**République Algérienne Démocratique et Populaire**
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية**

**فرنسيس جانسون**

***ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE***
***DESTRAVAUX PUBLICSFRANCIS JEANSON***

# Mémoire

**Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État**

**Filière : Travaux Publics**

**Spécialité : Infrastructures de base**

# Thème

# Etude APD du dédoublement, modernisation et/ou rectification de tracé pour augmenter la capacité de la ligne minière TENOUKLA– DJEBEL ONK, du PK 95+000 au PK 107+737 incluant la gare Djebel EL Onk

**Réaliser par :**

*GRINOU FAYSSAL

*HADJOUTI Abderraouf

**Encadré par :**

Mr.KHELIFI AISSA

**PROMOTION 2023 / 2024**

**© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba**

# *REMERCIEMENT*

*Tout d'abord, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers Dieu, qui nous a guidés et soutenus tout au long de ce travail de mémoire. Sa présence et Sa bénédiction ont été des sources de force et d'inspiration pour nous.*

*Nous souhaitons également remercier notre encadreur, M. AISSA KHELIF, pour son encadrement précieux et ses conseils avisés. Sa disponibilité, sa patience et son expertise ont été essentiels à la réussite de notre travail. Ses orientations éclairées et ses encouragements constants ont été des moteurs essentiels de notre progression.*

*En outre, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers M. MORSLI, notre enseignant, pour son soutien inestimable tout au long de notre parcours. Sa passion pour l'enseignement, sa maîtrise du domaine des travaux publics et son dévouement envers notre réussite ont été une source d'inspiration pour nous. Ses conseils éclairés, ses retours constructifs et son soutien constant ont contribué de manière significative à notre développement académique*

*Nous ne pouvons également pas passer sous silence l'apport précieux des enseignants de l'École Nationale Supérieure des Travaux Publics. Leurs enseignements enrichissants, leur disponibilité pour répondre à nos questions, et leur volonté de partager leurs connaissances ont été des éléments clés de notre parcours académique.*

*Nous souhaitons exprimer notre gratitude envers les autres membres du personnel de l'ENSTP, notamment Mme Bourebia, Mme Makoudi, et Mme Nassima, pour leur soutien et leur contribution à notre formation.*

*Enfin, nos vifs remerciements vont aux membres du jury qui ont accepté d'examiner attentivement notre travail de recherche et de l'enrichir par leurs propositions. Leur intérêt pour notre étude est une précieuse reconnaissance de nos efforts. Leurs suggestions et commentaires constructifs ont contribué à améliorer la qualité de notre recherche et ont renforcé notre démarche scientifique.*

*Grâce à l'ensemble de ces personnes, nous avons pu mener à bien ce travail de mémoire. Leur soutien, leur expertise et leurs contributions nous ont permis de franchir des étapes importantes dans notre parcours académique. Nous leur exprimons notre gratitude la plus sincère et nos remerciements les plus chaleureux pour leur accompagnement et leur contribution précieuse à notre formation et à la réalisation de ce mémoire*

*FAYSSAL GRINOU*

# Dédicace

*À Dieu, source de notre force, persévérance et guidance tout au long de la réalisation de ce travail de mémoire, nous exprimons notre gratitude la plus sincère.*

*À mes chers parents*

*Je dédie ce travail à vous, mes soutiens infaillibles et sources d'inspiration intarissables. Votre encouragement constant et votre dévouement ont constitué les bases solides sur lesquelles j'ai pu construire ma réussite académique.*

*A mes chers frères*

*Je dédie ce travail à vous, mes compagnons de vie et mes plus fidèles alliés. Votre présence a été pour moi une source de bonheur, de soutien et de force inébranlable.*

*À toute ma chère famille,*

*C'est avec une profonde gratitude que je dédie ce travail à vous, chers membres de ma famille.*

*A mes amies*

*Sohaib , Abdessamad, Mahdi, Seif, Raouf, Lemrabet, Boukhari, Fatah, Ikbal, Chouaib*

*À l'ensemble des étudiants de ma promotion*

*HADJOUTI ABDERRAOUF*

# Dédicace

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire.*

*Tout d'abord, je remercie chaleureusement mon père abdelkader ,ma mère et mes grands-parents pour leur soutien inconditionnel et leur encouragement tout au long de mon parcours universitaire. Votre amour, vos sacrifices et vos conseils ont été des piliers essentiels pour moi. Merci de m'avoir toujours encouragé à aller de l'avant et à croire en mes capacités.*

*Je souhaite également remercier mes frères mohamed et rayan et mes sœurs khawla et maroua, qui ont été une source constante de motivation et de réconfort. Votre présence et vos encouragements ont été précieux dans les moments de doute et de stress.*

*Un grand dédicace à mes cousins islam ,Alaa eddine, abderrahime, iade ,dhiaa,kousay ,abdelghafour et a mes ami mehdi , lemrabet, sifou , soheib,El boukhari, ikbal,kvder,samido,fettah,choab,zied et mon binom fayssal pour leur soutien et leurs encouragements. Vos mots de soutien et vos conseils m'ont beaucoup aidé à garder le cap et à persévérer.*

*Enfin, je tiens à remercier tous les autres membres de ma famille et amis qui m'ont soutenu, de près ou de loin, tout au long de cette aventure. Votre soutien m'a permis de surmonter les défis et de mener à bien ce projet.*

# ملخص:

**هذه المذكرة عبارة عن دراسة مفصلة لمقطع سكة حديدية في إطار مشروع تجديد الخط المنجمي الرابط بين تنوكة وجبل العنق، وتهدف الدراسة إلى زيادة القدرة الاستيعابية للخط ورفع سرعته إلى 120 كيلومترا في الساعة. يتراوح المقطع المراد دراسته بين النقطة الكيلومترية95 والنقطة الكيلومترية107.737 بالإضافة إلى ذلك تتضمن المذكرة تصميم وتهيئة لمحطة الركاب في جبل العنق، صممت هذه الدراسة وفقا لمعايير الإتحاد الدولي للسكك الحديدية UICوبناء على توصيات الشركة الوطنية للنقل بالسكك الحديديةSNTF وبمساعدة البرامج الهندسية التالية: . Autocad 22, Civil3d2024**

# Résumé :

Le présent mémoire porte sur une étude détaillée d'une section de voie ferrée dans le cadre du projet de dédoublement, modernisation et/ou rectification de tracé de la ligne minière Tenoukla-Djbel Onk. L'étude vise à augmenter la capacité de la ligne et à augmenter sa vitesse à 120 kilomètres par heure. (La section à étudier s'étend du PK 95+000 au PK 107+737) En outre, le mémoire comprend la conception et l'aménagement d'une gare voyageurs à DJBEL ONK. Cette étude a été réalisée conformément aux normes de l'Union internationale des chemins de fer (UIC) et en fonction des recommandations de la Société nationale des transports ferroviaires (SNTF), avec l'aide des logiciels d'ingénierie suivants : Civil 3d 2024, Autocad 2022,

# Abstract:

This project is a detailed study of a railway section within the framework of the mine line (Tenoukla-Djbel Onk) renewal-duplication project. The study aims to increase the line's capacity and raise its speed to 120 kilometers per hour. (The section to be studied ranges from kilometer point 95 to kilometer point 107+737.) Additionally, the thesis includes the design and preparation of a passenger station in DJBEL ONK. This study has been designed according to the standards of the International Union of Railways (UIC) and based on the recommendations of the National Railway Transportation Company (SNTF), with the assistance of the following engineering software: Civil 3d 2024, Autocad 2022,

# SOMMAIRE

**INTRODUCTION GENERALE ..... 1**
**CHAPITRE 01 : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE ..... 4**
LE RACCORDEMENT ENTRE LES RAILS UIC60 ET UIC54 ..... 5
I.1. INTRODUCTION ..... 5
I.2. COMPRENDRE LES DIFFÉRENCES ENTRE LES RAILS UIC60 ET UIC54 : ..... 5
I.2.1. Profil du rail UIC60 ..... 5
I.2.2. Profil du rail UIC54 ..... 5
I.3. DÉFIS DU RACCORDEMENT ENTRE LES RAILS ..... 5
I.3.1. Écarts de Géométrie ..... 6
I.3.2. Résistance Mécanique ..... 6
I.3.3. Entretien et Maintenance ..... 6
I.4. TECHNIQUES DE RACCORDEMENT ..... 7
I.4.1. Éclissage Mécanique ..... 7
I.4.2. Soudage ..... 7
I.4.3. Plaques de Jonction ..... 7
I.5. CONSIDÉRATIONS DE CONCEPTION ..... 8
I.5.1. Étude Approfondie ..... 8
I.5.2. Normes et Réglementations ..... 8
I.5.3. Durabilité et Maintenance ..... 8
I.6. CAS D'ÉTUDE : RACCORDEMENT SUR LA LIGNE X ..... 8
I.6.1. Choix de la Technique ..... 8
I.6.2. Mise en Œuvre et Suivi ..... 9
I.7. INNOVATIONS ET PERSPECTIVES ..... 10
I.7.1. Automatisation ..... 10
I.7.2. Analyse des Données ..... 10
I.7.3. Durabilité ..... 10
I.8. CONCLUSION ..... 10
**CHAPITRE 02 : PRESENTATION DU PROJET ..... 11**
II.1. INTRODUCTION ..... 12
II.2. PRESENTATION DU SITE ..... 12
II.2.1. Situation géographique ..... 12
II.2.2. Le relief ..... 12

II.2.3. Climat/température ..... 13
II.2.4. Sismicité ..... 14
II.3. DESCRIPTION DU PROJET ..... 14
II.3.1. Caractéristique de la voie ..... 15
II.4. CONCLUSION ..... 15
**CHAPITRE 03 : SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE ..... 16**
III.1. INTRODUCTION ..... 17
III.2. L'ARMEMENT DE LA VOIE ..... 17
III.2.1. Le rail ..... 17
III.2.2. Caractéristiques de rails du type UIC 60 E1 : ..... 19
III.2.3. Assemblage des rails ..... 19
III.2.4. Les traverses ..... 20
III.2.5. Rôle des traverses ..... 21
III.2.6. Les attaches travers-rail ..... 21
III.2.7. L'appareil de voie ..... 21
III.3. CONCLUSION ..... 22
**CHAPITRE 04 : TRACER EN PLAN ..... 23**
IV.1. INTRODUCTION ..... 24
IV.2. CONDITIONS À RESPECTER DANS LE TRACÉ EN PLAN ..... 24
IV.3. IV.3. LES ÉLÉMENTS DE TRACÉ EN PLAN ..... 25
IV.3.1. L'alignement ..... 25
IV.3.2. Arc de cercle ..... 25
IV.3.3. Raccordementprogressive ..... 25
IV.4. LES CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES DU TRACÉ ..... 25
IV.4.1. Longueur minimum des éléments de tracé ..... 25
IV.4.2. Dévers ..... 26
IV.4.2.1. Dévers maximal ..... 26
IV.4.2.2. Dévers théorique ou d'équilibre ..... 26
IV.4.3. Insuffisance de dévers ..... 27
IV.4.4. Excès de dévers ..... 27
IV.4.5. Variation de dévers ..... 28
IV.4.6. Rayon horizontale minimum ..... 28
IV.4.7. Raccordements progressifs ..... 29
IV.5. TABLEAU DES ÉLÉMENTS DE TRACÉ EN PLAN ..... 30
IV.5.1. Exemple de calcule pour R=700 ..... 30

IV.6. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU TRACÉ ..... 31
IV.7. CONCLUSION ..... 32
**CHAPITRE 05 : PROFIL EN LONG ..... 33**
V.1. INTRODUCTION ..... 34
V.2. DÉFINITION ..... 34
V.3. ÉLÉMENTS DE COMPOSITION DE PROFIL EN LONG ..... 34
V.3.1. Choix des alignements droits ..... 34
V.3.2. Choix des cercles ..... 35
V.4. APPLICATION AU PROJET ..... 35
V.5. CONCLUSION ..... 36
**CHAPITRE 06 : ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE ..... 37**
VI.1. INTRODUCTION ..... 38
VI.2. GÉOLOGIE ..... 38
VI.2.1. Sismicité ..... 39
VI.3. ÉTUDE GÉOTECHNIQUE ..... 39
VI.3.1. Le programme géotechnique est organisé en différents lots ..... 39
VI.3.1.1. Lot de plate forme ..... 39
VI.3.1.2. Lot des ouvrages hydraulique ..... 40
VI.3.2. Organisation et Travaux de Reconnaissance Géotechnique ..... 42
VI.3.3. Essais in situ ..... 43
VI.3.3.1. Les puits de reconnaissance ..... 43
VI.3.3.2. Les sondages carottés ..... 43
VI.3.3.3. Les sondages pré ..... 44
VI.3.3.4. Spt ..... 44
VI.3.4. Analyse du laboratoire ..... 45
VI.3.4.1. Résultats des essais au laboratoire du sondages carottés et du SPT ..... 45
VI.3.4.2. Résultats des essais au laboratoire du puits de reconnaissance ..... 45
VI.3.5. Interprétation des résultats ..... 47
VI.4. APPLICATIONS AU PROJET ..... 47
**CHAPITRES 07 : ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE ..... 49**
VI.5. INTRODUCTION ..... 50
VI.6. VII.2. ÉTUDE HYDROLOGIQUE ..... 50
VI.6.1. Caractéristiques morphologiques des bassins versants ..... 51
VI.6.2. Caractéristiques climatiques et pluviométriques ..... 52
VI.6.2.1. Température ..... 52

VI.6.2.2. Humidité (les zones bioclimatiques) ..... 52
VI.6.2.3. Les précipitations ..... 53
VI.6.2.4. Pluies annuelles ..... 54
VI.6.2.5. Précipitations Journalières ..... 54
VI.7. CALCUL HYDRAULIQUE ..... 54
VI.7.1. Le temps de concentration ..... 54
VI.7.1.1. Formule de Ventura (S < 5 Km²) ..... 55
VI.7.1.2. Formule de Passini (5Km²<S<25Km²) ..... 55
VI.7.1.3. Formule de Giandotti (Superficie > 200 Km2 ) ..... 55
VI.7.2. Calcul de l'intensité de pluie ..... 55
VI.7.3. Calcul du débit maximal dans les bassins (les débits de crue) ..... 56
VI.7.3.1. La méthode rationnelle ..... 56
VI.8. CALCUL HYDRAULIQUE ET DIMENSIONNEMENT ..... 58
VI.8.1. Méthode de MANNING STRICKEL ..... 58
VI.8.2. Vérification des conditions d'auto-curage ..... 59
VI.8.3. Application de projet ..... 59
VI.9. VII.3. OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT LONGITUDINAUX ..... 61
VI.9.1. Dimensionnement des fossés ..... 61
VI.9.2. Application sur notre projet ..... 62
VI.10. CONCLUSION ..... 64
**CHAPITRE 08 : ASSISE FERROVIAIRE ..... 65**
VIII.2. LES COMPOSANTS ..... 66
VIII.2.1. Ballast ..... 66
VIII.2.2. Sous-ballast ..... 66
VIII.2.3. Fondation ..... 66
VIII.3. LES CARACTÉRISTIQUES ET LES RÔLES DES COUCHES ..... 67
VIII.4. DIMENSIONNEMENT DE LA COUCHE D'ASSISE ..... 70
VIII.4.1. Détermination de la classe de portance de la plate-forme (conformément à la Fiche UIC 719) ..... 70
VIII.4.2. Calcul des couches d'assise en fonction des valeurs des coefficients de la formule de calcul d'épaisseur selon UIC719R : ..... 70
VIII.5. APPLICATION AU PROJET ..... 72
VIII.6. CONCLUSION ..... 73
IX.1. INTRODUCTION ..... 75
IX.2. PROFIL EN TRAVERS ..... 75
IX.2.1. Un profil en travers type ..... 75

IX.2.2. Un profil en travers courant : 75
IX.3. Les éléments du profil en travers 75
IX.3.1. Éléments de superstructure : 75
IX.3.2. Éléments de l'infrastructure : 75
IX.3.3. Éléments du talus : 76
IX.3.4. Éléments d'assainissement : 76
IX.4. PROFIL EN TRAVERS TYPE DE MON PROJET : 76
IX.5. CONCLUSION 76
**CHAPITRE 10 : TERRASSEMENT ET OUVRAGE 77**
X.1. Les terrassements 78
X.2. PENTE DE TALUS : 78
X.3. APPLICATION AU PROJET : 79
X.3.1. Remblais : 79
X.4. RÉCAPITULATIFS DES QUANTITÉS DE MATÉRIAUX UTILISÉES : 80
X.4.1. Cubature : 80
X.4.2. Ouvrages d'art : 81
X.4.3. Les croisements avec les routes : 81
X.5. CONCLUSION 82
**CHAPITRE 11 : CONCEPTION ET AMENAGEMENT DE LA GARE DJBEL ONG 83**
XI.1. INRODUCTION 84
XI.2. TYPES DES GARES 84
XI.2.1. Gares de marchandises : 84
XI.2.1.1. Caractéristiques 84
XI.2.1.2. Exemple 84
XI.2.2. Gares de voyageurs 84
XI.2.2.1. Caractéristiques 84
XI.2.2.2. Exemple 84
XI.2.3. Les gares mixtes 85
XI.2.3.1. Caractéristiques : 85
XI.2.3.2. Exemple 85
XI.3. INSTALATION D'UN GARE VOYAGEURS : 85
XI.3.1. Bâtiment de voyageurs (BV) 85
XI.3.2. Bâtiments à usages divers (B.U.D) 85
XI.3.3. Quais 86
XI.3.4. Abris de quais 86

XI.3.5. Passages en sous-sol ..... 86
XI.4. INSTALATION D'UN GARE MARCHANDISES : ..... 87
XI.4.1. Bâtiment de service (BS) ..... 87
XI.4.2. Cours de débord : ..... 87
XI.4.3. Quais de débord : ..... 87
XI.4.4. Halle de stockage : ..... 87
XI.4.5. Parking pour stationnement des véhicules : ..... 87
XI.5. XI.5. CONDITIONS DE CONCEPTION DES GARES ET PLAN DE MASSE : ..... 87
XI.5.1. Coordination avec le Plan d'Urbanisme ..... 88
XI.5.2. Élaboration du Plan de Gare ..... 88
XI.5.3. Préparation du Terrain ..... 88
XI.5.4. Éléments Nécessaires pour l'Étude du Plan de Masse ..... 88
XI.5.4.1. Catégories de la Voie ..... 88
XI.5.4.2. Trafic ..... 88
XI.5.4.3. Emplacement ..... 89
XI.6. CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES DES GARES ..... 89
XI.6.1. Longueur utile d'une voie de stationnement ..... 89
XI.6.2. Déclivité dans les gares ..... 89
XI.6.3. Quai ..... 89
XI.6.3.1. Distance à l'axe de la voie ..... 89
XI.6.3.2. Entre-axes des quais ..... 90
XI.6.4. Application au projet ..... 90
XI.6.5. Caractéristiques de la gare de Djbel Onk ..... 90
XI.6.5.1. Quais ..... 90
XI.6.5.2. Assainissement transversal ..... 91
XI.6.5.3. Assainissement longitudinal ..... 91
XI.6.5.4. Longueur de la marge de glissement ..... 91
XI.6.5.5. Armement de la voie ..... 91
XI.7. Profil en travers type et schéma de la gare ..... 92
**CHAPITRE 12 : SIGNALISATION FERROVIAIRE ..... 93**
XII.1. Introduction ..... 94
XII.2. BUT DE LA SIGNALISATION FERROVIAIRE ..... 94
XII.2.1. Sécurité ..... 94
XII.2.2. Gestion du Trafic ..... 94
XII.2.3. Communication ..... 94

XII.2.4. Efficacité Opérationnelle ..... 94
XII.2.5. Adaptabilité et Modernisation ..... 95
XII.3. RISQUES À ÉVITER DANS LE TRANSPORT FERROVIAIRE ..... 95
XII.3.1. Nez à Nez ..... 95
XII.3.2. Rattrapage ..... 95
XII.3.3. Prise en Écharpe ..... 95
XII.3.4. Déraillement ..... 95
XII.3.5. Passages à Niveau ..... 96
XII.4. FONCTIONS DES SIGNAUX ..... 99
XII.4.1. Signalisation au sol : ..... 99
XII.4.2. Signalisation en cabine : ..... 102
**CHAPITRE 13 : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT ..... 104**
XIII.1. INTRODUCTION ..... 105
XIII.2. LES ÉLÉMENTS ENVIRONNEMENTAUX PRIS EN COMPTE ..... 105
XIII.2.1. Les ressources en eau ..... 105
XIII.2.2. Le patrimoine privé ..... 105
XIII.2.3. Les zones agricoles ..... 106
XIII.2.4. Le couvert forestier ..... 106
XIII.2.5. Les zones urbanisées ..... 106
XIII.3. IMPACT DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT ..... 106
XIII.3.1. Les terrassements ..... 106
XIII.4. MESURES prises en compte ..... 106
XIII.5. CONCLUSION ..... 107
**CHAPITRE 14 : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF ..... 108**
**CONCLUSION GENERALE ..... 111**

# Liste des figures

Figure 1 : voie ferre ..... 5
Figure 2 : soudeur de rail ..... 6
Figure 3 : le rail ..... 7
Figure 4 : conception de raccordement ..... 8
Figure 5 : raccordement sur la ligne ..... 9
Figure 6 : présentation d'un terrain ..... 10
Figure 7 : Carte topographique ..... 13
Figure 8 : Courbe de température Tébessa ..... 13
Figure 9 : Tébessa - Données climatiques ..... 13
Figure 10 : Localisation du projet ..... 14
Figure 11 : composant du rail ..... 17
Figure 12 : Profil rail du type UIC60 E1 ..... 18
Figure 13 : Traverse Bi-bloc ..... 20
Figure 14 : Les composantes d'attache type nabla ..... 21
Figure 15 : Situation du tracé de la ligne minière, tronçon et Tenoulka-Djebel Ong sur la carte des grands bassins versants de l'Algérie. ..... 50
Figure 16 : Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien ..... 53
Figure 17 : longueur de garage franc ..... 91
Figure 18 : les signaux à main ..... 99
Figure 19 : repère d'arrêt ..... 102
Figure 20 : repère NF de la TVM ..... 102
Figure 21 : jalon de manœuvre de la TVM ..... 103

# Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques de rails du type UIC 60 E1 ..... 19
Tableau 2 : Longueur minimum des éléments de tracé en plan ..... 25
Tableau 3 : Valeurs de devers maximales selon SNTF ..... 26
Tableau 4 : Les valeurs maximales admissibles de l'insuffisance selon SNTF ..... 27
Tableau 5 : Les valeurs maximales de l'excès admissibles selon SNTF ..... 27
Tableau 6 : Les valeurs admissibles de la variation de dévers en fonction de la longueur des courbes de transition ..... 28
Tableau 7 : Variation de l'insuffisance de dévers dans le temps ..... 28
Tableau 8 : Les paramètres géométriques de tracé ..... 29
Tableau 9 : Tableau récapitulatif des éléments de tracé en plan ..... 31
Tableau 10 : Liste des rayons à rectifier ..... 31
Tableau 11 : La variation Déclivité maximale ..... 34
Tableau 12 : Les longueurs minimales des éléments de profile en long ..... 35
Tableau 13 : Valeurs de Rayon vertical minimale ..... 35
Tableau 14 : La variation Déclivité maximale ..... 35
Tableau 15 : Coefficients d'accélérations en fonction du type d'ouvrage et la sismicité de la zone (RPA 99/ version 2003) ..... 39
Tableau 16 : Programme géotechnique ..... 41
Tableau 17 : Programme géotechnique ..... 42
Tableau 18 : Les résultats des puits ..... 43
Tableau 19 : Sondage carotte ..... 43
Tableau 20 : Sondage pre ..... 44
Tableau 21 : SPT ..... 45
Tableau 22 : Résultats des essais au laboratoire du sondages carottés et du SPT ..... 45
Tableau 23 :Resultat des puits ..... 45
Tableau 24 : Résultats des essais au laboratoire du puits de reconnaissance ..... 46
Tableau 25 :classifiction selon UIC et GTR ..... 47
Tableau 26 : Caractéristiques morphologiques des bassins versants ..... 51
Tableau 27 : Température moyenne mensuelle entre 1980-2022 ..... 52
Tableau 28 : Précipitation ..... 53
Tableau 29 : Pluies annuelles ..... 54
Tableau 30 : Précipitations Journalières ..... 54
Tableau 31 : Paramètres a et b des Courbes IDF pour la région de l'étude ..... 56
Tableau 32 : Résultats de calcul des débits par la méthode rationnelle ..... 58
Tableau 33 : Coefficient de rugosité ..... 59
Tableau 34 : Liste globale des ouvrages à projeter ..... 60
Tableau 35 : Débit de Plateformes ..... 63
Tableau 36 : Débit de bermes ..... 63
Tableau 37 : Débit de talus ..... 63
Tableau 38 : Débit totale de remblais et déblais ..... 63
Tableau 39 : Dimensionnement du fossé proposé ..... 64
Tableau 40 : LES CARACTÉRISTIQUES ET LES RÔLES DES COUCHES ..... 69
Tableau 41 : Classe de portance de la plate-forme ..... 70

Tableau 42 : Valeur des coefficients de la formule de calcul d'épaisseur selon UIC719R ..... 71
Tableau 43 : Dimensionnement de la couche couches d'assise ..... 72
Tableau 44 : Structure de la voie ..... 73
Tableau 45 : Les caractéristiques de remblai ..... 79
Tableau 46 : Les propriétés mécaniques des matériaux adoptés pour les calculs ..... 79
Tableau 47 : Les résultats obtenus ..... 79
Tableau 48 :Volume de decapage ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Tableau 49 : Récapitulatif des volumes de terrassement ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Tableau 50 : Les différents volumes de notre projet ..... 80
Tableau 51 : Liste des ouvrages d'art pour notre projet ..... 80
Tableau 52 : Les fibres et pipelines ..... 81
Tableau 53 : Les signaux d'arrêt ..... 81
Tableau 54 : les signaux d'annonce d'arrêt ..... 101

# INTRODUCTION GENERALE

L'infrastructure de transport joue un rôle essentiel dans la connectivité et la mobilité d'un pays ou d'une région. Elle englobe diverses structures physiques adaptées aux différents modes de transport.

La modernisation, la rectification et le dédoublement d'une ligne ferroviaire représentent des projets d'infrastructure majeurs visant à améliorer la capacité, la sécurité et l'efficacité du transport ferroviaire. Ces initiatives impliquent la mise à niveau de l'infrastructure existante, la construction de nouvelles voies, ainsi que la réduction des courbes et des pentes pour améliorer la vitesse et la fiabilité du trafic.

La ligne ferroviaire minière Est, reliant Annaba à Tébessa, revêt une importance capitale pour l'économie algérienne en assurant la liaison entre ces deux villes. Malgré son rôle crucial dans le transport de passagers et de marchandises, cette ligne présente des limitations en termes de capacité, de sécurité et de performance opérationnelle. Afin de répondre aux besoins croissants des usagers et d'améliorer la qualité du service, il est impératif de procéder à sa modernisation et à son dédoublement.

Dans le cadre de ce projet de fin d'étude, nous proposons une étude de dédoublement, de modernisation et/ou de rectification d'un tronçon de 12.737 km, s'étendant du PK 95+000 au PK 107+737, incluant la conception de la gare de DJBEL ONK. L'objectif principal de cette initiative est d'accroître la capacité de la ligne minière, de garantir la sécurité des passagers et de réduire les temps de trajet. En outre, ce projet permettra d'améliorer la fréquence des trains, de fournir un service plus fiable et plus confortable, ainsi que de soutenir le développement économique régional.

Pour mener à bien cette étude, nous avons structuré notre travail en plusieurs chapitres, comme suit :

- **Chapitre I :** Recherche bibliographique
- **Chapitre II :** Présentation du Projet, ce chapitre donne une présentation de la région (Tébessa), les objectifs et la description de projet.
- **Chapitre III :** Superstructure de la voie, ce chapitre permet de présenter les choix techniques et les critères de conception relatifs à la structure de la voie pour assurer la qualité et la sécurité de la voie ferrée, ce qui est essentiel dans la conception d'une ligne ferroviaire.
- **Chapitre IV et V** : Tracer en plan et le profil en long, Il permet de présenter les choix techniques relatifs à l'alignement horizontal et vertical de la voie ferrée on se respectant

tous les exigences des normes techniques tel qu'UIC (Union Internationale des Chemins de fer), SNTF (Société Nationale de Transport Ferroviaire), SNCF (Société Nationale des Chemins de Fer).

- **Chapitre VI :** Étude géologique et géotechnique, elle permet de comprendre la nature des sols et des roches sur lesquels la voie
- **Chapitre VII :** Étude hydraulique et d'assainissement, elle permet de comprendre l'impact de l'eau sur la voie ferrée et de prendre en compte les contraintes hydrauliques pour déterminer les choix techniques associés.
- **Chapitre VIII :** Dimensionnement d'assise ferroviaire, la détermination les dimensions et les caractéristiques des matériaux utilisés dans la construction de la couche d'assise sur laquelle la voie ferrée sera posée.
- **Chapitre IX :** Profil en travers types appliqués au projet.
- **Chapitre X :** Terrassement et Ouvrages, Dans ce chapitre on détermine les hauteurs des remblais et des déblais nécessaires pour créer la voie ferrée, et les ouvrages utilisés pour franchir les obstacles.
- **Chapitre XI :** Conception de la gare, choix de la conception adaptée de la gare pour répondre aux besoins des usagers.
- **Chapitre XII :** Signalisation ferroviaire, choix de la signalisation qui garantit la sécurité des trains, des passagers et du personnel. Elle permet également de faciliter le trafic ferroviaire en assurant une régulation efficace de la circulation des trains.
- **Chapitre XIII :** Étude d'impact sur l'environnement, Cette étude consiste à évaluer les impacts environnementaux potentiels de la construction et de l'exploitation de la ligne ferroviaire sur l'environnement naturel, social et économique de la zone d'étude.
- **Chapitre XIV :** Devis quantitatif et estimatif, ce chapitre permet d'évaluer le coût prévisionnel des travaux à réaliser pour la construction de la ligne ferroviaire, y compris la gare et les ouvrages d'art

# CHAPITRE 01 : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

# LE RACCORDEMENT ENTRE LES RAILS UIC60 ET UIC54

## I.1. INTRODUCTION

Le raccordement entre les rails de différents gabarits est une considération importante pour les ingénieurs ferroviaires et les gestionnaires d'infrastructure. Dans ce document, nous examinerons en détail les défis techniques et les solutions pratiques liés au raccordement entre les rails UIC60 et UIC54, deux des gabarits les plus répandus sur les réseaux ferrés.



Figure 1 : voie ferre

## I.2. COMPRENDRE LES DIFFÉRENCES ENTRE LES RAILS UIC60 ET UIC54 :

### I.2.1. Profil du rail UIC60

Le rail UIC60 est le standard le plus répandu sur les réseaux ferrés modernes. Son profil plus large et plus lourd offre une meilleure stabilité et une plus grande capacité de charge. Avec une hauteur de 172 mm et une base de 150 mm, ce rail convient parfaitement aux lignes à grande vitesse et à fort trafic

### I.2.2. Profil du rail UIC54

Le rail UIC54, malgré son âge, reste couramment utilisé sur de nombreuses lignes ferroviaires. Avec une hauteur de 160 mm et une base de 140 mm,

## I.3. DÉFIS DU RACCORDEMENT ENTRE LES RAILS

### I.3.1. Écarts de Géométrie

Les différences de hauteur et de largeur entre les deux profils de rail créent des écarts géométriques qui doivent être pris en compte lors du raccordement. Cela peut impacter la stabilité de la voie et la sécurité des trains.

### I.3.2. Résistance Mécanique

Le raccordement doit garantir une résistance mécanique suffisante pour supporter les charges et les efforts induits par le trafic ferroviaire, tout en assurant une transition en douceur pour le confort et la sécurité des voyageurs.

### I.3.3. Entretien et Maintenance

Les solutions de raccordement doivent faciliter les opérations d'entretien et de maintenance, afin de minimiser les interruptions de service et les coûts à long terme.



Figure 2 : soudeur de rail

## I.4. TECHNIQUES DE RACCORDEMENT

### I.4.1. Éclissage Mécanique

Le raccordement peut être réalisé à l'aide d'éclisses mécaniques, qui assurent une jonction robuste entre les deux types de rails. Ces éclisses permettent de compenser les écarts géométriques et offrent une bonne résistance mécanique.

### I.4.2. Soudage

Le soudage est une autre technique utilisée pour raccorder les rails UIC60 et UIC54. Cette méthode permet d'obtenir une transition continue et solide, tout en minimisant les risques de déformation ou de fatigue du matériau.

### I.4.3. Plaques de Jonction

Des plaques de jonction spécialement conçues peuvent être utilisées pour relier les deux profils de rail. Ces plaques offrent une solution flexible et modulaire, facilitant l'installation et l'entretien



Figure 3 : le rail

## I.5. CONSIDÉRATIONS DE CONCEPTION

### I.5.1. Étude Approfondie

Une étude approfondie du tronçon à raccorder est essentielle pour identifier les contraintes spécifiques, telles que les charges prévues, la géométrie de la voie et les conditions environnementales. Cela permet de concevoir une solution optimale.

### I.5.2. Normes et Réglementations

Le raccordement doit être conforme aux normes et réglementations en vigueur, en termes de sécurité, de performances et de compatibilité avec l'infrastructure existante.

### I.5.3. Durabilité et Maintenance

La conception doit prendre en compte la durabilité à long terme et faciliter les opérations de maintenance, afin de réduire les coûts et les interruptions de service



Figure 4 : conception de raccordement

## I.6. CAS D'ÉTUDE : RACCORDEMENT SUR LA LIGNE X

### Analyse des Contraintes

Sur la ligne X, le raccordement entre les rails UIC60 et UIC54 devait prendre en compte une pente importante et des conditions climatiques rigoureuses.

### I.6.1. Choix de la Technique

Après une étude approfondie, la solution retenue a été l'utilisation d'éclisses mécaniques renforcées, offrant une résistance accrue et une transition en douceur.

### I.6.2. Mise en Œuvre et Suivi

La mise en place du raccordement a été réalisée avec succès, et des contrôles réguliers ont permis de s'assurer du bon fonctionnement et de la fiabilité à long terme



Figure 5 : raccordement sur la ligne

**Exemple de raccordement :**

•**Planification et Conception :** Avant tout travail sur le terrain, une planification détaillée est nécessaire. Cela inclut la conception du raccordement qui doit être réalisée par des ingénieurs spécialisés en infrastructure ferroviaire.

• **Préparation du Site :** Le site où le raccordement sera effectué doit être préparé. Cela peut impliquer le démontage partiel de la voie existante et la préparation du terrain pour recevoir les nouvelles sections de rails.

• **Assemblage des Rails :**

- **Coupe et Préparation :** Les rails UIC54 et UIC60 doivent être coupés à la bonne longueur et préparés pour le raccordement.
- **Alignement :** Une fois coupés, les rails doivent être alignés correctement pour assurer une transition fluide entre les deux types de rails.

• **Soudure des Rails :** Le raccordement des rails peut être réalisé par soudage thermique ou par d'autres méthodes approuvées. La soudure thermique est souvent utilisée car elle permet de créer une connexion solide et durable entre les rails.

• **Contrôle et Test :** Après la soudure, des tests de contrôle de qualité doivent être effectués pour vérifier la solidité et la sécurité du raccordement. Cela inclut généralement des inspections visuelles et des tests de résistance.

• **Mise en Service :** Une fois que le raccordement est terminé et validé, la section de voie peut être remise en service pour le trafic ferroviaire

## I.7. INNOVATIONS ET PERSPECTIVES

### I.7.1. Automatisation

Les progrès de l'automatisation offrent de nouvelles possibilités pour la conception, l'installation et la maintenance des raccordements, avec des gains en termes de précision, de sécurité et de productivité.

### I.7.2. Analyse des Données

L'exploitation des données issues de capteurs et de systèmes de surveillance permet d'optimiser la conception et d'anticiper les besoins de maintenance, améliorant la fiabilité et la durabilité des raccordements.

### I.7.3. Durabilité

L'utilisation de matériaux innovants et de solutions écoresponsables contribue à réduire l'impact environnemental des raccordements ferroviaires tout en assurant des performances élevées.

## I.8. CONCLUSION

Le raccordement entre les rails UIC60 et UIC54 représente un défi technique important pour les ingénieurs ferroviaires. Grâce à une approche rigoureuse, combinant une compréhension approfondie des contraintes, le respect des normes, et l'utilisation de techniques de pointe, il est possible de concevoir des solutions fiables, durables et respectueuses de l'environnement. L'innovation continue dans ce domaine permettra de relever les défis futurs liés à l'évolution des infrastructures ferroviaires



Figure 6 : présentation d’un terrain

# CHAPITRE 02 : PRESENTATION DU PROJET

## II.1. INTRODUCTION

Le projet de dédoublement de la voie ferroviaire entre Tenoukla et Djebel El Onk à Tébessa est crucial pour améliorer le transport ferroviaire en Algérie. Il vise à renforcer la capacité de transport sur l'axe principal 03 du réseau national ferroviaire, en particulier la ligne minière Est reliant Annaba, Souk Ahras, Tébessa et Djebel Onk

Le projet de fin d'études porte sur l'étude du dédoublement, de la modernisation et/ou de la rectification, entre le PK 95+000 et le PK 107+737, dans la Wilaya de Tébessa, avec la conception d'une gare à Djebel Onk

## II.2. PRESENTATION DU SITE

Le projet de dédoublement de la ligne minière Tenoukla-Djebel Onk est situé dans l'est de l'Algérie, dans la wilaya de Tébessa

La ligne minière existante relie la mine de phosphate de Djebel Onk, située à environ 150 kilomètres à l'ouest de Tébessa

### II.2.1. Situation géographique

La Wilaya de Tébessa est une région frontalière située dans le nord-est de l'Algérie, elle est limitée :

- Au Nord par Souk-Ahras.
- A l'Oust par Khenchela et Oum El Bouaghi.
- A l'Est par la Tunisie.
- Au Sud par El Oued

### II.2.2. Le relief

La région entre Tenoukla et Djbel Onk dans la wilaya de Tébessa, en Algérie, présente un relief varié caractéristique des Hauts Plateaux et des montagnes de l'Est algérien. Les principaux aspects du relief incluent :

- Hauts Plateaux : Plateaux situés entre 800 et 1 200 mètres d'altitude.
- Massifs Montagneux : Présence de montagnes comme Djbel Onk, formées principalement de calcaire et de dolomie.
- Dépressions et Vallées : Zones utilisées pour l'agriculture avec des sols plus fertiles.

- Oued et Rivières : Rivières intermittentes créant des vallées et des gorges.
- Formation Karstique : Grottes et dolines dues à la dissolution du calcaire.
- Végétation : Végétation variée comprenant des forêts clairsemées, des maquis et des zones steppiques.

Ce relief diversifié crée des paysages variés et des écosystèmes distincts.

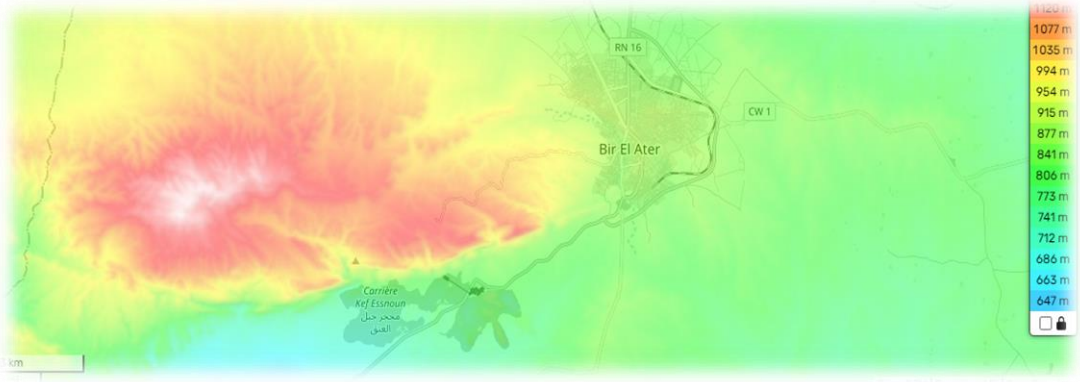



Figure 7 : Carte topographique

### II.2.3. Climat/température

La zone d'étude présente un climat semi-aride caractérisé par des étés chauds et secs ainsi que des hivers relativement froids. En été, les températures diurnes moyennes oscillent entre 35 et 40°C, tandis qu'en hiver, elles se situent entre 10 et 15°C. Les précipitations sont généralement peu abondantes, avec une moyenne annuelle d'environ 250 millimètres. Les mois les plus pluvieux sont décembre et Janvier.

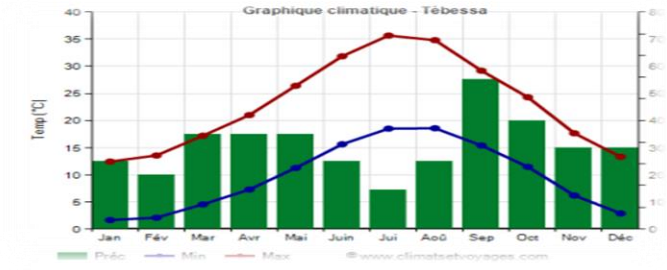



Figure 8 : Courbe de température Tébessa

Tébessa - Températures moyennes (1991-2020)

| Mois | Min (°C) | Max (°C) | Moyenne (°C) |
|---|---|---|---|
| Janvier | 2 | 12 | 7 |
| Février | 2 | 14 | 7,8 |
| Mars | 5 | 17 | 10,9 |
| Avril | 7 | 21 | 14,1 |
| Mai | 11 | 26 | 18,8 |
| Juin | 16 | 32 | 23,7 |
| Juillet | 19 | 36 | 27,1 |
| Août | 19 | 35 | 26,7 |
| Septembre | 15 | 29 | 22,3 |
| Octobre | 11 | 24 | 17,9 |
| Novembre | 6 | 18 | 11,9 |
| Décembre | 3 | 13 | 8,1 |

Figure 9 : Tébessa - Données climatiques

### II.2.4. Sismicité

La wilaya de Tébessa, située dans les hauts plateaux algériens, est classée comme une zone de sismicité faible, selon le Règlement parasismique Algérien « RPA 99/version 2003 » la wilaya est classée en zone 1. Cela signifie que le risque de tremblements de terre y est considéré comme étant faible

## II.3. DESCRIPTION DU PROJET

Le présent projet a pour objet l'étude de dédoublement et rectification de la ligne de chemin de fer Tenoukla– Djebel El Onk exactement entre les points kilométriques (Pk95+000 et Pk 107+737) dans le cadre de la modernisation et de rectification de tracé de la ligne ferroviaire minière Est.

Le projet de construction de la nouvelle voie ferrée présente un défi particulier en raison de la nécessité de décaler l'axe de la voie vers la gauche. Ce choix est imposé par le manque d'espace disponible sur le côté droit, où une forte densité d'habitants empêche toute expansion.

Figure 10 : Localisation du projet




Le Déplacement d'axe vers la droite augmenterait significativement les zones de cisaillement, entraînant des coûts de réalisation beaucoup plus élevés. Toutefois, même en déplaçant l'axe à gauche, il sera essentiel de gérer les zones de cisaillement qui subsisteront et les contraintes associées qui sont :

-les Rétablissements routiers

-un pont rail

- Les fibres et pipelines

Pour les contraintes des pistes, nous avons éliminé ces pistes car il y a un échangeur juste avant le PK 95 qui permet de franchir notre axe et de passer en zone urbaine. En ce qui concerne les lignes électriques, nous avons proposé de les remplacer et d'augmenter leur gabarit (au-dessus) des caténaires de 5,08 m. La troisième contrainte est l'oued au PK 103, pour lequel nous avons proposé d'ajouter un pont afin de surmonter cette difficulté. Enfin, il y a la gare d'une longueur de 1200 m.

En outre, il faudra prêter une attention particulière à la gestion des routes existantes, aux passages pour piétons et véhicules, ainsi qu'aux lignes électriques traversant la zone, pour garantir la sécurité et minimiser les perturbations pour les résidents.

Pour ne déstabilise pas la voie existent

**Et ce projet a des objectives qui sont :**

-Le transport des ressources minières des mines de Djebel el-Onk vers Annaba, facilitant les exportations et stimulant l'économie locale et nationale.

-Cette ligne traverse cinq wilayas, desservant plus d'un million d'habitants. Sa portée géographique en fait une infrastructure vitale pour la mobilité des personnes et des marchandises dans le sud-est de l'Algérie

- Ces améliorations visent à augmenter la capacité, la sécurité et l'efficacité du transport ferroviaire entre Djebel el-Onk et Annaba

### II.3.1. Caractéristique de la voie

La ligne présente les caractéristiques suivantes :

- La longueur de tracé d'étude est 12.737 Km.
- La ligne est à voie double.
- Mode de traction mixte : électrique – diesel.
- Écartement de la voie : 1435mm.
- Électrification : 25 KV.
- Distance axe voie –axe caténaire : 3.15m.
- Pente latérale plateforme : 4%.
- La vitesse de conception de la ligne est de 120 km/h pour les trains voyageurs, et d'une vitesse de 80km/h pour les trains marchandises.
- La ligne est mixte voyageurs/marchandises.

-L'entraxe des voies est de 5,00 m. (Pour ne déstabilise pas la voie existent)

## II.4. CONCLUSION

La ligne minière reliant Tébessa à Annaba joue un rôle central dans l'économie nationale de l'Algérie. La rectification et la modernisation de cette voie sont donc des étapes essentielles pour optimiser ses avantages et assurer sa durabilité à long terme.

# CHAPITRE 03 : SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

## III.1. INTRODUCTION

L'infrastructure ferroviaire englobe tous les éléments fixes nécessaires pour garantir le contrôle des véhicules sur leur trajet, notamment en assurant leur support, leur guidage et en les maintenant dans un espace dégagé, tout en intégrant les dispositifs de sécurité nécessaires. Les principaux composants de la structure de la voie comprennent les rails, les traverses, le ballast et leurs accessoires associés

## III.2. L'ARMEMENT DE LA VOIE

L'armement de la voie, composé des rails, des traverses, des fixations et des ballasts, représente une composante fondamentale de l'infrastructure ferroviaire. Il joue un rôle crucial dans la sécurité et la fiabilité du transport ferroviaire.

### III.2.1. Le rail

Les rails sont des éléments en acier disposés sur des traverses en bois ou en béton, formant la structure principale de la voie ferrée. Ils sont installés en deux lignes parallèles avec un écartement standard de 1435 mm, communément appelé écartement standard.

Pour garantir le centrage des roues des trains, les rails sont généralement inclinés par rapport au plan de roulement, avec une pente de 1/20. Cela facilite le guidage précis des roues lorsqu'elles parcourent les voies.

Le rail remplit plusieurs fonctions essentielles :

a. Supporter les charges, qu'elles soient verticales (liées au poids du train) ou horizontales (comme la force centrifuge lors de virages). La voie absorbe ces charges pour assurer la stabilité et la sécurité.
b. Guider les roues du train et garantir leur mouvement régulier sur la voie, assurant ainsi une circulation fluide et sûre.
c. Servir de conducteur pour le courant électrique, nécessaire à la signalisation et à la propulsion des trains sur les lignes électrifiées, contribuant ainsi au bon fonctionnement du système ferroviaire.

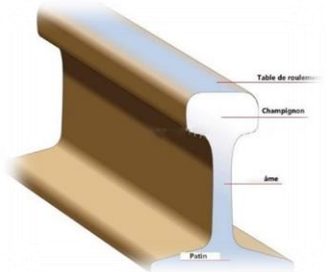



Figure 11 : composant du rail

Chaque composant du rail remplit un rôle spécifique :

- **Le patin :** Cette partie inférieure du rail repose sur la traverse. Sa forme en "L" et sa fixation à la traverse permettent de répartir la charge du rail et de le maintenir en place de manière stable.
- **Le champignon :** Il constitue la partie supérieure du rail, formant la surface de roulement pour les roues du train. Sa forme bombée réduit les vibrations et les chocs, permettant aux roues de glisser en douceur sur le rail, ce qui améliore le confort des passagers et réduit l'usure des roues et du rail.
- **L'âme :** Cette partie centrale du rail, en forme de "I", assure la liaison entre le patin et le champignon. Fabriquée en acier de haute qualité, elle garantit la résistance et la rigidité du rail, capable de supporter les contraintes induites par le passage des trains sans se déformer.
- **La table de roulement :** Il s'agit de la surface supérieure du champignon, sur laquelle les roues du train roulent. Cette surface est usinée avec précision pour assurer une surface de roulement régulière et exempte de défauts. Un entretien régulier de la table de roulement est essentiel pour garantir la sécurité et le confort des passagers, ainsi que la durabilité du rail et des roues.

Dans le projet "**Oued KEBRIT - TEBESSA - DJEBEL ONK**", le type de rail utilisé est leVignole UIC 60 E1

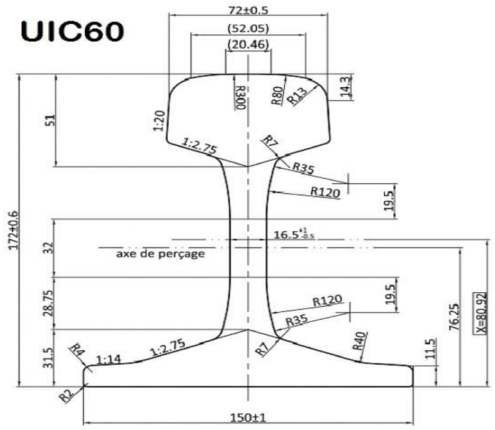



Figure 12 : Profil rail du type UIC60 E1

### III.2.2. Caractéristiques de rails du type UIC 60 E1 :

Tableau 1 : Caractéristiques de rails du type UIC 60 E1

| Caractéristique | Valeur |
|---|---|
| Masse | 60.21 kg/ml |
| Surface de la section | 76.7 $cm^2$ |
| Hauteur du rail | 172 mm |
| Largeur du champignon | 72 mm |
| Largeur du patin | 150 mm |
| Moment d'inertie (axe x-x) | 3038.3 $cm^4$ |
| Moment d'inertie (axe y-y) | 512.3 $cm^4$ |
| Résistance à la traction | $R \geq 880$ $N/mm^2$ |
| Allongement | $R \geq 10\%$ |
| Dureté au milieu de la table de roulement | 260-300 HBW |
| Épaisseur âme | 16.5 mm |
| Dimension indicative B | 52.053 mm |
| Dressage | Classe A |
| Nuance | 260 (carbone-manganèse) |

### III.2.3. Assemblage des rails

Les rails utilisés dans la construction des voies ferrées sont souvent produits en longueurs allant de 18 à 36 mètres. Pour garantir la solidité et la continuité de la voie, il est essentiel de relier de manière robuste les extrémités des rails. Pour cela, deux méthodes principales sont utilisées les éclisses et les soudures :

- **Éclisses :** Il s'agit de pièces métalliques en forme de U ou de H qui sont placées autour des extrémités des rails et fixées avec des boulons. Les éclisses permettent de maintenir les rails en position et de conserver leur alignement tout en permettant une certaine flexibilité pour absorber les contraintes dues aux variations de température et aux mouvements des trains. Elles sont utilisées principalement pour les rails de longueur plus courte.
- **Soudures :** Les soudures sont une méthode de liaison permanente où les extrémités des rails sont chauffées à haute température pour les fusionner ensemble. Cette technique crée une connexion continue et solide entre les rails, éliminant ainsi les joints

susceptibles de causer des vibrations et des bruits. Les soudures sont généralement utilisées pour les rails de plus grande longueur, offrant une voie plus stable et durable.

### III.2.4. Les traverses

En Algérie, les traverses en béton sont en effet largement utilisées dans la construction des voies ferrées, notamment pour leur durabilité et leur résistance aux conditions climatiques locales. Il existe généralement deux types de traverses en béton utilisées dans ce contexte :

- **Traverses Monoblocs** Ces traverses sont fabriquées en une seule pièce de béton. Elles sont souvent utilisées pour les lignes ferroviaires à trafic modéré ou léger en raison de leur facilité de fabrication et de leur installation rapide.
- **Traverses Bi-blocs** Ces traverses sont composées de deux parties distinctes : le patin (ou semelle) et le corps de la traverse. Elles offrent une résistance accrue et sont utilisées sur les lignes ferroviaires à trafic intense, comme les lignes principales ou les lignes à grande vitesse.

**-Traverses en bois** elles étaient largement utilisées dans le passé, mais leur utilisation a diminué en raison de leur coût élevé et de leur durée de vie relativement courte.Cependant, elles sont encore utilisées dans certaines applications spécifiques telles que les appareils de voie.

Dans notre projet on va utiliser les traverses Bi-bloc

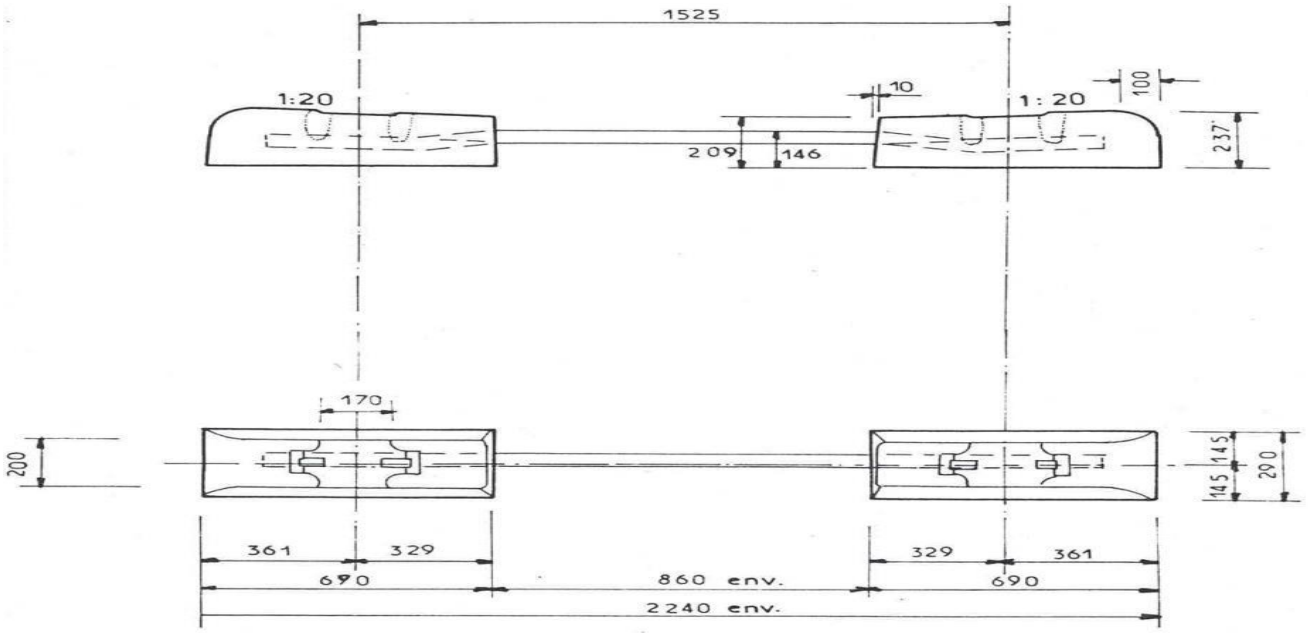



Figure 13 : Traverse Bi-bloc

### III.2.5. Rôle des traverses

Les traverses assurent la transmission des forces entre le rail et le ballast, jouant ainsi un rôle crucial dans le maintien de l'écartement et de l'inclinaison corrects des rails. Elles garantissent une répartition uniforme des charges exercées par les trains sur le ballast, ce qui contribue à la stabilité et à la durabilité de la voie ferrée. En résumé, les traverses en béton sont responsables de la transmission des efforts, du maintien de l'alignement des rails et de la répartition équilibrée des charges, assurant ainsi la sécurité et la solidité de la voie.

### III.2.6. Les attaches travers-rail

Les attaches travers-rail sont des composants métalliques qui assurent la fixation du rail sur la traverse en permettant une certaine souplesse dans les mouvements verticaux et horizontaux. Elles sont fixées à la traverse à l'aide de tire-fond, des boulons spécialement conçus pour cette application. Il est important de choisir l'attache travers-rail en fonction du type de traverse (bois ou béton) et des caractéristiques du rail (type, poids, etc.).

L'utilisation d'une semelle d'élastomère cannelée de 9 mm d'épaisseur entre le rail et la traverse contribue à absorber les vibrations, réduisant ainsi les nuisances sonores et les vibrations perçues par les passagers. En conséquence, les attaches travers-rail jouent un rôle crucial dans la sécurité et le confort des voyageurs en contribuant à stabiliser la voie et à minimiser les perturbations causées par le passage des trains.

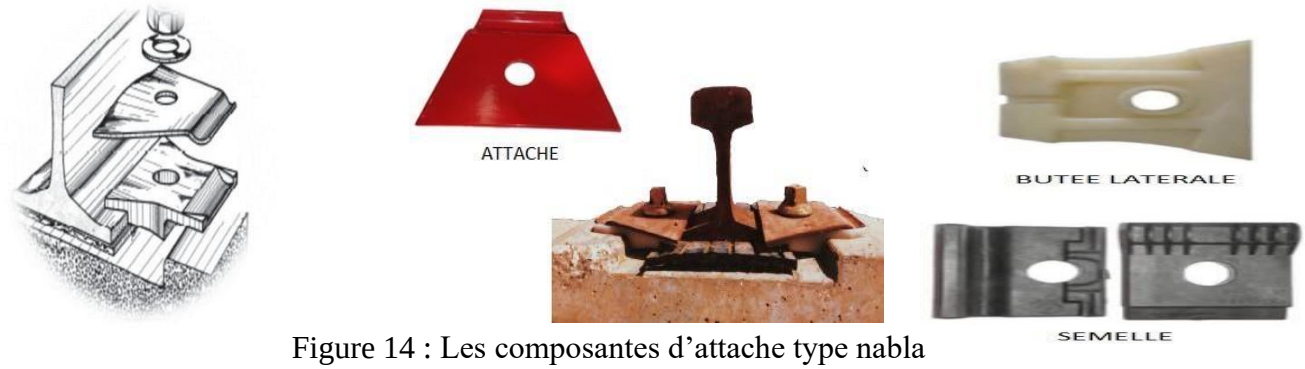



Figure 14 : Les composantes d'attache type nabla

### III.2.7. L'appareil de voie

Les appareils de voie jouent un rôle crucial dans les systèmes ferroviaires, car ils permettent aux trains de passer d'une voie à une autre. Ils se distinguent par leur angle de déviation au niveau du cœur de l'aiguillage. Pour des raisons de stabilité et de sécurité, ces appareils ne peuvent pas être installés en dévers, et il n'est pas possible de réaliser des courbes de raccordement pour la voie déviée. Ainsi, le rayon minimum de courbure doit être déterminé en fonction de la vitesse de passage souhaitée.

Les appareils de voie sont composés de rails spéciaux, notamment les croisements de rails, et d'éléments mobiles, comme les aiguilles. Dans le langage courant, ces dispositifs sont souvent appelés aiguillages.

Dans notre projet on va utiliser appareils de voie de type branchement simple : UIC 60 1/12 500 et UIC 60 1/9 300.

## III.3. CONCLUSION

Le choix des éléments de superstructure de la voie ferrée est essentiel pour garantir la sécurité, la durabilité, les performances et la rentabilité du réseau ferroviaire. Il est donc crucial de considérer ces aspects lors de la conception, de la construction et de l'entretien des voies ferrées

# CHAPITRE 04 :

# TRACE EN PLAN

## IV.1. INTRODUCTION

L'analyse géométrique de la trace de la voie constitue une étape essentielle dans la conception d'un projet visant à doubler une ligne ferroviaire. Son but est de déterminer la configuration optimale de la voie et de la trace pour garantir une circulation sure et efficace des véhicules

Le trace en plan d'une voie ferroviaire est un plan détaille qui présente la position précise de la voie par rapport à son envitonnement.il se compose généralement de segments droits et de courbes circulaires, relies entre eux par des transitions progressives. Dans notre projet deux vitesses sont spécifiées :

- **Vmax :** la vitesse maximale des trains rapides (voyageurs), fixée à 120Km/h
- **Vmin** : la vitesse minimale des trains lents (marchandises), établie à 80Km/h

## IV.2. CONDITIONS À RESPECTER DANS LE TRACÉ EN PLAN

Pour concevoir un tracé économique et technique, il est essentiel de suivre les principes suivants :

Prioriser le raccordement au réseau existant afin d'assurer la continuité de la ligne et d'optimiser l'utilisation des infrastructures déjà en place.

- Effectuer les jonctions avec la voie existante de manière à réduire les perturbations pour les usagers et les opérations ferroviaires.
- Favoriser l'utilisation d'alignements droits pour augmenter la vitesse de circulation, en respectant une distance minimale de 0,5 fois la vitesse maximale autorisée (en km/h) entre deux courbes.
- Respecter les normes de sécurité en ce qui concerne les rayons de courbure et les longueurs minimales recommandées par la SNTF.
- Opter pour des courbes de niveau afin de réduire les coûts de terrassement.
- Éviter autant que possible les passages au-dessus de cours d'eau et de routes pour minimiser les coûts des ouvrages d'art. En cas d'inévitabilité, choisir des emplacements perpendiculaires au flux des cours d'eau ou des endroits étroits pour limiter les impacts environnementaux et les coûts de construction.
- Éviter les zones présentant des problèmes géologiques et/ou géotechniques.

## IV.3. IV.3. LES ÉLÉMENTS DE TRACÉ EN PLAN

Le tracé en plan se compose généralement de la succession judicieuse des éléments suivants : alignement droit, pleine courbe et courbe de transition. Ces éléments sont utilisés pour représenter les caractéristiques linéaires de la voie ferré.

### IV.3.1. L'alignement

Un alignement droit dans le tracé en plan d'une voie ferrée correspond à une courbe derayon infini (**R=∞**).

### IV.3.2. Arc de cercle

Ces courbes sont utilisées dans les chemins de fer lorsque la configuration du terrain ne permet pas la création d'alignements droits entre les tronçons de voie. Le rayon de courbure des arcs est sélectionné en fonction de la vitesse maximale des trains et de la configuration du terrain.

### IV.3.3. Raccordement progressive

Un raccordement progressif est une courbe dont le rayon varie, facilitant ainsi une transition en douceur entre un alignement droit et une courbe complète, ou entre deux courbes de rayons différents, dans une voie ferrée. La forme de courbe généralement adoptée pour cette transition est souvent une clothoïde.

## IV.4. LES CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES DU TRACÉ

Le but d'étude est d'identifier un tracé le plus optimiser. La nouvelle ligne ferroviaire OUED KEBRIT-TEBESSA-DJEBEL ONK est circulée par des trains voyageurs et marchandise à des vitesses respectivement de 120 Km/h et 80Km/h.

Les paramètres géométriques applicables selon SNTF à la nouvelle ligne ferroviaire OUED KEBRIT-TEBESSA-DJEBEL ONK pour une vitesse de 120 km/h sont les suivants :

### IV.4.1. Longueur minimum des éléments de tracé

Les longueurs minimales des alignements droits et des pleines courbes, tenant compte des doucines et adaptées à une vitesse maximale de 120 km/h, sont établies comme suit :

Tableau 2 : Longueur minimum des éléments de tracé en plan

| Paramètres | Valeur limite normale | Valeur limites exceptionnelle |
|---|---|---|
| **Longueur minimum des éléments de tracé** | V/2=60m | V/3=40m |

### IV.4.2. Dévers

Le dévers sera appliqué en surélevant le rail extérieur par rapport au rail intérieur, de manière à obtenir l'épaisseur de ballast nominale sous la file de rail la plus contraignante. Cette surélévation sera progressive et continue, tant à l'entrée qu'à la sortie de la courbe, le long de la courbe de transition

#### IV.4.2.1. Dévers maximal

Les valeurs maximales admissibles de devers selon SNTF (Chapitre 06) et IN 0272 sont données dans le tableau suivant :

Tableau 3 : Valeurs de devers maximales selon SNTF

| Paramètres | Valeur limite normale(mm) | Valeur limites exceptionnelle(mm) |
|---|---|---|
| **Devers maximum** | 160 | 180 |

#### IV.4.2.2. Dévers théorique ou d'équilibre

Le dévers théorique annule totalement l'effet de la force centrifuge lors d'un passage du train à une vitesse V sur une courbe de rayon R, sa formule est la suivante :

$$D_{th} = \frac{11.8 \times Vmax^2}{R}$$

- R : rayon de courbure.
- Vmax: Vitesse de trains voyageurs.
- Dth : Devers théorique

- **Coefficient de dévers et dévers pratique :**

Le coefficient de proportionnalité $C$C (appelé coefficient de dévers) est un paramètre constant appliqué sur une section de voie à trafic homogène donnée. Il est utilisé pour établir une relation entre le dévers pratique ($dp$dp) et la courbure ($1R$R1). Ce choix de coefficient permet de respecter simultanément les valeurs limites normales (et dans certains cas, exceptionnelles) des paramètres suivants :

- Dévers
- Insuffisance de dévers
- Excès de dévers
- Variation de dévers
- Variation de l'insuffisance de dévers

La formule donnant le dévers pratique dp est la suivante :

$$D_p = \frac{1000 \times C}{R}$$

- La valeur optimale du coefficient de dévers étant de l'ordre de C = 0.006× V $^{2}$.
- V : vitesse des trains les plus rapide en km/h.

Remarque : le coefficient de devers adopté doit être un multiple de 15

Il doit satisfaire la condition suivante $0.5 \leq C/\ 0.0118 \times V2 \leq 0.7$

Pour notre projet on a : C = 0.006× 1202= 86.4 en prend C = 90.

Vérification : 0.5 ≤ 90 0.0118×1202 =0.53.

### IV.4.3. Insuffisance de dévers

L'insuffisance de dévers est la différence entre le dévers théorique des trains les plus rapides et le dévers pratique :

- Avec V : la vitesse des trains voyageur. $I = \frac{11.8 \times V^2}{R} - D_p$

Tableau 4 : Les valeurs maximales admissibles de l'insuffisance selon SNTF

| Paramètres | Valeur limite normale | Valeur limites exceptionnelle |
|---|---|---|
| **Insuffisance de dévers** | 150 | 160 |

### IV.4.4. Excès de dévers

L'excès de dévers E est limité pour éviter l'usure prématurée du rail intérieur dans les courbes

Il est calculé avec la formule suivante : $I = D_{p-} \frac{11.8 \times V^2}{R}$

- Avec V : vitesse des trains lents (marchandises)

Tableau 5 : Les valeurs maximales de l'excès admissibles selon SNTF

| Paramètres | Valeur limite normale | Valeur limites exceptionnelle |
|---|---|---|
| **Excès de dévers** | 110 | 130 |

### IV.4.5. Variation de dévers

Variation de dévers dans les courbes de transition Δd/Δl :

La longueur des courbes de transition sera fonction du dévers adopté et du taux de variation de dévers admissible.

Tableau 6 : Les valeurs admissibles de la variation de dévers en fonction de la longueur des courbes de transition

| **Paramètres** | **Valeur limite normale (mm/m)** | **Valeur limites exceptionnelle(mm/m)** |
|---|---|---|
| **Variation de dévers (mm/m)** | 180/V=1,5 | 216/V=1,8 |

- **Variation de l'insuffisance de dévers dans le temps ΔI/Δt :**

La variation d'insuffisance de dévers se détermine par la formule suivante :

- V : vitesse (Km/h)
- I : insuffisance de dévers (mm)
- Lrp : longueur du raccordement progressif (m)

$$\frac{\Delta I}{\Delta l} = \frac{I \times V}{3.6 \times Lrp}$$

Tableau 7 : Variation de l'insuffisance de dévers dans le temps

| **Paramètres** | **Valeur limite normale** | **Valeur limites exceptionnelle** |
|---|---|---|
| **Taux de variation de l'insuffisance de devers (mm/s)** | 75 | 90 |

### IV.4.6. Rayon horizontale minimum

Le rayon de courbe minimum pouvant être circulé à la vitesse maximale d'exploitation, avec l'insuffisance de dévers maximum I, il est déterminé à l'aide de l'équation suivante :

- R min = Rayon minimum de courbe (m).
- V max = Vitesse des trains rapide (voyageurs) (km/h).
- D max = Dévers maximal (mm).
- I max = Insuffisance de dévers maximum (mm).

Rmin doit être inferieure f(E) et supérieur a la valeur de $R_{min} = \frac{11.8 \times Vmax^2}{Dmax + Imax}$

Pour une circulation à 120Km/h, et un devers maximum de 160 mm avec une valeur maximale de l'insuffisance de dévers 150 mm :

$$R_{min} = \frac{11.8 \times 120^2}{160 + 150} = 548.13\ m$$

On prend Rmin=600m

### IV.4.7. Raccordements progressifs

C'est une courbe a rayon variable assurant la transition entre un alignement et une pleine courbe ou entre deux courbes circulaires de rayon différent, imposé par l'exigence de passer d'un déversdonné à un dévers différent.

D'après les conditions exigées par la norme (SNCF/IN0272) on a :

- Vmax : Vitesse maximale.
- dd/dt : Variation de devers en fonction du temps.
- D : dévers pratique.

$$L_{rp} \geq Dp \times \frac{V_{max}}{3.6 \times \frac{\Delta D}{\Delta t}}$$

Tableau 8 : Les paramètres géométriques de tracé

| Paramètre géométrique | Normal | Exceptionnel |
|---|---|---|
| **Dévers maximal d (mm)** | 160 | 180 |
| **Rayon minimum (m)** | 600 | / |
| **Longueurs minimales des alignements (m)** | 60 | 40 |
| **Longueurs minimales des pleines courbes (m)** | 60 | 40 |
| **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 (mm/m)** | 1,5 | 1,8 |
| **Limite de la variation d'insuffisance de dévers(mm/s)** | 75 | 90 |

## IV.5. TABLEAU DES ÉLÉMENTS DE TRACÉ EN PLAN

On va exprimer dans ce tableau les rayons établis pour notre tronçon du PK 95+000 AU PK 108+000, avec longueurs de clothoïde correspondantes, ainsi que toutes les vérifications nécessaires notamment

### IV.5.1. Exemple de calcule pour R=700

- Dévers théorique : $d_{th} = \frac{11.8 \times V^2 max}{R} = \frac{11.8 \times 120^2}{700} = \mathbf{242,74\ mm}$

- Coefficient de dévers : **C** = 0.006 × $Vmax^2$ = 0.006 × 1202 = 86.4

On prend C= 90

Vérification de C : $0.5 < \frac{C}{0.0118 \times V^2} = \frac{90}{0.0118 \times 120^2} = \mathbf{0.53 \leq 0.7}$ $\boldsymbol{vérifier}$

Donc C=90 est vérifier

- Le dévers pratique : $\mathbf{dp} = \frac{1000 \times C}{R} = \frac{1000 \times 90}{700} = \mathbf{128.57mm}$

On prend Dp= 130mm (ne doit pas dépasser 160 mm selon SNTF)

- **Insuffisance de dévers :** I = Dth − Dp = 242.74 − 130 = 112.74$mm$ < 150 mm

Donc c'est vérifier

- **Excès de dévers :** $\mathbf{E = dp - dth_{(mar)} = 130 - \frac{11.8 \times 80^2}{700} = 22,11\ mm}$ < 110 $m$m

Donc c'est vérifier

- **La longueur de clothoïde :** $\boldsymbol{L \geq \frac{dp}{\frac{dd}{dt}} = \frac{dp}{\frac{180}{V}} = 86.67m}$

On prend Lrp = 90 m.

- **Limite de la variation de dévers par rapport à la longueur :** $\frac{dp}{dI} = \frac{130}{90} =$ 1.44 mm/m

<1,5mm/mdonc c'est vérifier

- **La variation d'insuffisance de dévers :**

$\frac{\Delta I}{\Delta L} = \frac{I \times V}{3.6 \times Lrp} = \frac{112.74 \times 120}{3.6 \times 90} = \frac{41.76mm}{m} < 75mm/m$ donc c'est vérifier

Tableau 9 : Tableau récapitulatif des éléments de tracé en plan

| Rayon (m) | Vitesse Voy (Km/h) | Vitesse Mar (Km/h) | Dth (mm) | C adopter | Verification C | Dp (mm) | Dp adopter | I(mm) | E(mm) | Lrp | Lrp adopter |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 700 | 120 | 80 | 242.74 | 90 | 0.53 | 128.57 | 130 | 112.74 | 22.11 | 86.67 | 90 |
| 600 | 120 | 80 | 283.20 | 90 | 0.53 | 150 | 150 | 133.20 | 24.13 | 100 | 100 |
| 700 | 120 | 80 | 242.74 | 90 | 0.53 | 128.57 | 130 | 112.74 | 22.11 | 86.67 | 90 |
| 650 | 120 | 80 | 261.42 | 90 | 0.53 | 138.46 | 140 | 121.42 | 23.82 | 93.33 | 100 |
| 700 | 120 | 80 | 242.74 | 90 | 0.53 | 128.57 | 130 | 112.74 | 22.11 | 86.67 | 90 |
| 900 | 120 | 80 | 188.8 | 90 | 0.53 | 100 | 100 | 88.8 | 16.08 | 66.67 | 70 |
| 650 | 120 | 80 | 261.42 | 90 | 0.53 | 138.46 | 140 | 121.42 | 23.82 | 93.33 | 100 |
| 1100 | 120 | 80 | 154.47 | 90 | 0.53 | 81.82 | 90 | 64.47 | 21.35 | 60 | 60 |
| 650 | 120 | 80 | 261.42 | 90 | 0.53 | 138.46 | 140 | 121.42 | 23.82 | 93.33 | 100 |

## IV.6. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU TRACÉ

Le tracé qui fait l'objet d'étude débute PK 95+000 au Pk 107+737 sur un linéaire de 12.737 km, Tout les courbes existants dans ma trace à rectifié (R < 600m) sont montré ci-dessous :

Tableau 10 : Liste des rayons à rectifier

| | Rayon | Position |
|---|---|---|
| **Arc2** | 520 | PK 95+829.06 au PK 96+089. |
| **Arc4** | 500 | PK 97+815.28 au PK 98+464.95 |
| **Arc6** | 420 | PK 98+492.44 au PK 98+689.34 |
| **Arc8** | 500 | PK 98+922.39 au PK 99+284.23 |
| **Arc10** | 500 | PK 99+486.50 au PK 100+423.20 |
| **Arc12** | 500 | PK 101+118.08 au PK 101+488.55 |
| **Arc17** | 550 | PK 103+386.64 au PK 103+634.74 |
| **Arc19** | 520 | PK 104+462.21 au PK 104+775.10 |
| **Arc21** | 540 | PK 105+182.90 au PK 105+424.94 |

| | | |
|---|---|---|
| **Arc23** | 560 | PK 105+582.14 au PK 105+796.16 |
| **Arc25** | 480 | PK 105+955.81au PK 106+270.58 |
| **Arc27** | 540 | PK 106+363.97 au PK 106+572.94 |

Les zones de réaménagement de la voie ont été prévues afin de moderniser et d'optimiser la ligne, en améliorant sa vitesse et sa capacité. Cela implique notamment la correction des courbes prononcées et des rayons de virage restreints de la voie actuelle.

- Zone 1 : PK 95+000 au PK 95+737.84
- Zone 2 : PK 95+737.84 au PK 96+176.83 rectifications de tracé (CRC)
- Zone 3 : PK 96+176.83 au PK 97+742.39
- Zone 4 : PK 97+742.39au PK 100+541.25rectifications de tracé
- Zone 5 : 100+541.25au PK 100+972 .54
- Zone 6 : PK 100+972.54 au PK 101+572.88 rectifications de tracé
- Zone 7 : PK 101+572.88 au PK 103+226.74
- Zone 8 : PK 103+226.74 au PK 103+722.32 rectifications de tracé
- Zone 9 : PK 103+722.32 au PK 104+330.17
- Zone 10 : PK 104+330.17au PK 104+827.85 rectifications de tracé
- Zone 11 : PK 104+827.85 au PK 105+100
- Zone 12 : PK PK 105+100 au PK 106+619.33 rectifications de tracé
- Zone 13 : PK 106+619.33 au PK 107+759.66

## IV.7. CONCLUSION

Lors de la planification de notre trace, nous avons dû considérer plusieurs contraintes telles que les propriétés privées, les croisements avec d'autres routes et le passage sous une infrastructure d'art. En outre, il est essentiel de noter que le tronçon analysé nécessite des ajustements dans les rayons de courbure existants pour permettre une circulation sécurisée à la nouvelle vitesse établie

# CHAPITRE 05 : PROFIL EN LONG

## V.1. INTRODUCTION

L'établissement du profil en long représente une étape essentielle pour évaluer un projet ferroviaire, notamment en ce qui concerne son aspect économique où se révèle l'importance des travaux de terrassement (déblai et remblai), des ouvrages d'art, des tunnels, et autres.

## V.2. DÉFINITION

Le profil en long du terrain naturel représente de manière plane la surface du sol le long du tracé en plan, fournissant ainsi une vue verticale. Il sert de base pour créer le profil en long du projet.

Quant au profil en long du projet, il montre le tracé prévu, typiquement une voie ferrée composée de sections droites reliées par des courbes circulaires.

La déclivité se réfère à la tangente de l'angle formé par le profil en long avec l'horizontale. On parle de pente pour une descente et de rampe pour une montée.

## V.3. ÉLÉMENTS DE COMPOSITION DE PROFIL EN LONG

### V.3.1. Choix des alignements droits

Le profil en long de la voie ferrée maintien des déclivités très basses pour garantir des vitesses de circulation sécuritaires et des conditions de freinage efficaces en descente, ainsi qu'un démarrage sans difficulté en montée. Ces déclivités doivent respecter des limites maximales fixées par la SNTF. On adopte en générale les déclivités maximales suivantes :

Il est important de respecter la longueur minimale des éléments du profil en long pour éviter les Oscillations des véhicules dues aux variations des déclivités, tout en assurant une bonnecoordination entre le tracé en plan et le profil en long.

Tableau 11 : La variation Déclivité maximale

| | | ***Formule*** | | ***Application*** | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ***Normal*** | ***Exceptionnel*** | ***Normal*** | ***Exceptionnel*** |
| **Déclivité maximale** | **L<3000 m** | **-** | **-** | **16 ‰** | **18 ‰** |
| | **3000<L>15000 m** | **-** | **-** | **16 ‰ à 13 ‰** | **18 ‰ à 15 ‰** |
| | **L>15000 m** | **-** | **-** | **13 ‰** | **15 ‰** |
| | **Gares** | **-** | **-** | **0** | **0** |

Tableau 12 : Les longueurs minimales des éléments de profile en long

| | |
|---|---|
| **Valeur normale** | V/2 |
| **Valeur exceptionnelle** | V/2,5 |

### V.3.2. Choix des cercles

Lorsqu'un véhicule traverse une variation de déclivité, il subit une accélération verticale brusque aux points de transition, ce qui peut entraîner des oscillations dans la suspension du véhicule et perturber le confort des passagers.

L'accélération verticale peut être calculée à l'aide de la formule Av = V^2 / (3.6 * 2 * RV), où Av représente l'accélération verticale, V est la vitesse du véhicule et RV est le rayon vertical de la transition.

Pour une vitesse inférieure à 220 km/h, la valeur maximale acceptable pour cette accélération est de 0,22 m/s^2 (ou Av ≤ 0,05 g, avec une valeur exceptionnelle de 0,31 m/s^2 considérée acceptable). En utilisant cette valeur pour Av dans la formule précédente, on peut calculer le rayon vertical RV nécessaire : RV = V^2 / (3.6 * 2 * Av).

Tableau 13 : Valeurs de Rayon vertical minimale

| | |
|---|---|
| **Valeur minimale normale** | 0.35 V² |
| **Valeur minimale normale** | 0.25 V² |

## V.4. APPLICATION AU PROJET

Tableau 14 : Exemple La variation Déclivité maximale

| | | **Formule** | | **Application** | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **Normal** | **Exceptionnel** | **Normal** | **Exceptionnel** |
| **Déclivité maximale** | **L<3000 m** | **-** | **-** | **16 ‰** | **18 ‰** |
| | **3000<L>15000 m** | **-** | **-** | **16 ‰ à 13 ‰** | **18 ‰ à 15 ‰** |
| | **L>15000 m** | **-** | **-** | **13 ‰** | **15 ‰** |
| | **Gares** | **-** | **-** | **0 ‰** | **0 ‰** |
| | **-** | **0.35V²** | **0.25V²** | **5040** | **3600** |
| | **-** | **V/2** | **V/2,5** | **60** | **48** |

## V.5. CONCLUSION

La construction du profil en long est une étape fondamentale dans l'évaluation d'un projet ferroviaire. Les résultats de cette étude respectent les normes de l'SNTF. Tous les éléments nécessaires pour ajuster et doubler le tracé en vue d'atteindre une vitesse de 120 km/h ont été considérés, tout en prenant en compte l'altitude de la voie existante dans la zone de dédoublement.

# CHAPITRE 06 : ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

## VI.1. INTRODUCTION

Pour mener à bien un projet visant à doubler, moderniser et/ou rectifier le tracé afin d'augmenter la capacité de la ligne minière reliant **Tenoukla** à DJEBELONK, du PK 95 au PK 107+737, une compréhension approfondie du sous-sol, de sa composition et de son comportement est nécessaire. Cela implique d'analyser en détail les caractéristiques des terrains traversés, ce qui est essentiel pour garantir la stabilité des ouvrages de construction

## VI.2. GÉOLOGIE

La zone géologique de Tenoukla à Djebel Onk, traversée par la voie ferrée du PK 95+000 environ au PK 107+737, présente une diversité géologique significative. Dans cette région, on trouve principalement des formations sédimentaires, notamment des couches de calcaire, de grès et de marnes. Ces formations sont le résultat de processus géologiques anciens, tels que la sédimentation marine et lacustre, ainsi que des mouvements tectoniques, Cette région présente une topographie diversifiée, avec des plateaux, des collines et des vallées. Les plateaux, généralement composés de calcaire résistant, offrent des surfaces relativement planes ou légèrement inclinées, parfois entaillées par des vallées fluviales ou des ravins résultant de l'érosion hydraulique sur de longues périodes géologiques.

Les collines, quant à elles, sont formées de roches plus robustes telles que le calcaire ou le grès, créant des reliefs plus escarpés et accidentés. Ces formations peuvent influencer le tracé de la voie ferrée, nécessitant parfois des travaux importants de terrassement et de stabilisation pour garantir sa sécurité et sa durabilité.

Les vallées, créées par l'érosion des cours d'eau, se creusent entre les reliefs environnants. Ces zones sont souvent caractérisées par des sols plus meubles et peuvent présenter des risques accrus d'érosion ou d'inondation, des aspects à prendre en considération lors de la conception des infrastructures ferroviaires.

En termes de géologie, la région comprend diverses formations :

1.Des formations quaternaires, comprenant des alluvions actuelles et récentes, des éboulis provenant des pentes et des accumulations de piémonts, telles que des sables, des graviers et des argiles, ainsi que des mollasses.

2.Des formations miocènes (miocène moyen), constituées principalement d'argiles, e grès et de marnes.

3.Des formations crétacées (Crétacé supérieur : Coniacien - Santonien), dominées par des calcaires.

### VI.2.1. Sismicité

Notre projet se trouve dans un secteur sismique de classe I avec une sismicité faible. Et

Les coefficients d'accélération (A) à prendre en considération dans les calculs selonle type de l'ouvrage sont donnés dans le tableau.

Tableau 15 : Coefficients d'accélérations en fonction du type d'ouvrage et la sismicité de la zone (RPA 99/ version 2003)

| Groupe | ZONE1 |
|---|---|
| 1A | 0,15 |
| 1B | 0,12 |
| 2 | 0,10 |
| 3 | 0,07 |

## VI.3. ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

L'objectif de l'étude géotechnique est d'identifier les propriétés physico-mécaniques du sol destiné à accueillir le projet étudié. Ainsi, nous avons effectué une campagne de reconnaissance géotechnique sur toute la longueur de notre tracé. La maîtrise des terrains traversés est essentielle.

Grâce à l'analyse du tracé en plan, du profil en long et de l'aperçu géologique du site, un programme de reconnaissance a été élaboré. La liste des essais proposés est clairement illustrée dans le tableau ci-dessous. Il est essentiel de prendre des échantillons pour les analyses en laboratoire.

### VI.3.1. Le programme géotechnique est organisé en différents lots

#### VI.3.1.1. Lot de plate forme

- **Évaluation de la capacité portante de la plate-forme :**
- **Investigations par puits :**

Les puits d'investigation sont des sondages effectués dans le sol afin d'observer directement les strates souterraines, de mesurer l'épaisseur du sol végétal pour les opérations

de décapage, et de collecter des échantillons perturbés pour leur identification et leur caractérisation géotechnique en laboratoire.

- **Analyses en laboratoire :**

Pour les échantillons prélevés, plusieurs analyses sont programmées, comprenant notamment :

- Des analyses d'identification (granulométrie, limites d'Atterberg, teneur en eau naturelle, densité spécifique, test de bleu de méthylène VBS).
- Des analyses chimiques (sulfates, carbonates).
- Des essais mécaniques (Proctor modifié, cisaillement rectiligne et essai œdométrique).

**VI.3.1.2. Lot des ouvrages hydraulique**

- **Essais in situ :**
  - **1.Sondage carotté avec prélèvement des échantillons intacts :**

Ce type de sondage implique l'utilisation d'une carotte pour prélever des échantillons de sol à différentes profondeurs sans les perturber. L'objectif est d'obtenir des échantillons représentatifs du sol en place pour une analyse en laboratoire plus précise.

  - **2.Essai au pénétromètre statique (SPT - Standard Penetration Test) :**

Cet essai consiste à enfoncer un pénétromètre dans le sol à une profondeur donnée et à mesurer le nombre de coups nécessaires pour enfoncer la tige de pénétration sur une certaine distance. Cela fournit une indication de la résistance du sol et de sa densité relative, ce qui est crucial pour évaluer sa portance et sa compressibilité.

  - **3.Essai pressiomètre dynamique :**

L'essai pressiomètre dynamique implique l'utilisation d'un dispositif qui applique une charge dynamique sur le sol pour mesurer sa résistance et sa déformation. Cela fournit des informations sur la capacité portante du sol et son comportement sous charge dynamique.

- **Essais au laboratoire :**
  - **1.Essais d'identification :**

Ces essais visent à caractériser les propriétés physiques et mécaniques des échantillons de sol prélevés, y compris la granulométrie, les limites d'Atterberg, la teneur en eau, la densité spécifique, et le test de bleu de méthylène VBS. Ces données sont essentielles pour comprendre le comportement du sol.

  - **2.CBR (California Bearing Ratio) :**

Cet essai évalue la résistance au cisaillement d'un sol en comparant la capacité portante d'un échantillon de sol à celle d'un matériau standard (généralement le gravier concassé de Californie). Il est largement utilisé dans la conception des chaussées et des fondations.

- **3.Analyses chimiques :**

Ces analyses visent à déterminer la composition chimique du sol, notamment la présence de sulfates et de carbonates, ce qui peut avoir un impact sur sa stabilité et sa réactivité chimique.

- **4.Essais œdométriques** :

Ces essais mesurent la compressibilité du sol en soumettant des échantillons à des charges verticales progressives dans des dispositifs appelés œdomètres. Cela permet d'évaluer le tassement potentiel du sol sous charge.

- **5.Essais de cisaillement rectiligne** :

Ces essais évaluent la résistance au cisaillement du sol en appliquant une force horizontale constante sur un échantillon de sol et en mesurant la contrainte et la déformation résultantes. Cela permet de déterminer les paramètres de résistance au cisaillement du sol, ce qui est crucial pour la conception des fondations et des ouvrages de génie civil.

Tableau 16 : Programme géotechnique

| Type | PK | Essai In situ | Prof (m) | Piézomètre | SPT |
|---|---|---|---|---|---|
| OH+ Plate-forme | PK 95+ 400 | Puit 01 | 4.00 | - | - |
| OH | PK 95+ 400 | Pénétromètre Dynamique1 | Refus | - | - |
| Déblai | PK 97+ 812 | Puit 02 | 3.60 | - | - |
| Remblai | PK 98+ 900 | Pénétromètre Dynamique2 | Refus | - | - |
| Remblai | PK 99+ 069 | F18 | 15,00 | Vide | 5 |
| Remblai | PK 99+ 170 | Sondages pressiométriques1 | 15,00 | - | - |
| Remblai | PK 99+ 170 | Sondages carottés1 | 15,00 | 15,00 | 3 |
| Remblai | PK 101+ 422 | Sondages carottés2 | 15,00 | 15,00 | 3 |
| OA | PK 102+ 853 | F19 | 20,00 | - | 7 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Remblai** | **PK 102+ 853** | **Sondages pressiométriques2** | 20,00 | Vide | - |
| **OH** | **PK 103+ 142** | **Puit 03** | 3.80 | - | - |
| **Remblai** | **PK 103+ 142** | **Pénétromètre Dynamique3** | Refus | - | - |
| **Déblai** | **PK 103+ 490** | **Puit 04** | 4.15 | - | - |
| **Remblai + OH** | **PK 105+ 304** | **Puit 05** | 3.70 | - | - |
| **Remblai + OH** | **PK 105+ 304** | **Pénétromètre Dynamique4** | Refus | - | - |
| **Remblai** | **PK 105+ 425** | **Sondages pressiométriques3** | 15,00 | - | - |
| **Remblai** | **PK 105+ 425** | **Sondages carottés3** | 15,00 | 15,00 | 3 |
| **OH** | **PK 105+ 590** | **Sondages pressiométriques4** | 20,00 | Vide | - |
| **Remblai** | **PK 106+ 035** | **Sondages carottés4** | 15,00 | 15,00 | 3 |
| **Remblai** | **PK 106+ 242** | **Sondages pressiométriques5** | 15,00 | - | - |
| **Remblai** | **PK 106+ 242** | **Sondages carottés5** | 15,00 | 15,00 | 3 |
| **Plate-forme + OH** | **PK 107+ 320** | **Puit 06** | 3.65 | - | - |

Tableau 17 : Programme géotechnique

### VI.3.2. Organisation et Travaux de Reconnaissance Géotechnique

La section concernant l'organisation et les travaux de reconnaissance géotechnique expose en détail la planification des activités menées lors de la campagne géotechnique. Cette démarche englobe la reconnaissance de surface, les puits de reconnaissance, les essais de pénétration dynamique et les sondages mécaniques, notamment :

- 05 sondages carottés d'une profondeur variant entre 10 et 20 mètres.
- 05 sondages pressiométriques.
- 04 essais de pénétromètre dynamique lourd.
- 06 puits de reconnaissance excavés jusqu'à une profondeur de 4 mètres.

Des essais en laboratoire sont également prévus, notamment la reconnaissance de surface, les puits de reconnaissance, les essais de pénétration dynamique, les sondages mécaniques, ainsi que des essais sur les échantillons prélevés lors des puits et des sondages.

### VI.3.3. Essais in situ

Les essais in situ, tels que les sondages pressiométriques, ont pour objectif principal de caractériser les propriétés des sols directement sur le site où ils seront utilisés. Contrairement aux essais en laboratoire qui se déroulent dans des conditions contrôlées, les essais in situ fournissent des données sur le comportement réel du sol dans son environnement naturel.

Le but des essais in situ est de collecter des informations précises sur les propriétés géotechniques des sols, telles que leur capacité portante, leur compressibilité, leur résistance au cisaillement, leur perméabilité, etc. Ces données sont essentielles pour concevoir des fondations, des ouvrages de soutènement, des infrastructures de transport, des projets de génie civil.

#### VI.3.3.1. Les puits de reconnaissance

Les puits de reconnaissance creusés (PU) sont des ouvertures excavées dans le sol à des profondeurs spécifiques dans le but d'explorer et d'analyser les caractéristiques géologiques, géotechniques ou hydrologiques du sous-sol. Ces puits permettent de collecter des échantillons de sol et d'effectuer des observations directes pour évaluer la composition, la structure et la stabilité du terrain.

Tableau 18 : Les résultats des puits

| Type | Puit | PK | Prof (m) |
|---|---|---|---|
| OH+ Plate-forme | PU-01 | PK 95+ 400 | 0.30-2.50 |
| Déblai | PU-02 | PK 97+ 812 | 0.25-1.75 |
| OH | PU-03 | PK103+142 | 0.50-2.30 |
| Déblai | PU-04 | PK 103+490 | 0.25-1.75 |
| Remblai + OH | PU-05 | PK 105+304 | 0.70-2.20 |
| Plate-forme +OH | PU-06 | PK 107+320 | 0.45-2.10 |

#### VI.3.3.2. Les sondages carottés

Les sondages carottés sont des techniques d'exploration du sous-sol utilisées pour collecter des échantillons de sol à différentes profondeurs. Ils impliquent l'utilisation d'une tarière ou d'un tube creux appelé carotteur, qui est enfoncé dans le sol pour prélever des échantillons cylindriques de terrain. Ces échantillons sont ensuite remontés à la surface pour analyse.

Tableau 19 : Sondage carotte

| Type | Sondage | PK | Profondeur (m) |
|---|---|---|---|
| OH | SC-01 | PK 99+ 170 | 4,80 - 5,25 |
| | | | 9,60 - 10,05 |
| P-F | SC-02 | PK 99+ 170 | 5,40 - 5,85 |
| | | | 9,75 - 10,20 |
| P-F | SC-03 | PK 105+ 425 | 4,80 - 5,25 |
| | | | 10,00 - 10,10 |
| P-F | SC-04 | PK 106+ 035 | 5,00 - 5,45 |
| | | | 9,80 - 10,25 |
| P-F | SC-05 | PK 106+ 242 | 5,00 - 5,10 |

### VI.3.3.3. Les sondages pré

Les sondages pressiométriques sont des tests géotechniques utilisés pour évaluer les propriétés mécaniques et géotechniques des sols. Ils consistent à enfoncer progressivement un pieu dans le sol tout en mesurant la résistance qu'oppose le sol à cette pénétration. Ces mesures permettent de déterminer des paramètres importants tels que la capacité portante du sol, sa compressibilité, sa résistance au cisaillement.

Tableau 20 : Sondage pre

| SP | pk | E (bar) | | Pl (bar) | | E/Pl (bar) | | E/Pl bar | $\overline{Ep}$ (bars) | $\overline{Pl}$ (bars) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Min | Max | Min | Max | Min | Max | | | |
| SP52 | PK 43+ 500 | 231,72 | 593,83 | 16,04 | 21,36 | 13,36 | 29,47 | 19,36 | 352,57 | 18,52 |
| SP53 | PK 60+ 450 | 1158,62 | 1465,76 | 30,73 | 67,06 | 19,02 | 38,42 | 22,97 | 1264,50 | 52,08 |
| SP54 | PK 99+ 170 | 72,42 | 1242,64 | 5,57 | 45,54 | 9,98 | 27,29 | 14,30 | 221,43 | 16,70 |
| SP55 | PK 105+ 425 | 188,66 | 1018,52 | 34,88 | 52,2 | 4,68 | 21,21 | 10,55 | 433,88 | 42,85 |
| SP56 | PK 106+ 242 | 76,51 | 1102,03 | 7,38 | 65,54 | 10,37 | 22,53 | 13,56 | 218,14 | 18,15 |

### VI.3.3.4. Spt

Les données du SPT, combinées à des informations sur la géologie locale, permettent de caractériser les différentes couches de sol en termes de résistance et de compacité. Ces données sont essentielles pour la conception des fondations, l'évaluation de la stabilité des pentes, la

conception des remblais, et d'autres aspects liés à l'ingénierie géotechnique. En résumé, le SPT fournit des informations cruciales sur les propriétés mécaniques des sols, ce qui aide les ingénieurs à prendre des décisions éclairées lors de la conception et de la construction

Tableau 21 : SPT

| N° Forage | Profondeur (m) | n1 | n2 | n3 | Nspt | Observation |
|---|---|---|---|---|---|---|
| F-18-TDO | 3.00 – 3.45 | 31 | 38 | 27 | 65 | Très dense |
| | 6.00 – 6.45 | 12 | 13 | 15 | 28 | Moyennement dense |
| | | | | | | |
| | 9.00 – 9.45 | 13 | 15 | 17 | 32 | Dense |
| | 12.00 – 12.45 | 12 | 15 | 18 | 33 | |
| | 15.00 – 15.45 | 14 | 18 | 23 | 41 | |
| F-19-TDO | 3.00 – 3.45 | 7 | 11 | 21 | 32 | |
| | 6.00 – 6.45 | 13 | 21 | 30 | 51 | Très dense |
| | 9.00 – 9.45 | 9 | 14 | 19 | 33 | Dense |
| | 12.00 – 12.45 | 18 | 27 | 33 | 60 | Très dense |
| | 15.00 – 15.45 | 18 | 29 | 35 | 64 | |
| | 18.00 – 18.45 | 17 | 24 | 33 | 57 | |
| | 20.00 – 20.45 | 19 | 30 | 37 | 67 | |

### VI.3.4. Analyse du laboratoire

#### VI.3.4.1. Résultats des essais au laboratoire du sondages carottés et du SPT

Les résultats des essais au laboratoire sur les échantillons prélevés lors de sondages carottés et du Standard Pénétration Test (SPT) fournissent des informations précieuses sur les propriétés mécaniques et physiques des sols. Voici les résultats typiques obtenus à partir de ces essais :

Tableau 22 : Résultats des essais au laboratoire du sondages carottés et du SPT

Tableau 23 : Résultat des puits

#### VI.3.4.2. Résultats des essais au laboratoire du puits de reconnaissance

| Puits | PK | Nature lithologique | Analyses granulométriques | | | VBS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 50mm | <2 mm | < 80µm | |
| | | | (%) | (%) | (%) | g/cm3 |
| PU-01 | PK 95+ 400 | Sable Argileux Marneux Brunâtre à Rougeâtreavec Présence des Taches Blanchâtres | / | 98 | 36 | 1.00 |
| PU-02 | PK 103+142 | Dépôt Alluvionnaire Constitué de Tuf, Sable Brunâtre, gravier, Caillaux, galets et Blocs Centimétriques de Calcaire | / | 92 | 61 | 1.00 |
| PU-03 | PK 103+490 | Dépôt Alluvionnaire Constitué de Tuf Blanchâtre,sable grossier, gravier, galets et des blocs Centimétriques de Calcaire | 99 | 64 | 39 | 1.46 |
| PU-04 | PK 105+304 | Dépôt Alluvionnaire Constitué de Sable grossier, gravier, galets, Caillaux et blocs de Calcaire | 84 | 56 | 40 | / |
| PU-05 | PK 107+320 | Sable Argileux Marneux Brunâtre Avec Présencedes Taches Blanchâtres et des blocs de Calcaire | 95 | 78 | 22 | 0.66 |
| PU-06 | PK 103+142 | Dépôt Alluvionnaire Constitué de Tuf, Sable Brunâtre, gravier, Caillaux, galets et Blocs Centimétriques de Calcaire | / | 95 | 50 | 2.66 |

Les résultats des essais au laboratoire sur les échantillons prélevés lors de puits de reconnaissance fournissent également des informations importantes sur les propriétés des sols. Voici quelques-uns des résultats typiques obtenus à partir de ces essais, tels que les Limites d'Atterberg, les essais Proctor normal, les analyses granulométriques et les essais VBS :

Tableau 24 : Résultats des essais au laboratoire du puits de reconnaissance

| Puits | PK | Limites d'Atterberg | | | Proctor normal | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | wL | wP | IP | γd max | Wopt |
| | | (%) | (%) | (%) | T/m3 | (%) |
| PU-01 | PK 95+ 400 | 26.71 | 13.23 | 13.48 | 1.92 | 11 |
| PU-02 | PK 103+142 | 38.07 | 19.05 | 19.02 | 1.86 | 7 |
| PU-03 | PK 103+490 | 24.99 | 12.40 | 12.59 | 2.03 | 9,20 |
| PU-04 | PK 105+304 | 26.83 | 13.66 | 13.17 | 2.014 | 9,40 |
| PU-05 | PK 107+320 | 13.72 | 7.10 | 6.62 | 2.09 | 7,50 |
| PU-06 | PK 103+142 | 37.23 | 18.73 | 18.50 | 1.88 | 9.0 |

### VI.3.5. Interprétation des résultats

Cette étape est une étape cruciale dans l'analyse des propriétés des sols et dans la prise de décision en ingénierie géotechnique. Cette phase implique la compréhension approfondie des données obtenues à partir des essais in situ et en laboratoire, ainsi que leur mise en contexte par rapport aux conditions du site et aux exigences du projet. Elle permet d'évaluer la faisabilité technique, la sécurité et la durabilité des infrastructures projetées, et guide la conception et la construction en identifiant les mesures nécessaires pour répondre aux défis spécifiques du site et atteindre les objectifs du projet.

## VI.4. APPLICATIONS AU PROJET

Tenant compte de l'essai in situ PU **- 01**, **95+ 400**,

Classifications selon GTR :

Dmax = 40mm ≤ 50mm }

tamisat à 80□m = 64% > 35%} ⇨ donc **class** (**A**) **Sols fins**

IP (%) = 13,48 ⇨ 12 < IP < 25 ⇨ Sous classe A2, Sables fins, argileux , argile et marnes peu plastiques.

Classification selon UIC :

Le pourcentage des fines est égal à 64 % ⇨ Sols comportant plus de 40 % de fines

⇨ Alors le sol est de classe QS1 (Sols médiocres).

Tableau 25 : Classification selon UIC et GTR

| Puits | PK | Classification | |
|---|---|---|---|
| | | GTR | UIC |
| **PU-01** | **PK 95+ 400** | A2m | Qs1 |
| **PU-02** | **PK 103+142** | A2m | Qs1 |
| **PU-03** | **PK 103+490** | C1A2 | Qs2 |
| **PU-04** | **PK 105+304** | C1A2 | Qs2 |
| **PU-05** | **PK 107+320** | C1B5 | Qs2 |
| **PU-06** | **PK 103+142** | A2 | Qs1 |

## VI.5. CONCLUSION

Après avoir interprété les résultats des tests géotechniques et analysé les propriétés des sols, une conclusion solide peut être tirée quant à la nature et au comportement du sol sur le site d'intérêt. Cette conclusion fournit une base essentielle pour la conception et la construction des infrastructures. En outre, une classification appropriée du sol est établie, ce qui permet de mieux comprendre ses caractéristiques et de prendre des décisions éclairées tout au long du processus de développement du projet.

En conclusion, l'interprétation des résultats des tests géotechniques et la classification du sol fournissent des informations essentielles qui guident efficacement la conception et la construction des infrastructures, tout en assurant la sécurité, la durabilité et la performance à long terme des projets d'ingénierie.

# CHAPITRES 07 :
# ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

## VI.5. INTRODUCTION

La prise en compte de l'hydraulique est cruciale pour garantir la sécurité et la durabilité des infrastructures ferroviaires. Dans le cadre du dédoublement et de la rectification de la ligne minière entre les villes de Tenoukla et Djebel El Onk, spécifiquement entre les PK 95+000 et PK 107+737, ce chapitre examine les différentes étapes de l'étude hydraulique. Cette étude inclut la détermination des débits de crue le long du tracé afin de prévenir les inondations potentielles et de planifier les aménagements hydrauliques de protection les plus appropriés.

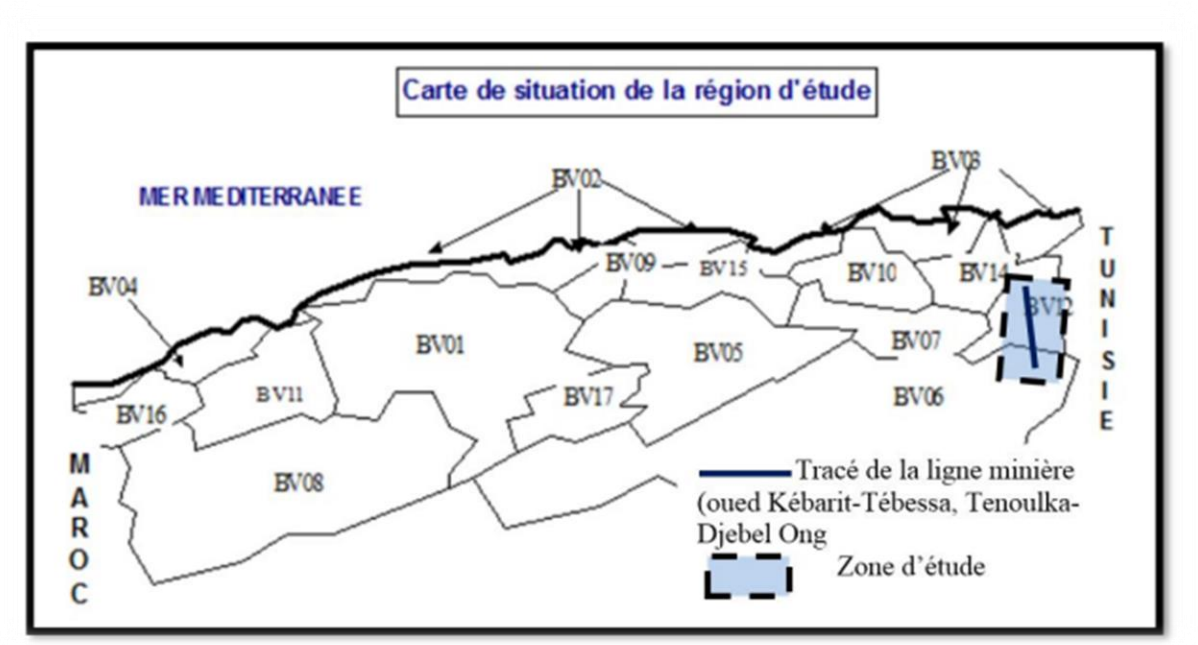



Figure 15 : Situation du tracé de la ligne minière, tronçon et Tenoulka-Djebel Ong sur la carte des grands bassins versants de l'Algérie.

## VI.6. VII.2. ÉTUDE HYDROLOGIQUE

L'étude hydrologique permet de déterminer les caractéristiques des cours d'eau traversés par le tracé ferroviaire.

La région d'étude se situe à l'extrême Est algérien, sur le territoire de la wilaya de Souk Ahras et de Tébessa. Elle est limitée au Nord par Annaba, à l'Ouest par Guelma, Constantine, Oum El Bouaghi, khenchela, les massifs d'Aures et les monts de Nemamcha, à l'Est par la frontière algéro-tunisienne et au Sud par le Chott Melrhir

Du point de vue hydrologique, le tracé de ligne ferroviaire pour les deux tronçons traverse respectivement les deux grands bassins versants de l'oued Mellègue et le Chott Melghir

### VI.6.1. Caractéristiques morphologiques des bassins versants

L'évaluation des caractéristiques des bassins versants implique la détermination des facteurs qui sont nécessaires pour estimer les débits de crue. Les paramètres physiques peuvent être calculés avec une précision adéquate et sans trop de difficulté.

- La Délimitation des lignes de partage des eaux est faite sur les cartes d'état-major au 1/50 000.
- Les caractéristiques des paramètres de bassins versants des Oueds traversant la voie ferrée sont données par le tableau récapitulatif si dessous :

Avec :

- S (km2 ) : Surface.
- P (km) : Périmètre
- L (km) : Longueur du cours d'eau principal
- Kc : Indice de compacité
- TC (h) : Temps de concentration en heures
- Hmax(m) : Altitude max
- Hmin(m) : Altitude min
- Hmoy(m) : Altitude moyenne
- P (%) : pente du talweg principal en %.
- C : coefficient de ruissellement

Tableau 26 : Caractéristiques morphologiques des bassins versants

| BV | PK | S(km$^2$) | P(km) | L(km) | Kc | Hmax (km) | Hmin (Km) | Hmoy (Km) | Dh (m) | I (m/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 100+850 | 0.9 | 4.2 | 1.5 | 1.2 | 885 | 860 | 873 | 25 | 0.017 |
| 2 | 101+450 | 0.8 | 4 | 1 | 1.3 | 878 | 857 | 867 | 21 | 0.022 |
| 3 | 102+910 | 15 | 22.1 | 12.4 | 1.6 | 1115 | 844 | 979 | 271 | 0.022 |
| 4 | 103+160 | 4.9 | 9.1 | 5.3 | 0.1 | 1025 | 843 | 934 | 182 | 0.034 |
| 5 | 103+550 | 0 | 0.9 | 0.3 | 1.4 | 855 | 844 | 849 | 11 | 0.045 |
| 6 | 104+150 | 0.2 | 1.9 | 0.6 | 1.2 | 879 | 843 | 861 | 36 | 0.063 |
| 7 | 104+440 | 0.1 | 1.5 | 0.5 | 1 .5 | 870 | 837 | 854 | 33 | 0.064 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 104+510 | 0.1 | 1.2 | 0.5 | 1.4 | 974 | 837 | 855 | 137 | 0.08 |
| 9 | 104+580 | 0.1 | 1.3 | 0.5 | 1.3 | 880 | 836 | 858 | 44 | 0.094 |
| 10 | 104+635 | 0.1 | 1.5 | 0.4 | 1.5 | 874 | 836 | 855 | 38 | 0.102 |
| 11 | 105+095 | 0.3 | 2.7 | 0.9 | 1.5 | 910 | 830 | 870 | 80 | 0.089 |
| 12 | 105+033 | 0.3 | 2.1 | 0.6 | 1.2 | 880 | 830 | 855 | 50 | 0.079 |
| 13 | 105+550 | 2.6 | 9.3 | 4.5 | 1.6 | 1110 | 824 | 967 | 286 | 0.063 |
| 14 | 106+270 | 0.4 | 3 | 1.1 | 1.3 | 940 | 820 | 880 | 120 | 0.112 |
| 15 | 106+730 | 0.4 | 3.1 | 1.2 | 1.4 | 970 | 820 | 895 | 150 | 0.123 |
| 16 | 107+015 | 0.7 | 3.3 | 1.2 | 1.1 | 950 | 810 | 880 | 140 | 0.117 |
| 17 | 107+355 | 0.5 | 3.3 | 1.3 | 1.3 | 940 | 810 | 875 | 130 | 0.096 |
| 18 | 107+680 | 0.4 | 2.5 | 0.9 | 1.2 | 860 | 822 | 841 | 38 | 0.044 |

### VI.6.2. Caractéristiques climatiques et pluviométriques

#### VI.6.2.1. Température

La région de l'étude est caractérisée par un climat méditerrané avec un été chaud et un hiver froid avec des températures moyennes annuelles de l'ordre de 15.93°C pour Tébessa, pour la période entre 1980 et 2010.

Tableau 27 : Température moyenne mensuelle entre 1980-2022

| Température (C°) | Janv. | Fév. | Mars | Avril | Mai | Juin | juillet | Aout | Sep | Oct. | Nov. | Déc. | Moy |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tébessa | 7.1 | 7.3 | 10.7 | 15.03 | 18.8 | 24.2 | 27.9 | 26.7 | 22.6 | 17.9 | 12 | 7.9 | 16.5 |

#### VI.6.2.2. Humidité (les zones bioclimatiques)

La combinaison des précipitations et des températures révèle le climat méditerranéen dominant dans l'Est algérien, avec une saison froide et humide s'opposant à une saison chaude et sèche, cette dernière devenant plus intense vers le Sud jusqu'à devenir aride toute l'année. Cette combinaison de facteurs climatiques permet de définir différents types de bioclimats, chaque lieu ayant le sien.

Un climagramme, utilisant le quotient pluviothermique d'Emberger (Q) en fonction de la moyenne des températures minimales du mois le plus froid (m), permet de délimiter les quatre principaux types de bioclimats méditerranéens :

- Humide (pluviométrie annuelle P supérieure à 900 mm) ;
- Forte humidité de l'air,

- subhumide (P > 600 mm environ) ;
- Semi-aride (300-350 < P < 550-600 mm, net déficit hydrique) ;
- Subaride (P < 350 mm, nombre de mois secs > nombre mois humides) ;
- Aride (P < 150 mm, 12 mois biologiquement secs).

La carte au 1/ 1000 000 de Côte. M. (1998), réalisée suivant ce principe est corroborée à la connaissance des milieux naturels et particulièrement, des groupements végétaux, est illustrative : brutalité des contrastes et disposition en bandes zonales longitudinales rappellent celles du relief et des précipitations. D'après cette carte la zone d'étude est caractérisée par un climat aride (entre Tenoulka et Djebel Onk)

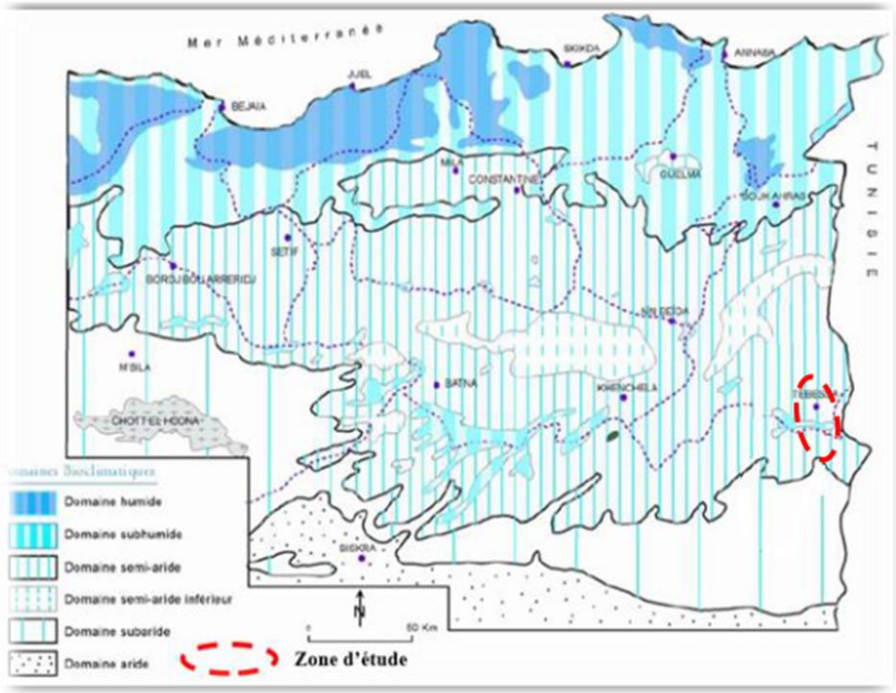



Figure 16 : Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien

### VI.6.2.3. Les précipitations

Les données pour la région étudiée ont été collectées auprès de l'Agence Nationale des Ressources en Eau (A.N.R.H) et de l'Office National de la Météorologie (O.N.M). Ces données journalières ont permis de reconstituer les valeurs des pluies annuelles. Les stations pluviométriques choisies à partir du réseau hydro climatologique sont les suivantes :

Tableau 28 : Précipitation

| Station | X (Km) | Y (Km) | Z (Km) |
|---|---|---|---|
| **Tébessa** | **991.9** | **247 .2** | 890 |

### VI.6.2.4. Pluies annuelles

L'ajustement des pluies annuelles à une loi normale montre que les distributions statistiques dans notre région sont nettement symétriques. Le tableau ci-dessous présente les pluies annuelles enregistrées dans différentes stations pour plusieurs fréquences de retour

Tableau 29 : Pluies annuelles

| **Période de retour (ans)** | **10** | **20** | **50** | **100** |
|---|---|---|---|---|
| **Fréquence** | **0.9** | **0,95** | **0.98** | **0.99** |
| **Tébessa (mm)** | **496** | **560** | **642** | **704** |

### VI.6.2.5. Précipitations Journalières

Pour se protéger contre les dégâts des eaux, il est essentiel de considérer les pluies journalières maximales. En Algérie, ces précipitations extrêmes suivent une loi de Gumbel, une distribution utilisée pour modéliser les événements rares

Tableau 30 : Pluies maximales journalières pour chaque fréquence (mm)

| **Période de retour (ans)** | **10** | **20** | **50** | **100** |
|---|---|---|---|---|
| **Fréquence** | ***0.9*** | ***0,95*** | ***0.98*** | ***0.99*** |
| **Tébessa (mm)** | ***55.49*** | ***63.9*** | ***74.78*** | ***82.93*** |

## VI.7. CALCUL HYDRAULIQUE

### VI.7.1. Le temps de concentration

Est une mesure utilisée en hydrologie pour décrire la durée moyenne nécessaire à une goutte d'eau pour se déplacer du point le plus éloigné ou le plus élevé d'un bassin versant jusqu'à son point de sortie, généralement l'exutoire. Il représente le temps écoulé depuis le début des précipitations jusqu'à ce que toute la zone du bassin contribue au débit, atteignant ainsi son débit maximal

Des méthodes simplifiées peuvent être utilisées pour estimer le temps de concentration sur des bassins versants :

### VI.7.1.1. Formule de Ventura (S < 5 Km²)

- Tc : Temps de concentration en heure.
- S : Surface du bassin versant en km².
- I : Pente moyenne du bassin versant en (m/m)

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

### VI.7.1.2. Formule de Passini (5Km²<S<25Km²)

$$T_c = 0.11 * \frac{\sqrt[3]{S*L}}{\sqrt{I}}$$

- Tc : temps de concentration (heures)
- L : longueur du talweg (km).
- P : Pente moyenne du bassin versant en (m/m).
- S : Surface du bassin (km2).

### VI.7.1.3. Formule de Giandotti (Superficie > 200 Km2 )

$$T_c = \frac{1.5L+4\sqrt{S}}{0.8\sqrt{H}}$$

- L : Longueur du cours d'eau principal en km
- S : Surface du bassin versant en km²
- h =hmoy -h min

### VI.7.2. Calcul de l'intensité de pluie

La relation Intensité - Durée - Fréquence recherchée est la suivante :

I = A × Tc^b

- I : Intensité de la pluie (mm/h).
- Tc : Temps de concentration.
- A et b : Paramètres climatiques

Nous avons sélectionné la station pluviographique de Tébessa pour obtenir les données pluviométriques de notre région d'étude. Cette station a été choisie car elle est la plus proche de notre zone d'étude et offre une représentation précise des précipitations dans cette région.

Tableau 31 : Paramètres a et b des Courbes IDF pour la région de l'étude

| **Période de retour** | **$I = A \times Tc^b$** | |
|---|---|---|
| | A | b |
| **2** | 13.9 | -0.76 |
| **5** | 20 | -0.76 |
| **10** | 25.4 | -0.76 |
| **20** | 29.8 | -0.76 |
| **50** | 35.5 | -0.76 |
| **100** | 39.7 | -0.76 |

### VI.7.3. Calcul du débit maximal dans les bassins (les débits de crue)

Le calcul des débits de pointe de crue pour des événements rares comme ceux ayant une période de retour de 10, 20, 50 ou 100 ans est crucial pour évaluer les risques d'inondations. Pour les bassins versants de taille inférieure à 25 km², cette évaluation se fait à l'aide de la méthode rationnelle, qui utilise des données pluviométriques pour estimer les débits maximaux. Cette méthode est essentielle dans la planification des infrastructures de gestion des eaux pour minimiser les dommages causés par les crues et protéger efficacement les personnes et les biens contre ces événements hydrologiques destructeurs.

#### VI.7.3.1. La méthode rationnelle

La méthode rationnelle a comme principe fondamental le fait que la pluie génératrice de crues est celle de durée égale au temps de concentration. Le débit de pointe d'un bassin versant est calculé par la relation suivante :

$$\boldsymbol{Qmax = 0.2778 \times Cr \times I \times A}$$

Avec :

- $Q_A$: Débit de crue de fréquence déterminée en m3 /s.
- $C_r$ : 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) est un paramètre essentiel en hydrologie et en gestion des ressources en eau, car il indique la proportion des eaux de pluie qui s'écoulent en surface par rapport à la quantité totale de précipitations. Ce coefficient varie en fonction de plusieurs facteurs, parmi lesquels :

- La nature du sol
- L'état de végétalisation
- La pente (P) de l'isohypse

Pour déterminer le coefficient de ruissellement, nous avons choisi la méthode de KENESSEY.

$$C_r = C1 + C2 + C3$$

- **Coefficient C1 : dépendant de la pente du court d'eau principale**
  - - De 0.01 - 0.05 : Pente < 3.5 % ;
  - - De 0.06 - 0.1 : 3.5 % < Pente < 11 % ;
  - - De 0.12 - 0.2 : 11 % < Pente < 35% ;
  - - De 0.22 - 0.3 : Pente >35 %.
- **- Coefficient C2 : dépendant de la nature du sol (perméabilité)**
  - - De 0.22 – 0.3 pour les terrains imperméables ;
  - - De 0.1 – 0.2 : pour les terrains pas assez perméables ;
  - - De 0.06 – 0.1 pour les terrains perméables ;
  - - De 0.06 – 0.05 pour les terrains très perméables.
- **- Coefficient C3 : dépendant de la couverture végétale du bassin versant.**
  - - De 0.22 – 0.3 pour les terrains rocheux ;
  - - De 0.17 – 0.25 pour les Pré ;
  - - De 0.07 – 0.15 pour les champs labour ;
  - - De 0.03 – 0.05 pour les forêts et les sols sableux.

Pour notre projet la couverture végétale est de type Pâturage et la plupart des terrains est limoneux donc le coefficient de ruissellement varie entre les valeurs 0.3, 0.36 et 0.42.

Tableau 32 : Résultats de calcul des débits par la méthode rationnelle

| BV | S(km²) | $C_r$ | Tc(h) | A | B | I100 (mm/h) | Q100 ($m^3/s$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 0.9 | 0.3 | 0.93 | 39.7 | -0.76 | 41.95 | 4.20 |
| **2** | 0.8 | 0.3 | 0.77 | 39.7 | -0.76 | 48.42 | 4.28 |
| **3** | 15 | 0.3 | 4.26 | 39.7 | -0.76 | 13.19 | 21.12 |
| **4** | 4.9 | 0.3 | 1.52 | 39.7 | -0.76 | 28.87 | 15.56 |
| **5** | 0 | 0.3 | 0.11 | 39.7 | -0.76 | 212.48 | 0.82 |
| **6** | 0.2 | 0.36 | 0.22 | 39.7 | -0.76 | 125.47 | 3.15 |
| **7** | 0.1 | 0.36 | 0.14 | 39.7 | -0.76 | 176.9 | 2.15 |
| **8** | 0.1 | 0.36 | 0.11 | 39.7 | -0.76 | 212.48 | 2.25 |
| **9** | 0.1 | 0.36 | 0.11 | 39.7 | -0.76 | 212.48 | 2.41 |
| **10** | 0.1 | 0.42 | 0.11 | 39.7 | -0.76 | 212.48 | 2.48 |
| **11** | 0.3 | 0.36 | 0.21 | 39.7 | -0.76 | 129.98 | 4.7 |
| **12** | 0.3 | 0.36 | 0.24 | 39.7 | -0.76 | 117.44 | 4.59 |
| **13** | 2.6 | 0.36 | 0.81 | 39.7 | -0.76 | 46.59 | 15.22 |
| **14** | 0.4 | 0.42 | 0.25 | 39.7 | -0.76 | 113.85 | 7.42 |
| **15** | 0.4 | 0.42 | 0.23 | 39.7 | -0.76 | 121.3 | 3.2 |
| **16** | 0.7 | 0.42 | 0.3 | 39.7 | -0.76 | 99.12 | 10.69 |
| **17** | 0.5 | 0.36 | 0.29 | 39.7 | -0.76 | 101.71 | 6.71 |
| **18** | 0.4 | 0.3 | 0.36 | 39.7 | -0.76 | 86.29 | 6.71 |

## VI.8. CALCUL HYDRAULIQUE ET DIMENSIONNEMENT

### VI.8.1. Méthode de MANNING STRICKEL

Les écoulements d'eau de surface bloqués par les installations ferroviaires seront rétablis grâce à la construction d'infrastructures hydrauliques adaptées, réalisées selon des normes de qualité rigoureuses. Ces ouvrages seront conçus pour gérer des événements pluvieux exceptionnels qui se produisent statistiquement une fois tous les cent ans.

Le calcul du débit de saturation est déterminé par la formule de Manning Strickler

$$\mathbf{Qs=V.Su} \text{ et } \mathbf{V=K_s.\ J^{1/2}.\ Rh^{2/3}}$$

- **$K_s$** : coefficient de rugosité ;
- **I** : pente longitudinale de l'ouvrage (m/m) ;
- **$R_h$** : rayon hydraulique = $\frac{section\ mouillée}{périmètre\ mouillé}$ ;
- **Su** : section utile de l'ouvrage b x Hu (m²) ;
- **b** : largeur de l'ouvrage (m) ;
- **Hu** : hauteur utile (m) ;

Tableau 33 : Coefficient de rugosité

| Nature de l'ouvrage | Béton (dalot) | Béton (buse préfabriquée) |
|---|---|---|
| Ks | 70 | 70 |

Pour le dalot : - Ht ≤ 2.5 m : Hu =80% la hauteur totale ;

- Ht > 2.5 m : Hu = Ht-0.5.

Pour une buse : - Hu=0.75Ø si Ø ≤ 1m ;

- Hu=0. 5 Ø si Ø > 1m.

### VI.8.2. Vérification des conditions d'auto-curage

L'auto-curage fait référence à la capacité d'un système de drainage à transporter des particulessolides. Ainsi, pour assurer un bon auto-curage, il est nécessaire que la capacité de transport des particules solides soit suffisante pour empêcher leur sédimentation et leur dépôt.

Afin de vérifier ces conditions, les critères suivants doivent être pris en compte :

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

### VI.8.3. Application de projet

- **Calcul pour BV1 (Buse Ø1500 mm) :**
  - Vps=Qps/Sm=4/1.76=2.27m/s<4 m/s
  - Pour Qa/ Qps = 0.1 on a V/ Vps = 0.638 → V = Vps × 0.638 = 1.76 × 0.638 = 1.44m/s > 0.6 m/s
  - Pour Qa /Qps = 0.01 on a V/ Vps = 0.315 → V = Vps × 0.315 = 1.76× 0.315 = 0.55m/ s > 0.3 m/s

- **Prédimensionnement du dalot :**
  - Vérification d'un dalot au PK100+850 :
  - • Notre dalot représente les caractéristiques suivantes :
  - B (largeur nette du cadre) =3m
  - - H (hauteur nette) = 3m
  - - Hr = 0.80 H :la hauteur de remplissage (m)
  - - Ks = 70 et I=0.001%
  - Le rayon hydraulique : $R_h$=0.92

- **Vérification de la condition d'auto curage :**
  - Vps=15.9/7.2=2.12 m/s<4 m/s
  - Pour Qa/ Qps = 0.1 on a V/ Vps = 0.638 → V = Vps × 0.638 = 2.12 × 0.638 = 1.35 m/s > 0.6 m/s
  - Pour Qa /Qps = 0.01 on a V/ Vps = 0.315 → V = Vps × 0.315 = 2.12× 0.315 = 0.66 m/ s > 0.3 m/s

Tableau 34 : Liste globale des ouvrages à projeter

| N BV | PK | Q100 ($m^3/s$) | **Ouvrages Prévus** | Pm (m) | Sm ($m^2$) | Rh | Kst | I (m/m) | Qs ($m^3/s$) | V (m/s) | Si Q=0.1Qp alors V > 0.6m/s | Si Q=0.01Qp alors V > 0.3m/s |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 100+850 | 4.2 | **1 Dalot B=3 m, H= 3m** | 7.8 | 7,2 | 0.92 | 70 | 0.001 | **15.9** | 2.12 | 1.35 | 0.66 |
| 2 | 101+450 | 4.28 | **1 Dalot B=3 m, H= 3m** | 7.8 | 7,2 | 0.92 | 70 | 0.001 | **15.9** | 2.12 | 1.35 | 0.66 |
| 3 | 102+910 | 21.12 | **1 Dalot B=3 m, H= 3m** | 7.8 | 7,2 | 0.92 | 70 | 0.003 | **27.54** | 3.67 | 2.34 | 1.15 |
| 4 | 103+160 | 15.56 | **1 Dalot B=4 m, H= 3m** | 8.8 | 9.6 | 1.09 | 70 | 0.002 | **33.58** | 3.36 | 2.21 | 1.09 |
| 5 | 103+550 | 0.82 | **1 Dalot B=3 m, H= 3m** | 7.8 | 7,2 | 0.92 | 70 | 0.001 | **23.75** | 2.37 | 2.02 | 0.99 |
| 6 | 104+150 | 3.15 | **2 Buse Ø 1500 mm** | 0.66 | 1.76 | 0.375 | 70 | 0.005 | **10.64** | 1.13 | 1.44 | 0.55 |
| 7 | 104+440 | 2.15 | **1 Buse Ø 1500 mm** | 0.66 | 1.76 | 0.375 | 70 | 0.005 | **5.32** | 1.13 | 1.44 | 0.55 |
| 8 | 104+510 | 2.25 | **1 Buse Ø 1500 mm** | 0.66 | 1.76 | 0.375 | 70 | 0.005 | **5.32** | 1.13 | 1.44 | 0.55 |
| 9 | 104+580 | 2.41 | **1 Buse Ø 1500 mm** | 0.66 | 1.76 | 0.375 | 70 | 0.005 | **5.32** | 1.13 | 1.44 | 0.55 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 104+635 | 2.48 | **1 Buse Ø 1500 mm** | 0.66 | 1.76 | 0.375 | 70 | 0.005 | **5.32** | 1.13 | 1.44 | 0.55 |
| 11 | 105+095 | 4.70 | **1 Buse Ø 1500 mm** | 0.66 | 1.76 | 0.375 | 70 | 0.005 | **5.32** | 1.13 | 1.44 | 0.55 |
| 12 | 105+033 | 4.59 | **1 Dalot B=4 m, H= 3m** | 8.8 | 9.6 | 1.09 | 70 | 0.001 | **23.75** | 2.37 | 1.44 | 0.71 |
| 13 | 105+550 | 15.22 | **2 Dalot B=4 m, H= 4m** | 10.4 | 12.8 | 1.23 | 70 | 0.001 | **72.79** | 2.6 | 1.08 | 0.53 |
| 14 | 106+270 | 7.42 | **1 Dalot B=2 m, H= 2m** | 5.2 | 3.2 | 0.61 | 70 | 0.005 | **11.46** | 3.58 | 2.28 | 1.12 |
| 15 | 106+730 | 3.2 | **1 Buse Ø 1500 mm** | 0.66 | 1.76 | 0.375 | 70 | 0.006 | **4** | 1.13 | 1.44 | 0.55 |
| 16 | 107+015 | 10.69 | **1 Dalot B=3 m, H= 3m** | 7.8 | 7.2 | 0.92 | 70 | 0.001 | **15.9** | 2.12 | 1.35 | 0.66 |
| 17 | 107+355 | 6.71 | **1 Dalot B=2 m, H= 2m** | 5.2 | 3.2 | 0.61 | 70 | 0.005 | **11.46** | 3.58 | 2.28 | 1.12 |
| 18 | 107+680 | 6.71 | **1 Dalot B=3 m, H= 1.5m** | 5.4 | 3.6 | 0.67 | 70 | 0.005 | **13.6** | 3.78 | 0.66 | 0.33 |

## VI.9. VII.3. OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT LONGITUDINAUX

Les dispositifs de drainage longitudinaux sont des éléments ou des installations placés le long des routes, des voies ferrées ou d'autres infrastructures afin d'assurer un drainage efficace des eaux de surface et des infiltrations. Cela contribue à préserver la stabilité et la durabilité de la voie. Pour déterminer les surfaces nécessitant un drainage, on analyse les profils en travers ainsi que les caractéristiques du terrain naturel où le projet est implanté

### VI.9.1. Dimensionnement des fossés

Pour le dimensionnement des fossés, on utilise la formule de **Manning-Strickler**:

$Qs = Ks \times Rh^{2/3} \times Sm \times I^{1/2}$

Où :

- La surface mouillée : $Sm = (b + z.h).h$
- Le périmètre mouillé : $Pm = b + 2h \,.\, \sqrt{1 + z^2}$
- Le rayon hydraulique : $Rh = Sm/Pm$ avec :
- $I$ : pente longitudinale de fossé.
- z :la pente des berges.

Les hypothèses suivantes ont été posées pour la conception :

- Les fossés en béton (préfabriqués ou coulés sur place) ont un coefficient de rugositéStrickler Ks = 70.
- La pente longitudinale des fossés en zone de déblai est la même que celle du profil enlong de la voie.
- Les fossés sont construits selon une forme trapézoïdale avec un talus présentant une pentede 3/2 (H/V).
- Le débit à évacuer est la somme des trois débits provenant de la plate-forme, des bermeset des talus : Qa = Qpf + Qb +Qt.
- Les débits sont calculés dans le scénario le plus défavorable, où il y a un remblai ou undéblai s'étendant sur une grande longueur et avec une hauteur importante.

Chaque débit est déterminé en utilisant la méthode rationnelle :

$Q= 0.278 \times C \times I \times A$

Avec :

Q= Débit de crue de fréquence déterminée en $m^3/s$

C= coefficient de ruissellement ;

I= Intensité de pluie (mm/h) :

A=Surface du bassin versant en $km^2$ considérer : (la plate-forme ;les bermes ; les talus).

### VI.9.2. Application sur notre projet

***CAS REMBLAI :**

Le cas plus défavorable :

Longueur= **1200,00 m**

Htalus= **11m**

Berme =**0.3 m**

Largeur de la plateforme=**6.8 m**

***CAS DEBLAIS :**

Le cas plus défavorable :

Longueur= **450,00 m**

Htalus= **4.6 m**

Berme = **0.3 m**

Largeur de la plateforme=**6.8**

**m**

I= Intensité de pluie (mm/h) **(20ans ; a=29.8, b= -0.76)**

- **Débit de Plateformes Qpf :**

Tableau 35 : Débit de Plateformes

| Plateforme | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Cas** | **Cr** | **P(m/m)** | **A(Km$^2$)** | **Tc(h)** | **I (mm/h)** | **Qpf (m$^3$/s)** |
| Remblais | 0.7 | 0.04 | 0.00816 | 0.057 | 262.87 | **0.417** |
| Déblais | 0.7 | 0.04 | 0.00306 | 0.035 | 380.82 | **0.226** |

- **Débit de bermes Qb :**

Tableau 36 : Débit de bermes

| BERME | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Cas** | **Cr** | **P(m/m)** | **A(Km$^2$)** | **Tc(h)** | **I (mm/h)** | **Qt (m$^3$/s)** |
| Remblais | 0.7 | 0.04 | 0.00085 | 0.018 | 631.26 | **0.104** |
| Déblais | 0.7 | 0.04 | 0.00032 | 0.011 | 917.82 | **0.057** |

- **Débit de Talus Qt :**

Tableau 37 : Débit de talus

| TALUS | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Cas** | **Cr** | **P(m/m)** | **A(Km$^2$)** | **Tc(h)** | **I (mm/h)** | **Qt (m$^3$/s)** |
| Remblais | 0.5 | 3/2 | 0.00722 | 0.0087 | 1096.93 | **1.1** |
| Déblais | 0.5 | 3/2 | 0.00313 | 0.0057 | 1512.69 | **0.65** |

**Débit totale Qa = Qpf + Qb + Qt :**

Tableau 38 : Débit totale de remblais et déblais

| | |
|---|---|
| **Qa Remblais (m$^3$/s)** | 1.621 |
| **Qa Déblais (m$^3$/s)** | 0.933 |

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

**Qa < Qs**

- **Dimensionnement du fossé proposé :**

Tableau 39 : Dimensionnement du fossé proposé

| B | H | z | Sm($m^2$) | Pm(m) | Rh | Ks | I(m/m) | Qs($m^3$/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **0.500** | **0.500** | **1.5** | **0.625** | **2.303** | **0.271** | **70.000** | **0.005** | **2.594** |

Donc: Qs = 2.549 $m^3/s$ > Qa = 0.933 $m^3/s$

En conclusion, les types des fossés adoptés pour notre projet sont : (tracé nous prenons un fossé de : h=0.5m, b=0.5m, pente=3/2 H/V).

## VI.10. CONCLUSION

Il est essentiel de mener une étude hydraulique rigoureuse dans le cadre d'un projet ferroviaire pour assurer la durabilité de la voie. Par ailleurs, dans le domaine de l'assainissement, il est courant de surdimensionner les ouvrages hydrauliques afin de compenser le manque d'entretien fréquent dans notre pays et de garantir ainsi leur pérennité.

# CHAPITRE 08 : ASSISE FERROVIAIRE

## VIII.1. INTRODUCTION

L'assise ferroviaire, un élément essentiel des voies ferrées, est la structure fondamentale sur laquelle reposent les rails. Son rôle principal est de garantir une répartition efficace et uniforme des charges exercées par les trains, tout en assurant la stabilité longitudinale et transversale des voies. En plus de cela, elle est chargée de gérer le drainage pour évacuer les eaux de ruissellement, de limiter les mouvements du sol et d'amortir les vibrations générées par le contact entre les rails et les roues. L'objectif ultime de l'assise ferroviaire est d'optimiser la sécurité et l'efficacité du réseau ferroviaire.

## VIII.2. LES COMPOSANTS

L'assise ferroviaire comprend plusieurs composants essentiels qui travaillent ensemble pour assurer la stabilité, la durabilité et la sécurité des voies ferrées. Parmi ces composants, on retrouve le ballast, le sous-ballast et la fondation :

### VIII.2.1. Ballast

Le ballast est un matériau granulaire, souvent constitué de pierres concassées ou de gravier, qui est disposé sous les traverses de la voie ferrée. Son rôle principal est de répartir uniformément les charges des trains sur la plate-forme, tout en permettant un drainage efficace des eaux de ruissellement. Le ballast contribue également à maintenir la stabilité latérale des rails en empêchant leur déplacement latéral sous l'effet des charges dynamiques des trains. Il absorbe également les vibrations et réduit le bruit généré par le passage des trains.

### VIII.2.2. Sous-ballast

Le sous-ballast est une couche de matériau, souvent composée de sable, de gravier ou de matériaux granulaires similaires, placée directement sous le ballast. Son rôle est d'améliorer le drainage en fournissant une base stable et perméable pour le ballast. Le sous-ballast aide à répartir les charges sur une plus grande surface, réduisant ainsi les contraintes sur la fondation et améliorant la stabilité globale de la voie ferrée.

### VIII.2.3. Fondation

La fondation de l'assise ferroviaire comprend la couche de sol ou de matériau compacté sur laquelle repose le sous-ballast. Son objectif est de fournir une base solide et stable pour le reste de la structure de la voie ferrée. Une fondation bien conçue est essentielle pour répartir efficacement les charges des trains et prévenir les mouvements du sol qui pourraient compromettre la stabilité de la voie.

## VIII.3. LES CARACTÉRISTIQUES ET LES RÔLES DES COUCHES

| | Caractéristiques | Rôles |
|---|---|---|
| Ballast | • Résistance à la fragmentation Los-Angeles : ≤ 19 %.<br>• Résistance à l'usure Micro-Deval : ≤ 6 %.<br>• Résistance à la compression : RC ≥ 1200 kg/cm².<br>• Forme des granulats : L'angularité et la rugosité des surfaces des granulats garantissent une bonne cohésion de la masse. De plus, le contact ballast/traverses doit pouvoir assurer l'immobilisation de ces dernières.<br>• Propreté : Les matériaux doivent être débarrassés de toute matière impropre. La masse relative des éléments passant au tamis à mailles carrées de 1,6 mm ne doit pas excéder 0,5 %. | • Répartir et transmettre uniformément les charges induites par les véhicules ferroviaires à la plate-forme.<br>• Encastrer les traverses pour assurer une bonne stabilité de la superstructure.<br>• Amortir les vibrations et absorber le bruit, garantissant ainsi la sécurité et le confort des circulations.<br>• Assurer, grâce à sa granularité particulière, le drainage et l'évacuation des eaux superficielles. |
| Sous ballast | Pour la construction du sous-ballast, et conformément au document des spécifications techniques (ST590B) :<br>• Utilisation de grave propre entièrement concassée (0/31,5 mm).<br>• Bonne gradation des granulats.<br>• Valeur de propreté Vbg ≤ 1.<br>• Coefficient de forme A ≤ 25. | • Le rôle du sous-ballast est d'agir comme une couche de support supplémentaire sous le ballast dans les infrastructures ferroviaires.<br>• -Il contribue à répartir les charges de manière uniforme, améliorant ainsi la portance de la voie.<br>• Le sous-ballast aide également à prévenir la contamination |

| | | |
|---|---|---|
| | | entre la plate-forme et le ballast, contribue à améliorer les propriétés vibratoires, protège contre l'érosion et le gel, et facilite l'évacuation des eaux. |
| Couche de fondation | • La couche de fondation, conformément à la spécification technique ST590B, est réalisée en grave sableuse entièrement concassée.<br>• Valeur de propreté Vbg ≤ 1.<br>• Coefficient de forme A ≤ 25.<br>• LA+MDE ≤ 50.<br>• Les matériaux utilisés peuvent provenir des sous-produits des carrières à ballast ou des alluvions d'oued. | • Amélioration de la portance et meilleure répartition des charges transmises.<br>• Prévention de la contamination entre la plate-forme et le ballast.<br>• Contribution à l'amélioration des propriétés vibratoires.<br>• Protection contre l'érosion et le gel.<br>Évacuation des eaux. |
| Couche de forme | • La couche de fondation est positionnée sur la plate-forme, dont la partie supérieure est désignée comme la couche de forme.<br>• La couche de forme est inclinée conformément à la sous-couche, avec une pente de 4 % pour notre projet.<br>• Son épaisseur varie de 30 à 60 cm en fonction du matériau utilisé. | • La couche de forme joue un rôle crucial en fournissant une surface plane et uniforme pour l'installation de la structure supérieure, comme le ballast dans une voie ferrée.<br>• Son objectif est de répartir les charges de manière égale et d'assurer la stabilité de la structure globale. |

Tableau 40 : LES CARACTÉRISTIQUES ET LES RÔLES DES COUCHES

## VIII.4. DIMENSIONNEMENT DE LA COUCHE D'ASSISE

En ce qui concerne le dimensionnement de la couche d'assise, le processus comprend deux étapes principales :

### VIII.4.1. Détermination de la classe de portance de la plate-forme (conformément à la Fiche UIC 719)

Cette étape implique l'utilisation de méthodes définies dans la Fiche UIC 719 pour évaluer la capacité portante de la plate-forme. La classe de portance déterminée servira de base pour le calcul de l'épaisseur de la couche d'assise.

Tableau 41 : Classe de portance de la plate-forme

| Qualité du sol support | Classe de la Plate-forme | Couche de forme | |
|---|---|---|---|
| | | Qualité | Épaisseur min (m) |
| QS1 | P1 | QS1 | - |
| | P2 | QS2 | 0.50 |
| | P2 | QS3 | 0.35 |
| | P3 | QS3 | 0.50 |
| QS2 | P2 | QS2 | - |
| | P3 | QS3 | 0.35 |
| QS3 | P3 | QS3 | - |

### VIII.4.2. Calcul des couches d'assise en fonction des valeurs des coefficients de la formule de calcul d'épaisseur selon UIC719R :

Une fois la classe de portance établie, les valeurs des coefficients spécifiés dans la formule de calcul d'épaisseur selon UIC719R sont utilisées pour déterminer l'épaisseur nécessaire de la couche d'assise. Ces coefficients prennent en compte divers facteurs tels que la charge de trafic prévue, les propriétés du matériau de la couche d'assise, et d'autres conditions spécifiques au projet.

Tableau 42 : Valeur des coefficients de la formule de calcul d'épaisseur selon UIC719R

| Paramètre | Epaisseur (m) | Caractéristiques |
|---|---|---|
| E | 0.70 | Pour les plateformes de classe de portance P1 |
| | 0.55 | Pour les plateformes de classe de portance P2 |
| | 0.45 | Pour les plateformes de classe de portance P3 |
| | | |
| A | 0 | Pour les lignes de groupe UIC 1 et 2 ou ligne V>160 km/h |
| | - 0.05 | Pour les lignes de groupe UIC 3,4 |
| | - 0.10 | Pour les lignes de groupe UIC 5, 6, 7, 8, 9 avec voyageur |
| | - 0.15 | Pour les groupes UIC 7,8 et 9 sans voyageur |
| | | |
| B | 0 | Traverse en bois de longueur 2.6 m |
| | (2.5-L) /2 | Traverse en béton L |
| | | |
| C | 0 | Pour un dimensionnement normal |
| | - 0.05 | Titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC 7, 8,9 sans voyageur |
| | - 0.10 | Titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC autre que 7,8,9 sans voyageur |
| | | |
| D | 0 | Lorsque la charge d'essieu < 200 KN |
| | 0.05 | Lorsque la charge d'essieu < 225 KN |
| | 0.12 | Lorsque la charge d'essieu < 250 KN |
| | | |
| F | 0 | Pour toutes les lignes à V≤ 160 km/h et pour les plateformes P des lignes à grandes vitesses |
| | 0.05 | Pour les plates-formes de portance P2 des lignes à grande vitesse |
| | 0.10 | Pour les plates-formes de portance P1 des lignes à grande vitesse |
| | | |
| G | + géotextile | Lorsque la couche de forme est en sol QS1 et QS2 |
| | 0 | Lorsque la couche de forme est en sol QS3 |

Donc, la première étape consiste à évaluer la capacité portante de la plate-forme, tandis que la seconde étape utilise les coefficients spécifiés dans la formule de calcul d'épaisseur pour déterminer l'épaisseur appropriée de la couche d'assise en fonction de la classe de portance déterminée.

## VIII.5. APPLICATION AU PROJET

Les recommandations sont les suivantes, conforme aux normes de l'UIC719R, où nous avons opté pour une plateforme de classe P2, qualifiée de "moyenne plateforme", selon les critères suivants :

- Réduire les coûts de construction en minimisant l'épaisseur des couches d'assise supérieures, qui sont les plus onéreuses.
- Garantir le bon fonctionnement à long terme de la ligne.

La structure proposée se compose comme suit : Ballast (0,30 m), Sous-ballast (0,25 m), Couche de fondation (0,20 m), et Couche de forme (0,35 m).

Pour répondre aux exigences d'obtention d'une plate-forme de qualité de support de type P2, avec des matériaux de classe QS1, nous avons choisi une couche de forme avec une qualité de sol QS3, d'une épaisseur de 35 cm.

Tableau 43 : Dimensionnement de la couche couches d'assise

| Paramètre | Epaisseur | Description |
|---|---|---|
| Ballast (m) | 0.30 | |
| Traverses L | 2.24 m | |
| E | 0,55 | Pour une plateforme P2 |
| a | 0.00 | Pour les lignes des groupes UIC 1 et 2 |
| b | 0.13 | Traverses |
| c | 0,00 | Pour dimensionnement normal |
| d | 0,05 | Pour une charge de 22 ,5 tonne/essieu |
| f | 0,00 | Pour une ligne de Vitesse inférieur à 160 Km/h |
| g | 0 | Sans geotextile en sol QS3 |
| Epaisseur de e (m) | 0.73 | |

**Donc E=0.75m**

| Couche | Epaisseur(m) |
|---|---|
| **Ballast** | 0.30 |
| **Sous-ballast** | 0.25 |
| **Couche de fondation** | 0.20 |
| **Couche de forme** | 0.35 |

Tableau 44 : Structure de la voie

## VIII.6. CONCLUSION

Ce chapitre traite du dimensionnement de la structure d'assise dans les infrastructures ferroviaires, en suivant les normes de l'UIC719R. Ce processus se divise en deux étapes : la détermination de la classe de portance de la plate-forme selon l'UIC719, puis le calcul des couches d'assise en fonction des coefficients spécifiés. Une recommandation est donnée, privilégiant une plateforme de classe P2 pour minimiser les coûts de construction et garantir un fonctionnement à long terme. La structure proposée comprend différentes couches, avec des épaisseurs adaptées aux exigences de la classe de portance et aux caractéristiques des matériaux. L'importance du choix de matériaux de qualité et de l'épaisseur de la couche de forme est soulignée pour assurer une performance optimale de la structure d'assise.

# Chapitre 09 :
# PROFIL EN TRAVERS

## IX.1. INTRODUCTION

Les travaux de terrassement sont une étape cruciale dans la préparation d'un terrain pour la construction ou l'aménagement. Ces opérations visent à modifier le relief naturel du terrain pour le rendre apte à accueillir des structures telles que des bâtiments, des routes, des jardins, ou d'autres infrastructures

## IX.2. PROFIL EN TRAVERS

Le profil en travers est une représentation graphique cruciale pour la conception et la construction de projets ferroviaires. Il montre la section verticale perpendiculaire à l'axe de la voie, indiquant les dimensions et caractéristiques nécessaires.

### IX.2.1. Un profil en travers type

Utilisé pour les sections homogènes de la voie ferrée, regroupe toutes les dimensions et détails nécessaires, tels que la largeur de la voie, les couches de la superstructure, les pentes des talus, les fossés et les murs de soutènement. Cela évite de dessiner chaque profil avec des dimensions spécifiques, simplifie la conception du projet et permet de gagner du temps

### IX.2.2. Un profil en travers courant :

Est un schéma spécifique appliqué à un Point Kilométrique (PK) donné sur une voie ferrée. Il décrit et récapitule toutes les caractéristiques de la section transversale à cet endroit précis.

## IX.3. Les éléments du profil en travers

Le profil en travers type doit comprendre l'ensemble des éléments suivants :

### IX.3.1. Éléments de superstructure :

- Le type de rail employé.
- La distance entre les deux rails, ou l'écartement de la voie.
- La distance entre les axes (cas de plusieurs voies)
- Le type de traverse utilisé pour la construction de la voie.
- La valeur maximale de devers en courbe.
- L'épaisseur de la couche de ballast.

### IX.3.2. Éléments de l'infrastructure :

- Les épaisseurs et la nomination des chaque couches.
- Les pentes transversales de chaque couche.

- La pente latérale de la plate-forme.

#### IX.3.3. Éléments du talus :

- La pente de chaque talus.

#### IX.3.4. Éléments d'assainissement :

- Le type et dimension des ouvrages d'assainissement et/ou des draines.

## IX.4. PROFIL EN TRAVERS TYPE DE MON PROJET :

- Les rails UIC-60 sont espacés de 1435 mm Avec des travers Monoblocs VAX U-31.
- Type de ligne : doublement (Voie existant et nouvelle voie) voie mixte électrifié.
- La double voie repose sur une plateforme de largeur 13.80m symétrique.
- La pente latérale de la plateforme est de 4%.
- Largeur de marche pied : 1.5 m.
- Les talus de déblais et remblais 2H/1V.
- Épaisseur du ballast 30cm.
- Épaisseur de la sous- ballast 25cm.
- Épaisseur de Couche de fondation18cm
- L'épaisseur de la couche de forme est de 35cm.

## IX.5. CONCLUSION

En conclusion, un profil en travers est un outil essentiel pour comprendre la topographie d'un projet d'infrastructure et pour concevoir les éléments nécessaires à sa construction.

# CHAPITRE 10 : TERRASSEMENT ET OUVRAGE D'ART

## X.1. Les terrassements

Les terrassements consistent en une série d'opérations préparant le sol pour la pose des voies et des infrastructures associées. Les principaux objectifs des terrassements sont

- Assurer la stabilité du sol
- Créer une surface plane et durable pour les voies
- Faciliter le drainage des eaux de pluie

Cette modification du sol est réalisée par l'exécution de déblais (excavation de terre) et de remblais (apport de terre), parfois de grande hauteur

- **Le remblai** : C'est le processus de remplissage d'une zone avec du matériau pour relever le niveau du terrain.
- **Le déblai** : Il consiste à abaisser le niveau du terrain en enlevant des terres.
- Le calage du profil en long est principalement lié à l'optimisation des mouvements de terres, en tenant compte des diverses contraintes imposées. En se basant sur les données géologiques et géotechniques, il est nécessaire de déterminer un profil projeté de manière à minimiser le coût global des terrassements

## X.2. PENTE DE TALUS :

Les pentes de talus principalement utilisées, selon le chapitre 7.2.2 des ouvrages en terre pour plateformes ferroviaires de la SNTF, et exprimées en fraction base sur hauteur, sont :

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

Ces pentes doivent être déterminées de manière à assurer la stabilité générale de l'ouvrage, en tenant compte des éléments suivants :

- Les caractéristiques géotechniques des terrains rencontrés en déblai, ainsi que du sol de support et des matériaux utilisés pour les remblais.
- La hauteur de l'ouvrage.
- La topographie du site et les risques naturels.

## X.3. APPLICATION AU PROJET :

### X.3.1. Remblais :

Dans cette partie on va utiliser logiciel de SLIDE 6 pour faire la stabilité des talus

Tableau 45 : Les caractéristiques de remblai

| PK Début | PK Fin | PK ou le remblai est le plus haut | Hauteur max (m) |
|---|---|---|---|
| **98+425** | 99+675 | PK 99+150 | 11.84 |

- **PK 99+150 :**

TABLEAU 46 : LES PROPRIETES MECANIQUES DES MATERIAUX ADOPTES POUR LES CALCULS

| État | Paramètres | Remblai | Argile sableuse | Sable-argilo limoneux |
|---|---|---|---|---|
| | **γ KN/m3** | 20 | 2.1 | 19.3 |
| **Non drainé** | **C (kpa)** | 5 | 18 | 14 |
| | **Φ°** | 30 | 32.15 | 25.26 |

Tableau 47 : Les résultats obtenus

| PK remblai | Hmax | Pente proposée | Condition | FS Conditions statiques | FS Conditions sismiques |
|---|---|---|---|---|---|
| **99+150** | **11.84** | 2H/1V | Court terme | 1.71 > 1.5 | 1.43 > 1.0 |
| | | | Long terme | | |

En conclusion cette remblai de hauteur de H=11,84m est stable

## X.4. Epaisseur de la terre végétale :

La pratique du décapage de la terre végétale implique le retrait de la couche supérieure du sol, connue pour sa richesse en matière organique et communément appelée terre végétale. Ce processus est essentiel pour préparer le terrain et est effectué selon des épaisseurs variables définies par des études géotechniques. Pour la section spécifique étudiée, l'épaisseur de décapage requise est de 20 cm.

Tableau 48 : Volume de décapage

| **Volume totale ($m^3$ )** | 17680 |
|---|---|

## X.5. RÉCAPITULATIFS DES QUANTITÉS DE MATÉRIAUX UTILISÉES :

### X.5.1. Cubature :

Dans le domaine du terrassement, la cubature se réfère au calcul du volume de terre ou de matériau excavé ou ajouté lors des travaux de nivellement, d'excavation ou de remblayage d'un terrain. C'est une étape essentielle dans la planification et l'estimation des travaux de terrassement. Pour notre projet à l'étude, le calcul des cubatures de terrassement a été réalisé à l'aide du logiciel « CIVIL 3D ». Les tableaux ci-dessous résument les résultats obtenus :

Tableau 49 : Récapitulatif des volumes de terrassement

| **Déblais ($m^3$ )** | **Remblais ($m^3$ )** |
|---|---|
| 36508.44 | 364072.57 |

Tableau 50 : Les différents volumes de notre projet

| **Les couches d'assise** | Volume (m3 ) |
|---|---|
| **Ballast(30cm)** | 34382 |
| **Sous-ballast(25cm)** | 24725 |
| **Couche de fondation (20)** | 22683 |
| **Couche de forme(35cm)** | 44639 |

### X.5.2. Ouvrages d'art :

Les ouvrages d'art jouent un rôle essentiel dans un tracé ferroviaire, en assurant le passage sécurisé et efficace des trains, ainsi que le franchissement des différentes infrastructures existantes et des cours d'eau. Ainsi, notre tracé doit être équipé d'une série d'ouvrages déjà existants, comprenant de :

- Passage supérieur :

- 01 Ponts rail (PK102+800)

- Les ouvrages hydrauliques :

- Dalots (ces derniers seront détaillés dans le chapitre hydraulique et assainissement)
- Buses (ces derniers seront détaillés dans le chapitre hydraulique et assainissement)

### X.5.3. Les croisements avec les routes :

- **Rétablissements routiers :**

Tableau 51 : Liste des ouvrages d'art pour notre projet

| Rétablissements routiers | Localisation | Ouvrage d'art |
|---|---|---|
| Rétablissement Piste | 97+125 | Passage supérieur |
| Rétablissement Piste | 101+675 | Passage supérieur |
| Rétablissement Piste | 102+550 | Passage supérieur |
| Route | 96+315 | Passage supérieur |
| Route | 96+615 | Passage supérieur |
| Route | 103+250 | Passage supérieur |

- **Les fibres et pipelines :**

Tableau 52 : Les fibres et pipelines

| Les fibres et pipelines | Localisation |
|---|---|
| Ligne électrique | 101+495 |
| Ligne électrique | 105+351 |

| | |
|---|---|
| **Poteau électrique** | 105+399 |
| **Balize GAZ** | 106+425 |

- **Franchissement d'écoulement d'eau :**
    - Les ouvrages hydrauliques :

Pour franchir l'écoulement d'eau en tout sécurité on envisage la construction des ouvrages, (buse, Dalot) suivant l'importance du cours d'eau franchi. Entre le PK100+850et PK 107+680 il a été nécessaire de considérer 20 ouvrages hydrauliques, tel que détaillé dans l'étude hydraulique en ce qui concerne les dalots et les buses.

## X.6. CONCLUSION

Dans notre projet, nous pouvons conclure que les ouvrages d'art utilisés sont des passages supérieurs (rétablissement routier). Les dalots et les buses sont les ouvrages hydrauliques utilisés dans la totalité de notre tronçon d'étude.

# CHAPITRE 11 : CONCEPTION ET AMENAGEMENT DE LA GARE DJBEL ONK

# XI.1. INRODUCTION

Les gares ferroviaires sont des nœuds essentiels du réseau de transport, agissant comme des points de connexion pour les trains. Elles sont équipées d'infrastructures variées qui servent à faciliter tant le mouvement des passagers que le transit des marchandises. De plus, certaines gares remplissent également des fonctions de sécurité à bord des trains, assurant ainsi un voyage sûr et fluide pour tous les

# XI.2. TYPES DES GARES

## XI.2.1. Gares de marchandises :

Les gares de marchandises sont spécialement conçues pour gérer le transport et la logistique des biens

### XI.2.1.1. Caractéristiques

Équipées pour le chargement, le déchargement, le tri et l'assemblage des trains de fret. Elles peuvent avoir des installations intermodales pour transférer les marchandises entre différents modes de transport (train, camion, bateau).

### XI.2.1.2. Exemple

Gare de triage de Somain en France, Terminal de fret de Bettembourg au Luxembourg.

## XI.2.2. Gares de voyageurs

Les gares de voyageurs sont conçues pour faciliter le transport de personnes. Leur fonctionnement varie en fonction de leur taille et de leur importance.

### XI.2.2.1. Caractéristiques

Dotées de quais pour les passagers, de salles d'attente, de guichets, de boutiques, de restaurants, et d'autres services pour les voyageurs. Elles peuvent être petites, moyennes ou grandes, selon la taille de la ville et l'importance du trafic.

### XI.2.2.2. Exemple

Gare du Nord à Paris, Gare de Lyon à Paris.

Gares mixtes (marchandises et voyageurs).

### XI.2.3. Les gares mixtes

Combinent les fonctions des gares de marchandises et des gares de voyageurs. Elles doivent gérer à la fois les flux de passagers et de marchandises.

#### XI.2.3.1. Caractéristiques :

Possèdent des installations pour le traitement des passagers (quais, salles d'attente, etc.) ainsi que des infrastructures pour le chargement et le déchargement des marchandises. Ces gares permettent d'optimiser l'utilisation de l'infrastructure ferroviaire en combinant les deux types de services.

#### XI.2.3.2. Exemple

Certaines gares régionales peuvent avoir des sections dédiées aux marchandises et aux voyageurs, mais elles sont moins courantes dans les grandes villes.

## XI.3. INSTALATION D'UN GARE VOYAGEURS :

La construction d'une gare pour les voyageurs comprend diverses installations et aménagements, chacun ayant une fonction spécifique pour assurer le confort, la sécurité et l'efficacité du service pour les passagers. Voici les principales composantes d'une gare ferroviaire pour voyageurs :

### XI.3.1. Bâtiment de voyageurs (BV)

Le bâtiment de voyageurs est l'espace central de la gare dédié à l'accueil et au service des passagers. Il comprend :

- Salle d'attente : Espace où les voyageurs peuvent se reposer en attendant leur train.
- Guichet de billet : Point de vente de billets et d'information pour les voyageurs.
- Poste de sécurité : Espace dédié aux agents de sécurité pour surveiller et intervenir en cas de besoin.
- Kiosque : Boutiques ou points de vente de journaux, boissons, snacks, etc.
- Autres services : Toilettes, consignes à bagages, bornes d'information, et parfois des restaurants ou cafés.

### XI.3.2. Bâtiments à usages divers (B.U.D)

Ces bâtiments sont réservés aux agents de chemin de fer et comprennent :

- Bureaux administratifs : Espaces pour les opérations de gestion de la gare.

- Postes de contrôle : Centres où les agents supervisent le trafic ferroviaire et gèrent les signalisations.
- Locaux techniques : Zones pour l'entretien et la maintenance des infrastructures ferroviaires.

### XI.3.3. Quais

Les quais sont des bandes parallèles aux voies ferrées qui permettent aux passagers d'accéder aux trains. Ils doivent être conçus pour :

- Sécurité : Bordures bien délimitées, éclairage adéquat, panneaux d'information.
- Accessibilité : Rampes et ascenseurs pour les personnes à mobilité réduite.
- Confort : Bancs, poubelles, signalétique claire.

### XI.3.4. Abris de quais

Ces installations sont situées sur les quais et visent à protéger les voyageurs des intempéries (pluie, vent, neige, soleil). Ils peuvent être :

•Partiellement couverts : Simples toits couvrant les zones d'attente principales.

•Entièrement couverts : Structures plus élaborées, couvrant l'intégralité du quai.

### XI.3.5. Passages en sous-sol

Ces passages souterrains permettent aux voyageurs de franchir les voies en toute sécurité sans interrompre le trafic ferroviaire. Ils sont souvent équipés de :

- Escaliers et ascenseurs : Pour accéder facilement aux quais.
- Signalétique : Indications claires pour guider les passagers vers les différentes zones de la gare.
- Éclairage et sécurité : Bonne visibilité et surveillance pour assurer la sécurité des usagers.
- Autres éléments possibles dans une gare pour voyageurs
- Parking et dépose-minute : Espaces pour garer les voitures et déposer les passagers.
- Zones de taxis et bus : Points de transfert vers d'autres modes de transport.
- Jardin ou espaces verts : Aménagements paysagers pour améliorer l'environnement de la gare.

## XI.4. INSTALATION D'UN GARE MARCHANDISES :

La construction de base d'une gare de marchandises sont conçues pour assurer une gestion efficace du flux de marchandises, du chargement et déchargement à l'entreposage temporaire et à la logistique administrative. Voici les principales installations avec des détails sur leurs fonctions spécifiques :

### XI.4.1. Bâtiment de service (BS)

Le bâtiment de service (BS) est crucial pour accomplir les formalités commerciales liées au transit des marchandises.

### XI.4.2. Cours de débord :

Les cours de débord sont des zones spéciales pour le chargement et le déchargement des marchandises.

### XI.4.3. Quais de débord :

Les quais de débord facilitent le transfert des marchandises entre les trains et les véhicules de transport routier.

### XI.4.4. Halle de stockage :

La halle de stockage est utilisée pour entreposer temporairement les marchandises en attente de transport.

### XI.4.5. Parking pour stationnement des véhicules :

Le parking offre des espaces de stationnement pour les véhicules de transport et les véhicules personnels des travailleurs.

## XI.5. XI.5. CONDITIONS DE CONCEPTION DES GARES ET PLAN DE MASSE :

Les gares doivent répondre à un ensemble de conditions essentielles pour garantir leur fonctionnalité, leur accessibilité et leur intégration harmonieuse dans l'environnement urbain. Voici les principaux aspects à considérer :

### XI.5.1. Coordination avec le Plan d'Urbanisme

•Étude du Bâtiment de Voyageurs (B.V.) : La conception du B.V. doit être alignée avec le plan d'urbanisme local pour assurer une intégration cohérente dans le tissu urbain existant et futur.

### XI.5.2. Élaboration du Plan de Gare

- Maximisation des besoins de transport : Le plan de gare doit être conçu pour optimiser le traitement des besoins de transport des voyageurs et des marchandises. Cela implique de prendre en compte :
- Les conditions géologiques environnantes.
- L'accessibilité aux infrastructures routières existantes.
- Les plans d'urbanisme futurs et les éventuelles extensions de la ville.

### XI.5.3. Préparation du Terrain

**•Espace et évolutivité :** Le terrain choisi doit disposer de suffisamment d'espace pour les installations actuelles et permettre des extensions futures, reflétant la croissance possible de la ville.

**•Plan de Masse :** Le concepteur doit établir un plan de masse intégrant toutes les fonctions de base de la gare, telles que les quais, les zones de vente de billets, les espaces commerciaux, etc.

### XI.5.4. Éléments Nécessaires pour l'Étude du Plan de Masse

#### XI.5.4.1. Catégories de la Voie

Rôle et constituants : La classification des voies aide à déterminer leur rôle spécifique et les infrastructures nécessaires (par exemple, voies principales, voies de service).

#### XI.5.4.2. Trafic

Importance et évaluation : Le volume et la nature du trafic influencent la conception de la gare. Une gare avec un trafic élevé nécessitera des aménagements spécifiques pour gérer les flux de passagers et de marchandises de manière efficace.

#### XI.5.4.3. Emplacement

Définition et influence : L'emplacement géographique de la gare est crucial. Il détermine non seulement les catégories de voies et le trafic mais aussi la connexion avec les infrastructures existantes et futures.

## XI.6. CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES DES GARES

### XI.6.1. Longueur utile d'une voie de stationnement

La longueur utile d'une voie de stationnement correspond à la distance nécessaire pour qu'un train puisse s'arrêter sur une voie de dépassement sans entraver la circulation sur la voie principale ou les autres voies de dépassement adjacentes. Selon les normes de la SNTF, cette longueur minimale est fixée à 426 mètres pour les trains de voyageurs et à 870 mètres pour les trains de marchandises (pour les voies principales et les voies de service).

### XI.6.2. Déclivité dans les gares

La déclivité au sein des gares doit être ajustée en fonction des activités prévues. Pour notre projet, nous avons opté pour une déclivité de 0 ‰ afin de prévenir tout mouvement non désiré des trains.

### XI.6.3. Quai

- **Conformément aux normes de la SNTF :**

- **Longueur des quais :** 450 mètres pour les grandes lignes et 350 mètres pour le service régional.
- **Largeur des quais :** Quai intermédiaire avec une largeur supérieure à 8 mètres ; quai extérieur avec une largeur d'au moins 6 mètres.
- **Hauteur des quais :** La hauteur du bord des quais doit être de 350 mm, 550 mm ou 760 mm au-dessus de la surface de roulement, en fonction du type de matériel roulant qui y stationne.

#### XI.6.3.1. Distance à l'axe de la voie

Conformément à la norme UIC 741, pour les bordures de quai ayant une hauteur nominale de 550 mm, la distance nominale à l'axe de la voie est définie par la formule suivante :

L (mm) = 1650 + S

Où S est calculé comme suit :

S (mm) = frac{3750 + I - 1435}{R}

- R représente le rayon de la voie en mètres.
- I représente l'écartement de la voie en millimètres.

#### XI.6.3.2. Entre-axes des quais

Les entre-axes des quais doivent respecter les dimensions suivantes :

- Entre-axe normal : supérieur à 11,3 mètres.
- Entre-axe minimal : supérieur à 9,3 mètres.

### XI.6.4. Application au projet

La future gare de djbel onk sera située sur le tronçon 2 de la ligne Oued Kebrit - Djebel El Onk, entre le PK 106+585 et le PK 107+756.000, avec un batiment service située au PK 107+125.50 et hangar atelier au pk 107+656.000 , et hangar vidange au pk 107+656.000 .

### XI.6.5. Caractéristiques de la gare de Djbel Onk

La gare de Djbel Onk est conçue pour gérer le trafic marchandises. Elle comportera 6 voies ferroviaires (V1, V2, V3, V4, V5, et V6) et nécessitera l'installation de 17 appareils de voie de type UIC60-500-1/12 et UIC60-500-1/7, 17 garages francs, et un heurtoir à l'extrémité de la voie V1 et V2 et V4.

Gare de Djbel Onk : Caractéristiques Techniques

La gare de Djebel Onk comprend six voies principales (V1, V2, V3, V4, V5, et V6) d'une longueur utile de 750 mètres, 703 mètres, 668 mètres, 590 mètres, 485 mètres et 418 mètres respectivement, avec un entraxe de 5 mètres, identique à celui de la ligne principale. Une troisième, quatrième et cinquième voie sont dédiées au chargement de marchandises, avec un hangar et un atelier sur la voie 3. La sixième voie est utilisée pour la vidange.

#### XI.6.5.1. Quais

Les quais de de chargement sont situés en alignement droit.

- **Quai 1 :** Longueur de 450 mètres et largeur de 6 mètres, situé entre batiment de service et la voie V1
- **Quai 2 :** Longueur de 450 mètres et largeur de 8 mètres, situé entre les voies V2 et V3. L'entraxe est de 5 mètres, la hauteur est de 0,55 m par rapport au plan de roulement, et la distance à la bordure est de 1,65 m.

- **Quai 3** : Longueur de 350 mètres et largeur de 8 mètres, situé entre les voies V3 et V4. L'entraxe est de 5 mètres, la hauteur est de 0,55 m par rapport au plan de roulement, et la distance à la bordure est de 1,65 m.

### XI.6.5.2. Assainissement transversal

Pour assurer un bon drainage des eaux pluviales, les quais doivent avoir une pente de 2 % en toit, avec une inclinaison transversale des plates-formes de 4 %.

### XI.6.5.3. Assainissement longitudinal

Les drains longitudinaux, avec une pente de 4 ‰, collecteront les eaux de ruissellement infiltrées dans le ballast et la plate-forme, les évacuant vers le réseau d'assainissement via des regards de visite. Le drainage sera constitué de fossés, drains et collecteurs conduisant les eaux vers les passages hydrauliques ou directement vers les cours d'eau existants.

### XI.7.1.4. Longueur de garage franc

Pour les appareils de voie de type UIC 60 E1-500-1/12, la longueur de garage franc (GF) est de 44 mètres et pour les appareils de voie de type UIC 60 E1-500-1/7 est de de 34 mètres, calculée selon la formule GF = 3,57 * n + 1.

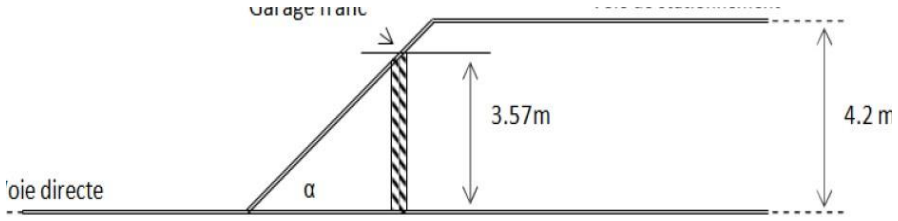



Figure 17 : longueur de garage franc

### XI.6.5.4. Longueur de la marge de glissement

Étant donné que la vitesse (V) est inférieur ou égale à(60 km/h pour les appareil 1/12 et 40 km/h pour les appareil 1/7) la longueur de la marge de glissement (LG) est de 200 mètres.

### XI.6.5.5. Armement de la voie

- **Rails :** Type 60 E1.
- **Longueur minimale des barres élémentaires** : 18 mètres.
- **Barres élémentaires soudées électriquement :** en atelier, en barres continues de longueur ≥ 288 mètres, avec soudure électrique en voie.
    - **Système d'attache :**

Le système d'attache, qui transfère les charges entre le rail et les traverses et maintient l'écartement, sera du type Nabla à lame.

- Traverses :

Les traverses bi-bloc de type VAX U31 en béton armé pour rail 60 E1 seront utilisées dans la voie de la gare de Djbel-onk, à raison de 1 666 unités par kilomètre (soit un écartement de 0,60 m entre axes des traverses). Les voies de communication et les appareils de voie seront équipés de traverses en bois.

## XI.7. Profil en travers type et schéma de la gare

Pour les détails du profil en travers type et le schéma proposé de la gare, se référer à la planche N04.

# CHAPITRE 12 : SIGNALISATION FERROVIAIRE

## XII.1. Introduction

La signalisation ferroviaire est un élément crucial pour la sécurité, l'efficacité et la fluidité des opérations ferroviaires. Elle permet de réguler le trafic des trains, de prévenir les collisions, de gérer les flux de circulation et d'assurer une communication claire et précise entre les conducteurs et les centres de contrôle. Avec l'augmentation du trafic ferroviaire et les avancées technologiques, les systèmes de signalisation ont évolué pour répondre aux besoins croissants de sécurité et de performance.

## XII.2. BUT DE LA SIGNALISATION FERROVIAIRE

Le principal objectif de la signalisation ferroviaire est de garantir la sécurité des opérations ferroviaires en prévenant les collisions et autres incidents. Voici les buts spécifiques de la signalisation ferroviaire :

### XII.2.1. Sécurité

- Prévention des collisions : Assurer qu'un train ne pénètre pas sur une voie occupée par un autre train.
- Protection des travaux de maintenance : Signaler les zones de travaux pour protéger les équipes de maintenance.

### XII.2.2. Gestion du Trafic

- Régulation des flux : Gérer les flux de trains pour éviter les encombrements et les retards.
- Optimisation des itinéraires : Permettre une gestion efficace des itinéraires pour maximiser l'utilisation des infrastructures ferroviaires.

### XII.2.3. Communication

- Instructions claires : Fournir des indications claires et précises aux conducteurs de trains concernant les vitesses autorisées, les arrêts et les changements de voie.
- Coordination : Faciliter la communication entre les conducteurs et les centres de contrôle pour une coordination optimale.

### XII.2.4. Efficacité Opérationnelle

- Réduction des délais : Minimiser les temps d'attente et les retards grâce à une gestion efficace du trafic.
- Fluidité des opérations : Assurer une circulation fluide des trains, même dans des conditions de trafic intense.

### XII.2.5. Adaptabilité et Modernisation

- Intégration des nouvelles technologies : Intégrer des technologies avancées, comme les systèmes de signalisation basés sur les communications (ERTMS/ETCS), pour améliorer la performance et la sécurité.
- Flexibilité : Adapter les systèmes de signalisation aux évolutions du réseau ferroviaire et aux nouvelles exigences en matière de transport.

## XII.3. RISQUES À ÉVITER DANS LE TRANSPORT FERROVIAIRE

Pour assurer la sécurité et l'efficacité des opérations ferroviaires, il est crucial de prévenir divers types d'incidents. Voici les principaux risques à éviter :

### XII.3.1. Nez à Nez

- Description : Situation où deux trains se retrouvent face à face sur la même voie, risquant une collision frontale.
- Prévention : Utilisation de systèmes de signalisation efficaces et de contrôle du trafic pour éviter que deux trains n'entrent sur la même voie en sens opposé.

### XII.3.2. Rattrapage

- Description : Situation où un train suiveur rattrape le train qui le précède, risquant une collision arrière.
- Prévention : Mise en place de systèmes de signalisation pour maintenir des distances de sécurité appropriées entre les trains et gestion rigoureuse des horaires de circulation.

### XII.3.3. Prise en Écharpe

- Description : Situation où un train arrive sur un aiguillage déjà occupé par un autre train venant d'une direction différente, risquant une collision latérale.
- Prévention : Coordination des aiguillages et des itinéraires via des systèmes automatisés pour éviter que plusieurs trains n'entrent simultanément sur le même aiguillage.

### XII.3.4. Déraillement

- Description : Risque de déraillement, particulièrement dans les courbes, les zones d'aiguillage et les zones de travaux.
- Prévention : Limitation des vitesses dans les sections à risque, inspection régulière des voies et entretien rigoureux des infrastructures ferroviaires.

### XII.3.5. Passages à Niveau

- Description : Risques liés aux passages à niveau, où les voies ferrées croisent des routes, pouvant entraîner des collisions avec des véhicules.
- Prévention : Installation de barrières automatiques, signaux lumineux et sonores, et amélioration de la visibilité pour les conducteurs de véhicules routiers. De plus, des campagnes de sensibilisation et des mesures de sécurité supplémentaires, comme la construction de passages souterrains ou de ponts, peuvent être mises en place.
- Selon le paragraphe fourni, il existe plusieurs types de blocks ferroviaires pour la gestion des signaux sur les lignes de chemin de fer, classés selon la fréquentation de la ligne :

**Block manuel (B.M) :**

- **Usage :** Lignes peu fréquentées.
- **Fonctionnement :** L'entrée sur une voie est réglementée par un signal de block ouvert manuellement par un agent de circulation.

**Block automatique à permissivité restreinte (B.A.P.R) :**

- **Usage :** Lignes à moyenne fréquentation.
- **Fonctionnement :** Système d'espacement par signaux partiellement ou totalement automatiques.

**Block automatique lumineux (B.A.L) :**

- **Usage :** Lignes principales.
- **Fonctionnement :** Système d'espacement par signaux automatiques permissifs, qui peuvent être passés à l'état fermé sous certaines conditions.

Les lignes à voie multiple sont divisées en cantons, chaque canton étant précédé d'un signal de cantonnement entièrement automatique pour assurer l'espacement des trains circulant dans le même sens sur une même voie.

Pour mieux comprendre les systèmes de contrôle ferroviaire, examinons en détail chaque système mentionné précédemment :

- **ERTMS (European Rail Traffic Management System)**

- **Description :** Un système paneuropéen pour gérer le trafic ferroviaire de manière uniforme et sécurisée.
- **Composants principaux :**
- **ETCS (European Train Control System) :**
- **Fonction :** Contrôle la vitesse des trains et fournit la signalisation en cabine.
- **Niveaux :**

- **ETCS Niveau 1 :** Utilise des balises fixes pour transmettre des informations de signalisation aux trains.
- **ETCS Niveau 2 :** Utilise une communication en continu par GSM-R pour transmettre des informations dynamiques en temps réel.
- **ETCS Niveau 3 :** Permet un contrôle complet des trains sans reliance sur les signaux de voie, en se basant uniquement sur la position des trains fournie par les systèmes embarqués.
- **GSM-R (Global System for Mobile Communications – Railway) :**
- **Fonction :** Fournit une communication fiable entre les trains et les centres de contrôle, facilitant la transmission des données ETCS et des communications vocales.
    - **ATC (Automatic Train Control)**
- **Description :** Un système de supervision automatique des trains pour garantir leur sécurité.
- **Fonctionnement :** Utilise des systèmes de signalisation embarqués et au sol pour surveiller et contrôler la vitesse des trains.
- **Types d'ATC :**
- **ATC-1 :** Contrôle de base avec surveillance de la vitesse.
- **ATC-2 :** Inclut des fonctionnalités supplémentaires comme la gestion des intersections.
- **ATC-3 :** Intègre des technologies avancées pour une automatisation complète.
    - **CBTC (Communication-Based Train Control)**
- **Description :** Utilisé principalement dans les systèmes de métro pour gérer les trains en temps réel.
- **Fonctionnement :**
- **Communications sans fil :** Utilise des réseaux de communication pour transmettre des données de localisation et de contrôle.
- **Capacité accrue :** Permet de réduire l'intervalle entre les trains, augmentant ainsi la fréquence des services.
- **Caractéristiques :**
- **Fonctionnement sans conducteur :** Automatisation complète des trains possible.
- **Sécurité :** Surveillance continue des trains pour éviter les collisions.
    - **PTC (Positive Train Control)**

Un système obligatoire aux États-Unis pour prévenir les accidents ferroviaires.

- Fonctionnement :

- Positionnement par satellite : Utilise le GPS pour suivre la position des trains.
- Réseau de communication : Transmet les données de position et de contrôle aux centres de gestion.
- Caractéristiques :
- Prévention des collisions : Arrête automatiquement les trains en cas de danger.
- Supervision des limitations de vitesse : Garantit le respect des limitations de vitesse et des zones de travaux.

  - **LZB (Linienzugbeeinflussung)**

Un système de contrôle continu utilisé en Allemagne.

- Fonctionnement :
- Câbles entre les rails : Transmettent des données de contrôle en continu aux trains.
- Supervision continue : Fournit des informations en temps réel sur la vitesse et la distance.
- Caractéristiques :
- Automatisation : Permet une gestion automatisée et en temps réel des trains.

  - **TPWS (Train Protection and Warning System)**

Utilisé au Royaume-Uni pour assurer la sécurité des trains.

- Fonctionnement :
- Balises au sol : Détectent la position des trains et contrôlent leur vitesse.
- Arrêt automatique : Arrête les trains en cas de dépassement des signaux de danger.
- Caractéristiques :
- Alerte et protection : Avertit les conducteurs de train et prend des mesures de protection en cas de besoin.

  - **AWS (Automatic Warning System)**

Système d'avertissement automatique également utilisé au Royaume-Uni.

- Fonctionnement :
- Balises au sol : Émettent des signaux pour avertir les conducteurs de train.
- Avertissements sonores et visuels : Informer les conducteurs des signaux de danger à venir.
- Caractéristiques :
- Alerte précoce : Fournit des avertissements avant d'atteindre un signal de danger.
- **Résumé des systèmes de contrôle**

Chaque système de contrôle ferroviaire possède des caractéristiques et des applications spécifiques adaptées aux besoins de chaque ligne de chemin de fer. Ces besoins peuvent inclure la gestion du trafic à haute fréquence, la prévention des accidents, ou la standardisation des opérations à l'échelle internationale. Les systèmes de contrôle ferroviaire sont cruciaux pour assurer la sécurité, l'efficacité et la fiabilité des transports par rail.

## XII.4. FONCTIONS DES SIGNAUX

Les systèmes de signalisation ferroviaire répondent à deux principaux besoins : garantir la sécurité en minimisant les risques ferroviaires et fluidifier le trafic. Pour ce faire, les systèmes de signalisation remplissent plusieurs fonctions essentielles. La signalisation à main :

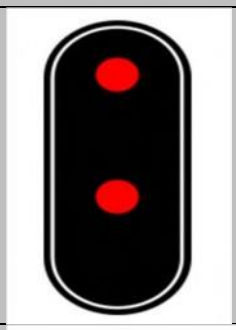
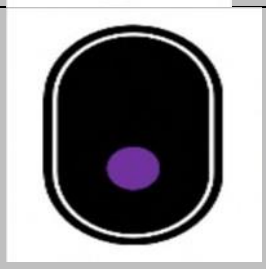


Figure 18 : les signaux à main

### XII.4.1. Signalisation au sol :

La signalisation au sol est généralement placée à gauche ou au-dessus de la voie concernée.

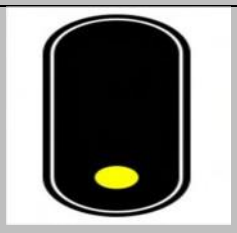
- Signalisation d'arrêt : Ces signaux sont utilisés pour garantir la sécurité dans les installations ferroviaires et pour le cantonnement. Ils comprennent différents types de signaux d'arrêt, tels que :

| Signal | Description |
|---|---|
|  | **Carré (C)**<br>C'est un signal de protection non franchissable. Il sert à protéger des aiguillages (croisements), mais peut aussiservir à protéger certaines zones particulières. |
|  | **Carré violet(Cv)**<br>Le carré violet est similaire au carré rouge,mais ne se rencontre que sur les voies de manœuvre, ou en protection à l'origine desitinéraires de refoulement. |
| | |
|  | **Guidon d'arrêt(GA)**<br>GA commande au mécanicien de s'arrêter avant le signal. Elle est en général utilisée pour protéger un passage à niveau Elle ne doit être rencontrée que par des circulationsen marche à vue ou en manœuvre. |
|  | **Sémaphore(S)**<br>Le feu rouge simple est appelé sémaphore, et commande au mécanicien de s'arrêter avant le signal. C'est un signal d'espacementqui permet d'éviter le rattrapage des trains. |
|  | **Feu rouge clignotant(S)**<br>(S) est un signal dont l'arrêt n'est pas obligatoire. Le mécanicien qui rencontre ce signal peut le franchir en marche à vue, sansmarquer d'arrêt, et sans dépasser la vitesse<br>de 15 Km/h.<br>On utilise ce signal pour éviter aux trains qui ne la desservent pas de s'arrêter à quai |

| | |
|---|---|
| | ou pour annoncer en carré à distance réduite |

Tableau 53 : Les signaux d'arrêt

- Signalisation d'annonce d'arrêt : on utilise habituellement

| Signal | Description |
|---|---|
|  | **Avertissement(A)**<br>(A) commande au mécanicien de pouvoir s'arrêter avant le signal suivant : carré, sémaphore, carré violet; ou d'être en mesure de respecter un rouge clignotant. |
|  | **Feu jaune clignotant(A)**<br>(A) commande au mécanicien d'être en mesure de s'arrêter avant le signal annoncé àdistance réduite par l'avertissement suivant.<br>Ce signal est implanté lorsque la distance entre l'avertissement (signal jaune) et le signal d'arrêt (signal rouge) est insuffisante pour permettre l'arrêt du train (canton court). |
|  | **Feu vert clignotant(VL)**<br>(VL) est équivalent au feu vert fixe pour les trains dont la vitesse ne dépasse pas 160 Km. Ce signal n'est implanté que sur les lignes dont la vitesse plafond est supérieure à 160 Km/h (lignes à 200 Km/h). |
|  | **Bande jaune horizontale(BJ)**<br>(BJ) est utilisée en complément des règles de l'avertissement. Elle indique au mécanicien que son train est dirigé vers une voie en impasse de longueur réduite (cas parexemple ou la voie est déjà occupée par un train ou un morceau de train que qui doit être abordé). |

| | |
|---|---|
|  | **Feu vert(FV)**<br>Le feu vert indique au conducteur que la circulation en marche normale est autorisé, s'y rien ne s'y oppose. |

Tableau 54 : les signaux d'annonce d'arrêt

Signalisation de limitation de vitesse : Les restrictions de vitesse peuvent être permanentes ou temporaires.

Signalisation diverse : On trouve plusieurs types de signaux, notamment :

- Des indicateurs de direction ;
- Des signaux de départ de trains ;
- Des signaux spécifiques aux manœuvres ;
- Des signaux pour la sortie de certains faisceaux ou groupes de voies convergentes ;
- Des pancartes et des tableaux avec diverses inscriptions.

### XII.4.2. Signalisation en cabine :

Dans certains cas, la signalisation en cabine peut être complétée par une signalisation au sol afin de : Repérer les points à ne pas dépas

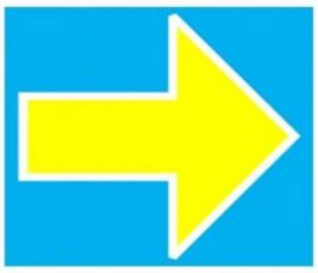


Figure 19 : repère d'arrêt

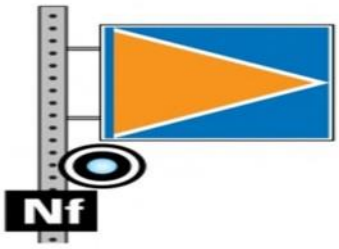



Figure 20 : repère NF de la TVM

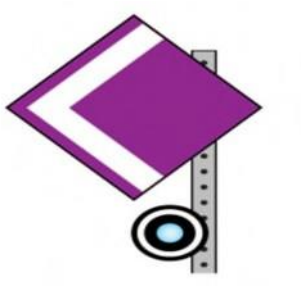


Figure 21 : jalon de manœuvre de la TVM

# CHAPITRE 13 : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

## XIII.1. INTRODUCTION

L'environnement comprend tout ce qui entoure et interagit avec les organismes vivants ainsi que les activités humaines. Les travaux publics ont un impact significatif sur l'environnement, en particulier à cause de la circulation qu'ils génèrent, contribuant ainsi aux émissions de CO2. Pour limiter ces impacts négatifs, il est crucial de réaliser une évaluation environnementale continue sous la responsabilité du maître d'ouvrage. Cette démarche permet d'analyser les effets du projet sur l'environnement et de mettre en place des mesures préventives pour minimiser les dommages.

Cette étude vise à examiner les divers impacts, positifs et négatifs, de l'infrastructure dans un contexte technico-économique. Elle se structure en trois parties distinctes :

- Identification de la zone la plus affectée par l'infrastructure.
- Évaluation des effets positifs et négatifs sur l'environnement.
- Propositions de solutions pour atténuer ces effets et minimiser les dommages environnementaux.

## XIII.2. LES ÉLÉMENTS ENVIRONNEMENTAUX PRIS EN COMPTE

L'évaluation de l'impact environnemental (EIE) examine divers facteurs à prendre en compte. Pour notre projet, ces éléments incluent :

### XIII.2.1. Les ressources en eau

Les infrastructures de transport peuvent restreindre les zones de captage d'eau, réduire les précipitations et modifier les conditions du sol et des oueds, entraînant érosion et pollution chronique. Les zones proches des captages d'eau souterraine et des réservoirs de montagne sont particulièrement sensibles et doivent être protégées. Notre tracé passant au-dessus de l'Oued Koussa, il faudra envisager des ouvrages tels que ponts, buses ou dalots pour les traverser sans perturber les routes existantes.

### XIII.2.2. Le patrimoine privé

Les projets routiers et ferroviaires traversent souvent des terrains privés et publics, nécessitant parfois des démolitions. Notre projet se situe au-dessus du niveau de Tenoukla, une zone agricole active. Le dédoublement de la voie, datant de la période coloniale, traverse des terres privées avec de nombreuses fermes, causant des dommages significatifs.

### XIII.2.3. Les zones agricoles

Les zones agricoles en Algérie sont économiquement importantes. Dans la région de Tenoukla, la construction de la voie peut perturber les agriculteurs et le paysage, entraînant érosion et fragmentation du terrain. La lithologie des zones affectées sera réhabilitée, créant des discontinuités.

### XIII.2.4. Le couvert forestier

Les forêts de pins sauvages et de romarin sont économiquement et naturellement précieuses. La construction d'infrastructures routières, ferroviaires ou électriques peut perturber ces écosystèmes, affecter la migration des espèces et entraîner une perte de biodiversité et une dégradation des sols.

### XIII.2.5. Les zones urbanisées

Les zones urbanisées, comme la ville Tenoukla, posent des contraintes réelles. La construction de voies entraînera des nuisances sonores, la fragmentation de l'espace urbain et le déplacement de familles, affectant la qualité de vie des résidents.

## XIII.3. IMPACT DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT

Le chemin de fer, par sa nature linéaire, impacte différemment l'environnement. Les principaux effets concernent le foncier et l'écosystème (eau, air, flore et faune, sol et sous-sol). La nouvelle infrastructure influencera non seulement le développement urbain mais aussi le développement économique de la région.

### XIII.3.1. Les terrassements

La construction de toute infrastructure nécessite des travaux de terrassement pour préparer le sol. Les déblais peuvent affecter la perception des paysages, surtout s'ils s'étendent sur de longues distances.

## XIII.4. MESURES prises en compte

Pour minimiser les impacts environnementaux de notre projet, différentes mesures peuvent être envisagées :

- Utilisation de dalots, ponceaux ou passages supérieurs pour les systèmes d'irrigation.
- Construction de digues, écrans ou merlons pour réduire la pollution sonore dans les zones urbanisées.

- Installation de passages souterrains dans les zones agricoles sensibles.
- Campagne de reboisement dans les zones forestières touchées.
- Clôture complète de la voie ferrée pour protéger la faune.
- Mesures pour ne pas perturber les écoulements naturels des cours d'eau.
- Recyclage des matériaux des habitations détruites et des rails de l'ancienne voie ferrée.

## XIII.5. CONCLUSION

L'étude d'impact sur l'environnement est une démarche officielle visant à évaluer scientifiquement les conséquences d'un projet sur l'environnement. Elle incite les opérateurs publics et privés à intégrer l'environnement dans leur stratégie d'action, afin de prévenir toute détérioration irréversible due aux travaux ou aux ouvrages.

# CHAPITRE 14 : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

## DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

| N | DESIGNATIONS DES TRAVAUX | U | QUANTITÉ | Prix Unitaire (DZD) | Montant Total (DZD) |
|---|---|---|---|---|---|
| **1- INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER** | | | | | |
| **1.01** | Amenée du matériel et installation général du chantier | F | 1.00 | 170,175,689.72 | 170,175,689.00 |
| **1.02** | Repli du matériel et des installations du chantier | F | 1.00 | 55,500,600.77 | 55,500,600.00 |
| **1.03** | Fourniture et installation d'un laboratoire de chantier | F | 1.00 | 30,000,000.00 | 30,000,000.00 |
| **TOTAL INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER** | | | | | **255,676,290.00** |
| **2- ÉTUDE D'EXECUTION** | | | | | |
| **2.01** | Étude d'exécution des terrassement | F | 1.00 | 52,933,440.14 | 52,933,440.00 |
| **2.02** | Étude d'exécution de drainage et assainissement | F | 1.00 | 25,893,725.05 | 25,893,725.00 |
| **2.03** | Étude d'exécution des quais et des Gares | F | 1.00 | 16,342,408.27 | 16,342,408.00 |
| **TOTAL ÉTUDE D'EXECUTION POSE DE VOIE DE LA LIGNE** | | | | | **95,169,573.00** |
| **3 - DEGAGEMENT DES EMPRISES** | | | | | |
| **3.01** | Dépose de la voie existante. | ML | 1,291.00 | 2,220.65 | 2,868,589.00 |
| **3.02** | Dépose d'appareils de voie existants. | U | 11.00 | 33,074.00 | 363,814.00 |
| **3.03** | Demolition d'ouvrage massifs | M3 | 742.00 | 10,154.50 | 7,541,239.00 |
| **3.04** | Démolition de buses en béton armé existantes | ML | 127.00 | 2,988.00 | 381,149.00 |
| **TOTAL DEGAGEMENT DES EMPRISES** | | | | | **11,088,643.00** |
| **4 - TERRASSEMENTS GENERAUX** | | | | | |
| **4.01** | Décapage de terre végétale sur une épaisseur de 0,2 m | M3 | 17680.00 | 500.00 | 8,840,000.00 |
| **4.02** | Déblais en terrain meuble mis en remblai | M3 | 18,708.00 | 778.00 | 14,555,166.00 |
| **4.03** | Déblais en terrain meuble mis en dépôt | M3 | 17,800 | 540.00 | 9,612,000.00 |
| **4.04** | Fourniture et mise en œuvre de la couche de forme | M3 | 44639.00 | 885.54 | 39,529,620.00 |
| **4.05** | Fourniture et mise en œuvre de la couche de fondation | M3 | 22683.00 | 3,200.00 | 71,585,600.00 |
| **4.06** | Fourniture et mise en œuvre de la couche de s/ballast | M3 | 24725.00 | 3,200.00 | 77,120,000.00 |
| **TOTAL TERRASSEMENTS GENERAUX** | | | | | **221,242,386.00** |
| **5 - DRAINAGE ET ASSAINISSEMENTS** | | | | | |
| **5.01** | Fourniture et mise en œuvre de caniveau trapézoïdal en béton armé élément préfabriqué. | ML | 15,684.00 | 940.00 | 15,743,740.00 |
| **5.02** | Dalot en béton armé type B, C, D, D1, H, et E | M3 | 487,65.00 | 44,500.00 | 21,700,425.00 |
| **5.03** | Protection des fondations en enrochement | M3 | 7345.00 | 6,400.00 | 47,012,160.00 |
| **5.04** | Buses de tuyaux en béton armé Ø 1500 mm | ML | 60 | 7,500.00 | 450,000.00 |
| **TOTAL DRAINAGE ET ASSAINISSEMENTS** | | | | | **84,906,325.00** |
| **6- TRAVAUX DE LA VOIE** | | | | | |
| **6.01** | Ballastage voie nouvelle | M3 | 33,170.00 | 5,500.00 | 189,101,000.00 |
| **6.02** | Fourniture des rails NEUFS UIC 60 (60,34 kg/m) | Tonne | 1,650.00 | 121,250.00 | 200,067,350.00 |
| **6.03** | Fourniture des traverses bi-bloc | U | 23,692.00 | 8,245.00 | 195,340,540.00 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **6.04** | Fourniture des attachés pour rails UIC 60 | U | 21,458.00 | 523.80 | 22,622,080.00 |
| **6.05** | Pose de la voie | ML | 12,737.00 | 5,626.00 | 71,662,075.00 |
| **6.06** | Fourniture des appareils de voie simples UIC 60-500-1/12 | U | 8.00 | 15,899,976.16 | 127,199,809.00 |
| **6.07** | Fourniture des appareils de voie simples UIC 60-300-1/7 | U | 9.00 | 12,626,324.23 | 113,636,918.00 |
| **6.08** | Pose des appareils de voie simples UIC 60-500-1/12 | U | 8.00 | 614,526.52 | 4,916,212.16 |
| **6.09** | Pose des appareils de voie simples UIC 60-300-1/7 | U | 9.00 | 543,302.82 | 4,889,725.38 |
| **6.10** | Soudage électrique | U | 2,126.00 | 9,500.00 | 20,200,567.00 |
| **6.11** | Traverses de Garage Franc | U | 17.00 | 40,891.56 | 695,156.00 |
| **6.12** | Heurtoir | U | 3.00 | 936,686.56 | 2,810,059.00 |
| **TOTAL TRAVAUX DE LA VOIE** | | | | | **952,446,337.00** |
| **7 - BATIMENTS GARES ET AMENAGEMENT EXTERIEUR** | | | | | |
| **7.01** | Réalisation des travaux d'aménagement extérieur de lagare de Maa Labiod | F | 1 | 83,803,927.70 | 83,803,927.70 |
| **7.02** | Réalisation du bâtiment Voyageurs de la gare de ElMaa Labiod | M2 | 81.00 | 92,000.00 | 7,534,800.00 |
| **TOTAL TRAVAUX DE GARE** | | | | | **91,338,727.00** |
| **8 - SIGNALISATION ET ELECTRIFICATION** | | | | | |
| **8.01** | Signalisation et électrification | F | 1 | 251,195,292.00 | 251,195,292.00 |
| **TOTAL SIGNALISATION ET ELECTRIFICATION** | | | | | **251,195,292.00** |
| **9 -OVRAGE DART** | | | | | |
| **9.01** | OVRAGE DART | M2 | 2652 | 400000,00 | 1,060,800.000 |
| **PRIX TOTAL HORS TAXES** | | | | | **1,819,009,084.00** |
| **MONTANT DE LA T. V. A (19 %)** | | | | | **345,611,725.00** |
| **MONTANT DU PROJET EN T.T.C** | | | | | **2,164,620,809.00** |

- **Montant total en DA HT :**

**Deux milliards cent soixante-quatre millions six cent vingt mille huit cent neuf**

# CONCLUSION GENERALE

L'investissement dans le secteur ferroviaire est considéré comme un élément crucial pour le développement socio-économique, ce qui explique sa grande sensibilité. En Algérie, le gouvernement consacre des budgets importants pour améliorer les services et étendre le réseau ferroviaire. Notre projet porte sur l'étude du tracé de la voie entre TENOUKLA et DJEBEL EL ONK, sur la ligne ferroviaire TEBESSA-DJEBEL EL ONK

Dans notre travail, nous avons réalisé l'étude APD (Avant-Projet Détaillé) sur une distance de 13 kilomètres. Cela inclut des études géométriques pour définir précisément le tracé du projet, des études géologiques et géotechniques pour analyser les caractéristiques mécaniques du sol, ainsi que des études hydrauliques pour déterminer les ouvrages nécessaires à l'évacuation des eaux pluviales et souterraines. Ces études sont accompagnées de la conception des fondations et des terrassements, ce qui permet de définir les volumes nécessaires et d'estimer le coût d'investissement du projet

De plus, nous avons acquis une expérience précieuse dans l'utilisation de logiciels tels que CIVIL 3D, SLAID 6 e pour réaliser ces études. L'application des normes de l'UIC (Union internationale des chemins de fer) et de la SNTF (Société nationale des transports ferroviaires) a également été indispensable pour mener à bien notre travail

**ANNEXE A**

# ANNEXES

# ANNEXE A

**Listing de la géométrie de l'axe en plan**

| | |
|---|---|
| **Client:** **OUKR** Your Company Name: **ENSTP** | Axe en plan : AXE PFE Logiciel **: Civil 3D 2024** |
| Préparer : **GRINOU FAYSSAL**<br>**HADJOUTI ABDORRAOUF** | **Description :** Plage d'abscisse : Début :95+000<br>.Fin: 107+759 |

# ANNEXE A

---

Tangent Data

| Description | PT Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| Start: | 950+00.000 | 3847621.582 | 413843.955 |
| End: | 957+37.837 | 3847095.953 | 414361.755 |

Tangent Data

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 737.837 | Course: | S 44° 34' 12.2640" E |

Spiral Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| TS: | 957+37.837 | 3847095.953 | 414361.755 |
| SPI: | | 3847053.200 | 414403.871 |
| SC: | 958+27.837 | 3847033.217 | 414426.263 |

Spiral Curve Data: clothoid

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 90.000 | L Tan: | 60.013 |
| Radius: | 700.000 | S Tan: | 30.012 |
| Theta: | 03° 40' 59.8804" | P: | 0.482 |
| X: | 89.963 | K: | 44.994 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Y: | 1.928 | A: | 250.998 |
| Chord: | 89.983 | Course: | S 45° 47' 52.0695" E |

Curve Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| SC: | 958+27.837 | 3847033.217 | 414426.263 |
| RP: | | 3847555.484 | 414892.349 |
| CS: | 960+86.826 | 3846900.020 | 414646.654 |

Circular Curve Data

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Delta: | 21° 11' 54.6140" | Type: | LEFT |
| Radius: | 700.000 | | |
| Length: | 258.989 | Tangent: | 130.992 |
| Mid-Ord: | 11.944 | External: | 12.151 |
| Chord: | 257.514 | Course: | S 58° 51' 09.4515" E |

Spiral Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| CS: | 960+86.826 | 3846900.020 | 414646.654 |
| SPI: | | 3846889.486 | 414674.756 |
| ST: | 961+76.826 | 3846872.075 | 414732.188 |

Spiral Curve Data: clothoid

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 90.000 | L Tan: | 60.013 |
| Radius: | 700.000 | S Tan: | 30.012 |

# ANNEXE A

| | | | |
|---|---|---|---|
| Theta: | 03° 40' 59.8804" | P: | 0.482 |
| X: | 89.963 | K: | 44.994 |
| Y: | 1.928 | A: | 250.998 |
| Chord: | 89.983 | Course: | S 71° 54' 26.8334" E |

Tangent Data

| Description | PT Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| Start: | 961+76.826 | 3846872.075 | 414732.188 |
| End: | 977+42.387 | 3846417.883 | 416230.418 |

Tangent Data

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 1565.561 | Course: | S 73° 08' 06.6389" E |

Spiral Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| TS: | 977+42.387 | 3846417.883 | 416230.418 |
| SPI: | | 3846398.535 | 416294.240 |
| SC: | 978+42.387 | 3846386.235 | 416325.245 |

Spiral Curve Data: clothoid

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 100.000 | L Tan: | 66.691 |
| Radius: | 600.000 | S Tan: | 33.355 |
| Theta: | 04° 46' 28.7339" | P: | 0.694 |
| X: | 99.931 | K: | 49.988 |
| Y: | 2.776 | A: | 244.949 |
| Chord: | 99.969 | Course: | S 71° 32' 37.3978" E |

# ANNEXE A

Curve Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| SC: | 978+42.387 | 3846386.235 | 416325.245 |
| RP: | | 3845828.521 | 416103.986 |
| CS: | 986+81.295 | 3845706.344 | 416691.415 |

Circular Curve Data

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Delta: | 80° 06' 35.1511" | Type: | RIGHT |
| Radius: | 600.000 | | |
| Length: | 838.907 | Tangent: | 504.440 |
| Mid-Ord: | 140.743 | External: | 183.875 |
| Chord: | 772.225 | Course: | S 28° 18' 20.3295" E |

Spiral Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| CS: | 986+81.295 | 3845706.344 | 416691.415 |
| SPI: | | 3845673.687 | 416684.623 |
| ST: | 987+81.295 | 3845609.751 | 416665.655 |

Spiral Curve Data: clothoid

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 100.000 | L Tan: | 66.691 |
| Radius: | 600.000 | S Tan: | 33.355 |
| Theta: | 04° 46' 28.7339" | P: | 0.694 |
| X: | 99.931 | K: | 49.988 |
| Y: | 2.776 | A: | 244.949 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Chord: | 99.969 | Course: | S 14° 55' 56.7389" W |

Tangent Data

| Description | PT Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| Start: | 987+81.295 | 3845609.751 | 416665.655 |
| End: | 989+61.156 | 3845437.317 | 416614.500 |

Tangent Data

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 179.861 | Course: | S 16° 31' 25.9800" W |

Spiral Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| TS: | 989+61.156 | 3845437.317 | 416614.500 |
| SPI: | | 3845379.783 | 416597.431 |
| SC: | 990+51.156 | 3845350.522 | 416590.761 |

Spiral Curve Data: clothoid

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 90.000 | L Tan: | 60.013 |
| Radius: | 700.000 | S Tan: | 30.012 |
| Theta: | 03° 40' 59.8804" | P: | 0.482 |
| X: | 89.963 | K: | 44.994 |
| Y: | 1.928 | A: | 250.998 |
| Chord: | 89.983 | Course: | S 15° 17' 46.1745" W |

Curve Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|

# ANNEXE A

| | | | |
|---|---|---|---|
| SC: | 990+51.156 | 3845350.522 | 416590.761 |
| RP: | | 3845194.954 | 417273.256 |
| CS: | 991+76.597 | 3845226.380 | 416573.961 |

Circular Curve Data

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Delta: | 10° 16' 03.0104" | Type: | LEFT |
| Radius: | 700.000 | | |
| Length: | 125.441 | Tangent: | 62.889 |
| Mid-Ord: | 2.808 | External: | 2.819 |
| Chord: | 125.273 | Course: | S 07° 42' 24.5944" W |

Spiral Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| CS: | 991+76.597 | 3845226.380 | 416573.961 |
| SPI: | | 3845196.398 | 416572.614 |
| ST: | 992+66.597 | 3845136.396 | 416573.777 |

Spiral Curve Data: clothoid

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 90.000 | L Tan: | 60.013 |
| Radius: | 700.000 | S Tan: | 30.012 |
| Theta: | 03° 40' 59.8804" | P: | 0.482 |
| X: | 89.963 | K: | 44.994 |
| Y: | 1.928 | A: | 250.998 |
| Chord: | 89.983 | Course: | S 00° 07' 03.0143" W |

# ANNEXE A

Tangent Data

| Description | PT Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| Start: | 992+66.597 | 3845136.396 | 416573.777 |
| End: | 993+75.403 | 3845027.611 | 416575.885 |

Tangent Data

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 108.805 | Course: | S 01° 06' 36.7912" E |

Spiral Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| TS: | 993+75.403 | 3845027.611 | 416575.885 |
| SPI: | | 3844960.937 | 416577.177 |
| SC: | 994+75.403 | 3844927.640 | 416575.259 |

Spiral Curve Data: clothoid

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 100.000 | L Tan: | 66.687 |
| Radius: | 650.000 | S Tan: | 33.352 |
| Theta: | 04° 24' 26.5236" | P: | 0.641 |
| X: | 99.941 | K: | 49.990 |
| Y: | 2.563 | A: | 254.951 |
| Chord: | 99.974 | Course: | S 00° 21' 31.7850" W |

Curve Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| SC: | 994+75.403 | 3844927.640 | 416575.259 |
| RP: | | 3844965.024 | 415926.335 |

# ANNEXE A

| | | | |
|---|---|---|---|
| CS: | 1004+41.250 | 3844315.267 | 415944.098 |

Circular Curve Data

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Delta: | 85° 08' 12.7879" | Type: | RIGHT |
| Radius: | 650.000 | | |
| Length: | 965.847 | Tangent: | 597.045 |
| Mid-Ord: | 171.295 | External: | 232.589 |
| Chord: | 879.412 | Course: | S 45° 51' 56.1263" W |

Spiral Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| CS: | 1004+41.250 | 3844315.267 | 415944.098 |
| SPI: | | 3844314.355 | 415910.758 |
| ST: | 1005+41.250 | 3844317.661 | 415844.153 |

Spiral Curve Data: clothoid

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 100.000 | L Tan: | 66.687 |
| Radius: | 650.000 | S Tan: | 33.352 |
| Theta: | 04° 24' 26.5236" | P: | 0.641 |
| X: | 99.941 | K: | 49.990 |
| Y: | 2.563 | A: | 254.951 |
| Chord: | 99.974 | Course: | N 88° 37' 39.5324" W |

# ANNEXE A

Tangent Data

| Description | PT Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| Start: | 1005+41.250 | 3844317.661 | 415844.153 |
| End: | 1009+72.541 | 3844339.041 | 415413.392 |

Tangent Data

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 431.291 | Course: | N 87° 09' 30.9562" W |

Spiral Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| TS: | 1009+72.541 | 3844339.041 | 415413.392 |
| SPI: | | 3844342.016 | 415353.453 |
| SC: | 1010+62.541 | 3844341.575 | 415323.444 |

Spiral Curve Data: clothoid

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 90.000 | L Tan: | 60.013 |
| Radius: | 700.000 | S Tan: | 30.012 |
| Theta: | 03° 40' 59.8804" | P: | 0.482 |
| X: | 89.963 | K: | 44.994 |
| Y: | 1.928 | A: | 250.998 |
| Chord: | 89.983 | Course: | N 88° 23' 10.7617" W |

Curve Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| SC: | 1010+62.541 | 3844341.575 | 415323.444 |
| RP: | | 3843641.650 | 415333.730 |

# ANNEXE A

| | | | |
|---|---|---|---|
| CS: | 1014+82.885 | 3844213.317 | 414929.753 |

Circular Curve Data

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Delta: | 34° 24' 20.1613" | Type: | LEFT |
| Radius: | 700.000 | | |
| Length: | 420.344 | Tangent: | 216.724 |
| Mid-Ord: | 31.315 | External: | 32.782 |
| Chord: | 414.057 | Course: | S 71° 57' 19.0828" W |

Spiral Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| CS: | 1014+82.885 | 3844213.317 | 414929.753 |
| SPI: | | 3844195.997 | 414905.243 |
| ST: | 1015+72.885 | 3844158.286 | 414858.559 |

Spiral Curve Data: clothoid

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 90.000 | L Tan: | 60.013 |
| Radius: | 700.000 | S Tan: | 30.012 |
| Theta: | 03° 40' 59.8804" | P: | 0.482 |
| X: | 89.963 | K: | 44.994 |
| Y: | 1.928 | A: | 250.998 |
| Chord: | 89.983 | Course: | S 52° 17' 48.9272" W |

Tangent Data

| Description | PT Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|

# ANNEXE A

| | | | |
|---|---|---|---|
| Start: | 1015+72.885 | 3844158.286 | 414858.559 |
| End: | 1032+26.923 | 3843118.920 | 413571.874 |

Tangent Data

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 1654.038 | Course: | S 51° 04' 09.1217" W |

Spiral Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| TS: | 1032+26.923 | 3843118.920 | 413571.874 |
| SPI: | | 3843089.593 | 413535.569 |
| SC: | 1032+96.923 | 3843075.645 | 413516.859 |

Spiral Curve Data: clothoid

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 70.000 | L Tan: | 46.670 |
| Radius: | 900.000 | S Tan: | 23.337 |
| Theta: | 02° 13' 41.4091" | P: | 0.227 |
| X: | 69.989 | K: | 34.998 |
| Y: | 0.907 | A: | 250.998 |
| Chord: | 69.995 | Course: | S 51° 48' 42.8905" W |

Curve Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| SC: | 1032+96.923 | 3843075.645 | 413516.859 |
| RP: | | 3843797.219 | 412978.963 |
| CS: | 1036+52.279 | 3842924.257 | 413197.911 |

Circular Curve Data

# ANNEXE A

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Delta: | 22° 37' 21.7237" | Type: | RIGHT |
| Radius: | 900.000 | | |
| Length: | 355.357 | Tangent: | 180.023 |
| Mid-Ord: | 17.482 | External: | 17.828 |
| Chord: | 353.053 | Course: | S 64° 36' 31.3927" W |

Spiral Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| CS: | 1036+52.279 | 3842924.257 | 413197.911 |
| SPI: | | 3842918.580 | 413175.275 |
| ST: | 1037+22.279 | 3842908.995 | 413129.600 |

Spiral Curve Data: clothoid

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 70.000 | L Tan: | 46.670 |
| Radius: | 900.000 | S Tan: | 23.337 |
| Theta: | 02° 13' 41.4091" | P: | 0.227 |
| X: | 69.989 | K: | 34.998 |
| Y: | 0.907 | A: | 250.998 |
| Chord: | 69.995 | Course: | S 77° 24' 19.8948" W |

Tangent Data

| Description | PT Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| Start: | 1037+22.279 | 3842908.995 | 413129.600 |
| End: | 1043+30.170 | 3842784.146 | 412534.668 |

Tangent Data

# ANNEXE A

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 607.891 | Course: | S 78° 08' 53.6636" W |

Spiral Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| TS: | 1043+30.170 | 3842784.146 | 412534.668 |
| SPI: | | 3842770.450 | 412469.402 |
| SC: | 1044+30.170 | 3842761.112 | 412437.384 |

Spiral Curve Data: clothoid

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 100.000 | L Tan: | 66.687 |
| Radius: | 650.000 | S Tan: | 33.352 |
| Theta: | 04° 24' 26.5236" | P: | 0.641 |
| X: | 99.941 | K: | 49.990 |
| Y: | 2.563 | A: | 254.951 |
| Chord: | 99.974 | Course: | S 76° 40' 45.0874" W |

Curve Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| SC: | 1044+30.170 | 3842761.112 | 412437.384 |
| RP: | | 3842137.108 | 412619.372 |
| CS: | 1047+27.853 | 3842616.346 | 412180.246 |

# ANNEXE A

Circular Curve Data

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Delta: | 26° 14' 23.8230" | Type: | LEFT |
| Radius: | 650.000 | | |
| Length: | 297.683 | Tangent: | 151.499 |
| Mid-Ord: | 16.967 | External: | 17.422 |
| Chord: | 295.088 | Course: | S 60° 37' 15.2286" W |

Spiral Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| CS: | 1047+27.853 | 3842616.346 | 412180.246 |
| SPI: | | 3842593.814 | 412155.656 |
| ST: | 1048+27.853 | 3842545.116 | 412110.096 |

Spiral Curve Data: clothoid

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 100.000 | L Tan: | 66.687 |
| Radius: | 650.000 | S Tan: | 33.352 |
| Theta: | 04° 24' 26.5236" | P: | 0.641 |
| X: | 99.941 | K: | 49.990 |
| Y: | 2.563 | A: | 254.951 |
| Chord: | 99.974 | Course: | S 44° 33' 45.3697" W |

Tangent Data

| Description | PT Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| Start: | 1048+27.853 | 3842545.116 | 412110.096 |
| End: | 1054+41.022 | 3842097.356 | 411691.184 |

# ANNEXE A

Tangent Data

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 613.169 | Course: | S 43° 05' 36.7935" W |

Spiral Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| TS: | 1054+41.022 | 3842097.356 | 411691.184 |
| SPI: | | 3842068.145 | 411663.855 |
| SC: | 1055+01.022 | 3842053.917 | 411649.797 |

Spiral Curve Data: clothoid

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 60.000 | L Tan: | 40.002 |
| Radius: | 1100.000 | S Tan: | 20.001 |
| Theta: | 01° 33' 45.4038" | P: | 0.136 |
| X: | 59.996 | K: | 29.999 |
| Y: | 0.545 | A: | 256.905 |
| Chord: | 59.998 | Course: | S 43° 36' 51.9163" W |

Curve Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| SC: | 1055+01.022 | 3842053.917 | 411649.797 |
| RP: | | 3842827.053 | 410867.326 |
| CS: | 1061+51.333 | 3841749.025 | 411086.086 |

Circular Curve Data

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Delta: | 33° 52' 22.0506" | Type: | RIGHT |

# ANNEXE A

| | | | |
|---|---|---|---|
| Radius: | 1100.000 | | |
| Length: | 650.311 | Tangent: | 334.969 |
| Mid-Ord: | 47.708 | External: | 49.871 |
| Chord: | 640.882 | Course: | S 61° 35' 33.2226" W |

Spiral Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| CS: | 1061+51.333 | 3841749.025 | 411086.086 |
| SPI: | | 3841745.047 | 411066.484 |
| ST: | 1062+11.333 | 3841738.164 | 411027.079 |

Spiral Curve Data: clothoid

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 60.000 | L Tan: | 40.002 |
| Radius: | 1100.000 | S Tan: | 20.001 |
| Theta: | 01° 33' 45.4038" | P: | 0.136 |
| X: | 59.996 | K: | 29.999 |
| Y: | 0.545 | A: | 256.905 |
| Chord: | 59.998 | Course: | S 79° 34' 14.5289" W |

Tangent Data

| Description | PT Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| Start: | 1062+11.333 | 3841738.164 | 411027.079 |
| End: | 1062+77.506 | 3841726.778 | 410961.892 |

Tangent Data

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 66.173 | Course: | S 80° 05' 29.6517" W |

# ANNEXE A

Spiral Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| TS: | 1062+77.506 | 3841726.778 | 410961.892 |
| SPI: | | 3841715.302 | 410896.196 |
| SC: | 1063+77.506 | 3841706.847 | 410863.930 |

Spiral Curve Data: clothoid

| Parameter | Value | Paramètre | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 100.000 | L Tan: | 66.691 |
| Radius: | 600.000 | S Tan: | 33.355 |
| Theta: | 04° 46' 28.7339" | P: | 0.694 |
| X: | 99.931 | K: | 49.988 |
| Y: | 2.776 | A: | 244.949 |
| Chord: | 99.969 | Course: | S 78° 30' 00.4107" W |

Curve Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| SC: | 1063+77.506 | 3841706.847 | 410863.930 |
| RP: | | 3841126.441 | 411016.014 |
| CS: | 1065+19.332 | 3841655.093 | 410732.239 |

Circular Curve Data

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Delta: | 13° 32' 36.0717" | Type: | LEFT |
| Radius: | 600.000 | | |
| Length: | 141.826 | Tangent: | 71.245 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Mid-Ord: | 4.186 | External: | 4.215 |
| Chord: | 141.496 | Course: | S 68° 32' 42.8820" W |

Spiral Point Data

| Description | Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| CS: | 1065+19.332 | 3841655.093 | 410732.239 |
| SPI: | | 3841639.317 | 410702.850 |
| ST: | 1066+19.332 | 3841602.993 | 410646.919 |

Spiral Curve Data: clothoid

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 100.000 | L Tan: | 66.691 |
| Radius: | 600.000 | S Tan: | 33.355 |
| Theta: | 04° 46' 28.7339" | P: | 0.694 |
| X: | 99.931 | K: | 49.988 |
| Y: | 2.776 | A: | 244.949 |
| Chord: | 99.969 | Course: | S 58° 35' 25.3534" W |

Tangent Data

| Description | PT Station | Northing | Easting |
|---|---|---|---|
| Start: | 1066+19.332 | 3841602.993 | 410646.919 |
| End: | 1077+37.656 | 3840993.893 | 409709.025 |

Tangent Data

| Parameter | Value | Parameter | Value |
|---|---|---|---|
| Length: | 1118.324 | Course: | S 56° 59' 56.1123" W |

# ANNEXE B

**Profil : Abscisse Sommets et**

| | |
|---|---|
| **Client:** **OUKR** Your Company Name: **ENSTP** | Axe en plan : AXE PFE Logiciel **: Civil 3D 2024** |
| Préparer : **GRINOU FAYSSAL**<br>**HADJOUTI ABDERRAOUF** | **Description :** Plage d'abscisse : Début :95+000.Fin: 107+737.66 |

# ANNEXE B

| PVI | Station | Elevation (m) | Grade Out (%) | Curve Length (m) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 95+000.000 | 861.159 | 0.470 % | 0.000 |
| 2 | 96+350.000 | 867.505 | 0.709 % | 121.768 |
| 3 | 97+275.000 | 874.061 | 0.148 % | 28.612 |
| 4 | 98+539.667 | 875.931 | 0.301 % | 7.838 |
| 5 | 99+726.401 | 879.509 | -0.821 % | 57.266 |
| 6 | 102+175.008 | 859.396 | -0.793 % | 1.442 |
| 7 | 103+999.956 | 844.923 | -0.813 % | 1.037 |
| 8 | 105+100.005 | 835.975 | -0.776 % | 1.916 |
| 9 | 106+075.032 | 828.410 | -1.247 % | 0.000 |
| 10 | 106+655.235 | 821.173 | 0.000 % | 63.611 |
| 11 | 107+737.656 | 821.174 | | |

# ANNEXE C

## ANNEXE C1

### Coefficient de ruissellement Cr

| Couverture Végétale | Morphologie | Pente % | Terrain Sable grossier | Terrain Limoneux | Terrain Argileux |
|---|---|---|---|---|---|
| **Bois** | Presque plat | **p<5** | 0.10 | 0.30 | 0.40 |
| | Ondulé | **5≤p<10** | 0.25 | 0.35 | 0.50 |
| | Montagneux | **10≤p<30** | 0.30 | 0.50 | 0.60 |
| **Pâturage** | Presque plat | **p<5** | 0.10 | **0.30** | 0.40 |
| | Ondulé | **5≤p<10** | 0.15 | **0.36** | 0.55 |
| | Montagneux | **10≤p<30** | 0.22 | **0.42** | 0.60 |
| **Culture** | Presque plat | **p<5** | 0.30 | 0.50 | 0.60 |
| | Ondulé | **5≤p<10** | 0.40 | 0.60 | 0.72 |
| | Montagneux | **10≤p<30** | 0.52 | 0.72 | 0.82 |

## ANNEXE C2

### Coefficient de rugosité Ks

| Nature de l'ouvrage | En terre | Buse métallique | Maçonnerie | Béton (dalot) | Béton (buse préfabriquée) |
|---|---|---|---|---|---|
| Ks | 30 | 40 | 50 | 70 | |

# ANNEXE D

HDJGDJGDHGHE

**ANNEXE D**

# ANNEXE D1

## La classe la portance de la plate-forme

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

# ANNEXE D2

La classe d'arase selon GTR

| Classe d'arase | Module EV2 (MPa) | Dénomination |
|---|---|---|
| AR0 | **<20** | Sol impropre à toute utilisation en tant que sol support. |
| AR1 | **>20 – 50** | Sol de qualité « **passable** ». |
| AR2 | **> 50 - 120** | Sol de qualité « **bonne** ». |
| AR3 | **> 120** | Sol de qualité « **très bonne** ». |

# ANNEXE D3

| Paramètre | Epaisseur (m) | Caractéristiques |
|---|---|---|
| E | 0.70 | Pour les plateformes de classe de portance P1 |
| | 0.55 | Pour les plateformes de classe de portance P2 |
| | 0.45 | Pour les plateformes de classe de portance P3 |
| | | |
| A | 0 | Pour les lignes de groupe UIC 1 et 2 ou ligne V>160 km/h |
| | - 0.05 | Pour les lignes de groupe UIC 3,4 |
| | - 0.10 | Pour les lignes de groupe UIC 5, 6, 7, 8, 9 avec voyageur |
| | - 0.15 | Pour les groupes UIC 7,8 et 9 sans voyageur |
| | | |
| B | 0 | Traverse en bois de longueur 2.6 m |
| | (2.5-L) /2 | Traverse en béton L |
| | | |
| C | 0 | Pour un dimensionnement normal |
| | - 0.05 | Titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC 7, 8,9 sans voyageur |
| | - 0.10 | Titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC autre que 7,8,9 sans voyageur |
| | | |
| D | 0 | Lorsque la charge d'essieu < 200 KN |
| | 0.05 | Lorsque la charge d'essieu < 225 KN |
| | 0.12 | Lorsque la charge d'essieu < 250 KN |
| | | |
| F | 0 | Pour toutes les lignes à V≤ 160 km/h et pour les plateformes P des lignes à grandes vitesses |
| | 0.05 | Pour les plates-formes de portance P2 des lignes à grande vitesse |
| | 0.10 | Pour les plates-formes de portance P1 des lignes à grande vitesse |
| | | |
| G | + géotextile | Lorsque la couche de forme est en sol QS1 et QS2 |
| | 0 | Lorsque la couche de forme est en sol QS3 |

# ANNEXE E

## ANNEXE E1

| | Type de surface | Vol.Inc. | Vol.Cum. |
|---|---|---|---|
| | | m3 | m3 |
| **Abscisse :** 107+737.66 | Ballast | **30** | **34382** |
| | Sous Ballast | **22** | **24725** |
| | Couche De Fondation | **20** | **17427.37** |

### Rapport Quantitative de Matériaux

## ANNEXE E2

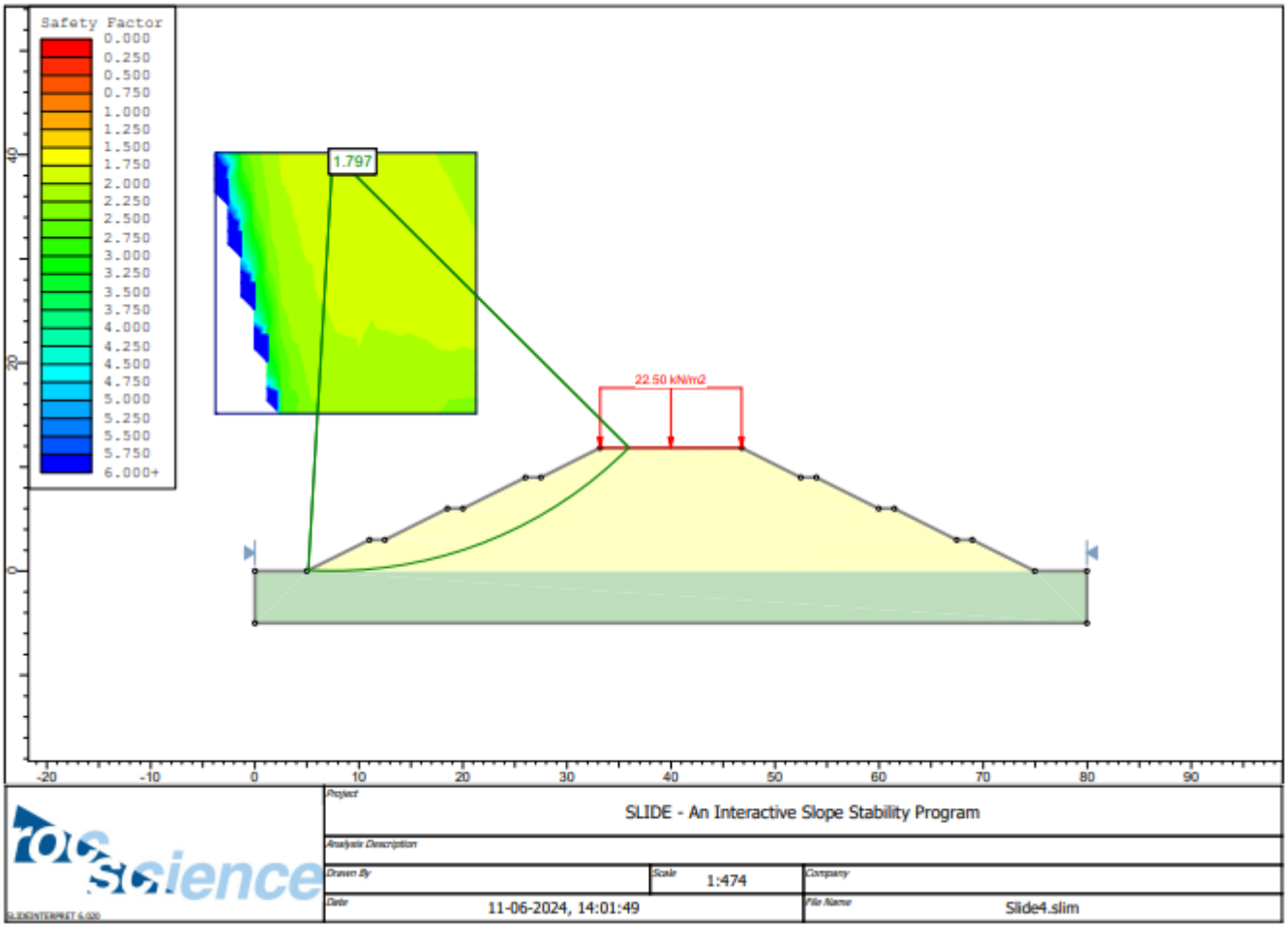
### Rapport Quantitative de Remblais et Déblais

| Abscisse | Surface de déblai (m2) | Volume de déblai (m3) | Surface de remblai (m2) | Volume de remblai (m3) | Vol. déblai Cum. (m3) | Vol. réutilisable Cum. (Cu.m.) | Vol. remblai Cum. (m3) | Vol. Net Cum. (m3) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 107+737.66 | 0.12 | 2066 | 173 | 3196 | 36508.44 | 17800 | 364072.57 | -327566 |

# ANNEXE F

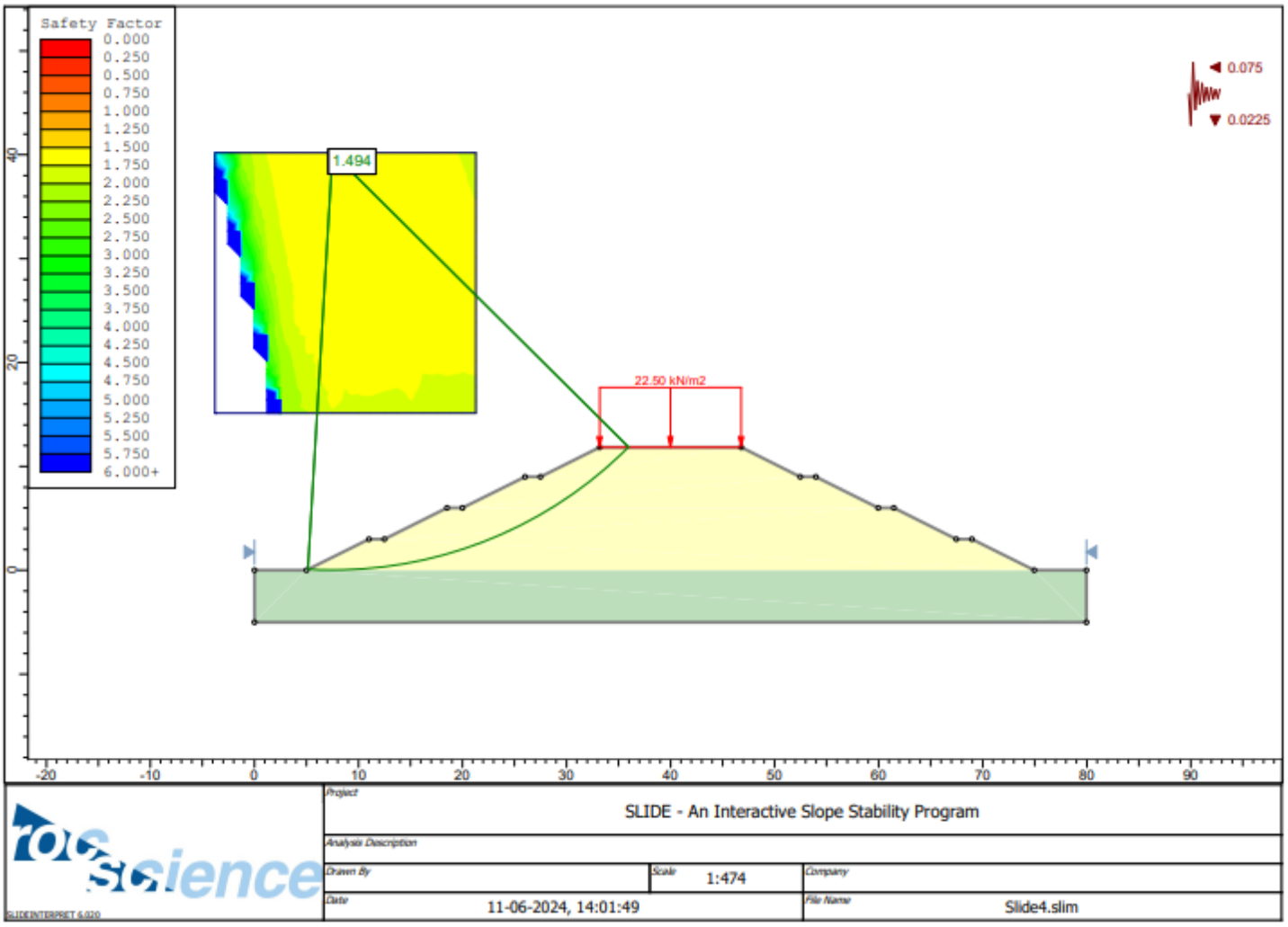
## STABILISATION DES TALUS :

### Dans court terme



# ANNEXE F

## Dans le cas sismique




### Earthquake

Horizontal seismic coefficient : $K_h$ = 0.0750

Vertical seismic coefficient : $K_v$ = 0.0225

# ***LES REFERENCES***


- [1] : Adresse URL : https://ainkerme.blogspot.com/2014/06/algerie-lignes-de-chemin-de-fer.
- [2] : Adresse URL de la Société Nationale des Transports Ferroviaires (SNTF) :https://www.sntf.dz/,
- [3] : Adresse URL, https://m.french.alibaba.com/p-detail/R2660-R350H-uic60-60E1-railway-rail.html,
- [4] : SNTF 2003, IN 2547.
- [5] : SNTF, Référentiel technique, version 02, chapitre 6 : Géométrie de la voie,
- [6] : Groupe d'experts nationaux et internationaux, Règlement Parasismique desOuvrages d'Art 2008, Alger, Ministère des Travaux Publics.
- [7] : SETI-RAIL, (Rapport géotechnique Ligne Minière Tenoukla-Djbel Onk).
- [8] : SETI-RAIL, (Rapport d'étude hydrologique et hydraulique).
- [9] : SETRA, Guide technique : Assainissement routier.
- [10] : UIC719 R, Ouvrages en terre et couches d'assise ferroviaire.
- [11] : WIKIPEDIA, /www.wikipedia.com/,