République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة

فرنسـيس جانســون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Etude APD de dédoublement et modernisation de tracé pour augmenter la capacité de la ligne minière Est Oued Keberit – Djebel Onk, sur le tronçon du PK 80+000 au PK 95+000 avec la conception de la gare DE BIR EL ATER.

Présenté par :

LEMRABET Abdelatif
TAHRAOUI Mouhamed ikbal

Encadré par :

ING. AMOUR Adel

Promotion 2023 / 2024

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

بسم الله الرحمن الرحيم

REMERCIEMENT

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، نحمده ونشكره على جميع نعمه، ونسأله المزيد من فضله وكرمه. أشكر الله تعالى على ما يسره لنا في دراستنا لهذا الموضوع، وعلى ما سهل لنا من الصعاب وهون علينا من المشقات. فالحمد لله والشكر لله.

Nous souhaitons également exprimer notre gratitude envers notre encadreur, **Mr ADEL Amour**, pour son encadrement précieux et ses conseils avisés. Sa disponibilité, sa patience et son expertise ont été d'une importance capitale pour 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 Mr. **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 tenons à exprimer notre profonde gratitude envers les ingénieurs **I.HAMMADI, D.ELFEKAIR, R.BOULHIA, Pour** leur grand soutien et leur accompagnement pendant toute la période de stage

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. **M.BOUREBIA,** Mme. **I.MAKOUDI,** pour leur soutien et leur contribution à notre formation.

Sans oubliant, l'équipe de **COSIDER** et **SETIRAIL** qui ont fourni des efforts et ont sacrifié de leur temps dans le but de partager leur expérience professionnelle notamment Mme. **A.MERIDJI**.

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 travail de mémoire.

إهـداء

بسم الله الرحمن الرحيم والحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين، أما بعد فهذا العمل الذي أمامكم هو توفيق من الله سبحانه وحده وتكرم منه على عبديه لقوله تعالى: " وعلمك مالم تكن تَعْلَمُ وَكَانَ فَضْل الله عليك عظيما (سورة النساء - الآية (113)؛ فنحمد الله تعالى على فضله علينا ونشكره على نعمه الظاهرة والباطنة. فما كان في المحتوى من صواب فمن الله تعالى وما كان من خطإ فمن أنفسنا والشيطان.

من باب شكر الناس ومن باب أولى الوالدين الذين هما السبب المباشر لما حصلناه ولما وصلنا إليه، فأسأل الله لوالدي الحاج ميلود ولوالدتي الكريمة أن يحفظهما ويحسن خاتمتهما ويسكنهما العلى من الجنة. أيضا أتقدم بالشكر لمشائخي وأساتذتي الذين هم نور لي على الدرب دائما، فأرجو الله الكريم أن يجزيهم من الخير كله.

كما أتوجه بالتقدير والعرفان إلى كل الأهل خاصة عمي الحاج الصالح وأخي الحاج محمد، وكل الأقارب والأصحاب بالأخص:

أولاد اعمر البخاري , الشيخ عبد الرزاق , لمرابط عبد العزيز , بولحية عبد الرحيم , الفقير جواد جابر , حجوطي عبد الرؤوف , ڤواسمية محمد الأمين , قطار صهيب, بن عمر سيف الدين , ڤرينو فيصل , داودي اسماعيل ,زايدي جمال, عيشاوي عبد الكريم , بن يحي عبد القادر , الخيري حسين , عبد السلامي عبد الجليل , عبد الكريمي عبد الناصر, عبد الكريمي

على كل عون وتشجيع لإدراك هذا الخير وإتمامه.

وفي الأخير نرجو أن يحصل به الثواب لنا ولوالدينا ولمشائخنا والنفع لإخواننا ممن قرأه أو اطلع عليه. وصلى الله وبارك على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين.

لمرابط عبد اللطيف 6 ذو الحجة 1445هـ, 12 جوان 2024 ڤاريدي القبة - الجزائر العاصمة -

إهـداء

بسم الله الرحمن الرحيم

يقول الله عز وجل في محكم تنزيله : "وما توفيقي إلا بالله"

هذه الآية الكريمة تذكرني دائمًا أن كل نجاح هو بفضل الله وتوفيقه. أدعو الله أن يجعل هذا العمل خالصًا لوجهه الكريم، وأن ينفع به كل من يقرأه.

أتقدم بخالص الشكر والامتنان إلى كل من أسهم وشارك في نجاحي وتحقيق هذا الإنجاز، فأبتدئ بمن أمرنا الله ببرهما والدي الكريمين البروفيسور طهراوي بوعلام ووالدتي الكريمة، فأسأل الله أن يحفظهما ويطيل في اعمارهما، كما أتقدم بالشكر لأخواتي الكريمات و ابني أختي ميسسم و إدريس وكل العائلة الكريمة وكذا كل الأصدقاء والأصحاب

وخاصة :

جعفر خوجة هشام، حناش عبد الرحمان، باية ناصر الدين، حبيش رياض، أوشاك هشام، شايبي ياسين، لسلت مختار، ڤاسم جمال الدين، لمرابط عبد اللطيف، أولاد اعمر البخاري،ڤواسمية أمين، حجوطي عبد الرؤوف، ڤرينو فيصل،بن عمور سيف الدين

كما أقدم تحية خاصة الى شيخي بودراف احمد محمد والى المهندسين الفقير جواد جابر، بولحية عبد الرحيم، حمادي إمام ،بومامش عبد الستار، جعلاب عبد المؤمن ومنصر حمزة الذين قدموا لنا يد العون و رافقونا في رحلة البحث

هذا و صلى الله و سلم على سيدنا محمد و على آله و صحبه أجمعين

طهراوي محمد إقبال 6 ذو الحجة 1445هـ, 12 جوان 2024 ڤاريدي القبة - الجزائر العاصمة

مـــلخـــــص

تتعلق هذه المذكرة بدراسة تفصيلية أولية لما قبل المشروع (A.P.D) لجزء من خط السكة الحديدية الجديد الرابط بين واد الكبريت_ جبل العنق (المقطع من PK80+000إلىPK 95+000)، مع تهيئة محطة بئر العاتر .

وسيعتمد تحديد الخصائص التقنية لخط السكة الحديدية المقترح على التوصيات وكذلك الممارسات التي يتبعها (SNTF الشركة الوطنية للنقل بالسكك الحديدية) وغيرها من أنظمة السكك الحديدية الأكثر تطوراً UIC معايير(الإتحاد الدولي للسكك الحديدية) ، وقد تم تنفيذ النمذجة الهندسية للمشروع تحت برنامج COVADIS 16.0d.

RESUME

Le présent projet consiste essentiellement à l'étude avant-projet détaillé (A.P.D) d'un tronçon de la nouvelle ligne ferroviaire oued Kebret–djebel Onk tançant du au avec l'aménagement et la conception la gare de (tronçon du PK 80+000 au PK 95+000), avec aménagement de la gare de Bir ATER.

L'identification des caractéristiques techniques les plus appropriées pour la ligne ferroviaire projetée sera basée sur les recommandations ainsi que les pratiques qui sont suivies par la SNTF et les autres systèmes ferroviaires plus développés normes UIC (union internationale de chemin de fer), la modélisation géométrique du projet a été exécutée sous logiciel COVADIS 16.0d.

Summary

This project is mainly to study detailed design (ODA) of a section of the new railway line oued Kebret–djebel Onk (the section from PK 80+000 to PK 95+000), with development of the station Bir ATER.

The identification of the most appropriate specifications for the proposed railway line will be based on the recommendations and practices which are followed by SNTF (National Railway Transport Company) and other more developed rail systems UIC standards (International Federation of Railways), geometric modeling of the project was carried out under COVADIS 16.0d software.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE : 1

STRUCTURE DE PROJET DE FIN D'ETUDES : 1

I. RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

I.1 INTRODUCTION : ..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
I.2 LES PROJETS FERROVIAIRES EN ALGERIE : ..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
I.3 QUELQUES AVANTAGES GENERAUX DES VOIES FERREES : .....**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
I.4 INTEGRATION DES AVANTAGES DES VOIES FERREES DANS LES PROJETS D'INFRASTRUCTURE FERROVIAIRE EN ALGERIE : .....**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
I.5 CONCLUSION : ..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

II. PRESENTATION DU PROJET 7

II.1 INTRODUCTION : 7
II.2 PRESENTATION DU SITE : 7
II.2.1 Situation géographique :.....8
II.2.2 Le Relief :.....8
II.2.3 Le Climat :.....9
II.2.4 Température / Précipitation :.....9
II.2.5 Sismicité :.....10
II.2.6 Vent :.....11
II.2.7 Topographie : 11
II.3 DESCRIPTION DU PROJET :.....11
II.3.1 Les caractéristiques du projet :.....12
II.3.2 Caractéristiques de la Voie :.....12
II.4 CONCLUSION :.....12

III. SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE 13

III.1 INTRODUCTION :.....13
III.2 L'ARMEMENT DE LA VOIE : 13
III.2.1 Le rail : 13
III.2.2 Système d'attache :.....16
III.2.3 Traverse :.....17
III.2.4 Ballast **:** 17

IV. TRACE EN PLAN..... 28

IV.1 INTRODUCTION : 28
IV.2 NORMES ET PARAMETRES DE CONCEPTION GEOMETRIQUE : 28
IV.3 TRACE EN PLAN :.....29
IV.3.1 Condition et règles de tracé selon la SNTF :.....30
IV.4 LES ELEMENTS DE TRACE EN PLAN : 31
IV.4.1 Alignement :.....31
IV.4.2 Arc de cercle : 32
IV.4.3 Raccordement progressive : 32
IV.5 LES CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DU TRACE : 32
IV.5.1 Longueur minimum des éléments de tracé :.....32
IV.5.2 Dévers : 33
IV.5.3 Variation de dévers : 37
IV.6 RAYON HORIZONTALE MINIMUM : 39

IV.7 RACCORDEMENTS PROGRESSIFS : 40
IV.8 APPLICATION AU PROJET POUR R = 1000 M : 41

V. PROFIL EN LONG 29

V.1 INTRODUCTION : 29
V.2 DEFINITION : 29
V.3 ELEMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG : 29
V.3.1 Choix des alignements droits : 29
V.3.2 Choix des cercles : 31
V.4 APPLICATION AU PROJET : 32
V.5 CONCLUSION : 32

VI. ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE 33

VI.1 INTRODUCTION : 33
VI.2 ETUDE HYDROLOGIQUE : 33
VI.2.1 Présentation générale : 33
VI.2.2 Caractéristiques morphologiques des bassins versants : 34
VI.2.3 Temps de concentration Tc 35
VI.2.4 L'intensité de pluie : 36
VI.2.5 Le coefficient de ruissellement : 37
VI.3 CALCUL DU DEBIT MAXIMAL DANS LES BASSINS (LES DEBITS DE CRUE) : 38
VI.3.1 Méthode rationnelle 38
VI.3.2 Résultats de calcul des débits par la méthode rationnelle : 39
VI.4 ÉTUDE HYDRAULIQUE 39
VI.4.1 Méthode de MANNING STRICKLER pour le dimensionnement des dalots : 40
VI.4.2 Dimensionnement des ouvrages de drainage transversaux : 40
VI.5 OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT LONGITUDINAUX : 42
VI.5.1 Eléments de drainage longitudinal : 42
VI.5.2 Critère de dimensionnement de base : 43
VI.5.3 Les hypothèses suivantes ont été émises pour le dimensionnement : 43
VI.5.4 Application de notre projet : 44
VI.5.5 Dimensionnement du fossé proposé : 45
VI.6 CONCLUSION : 46

VII. ETUDE GEOTECHNIQUE ET GEOLOGIQUE : 47

VII.1 INTRODUCTIONS : 47
VII.2 L'ETUDE GEOLOGIQUE : 47
VII.2.1 Aperçu géologique régionale : 47
VII.2.2 Contexte géologique de ce tronçon : 48
VII.2.3 Cadre sismique : 48
VII.3 ETUDE GEOTECHNIQUE : 49
VII.3.1 Introduction 49
VII.3.2 Objectifs de l'étude géotechnique 49
VII.3.3 Programme d'investigation géotechnique : 50
VII.3.4 Organisation et Travaux de Reconnaissance Géotechnique 53
VII.4 ANALYSE DU LABORATOIRE : 56
VII.4.1 Essai d'Identification : 56
VII.4.2 Analyse chimique 58
VII.4.3 Essais mécaniques : 59
VII.5 INTERPRETATION DES RESULTATS : 59
VII.6 CONCLUSION : .... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

VIII.ASSISE FERROVIAIRE 61

VIII.1 INTRODUCTION : 61
VIII.2 LE BALLASTE :....61
VIII.2.1 Rôle de ballaste : 61
VIII.2.2 Caractéristique de ballast : 61
VIII.3 SOUS COUCHE : 62
VIII.3.1 Rôle de la sous couche : 62
VIII.4 LA PLATE-FORME : 62
VIII.4.1 Définition : 62
VIII.4.2 Classification de la qualité des sols (UIC 719R) 62
VIII.4.3 Classification des sols pour la plateforme : 63
VIII.4.4 La classe de portance de la plateforme : 64
VIII.4.5 Plate-forme proposée : 64
VIII.5 CALCUL DES EPAISSEURS MINIMALES DES COUCHES D'ASSISE : 65
VIII.5.1 Les paramètres de dimensionnement : 66
VIII.5.2 Application au projet 67
VIII.5.3 Synthèse de la solution 67

IX. PROFILE EN TRAVERS 68

IX.1 INTRODUCTION : 68
IX.2 PROFILE EN TRAVERS : 68
IX.2.1 Les éléments du profil en travers 68
IX.2.2 Profile en travers type de mon projet : 69

X. TERRASSEMENT ET OUVRAGE 70

X.1 INTRODUCTION : 70
X.2 REGLES ET OBJECTIFS 70
X.3 APPLICATION AU PROJET 70
X.3.1 Remblais 70
X.3.2 Déblais 71
X.4 CALCUL DES VOLUMES DES TERRASSEMENTS : 71

XI. CONCEPTION ET AMENAGEMENT DE LA GARE 73

XI.1 INTRODUCTION : 73
XI.2 TYPE DE GARE : 73
XI.3 ETUDE DU PLAN DE MASSE D'UNE GARE : 73
XI.4 AMENAGEMENT DE LA GARE 74
XI.4.1 Installations d'une gare à voyageur : 74
XI.4.2 Marge de glissement à l'aval des signaux : 74
XI.4.3 Garage franc : 75
XI.4.4 La longueur utile d'une voie de stationnement : 75
XI.4.5 Heurtoir : 76
XI.5 CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES GARES : 76
XI.5.1 Déclivité dans les gares : 76
XI.5.2 Quai : 76
XI.5.3 Les appareils de voie 77
XI.6 APPLICATION AU PROJET : 78
XI.6.1 CRITERES DE CONCEPTION 78
XI.6.2 Caractéristiques géométriques: 78
XI.6.3 Positionnement des voies 79
XI.6.4 Assainissement transversale : 80
XI.6.5 Assainissement longitudinal : 80
XI.7 PROFILE EN TRAVERS TYPE ET LE SCHEMA DE LA GARE PROPOSE : 80

XII. SIGNALISATION FERROVIAIRE 81

XII.1 INTRODUCTION : 81
XII.2 OBJET DE LA SIGNALISATION FERROVIAIRE : 81
XII.3 LES SIGNAUX : 81
XII.4 IMPLANTATION DES SIGNAUX EN ALGERIE 81
XII.5 LES TYPES DE SIGNALISATION FERROVIAIRE : 82
XII.5.1 Signalisation classique : 82
XII.5.2 Signalisation moderne : 82
XII.6 LES DIFFERENTS TYPES DE BLOCKS : 83
XII.6.1 Block Manuel (B.M) : 83
XII.6.2 Block automatique à permissivité restreinte (B.A.P.R) : 83
XII.6.3 Block automatique lumineux (B.A.L) : 83
XII.7 SYSTEME DE CANTONNEMENT (SYSTEMES D'ESPACEMENT DES TRAINS) : 83
XII.8 SYSTEME DE CONTROLE ET DE PROTECTION ERTMS 83
XII.9 APPLICATION SUR NOTRE PROJET 84

XIII. IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT 85

XIII.1 INTRODUCTION : 85
XIII.2 OBJECTIF DE L'ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT : 85
XIII.3 LES ELEMENTS ENVIRONNEMENTAUX PRIS EN COMPTE : 85
XIII.3.1 Les ressources en eaux : 85
XIII.3.2 Patrimoine privé : 86
XIII.3.3 Les zones agricoles : 86
XIII.3.4 Le couvert forestier : 86
XIII.3.5 Les zones urbanisées : 86
XIII.4 DESCRIPTION DE SITE ET SON ENVIRONNEMENT 86
XIII.4.1 Environnements physiques : 86
XIII.4.2 Environnement biologique 87
XIII.5 IDENTIFICATION DES EFFETS DU PROJET 87
XIII.6 IDENTIFICATION DES IMPACTS DU PROJET 88
XIII.7 CONCLUSION 88

XIV. DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF 89

CONCLUSION GENERALE 91

LISTE DES FIGURES

FIGURE I-1 LES NOUVELLES LIGNES EN BONNE VOIE .....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
FIGURE II-1 PLAN DE SITUATION DE LA ZONE D'ETUDE 7
FIGURE II-2 LOCALISATION DE LA WILAYA DE TEBESSA 8
FIGURE II-3 CARTE TOPOGRAPHIQUE BIR EL ATER, ALTITUDE, RELIEF. 9
FIGURE II-4 DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE - COURBE DE TEMPERATURE BIR EL ATER 10
FIGURE II-5 BIR EL ATER DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE (DE 2005 AU 2015) 10
FIGURE II-6 CARTE DE LA LIGNE MINIERE ANNABA-DJEBEL ONK 11
FIGURE III-1 PROFIL RAIL DU TYPE UIC60 E1 14
FIGURE III-2 LES CONSTITUANT DE LA SECTION TRANSVERSAL DE RAIL 14
FIGURE III-3 SOUDURE ELECTRIQUE 16
FIGURE III-4 SYSTEME D'ATTACHE SOUPLE NABLA 16
FIGURE III-5 SYSTEME D'ATTACHE UTILISE DANS LE PROJET 17
FIGURE III-6 TRAVERSES BI-BLOC EN BETON ARME 17
FIGURE IV-1 LES ELEMENTS DE TRACE EN PLAN.....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
FIGURE VI-1 LES BASSINS VERSANTS DE L'ALGERIE 33
FIGURE VI-2 DIMENSION D'UN FOSSE. 46
FIGURE VII-1 LES CHAINES MONTAGNEUSES EN ALGERIE 47
FIGURE VII-2 CARTE DE ZONAGE SISMIQUE DU TERRITOIRE NATIONAL (EXTRAIT RPOA) 48
FIGURE VIII-1 STRUCTURE D'ASSISE FERROVIAIRE 65
FIGURE XI-1 SCHEMATISATION DE LA MARGE DE GLISSEMENT. 74
FIGURE XI-2 SCHEMA ILLUSTRATIF DE GARAGE FRANC. 75
FIGURE XI-3 LONGUEUR UTILE. 75
FIGURE XII-1 SCHEMA ILLUSTRATIF DE CANTON. 82
FIGURE XII-2 LE SYSTEME DE CONTROLE DES TRAINS ERTMS 84

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU IV-1 LONGUEUR MINIMUM DES ELEMENTS DE TRACE EN PLAN 33
TABLEAU IV-2 VALEURS DE DEVERS MAXIMALES SELON SNTF 34
TABLEAU IV-3 LES VALEURS MAXIMALES ADMISSIBLES DE L'INSUFFISANCE SELON SNTF 36
TABLEAU IV-4 LES VALEURS MAXIMALES DE L'EXCES ADMISSIBLES SELON SNTF 37
TABLEAU IV-5 LES VALEURS ADMISSIBLES DE LA VARIATION DE DEVERS.....37
TABLEAU IV-6 VARIATION DE L'INSUFFISANCE DE DEVERS DANS LE TEMPS 38
TABLEAU IV-7 LES PARAMETRES GEOMETRIQUES DE TRACE.....40
TABLEAU IV-8 TABLEAU RECAPITULATIF DES PARAMETRES DU TRACE 43
TABLEAU V-1 LES LONGUEURS MINIMALES DES ELEMENTS DE PROFILE EN LONG 30
TABLEAU V-2 VALEURS DE RAYON VERTICAL MINIMALE 31
TABLEAU V-3 VALEURS DES PARAMETRES DE PROFIL EN LONG (SNTF) 32
TABLEAU VI-1 CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES DES BASSINS VERSANTS.....34
TABLEAU VI-2 CALCUL DU TEMPS DE CONCENTRATION AVEC CHAQUE METHODE.....36
TABLEAU VI-3 PARAMETRES A ET B DES COURBES IDF POUR LA REGION DE L'ETUDE 36
TABLEAU VI-4 CALCUL DE L'INTENSITE DE PLUIE 37
TABLEAU VI-5 COEFFICIENT C1.....37
TABLEAU VI-6 COEFFICIENT C2.....37
TABLEAU VI-7 COEFFICIENT C3.....38
TABLEAU VI-8 RESULTATS DE CALCUL DES DEBITS PAR LA METHODE RATIONNELLE.....39
TABLEAU VI-9 VALEURS DU COEFFICIENT DE RUGOSITE.....40
TABLEAU VI-10 LISTE GLOBALE DES OUVRAGES A PROJETER 42
TABLEAU VI-11 CALCUL DES DEBITS A EVACUER DANS LE CAS DE REMBLAI ET DEBLAI.....45
TABLEAU VI-12 CALCUL DES DEBITS DE SATURATION DES FOSSES 45
TABLEAU VII-1 COEFFICIENT D'ACCELERATION DE LA ZONE A.....49
TABLEAU VII-2 PROGRAMME D'INVESTIGATION DE LOT TRACE .....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
TABLEAU VII-3 LES RESULTATS DES PUITS (PR) EFFECTUES 54
TABLEAU VII-4 RESULTATS DES SONDAGES PRESSIOMETRIQUES EFFECTUES.....54
TABLEAU VII-5 RESULTATS DES ESSAIS SPT ET LA CLASSIFICATION CORRESPONDANTE 55
TABLEAU VII-6 RESULTATS DES PENETROMETRES DYNAMIQUES EFFECTUESERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
TABLEAU VII-7 QUALIFICATIF DE LA FRACTION DU SOL CONSTITUEE D'ELEMENTS INFERIEURS A 400 UM .....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
TABLEAU VII-8 LES ESSAIS PHYSIQUES .....ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
TABLEAU VII-9 DES ANALYSES CHIMIQUES 58
TABLEAU VII-10 DES ESSAIS MECANIQUES 59
TABLEAU VIII-1 LES CLASSES DE QUALITE DE SOLS.....63
TABLEAU VIII-2 LA CLASSE LA PORTANCE DE LA PLATE-FORME (NORMES UIC 719R P.34) 64
TABLEAU VIII-3 LES VALEURS DES DIFFERENTS PARAMETRES POUR LE CALCUL DE L'EPAISSEUR 66
TABLEAU VIII-4 DIMENSIONNEMENT DE LA COUCHE COUCHES D'ASSISE 67
TABLEAU VIII-5 STRUCTURE DE LA VOIE 67
TABLEAU X-1 LES CARACTERISTIQUES DE CHAQUE REMBLAI.....70
TABLEAU X-2 LES CARACTERISTIQUES DE CHAQUE DEBLAI.....71
TABLEAU X-3 TABLEAU RECAPITULATIF DES VOLUMES DE TERRASSEMENT 71
TABLEAU X-4 TABLEAU RECAPITULATIF DES VOLUMES DES COUCHES D'ASSISE.....71
TABLEAU XIII-1 LES EFFETS DES SOURCES D'IMPACTS 87
TABLEAU XIII-2 LES SOURCES D'IMPACTS DU PROJET ET LEURS REPERCUTIONS.....88

INTRODUCTION GENERALE :

L'homme a toujours cherché à améliorer son environnement en développant des infrastructures indispensables à son bien-être quotidien. Parmi ces infrastructures, le secteur des transports qui occupe une place primordiale, étant essentiel au développement d'une région. Dans une économie moderne, le transport facilite les échanges entre acteurs économiques, favorise la circulation des personnes, des biens, des idées et des services, et renforce les liens sociaux entre les peuples.

En Algérie, le secteur des transports est en pleine évolution, avec de nombreux projets en cours visant à le rendre plus performant et efficace pour soutenir le développement économique du pays.

Différents modes de transport sont disponibles, tels que le transport routier, maritime, aérien et ferroviaire. Chacun de ces modes est choisi en fonction de critères tels que le coût, la rapidité et la sécurité.

Dans le cadre du processus de développement global, l'Algérie franchit une étape importante dans le domaine du transport ferroviaire en augmentant les réseaux des lignes ferroviaires, en les modernisant, en les électrifiant et en les équipant des systèmes de signalisation et de communication les plus modernes, ainsi qu'en construisant des gares modernes pour les voyageurs et les marchandises. Dans le cadre d'un plan stratégique l'état souhaite mettre en œuvre un plan national visant à relier toutes les régions de l'Algérie avec un réseau ferroviaire d'une portée allant jusqu'à 15 000 kilomètres.

STRUCTURE DE PROJET DE FIN D'ETUDES :

En élaborant notre mémoire de fin d'études sur le domaine ferroviaire, et en tenant compte des compétences techniques acquises durant notre formation à l'École Nationale Supérieure des Travaux Publics, on a opté pour le thème de **« Etude APD de dédoublement, modernisation et/ou rectification de tracé pour augmenter la capacité de la ligne minière Est Oued Keberit – Djebel Onk, sur le tronçon du PK 80+000 au PK 95+000 avec la conception de la gare DE BIR EL ATER ».**

Après une introduction générale, nous avons une présentation du projet (relief, climatologie, sismicité, etc.), Ensuite, nous avons défini les différents composants de la voie, suivie de la conception géométrique du tracé. Nous avons ensuite dimensionné les installations de drainage puis on a présenté l'étude géotechnique et géologique, ainsi que le

dimensionnement de la structure d'assise. Par la suite, nous avons déterminé et, puis abordé le chapitre des ouvrages.

Enfin, dans le chapitre dédié à la gare, nous avons procédé à la conception de celle-ci, suivi d'un devis estimatif quantitatif. Nous avons finalisé notre travail avec une conclusion générale.

CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET

I. Présentation du projet

I.1 Introduction :

Dans le secteur des transports, le chemin de fer Oued Kebrit à Jbel Onk est l'un des projets importants qui contribueront à la relance de la mobilité économique dans les zones des hauts plateaux.

I.2 Présentation du site :

Le projet de dédoublement de la ligne minière de Oued Kebrit à Jbel Onk s'étend sur 176 km, ce qui en fait un projet économique et stratégique majeur. Il figure parmi les grands chantiers initiés dans la wilaya de Tébessa. Ce projet est inclus dans le programme de développement complémentaire du secteur des transports en raison de son impact sur le développement local et l'emploi dans la région. Il implique la construction de 6 grands ouvrages d'art, 346 installations hydrauliques, et 60 canaux de drainage.[1]



Figure I-1 Plan de situation de la zone d'étude

[1] https://www.anesrif.dz

I.2.1 Situation géographique :

La wilaya de Tébessa est située à l'extrême nord-est du pays et fait partie des hauts plateaux Est et des immenses étendues steppiques du pays. Elle s'étend sur une superficie de l'ordre de 13 878 Km² et partage avec la Tunisie une frontière de 297 Km de long (10 communes frontalières). Elle est limitée :[1]

- Au nord, par la wilaya de Souk Ahras,
- A l'ouest, par les wilayas d'Oum El Bouaghi et Khenchla,
- Au sud, par la wilaya d'El Oued,
- A l'est, par la Tunisie.

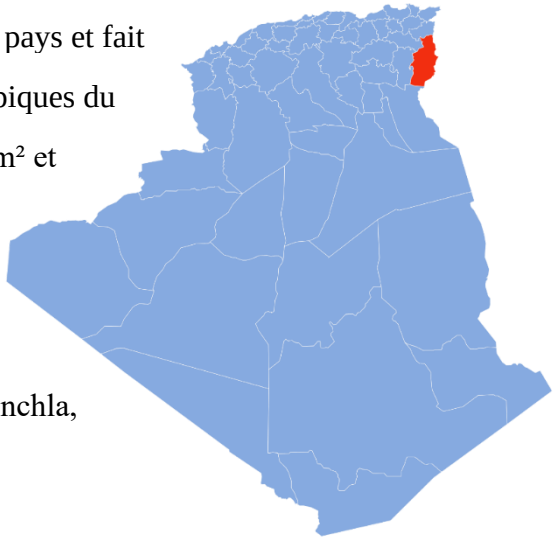


Figure I-2 Localisation de la Wilaya de Tébessa

I.2.2 Le Relief :

La wilaya de Tébessa chevauche sur des domaines physiques différents et est limitée :

Au nord, par le domaine atlasique à structure plissée constituée par :

- Les monts des Nememchas et de Tébessa.
- Les hauts plateaux.
- Les hautes plaines.

Au sud, par le domaine saharien à structure tabulaire constituée par le plateau saharien.

La zone de Bir El Ater est notre zone d'étude, elle est située entre les deux zones géographiques de Tébessa avec une altitude maximum de 1 482 m, une altitude moyenne de 733 m et une altitude minimum de 267 m. cette zone est très peu accidentée par rapport aux autres régions de wilaya.

[1] https://interieur.gov.dz

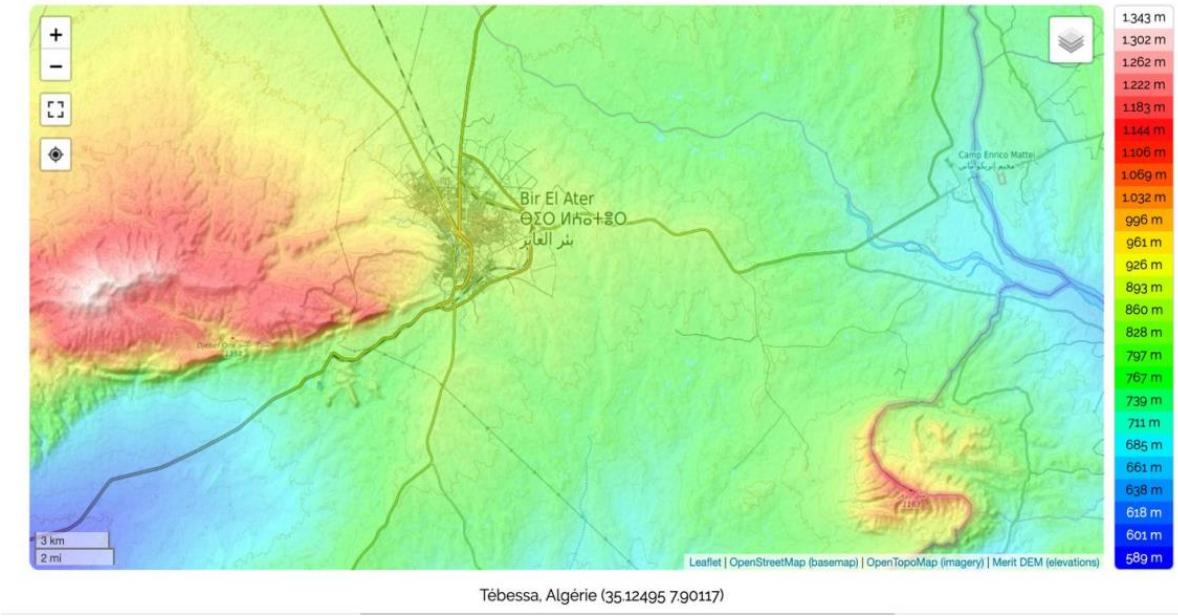


Figure I-3 Carte topographique Bir El Ater, altitude, relief.

I.2.3 Le Climat :

La région de Tébessa se caractérise par trois climats différents : Climats froids semi-arides, Climat méditerranéen chaud-été, Climat chaud du désert, son climat dominant est Le climat semi-aride ou climat semi-désertique.

Le climat dominant de Bir El Ater est de type désertique. Au cours de l'année, il n'y a pratiquement aucune précipitation.

I.2.4 Température / Précipitation :

- La température moyenne annuelle est de 16.8 °C.
- La précipitation moyenne annuelle est de 224 mm.

28.5 °C font du mois de juillet le plus chaud de l'année. Le mois le plus froid de l'année est celui de janvier avec une température moyenne de 6.2 °C.

Juillet est le mois le plus sec, avec seulement 5 mm. Les précipitations record sont enregistrées en avril, elles sont de 27 mm en moyenne.

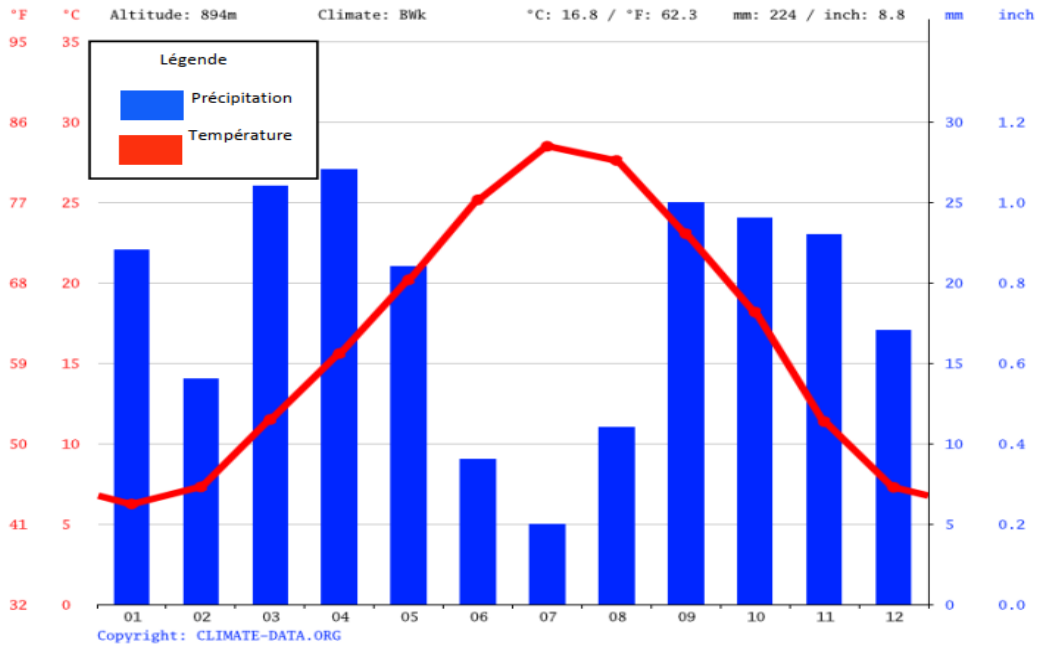


Figure I-4 Diagramme ombrothermique - Courbe de température Bir el Ater

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température 28oyenne (°C)	6.2	7.3	11.5	15.6	20.2	25.1	28.5	27.6	23	18.2	11.4	7.3
Température minimale moyenne (°C)	1.9	2.4	5.8	9.4	13.4	17.9	21	20.8	17.4	13.1	7	3.1
Température maximale (°C)	11.2	12.5	17	21.4	26.2	31.4	34.7	33.6	28.5	23.4	16.1	12.1
Précipitations (mm)	22	14	26	27	21	9	5	11	25	24	23	17
Humidité(%)	70%	61%	51%	45%	40%	32%	29%	34%	48%	54%	65%	71%
Jours de pluie (jrée)	3	2	3	3	3	2	1	2	4	3	3	3

Figure I-5 Bir El Ater Diagramme Ombrothermique (de 2005 au 2015)

I.2.5 Sismicité :

D'après le Règlement parasismique Algérien « RPA 99/version 2003 », le territoire national est divisé en cinq (05) régions sismiques.

La wilaya de Tébessa comme pratiquement toutes les régions des hauts plateaux Algérien, est classée comme une zone de sismicité faible, c'est-à-dire en zone 1.[1]

[1] https://www.tameteo.com

I.2.6 Vent :

La vitesse horaire moyenne du vent à Tébessa connaît une variation saisonnière modérée au Cours de l'année.

1. La période la plus venteuse de l'année dure 6,4 mois, avec des vitesses de vent moyennes supérieures à 14,1 kilomètres par heure. Le mois le plus venteux de l'année à Tébessa est février, avec une vitesse horaire moyenne du vent de 16,3 kilomètres par heure.
2. La période la plus calme de l'année dure 5,6 mois. Le mois le plus calme de l'année à Tébessa est août, avec une vitesse horaire moyenne du vent de 11,9 kilomètres par heure.[1]

I.2.7 Topographie :

- Son altitude varie entre 744 m et 1710 m.
- Altitude moyenne 1066 m.

I.3 Description du projet :

Le projet s'étale sur un linéaire de 176 Km (Oued - Keberet /Djebel –Onk) est scindé en deux (02) tronçons, le premier T1 (Nord) du Pk 55+770 au PK 123+279 (Oued – Keberit Tébessa) ; le second T2 (Sud) du PK 00-000 au PK 107+772 (Tébessa/ Djebel - Onk), Et comprend 13 gares réparties sur le parcours.

Le projet de fin d'études portera sur l'étude de dédoublement et rectification d'un tronçon entre le Lot1 et Lot2 (Pk‘80-000 au Pk 95+000) il s'agit d'un dédoublement et modernisation du tronçon de La ligne minière et rectification du tracé pour augmenter la capacité de la ligne minière, avec l'aménagement de la gare Bir el Ater.



Figure I-6 Carte de la ligne minière Annaba-Djebel Onk

[1] https://www.weatherspark.com

I.3.1 Les caractéristiques du projet :

La ligne présente les caractéristiques suivantes :

- Longueur du projet : 176 km
- La ligne est à voie double.
- Mode de traction mixte : électrique – diesel.
- Électrification : 25 KV.
- Distance axe voie –axe caténaire : 3.15m.
- Pente latérale plateforme : 4%.
- La ligne est mixte voyageurs/marchandises.

I.3.2 Caractéristiques de la Voie :

Caractéristiques géométriques selon les recommandations de la SNTF et les standards UIC sont résumées ci-dessous :

- La pente maximale admissible du profil en long de la ligne est de 16‰ (exceptionnellement 18‰).
- L'entraxe des voies est de 5,00 m.
- Ecartement **:** La voie normale sera construite à écartement normal e = 1435 mm sans sur écartement dans les courbes.
- Gabarit : Le type de gabarit est Gabarit GB de l'UIC
- Charges à l'essieu :
  - Pleine voie 22.5 t.
  - Ouvrages d'art 25t.
- Vitesses : La vitesse de conception de la ligne est de 120 km/h pour les trains voyageurs, et d'une vitesse de 80 km/h pour les trains marchandises
- Plate-forme de voie : repose sur une plateforme à double voie de 13.60m en zone de rectification du tracé, et une demi section de 6.80m en zones de dédoublement avec redans d'accrochage plateforme existante-plateforme projetée de dimensions minimales de 0.6mx0.6m, avec élargissement de la plateforme existante sur 1m pour permettre l'implantation des poteaux caténaires .

I.4 Conclusion :

En somme, la ligne minière reliant Tébessa à Annaba constitue un pilier essentiel de l'économie nationale de l'Algérie. La rectification et la modernisation de cette voie sont donc des étapes cruciales pour maximiser ses avantages et garantir sa pérennité à long terme.

CHAPITRE III : SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

II. Superstructure de la voie

II.1 Introduction :

La superstructure ferroviaire comprend toutes les installations fixes qui permettent d'assurer le guidage des roues des véhicules par les deux files de rails posées parallèlement sur des supports transversaux que l'on nomme traverse reposant sur une couche de ballast cet assemblage d'éléments de caractéristiques physiques et mécaniques différentes qui permettant la transmission les charges des roues à la plate- forme. Pour pouvoir supporter les efforts verticaux, transversaux et longitudinaux.

Cet assemblage est nommé l'armement de la voie.

II.2 L'armement de la voie :

L'armement de la voie constituées de plusieurs éléments il s'agit de :

II.2.1 Le rail :

Les rails sont des poutres en acier mises bout à bout et posées sur les traverses en deux lignes parallèles avec un écartement standard (**e=1435mm**) afin de constituer la voie ferrée.

Le rail doit assurer les fonctions suivantes :

- Supporter les efforts provoqués par la charge roulante, La voie donc reprend les efforts verticaux (poids) et horizontaux (force centrifuge) transmis par le train. Elle est également soumise à des efforts longitudinaux (la dilation ou la rétractation des rails, action d'accélération et de freinage).
- Réaliser le guidage des roues et ces mouvements.
- Transmet le courant électrique, pour assurer la signalisation et pour la traction des trains sur les lignes électrifier.

Le type de rail utilisé dans le projet est de type **Vignole UIC 60 E1 (60.21 kg/m).**

La fabrication et la fourniture des rails seront conformes à la version la plus récente de la norme EN 13674- 1 intitulée « Rails Vignole de masse supérieure ou égale à 46 kg/m ».

Pour une section transversale d'un rail du type Vignole on distingue

- Le patin qui s'appuie sur la traverse.
- Le champignon qui constitue la table de roulement.
- L'âme : c'est la partie verticale qui relie le champignon au patin.
- Table de roulement.

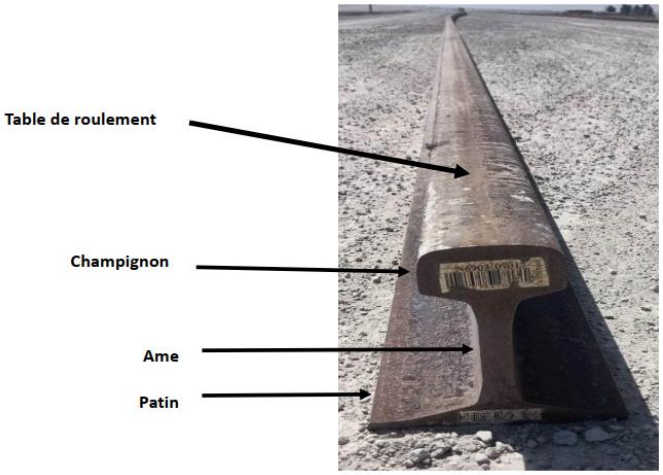


Figure II-1 Profil rail du type UIC60 E1

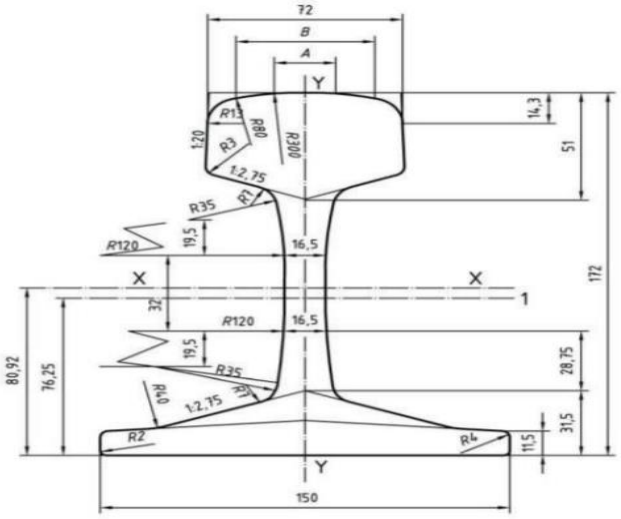


Figure II-2 les constituant de la section transversal de rail

II.2.1.1 Caractéristiques de rails du type UIC 60 E1

- Géométrie : rail -60E [1]
- Surface de la section : 76.70 cm2
- Masse par mètre : 60.21 kg/m
- Moment d'inertie (Axe X – X) : 3038,3 cm4
- Module d'Inertie champignon : 333.6 cm3
- Module d'inertie patin : 375.5 cm3
- Moment d'inertie (Axe- Y-Y) : 512,3 cm4
- Dimension indicative A : 20.456 mm
- Dimension indicative B : 52.053 mm
- Dressage : classe A
- Nuance : 260 (carbone-manganèse)
- Propriétés mécaniques selon la norme EN 13674-1
- Dureté au milieu de la table de roulement entre 260 et 300 HBW,
- Résistance à la traction ≥ 880 N/mm2 et Allongement ≥ 10%.
- Longueur minimum de la barre élémentaire : 18 m.

II.2.1.2 Assemblage des rails :

Les rails sont fabriqués dans des longueurs comprise entre 18 et 36 mètres, pour établir la solidarité des barres qui forment la voie, on est obligé de les reliées solidement à leur extrémité, pour effectuer cette liaison on emploie des éclisses ou des soudures.

II.2.1.3 Le LRS et le soudage des rails :

Les LRS (longs rails soudés) sont largement utilisés sur les réseaux ferroviaires dans le monde parce qu'ils présentent des avantages importants.

La longueur d'un rail est en général de 18 m. La longueur de rail livré au site varie selon la méthode de transport (le moyen de transport disponible). Lorsque le rail est transporté et stocké sur site, le soudage des rails est nécessaire afin de former les longs rails soudés (LRS). La longueur de rail soudé en voie doit être la plus longue possible. Elle peut varier pour tenir compte des règles qui concernent les points particuliers de la voie, (ex les ouvrages d'art) sa fixation, la maintenance, la condition de surveillance ainsi que les influences de la température et les paramètres du matériel roulant. [1]

Les rails de notre projet sera fourni en barres de 18 m. Les barres élémentaires seront soudées par soudure aluminothermique (Mode d'exécution de l'entreprise INFRARAIL) en atelier en barre continue de 16 barres élémentaires x 18 m qui donne 288 m de longueur et soudées aluminothermique aussi en voie.

1. La soudure aluminothermique :

La soudure aluminothermique constitue la dernière étape permettant de faire une voie continue à partir des LRS, longues barres soudées aluminothermique. Le procédé consiste à couler de l'acier liquide, formé par la réaction chimique entre de l'aluminium et des grains d'oxydes de fer, entre des abouts de rails distants de 25 mm et des moules latéraux étanches, en matière réfractaire. Le lingot, après solidification, a refondu les deux extrémités des rails et les a rendus solidaires. Cette soudure, pratique et souple, est d'une bonne qualité quoiqu'encore sensiblement inférieure à celle de la soudure électrique, et nécessite un minimum de surveillance en voie.

[1] https://www.techniques-ingenieur.fr/

2. La soudure électrique : utilisée en atelier ou bien sur place aux niveaux de chantier qui permet de réaliser des longues barres soudées.



Figure II-3 Soudure électrique

3. La longueur de libération des contraintes :

La libération des contraintes consiste à donner une température de référence pour se servir lors des travaux d'entretien (phase d'exploitation). La longueur max à libérer est de 1200 ml dans l'alignement, elle est variable selon le rayon de courbe.

II.2.2 Système d'attache :

Le système d'attache est celui qui assure la fixation des rails sur les traverses pour permettre la transmission des charges et aussi il maintient l'écartement des deux fils de rails.

Le système de fixation du rail appliqué sur ce projet est le Système d'attache souple NABLA.



Figure II-4 Système d'attache souple NABLA

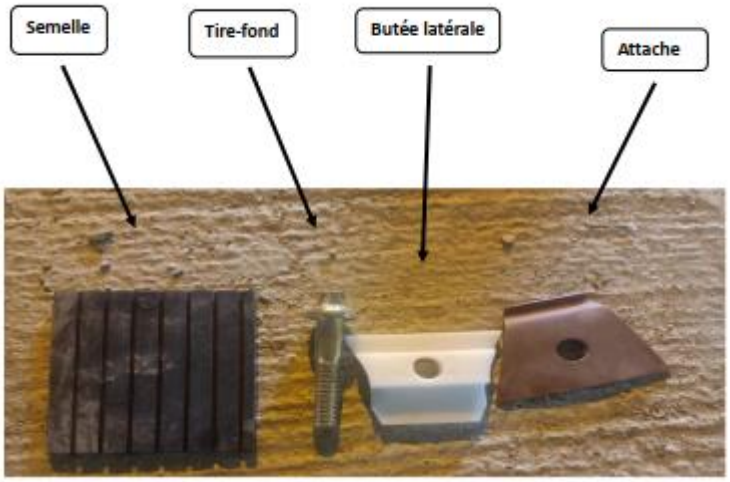


Figure II-5 Système d'attache utilisé dans le projet

II.2.3 Traverse :

Les traverses bi-bloc de type VAX U31 en béton armé pour rail 60-E1 sont utilisées dans toutes les sections de voie courante, les traverses sont posées à raison de 1666 unités au kilomètre (soit au pas de 0,60 m entre axes des traverses).



Figure II-6 traverses bi-bloc en béton armé

II.2.4 Ballast :

Le ballast est un matériau granulaire placé dans la partie supérieure des structures d'assises et entre les traverses. Ce granulat provient du concassage de roches extraites dans des carrières de pierres dures (granit, quartzite, calcaire…). La performance du ballast, pour arriver à répondre à ces fonctions dépend des caractéristiques des particules et notamment de leur granulométrie, forme (angularité), dureté et état de surface (texture, propreté). Ses caractéristiques sont citées dans le chapitre du dimensionnement de l'assise ferroviaire.

CHAPITRE IV : TRACE EN PLAN

III. Tracé en plan

III.1 Introduction :

L'étude géométrique du tracé de la voie est une étape clé dans la conception d'un projet de doublement de ligne ferroviaire. Elle permet de déterminer la forme optimale de la voie et du tracé pour assurer un roulement sûr et efficace des trains.

Dans ce chapitre, nous allons nous concentrer sur l'étude géométrique du tracé de la ligne ferroviaire de Oued KEBRIT à DJEBEL ONK, spécifiquement pour le tronçon allant du PK 80+000 au PK 95+000. L'objectif principal de cette étude est de corriger le tracé existant qui opte pour une vitesse :

80 km/h pour voyageurs et 100 km/h pour les trains marchandises

pour permettre une vitesse de circulation de 120 km/h, tout en répondant aux normes de sécurité ferroviaire.

Le tracé commence du pk 80+000 avec des 5 rayons de la Voie existante sont respectivement (en m) :

1000 :1000 ;1000 ;1060 ;780

La zone d'études est une zone agricole également plat qui chevauche avec la zone urbaine de Bir El ater au pk 93+400

Au pk 95+000 fin du tracé avec une Lignières totale de 15 km

III.2 Normes et paramètres de conception géométrique :

Les normes suivantes sont applicables à la conception de projet de la ligne ferroviaire de Oued Kebrit- Tébessa/ Djebel-Onk :

- Référentiel Technique de la société nationale de transport ferroviaire (SNTF).

- Référentiel RFF/SNCF IN 00272 ; infrastructure de conception version 2 du 30/01/2013, Conception du tracé de la voie courante, V ≤ 220 km/h.
- Référentiel RFF/SNCF IN 00274 ; Mise en œuvre du ballast pour la voie ferrée.
- UIC 703R Caractéristique de tracé des voies parcourus par des trains de voyageur rapide.
- UIC 720R Pose et entretien de la voie en long Rails Soudés.
- UIC 724R Armement pour voie ballast chargée à 25t par essieu.
- La norme EN 13674-1 intitulée « Rails Vignole de masse supérieure ou égale à 46 kg/m
- La norme EN13481-2 (système de fixation des traverses en béton).
- La norme EN 53-695.

III.3 Tracé en plan :

Le tracée en plan de la voie ferrée est une projection orthogonale de tous les points sur un plan horizontale, il est constitué en générale d'une succession d'alignements droits et d'arcs de cercles relié entre eux par des courbes de raccordement progressif.

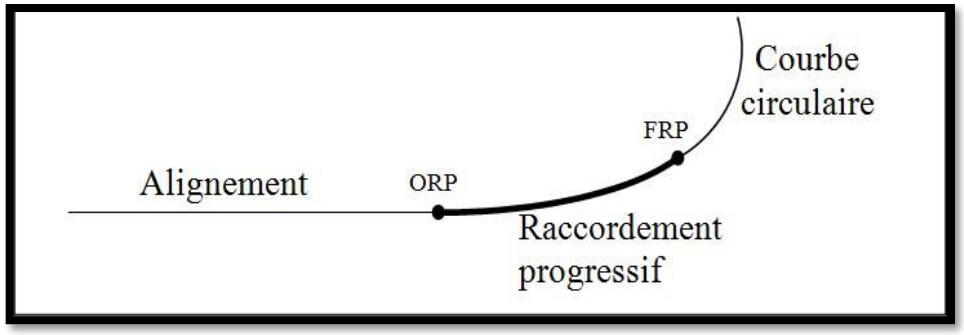


Figure III-1 Les éléments de tracé en plan

En chemin de fer le tracé en plan est caractérisé par deux vitesses :

- **V_V :** vitesse des trains voyageurs (rapides).
- **V_m** : vitesse des trains marchandises (lents).

✓ Alignement : R = ∞.

✓ Courbe circulaire (Arc de cercle) : R = Constante.

✓ Raccordement progressif (Courbe de raccordement) : R =variable.

Notre projet est caractérisé par deux vitesses :

III.3.1 Condition et règles de tracé selon la SNTF :[1]

Pour faire un tracé économique et technique, on doit respecter les règles suivantes :

[1] Référentiel SNTF

- Si c’est une étude d’amélioration de la ligne, on doit se raccorder au réseau existant et ne pas sortir du couloir choisi.
- Raccordement à la voie existante au début et fin du projet.
- Utiliser le maximum d’alignements droit et entre deux courbes la longueur minimale est de Lmin =0.5V (km/h) et supérieure à 30m.
- Respecté le rayon et les longueurs minimum recommandé par la SNTF.
- Suivre les courbes de niveau afin de diminuer les terrassements.
- Eviter le franchissement des oueds et des routes dans la mesure du possible pour éviter les travaux d’ouvrages d’art, dans le cas où on ne peut pas éviter ça, il est préférable que le franchissement se fait perpendiculairement à la ligne d’écoulement des oueds ou bien dans les endroits les plus étroits.
- Eviter les problèmes des talus :

1-talus en déblais : Evité : - présence de nappe.

-Terrains plastiques.

-Présence de roches fissurées.

2-talus en remblais : Eviter : - présence de terrain instable (pouvant être mis en mouvement par le remblai).

- Sol très compressible.

III.4 Les éléments de trace en plan :

III.4.1 Alignement :

Un alignement droit (R= ∞) est techniquement le meilleur tracé pour une voie ferrée car il n'implique pas de force centrifuge, contrairement à une courbe de rayon fini qui va nécessiter un déversement de la voie pour compenser cette force.

III.4.2 Arc de cercle :

Ils sont utilisés dans les chemins de fer lorsque la topographie du terrain ne permet pas de réaliser des alignements droits entre les différents tronçons de voie. Le rayon de courbure des arcs de cercle est choisi en fonction de la vitesse de base des trains et de la configuration du terrain.

III.4.3 Raccordement progressive :

Un raccordement progressif est une courbe à rayon variable qui permet de faire la transition en douceur entre un alignement droit et une courbe complète ou entre deux courbes de rayons différents dans une voie ferrée. La forme courbe utilisée est souvent une clothoïde.

III.5 Les caractéristiques géométriques du tracé :

Le but d'étude est d'identifier un tracé le plus optimisé. 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 :

III.5.1 Longueur minimum des éléments de tracé :

Afin d'amortir suffisamment le roulis de la caisse des véhicules, des longueurs minimales ont été fixées pour les éléments de tracé. '' sntf ''

Tableau 1 Longueur minimum des éléments de tracé en plan[1]

Paramètres	Valeur limite normale	Valeur limites exceptionnelle
Longueur minimum des éléments de tracé	$\frac{V}{2} = 60m$	$\frac{V}{3} = 40m$

III.5.2 Dévers :

Le dévers sera obtenu en surélevant le rail extérieur par rapport au rail intérieur. La variation du dévers à l'entrée et à la sortie d'une courbe sera continue tout au long de la courbe de transition.

A. Dévers maximum admissible :

Le dévers maximum est limité afin de ne pas perturber le confort des voyageurs et d'éviter le déplacement de marchandises lors de l'arrêt impromptu du train fret dans une courbe. Sa valeur selon le référentiel SNTF sont données dans le tableau suivant :

[1] Référentiel SNTF

Tableau 2 Valeurs de devers maximales selon SNTF[1]

Paramètres	Valeur limite normale	Valeur limites exceptionnelle
Devers maximum	160 mm	180 mm

B. Dévers théorique :

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 :

$$Dth = \frac{11.8 * Vmax^2}{R}$$

✓ R : rayon de courbure.

✓ V max: Vitesse de trains voyageurs.

✓ Dth : Devers théorique.

C. Coefficient de dévers et dévers pratique :

[1] Référentiel SNTF

Le choix d'un coefficient de proportionnalité C (appelé coefficient de devers), constant sur une section de voie à trafic homogène donnée, entre le dévers pratique dp et la courbure (1/R) permet de respecter simultanément les valeurs limites normales (ou, dans certain cas, exceptionnelles) des paramètres suivants :

- Devers
- Insuffisance de divers
- Excès de dévers
- Variation de devers
- Variation de l'insuffisance de dévers

La formule donnant le dévers pratique dp est la suivante :

$$\boldsymbol{Dp = \frac{1000 * C}{R}}$$

✓ La valeur optimale du coefficient de dévers étant de l'ordre de $\boldsymbol{C = 0.006 \times V^2}$

✓ V : vitesse des trains les plus rapide en km/h.

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

ll doit satisfaire la condition suivante : $0.5 \leq \frac{C}{0.0118 \times V^2} \leq 0.7$

Pour notre projet on a :

$C = 0.006 \times 120^2 = 86.4$ en prend C = 90

Vérification : $0.5 \leq \frac{90}{0.0118 \times 120^2} \leq 0.7$ $0.5 \leq 0.52 \leq 0.7$

D. Insuffisance de dévers :

On limite l'accélération non compensée, afin d'assurer la sécurité des circulations, le confort des voyageurs et un coût raisonnable de l'entretien de la voie. L'insuffisance de dévers se définit à partir de l'accélération non compensée par la formule suivante :

$$\mathbf{I = dth - dp}$$

Tableau 3 Les valeurs maximales admissibles de l'insuffisance selon SNTF[1]

Paramètres	Valeur limite normale	Valeur limites exceptionnelle
Insuffisance de dévers	150	160

E. L'excès de dévers

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

Il est calculé avec la formule suivante :

$$\boldsymbol{E = Dp - \frac{11.8 \times Vm^2}{R}}$$

✓ Avec V : vitesse des trains lents (marchandises).

[1] Référentiel SNTF

Tableau 4 Les valeurs maximales de l'excès admissibles selon SNTF[1]

Paramètres	Valeur limite normale	Valeur limites exceptionnelle
Excès de dévers	110	130

III.5.3 Variation de dévers :

A. 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 5 Les valeurs admissibles de la variation de dévers[2]

Paramètres	Valeur limite normale (mm/m)	Valeur limites exceptionnelle (mm/m)
Variation de dévers (mm/m)	$\frac{180}{V} = 1.50$	$\frac{216}{V} = 1.80$

[1] Référentiel SNTF
[2] Référentiel SNTF

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

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

$$\frac{dI}{dt} = \frac{I \times V}{3{,}6 \times Lrp}$$

✓ V : vitesse (Km/h)

✓ I : insuffisance de dévers (mm)

✓ Lrp : longueur du raccordement progressif (m)

Tableau 6 Variation de l'insuffisance de dévers dans le temps[1]

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

[1] Référentiel SNTF

III.6 Rayon horizontale minimum :

Le rayon minimum (normal et exceptionnel), sera défini à partir de l'insuffisance de dévers admissible pour les vitesses maximales et à partir de l'excès de dévers pour les vitesses minimales sans que le dévers maximum ne soit dépassé.

Il se traduit par la formule suivante :

$$\frac{11.8 \text{ x } \text{Vmax}^2}{\text{Dp -+Emax}} \geq Rmin \geq \frac{11.8 \text{ x } \text{Vmax}^2}{\text{Dmax+Imax}}$$

- ✓ 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).

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

$$Rmin = \frac{11.8 \text{ x } 120^2}{160 \ + \ 150} = \ 548.13 \text{ m}$$

On prend Rmin= 600m.

III.7 Raccordements progressifs :

Des raccordements progressifs (RP), de type clothoïde avec variation linéaire du dévers des voies, seront mis en œuvre entre alignements et courbes.

D'après les conditions exigées par le référentiel (SNCF/IN0272) on a :

$$\mathbf{Lrp} \geq \boldsymbol{Dp} \times \frac{\boldsymbol{Vmax}}{\mathbf{3.6} \times \frac{\Delta \mathbf{D}}{\Delta \mathbf{t}}}$$

✓ Vmax : Vitesse maximale.

✓ dd/dt : Variation de devers en fonction du temps.

✓ D : dévers pratique.

Tableau 7 les paramètres géométriques de tracé[1]

Paramètre géométrique	Normal	Exceptionnel
Dévers maximal d (mm)	160	180
Rayon minimum (m)	600	/
Longueurs minimales des alignements (m)	60	40

[1] Référentiel SNTF

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)	1.500	1.800
Limite de la variation d'insuffisance de dévers (mm/s)	75	90

III.8 Application au projet pour R = 1000 m :

- **Dévers théorique:** $dth = \frac{11.8 * Vmax^2}{R} = \frac{11.8 * 120^2}{1000} = 169{,}92$ mm.
- **Le coefficient de dévers:** $C = 0.006 \times V^2_{max} = 86{,}40$

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

$$0.5 < \frac{C}{0.0118 \times V^2 max} \leq 0.7$$

$$0.5 < 0{,}53 \leq 0.7 \quad \textbf{vérifié}$$

, alors dans ce cas on prend C = 90 .

- **Le dévers pratique :** Sa valeur est comprise entre celle des trains rapides et celle des trains lents, elle est donnée par :

$$dp = 1000 \times \frac{C}{R} = 1000 \times \frac{90}{1000} = 90 \text{ mm.}$$

Ce dernier ne doit pas dépasser la limite qui est de 160 (180 mm exceptionnelle).

- **Insuffisance de dévers :** $I = dth - dp = 169{,}92 - 90 = 79{,}92\ mm.$

- **Excès de dévers :** $E = dp - \frac{11.8 * V^2 mar}{R} = 90 - \frac{11.8 * 100^2}{1000} = 24{,}48\ mm.$

- **La longueur de clothoïde :** $Lrp = \frac{dp}{\frac{dd}{dl}} = \frac{dp}{\frac{180}{Vmax}} = \frac{90}{1.5} = 60{,}00$ mm.

On prend $L_{rp} = 70$ mm.

- **Limite de la variation de dévers par rapport à la longueur :** $\frac{dd}{dl} = \frac{dp}{Lrp} = \frac{90}{70}$

= 1,28 mm/m.

- **La variation d'insuffisance de dévers :** $\frac{dI}{dt} = \frac{I \times Vmax}{Lrp \times 3{,}6} = \frac{79{,}92 \times 120}{65 \times 3{,}6} = 38{,}06$ mm/s.

Dans le tableau suivant sont présentées le listing des paramètres et des dévers correspondant à chaque rayon qui se trouve pour le tracé sur plan du tronçon d'étude :

Tableau 8 Tableau récapitulatif des paramètres du tracé

Rayon (m)	dth (mm)	C	C adopté	dp (mm)	dp adopté	I (mm)	E (mm)	Lrp (m)	Lrp adopté	dd/dL (mm/m)	dI/dt (mm/s)
1000	169,92	86,40	90,00	90,00	90	79,92	14,48	60,00	70	1,29	38,06
1000	169,92	86,40	90,00	90,00	90	79,92	14,48	60,00	70	1,29	38,06
1000	169,92	86,40	90,00	90,00	90	79,92	14,48	60,00	70	1,29	38,06
1060	160,30	86,40	90,00	84,91	90	70,30	18,75	60,00	70	1,29	33,48
780	217,85	86,40	90,00	115,38	120	97,85	23,18	80,00	90	1,33	36,24

NB : le tracé est réalisé à l'aide de logiciel COVADIS 16.0d et les éléments du tracé en plan sont représentés dans l'annexe.

CHAPITRE V : PROFIL EN LONG

IV. Profil en long

IV.1 Introduction :

La construction du profil en long est la tâche la plus importante par laquelle on peut évaluer un projet ferroviaire, soit sur le plan économique là ou paraîtra l'importance des terrassements (quantité de déblai et de remblai), ouvrage d'art, tunnel, soit sur le plan technique dans la possibilité d'application des règlements en vigueur.

IV.2 Définition :

- **Profil en long du terrain naturel :**

C'est une représentation plane de la surface du terrain naturel suivant un plan vertical le long du tracé en plan, ce profil va être le support pour le profil en long du projet.

- **Profil en long du Projet :**

C'est la représentation de l'allure du projet, en général le tracé d'une voie ferrée en profile est constitué par une succession d'alignement droits raccordé par des courbes paraboliques verticales.

Le profil en long du projet doit impérativement être superposable sur celui de la voie existante.

- **Déclivité :**

On appelle déclivité la tangente de l'angle qui fait le profil en long avec l'horizontale, elle prend le nom de pente pour une descente et rampe pour une monte.

IV.3 Eléments de composition du profil en long :

Un profil en long est constitué d'éléments de lignes droites raccordées par des arcs de cercle en cas de changement de déclivité.

IV.3.1 Choix des alignements droits :

Le profile en long de la voie ferrée est caractérisée par des valeurs très faible de déclivités pour assurer des vitesses de circulation convenables et la sécurité lors de freinage en pente est confort au démarrage de véhicule en rampe, donc la déclivité des droites ne peut pas dépasser un certain maximum fixé par la SNTF.

D'autre part, on emploie un palier de longueur supérieur à 1200m pour l'implantation de la gare, on adopte en générale les déclivités maximales suivantes :

- La déclivité de longueur inférieure à 3000 m, ne doit pas dépasser 16‰ et exceptionnellement 18‰.
- La déclivité de longueur comprise entre 3 000 m et 15 000 m, diminue graduellement pour passer de 16‰ à 13‰, exceptionnellement de 18‰ à 15‰.
- En déclivité de longueur supérieure à 15 000 m, la déclivité ne doit pas dépasser 13‰ et exceptionnellement 15‰.

La position des droites par rapport au terrain naturel dépend de plusieurs facteurs tel que :

- Eviter les terrassements inutiles.
- Equilibrer les remblais-déblais.
- Minimiser le mouvement des terres.
- Eviter d'introduire une pointe bas du profile en long dans une partie de déblais.
- Dans les zones inondables, il est obligatoire de passer avec un profil en remblais dont la hauteur est supérieure à NPHE + 0.5m.
- Les points de placement des appareils de voie ne doivent pas être en déclivité.
- Respecter la longueur minimale des éléments de profile en long, afin d'éviter les oscillations des véhicules dues aux variations successives des déclivités.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

Tableau 9 les longueurs minimales des éléments de profile en long[1]

Valeur normale	V/2
Valeur exceptionnelle	V/2,5

Ces éléments de droites font apparaitre des angles dits « saillants » ou « rentrants » qui correspondent aux zones de raccordement par cercle.

[1] REFERENTIELS TECHNIQUES SNTF

IV.3.2 Choix des cercles :

Lorsqu'un véhicule traverse un changement de déclivité, il subit une accélération verticale brutale aux extrémités du raccordement, qui provoque oscillation de la suspension du véhicule et perturbe le confort des voyageurs.

Cette accélération est donnée par la formule suivante : $Av = \frac{V^2}{3.6^2 * Rv}$.

Pour une vitesse inférieure à 220 km/h la valeur maximale de cette accélération est de 0.22m/s^2 (Av≤0.05g) (exceptionnellement 0.31m/s^2) qui est une valeur de confort acceptable en remplaçant les valeurs de A_V dans la formule $Rv = \frac{V^2}{3.6^2 \times AV}$ on trouve :

Tableau 10 Valeurs de Rayon vertical minimale[1]

Valeur normale	0.35 V^2
Valeur exceptionnelle	0.25 V^2

La position des cercles par rapport au terrain naturel dépend de plusieurs facteurs tel que :

- Il ne doit pas y avoir d'interférence entres les courbes de transition en plans (clothoïde) et les courbe de raccordement en profil en long.
- Les points de placement des appareils de voie ne doivent pas être en courbe.

Remarque :

- V= est la vitesse d'un véhicule rapide en Km/h.
- La longueur minimale des raccordements de déclivité est de 30m pour tenir compte des bases de nivellement des bourreuses.

[1] REFERENTIELS TECHNIQUES SNTF

IV.4 Application au projet :

Les paramètres de profil en long sont indiqués dans le tableau suivant :

Tableau 11 Valeurs des paramètres de profil en long (SNTF)

		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
Rayon minimal en raccordements verticaux (m)	**V = 120 km/h**	**$0.35V^2$**	**$0.25V^2$**	**5040**	3600
La longueur minimale des pentes uniformes et des raccordements en profil en long (m)	V = 120 km/h	V/2	V/2,5	60	48

NB : les éléments du profil en long sont représentés dans l'annexe

IV.5 Conclusion :

La constitution du profil en long est en effet une tâche essentielle dans l'évaluation d'un projet ferroviaire, les résultats obtenus dans cette étude sont conformes au référentiel de l'SNTF, et tous les paramètres nécessaires pour la rectification et le dédoublement du tracé afin d'atteindre la vitesse de 120 km/h sont pris en compte, avec le respect de l'altitude de la voie existante dans la zone de dédoublement.

CHAPITRE VI : ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE

V. Etude hydrologique et hydraulique

V.1 Introduction :

La prise en compte de l'hydraulique est essentielle pour assurer la sécurité et la durabilité des infrastructures ferroviaires.

V.2 Etude hydrologique :

V.2.1 Présentation générale :

Dans le cadre du dédoublement et de la rectification de la ligne minière entre les villes d'Oued Kebrit et Djebel El Onk, cette ligne traverse respectivement les deux grands bassins versants de l'oued Mellègue et du Chott Melghir .

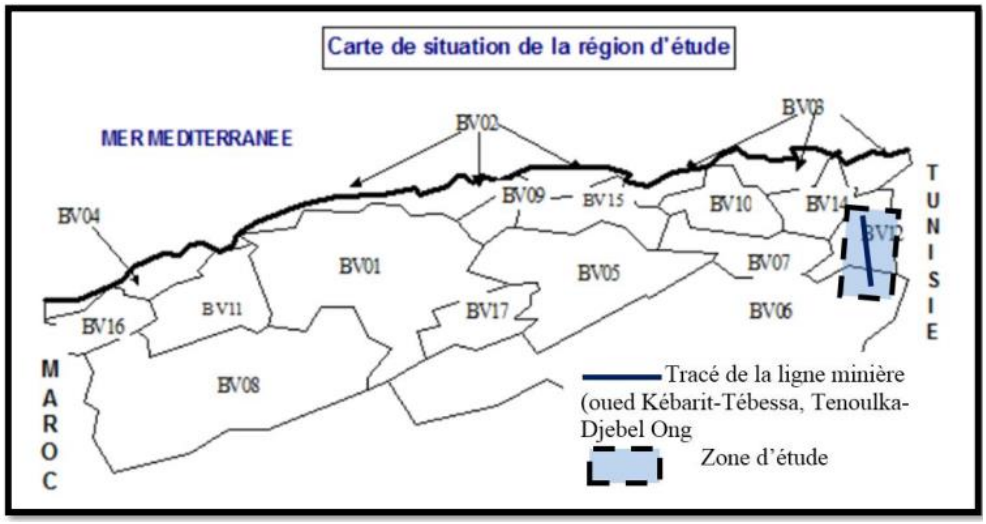


Figure V-1 Les bassins versants de l'Algérie

V.2.2 Caractéristiques morphologiques des bassins versants :

Les caractéristiques des paramètres des bassins versants des oueds traversant sont données par le tableau récapitulatif ci-dessous :

Tableau 12 Caractéristiques morphologiques des bassins versants

N°BV	PK	A (km²)	P (km)	L(Km)	Hmin (m)	Hmax (m)	Hmoy (m)	ΔH (m)	Kc	I (m/m)
1	80+032	4,2	13,5	6,1	900	1205	1052,50	305,0	1,844	0,0500
2	80+287	8,2	17,7	8,2	891	1400	1145,50	509,0	1,731	0,0621
3	80+879	5,5	16,7	6,5	892	1100	996,00	208,0	1,994	0,0320
4	82+415	51,0	33,3	14,9	865	1150	1007,50	285,0	1,306	0,0191
5	84+050	59,0	36,1	16,7	866	1150	1008,00	284,0	1,316	0,0170
6	84+534	61,3	38,2	17,9	857	1150	1003,50	293,0	1,366	0,0164
7	85+470	62,5	40,4	18,4	850	1150	1000,00	300,0	1,431	0,0163
8	86+581	66,1	47,0	19,0	846	1230	1038,00	384,0	1,619	0,0202
9	89+095	20,2	22,3	11,5	852	1116	984,00	264,0	1,389	0,0230
10	90+097	0,5	3,8	0,8	860	868	864,00	8,00	1,505	0,0100
11	92+945	15,0	26,4	12,7	862	1179	1020,50	317,0	1,909	0,0250
12	93+026	2,500	7,20	2.8	854	922	888,00	68,00	1,275	0,0243
13	80+032	1,500	6,80	2.8	854	940	897,00	86,00	1,555	0,0307

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.
- Dh [m] : différence entre l'altitude maximale et minimale du bassin.

P [m/m] : pente du talweg principal → P [m/m] = $\frac{\mathbf{Dh\ [m]}}{\mathbf{L\ [m]}}$ **.**

V.2.3 Temps de concentration Tc

Le temps de concentration représente la durée nécessaire pour que des gouttes d'eau, qui n'ont ni été évaporées ni infiltrées dans le sol, descendent depuis le point le plus élevé du bassin versant jusqu'à l'exutoire. Lorsque ce temps de concentration est écoulé, cela indique que toutes les zones du bassin versant contribuent au débit. Ainsi, il correspond au laps de temps requis pour que la goutte d'eau atteigne son débit maximal.

A. Superficie inférieure à 5 Km² :

Tc est calculé par la formule de **VENTURA :**

$$\mathbf{Tc} = \mathbf{0,1272}\sqrt{\frac{A}{I}}$$

AN BV01: $\mathbf{Tc} = \mathbf{0.1272}\sqrt{\frac{4.2}{0,05}}$ **= 1, 16 h**

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

B. Superficie comprise entre 5 et 25 Km :

Tc est calculé par la formule de **PASSINI :**

$$\mathbf{Tc} = \mathbf{0.108}\frac{(A * L)^{1/3}}{\sqrt{I}}$$

AN BV03: $\mathbf{Tc} = \mathbf{0.108}\frac{(5,5*6,5)^{1/3}}{\sqrt{0,032}}$ **= 1,98 h**

Avec :

Tc [h] : temps de concentration.

A [km2] : surface du bassin versant.

I [m/m] : pente moyenne du bassin.

L [km] : longueur de l'oued principal.

C. Superficie Supérieur à 200 Km² :

Tc est calculé par la formule de **Giandotti : (Superficie > 200 Km2)**

$$\textbf{AN BV04 : Tc} = \frac{(4\sqrt{S}+1{,}5\,L)}{0.8\sqrt{h}} = \frac{(4\sqrt{51}+4*14{,}9)}{0.8\sqrt{285}} = 5{,}33\ h$$

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

Tableau 13 Calcul du temps de concentration avec chaque méthode

N°BV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Tc(h)	1,16	1,76	1,98	5,33	5,85	6,00	6,04	5,50	4,38	0,89	3,93	1,28	0,88
Methode	Ventura	Passini	Passini	Giandotti	Giandotti	Giandotti	Giandotti	Giandotti	Passini	Ventura	Passini	Ventura	Ventura

V.2.4 L'intensité de pluie :

La relation Intensité - Durée - Fréquence est la suivante :

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

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

Pour les données pluviographiques de la région d'étude, nous avons pris en considération la station pluviographique de El Ma Labiod, qui se rapproche le plus de notre tronçon d'étude

Tableau 14 Paramètres a et b des Courbes IDF pour la région de l'étude

Période de Retour T (ans)	$I = aT_c^{\,b}$	
	a	b
2	13,9	-0,79
5	20,8	-0,79
10	25,4	-0,79
20	29,8	-0,79
50	35,5	-0,79
100	39,7	-0,79

Avec : a et b : des Paramètres climatiques (de Montana) pour une période de retour centennale (100 ans) selon l'ANRH sont : **a = 39,7et b = -0,79**

Tableau 15 Calcul de l'intensité de pluie

N°BV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Tc(h)	1,16	1,76	1,98	5,33	5,85	6,00	6,04	5,50	4,38	0,89	3,93	1,28	0,88
L'intensité de pluie I 100(mm/h)	35,21	25,37	23,06	10,58	9,83	9,63	9,58	10,32	12,36	43,22	13,46	32,49	43,62

V.2.5 Le coefficient de ruissellement :

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

- La nature du sol.

- L'état de végétalisation sur la terre écoulée.

- La pente P de l'isohypse.

V.2.5.1 Choix du coefficient de ruissellement :

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

Coefficient C1 : dépendant de la pente du bassin versant :

Tableau 16 Coefficient C1

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

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

Tableau 17 Coefficient C2

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

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

Tableau 18 Coefficient C3

Nature du sol	C2		
Rocheux	0,22	0,26	0,30
Prairie	0,17	0,21	0,25
Labours champs	0,07	0,11	0,15
Forêt et territoire sableux	0,03	0,04	0,05

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

V.3 Calcul du débit maximal dans les bassins (les débits de crue) :

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

V.3.1 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 :

$$\mathbf{QA} = \frac{\mathbf{C} \cdot \mathbf{I} \cdot \mathbf{A}}{\mathbf{3.6}}$$

Q_{100} : Débit de point de crue pour 100 ans en (m^3/s).

i : Intensité de précipitation pour le temps de concentration du bassin versant (mm/h).

A: Aire du bassin versant qui contribue pour la section objet d'étude (km^2).

Cr : Coefficient de ruissellement.

V.3.2 Résultats de calcul des débits par la méthode rationnelle :

Les débits de pointes calculés par la méthode rationnelle pour une période de retour centennale, et cela pour les bassins versants dont la superficie est inférieure ou égale à 200Km².

sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 19 Résultats de calcul des débits par la méthode rationnelle

N°BV	PK	A (km²)	Cr	i (mm/h)	Tc(h)	Q (m3/s) (100ans)
1	80+032	4,2	0,45	35,21	1,164	18,5
2	80+287	8,2	0,44	25,37	1,763	25,65
3	80+879	5,5	0,40	23,06	1,989	13,9
4	82+415	51,0	0,20	10,58	5,332	30
5	84+050	59,0	0,20	9,83	5,851	32,4
6	84+534	61,3	0,40	9,63	6,007	65,65
7	85+470	62,5	0,40	9,58	6,044	66,6
8	86+581	66,1	0,40	10,32	5,505	75,84
9	89+095	20,2	0,15	12,36	4,382	10,7
10	90+097	0,5	0,40	43,22	0,898	2,4
11	92+945	2,5	0,29	32,49	1,289	6,5
12	93+026	1,5	0,29	43,62	0,888	5,2

V.4 Étude Hydraulique

Le réseau d'assainissement est constitué d'un assemblage d'ouvrage élémentaires ; linéaire ou ponctuels ; superficiel ou enterres, Son rôle est de collecter les eaux superficiel ou internes et de les canaliser vers un exutoire ; le pont de rejet hors la plateforme ferroviaire. L'assainissement des plateformes ferroviaires comprend :

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

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

V.4.1 Méthode de MANNING STRICKLER pour le dimensionnement des dalots :

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

- **I :** Pente longitudinale de l'ouvrage (m/m).
- **Rh :** rayon hydraulique = $\frac{\text{section mouillé}}{\text{périmetre mouillé}}$.
- **St :** Section totale de l'ouvrage (m^2).
- **Sm :** Section utile de l'ouvrage b x Hu (m^2).
- **B :** Largeur de l'ouvrage (m).
- **Hu :** Hauteur utile (m).
- **Ks** : Coefficient de rugosité.

Tableau 20 Valeurs du coefficient de rugosité

Nature de l'ouvrage	En terre	Métallique Buse	Maçonnerie	(dalot) Béton	préfabriquée) Béton
Ks	30	40	50	60	70

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

Pour vérifier ces conditions il faut vérifier :

- **V > 0.6 m/s pour : Q = 0.1 Qps.**
- **V > 0.3 m/s pour : Q = 0.01 Qps.**
- **Vps < 4 m/s.**
- On rayon verticale : $R_v = V/V_{ps}$

V.4.2 Dimensionnement des ouvrages de drainage transversaux :

V.4.2.1 Dimensionnement des dalots :

Le dalot désigne un petit canal recouvert d'une dalle, un élément de caniveau ou un ouvrage hydraulique semi-enterré, sorte de petit aqueduc en maçonnerie placé sous les remblais des routes ou des voies ferrées.

Pour le dimensionnement des dalots, plusieurs paramètres doivent être calculés :

- Surface mouillés Sm(m²) : $\mathbf{Sm = 0.8H \times B}$

- Périmètre mouillé : $\mathbf{Pm = 2 \times 0.8 \times H + B}$

- Rayon hydraulique : $\mathbf{Rh = \frac{Sm}{Pm} = \frac{H \times B}{2\,H \times B}}$

On prend : La pente longitudinale de la buse i (m/m) :

$$\mathbf{I = 0.01}$$

- Ht ≤ 2.5 m : Hu =80% la hauteur totale.
- Ht > 2.5 m : Hu = Ht-0.5

Les dimensions retenues pour les ouvrages sont celles qui répondent à la condition

$$\mathbf{Qa \leq Qs}$$

Une proposition de dalot aux dimensions de B=2m (largeur) et H=1.5m (hauteur), le calcul du débit de saturation peut être effectué :

$$\boldsymbol{Q100 = Qs}$$

Alors :

$$\boldsymbol{Qs = Ks\ Sm\ Rh^{\frac{2}{3}}\ I^{\frac{1}{2}}}$$

$$\mathbf{Qs = 70 \times 2 \times 1.5 \times 0.8 \times \left(\frac{2 \times 1.5}{2 \times 1.5 \times 2}\right)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0.005}}$$

$$\mathbf{Qs = 7,9\ m^3/s}$$

Vérification de la condition pour assurer un écoulement fluvial :

$\boldsymbol{Hcr = \sqrt[3]{\frac{Qs}{g \times b^2}} = \sqrt[3]{\frac{7,9}{9.8 \times 2^2}} = 0.58 < 0.8H = 1,2}$; **condition vérifiée**.

Vérification de la condition d'auto curage :

$$\boldsymbol{Vps = \frac{Qps}{Sps} = \frac{7,9}{2,4} = 3,3 m/s}$$

$$\boldsymbol{Pour = \frac{Qa}{QPs} = 0.1\ on\ a\ \frac{V}{VPs} = 0.638 \rightarrow V = Vps \times 0.638 = 3,3 \times 0.638 = 2,11\ m/s > 0.6\ m/s}$$

$$\boldsymbol{Pour = \frac{Qa}{QPs} = 0.01\ on\ a\ \frac{V}{VPs} = 0.315 \rightarrow V = Vps \times 0.315 = 3,3 \times 0.315 = 1,04 m/s > 0.3 m/s}$$

Tableau 21 Liste globale des ouvrages à projeter

N° BV	PK	Qa	Ouvrage (Dalot)	Sm	Pm	Rh (m)	P %	Qs	Vps (m/s)	Verification (0,1)	Verification (0,01)
1	80+032	18,5	1x (4x 4)	12,3	10,0	1,23	0,001	31,0	2,53	1,62	0,80
2	80+287	25,65	1x (4x4)	12,3	10,0	1,23	0,001	31,0	2,53	1,62	0,80
3	80+879	13,9	1 x (4x4)	12,3	10,0	1,23	0,001	31,0	2,53	1,62	0,80
4	82+415	30	2 x (3x2)	9,6	6,2	1,55	0,004	56,9	2,96	1,89	0,93
5	84+050	32,4	2 x (4x4)	24,5	10,0	2,45	0,001	98,6	2,01	1,28	0,63
6	84+534	65,65	3 x (3x2)	14,4	6,2	2,32	0,005	125,0	2,89	1,85	0,91
7	85+470	66,6	3 x (3x2)	14,4	6,2	2,32	0,005	125,0	2,89	1,85	0,91
8	86+581	75,84	3 x (4x4)	36,8	10,0	3,68	0,001	193,7	1,76	1,12	0,55
9	89+095	10,7	1 x (3x2)	4,8	6,2	0,77	0,003	15,5	3,23	2,06	1,02
10	90+097	2,4	1 x (1.5x1)	1,2	3,1	0,39	0,005	3,2	2,63	1,68	0,83
11	92+945	6,5	1 x (3x1.5)	3,6	5,4	0,67	0,003	10,5	2,93	1,87	0,92
12	93+026	5,2	1 x (2x1.5)	2,4	4,4	0,55	0,005	7,9	3,30	2,11	1,04

V.5 Ouvrages d'assainissement longitudinaux :

Le drainage longitudinal permet la captation et l'acheminement des eaux qui accèdent à la plateforme de la voie ferrée, venant soit des talus soit des pentes adjacentes. Ce drainage sera formé par fossés et caniveaux qui conduiront les eaux aux ouvrages hydrauliques ou directement aux lignes d'eau existantes.

Pour déterminer les surfaces à drainer on a analysé les profils en travers et les caractéristiques du terrain naturel dans lequel le projet est implanté.

V.5.1 Eléments de drainage longitudinal :

Fossés : En général on peut distinguer trois types de caniveaux en fonction de la situation relative par rapport à la plateforme

-Fossé de pied (remblai / déblai)

-Fossé de crête

V.5.2 Critère de dimensionnement de base :

Pour le dimensionnement du drainage longitudinal, nous nous sommes basés sur les critères généraux du Guide Technique Assainissement routier Setra 2006. La période de retour utilisée pour le dimensionnement des éléments de drainage longitudinal est de 20 ans.

Pour calculer le débit, nous avons d'abord calculé le débit de saturation (à pleine section du caniveau), puis le débit nécessaire à évacuer par le caniveau. Pour le premier calcul, nous avons utilisé la formule de Manning-Strickler.

$$\mathbf{Qs = K.\ Rh^{\frac{2}{3}}\ I^{\frac{1}{2}}\ Sm}$$

Où:

- **Q :** Débit capable en m3/s
- **K :** Coefficient de rugosité ks=70
- **I :** pente du fossé en m/m
- **Rh :** Rayon hydraulique $\mathbf{Rh = \frac{p_m}{sm}}$ (Pm = b+2h.$\sqrt{1+z}$)
- **Sm :** Section mouillée en m2 (Sm = (b+2h).h)

V.5.3 Les hypothèses suivantes ont été émises pour le dimensionnement :

Coefficient de rugosité Strickler Ks = 70 (correspondant à des fossés consolidés, revêtement en béton grossier).

- La déclivité longitudinale des fossés en zone de déblai est identique à celle du profil en long de la voie.
- Forme de construction.
- Profil trapézoïdal avec une pente du talus (H/V) 3/2.
- Le débit à évacuer qui est la somme des 3 débits La plate-forme, les bermes et les talus

Qa= Qpf+Qb+Qt.

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

Chaque débit est déterminé en utilisant la méthode rationnelle :

$$Q = 0.278.Cr.I.A$$

- **Q :** Débit de crue correspondant au bassin versant, avec une période de retour T (m^3/s).
- **C :** Coefficient de ruissellement.
- **I :** Intensité de pluie (mm/h).
- **A :** Surface du bassin versant considérer : la plate-forme / les bermes / les talus, en (km^2).

V.5.4 Application de notre projet :

Le système de drainage longitudinal a été dimensionné pour une période de retour de 20 ans (a = 29,8, b = - 0,79), On utilise les données les plus proches du projet d'étude.

"Les données de **El Ma Labiod** et **Saf El Ouisra**".

Donc nous devons faire le dimensionnement de fossé droite puisque représente le cas plus défavorable. Le choix de type du fossé est en fonction du débit à évacuer qui est rapporté par la plateforme, les bermes et les talus : Qa= Qpf + Qb + Qt.

Remarque : Le temps de concentration a été calculé avec la formule des petits bassins (Formule de Ventura)

Tableau 22 Calcul des débits à évacuer dans le cas de remblai et déblai

		Cas Remblai	Cas déblais
		Le cas plus défavorable : Longueur = 2000.00 m H_{talus}= 5.6 m Berme = 0 m Largeur de la plateforme=6.8 m	**Le cas plus défavorable :** Longueur = 915.00 m H_{talus}= 4 m Berme = 0.4 m Largeur de la plateforme=6.8m
Plateforme	**Cr**	0.7	0.7
	P (m/m)	0.04	0.04
	A(Km^2)	0.013	0.0064
	Tc(h)	0.0725	0.05
	I (mm/h)	236.89	317.70
	Qpf (m^3/s)	0.59	0.39
Talus	**Cr**	0.5	0.5
	P (m/m)	3/2	3/2
	A(Km^2)	4409.0788×10^{-6}	3892.12×10^{-6}
	Tc(h)	0.0068	0.0064
	I (mm/h)	1536.5	1611.88
	QT (m^3/s)	0.94	0.87
BERME	**Cr**	-	0.5
	P (m/m)	-	0.04
	A(Km^2)	-	0.00036
	Tc(h)	-	0.012
	I (mm/h)	-	980.98
	P (m/m)	-	0.04
Qpf (m^3/s) totale		**Qpf+QB+QT= 1.53 m3/s**	**Qpf+QB+QT= 1.3 m3/s**

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

Qa < Qs

V.5.5 Dimensionnement du fossé proposé :

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

Tableau 23 Calcul des débits de saturation des fossés

B	H	z	S_m (m_2)	P_m(m)	R_h	K_s	I (m/m)	Q_s(m_3/s)
0.5	0.5	1.5	0.625	2.32	0.27	70	0.01	1.82

Donc: Qs = 1.73 m3/s > Qa = 1.53 m3/s

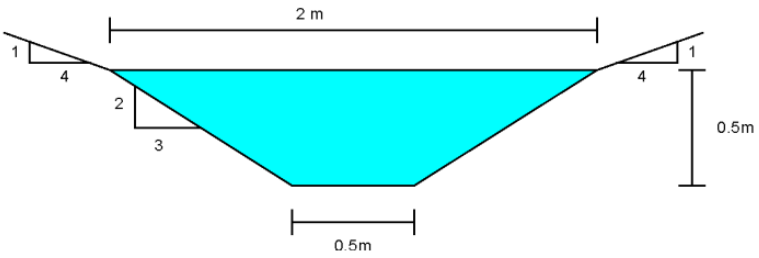


Figure V-2 Dimension d'un fossé.

V.6 Conclusion :

Dans un projet linéaire comme une ligne ferroviaire, l'étude hydrologique et hydraulique est d'une importance cruciale et obligatoire. Elle joue un rôle essentiel pour garantir la pérennité de la voie.

CHAPITRE VII : ETUDE GEOTECHNIQUE ET GEOLOGIQUE

VI. Etude géotechnique et géologique :

VI.1 Introductions :

L'objectif de ce chapitre est de déterminer le comportement de sol d'assise, sa composition, et sa nature, afin d'interpréter les mouvements gravitationnels pour garantir la stabilité et la durabilité à long terme ainsi que la géologie de site pour prévenir tous les risques naturels, y compris les problèmes d'instabilité tels que le mouvement des pentes, affaissement et effondrement.

VI.2 L'étude géologique :

VI.2.1 Aperçu géologique régionale :

La région de Bir El Ater constitue la limite géographique naturelle entre les hauts plateaux constantinois et le domaine saharien. Le massif du Djebel Onk forme un ensemble calcaire de 20 Km de longueur qui culmine à 1198 m d'altitude au Djebel Tarfaya.

Tébessa est une région géologiquement très intéressante, située dans le nord-est de l'Algérie. Elle se trouve dans une zone de transition entre les chaînes de montagnes de l'Atlas tellien et les montagnes de l'Atlas saharien.

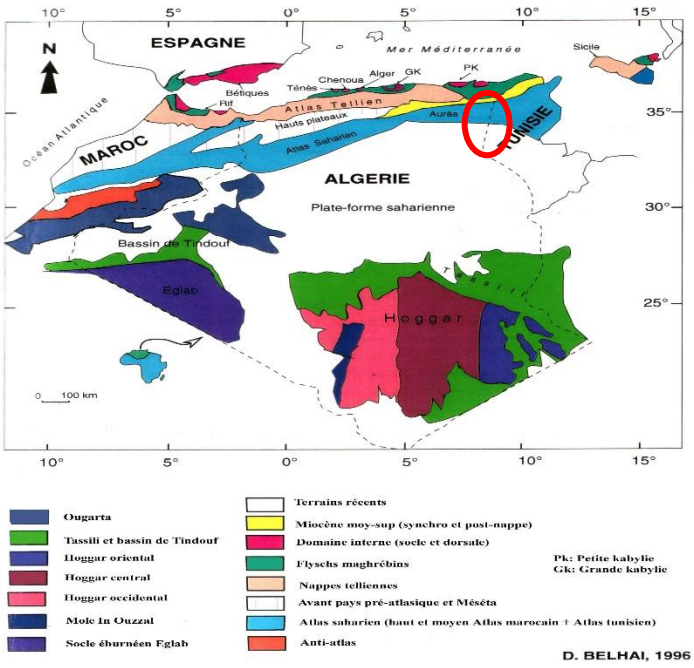


Figure VI-1 Les chaines montagneuses en Algérie

VI.2.2 Contexte géologique de ce tronçon :

Le tracé Safsaf El Ouesra – djebel Onk traverse trois formations géologiques distinctes. Ces formations sont :

1.Formations quaternaires : Constituées par des alluvions actuelles et récentes, ces formations incluent également des éboulis des pentes et des accumulations de piémonts. On y trouve des dépôts variés tels que des sables, des graviers, des argiles et des mollasses.

2.Formations miocènes (Miocène moyen) : Ces formations sont constituées principalement d'argiles, de grès et de marnes. Elles témoignent des dépôts sédimentaires datant du Miocène moyen, une période qui s'étend de 16 à 11 millions d'années environ.

3.Formations crétacées : Constituées essentiellement par des calcaires, ces formations se caractérisent par des dépôts marins peu profonds. Elles incluent aussi des dolomies et des marnes, typiques des environnements de sédimentation du Crétacé supérieur.

VI.2.3 Cadre sismique :

Le territoire national est divisé en quatre (04) zones de séismicité croissante, définies sur la carte des zones de séismicité (d`après la RPA 99/2003) qui précise cette répartition par wilaya et par commune, soit :

Zone 0 : sismicité négligeable.

Zone I : sismicité faible.

Zone II : sismicité moyenne.

Zone III : sismicité élevée.

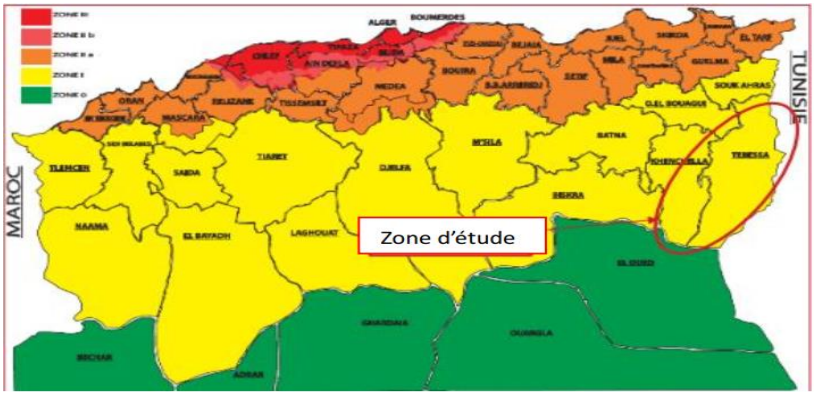


Figure VI-2 Carte de zonage sismique du territoire national (extrait RPOA)

D'après ce découpage, le projet est situé dans une région ayant une activité sismique faible

(Zone I).

"Pour toute la zone d'étude, le risque de tremblements de terre est faible **(zone I)**, avec des accélérations sismiques de base comprises entre une valeur minimale de 0,10 g m/s² et une valeur maximale de 0,15 g m/s², comme indiqué dans le tableau ci-dessous :

Tableau 24 Coefficient d'accélération de la zone A

Groupe de pont	Zone sismique			
	I	IIa	IIb	III
1	0,15	0,25	0,30	0,40
2	0,12	0,20	0,25	0,30
3	0,10	0,15	0,20	0,25

VI.3 ETUDE GEOTECHNIQUE :

VI.3.1 Introduction

Dans la pratique toute étude géotechnique doit commencer par la reconnaissance des sols qui doit d'abord permettre de localiser les différentes couches de terrain et de préciser la configuration générale de la zone à étudier, ensuite donner des informations sur les caractéristiques mécaniques physiques et chimiques de chaque couche.

Pour cela deux techniques peuvent être utilisé :

- Le prélèvement des échantillons en vue de leur analyse au laboratoire
- L'essai in situ

VI.3.2 Objectifs de l'étude géotechnique

- Détermination de lithologie du sol.
- Détermination des caractéristique mécanique, physico-chimiques de chaque couche.
- Apprendre des diffèrent risques naturels et autres.
- Etablir un dimensionnement d'assise ferroviaire.

VI.3.3 Programme d'investigation géotechnique :

Après analyse du tracé projeté de la voie ferrée, nous proposons notre plan d'investigation géotechnique le long de la ligne ferroviaire Oued Kebrit- Djebel Onk dont les objectifs sont :

- **Tracé :**

Évaluer la capacité portante du sol support et des roches pour dimensionner la couche d'assise afin de supporter les charges de la voie ferrée, des trains et des équipements associés.

- Évaluer la capacité portante des sols et des roches pour supporter les charges de la voie ferrée, des trains et des équipements associés.

Tableau 25 Programme d'investigation de Lot Tracé

Localisation	Hauteur du déblai	Essais géotechniques		
		Essais in situ	Prof	Essais au laboratoire
En section déblais				
81+463	0.28	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
90+425	0.466	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
91+580	2.017	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne

92+575	0.42	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
94+975	1.48	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
En section remblais				
80+000	0.173	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
80+ 287	1.11	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
80+111	1.439	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne

80+230	1.31	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
80+600	1.52	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne

Nb : Le tracé qu'on a choisi n'était pas le même que celui déterminé par le bureau d'études, ce qui donne une différence dans le programme géotechnique. Par conséquent, on utilisera le programme que ce dernier exécute pour interpréter les résultats et dimensionner la couche d'assise.

- **Ouvrage d'art :**

Il s'agit de la détermination des propriétés physique et mécaniques de sol pour supporter les futurs ouvrages.

Tableau 26 Programme d'investigation de Lot ouvrage

Type d'ouvrage	PK	Essai In situ	Prof (m)
OH	PK 80+ 032	SPT 01	8,00
		SP-01	8,00
OH	PK 80+ 287	PU-01	3.85
OH	PK 80+ 879	SP-02	7
OH	PK 82+ 415	PU-02	4
Plate-forme + OH	PK 84+ 050	SPT 2	7

OH	PK 84+ 534	PU-03	4.20
OH	PK 85+ 479	SP-03	7
OH	PK 86+ 581	PU-04	4.20
OH	PK 89+ 095	SPT 3	9,00
OH	PK 90+ 097	PU-05	3.95
OH	PK 92+ 945	SPT 4	8
OH	PK 93+ 026	PU-06	4.20

VI.3.4 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 de projet d'étude. Cette démarche englobe la reconnaissance de surface, les puits de reconnaissance, les essais de pénétration dynamique et les sondages mécaniques, de PK 80+000 à PK 95+000 notamment :

- 04 Essai de « Standard Pénétration Test » SPT
- 03 sondages pressiométriques. SP
- 06 puits de reconnaissance excavés jusqu'à une profondeur de 4 mètres. PU

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.3.4.1 Les puits de reconnaissance

Les puits de reconnaissance (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 Lithologie du terrain et même savoir la terre végétale et donc la profondeur de décapage.

Tableau 27 Les résultats des puits (PR) effectués

Désignation de puit	Localisation	Profondeur	Lithologie
PU-01	PK 82+ 368	3.85	Sable Argileux Marneux Brunâtre à noirâtre
PU-02	PK 84+ 019	4.20	Tuf Blanchâtre avec présence des Blocs de Calcaire
PU-03	PK 85+ 447	4.20	Sable Argileux Marneux Brunâtre
PU-04	PK 86+000	3.95	Tuf blanchâtre et des blocs centimétriques de calcaire
PU-05	PK 89+ 030	4.20	Sable Argileux Marneux Brunâtre
PU-06	PK 90+ 902	4.20	Sable Argileux Marneux Brunâtre à Rougeâtre

VI.3.4.2 Les sondages pressiométriques

Le pressiomètre est un essai de chargement direct, réalisé sur site, il consiste à introduire une sonde cylindrique dilatable à l'intérieur d'un forage exécuté au préalable.

Le chargement s'effectue à la suite de l'application de pression dans la sonde pour plusieurs paliers jusqu'à la fin du forage pressiométrique. Cette pression croissante agissant sur la paroi du forage donne naissance à la rupture du sol.

Tableau 28 Résultats des sondages pressiométriques effectués

N° SP	PK	Prof (m)	E (bar)	Pl (bar)	E/Pl (bar)	État de consolidation	Classification d'après RPA 99/2003
SP-01	PK 80+ 834	15,00	186.17 - 91,35	12.16 - 8,34	22.32 - 7,97	Sur consolidé ou très serré	S3
SP-02	PK 86+ 516	15,00	142.65 - 65,47	12.86 - 8,56	11.09 - 7,42	Sur consolidé ou très serré	S3
SP-03	PK 90+ 966	20,00	145.79 - 52,41	13.14 - 9,43	12.86 - 4,76	Normalement consolidé	S3

VI.3.4.3 Essai de « Standard Penetration Test » SPT

L'essai de pénétration au carottier consiste à déterminer la résistance à la pénétration dynamique d'un carottier normalisé battu au fond d'un forage préalable. En fonction de la profondeur, on donne le nombre de coups de mouton N nécessaire pour enfoncer le carottier de 30 cm. Ce nombre N caractérise la résistance à la pénétration. Les valeurs brutes obtenues N1, N2 et N3 de l'essai S.P.T réalisés et dont, seules les valeurs N2 et N3 seront prises en considération, car la valeur N1 correspond à la partie remaniée du sol et donc à éliminer, ainsi la valeur de N que nous prendrons en considération sera : N = N2+N3

Tableau 29 Résultats des essais SPT et la classification correspondante

N° Forage	Localisation	Profondeur (m)	n1	n2	n3	Nspt	Classification du sol
SPT 1	PK 80+ 834	3.00 – 3.45	13	18	20	38	Dense
		6.00 – 6.45	15	19	29	48	
		9.00 – 9.45	10	18	27	45	
		12.00 – 12.45	15	26	33	59	Très dense
SPT 2	PK 86+ 550	3.00 – 3.45	7	12	19	31	Dense
		6.00 – 6.45	8	14	23	37	
		9.00 – 9.45	9	17	31	48	
		10.00 – 10.45	9	11	29	40	
SPT 3	PK 90+ 953	3.00 – 3.45	14	20	24	44	
		6.00 – 6.45	19	27	34	61	Très dense
		9.00 – 9.45	11	19	20	39	Dense
		12.00 – 12.45	13	27	31	58	Très dense
		15.00 – 15.45	17	23	34	57	
SPT 4	PK 93+ 631	3.00 – 3.45	12	14	15	29	Moyennement dense
		6.00 – 6.45	12	14	16	30	
		9.00 – 9.45	11	16	20	36	Dense
		9.00 – 9.45	11	16	20	36	

VI.4 Analyse du laboratoire :

Tous les échantillons prélevés à partir des puits de reconnaissance réalisés ont fait l'objet des analyses en laboratoire conformément aux normes en vigueur, données dans le tableau ci-dessous, ainsi le programme d'essai en laboratoire a consisté à l'exécution des essais suivants :

- Essais d'identification (Granulométrie, Sédimentométrie, Limites d'Atterberg, teneur en eau naturelle, Le poids spécifique γd ;
- Essais de propreté (Equivalent de sable, Essai au Bleu Méthylène VBS)
- Essais mécaniques (Des essais Proctor modifié. Dés essais CBR imbibé).
- Analyses chimiques (Matière organique, Sulfates SO4 -2 et Carbonates Caco3) ;

VI.4.1 Essai d'Identification :

1. **Analyse granulométrique :** L'analyse granulométrique permet de détecter les pourcentages des différentes familles de grains constituant l'échantillon, Elle s'effectue par tamisage pour les grains d'un diamètre supérieur à 80 µm et par Sédimentométrie pour les grains les plus fins.
2. **Teneur en eau :** représente la quantité d'eau contenu dans un échantillon de sol.
3. **Limites d'Atterberg** : Les limites d'Atterberg permettent de détecter les teneurs en eau (exprimées en %) correspondant aux limites des différents états (limite de liquidité, limite de plasticité).
4. **Essai au Bleu Méthylène VBS :** L'essai au bleu de méthylène, ou « essai au bleu », est Utilisé pour déterminer l'argilosité d'un sable d'un granulat et plus généralement d'un sol.

Les résultats des essais d'identification et de propreté des sols traversés par la nouvelle ligne ferroviaire avec leur classification selon GTR (guide des terrassements routiers) sont donnés par le tableau récapitulatif si dessous :

Tableau 30 Les essais physiques

Désignation	PK	nature du sol	Profondeur (m)	Teneur en eau	Poids spécifique	Densité humide	VBS	Limites d'Atterberg			granulométrique			GTR	UIC
				%	γd t/m3	γh	%	WL (%)	wP (%)	Ip (%)	< 2mm	< 80µ	< 2µ (%)		
SPT 1	PK 80+834	Dépôt alluvionnaire	3.0-3.5	2.03	/	/	0.7	/	/	/	56.79	47.39	15.63	A1	QS1
		marne	5.28-5.75	19.96	1.63	1.96	/	77.79	39.15	38.64	99	94	/	A3	QS1
		Sable moyen	9.0-9.5	17.44	1.8	2.12	/	35.58	20.35	15.23	65	4	49.16	B4	QS2
SPT 2	PK 86+550	Sable argilo-limoneux	1.50-1.78	9.13	1.86	2.02	/	38.53	19.21	19.32	97	55	/	A2	QS1
		Tuf	3.00-3.50	19.14	1.68	2.01	/	64.71	31.55	33.16	99.97	95.76	68.42	A3	QS1
		Sable marneux	6.00-6.50	15.32	/	/	/	40.15	20.06	20.09	97.01	84.51	52.90	A2	QS1
SPT 3	PK 90+953	Dépôt alluvionnaire	0.0-0.7	6.62	/	/	/	28.10	17.48	10.62	64.21	50.24	29.28	A1	QS1
		Dépôt alluvionnaire	3.0-3.5	/	/	/	/	38.84	19.58	19.26	97.04	89.91	50.79	A2	QS1
		Tuf	12.0-12.5	11.9	/	/	0.65	27.25	15.14	12.11	58.89	51.92	24	A2	QS1
SPT 4	PK 93+631	Sable marneux	1.00-1.50	/	1.54	/	/	18.59	9.10	9.49	91	8	/	B4	QS2
		Tuf	3.00-3.50	/	1.18	/	/	39.46	19.56	19.9	98	48	/	A2	QS1
		Sable marneux	6.00-6.50	17.1	1.22	/	/	42.02	20.09	21.93	95.60	89.95	/	A2	QS1

VI.4.2 Analyse chimique

Selon la norme P 18-011 classification des environnements agressifs Pour avoir une idée générale sur le degré d'agressivité du sol, il été procédé aux analyses chimiques comprenant les tests suivants :

-Analyse sommaire chimique du % de Sulfates (CaSO4, 2H2O).

-% des carbonates, chlorure et de matière organique MO.

Tableau 31 des analyses chimiques

Analyse chimique						
Désignation	PK	Profondeur (m)	Sulfates (CaSO4, 2H2O) %	Chlorure (NaCl) %	Carbonates (CaCO3) %	MO (%)
SPT 1	PK 80+ 834	3.0-3.5	01.74	00.24	65.00	0.32
		5.28-5.75	/	/	/	/
		9.0-9.5	/	/	/	/
SPT 2	PK 86+ 550	1.50-1.78	Traces	00.21	21.60	0.84
		3.00-3.50	/	/	/	/
		6.00-6.50	/	/	/	/
SPT 3	PK 90+ 953	0.0-0.7	Traces	00.31	46.80	0.62
		3.0-3.5	Traces	00.28	42.80	0.51
		12.0-12.5	/	/	/	/
SPT 4	PK 93+ 631	1.00-1.50	00.55	00.31	21.60	0.92
		3.00-3.50	Traces	00.17	26.60	0.88
		6.00-6.50	/	/	/	/

VI.4.3 Essais mécaniques :

1. Essai Proctor :

L'essai Proctor est un essai de compactage couramment utilisé pour déterminer la densité Maximale d'un sol et le contenu en eau optimal pour atteindre cette densité.

Tableau 32 des essais mécaniques

Désignation	Localisation	Profondeur	Proctor normal		Classification	
			γd max T/m3	Wopt (%)	GTR	UIC
PU-01	PK 82+ 368	3.85	1.86	9,50	C1A2m	Qs2
PU-02	PK 84+ 019	4.20	1.89	8.4	B6s	Qs1
PU-03	PK 85+ 447	4.20	1.88	9,40	A2m	Qs1
PU-04	PK 86+000	3.95	1.72	11.0	C1B5s	Qs2
PU-05	PK 89+ 030	4.20	1.80	9.30	A2m	Qs1
PU-06	PK 90+ 902	4.20	1.89	10,90	A2m	Qs1

VI.5 Interprétation des résultats :

En ce qui concerne les valeurs de la masse volumique sèche maximale γdmax se situent entre 1.18 et 1.86 t/m3, avec une valeur moyenne 1,5 t/m3, tandis que la teneur en eau optimale Wopt., varie entre 2,03% et 19.96 %, avec une valeur moyenne de 10,99%.

Les valeurs obtenues de bleu de méthylène (VBS) varient entre les 0.65 et 0.7 donc il s'agit de **Sols limoneux.**

L'analyse granulométrique montre un pourcentage de passants à 80µ compris entre 47.39% et 95.76%. Ces résultats montrent qu'on est en présence d'un terrain à prédominance de **sols fins.**

Les résultats des limites d'Atterberg réalisés sur les échantillons ont donné des Indices de plasticité « IP » variables entre 12.11% et 38.64% et des limites de liquidité entre 27.25 % et 77.79%, Ces résultats montrent que les sols sont.

Selon la classification GTR (LCPC), les sols de la classe **A2** sont prédominants (sable fin argileux) avec un pourcentage de **57%**, les autres sols sont classés **A1** (limon peu plastique), **A3** (argiles et argile marneux), B4(grave argileuses), C1(sols comportant des fines) avec pourcentage 11% pour chaque couche et **B6** (sables et graves argileux a très argileux) avec pourcentage **5,5%**.

VI.6 Réutilisation des sols en corps de remblais :

Selon le code UIC 719R les matériaux de la classe QS1 qui présentent une plasticité élevée (Ip >25%) et des teneurs en eaux naturelle classifient avec état hydrique d'humide a très humide sont éliminé de la réutilisation en remblais.

Dans le tronçon étudie les matériaux excavés présentent des caractéristiques permettent la réutilisation en remblais. C'est le cas des sols QS1 qui présentent une baisse plasticité (IP < 25%).

VI.7 CONCLUSION :

D'après l'étude géologique et géotechnique de la région la classe de sol support est **QS1** selon UIC 719R).

CHAPITRE VIII : ASSISE FERROVIAIRE

VII. Assise ferroviaire

VII.1 Introduction :

A partir d'essais de laboratoire et in situ de plus en plus perfectionnés, la mécanique des sols nous fournit les donnes nécessaires pour dimensionner la structure d'assise, et assurer leur stabilité en fonction des sols sur lesquels doivent être reposées.

Nous avons défini dans le chapitre constituent de la voie la couche d'assise, et afin de compléter ce dernier, nous présenterons dans ce chapitre le ballast, la sous couche et la plat forme.

VII.2 Le ballaste :

Le ballast est un matériau granulaire utilisé dans la construction des voies ferrées, il est généralement constitué de pierres concassées. L'une des caractéristiques importantes du ballast est que 100% de la surface des grains est entièrement concassée.

VII.2.1 Rôle de ballaste :

Le ballaste forment une couche épaisse qui repend aux exigences suivantes :

- Transmettre des efforts engendrés par le passage des trains au sol, sans que celui-ci ne se déforme par tassement.
- Assure en raison de sa granularité particulière le drainage et l'évacuation des eaux superficielle.
- Jeux le rôle d'un amortisseur de vibration très efficaces grâce à sa propriété rhéologique (dissipation de l'énergie de vibration par attrition contact des éléments).

VII.2.2 Caractéristique de ballast :

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

VII.3 Sous couche :

La sous-couche est une couche d'adaptation interposée entre la couche de ballast et la plateforme. La sous-couche peut être mono ou multicouche. Elle comprend, du haut vers le bas :

1. Une couche sous-ballast en grave propre bien graduée (0/31.5).

2. Une couche de fondation dans le cas de mauvais sol.

3. Le cas échéant, une couche anti-contaminatrice complétée par des feuilles de géotextile de séparation.

VII.3.1 Rôle de la sous couche :

Elle a des rôles multiples :

- Amélioration de la portance et meilleure répartition des charges transmises.
- Contribution à l'amélioration de propriétés vibratoire.
- Anticontamination entre la plateforme et la couche de ballast.
- Protection contre l'érosion.
- Évacuation des eaux de pluies.

VII.4 La plate-forme :

VII.4.1 Définition :

La plate-forme de la voie ferrée est essentielle pour la stabilité et la durabilité du chemin de fer. Elle peut être faite de terre ou de sol, selon qu'il s'agisse d'un remblai ou d'un déblai. Une plate-forme bien conçue limite les mouvements du ballast, évite les tassements et réduit les déformations de la voie. Cela assure un fonctionnement sûr et efficace des trains.

VII.4.2 Classification de la qualité des sols (UIC 719R)

D’après les résultats obtenus dans le précédent volet des essais au laboratoire, la classification des sols de la plateforme du projet étudié révèle la présence majoritaire de la classe **QS1.**

VII.4.3 Classification des sols pour la plateforme :

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

- La nature géotechnique du sol ; à cet égard, on utilise l'identification géotechnique.
- Les conditions hydrogéologiques et hydrologiques locales sont réputées bonnes si :
    1. La couche supérieure du sol considéré est hors de toute nappe naturelle (niveau de cette dernière mesuré avant toute opération de rabattement complémentaire et en période climatique défavorable).
    2. La plateforme n'est pas le siège de percolations (pénétration par l'eau circulant dans le sol (éventuellement pollué)) naturelles transversales, longitudinales ou verticales
    3. Les eaux de pluie sont évacuées correctement de la plateforme et les dispositifs longitudinaux de drainage sont en bon état de fonctionnement.

On distingue Alors les classes de qualité des sols suivants :

Tableau 33 Les classes de qualité de sols

QS0	Sols impropres à la réalisation de la plateforme et nécessitant des mesures comme le remplacement du matériau sur une certaine épaisseur ou le traitement aux liants ou bien l'utilisation d'un géotextile
QS1	Sols médiocres acceptables tels quels, dont on doit toujours se préoccuper du bon drainage. Ces sols peuvent, éventuellement, être transformés en sols de meilleure qualité par un traitement approprié, (traitement aux liants)
QS2	Sols moyens
QS3	Bons sols

La classification du sol UIC pour tous les puits de reconnaissance réalisés est résumée dans le chapitre VII : Étude géotechnique et géologique, **Tableau VII-10**

VII.4.4 La classe de portance de la plateforme :

Les paramètres qui permettent de définir les types de plate-forme sont le type et l'état hydrique des sols constituants du couronnement des remblais ou des sols in "situ" au niveau de la fondation de la plate-forme en excavation (qui définissent selon le code UIC 719R les classes de qualité des sols) et leur épaisseur.

En fonction de ces paramètres sont définis, selon le code UIC719R, trois types de plate-forme (correspondantes à trois classes de capacité de support) :

- P1, plate-forme de médiocre qualité.
- P2, plate-forme de moyenne qualité.
- P3, plate-forme de bonne qualité.

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

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

VII.4.5 Plate-forme proposée :

Compte tenu de ce qui précède, notamment la classe des qualités du sol support QS1, ainsi que les prescriptions données par les UIC nous conseillons d'opter pour une plateforme de type P3 (Bonne plateforme) dimensionnée préalablement pour un tel type de sol (QS3).

Les résultats des travaux du terrain et les résultats montre que si on envisage pour une classe **C** une bonne plateforme, c'est-à-dire de classe **P3,** on a besoin d'une couche de forme.

Concernant le besoin d'obtention d'une plate-forme de qualité de support du type **P3**, Sur les matériaux **QS1** on a adopté une couche de forme dont la qualité de sol est **QS3** et cela sur une épaisseur de **50 cm.**

VII.5 Calcul des épaisseurs minimales des couches d'assise :

Le dimensionnement de cette épaisseur est fait à partir de la formulation qui est indiquée dans le code UIC 719R (expression suivante), en fonction des paramètres adéquats au tronçon qui est en train d'être étudie.

e = épaisseur ballast + épaisseur sous couche = E +a + b + c + d + f + g

E : facteur dépendant des classes de portance de la plate-forme (P1, P2 ou P3).

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

b : facteur dépendant de type de traverse.

c : facteur dépendant des conditions de travail (type de dimensionnement).

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

f : facteur dépendant de la vitesse.

g : facteur dépendant de l'installation de géotextile

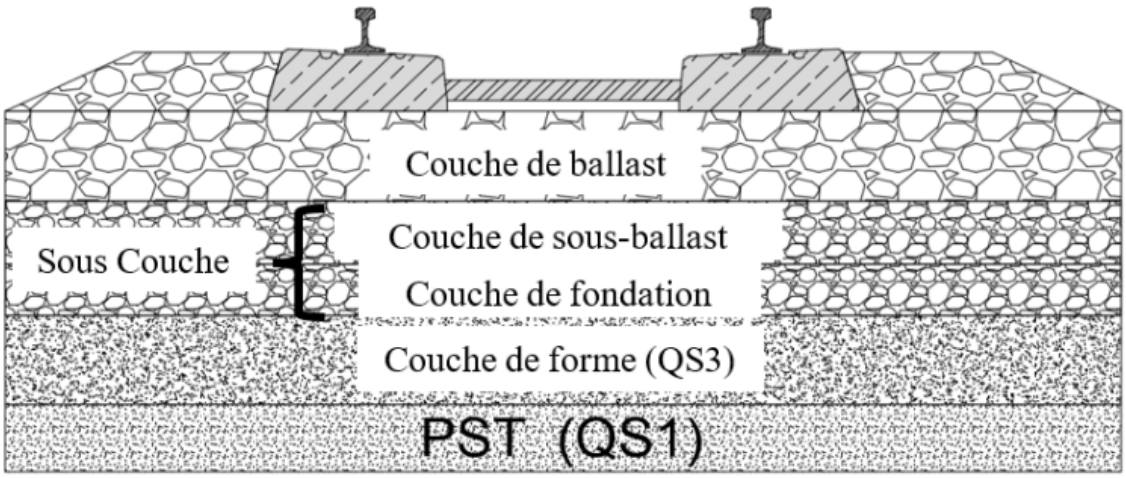


Figure VII-1 Structure d'assise ferroviaire

VII.5.1 Les paramètres de dimensionnement :

Tableau 35 Les valeurs des différents paramètres pour le calcul de l'épaisseur

E	0.70m	Pour les plateformes de classe de portance P1.
	0.55m	Pour les plateformes de classe de portance P2.
	0.45m	Pour les plateformes de classe de portance P3.
a	0 m	Pour les lignes des groupes UIC 1 et 2 (ou lignes à V>160 km/h quel que soit le groupe (UIC).
	-0.05 m	Pour les lignes de groups UIC (3,4).
	-0.10 m	Pour les lignes de groupe UIC (5, 6,7, 8,9) avec voyageurs.
	-0.15 m	Pour les lignes de groupe UIC (7, 8,9) sans voyageurs.
b	0 m	Pour les travers en bois de longueurs L= 2.6 m
	(2.50-L) /2 m	Pour les travers en béton de longueur L. (L et b en mettre si L>2.5, b peut être négatif).
c	0 m	Pour un dimensionnement normal (nouvelle ligne).
	-0.1 m	À titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC autre que ‘’7, 8 et 9 sans voyageurs’’.
d	0 m	Lorsque la charge nominale maximale d'essieu des véhicules remorques est inférieur ou égale a 20 tonne/essieu.
	0.05 m	Lorsque cette charge est de 22 ,5 tonne/essieu.
	0.12 m	Lorsque cette charge est de 25 tonne/essieu.
f	0	Pour toutes les lignes parcourues à V ≤ 160 Km/h et pour les plates-formes de portance P3, des lignes parcourues à grande vitesse.
	0.05 m	Pour les plates-formes de classe de portance P2 des lignes parcourues a grande vitesse.
	0,10 m	Pour les plates-formes de classe de portance P1 des lignes parcourues a grande vitesse.
g	0.01m	Géotextile lorsque la couche de forme est en sol QS1 ou QS2.
	0	(Pas de géotextile), lorsque la couche de forme est en sol QS3.

VII.5.2 Application au projet

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

Tableau 36 Dimensionnement de la couche couches d'assise

Paramètre	Caractéristiques de projet	Valeur (m)
E	Plate-forme P3	0.45
a	Pour les lignes des groupes UIC 1 et 2 (tonnage important sur la ligne)	0.00
b	travers en béton de longueur L=2.25	0.125
c	Pour un dimensionnement normal (nouvelle ligne)	0
d	Pour une charge de 22 ,5 tonne/essieu	0,05
f	V=120 ≤ 160 Km/h et plate-forme de portance P3	0,00
g	Géotextile	0
e		0.63
e_{adopte}		0.65

VII.5.3 Synthèse de la solution

Nous proposons les épaisseurs des couches d'assise pour une portance P3 (après l'amélioration de la portance avec une épaisseur de c.d.f = 50cm) comme ci- dessous :

Tableau 37 structure de la voie

Couche	Epaisseur(m)
	En pleine voie
Ballast	0.30
Sous-ballast	0.15
Couche de fondation	0.20
couche de forme de type QS3	0.50

CHAPITRE IX : PROFILE EN TRAVERS

VIII. Profile en Travers

VIII.1 Introduction :

Les travaux de terrassements correspondent aux actions nécessaires pour garantir la matérialisation des profils transversaux. Pour cela on procède au développement du profil en travers qui est une étape très importante dans un projet. Il permet de déterminer la section type projetée pour le couloir ainsi que les volumes des déblais remblais.

VIII.2 Profile en travers :

Le profil en travers est une coupe transversale, menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la voie projetée, il nous renseigne sur les éléments de la superstructure et de l'infrastructure, les valeurs des pentes des talus sur le monde d'assainissement, les systèmes éventuels de protection de la voie (ensablement et éboulements), le plus souvent représenté par une échelle de 1/100 c'est à dire un centimètre pour un mètre.

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

VIII.2.1 Les éléments du profil en travers

Le profil en travers type doit indiquer tous les éléments suivants :

Eléments de superstructure :

- Le type de rail utilisé.
- La valeur de l'écartement de la voie.
- La distance entre les axes (cas de plusieurs voies), pour notre projet on a une seule voie.
- Le type de traverse utilisé.
- La valeur de devers en courbe (maximum).
- L'épaisseur de la couche de ballast.

Eléments de l'infrastructure :

- Les épaisseurs et la nomination des chaque couche.
- Les pentes transversales de chaque couche.
- La pente latérale de la plate-forme.

. **Eléments du talus :**

- La pente de chaque talus.
- Les ouvrages de consolidation Eventuels.

Eléments d'assainissement :

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

VIII.2.2 Profile en travers type de mon projet :

1. La nouvelle ligne ferroviaire repose sur une plateforme à double voie de 13.60 m en zone de rectification du tracé, et une demi section de 6.80 m en zone de dédoublement, avec redans d'accrochage plateforme existante-plateforme projetée de dimensions minimales de 0.6mx0.6m, avec élargissement de la plateforme existante sur 1m pour Permettre l'implantation des poteaux caténaires.
2. L'entraxe des voies est fixé à 5,00 m.
3. Le gabarit vertical des ponts routes (hauteur libre) à dégager est de 6.35m par rapport à la côte du rail la plus élevée.
4. La superstructure est formée par des rails UIC-60 espacé de 1435 mm et des traverses bibloc, sur ballast dont l'épaisseur minimal est de 0,30 m
5. La plateforme retenue est un profil en toit, avec des inclinaisons transversales de 4%.
6. Les épaisseurs des couches sous-ballast et de couche de forme sont définies dans le chapitre ASSISE FERROVIAIRE.

Remarque : en cas de raccordement (en pleine courbe), les épaisseurs de toutes les couches sauf le ballast seront fixes, c'est l'épaisseur de ballast qui va être augmenté pour créer le dévers exigé.

- Les profils en travers types sont joints en plans format A3

CHAPITRE X : TERRASSEMENTS ET OUVRAGES

IX. Terrassement et ouvrage

IX.1 Introduction :

Les terrassements sont l'ensemble des travaux qui sont réalisés sur le terrain naturel (excavation, chargement, transport, nivelage, compactage, …) et qui se terminent par la livraison du sol support de l'assise ferroviaire. Ces terrassements sont réalisés par l'exécution de déblais et de remblais.

IX.2 Règles et objectifs

1. Utiliser et s'adapter aux matériaux du chantier ou d'une zone d'emprunt la plus proche possible (cas pratique des gites 1, 2 et 3 situé à côté du tracé)
2. Adapter le terrain naturel au profil en long du projet et opte pour une portance suffisante afin de permettre la réalisation des couches d'assise.
3. Penser la stabilité, drainage et protection des talus à court et à long terme.

IX.3 Application au projet

IX.3.1 Remblais

Les principales zones de remblai le long du tracé ont fait l'objet d'un programme de reconnaissance géotechnique établi sur la base du profil longitudinal. Le tableau ci-dessous montre Les principales zones de remblais le long du tracé :

Tableau 38 Les caractéristiques de chaque remblai.

PK Début	PK Fin	PK ou le remblai est le plus haut	Hauteur max (m)
80+700	80+900	80+878	4,65
84+189	84+256	84+251	1.98
85+700	87+450	86+582	5,36
89+075	89+175	89+098	1.89
92+900	93+250	93+026	2,27

IX.3.2 Déblais

Les principales zones de déblais, où se déroulent des travaux de creusement et d'excavation de la terre et des roches, peuvent être classées en plusieurs catégories en fonction du type de projets et de leur localisation. Le tableau ci-dessous montre Les principales zones déblais le long du tracé :

Tableau 39 Les caractéristiques de chaque déblai.

PK Début	PK Fin	PK ou le déblai est le plus haut	Hauteur max (m)
81+450	83+325	81+950	0.66
83+600	83+775	83+675	0.49
87+600	89+750	88+372	1.15
89+200	92+600	91+584	1.74
93+275	94+050	93+883	2.12

IX.4 Calcul des volumes des terrassements :

Les volumes des terrassements sont déterminés en utilisant les coordonnées et les côtes du terrain naturel, qui sont obtenues à partir du tracé en plan, du profil en long et du profil en travers du projet. Une fois la ligne rouge du projet établie, les calculs sont effectués pour déterminer les quantités de déblais et de remblais nécessaires.

Les volumes des terrassements ont été calculés à l'aide du logiciel "COVADIS 2016". Les tableaux ci-dessous présentent les résultats obtenus :

Tableau 40 Tableau Récapitulatif des volumes de terrassement

Terrassements	Volume (m3)
Remblais	63900
Déblais	292150

Tableau 41 Tableau Récapitulatif des volumes des couches d'assise.

Couche	Volume (m3)
Ballast	63025
Sous-ballast	31185
Couche de fondation	52095
Couche de forme (en matériau QS3)	99910

IX.5 GESTION DES CONTRAINTES :

Dans notre tracé, nous avons identifié la présence des lignes électriques de haute tension sont situées au PK 90+855, tandis que des lignes de moyenne tension sont présentes aux PK 88+007, 89+250 et 92+111.

E pour cela on doit les prendre en considération par :

- respecter le gabarit des lignes électriques à la phase des terrassements.

CHAPITRE XI : CONCEPTION DE LA GARE BIR ATER

X. Conception et aménagement de la gare

X.1 Introduction :

Une gare ferroviaire est le lieu d'arrêt des trains. Une gare comprend diverses installations qui ont une double fonction : permettre la montée et la descente des voyageurs, ou le chargement et le déchargement des marchandises ainsi que pour certaines d'entre elles, assurer des fonctions de sécurité dans la circulation des trains.[1]

X.2 Type de gare :

On distingue plusieurs types des gares :

- Gare de voyageur.
- Gare marchandise.
- Gare mixte.
- Gare de croisement.

X.3 Etude du plan de masse d'une gare :

Le concepteur de la gare est appelé à établir un plan de masse en tenant compte des fonctions de toutes les installations de base qui la constituent. Dans ce stade (03) éléments nécessaires pour l'étude du plan de masse sont :

- **Catégories de la voie :** Le plan de masse précise la disposition et le fonctionnement des voies ferrées.
- **Son trafic :** Ce paramètre intègre plusieurs aspects cruciaux liés à l'exploitation et à la fréquentation de la gare.
- **Son emplacement :** Cette décision stratégique influence grandement l'efficacité, l'accessibilité et l'intégration de la gare dans le réseau de transport.

[1] https://www.wikipedia.org

X.4 Aménagement de la gare

X.4.1 Installations d'une gare à voyageur :

Une gare ferroviaire est équipée de diverses installations et structures qui varient en fonction de sa taille, de sa conception et de sa classification :

1. **Le bâtiment principal, destiné aux voyageurs** :comprend généralement une salle d'attente, des guichets de billetterie, un poste de sécurité et parfois des kiosques.
2. **Les bâtiments à usages divers (B.U.D) :**servent de locaux de service pour le personnel ferroviaire.
3. **Les quais** : des plates-formes parallèles aux voies ferrées, permettent aux voyageurs d'accéder aux trains.
4. **Les abris de quais** :sont des structures installées sur les quais pour protéger les passagers des intempéries.
5. **Les passages souterrains et les passerelles :** sont construits pour permettre aux voyageurs de traverser les voies et de changer de quai en toute sécurité.

X.4.2 Marge de glissement à l'aval des signaux :

La marge de glissement est une portion de voie située après un signal fermé et en aval du parcours prévu pour le train. Aucun autre train n'est autorisé à circuler sur cette section. Son objectif principal est de réduire les conséquences potentielles d'un accident. En cas d'urgence où un train ne peut pas être arrêté avant cette zone, elle permet d'éviter une collision en interdisant l'occupation de cette portion de voie.

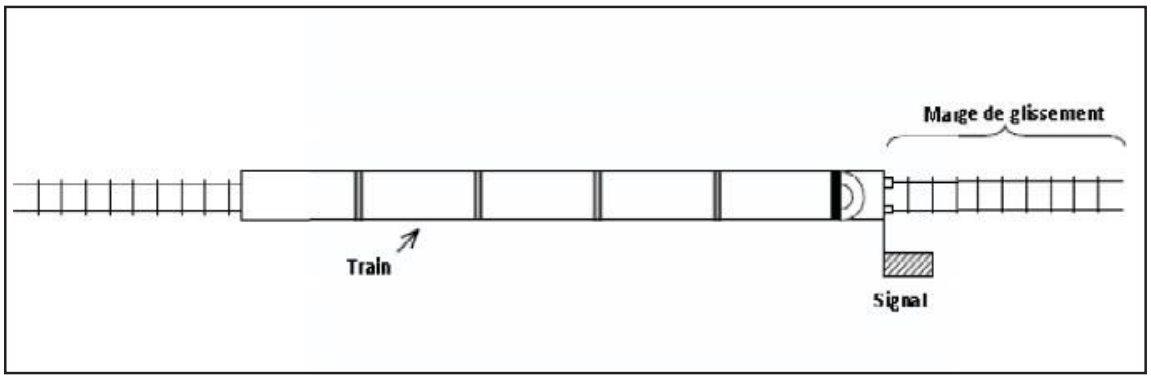


Figure X-1 Schématisation de la marge de glissement.

Les longueurs de la marge de glissement sont définies selon la norme **UIC 739** comme suit :

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

LG = 200m pour V ≥ 60 km/h.

LG = 100m pour 40km/h ≤ V ≤ 60 km/h.

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

X.4.3 Garage franc :

De part et d'autre de la voie de stationnement, il marque la partie de voie à occuper par les véhicules garés. Le garage franc est implanté par rapport au cœur de l'appareil de voie à une distance **GF** qui positionne l'élément.

$$\mathbf{GF = 3.57 \times N + 1} \quad \text{avec} \quad \mathbf{N = \tan(\alpha).}$$

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

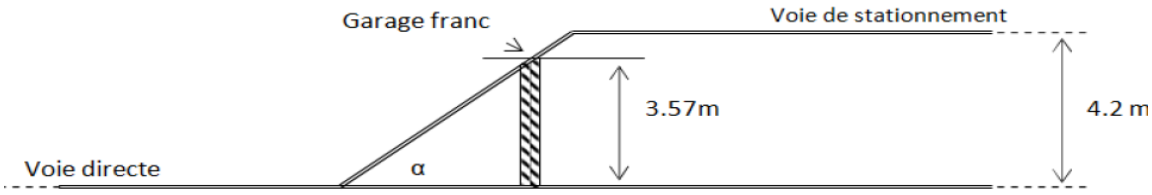


Figure X-2 Schéma illustratif de garage franc.

X.4.4 La longueur utile d'une voie de stationnement :

C'est la longueur nécessaire permettant au train de se stationner sur la voie de dépassement sans gêner la circulation sur la voie principale ou les autres voies de dépassement voisines. La longueur utile est la distance séparant deux garages francs.

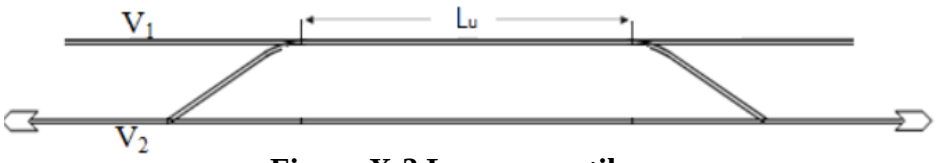


Figure X-3 Longueur utile.

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

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

X.4.5 Heurtoir :

Un heurtoir, ou parfois butoir, est un dispositif placé à l'extrémité d'une voie ferrée en cul-de-sac, pour arrêter d'éventuels véhicules en dérive et les empêcher de continuer leur chemin en dehors de la voie.[1]

X.5 Caractéristiques géométriques des gares :

X.5.1 Déclivité dans les gares :

En gare, la déclivité est à limiter en fonction des activités qui y sont prévues. Dans notre projet, la déclivité est de 0 ‰ afin d'éviter tous déplacement possible des trains.

X.5.2 Quai :

1. La longueur de quai (normes SNTF) :

- Grande ligne 450 m.
- Service régional 350 m.

- La largeur des quais :

La SNTF recommande pour une telle gare

- Quai intermédiaire B > 8 m.
- Quai extérieur B ≥ 6m.

2. Hauteur des quais :

La hauteur nominale des bordures des quais au-dessus du plan de roulement est fixée à 550mm. La hauteur du quai dépend du type du matériel roulant qui est susceptible de s'arrêter dans ce quai.

Avec :

[1] Wikipédia

- H = Hauteur au-dessus du plan de roulement, perpendiculaire au plan de roulement.
- L = Distance par rapport à l'axe de la voie, parallèle au plan de roulement.

3. La distance à l'axe de la voie : (Selon la norme UIC 741).

Pour les bordures de quai implantées à la hauteur nominale de 550 mm, la distance nominale à l'axe de la voie est fixée à : **L (mm)=1650+S**.

La valeur de S est donnée par la formule : $\mathbf{S\ (mm)= \frac{3750}{R} + \frac{I-1435}{2}}$ **.**

- R : le rayon de la voie (m).
- I : l'écartement de la voie (mm).

4. L'entre axe des quais :

- e normal > 11.3 m.
- e minimal > 9.3 m.

X.5.3 Les appareils de voie

L'exploitation des voies ferrées exige des dispositifs de liaison et d'intersection des itinéraires, que l'on désigne **appareils de voie**.

Appareil de voie c'est un dispositif de guidage permettant le passage d'une voie à une autre, en assurant la continuité des voies par extension.

L'appareil de voie se compose de trois parties : aiguillage, la partie intermédiaire et partie cœur (croisement).

Les appareils de voie comprennent :

- Les branchements simples.
- Les traversées.
- Les traversées jonctions simple (T.J.S) - jonctions double (T.J.D).

X.5.3.1 Désignation des appareils de voie

Les appareils de voie se distinguent par :

- ✓ Leur type : aiguillage simple, branchement double, (T.J.S), (T.J.D).
- ✓ Le type de rail.

- ✓ Le rayon.
- ✓ La tangente : c'est-à-dire l'angle forme par la tangente dans l'axe de la courbe, au talon d'aiguille et l'axe de la voie directe, exprime par le rapport d'inclinaison des deux axes l'un par rapport a l'autre (1:9, 1:12, 1:18.5,…. Etc).

X.6 Application Au Projet :

La future gare de BIR El ATER sera située du PK 90+775 au PK 91+975. Elle est conçue pour un trafic voyageur.

X.6.1 CRITERES DE CONCEPTION

- ✓ La vitesse de conception de la ligne est de 120 km/h pour les train voyageur, et de une vitesse de 80km/h pour les trains marchandises.
- ✓ La ligne est à voie double.
- ✓ Mode de traction mixte : électrique – diesel.
- ✓ Électrification : 25 KV.
- ✓ Distance axe voie –axe caténaire : 3.15m.

X.6.2 Caractéristiques géométriques:

- **Quais voyageurs :**

La gare contient 3 quais (quai A, quai B et quai C). Les quais B et C sont en forme de U. Les quais ont les caractéristiques suivantes :

-Longueur : 225 m

-Largeur : 6,00 m

-Hauteur : 0,55 m

-Entraxe pour chaque quai

-Le bâtiment voyageur est implanté à l'extrémité du quai C

-La distance à l'axe de la voie : L (mm)=1650+ (3750/∞) + ((1435-1435) /2) =1650mm.

- **Entraxe entre les voies**

Entraxe entre les voies est de 5 m (entraxe minimal selon SNTF (aménagement et gare-tracé des voies).

- **La longueur utile d'une voie de stationnement :**

V1 = 746,18 m **V2** = 711,16 m (voie principale).

V3 = 496,013 m **V4** = 376,5 m (voies d'évitement et leur entraxe = 11.80m).

V5 = 209,061 m **V6** = 347,30 m (voies de garage).

- **Vitesses des lignes :**

Les lignes principales permettent une vitesse maximale de 120 km/h

- **Appareils de la voie :**

Il sera nécessaire de placer 16 appareils de voies de type UIC60- 500-1/12, UIC60-300-1/9 et UIC60-190-1/7.

- **Longueur de garage de franc** :

1. Pour UIC 60 E1-500-1/12 : GF = 3.57*12 + 1 = 43.84 m.
2. Pour UIC60-300-1/9 : GF = 3.57*9 + 1 = 33.57 m.
3. Pour UIC 60 E1-190-1/7 : GF = 3.57*7 + 1 = 25.99 m.

- **Longueurs de la marge de glissement :**

Comme V ≥ 60 km/h alors LG = 200 m.

X.6.3 Positionnement des voies

- Les 02 voies d'évitement (V3, V4) contourne le quai N°01 et le quai N°02 avec un entraxe de 11.80 m
- Les 02 voies de garage en cul de sac (V5, V6), la première (V5) se raccorde à la voie N° 3 et la deuxième (V6) rentre dans l'intérieur de quai N°02 et N°03 en parallèle à la voie V4, l'entraxe est de 05.00 m Les raccordements entre les voies :
- La gare offre un service départs-terminus voyageurs par l'intermédiaire de deux autres voies voyageurs en cul de sac côté Ouest (V2) permettent les départs et les arrivés des trains voyageurs. Les deux voies V4-V6 connectées sur la V2 par des branchements de type 300-1/9, s'imbriquent parfaitement dans un quai en forme de U.

- Deux autres voies d'évitement côté Est (V1) V3-V5 contournant un troisième quai d'une longueur de 225 m et de 6.00 m de largeur. La V3 est connectée sur la V1 avec des branchements simples de type 500-1/12 en amont et en aval d'une longueur utile de 425m. Cette dernière donne naissance à la V5 par le biais de branchements simples de type 190-1/7 dégagent une longueur utile de 424 m pour les évitements et arrêts temporaires marchandises

X.6.4 Assainissement transversale :

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

X.6.5 Assainissement longitudinal :

Les drains disposés longitudinalement avec des pentes de 4‰ permettent de recueillir les eaux de ruissellement qui s'infiltrent dans le ballast et la plate-forme et les évacuer vers le réseau d'assainissement via les regards de visite.

Ce drainage sera formé par fossés, drains et collecteurs qui conduiront les eaux aux passages hydrauliques ou directement aux lignes d'eau existantes.

X.7 Profile en travers type et le schéma de la gare proposé :

CHAPITRE XII : SIGNALISATION FERROVIAIRE

XI. Signalisation ferroviaire

XI.1 Introduction :

La signalisation ferroviaire regroupe tous les signaux conventionnels et les équipements techniques utilisés sur le réseau ferroviaire pour garantir la sécurité et réduire les risques.

XI.2 Objet de la signalisation ferroviaire :

Les installations de signalisation ferroviaire sont mises en place pour résoudre les cinq principaux problèmes suivants :

- L'espacement des circulations pour éviter les rattrapages.
- La protection des circulations dans les établissements.
- La circulation, dans les deux sens, sur même voie, le nez à nez.
- Le franchissement des voies ferrées par des routes sur un même niveau.

On prévient ces risques notamment par :

- La mise en place d'une signalisation.
- L'établissement d'un régime d'exploitation de la ligne (double voie ou voie unique).
- La mise en œuvre de procédures d'exploitation.

XI.3 Les signaux :

Les signaux sont utilisés pour communique aux conducteurs des ordres et des informations concernant la sécurité des circulations. Ils remplissent principalement les fonctions suivantes :

- Signalisation de direction.
- Signalisation de limitation de Vitesse.
- Signalisation d'arrêt.

XI.4 Implantation des signaux en Algérie

Les signaux ferroviaires se divisent en feux et panneaux. Les panneaux sont généralement situés à gauche de la voie, conformément à la circulation à gauche des trains, sauf si cela n'est pas possible.

XI.5 Les types de signalisation ferroviaire :

En plus des signaux mentionnés précédemment, voici les principaux éléments pris en compte dans le système de signalisation :

XI.5.1 Signalisation classique :

Le canton est une portion de voie ferrée alimente par une énergie électrique qui est la base du système permettant l'espacement des trains, ce qui permet d'éviter les rattrapages.

Remarque : une voie ferre est composée de plusieurs canton et chaque canton est isole indépendamment par un joint isolant.

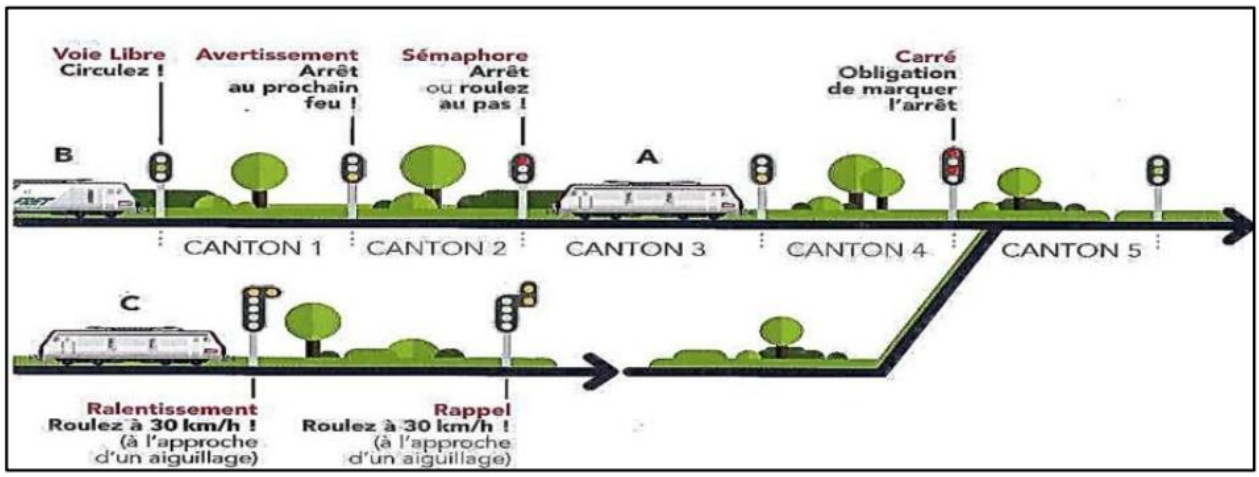


Figure XI-1 Schéma illustratif de canton.

XI.5.1.1 Type de cantonnement :

- **Cantonnement absolu :** désigne une règle stricte de cantonnement où il est interdit de pénétrer dans un canton occupé par un autre train.
- **Cantonnement permissif :** est une approche du cantonnement qui permet l'admission d'un train suivant dans un canton déjà occupé, mais sous certaines conditions spécifiques.

XI.5.2 Signalisation moderne :

En effet, avec l'augmentation du trafic ferroviaire et de la demande de transport, il est devenu nécessaire d'adopter des systèmes plus avancés pour gérer et contrôler le réseau ferroviaire.

XI.6 Les différents types de blocks :

Les différents types de blocs utilisés dans la gestion des signaux ferroviaires sont les suivants :

XI.6.1 Block Manuel (B.M) :

Utilisé sur les lignes peu fréquentées, ce système requiert l'ouverture manuelle du signal de block par un agent pour autoriser l'entrée sur la voie.

XI.6.2 Block automatique à permissivité restreinte (B.A.P.R) :

Utilisé sur les lignes moyennement fréquentées, ce système d'espacement utilise des signaux automatiques pour contrôler l'entrée des trains dans la voie suivante.

XI.6.3 Block automatique lumineux (B.A.L) :

Utilisé sur les lignes principales, ce système d'espacement utilise des signaux automatiques pour contrôler les trains en fonction de leur position et des conditions de circulation.

XI.7 Système de Cantonnement (systèmes d'espacement des trains) :

Il évite les rattrapages en fractionnant la ligne en cantons protégés par des signaux d'arrêt. Pour cette ligne à densité moyenne de circulation, le type de cantonnement utilisé est **le block automatique lumineux (BAL).**

XI.8 Système de contrôle et de protection ERTMS

Européen **R**ailways **T**raffic **M**anagement **S**ystem signifie en Français système européen de la gestion de la circulation ferroviaire. C'est un système de contrôle et de commande Assurant un trafic ferroviaire standardisé et interopérable.

- **Les fonctions d'ERTMS :**

  ERTMS assure les fonctions suivantes :

  - Contrôler l'aspect de la signalisation latérale par la balise standard qui communique avec un autre système à bord de train.
  - Donner l'autorité de déplacement jusqu'au prochain système de signalisation latérale en basant sur le principe de blocage fixé.
  - Transformer les informations de signalisation latérale à travers l'Unité de contrôle latéral (LEU) afin de transmettre par la balise jusqu'au train.
  - Permet au train de transmettre via une antenne sa position et sa vitesse de façon continue à n'importe quel moment.
  - Protection des trains : Communication discontinue voie-train via les balises.

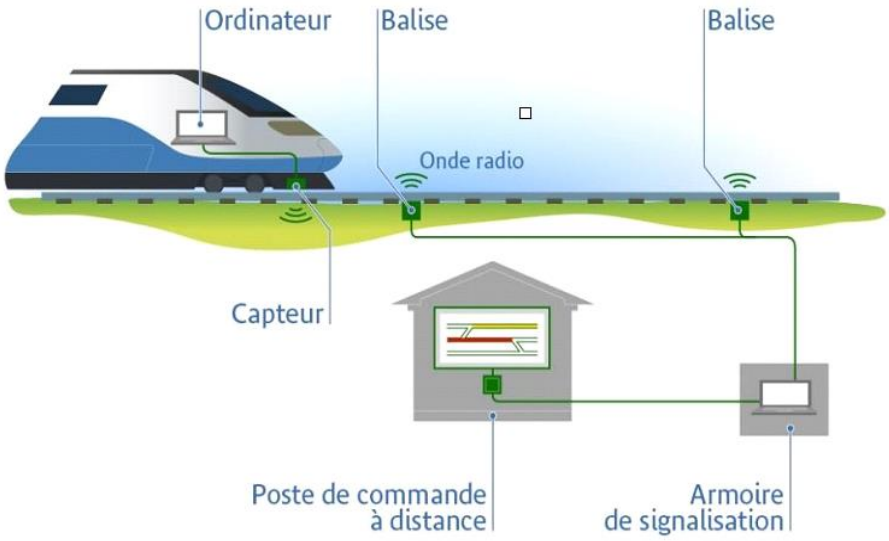


Figure XI-2 le système de contrôle des trains ERTMS

XI.9 Application sur notre projet

Le dédoublement de la ligne ferroviaire avec l'utilisation combinée du système de signalisation BAL (Block Automatique Lumineux) et de l'ERTMS (European Rail Traffic Management System) offre de nombreux avantages pour améliorer la sécurité et l'efficacité du réseau ferroviaire.

Le BAL peut servir de système de signalisation local, fournissant des indications visuelles aux conducteurs de train, tandis que l'ERTMS assure une surveillance et un contrôle globaux du réseau ferroviaire. L'ERTMS peut compléter le BAL en fournissant des informations supplémentaires aux conducteurs et en permettant une gestion plus précise et centralisée du trafic ferroviaire...

CHAPITRE XIII : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XII. Impact sur l'environnement

XII.1 Introduction :

L'étude de l'impact environnemental des infrastructures constitue la première et principale étape de l'évaluation environnementale. Elle vise à évaluer les conséquences, à la fois directes et indirectes, que la création d'infrastructures de base peut avoir sur l'environnement à court, moyen et long terme. Son objectif est d'identifier les mesures nécessaires pour prévenir, réduire ou compenser les impacts négatifs, tout en améliorant les effets positifs du projet sur l'environnement.

XII.2 Objectif de l'étude d'impact sur l'environnement :

Les objectifs de la présente étude d'impact sur l'environnement sont les suivants :

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

XII.3 Les éléments environnementaux pris en compte :

L'EIE a émergé pour explorer les différents facteurs qui devraient être pris en compte dans une évaluation d'impact. Pour notre projet, ces éléments sont représentés par :

XII.3.1 Les ressources en eaux :

Quand on parle d'infrastructures de transport, on entend des emprises bloquées, qui à leur tour réduisent les précipitations, les modifications des conditions de sol et d'écoulement des oueds, ce qui peut entraîner une érosion et une pollution chronique du milieu naturel. Contamination accidentelle et déversements de produits toxiques.

Les zones proches des captages d'eau souterraine (puits, forages) et des réservoirs de montagne sont considérés comme particulièrement sensibles et ne doivent pas être perturbées.

Les zones proches des captages d'eau souterraine (puits, forages) et des réservoirs ceci est considéré comme particulièrement sensible, il faut donc éviter au maximum leurs perturbations.

XII.3.2 Patrimoine privé :

Les projets routiers et ferroviaires, qu'ils soient terrestres, commerciaux ou résidentiels, traversent très souvent des terrains privés et publics, nécessitant une démolition.

Notre projet est situé au-dessus du niveau de TENOUKLA, dans une zone d'activité agricole. Le dédoublement de la voie, datant de la période coloniale, traverse des terres privées comprenant de nombreuses fermes, causant ainsi de grands dommages à la nature.

XII.3.3 Les zones agricoles :

Il est vrai que les zones agricoles en Algérie sont d'une importance économique considérable et qu'il est crucial de les promouvoir. Dans le cas spécifique de la zone de TENOUKLA, où la présence de bergers est élevée, la construction de dédoublement de la voie peut entraîner des perturbations pour les agriculteurs et le paysage environnant. Ainsi que des opportunités réduites en raison de l'érosion et du changement de la forêt. En plus de remplacer le terrain au profit des routes, la lithologie des zones affectées sera réhabilitée, créant des discontinuités dans certaines zones.

XII.3.4 Le couvert forestier :

Les forêts de pins sauvages et de romarin représentent une grande richesse économique et naturelle, mais la construction d'infrastructures telles que les routes, les voies ferrées et les lignes électriques affecte négativement le couvert forestier, perturbant les écosystèmes et perturbant la migration des espèces animales. De plus, la construction d'infrastructures nécessite souvent le déboisement de la végétation, ce qui peut entraîner une perte de biodiversité et une dégradation de la qualité des sols.

XII.3.5 Les zones urbanisées :

Les zones urbanisées posent de réelles contraintes, comme c'est le cas pour la ville de BIR EL ATER, où de nombreuses zones sont affectées par la construction de voies. Cela entraînera de lourdes conséquences, telles que la pollution sonore pour les maisons restantes, la fragmentation de l'espace urbain, le danger pour les jeunes et le déplacement de plusieurs familles.

XII.4 DESCRIPTION DE SITE ET SON ENVIRONNEMENT

XII.4.1 Environnements physiques :

- **Climat :** La zone d'étude est caractérisée par un climat tempéré, semi-aride, sec et froid.
- **Température :**

  T moy (°C) : 16,8.

- **Vents :** Un vent fort, frais et sec souvent du nord souffle à une vitesse moyenne de 14,1Km/h. Elle dure plus de 6 mois du mois de novembre jusqu'au mois de mai.
- **Relief :** La zone présente moyennement accidenter à montagneux, formant de multiple bassins versants sur les plateaux.
- **Sismologie :** La région étudiée est classée dans la zone sismique I, à Sismicité faible.

XII.4.2 Environnement biologique :

- **La Faune :** La zone d'étude abrite une diversité de faune adaptée aux conditions semi-arides de la région. Voici quelques exemples de la faune que l'on peut trouver à Tébessa : Oiseaux, Reptiles (lézards, de serpents et de tortues), Mammifères (les renards, les chacals, les hérissons).
- **La Flore :** L'étude floristique de la région du nord de Tébessa montre que la flore a une composition assez variée. La couverture végétale est formée surtout par des espèces appartenant aux familles des composées, des légumineuses, des graminées, des crucifères, des labiées, des cistacées, des pinacées et des fagacées.

XII.5 IDENTIFICATION DES EFFETS DU PROJET

Les composantes physiques (sols, eaux, air), biologiques (végétation et faunes sauvages), humaine et socio-économiques seront affectées directement ou indirectement, négativement ou positivement à différents degrés pendant et après les travaux de renouvellement ou d'amélioration de voie ferrée.

Tableau 42 Les effets des sources d'impacts

Sources d'impacts	Effets positifs	Effets négatifs
Pendant les travaux	-Amélioration de l'emploi de la main d'œuvre locale. -Développement du petit commerce local. -Augmentation des revenus des populations	-Dégradation des ressources végétales. -Irrégularité du trafic et incommodité des retards et incertitudes. - Influence des ouvriers et autre personnel étranger sur les mœurs. - Déchets solides, liquides - Bruits (véhicules/ engins)
Pendant l'exploitation de la voie	-Régularité du trafic et sécurité des personnes et des biens. -Développement des échanges et renaissance de la confiance des usagers. -Augmentation du trafic passager et fret Augmentation des revenus de la SNTF	- Résurgence du chômage des jeunes. -Augmentation des risques d'accident. - Augmentation des vols à bord des trains.

XII.6 IDENTIFICATION DES IMPACTS DU PROJET

Tableau 43 Les sources d'impacts du projet et leurs répercutions

Source impact	Impact
-L'installation et le repli du chantier	- Pollution du sol (déchets solides et liquides) - Pollution visuelle (déchets solides et liquides)
-L'aménagement de places d'arrêt et de stockage des matériaux (ballast, rail…)	-Pollution du sol (déchets solides et liquides) -Pollution visuelle (déchets solides et liquides) -Déchets de débroussaillement
-Le débroussaillement de l'emprise de la voie	-Déchets de débroussaillement -Pollution visuelle (déchets solides)
- Le curage des fossés, des caniveaux et l'aménagement des exutoires	-Accélération de l'écoulement des eaux pluviales - Erosion hydrique -Envasement des bas-fonds
-Le reboisement des abords de la voie à la traversée des villages et ville	-Embellissement du parcours -Délimitation de l'emprise de la voie

XII.7 Conclusion

Ce rapport d'étude environnementale constitue une partie intégrante de l'étude économique, technique et environnementale des travaux de réalisation de notre projet. Cette étude porte principalement sur l'état actuel de l'environnement immédiat de la voie, l'identification et l'évaluation des impacts et des effets des travaux sur cet environnement, les mesures nécessaires pour atténuer les impacts négatifs, un plan de surveillance et de suivi des impacts du projet, ainsi qu'une évaluation sommaire de ces mesures.

.

HAPITRE XIV. DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF

XIII. Devis estimatif et quantitatif

N° DES PRIX	DESIGNATIONS	UNITE	PRIX UNITAIRE	QUANTITÉ	MONTANT
1 - INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER					
1-1	Amenée du matériel et installation général du chantier	F	244 543 995	1,00	244 543 997,57
1-2	Repli du matériel et des installations du chantier	F	25 008 495	1,00	25 008 497,85
1-3	Encadrement de chantier	F	60 363 955	1,00	60 363 956,24
TOTAL INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER					**329 916 451,66**
2 - ETUDES D'EXECTION					
2-1	Études d'exécution des terrassements généraux	F	117 997 425	1,00	117 997 426,82
2-2	Études d'assainissement	F	6 443 930	1,00	6 443 928,00
2-3	Études d'exécution des Bâtiments voyageurs et aménagement extérieur	F	12 857 790	1,00	12 857 791,68
TOTAL ETUDES D'EXECTION					**137 299 146,50**
3 - TERRASSEMENT GENEREAUX					
3-1	Décapage de terre végétale	M3	455	83 167,40	37 920 176,03
3-2	Déblais mise en remblai	M3	470	131 317,12	61 604 800,51
3-3	Déblais mise en dépôt	M3	480	32 829,28	15 960 939,35
3-4	Préparation des surfaces d'assise des remblais	M2	295	415 837,16	122 256 125,04
3-5	Mise en remblai des matériaux issus des déblais	M3	310	131 317,12	40 601 940,33
3-6	Mise en remblai de terrain meuble issu de lieux d'emprunt	M3	675	564 176,78	381 496 338,64
3-7	Couche de forme	M3	780	91 822,90	71 467 599,53
3-8	Sous ballast	M3	3 340	37 121,10	124 051 291,98
TOTAL TERRASSEMENT GENEREAUX					**855 359 211,40**
4 - DRAINAGE ET ASSAINISSEMENT					
3-0	Buses de tuyaux en béton armé diamètre 1000mm	ML	150 000,00	24,65	3 697 500,00
3-1	Buses de tuyaux en béton armé diamètre 1200mm	ML	152 880	195,39	29 870 787,48
3-2	Buses de tuyaux en béton armé diamètre 1500mm	ML	156 800	255,30	40 031 040,00
3-3	Fossé de plateforme en béton armé	ML	11 400	1 332,36	15 188 904,00
3-4	Fossé de crête en béton armé	ML	11 400	1 332,36	15 188 904,00
3-5	Fossé au pied de talus en béton armé	ML	11 400	15 567,64	177 471 096,00
3-6	Dalot en béton armé type 1 ; coupe transversale 2,50 X 2,00 m/2 cellule	M3	147 000	144,19	21 195 694,80
3-7	Dalot en béton armé type 2 ; coupe transversale 2,50 X 3,00 m	M3	117 000	158,62	18 558 300,15
TOTAL DRAINAGE ET ASSAINISSEMENT					**321 202 226,43**
5 - TRAVAUX DE VOIE					
5-1	Ballastage voie nouvelle	M3	6 305	30 814,30	194 284 161,50
5-2	Fourniture des traverses bi-bloc VAX U 31	U	8 245	5 676,00	46 798 620,00
5-3	Fourniture des rails NEUFS UIC 60 (60,34 kg/m)	Tonne	121 250	2 763,78	335 108 515,71
5-4	Fourniture des attachés pour rails UIC 60	U	525	141 027,13	73 870 008,75
5-5	Pose de la voie	ML	5 626	45 803,47	257 690 340,22
5-6	Fourniture des traverses mono-bloc	U	10 185	32 493,00	330 941 205,00
5-7	Fourniture d'un branchement simple UIC 60-500-1 :12	U	15 899 975	9,00	143 099 785,44
5-8	Pose d'un appareil de voie simple UIC 60-500 1 :12	U	553 625	9,00	4 982 647,50
5-9	Traverses de Garage Franc	U	40 890	9,00	368 024,04
5-10	Heurtoir	U	936 685	3,00	2 810 059,68

TOTAL TRAVAUX DE VOIE					**1 389 953 367,85**
6 - BATIMENTS GARES ET AMENAGEMENT EXTERIEUR					
6-1	Réalisation du bâtiment Voyageurs de la gare de AIN OUSSERA	M2	80 000,00	594,44	47 555 200,00
6-2	Réalisation des travaux d'aménagement extérieur de la gare de AIN OUSSERA	M2	40 000,00	5 366,76	214 670 400,00
TOTAL BATIMENTS GARES ET AMENAGEMENT EXTERIEUR					**262 225 600,00**
TOTAL GENERAL (DA) HT					**3 295 956 003,83**

RECAPULATION	MONTANT
TOTAL INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER	**329 916 451,66**
TOTAL ETUDES D'EXECTION	**137 299 146,50**
TOTAL TERRASSEMENT GENEREAUX	**855 359 211,40**
TOTAL DRAINAGE ET ASSAINISSEMENT	**321 202 226,43**
TOTAL TRAVAUX DE VOIE	**1 389 953 367,85**
TOTAL BATIMENTS GARES ET AMENAGEMENT EXTERIEUR	**262 225 600,00**
TOTAL GENERAL (DA) TTC	**3 295 956 003,83**

Montant total en DA TTC :

Trois milliards deux cent quatre-vingt-quinze millions neuf cent cinquante-six mille trois dinars et quatre-vingt-troiscentimes.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Ce projet de fin d'étude a été une grande opportunité pour nous afin de mettre en application des connaissances acquises durant tout notre cursus pour résoudre des problèmes concrets.

En Algérie, au lancement des grands projets d'infrastructures de transport, entrant dans le cadre de la relance économique et du développement des différents réseaux. L'autoroute Est-Ouest, les voies ferrées, métro d'Alger…etc.

Des grands projets qui auront, sans doute, des répercussions positives sur le développement.

Notre étude de ce tracé et des installations ferroviaires, du fait de son positionnement stratégique.

Dans notre démarche d'étude nous avons essayé de respecter toutes les normes existantes qu'on ne peut pas les négliger et on prend en considération le confort, la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement afin de faire un bon travail.

Ce projet de fin d'étude nous a permis d'enrichir nos connaissances, et de cerner tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter dans un projet de chemin fer.

De plus, Ce travail nous a permis de développer notre côté informatique, par l'utilisation des logiciels comme AUTOCAD, COVADIS 16.0d, GLABALE MAPPER.

Annexe

Annexe

Listing de la géométrie de l'axe en plan

Client : ENSTP **Préparé par : LEMRABET/TAHRAOUI**

LOGICIEL: COVADIS 16.0d Date: 01/06/2024 à 20:43:02

Description : étude APD de la ligne de chemin de fer Oued Keberit – Djebel Onk
Plage d'abscisse : Début : PK 80+000, Fin : PK 95+000

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	267.52gr	587,271	80+000.000	411935,113	3860812,269
Clothoïde 1	Paramètre	264,575	70,000	80+587.271	411422,634	3860525,472
Arc 1	Rayon	1000.000 m	481,465	80+657.271	411361,955	3860490,579
	Centre X	411880.546 m				
	Centre Y	3859635.557 m				
Clothoïde 2	Paramètre	-264,575	70,000	81+138.736	411024,968	3860153,230
Droite 2	Gisement	232.41gr	1929,528	81+208.736	410990,140	3860092,514
Clothoïde 3	Paramètre	264,575	70,000	83+138.264	410049,655	3858407,709
Arc 2	Rayon	1000.000 m	231,898	83+208.264	410016,253	3858346,196
	Centre X	410905.944 m				
	Centre Y	3857889.633 m				
Clothoïde 4	Paramètre	-264,575	70,000	83+440.162	409935,139	3858129,502
Droite 3	Gisement	213.19gr	1577,418	83+510.162	409919,939	3858061,176
Clothoïde 5	Paramètre	264,575	70,000	85+087.580	409595,384	3856517,507
Arc 3	Rayon	1000.000 m	565,583	85+157.580	409581,782	3856448,845
	Centre X	410566.987 m				
	Centre Y	3856277.465 m				
Clothoïde 6	Paramètre	-264,575	70,000	85+723.163	409643,358	3855894,178
Droite 4	Gisement	172.73gr	7700,141	85+793.163	409671,687	3855830,171
Clothoïde 7	Paramètre	272,397	70,000	93+493.303	412870,111	3848825,726
Arc 4	Rayon	1060.000 m	139,564	93+563.303	412899,885	3848762,378
	Centre X	413849.055 m				
	Centre Y	3849234.264 m				
Clothoïde 8	Paramètre	-272,397	70,000	93+702.868	412970,052	3848641,851
Droite 5	Gisement	160.14gr	437,290	93+772.868	413010,440	3848584,681
Clothoïde 9	Paramètre	265,004	90,000	94+210.158	413266,670	3848230,325
Arc 5	Rayon	780.300 m	28,107	94+300.158	413320,790	3848158,432
	Centre X	413925.699 m				
	Centre Y	3848651.336 m				
Clothoïde 10	Paramètre	-265,004	90,000	94+328.264	413338,933	3848136,967
Droite 6	Gisement	150.51gr	631,611	94+418.264	413400,809	3848071,630
				95+000.000	413843,846	3847621,462
Longueur totale de l'axe 15000.000 mètre(s)						

Annexe

Listing de la géométrie de profil en long

Client : ENSTP **Préparé par : LEMRABET/TAHRAOUI**

LOGICIEL: COVADIS 16.0d Date: 21/04/2022 à 09:49:29

Description : étude APD de la ligne de chemin de fer Oued Keberit – Djebel Onk
Plage d'abscisse : Début : PK 80+000, Fin : PK 95+000

LONGUEUR DE L'AXE : 15000.000 m

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	-0.79 %	5628,320	80+000.000	888,053
Cercle 1	Rayon Sommet Absc. Sommet Alt.	6000.000 m 85+699.501 m 843.221 m	52,537	85+651.912	843,410
Pente 2	Pente	0.08 %	1887,702	85+704.449	843,223
Cercle 2	Rayon Sommet Absc. Sommet Alt.	6000.000 m 87+587.204 m 844.777 m	31,256	87+592.151	844,779
Pente 3	Pente	0.35 %	2007,797	87+608.427	844,815
Cercle 3	Rayon Sommet Absc. Sommet Alt.	6000.000 m 89+595.001 m 851.880 m	47,454	89+616.225	851,917
Pente 4	Pente	0.65 %	1121,838	89+633.775	852,005
Cercle 4	Rayon Sommet Absc. Sommet Alt.	-6000.000 m 90+794.387 m 859.380 m	38,774	90+755.613	859,255
Pente 5	Pente	0.00 %	1171,582	90+794.387	859,380
Cercle 5	Rayon Sommet Absc. Sommet Alt.	-6000.000 m 91+965.970 m 859.380 m	38,160	91+965.970	859,380
Pente 6	Pente	-0.30 %	1195,659	91+984.030	859,353
Cercle 6	Rayon Sommet Absc. Sommet Alt.	6000.000 m 93+197.750 m 855.727 m	63,475	93+179.690	855,754
Pente 7	Pente	0.76 %	629,207	93+243.165	855,899
Cercle 7	Rayon Sommet Absc. Sommet Alt.	-6000.000 m 93+917.786 m 860.833 m	45,714	93+872.371	860,661
Pente 8	Pente	-0.00 %	1131,915	93+918.085	860,833
				95+000.000	860,777
Longueur totale de l'axe 15000.000 mètre(s)					

Table 1 Les Essai et autres objectifs Résumé

