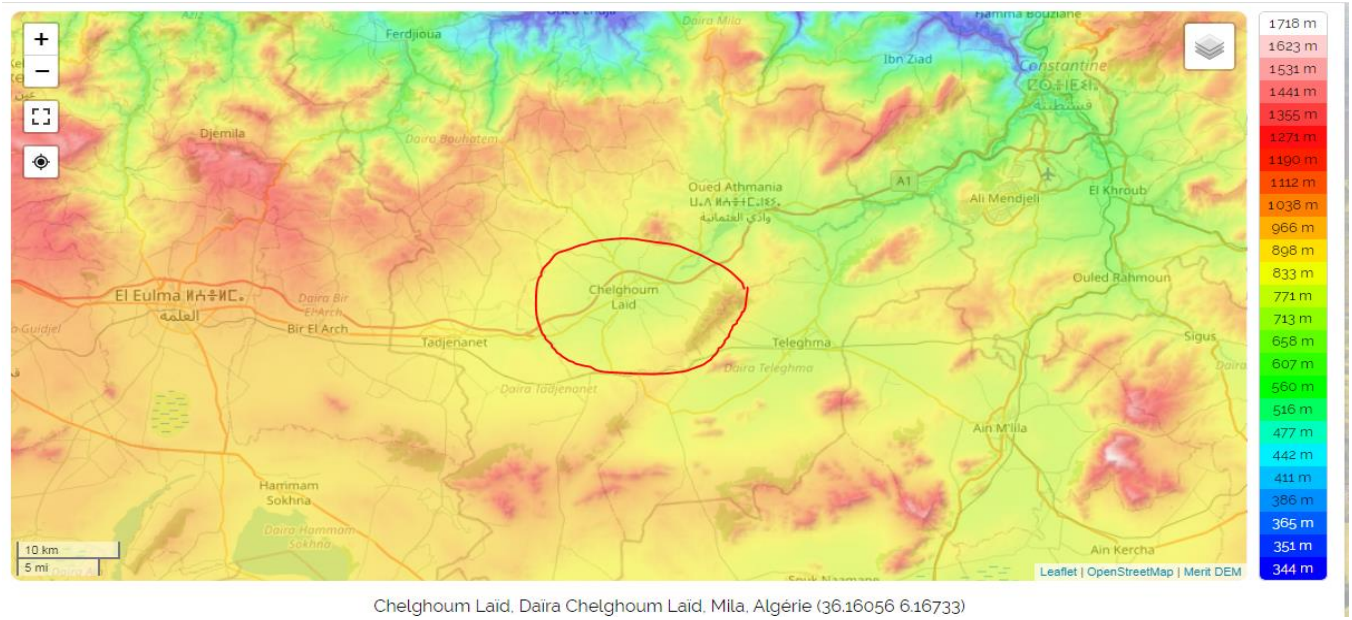


Figure XII.1 : Relief

XII.4.2.3 La topographie

Selon le rapport de révision du PDAU, 2008, nous avons distingué les trois (03) composantes topographiques suivantes :

- **les plaines**

Elles sont larges et plates et sont représentées par des altitudes inférieures à 800 m, sachant que le point le plus bas du terrain est de 719 m, sont situés au nord-est de la commune au niveau d'Oued Rhumel et oued Dhekri et de leurs ruisseaux. Ces plaines couvrent une surface de 12645,09 Ha de la surface totale, ce qui est équivalant à 49,13% de la superficie de la commune. L'existence d'un réseau hydrique important ainsi que son caractère plat lui affaire une forte potentialité agricole, notamment la présence de l'agriculture aux alentours de la ville qui participe d'une manière cruciale dans le développement de son économie.

- **les collines**

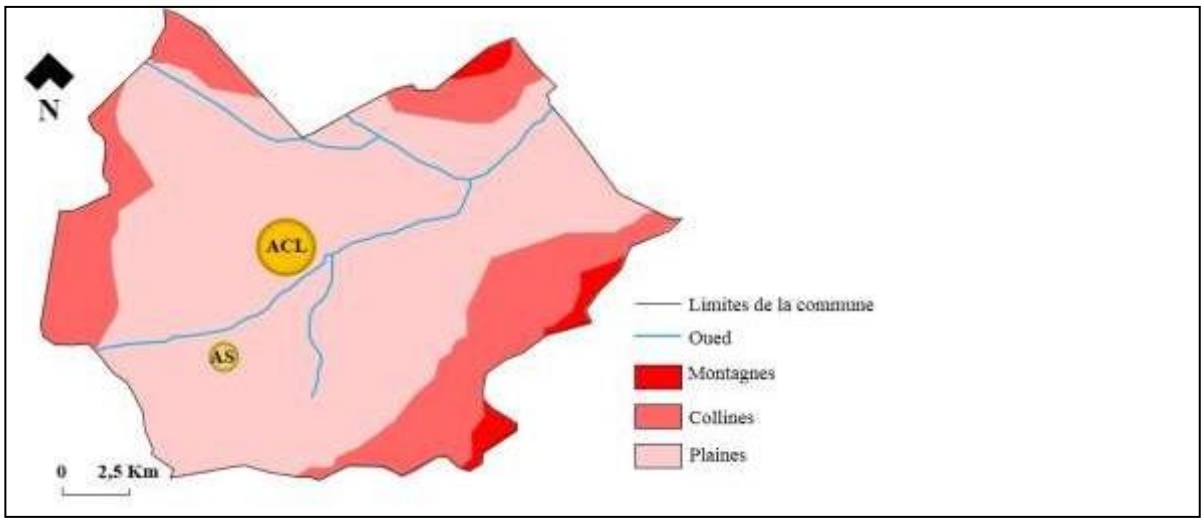
  Elles ont des altitudes situées entre 800m et 900m et s'étendent sur une surface de 11820,04 Ha soit 45,93% de la surface totale. Ces collines se situent au Nord-Ouest de la commune, à proximité de Djebel Grouz qui représente une mine pour les matériaux de construction ;

- **Les montagnes**

Elles sont représentées par des altitudes de 800m jusqu'à 1000m, voire même plus. et s'étalent sur une surface de 1272,05 Ha et occupent donc 4,9% de la surface totale.

Au niveau de la commune, nous distinguons deux montagnes importantes :

- Djebel Grouz au nord d'une altitude de 1187m.
- Djebel Tokoya au sud-est d'une altitude de 1051m.



Carte XII.2 : Topographie du terrain

Cette étude de relief nous a permis de distinguer la dominance des terrains à caractère plat avec des pentes faibles et moyennes avec l'existence d'un faible pourcentage des montagnes. Ce qui signifie que le site de "Chelghoum Laïd" possède de bonnes potentialités naturelles et peu d'obstacles, favorisant l'étalement de la ville. En plus des richesses naturelles telles que les Oueds et les terres agricoles à forte potentialité qui renforcent la croissance de la ville.

XII.4.2.4 La géomorphologie

L'analyse de la géomorphologie de l'environnement de la ville de "Chelghoum Laïd" nous permettra de déduire la présence des indices favorisant le développement de la ville, et sont les suivants :

- Des terrains favorables à la construction qui permettent l'étalement de la ville ;
- Des terrains agricoles qui enrichissent le secteur primaire et donc l'économie de la ville ;

- Des terrains de pâturage qui encouragent l'implantation des fermes et le développement de la faune ;
- Des montagnes surtout "Djebel Grouz" qui représente une source pour l'obtention des matériaux de construction.

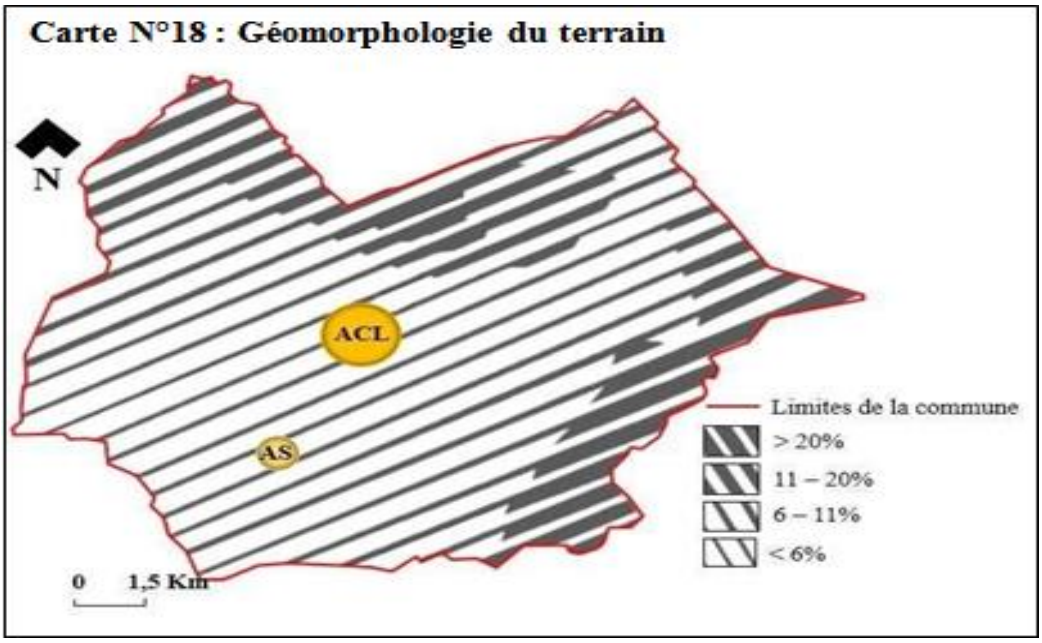


Figure XII.3 : PDAU Chelghoum Laïd + traitement auteu

XII.4.2.5 Hydrographie

. La zone de chelghoum el aïd abrite un important réseau hydrographique composé de rivières et de barrages.

- Les barrages : barrage oued el Athmania,barrage Hammam grouz, et barrage oued Seguène
- Les rivières ; oueds Rhumel, oued Mehari, oued Rhedi, oued Dekri.

XII.4.2.6 La géotechnique

Le but de l'étude géotechnique est d'accomplir l'étude topographique par l'identification de la texture dominante des terrains, leurs répartitions et les possibilités de leurs exploitations. Car l'étude des pentes ne donne qu'une vue sur la topographie en déterminant les terrains qui favorisent la construction et l'agriculture ce qui est insuffisant sans savoir la texture des terrains.

La texture des sols remonte à différentes époques. Suivant le rapport de la révision du PDAU, nous distinguons la présence des types suivants :

- Les formations de la quatrième génération

Ce sont des formations récentes qui s'accumulent sur les deux rives: "Oued Rhumel" et "Oued Dekri", elles s'étendent sur le côté ouest de la commune.

L'altitude basse et de la faible déclivité de terrain et la présence des sédiments fluviaux et éoliens qualifient des terres agricoles à forte potentialité ;

- Le congloméra

Les origines de ces formations remontent au pliocène et au miocène. Celles dues au pliocène se situent au nord de la commune dans les alentours de "Djebel Grouz". Les autres dues au miocène sont réparties dans le Sud de la commune sur les abords de "Djebel Tokoya". Ce sont des formations solides qui se propagent sur une surface limitée, ce qui ne dévalorise pas le potentiel agricole de la région ;

- Le calcaire

La formation de cette matière remonte aux différentes époques. Ils existent le calcaire dû au miocène qui se concentre au sud de la commune et le calcaire crétacé qui se répartit dans le Nord de la commune. Ce qui encourage l'exploitation de ces zones comme des carrières de conversion de matériaux de construction ;

- La marne

Sa composition remonte au paléocène. Et s'étend sur la majorité des terrains de la commune, surtout dans les rives des oueds. Quant à la marne due au crétacé, elle se concentre au nord-est de commune.

- L'argile rouge

Sa composition remonte au miocène, elle est propagée aux alentours Sud d'Oued Rhumel. L'argile rouge améliore les potentialités agricoles des terrains.

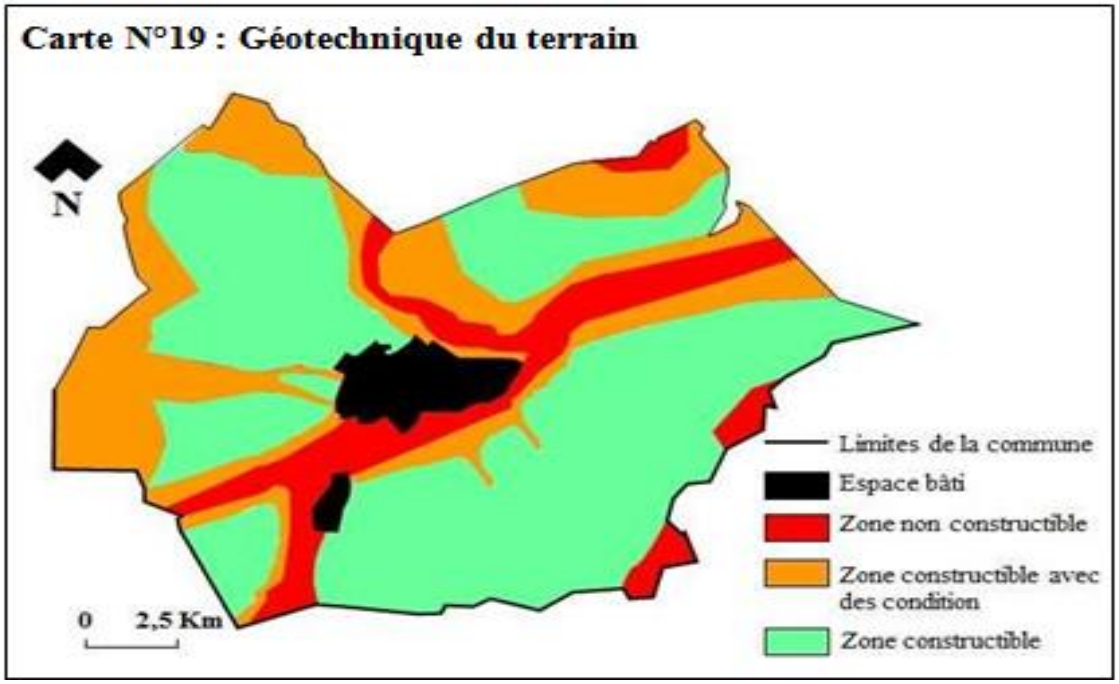


Figure XII.4 : la direction de l'agriculture

XII.4.2.7 Sismologie

L'analyse de la carte révèle que tout le périmètre d'étude se trouve sur un axe d'activité sismique moyennement vulnérable (zone II a).

XII.4.2.8 Qualité de l'air

Indice de qualité de l'air (IQA) est de 46 IQA US (Bon) et pollution de l'air (PM2.5) à chelghoum l'aïd était 2.2 fois supérieur à la valeur guide annuelle de l'OMS pour la qualité de l'air

XII.4.3 MILIEUU BIOLOGIQE

XII.4.3.1 Flore

L'aspect général de la région est typique des hautes plaines sétifiennes à paysage faiblement vallonné, de grandes étendues sans reliefs et de teinte généralement rougeâtre. Région à climat beaucoup plus continental et semi-aride, est en grande partie cultivée par des céréales. Seuls quelques lambeaux de forêts de chêne vert, à l'état de broussailles, sont localisés sur les éminences calcaires. L'affleurement des formations carbonatées du Crétacé sont en majeure partie dénudées. La région au printemps n'est qu'un immense tapis vert, à l'automne après les labours il n'y a plus qu'une seule couleur, le brun rougeâtre de l'argile interrompue par des taches claires ou grises de la croûte calcaire récente.

XII.4.3.2 La Faune

La faune est variée (lézard, vipères ; dobes ; renards ; chacals ...).

Les témoignages recueillis auprès des habitants font apparaître la présence d'une faune assez riche.

On fait état de la présence de sangliers, de renards, de belettes, de chacals, de lièvres, d'hyènes et de hérissons. Parmi les oiseaux, on citera la cigogne (oiseau migrateur signalé en hiver), le héron, la perdrix, le héron garde-bœufs, l'étourneau (oiseau migrateur dont la présence est signalée en été), la colombe et les moineaux.

Les animaux domestiques sont représentés par les bovins, les ovins et, dans une moindre mesure, par les caprins.

XII.4.4 MILIEU HUMAIN

XII.4.4.1 Démographie

La dernière population connue de la zone de la daïra de Chelghoum laid d'étude est ≈ 198872(année 2016).

XII.4.4.2 Activités économiques

L'activité économique représente un indicateur primordial déterminant la relation de la population avec son territoire. Son étude permet de comprendre le statut économique de la société.

Nous ne pouvons étudier l'activité économique qu'à travers trois secteurs :

- L'agriculture
- L'industrie

- Le commerce.

Cela nous permettra d'identifier la structure économique dominante au niveau de l'aire étudiée. Ces trois aspects représentent la base de tous projets de développement

- **L'Agriculture**

Une superficie agricole utile (SAU) de près de 239.150 hectares représentant plus de 63 % des terres agricoles et bénéficiant d'une pluviométrie de près de 750 mm par an au nord et de 400 mm par an au sud soit 10% de la superficie totale de la wilaya. Les essences dominantes sont le Pin d'Alpe, le Chêne Le patrimoine forestier de la wilaya de Mila couvre plus de 33.394 Hectares représentant liège et le Chêne vert.

La production agricole dans cette zone vide et diversifié : le blé, pomme de terre, carotte, l'ail et d'autre légume.

- **L'industrie**

La ville de Chelghoum Laïd dispose d'une zone qui regroupe les différentes activités industrielles, cette zone a une valeur importante au niveau local, régional et même national, et représente le seul pôle du secteur secondaire existant au niveau de la ville

La zone de la ville de Chelghoum Laïd se situe à l'entrée est de la ville sur la rive de la RN5, elle rassemble les différentes industries parmi elles des industries lourdes et polluantes, la création de cette zone avait pour but de regrouper ces activités dans un seul endroit et de les maintenir à l'écart du milieu urbain.

En totalité, la zone de la ville de Chelghoum Laïd se répartit sur une superficie de 224,02 ha, cette zone est divisée en 111 lots, leurs surfaces varient entre 1280m² et 627 030m². La majorité des unités de production dans la zone ont vu le jour en 1986.

Montre que la zone industrielle de la ville de Chelghoum Laïd représente un pôle d'attraction national, elle attire des clients des 48 wilayas algériennes ; parmi les unités de production qui ont une clientèle constante de ces wilayas, nous citons : l'unité des matériaux de construction, l'unité de production des vêtements et des chaussures de l'armée et l'unité des détergents.

- **Le commerce**

Le commerce dans la ville de Chelghoum L'aïd représente le secteur économique dominant, ce qui est justifié par son poids au niveau de la ville et le rôle qu'il joue dans l'animation de son dynamisme

Le marché de gros des fruits et légumes qui représente l'image de marque de la ville (lorsqu'on dit Chelghoum L'aïd, on pense directement au marché de gros des fruits et légumes).

Ce dernier ne représente pas seulement une composante économique et commerciale importante de la ville, il est aussi un pôle d'attraction qui a dépassé l'échelle régionale, son aire d'influence englobe des wilayas du centre, du Nord, de l'Ouest et même du Sud.

XII.5 Évaluation des impacts et les mesures prises pour minimiser ces impacts

XII.5.1 Impacts sur le milieu physique

➢ **Impacts sur la géomorphologie**

Tableau XII.1 : Impact sur la géomorphologie

Impacts	Mesure
Au niveau des sols, le projet induira une série d'impacts dont essentiellement : • **La perte des sols par décapage de l'emprise** • **L'accentuation des phénomènes de l'érosion, et le tassement des sols.**	• Les quantités importantes de déblais générées par le projet devront en priorité êtreréutilisées sur place. • Effectuer le décapage immédiatement avant les travaux de construction afin de limiterla durée d'exposition des sols sensibles à l'érosion. • Stockages des huiles usagés issus des vidanges des engins dans des récipients étanches.

➢ **Impacts sur la qualité de l'air**

Tableau XII.2 : Impact sur la qualité d'air

Impacts	Mesure
• **Des émanations de gaz par les installations de combustion, gaz d'échappement des engins et des camions, dont les principaux gaz échappés sont les CO, HC, CH4, CO2, NOx, SO2.**	• La première mesure de Prévention est la limitation du nombre des moteurs thermiques en utilisant des moteurs électrique chaque fois que cela est possible. Cette mesure revêt toute sonimportance en espace confiné. • Utilisation des engins neufs de préférable • Pour diminuer la pollution de l'air à cause de la génération de poussière il estrecommandé : - Les ouvriers des carrières seront munisde

• **Une dispersion accidentelle de produits chimiques gazeux.** • **Des émissions de poussières dues au transport de matériaux par les camions.**	bavettes de protection jusqu'au lieu de déchargements. - Les mesures de direction des vents. Relevées dans le secteur, montrent que les poussières sont dispersées, loin des agglomérations urbaines, sans pour autant trouver un obstacle à leur dépôt enun lieu précis. - Les vents de sable, parfois assez violents, sévissant régulièrement durant l'année dans la région, joueront le rôle de nettoyeur. - Des mesures particulières (arrosage des pistes d'accès) sont à envisager. - Couverture ou protection contre le vent desstockages temporaires de matériaux pulvérulents - Bâchage de camions : Durant letransport de matériaux

➢ **Impacts sur les eaux superficielles**

Tableau XII.3 : Impact sur les eaux superficielles

Impacts	Mesure
• **Le nettoyage du matériel de chantier, le lavage des camions et engins de chantier aux bords d'Oued, ainsi que le rejet des déchets solides (déchets ménagers ou déchets de construction de projet…) ou de rejets liquides (sanitaires, ou bien de la base vie) sont à l'origine de la pollution des eaux lors de la phase de construction.** • **Une pollution par les déversements des produits chimiques et des hydrocarbures (Fuel, Huiles,**	• La mise en végétation immédiate des talus, des fossés et berges de cours d'eau, en saison favorable • Le traitement des eaux de chantier dans des bassins de décantation/ filtration provisoires avant rejet dans les cours d'eau sensibles. • Le rejet à l'aval des captages, au-delà de leur aire d'alimentation après décantation. • En cas de dépôts de fines après un orage, le nettoyage immédiat du chantier

graisses…) peut être enregistrée par des effets accidentels, ou par malveillance. • **Une augmentation de la turbidité des eaux de surface par le rejet des eaux de chantiers (chargées en M.E.S) ;** • **La modification du régime d'écoulement des eaux de surfaces à cause des mauvais travaux de terrassements, et de remblaiement.**	• L'approvisionnement des camions et engins de chantier en carburants doit être effectué dans les stations de services dans la mesure du possible.

➢ **Impacts sur les eaux souterraines**

Tableau XII.4 : Impact sur les eaux souterraines

Impacts	Mesure
• **Le fonctionnement des engins lors des travaux nécessite des carburants, des huiles et des graisses, qui dans le cas de diversement accidentelle de ces derniers peuvent causer une contamination des eaux souterraines.** • **Le rabattement des nappes par pompage qui conduit à un abaissement du niveau des nappes phréatiques ainsi qu'une modification du régime d'écoulement des eaux souterraines.** • **Risque de pollution par une mauvaise gestion des déchets**	• La mise en végétation immédiate des talus, des fossés et berges de cours d'eau, en saison favorable • Le traitement des eaux de chantier dans des bassins de décantation/ filtration provisoires avant rejet dans les cours d'eau sensibles. • Le rejet à l'aval des captages, au-delà de leur aire d'alimentation après décantation. • En cas de dépôts de fines après un orage,le nettoyage immédiat du chantier

XII.5.2 Impacts sur le milieu biologique

➢ **Impacts sur la flore**

Tableau XII.5 : Impact sur la flore

Impacts	Mesure
• **Les travaux de chantier peuvent entrainer l'abattage d'un nombre**	• Les arbres doivent être déplacé et non pas déboisé**.**

important des pieds d'Arbres, d'Arbustes, et d'autres formations herbacées (céréales, cultures maraichères...etc.) ce qui provoque une réduction du couvert végétal, et une diminution de productivité agricole • **Le dépôt temporaire de matériaux (matériaux extraits lors des terrassements, ou nécessaires à la construction du canal…),**	• La propagation de la poussière sera limitée parl'arrosage des voies de circulation sur le chantier par temps sec. • Le déboisement est strictement interdit dans les zones de forêts protégées • Prévention des arbres âgés • Interdiction des zones de dépôts, d'emprunts et des installations de chantier surtoutprêt des zones sensibles (cours d'eaux, Oueds, zones humides...) • Limitation des pistes sur les terres agricoles issues de la circulation des engins.

➢ **Impacts sur la faune**

Tableau XII.6 : Impact sur la Faune

Impacts	Mesure
Les bruits et les vibrations occasionnés par les engins provoquent un dérangement des faunessensibles (les mammifères en particulier), ainsi, les terrassements, qui provoquent la destruction et le changement d'habitat naturel de la faune locale.	• La pose des barrières pourla faune le long des passages des fortes, fermesou des zones descolonisations faunistiques • Création des passages pour animaux on peut utiliser les ponts routiers comme passage supérieure dans les zones de trafic est trop faible.

XII.5.3 Impacts sur le milieu socio-économique

➢ **Impacts sonores**

Tableau XII.7 : Impact sonores

Impacts	Mesure
• **Les nuisances sonores liées à la**	• Pour les nuisances sonores en phase de travaux, la circulation des engins sera limitée, dans des horaires bien définis.

présence d'engins de terrassements et au trafic descamions transportant les déblais, les remblais, matériaux et équipements de construction. • **Le trafic des engins à proximité des zones d'habitats provoque une gêne notable à lapopulation proche de l'emprise du projet**	• Les travaux de nuit ne seront effectués qu'en cas d'urgence (rétablissement de routes ou de réseaux). • Localisation des zones nécessitant installation d'un mur antibruit et mise en œuvre des merlons (buttés de terre végétalisées) Antibruit. • Entretien régulier des organes silencieux des véhicules. • Des équipements anti bruit pour les ouvriers si nécessaire. • L'éloignement des sources sonores des habitations dans la mesure du possible.

➢ **Impacts sur les activités agricoles**

Tableau XII.8 : Impact sur les activités agricoles

Impacts	Mesure
• **Occupation temporaire et/ou permanente de terrain pour des éventuelles zones de passage, avec pertes de revenus, la destruction de passages et de clôtures, difficultés d'accès éventuels aux parcelles.** • **Envol de poussières suite aux travaux.** • **Allongement des trajets (agriculteurs et troupeaux) suite à des coupures des itinéraires agricoles.** • **Une perte de l'espace agricole** • **Une coupure de l'espace agricole** • **Une déstructuration du parcellaire**	• Les surfaces d'emprise doivent être limitées au strict minimum. • Indemnisation des exploitants agricoles • Remise en culture des délaissés. • Crée des ponts routiers pour permettre aux agriculteurs de déplacé des deux cotes de rail • Crée des pistes parallèle à lavoie ferrée.

• **Une interruption des circulations agricoles** • **Une coupure des réseaux de drainage et d'irrigation**	

➢ **Sécurité et santé publiques**

Tableau XII.9 : sécurité et santé publiques

Impacts	Mesure
• **La présence des engins constitue un danger pour les travailleurs et les résidents vivant à proximité des voiesd'accès au chantier.** • **L'acheminement du tuf de la carrière au lieu de déchargement (le long de la nouvelle voie ferrée) se fera par camions de 20 t de capacité** • **La fréquentation par des personnes non autorisées dans la zone d'enceinte des travaux peut présenter un danger**	• Le public doit être informépar les délais de réalisation et itinéraires provisoires. • Une campagne de prévention auprès de riverains et des utilisations du couloir où est intégrée la voie ferrée. • Signalisation des passages à niveaux • Les zones de travaux doivent être clôturées. • Signalisation des sites sensibles et des déviations temporaires. L'utilisation d'une bonne signalisation dans les banlieues aide les utilisateurs à éviterles situations dangereuses qui peuvent être mortelles.

Les différents passages routiers utilisés

Tableau XII.10 : les différents passages routiers utilisés

Type de passage	Localisation
pont route	PK383+670
pont route	PK 384+640
pont route	PK 385+580
Passage inférieur	PK 386+550
pont route	PK 387+380
Passage inférieur	PK 389+890
Passage inférieur	PK 391+90

XII.5.4 Les impacts positifs du projet

La réalisation de cette nouvelle ligne, emmènera à la région de chelghoum l'aïd un développementsur le plan sécuritaire, économique, et touristique. Les retombées de cette voie :

Court terme, le projet tendra d'atteindre les objectifs suivants :

- Une contribution au développement touristique dans la wilaya de Mila globalement.
- Le développement du réseau ferroviaire dans la région.
- Augmenter la part de desserte ferroviaire dans la région.
- Réduire les gênes sonores par la modernisation de mode de transport.
- Optimiser l'utilisation du transport ferroviaire et contribuer à réduire le trafic routier.
- Une réponse aux besoins de confort, et de la sécurité dans le déplacement.
- Facilité le transport des marchandises à faible coût.
- Le développement et la croissance économiques des régions traversées par le projet.

Des emplois seront créés de façon temporaire pendant les travaux de constructionet durablement après leur achèvement

XII.6 CONCLUSION

L'étude d'impact sur l'environnement est une procédure officielle et une évaluation scientifiquedes effets d'un projet ou d'une activité sur l'environnement. L'originalité de cette procédure estde contribuer à ce que les opérateurs publics et privés intègrent l'environnement dans leur stratégie d'action et éviter ainsi que des travaux ou ouvrages ne dégradent irrémédiablement l'environnement.

C'est une procédure de mise en œuvre du principe de prévention et de celui du développement

Durable.

CHAPITRE XIII :

SIGNALISATION FERROVIARE

CHAPITRE XIII : SIGNALISATION FERROVIARE

XIII.1 INTRODUCTION

La signalisation ferroviaire est un ensemble d'instruction sous forme de panneaux (dans le cas de signalisation mécanique) ou de Signaux (dans le cas de signalisation lumineuse), visible par le mécanicien à partir du train

XIII.2 OBJECTIFS DE LA SIGNALISATION

Les installations de signalisation permettent de résoudre les cinq grands problèmes suivants :

- L'espacement des circulations pour éviter les rattrapages (cantonnement ou block).
- La protection des circulations dans les établissements (convergence, cisaillement...).
- La circulation, dans les deux sens, sur une même voie (nez à nez).
- Les risques de déraillement par excès de vitesse.
- Le franchissement des voies ferrées par des routes sur un même niveau (passages àniveau).

XIII.3 DIFFERENTES FONCTIONS DES SIGNAUX

Les signaux sont essentiellement utilisés pour assurer les fonctions suivantes :

- Signalisation d'arrêt.
- Signalisation de limitation de vitesse.
- Signalisation de direction

Chacune de ces fonctions comprend habituellement une signalisation d'annonce et unesignalisation d'exécution ou de rappel.

XIII.4 GENRE ET ETALON DE SIGNALISATION

Sur les lignes à double voie, la circulation des trains se fait normalement à gauche, les signaux implantés à demeure sont habituellement installés à gauche de la voie à laquelle ils s'adressent ou dans la partie gauche au-dessus de cette voie. Dans certains cas, notamment dans les entre –voies réduites, il peut être fait usage de signaux de type bas installés au ras du sol, La signalisation peut comporter :

- Des tableaux ou pancartes réflectrices
- Des guidons d'arrêt.

Exceptionnellement à certains signaux amovibles par nature (signaux à main), les signauxsont implantés à demeure soit à titre permanent, soit à titre temporaire (signaux de chantier…).

Les signaux implantés à demeure sont dit :

- Fixes, lorsqu'ils présentent un aspect invariable.
- Mobiles, lorsqu'ils présentent aux moins un aspect distincts.

XIII.5 IMPLANTATION DES SIGNAUX

Afin de permettre au mécanicien de s'arrêter devant un signal d'arrêt (au point à protéger) ou de respecter une limitation de vitesse dans une zone délimitée, il est nécessaire de le prévenir à une distance suffisante pour que le freinage puisse être mis en œuvre dans les conditions normales, c'est le rôle des signaux d'annonce à distance.

Ces distances sont appelées respectivement :

- Distance d'arrêt.
- Distance de ralentissement.

La distance d'implantation d'un signal à distance est en fonction :

- Du profil moyen de la partie de la voie intéressée (déclivité moyenne).
- De la vitesse maximale à laquelle est abordé le signal à distance.
- Des caractéristiques de freinage des circulations.

XIII.6 LES BLOKS

Les différents systèmes utilisés pour gérer les signaux sont appelés "blocks", et selon la catégorie de ligne on utilisera l'un des trois types de blocks ci-dessous :

- Le block manuel (B.M.).
- Le block automatique à permissivité restreinte (B.A.P.R.).
- Le block automatique lumineux (B.A.L.).

Le block manuel : est utilisé sur des lignes peu fréquentées, dont l'exploitation est assurée totalement manuellement. Le nombre de signaux implantés sur les voies est très réduit, les installations de commande sont simples, ce qui en fait un système économique. Cependant ce type de block ne permet pas un gros débit sur les lignes et n'est donc utilisé que sur des lignes secondaires peu fréquentées.

Le block automatique à permissivité restreinte : est utilisé sur des lignes secondaires. C'est un système automatique, mais la longueur des cantons est relativement importante (plusieurs kilomètres). Ce système présente l'avantage d'une sécurité accrue par rapport au block manuel (le risque d'erreur humaine est diminué), tout en restant économique car le nombre de signaux implantés reste faible. De par son fonctionnement ce type de block ne permet pas des débits élevés sur une ligne. En effet le franchissement des signaux d'espacements fermés est interdit, pour éviter des marches à vue trop longues (puisque les cantons sont grands !), d'où son nom de "permissivité restreinte".

Le block automatique lumineux : est utilisé sur les lignes principales. Ce système est automatique et permet un débit maximal sur une ligne, d'autre part il autorise également un espacement réduit des circulations puisque le franchissement des signaux d'espacements fermés en marche à vue est autorisé (c'est un système "permissif"). C'est le système le plus souple pour régler les circulations, mais c'est aussi le plus onéreux (installation de nombreux signaux et postes de commande complexes).

XIII.7 . VISIBILITE DES SIGNAUX

Deux principales conditions concernant la visibilité à partir des cabines de conduite :

- Visibilité des signaux hauts

Les signaux hauts, supposés implantés à droite ou à gauche à 2,42 m de l'axe de la voie, et dont la hauteur est comprise entre 2,800 m et 6,3 m au-dessus du plan de roulement doivent être visibles à une distance supérieure ou égale à 10 m du plan de front des tampons.

- Visibilité des signaux bas

Les signaux bas, supposés implantés à droite ou à gauche, à 1,75 m de l'axe de la voie et à 0,240 m au- dessus du plan de roulement, doivent rester continus –éléments visibles jusqu'à une du front des tampons.

XIII.8 LES TYPES DE SIGNALISATION

XIII.8.1 La signalisation mécanique

Le signal est réalisé au moyen d'une aile, d'une cocarde de couleur ou d'un tableau mécanique.

- La visibilité des cocardes est parfois difficile,
- Aussi permettre leur observation de nuit ou par mauvaise visibilité, ces signaux présentent généralement un ou plusieurs feux,
- La signalisation mécanique est simple, peu coûteuse et facile d'emploi,

Cependant, la commande des signaux est lourde et fragile et certaines avaries de fonctionnement sont à craindre

XIII.8.2 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.

Sur Mats :



Et au sol : 

Les signaux lumineux utilisent des couleurs suffisamment différenciées pour ne pas être



confondus par les mécaniciens. Ces couleurs sont le vert, le jaune, le rouge, le blanc, le violet.

Notez que les signaux sont toujours implantés à gauche de la voie (ou sur des potences, dans ce cas le conducteur voit le signal devant lui mais en hauteur), quelques cas prévoient une implantation à droite.

XIII.8.3 Autres types de signalisation

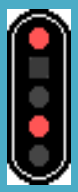
- Signaux à main/mobiles (lampes, drapeaux) ;
- Signaux acoustiques (pétards, coups de klaxon, bips radio).
- Les pancartes et les panneaux de signalisation

Le classement de la signalisation se fait de la manière suivante en partant du niveau le plus haut de sécurité

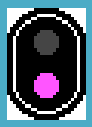
- Les signaux d'arrêt non franchissable
- Les signaux d'arrêt
- Les signaux de manœuvre
- Les signaux de rappel
- L'avertissement
- Les signaux de ralentissement
- Le pré-avertissement
- La voie libre

➢ **Les signaux d'arrêt Non franchissable**

- **Le carré**

Signal Lumineux	Signal Mécanique	Application	Observations
		**Il est constitué de deux feux rouges fixes. Le mécanicien doits'arrêter devant le signal. Celui- ci ne peut pas être franchi fermer. Ce signal est utilisé sur les voies principales il protège aiguillages, gares, quelquefois ilsert à assurer l'espacement des trains, mais il n'est pas franchissable.**	**Ce signal peut aussi se présenter horizontaleme nt**

- **Le carré violet**

Signal Lumineux	Signal Mécanique	Application	Observations
		**Constitué d'une lampe violette fixe, il est en tout point similaire au carré mais onle rencontre sur les voies de manœuvre. Celui-ci ne peut pasêtre franchi fermer.**	**Ce signal peut aussi se présenter horizontaleme nt**

➢ **Les signaux d'arrêt**

- **Le sémaphore**

Signal Lumineux	Signal Mécanique	Application	Observations
		Constitué d'un feu rouge fixe, il commande au mécanicien de s'arrêter devant le signal. C'est un signal d'espacement des trains. Rappelez-vous (voir plus haut) ce dernier en B.A.L peut être franchi (après arrêt) en marche à vue jusqu'à la fin du canton suivant. En B.A.P.R **il ne peut pas être franchi.**	**En signalisation mécanique l'aile rouge pivote, s'incline vers la droite. Le signal ouvert est donc présenté entre la position horizontale et verticale.**

- **Le feu rouge clignotant**

Signal Lumineux	Signal Mécanique	Application	Observations
	**N.A**	**Constitué d'un feu rouge clignotant, c'est unsémaphore (voir ci- dessus) dont l'arrêt n'est pas obligatoire. Le mécanicien peut alors le franchir en marche à vueà la vitesse de 15 Km/H**	**Ce signal est particulièrement utilisé dans les rampes pour éviter aux trains lourds de s'arrêter (trains calés)et aussi dans les gares depassage ou la dite circulation ne doit pas s'arrêter..**

- **Le disque**

Signal Lumineux	Signal Mécanique	Application	Observations
		Constitué d'un feu rouge et d'un feu jaune (fixes) disposés horizontalement sur une cible ronde, il commande au mécanicien de passer en marche à vue mais l'oblige à marquer l'arrêt au premier **signal ou aiguillage rencontré.**	**Ce signal n'est pas implanté en B.A.L. il n'est rencontré que sur les lignes peu fréquentées.**

➢ **Les signaux de manœuvre**

- **Le feu blanc clignotant**

Signal Lumineux	Signal Mécanique	Application	Observations
	**N. A**	**Constitué d'un feu blanc clignotant, il autorise l'exécution d'une manœuvresur une voie de courte section. Une présentation horizontale de ce signal est possible --->**	**Le départ en ligneest interdit.** 

- **Le feu blanc**

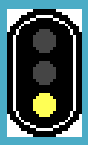
Signal Lumineux	Signal Mécanique	Application	Observations
	**La plaque violette du carré violet est tournée sur le côté,donc V.L**	**Constitué d'un feu blanc fixe, il autorisela marche en manœuvre. Ce signal est l'opposition du carré violet (feu violet allumé) voir ci-dessus.Une présentation horizontale de ce signal est possible ---> **	**Le départ en ligne classique en respectantla marche à vue jusqu'au prochain signal (sans dépasser 30 Km/h sur les aiguillages) est possible.** 

➢ **Les signaux de rappel**

- **Le rappel de ralentissement 30 et 60**

Signal Lumineux	Signal Mécanique	Application	Observations
	**N.A**	Constitué de deux feux jaunes clignotants présentés verticalement, il confirme au mécanicien de ralentir à 60 Km/h pour franchir des aiguillages.	**Ce signal peut être combiné avec d'autres signaux, par exemple un avertissement**
		**Constitué de deux feux jaunes fixes présentés verticalement, il confirme au mécanicien de ralentir à 30 km/h pour franchir des aiguillages. La présentation de ce signal peut aussi se faire sur une cible noire ronde --->**	

➢ **L'avertissement**

Signal Lumineux	Signal Mécanique	Application	Observations
		**Constitué d'un feu jaune fixe, il commande au mécanicien d'êtreen mesure de pouvoir s'arrêter avant le signal suivant : carré, sémaphore, carré violet, ou feu rouge clignotant, ou tout simplement un panneau éteint.**	**La présentation de ce signal peut aussi se faire sur une cible noireronde.** 

➢ **Les signaux de ralentissement**

- **Le ralentissement 60 et 30**

Signal Lumineux	Signal Mécanique	Application	Observations
		Constitué de deux feux jaunes fixes présentés horizontalement, il commande au mécanicien de ralentir à 30 Km/H pour franchir des aiguillages. La présentation de ce signal peut aussi se faire surune cible noire ronde --->	
	**N. A**	**Constitué de deux feux jaunes clignotants présentés horizontalement,il commande au mécanicien de ralentir à 60 Km/H pour franchir des aiguillages.**	**Ce signal peutêtre combiné avec d'autres signaux, par exemple un avertissem ent**

- **Le pré-avertissement**

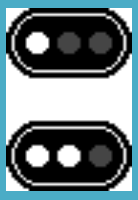
Signal Lumineux	Signal Mécanique	Application	Observations
	**N. A**	**Constitué d'un feu jaune clignotant, il commande au mécanicien d'être en mesure de pouvoir s'arrêter avant le signalannoncé à distance réduite par l'avertissement.**	**. Ce signal est utilisé lorsque le canton est très court, il permet au train de s'arrêter entoute sécurité.**

- **La voie libre**

Signal Lumineux	Signal Mécanique	Application	Observations
	Toutes les plaques des signaux sont tournées sur le coté	Constitué d'un feu vert fixe, il indique au mécanicien quela voie est libre, et que la marche normale est autorisée(si rien ne s'y oppose).	**La présentation de ce signalpeut aussi se faire sur une cible noire ronde** 
	**N. A**	**Constitué d'un feu vert clignotant, ce signal commande au mécanicien deramener sa vitesse à 160 Km/h au signal suivant. Il peut annoncer un autre feu vert clignotant également.**	**Ce signal n'est bien sur implanté que sur les lignes dont la vitesse est supérieure à 160 Km/h (lignes à 200 Km/h)**

➢ **D'autres signaux**

- **L'indicateur de direction**

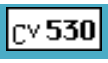
Signal Lumineux	Signal Mécanique	Application	Observations
	**N.A**	**Constitué de lampes blanches fixes (au minimumdeux), ce signal indique au mécanicien la direction (donc encas de bifurcations) vers laquelle est dirigée son train. Lenombre de feux dépend du nombre d'itinéraires pouvant être empruntés depuis ce signal. Le nombre de feux allumés correspond au numéro d'ordre, àpartir de la gauche de la direction prévue.**	**Ce signal peut être implanté seul, avant la bifurcation bien sûr, maisil peut aussi être placé au-dessus du signal deprotection (carré).** **Une lampe allumée : c'estsur la voie de gauche ou le train sera dirigé. Les trois lampes allumées, le train ira sur la voie de droite**

- **Le Guidon d'arrêt**

Signal Lumineux	Signal Mécanique	Application	Observations
	N. A	Il se présente sous la formed'une bande horizontale lumineuse fixe de couleur rouge.Il commande au mécanicien de s'arrêter devant le signal. Ce signal n'est pas présenté sur une cible noire	Ce signal est utilisé pour protéger un passage à niveau (ou la pédale de déclanchement de celui-ci)

➢ **Les plaques d'identification sur les signaux**

- **Des plaques de repérage (numéro de signal)**

	Plaque de repérage du carré violet numéro 530.
	Plaque de repérage du carré 1204.
	Plaque de repérage pour un signal placé au kilomètre 203,8 de la ligne.

- **Des plaques d'identification**

	Plaque d'identification d'un carré (ou d'un carré violet).
	Plaque d'identification d'un sémaphore de B.A.L.
	Plaque d'identification d'un sémaphore de B.A.P.R.
	Plaque d'identification d'un sémaphore de B.M
	Plaque d'identification d'un disque.
	Plaque d'identification d'un avertissement
	Plaque d'identification d'un guidon d'arrêt.

➢ **Exemple des pancartes et les panneaux de signalisation**

 *Pancarte kilométrique.*	La pancarte kilométrique permet de repérer sur une ligne les pointsde transition de vitesse limite
 *Pancarte Z.*	Cette pancarte repère lorsque cela est nécessaire le début d'une zoneà franchir à vitesse limitée

 Pancarte R.	**Cette pancarte marque la fin d'une zone à vitesse limitée, et autorisele mécanicien à reprendre une vitesse normale**
 pentagonal à distance.	**Ce panneau annonce la vitesse à ne pas dépasser, il est implanté àdistance suffisamment loin pour permettre le ralentissement du train avant le passage au point oú la vitesse estlimitée.**
	**Le jalon à damier bleu et blanc est utilisé dans les triages et sur lesvoies de service. Il a la même signification que le jalon à damier rouge et blanc à la différence qu'il ne s'adressequ'aux mouvements électriques. Il commande l'arrêt des circulations en marche à vue ou enmanoeuvre.**
 Pancarte Heurtoir.	**Cette pancarte indique au mécanicien que son train est dirigé versune voie en impasse dont le heurtoir est situé à la distance indiquée**
 à distance de chantier	**Ce panneau commande au mécanicien de ralentir à la vitesseindiquée avant le chantier annoncé**

XIII.9 SYSTEME DE SIGNALISATION ADOPTE POUR NOTRE PROJET

Dans la nouvelle ligne a double voie Le type de système de signalisation choisi par le maitre d'ouvrage est ERTMS

- **Définition du système ERTMS**

Acronyme de European Railways Traffic Management System, a été conçu, suite à la volonté de l'Union Européenne d'uniformiser les différents systèmes de signalisation ferroviaires. C'est un système de contrôle/commande assurant un trafic ferroviaire standardisé et interopérable.

- **L'interopérabilité :** capacité de plusieurs systèmes, ou bien organisme, dont les structures, les procédures et les relations respectives autorisent une aide mutuelle qui les rend aptes à opérer de conserve. Elle permet d'augmenter la capacité des lignes assurant une plus grande rentabilité pour les opérateurs

Il est constitué deux composantes fondamentales :

- Le système **ETCS** (European Train Control System), qui permet de gérer le trafic ferroviaire;
- Le système **GSM-R** (Global System for Mobiles - Railways), qui permet aux trains de communiquer avec les postes de signalisation;

L'ERTMS **se** décline en trois niveaux distincts, en fonction de la manière suivant laquelle l'autorisation de mouvement est fournie au train :

- **ERTMS niveau 1** : le train reçoit son autorisation de mouvement via des balises au

sol ; cette autorisation de mouvement est calculée par le centre de contrôle en fonction de l'occupation des autres cantons.

- **ERTMS niveau 2** : le train se repère à l'aide des balises au sol, transmet sa position au centre de contrôle via le GSM-R, qui lui communique son autorisation de mouvement en fonction de l'occupation des autres cantons.
- **ERTMS niveau 3** : le train se repère à l'aide des balises au sol, échange ses données avec le centre de contrôle et détermine lui-même son autorisation de mouvement en fonction de la position des autres trains.

➢ **ETCS (**European Train Control System)**:**

Pour rouler en ETCS, un train doit posséder une autorisation de mouvement (Movement Authority), correspondant à une certaine distance sur laquelle la voie est réservée au train. Au fur et à mesure de la progression du train, cette autorisation de mouvement est remise à jour, Sur la base de cette autorisation de mouvement, l'ordinateur embarqué construit une courbe de vitesse maximale autorisée, et supervise la vitesse du train par rapport à cette courbe, en tenant compte de la position du train, de sa vitesse et de sa capacité de freinage. Cette courbe matérialise la vitesse maximale permise à chaque instant de façon à respecter le profil de vitesse imposé : si le conducteur dépasse cette courbe de vitesse maximale, par exemple en ne freinant pas alors qu'il approche d'une zone à vitesse plus réduite, l'équipement embarqué

Appliquera un freinage d'urgence pour éviter que le train ne respecte pas le profil de vitesse imposé.

❖ **Le système ATP (Automatic Train Protection) est:**

Un ensemble d'équipements et de fonctionnalités participant à l'exploitation en sécurité d'une ligne ferroviaire en empêchant les collisions et déraillements suite à une erreur du conducteur (non observation d'un signal, non-respect d'une limitation de vitesse, …)

Pour cela, le système ATP réalise:

- Un contrôle de vitesse continu des trains
- Un contrôle de non franchissement lorsque la signalisation est restrictive L'ETCS est un système ATP standardisé
  - ✓ Objectif majeur n°1 : Empêcher les trains de se rattraper pour cela on définit une zone autorisée.
  - ✓ Objectif majeur n°2 : Empêcher le déraillement des trains, pour cela on définit le Profil de vitesse contrôlé par le système ATP Bord.
  - ✓ Objectif majeur n°3 : Empêcher les collisions (prise en écharpe, nez-à-nez).

Les fonctionnalités principales d'un système ATP sont:

- Assurer l'espacement des circulations pour éviter le rattrapage de l'une par rapport l'autre

- Protéger les circulations
- Contrôler la vitesse du train

❖ **Equipement au sol**

Les équipements au sol constituant le système de signalisation sont les boucles et balises dans la voie, le système d'inter locking et le centre de contrôle :

- Les euro-balises placées dans la voie permettent de transmettre ponctuellement aux trains les informations venant de l'inter locking, tandis que les euro-boucles permettent une transmission continue.
- L'inter locking désigne l'ensemble des équipements permettant de positionner les appareils de voies, comme dans n'importe quel système de signalisation.
- Le centre de contrôle permet de centraliser les informations concernant l'itinéraire des trains pour les gestionnaires du trafic
- Le radio block center, utilisé en ERTMS niveaux 2 et 3, permet de communiquer en continu avec les trains via le réseau GSM-R



Figure XIII.1: équipement sol et enclenchement

➢ **LE GSM-R :**

Le système GSM-R est utilisé dans le cadre de ERTMS en niveau 2 ou 3, pour permettre l'échange d'information entre le train et le poste de signalisation : le train signale sa position (qu'il repère grâce aux balises au sol) tandis que le RBC lui communique son autorisation de mouvement. A noter qu'en niveau 1, le GSM-R n'est pas utilisé.

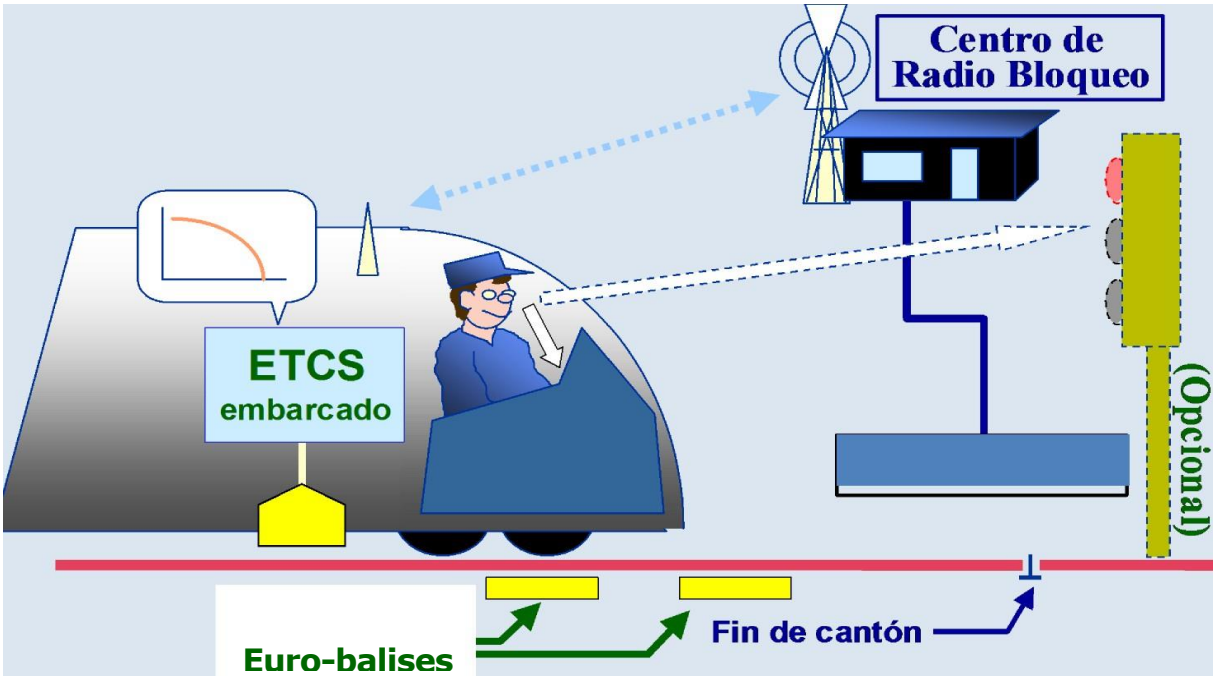


Figure XIII.2 : synoptique de fonctionnement de ce système de signalisation ERTMS

XIII.10 Conclusion

Avec l'apparition des outils informatique de plus en plus performante, le domaine de la signalisation ferroviaire s'est beaucoup développé ces dernières années, contribuant ainsi avec une grande part dans la diminution des accidentes et la facilité de circulation du matériel roulant.

CHAPITRE XIV :

DEVIS ESTIMATIFET QUANTITATIF

CHAPITRE XIV : DEVIS ESTIMATIFET QUANTITATIF

Tableau XIV.1 : DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF

N°	Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire HT (DA)	Montant HT (DA)
1-Installation de chantier et études d'exécution					
1.1	Amenée du matériel et installation général du chantier	F	1.00	100 000 000.00	100 000 000.00
1.2	Fourniture et installation d'un laboratoire de chantier	F	1.00	30 000 000.00	30 000 000.00
1.3	Etude d'exécution	F	1.00	150 000 000.00	150 000 000.00
	Total 1				**280 000 000.00**
2-Terassement généraux					
2.1	Déblai mis en remblai	M3	637819.3	900.00	574 037 370.00
	Remblai d'apport	M3	377446.9	900.00	339 702 210.00
2.2	Décapage de terre végétale	M3	83138	300.00	24 941 400.00
2.3	Fourniture et mise en oeuvre de la couche de Forme	M3	90396	1 200.00	108 475 200.00
2.4	Fourniture et mise en oeuvre de la couche de fondation	M3	25306	3200.00	80 979 200.00
2.5	Fourniture et mise en oeuvre de la couche de sous ballast	M3	32440	3200.00	103 808 000.00
	Total 2				1 231 949 380.00
3- Ouvrage d'art					
3.1	Passage supérieur	M2	1480	120 000.00	177 600 000.00
3.2	Passage inférieur	M2	540	120 000.00	64 800 000.00
3.3	Passerelle	M2	50	120 000.00	6 000 000.00
	Total 3				248 400 000.00
4-Ouvrage hydraulique					
4.1	Fossés trapézoïdaux en béton armé	ML	11500	6500.00	74 750 000.00
4.2	Buses en Béton Armé Ø1500	ML	132	50 000.00	6 600 000.00
4.3	Buses en Béton Armé Ø1000	ML	132	35 000.00	4 620 000.00

4.4	Dalot en béton armé 3x2.5	M3	165	35 000.00	5 775 000.00
	Total 4				9 745 000.00
	5-Travaux de voie				
5.1	Fourniture et pose de ballast ép 0.3m	M3	46806	7000.00	327 642 000.00
5.2	Fourniture des rails UIC54	T	2 700	120 000.00	324 000 000.00
5.3	Pose de voie UIC 54	ML	49600	6 500.00	322 400 000.00
5.4	Fourniture d'appareil de voie UIC54-500-1/12	U	12	11 200 000.00	134 400 000.00
5.5	Pose d'un appareil de voie UIC 54-500-1/12	U	12	550 000.00	6 600 000.00
5.6	Fourniture d'appareil de voie UIC54-190-1/9	U	2	8 400 000.00	16 800 000.00
5.7	Pose d'un appareil de voie UIC 54-190-1/9	U	2	450 000.00	900 000.00
5.8	Fourniture des traverses en béton armé bibloc type B440	U	45000	5000.00	225 000 000.00
5.9	Fourniture d'attache élastique	U	168000	900.00	151 200 000.00
5.10	Fourniture et pose de heurtoirs	U	2	936 000.00	1 872 000.00
	Total 5				1 168 440 800.00
	6-Gare				
6.1	Bâtiments de Voyageurs + aménagement	M2	1045	300 000.00	313 500 000.00
6.2	Quais	M2	2850	5 000.00	14 250 000.00
	Total 6				45 600 000.00
	7-Signalisation				
7.1	Signalisation	F	1	5 000 000.00	5 000 000.00
	Total 7				**5 000 000.00**
	Total complet (DA)				**2 238 867 660.00**
	Total complet avec TVA (+19%) (DA)				**2 664 252 515.00**

Deux milliard six cent soixante-quatre millions deux cent cinquante-deux mille cinque cent quinze dinars algérienne.

CHAPITRE XV :

CONCLUSION GENERALE

CHAPITRE XV: CONCLUSION GENERALE

Ce projet de fin d'étude a été une grande opportunité pour nous afin de mettre en application les connaissances acquises durant tout notre cursus, afin de résoudre des problèmes concrets dans le monde professionnel des infrastructures. Nous avons fait une étude détaillée d'un tronçon d'une nouvelle ligne qui s'intègrera dans le réseau ferroviaire. Cette étude a été guidé par les normes et les spécifications techniques l'UIC, et les exigences de la SNTF pour le confort et la sécurité des usagers aussi bien que l'économie et l'environnement.

Dans le cadre de ce projet, nous avons eu l'occasion de mieux maîtriser les outils informatiques de calcul et de conception tels que les logiciels : COVADIS, AUTOCAD, GLOBAL MAPPER, SLIDE V6 grâce à l'exploitation de ces derniers, nous avons pu arriver à concevoir un meilleur tracé, vu leur traitement rapide et la précision de leur résultat.Il était pour nous d'une part l'occasion de profiter de l'expérience des personnes du domaine qu'on a rencontré lors de notre stage chez l'entreprise de réalisation infra fer- Eulma et qui ontdonné énormément de soutien avec les remarques précises sur le domaine, et d'autre part notre encadreur qui nous a permis d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet complexe des travaux publics.

Listing d'axe en plans

Client : ENSTP

Logiciel : AutoCAD 2016

Réaliser par : Meddour-Zaidi

Axe en plan : du PK382+200 au PK393+855 de la ligne Chelghoum el Aïd /Telerghma.

Eléments caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	106,4647	267,266	382200,000	783113,545	3998044,665
Clothoïde 1	Paramètre	419,5235	160,000	382467,266	783379,434	3998017,572
Arc 1	Rayon	1100,0000	80,389	382627,266	783538,919	3998005,218
	Centre X	783570,616				
	Centre Y	3999104,762				
Clothoïde 2	Paramètre	-419,5235	160,000	382707,655	783619,288	3998005,839
Droite 2	Gisement	92,5522	77,542	382867,655	783778,563	3998020,654
Clothoïde 3	Paramètre	-223,6068	100,000	382945,197	783855,574	3998029,705
Arc 2	Rayon	-500,0000	33,550	383045,197	783955,180	3998038,057
	Centre X	783963,675				
	Centre Y	3997538,129				
Clothoïde 4	Paramètre	223,6068	100,000	383078,747	783988,719	3998037,502
Droite 3	Gisement	109,5563	1200,469	383178,747	784087,994	3998025,855
Clothoïde 5	Paramètre	438,1780	160,000	384379,215	785274,963	3997846,328
Arc 3	Rayon	1200,0000	639,717	384539,215	785433,625	3997825,926
	Centre X	785533,642				
	Centre Y	3999021,750				
Clothoïde 6	Paramètre	-438,1780	160,000	385178,932	786055,226	3997941,033
Droite 4	Gisement	67,1300	164,399	385338,932	786196,061	3998016,896
Clothoïde 7	Paramètre	-438,1780	160,000	385503,331	786339,029	3998098,057
Arc 4	Rayon	-1200,0000	876,493	385663,331	786479,865	3998173,920
	Centre X	787001,449				
	Centre Y	3997093,203				
Clothoïde 8	Paramètre	438,1780	160,000	386539,824	787333,949	3998246,218
Droite 5	Gisement	122,1177	164,169	386699,824	787485,533	3998195,108
Clothoïde 9	Paramètre	438,1780	160,000	386863,993	787639,893	3998139,212
Arc 5	Rayon	1200,0000	1040,516	387023,993	787791,477	3998088,102
	Centre X	788123,977				
	Centre Y	3999241,118				
Clothoïde 10	Paramètre	-438,1780	160,000	388064,509	788787,956	3998241,552
Droite 6	Gisement	58,4283	99,973	388224,509	788917,141	3998335,897
Clothoïde 11	Paramètre	-438,1780	160,000	388324,482	788996,545	3998396,639
Arc 6	Rayon	-1200,0000	948,988	388484,482	789125,730	3998490,985
	Centre X	789789,709				
	Centre Y	3997491,419				

Clothoïde 12	Paramètre	438,1780	160,000	389433,470	790033,383	3998666,418
Droite 7	Gisement	117,2620	227,732	389593,470	790188,421	3998627,007
Clothoïde 13	Paramètre	394,0178	150,000	389821,202	790407,832	3998566,011
Arc 7	Rayon	1035,0000	1262,711	389971,202	790553,246	3998529,346
	Centre X	790757,536				
	Centre Y	3999543,984				
Clothoïde 14	Paramètre	-394,0178	150,000	391233,912	791640,184	3999003,468
Droite 8	Gisement	30,3674	66,094	391383,912	791712,234	3999134,990
Clothoïde 15	Paramètre	-394,0178	150,000	391450,007	791742,580	3999193,707
Arc 8	Rayon	-1035,0000	694,518	391600,007	791814,630	3999325,230
	Centre X	792697,278				
	Centre Y	3998784,714				
Clothoïde 16	Paramètre	394,0178	150,000	392294,524	792342,095	3999756,861
Droite 9	Gisement	82,3129	418,833	392444,524	792485,274	3999801,462
Clothoïde 17	Paramètre	438,1780	160,000	392863,357	792888,046	3999916,334
Arc 9	Rayon	1200,0000	136,857	393023,357	793040,867	3999963,616
	Centre X	792635,602				
	Centre Y	4001093,111				
Clothoïde 18	Paramètre	-438,1780	160,000	393160,214	793166,771	4000017,073
Droite 10	Gisement	66,5642	535,518	393320,214	793306,927	4000094,185
				393855,732	793770,268	4000362,690
Longueur totale de l'axe 11655.732 mètres						

Listing du profil en long

Client : ENSTP

Logiciel : AutoCAD 2016

Réaliser par : Meddour-Zaidi

Plage d'abscisse : du PK382+200 au PK393+855

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	0.80 %	176,952	382+200.000	834,177
Cercle 1	Rayon	12000.000 m	86,884	382+376.952	835,597
	Sommet Absc.	382+280.637 m			
	Sommet Alt.	835.211 m			
Pente 2	Pente	1.53 %	295,996	382+463.836	836,609
Cercle 2	Rayon	-12000.000 m	183,200	382+759.832	841,129
	Sommet Absc.	382+943.032 m			
	Sommet Alt.	842.527 m			
Pente 3	Pente	0.00 %	842,352	382+943.032	842,527
Cercle 3	Rayon	30000.000 m	479,128	383+785.384	842,527
	Sommet Absc.	383+785.384 m			
	Sommet Alt.	842.527 m			
Pente 4	Pente	1.60 %	2436,499	384+264.512	846,354
Cercle 4	Rayon	-10000.000 m	163,601	386+701.011	885,272
	Sommet Absc.	386+860.720 m			
	Sommet Alt.	886.547 m			
Pente 5	Pente	-0.04 %	1038,699	386+864.612	886,546
Cercle 5	Rayon	-10000.000 m	154,955	387+903.312	886,142
	Sommet Absc.	387+899.420 m			
	Sommet Alt.	886.143 m			
Pente 6	Pente	-1.59 %	3882,284	388+058.266	884,881
Cercle 6	Rayon	10000.000 m	318,826	391+940.550	823,205
	Sommet Absc.	392+099.397 m			
	Sommet Alt.	821.943 m			
Pente 7	Pente	1.60 %	298,322	392+259.377	823,223
Cercle 7	Rayon	-10000.000 m	191,145	392+557.699	827,996
	Sommet Absc.	392+717.678 m			
	Sommet Alt.	829.276 m			
Pente 8	Pente	-0.31 %	576,737	392+748.844	829,227
Cercle 8	Rayon	-20000.000 m	94,311	393+325.581	827,430
	Sommet Absc.	393+263.250 m			
	Sommet Alt.	827.527 m			
Pente 9	Pente	-0.78 %	432,967	393+419.892	826,913
				393+852.859	823,522
Longueur totale de l'axe 11652.859 mètre(s)					