

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
فرنسيس جانسون

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

Étude de dédoublement, modernisation et/ou rectification du tracé
pour augmenter la capacité de la ligne ferroviaire minière EST
(ANNABA-BOUCHEGOUF) sur le tronçon du PK 30+000 au PK
40+000, avec la conception de la gare CHIHANI

Présenté par :

HASNAOUI YOUSRA

MESSAOUD DOUNIA

Encadré par :

M, AHMED GOUMETTRE

Promotion : 2023 / 2024

المخلص:

هذه المذكرة عبارة عن دراسة مفصلة لمقطع سكة حديدية في إطار مشروع تجديد الخط المنجمي الرابط بين واليوتي عنابة و بوشقوف ، وتهدف الدراسة إلى زيادة القدرة الاستيعابية للخط ورفع سرعته إلى 120 كيلومترا في الساعة, (يتراوح المقطع المراد دراسته بين النقطة الكيلومترية 30 والنقطة الكيلومترية 40، بالإضافة إلى ذلك، تتضمن المذكرة تصميمًا وتهيئة لمحطة الركاب في دائرة شيحاني، صممت هذه الدراسة وفقا لمعايير الإتحاد الدولي للسكك الحديدية UIC وبناء على توصيات الشركة الوطنية للنقل بالسكك الحديدية SNTF وبمساعدة البرامج الهندسية التالية: Autocad ،Logiciel TALREN ،2022، COVADIS2016

كلمات مفتاحية: سكة حديدية، محطة، دراسة

Résumé :

Le présent mémoire porte sur une étude détaillée d'une section de voie ferrée dans le cadre du projet de dédoublement, modernisation et/ou rectification de tracé de la ligne minière Annaba-BOUCHEGOUF L'étude vise à augmenter la capacité de la ligne et à augmenter sa vitesse à 120 kilomètres par heure, (La section à étudier s'étend du PK 30+000 au PK 40+000) En outre, le mémoire comprend la conception et l'aménagement d'une gare voyageurs à CHIHANI,

Cette étude a été réalisée conformément aux normes de l'Union internationale des chemins de fer (UIC) et en fonction des recommandations de la Société nationale des transports ferroviaires (SNTF), avec l'aide des logiciels d'ingénierie suivants :COVADIS2016, Autocad 2022, Logiciel TALREN

Mots clés : voie ferrée, dédoublement, Gare,

Abstract:

This project is a detailed study of a railway section within the framework of the mine line (Annaba-TBOUCHEGOUF) renewal-duplication project, The study aims to increase the line's capacity and raise its speed to 120 kilometers per hour, (The section to be studied ranges from kilometer point 30 to kilometer point 40,) Additionally, the thesis includes the design and preparation of a passenger station in CHIHANI,

This study has been designed according to the standards of the International Union of Railways (UIC) and based on the recommendations of the National Railway Transportation Company (SNTF), with the assistance of the following engineering software: COVADIS2016, Autocad 2022, Logiciel TALREN

Keywords: Railways, duplication, Station,



Remerciements



Avant tout, nous remercions Dieu pour le courage et la volonté que nous a donné pour terminer ce travail,

Nos remerciements vont :

*À **Mr GOMETTRE** qui a bien voulu encadrer nos travaux et qui nous a fait bénéficier de ses orientations,"*

En outre, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers


Mr MORSLI,


pour son soutien inestimable tout au long de notre parcours,

Aux professionnels de l'industrie ferroviaire, qui ont généreusement partagé leur expérience contribuant ainsi à l'élaboration de ce projet, En particulier, le personnel de INFRAFER spécialement Mr SAADAOUI, Mr BOUAMAMA qui nous ont encadré et assisté durant toute la période de stage,

À mes enseignant qui ont partagé leurs connaissances pour nous aider à atteindre nos objectifs et à réaliser ce mémoire,

Et enfin, nos remerciements s'adressent également aux membres du jury d'avoir accepté d'évaluer notre modeste travail,







Dédicaces



MESSAOUD DOUNIA

*Je dédie ce modeste travail à la prunelle de mes yeux, la source de ma joie et mon bonheur, celle qui m'a donnée la vie, celle qui m'a entouré d'amour, d'affection et qui fait tout pour ma réussite, à celle qu'aucune dédicace ne saurait exprimer l'affection et l'amour que je lui éprouve, que dieu te garde et te protège **ma chère maman**.*

***Mon cher père** qui a toujours cru en moi et a mis à ma disposition tous les moyens nécessaires pour que je réussisse dans mes études.*

*À **ma chère grand-mère**, Ton amour et ta sagesse illuminent ma vie, Merci pour tout.*

*Ma chère sœur **AYA** et Mon cher frère **REDA** pour leur encouragement et l'amour qu'ils me réservent.*

Toute ma famille, mes amis, et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que mon succès soit possible je vous dis merci,

*À ma binôme **YOUSRA**.*

HASNAOUI YOUSRA

Je dédie ce travail à ma défunte grand-mère

*À **ma chère maman**, qui illumine mes jours de sa tendresse et de son amour infini, Ton sourire et ton cœur sont mon refuge, Merci d'être la meilleure mère du monde,*

*À **mon cher père**, qui a été mon guide et mon soutien tout au long de ce parcours académique, Ton amour et tes encouragements ont été ma force, Merci pour tout.*

*À mes sœurs **IMENE** et **MARIA** et à mon petit frère **ANES** Votre amour et votre soutien sont mes plus grands trésors, Merci pour tout,*

À toute ma famille, mes amis source d'espoir et de motivation

*À ma binôme **DOUNIA***

*À notre amie **MAISSA** et À l'ensemble des étudiants de ma promotion.*





Liste d' Abréviations

Liste d'Abréviations

INFRAFER : Entreprise publique économique de réalisation d'infrastructures ferroviaires,
ANESRIF : Agence Nationale d'Étude et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires,
SNTF : Société Nationale des Transports Ferroviaires,
UIC : Union Internationale des Chemins de fer,
RPOA : Règlement Parasismique des Ouvrages d'Art,
ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques,
ONM : Office National de la Météorologie,
A,P,D : Avant-Projet Détaillé,
PK : Point kilométrique,
NPHE : Niveau des Plus Haut Eaux,
TN : Terrain Naturel,
BV : Bassin versant,
CAO : Conception Assistée par Ordinateur,
IDF : Intensité - Durée — Fréquence,
Qps : Débit pleine section,
VPs : Vitesse pleine section,
H/V : Horizontal / Vertical,
VBS : Essai bleu de méthylène,
PU : Puit de reconnaissance,
SC : Sondage Carotté,
SPT : Essai de Pénétration Standard,
CC : Chemin Communal,
RN : Route Nationale,
B,V : Bâtiment Voyageurs,
ADV : Appareil De Voie,
GF : Garage Franc
Lu : Longueur Utile,

Listes des matières

Table de Matière

| | |
|---|----------|
| RÉSUMÉ | 1 |
| REMERCIEMENTS | 1 |
| DÉDICACES | 1 |
| LISTE D' ABRÉVIATIONS | 1 |
| LISTE DES FIGURES | 1 |
| LISTE DES TABLEAUX | 1 |
| INTRODUCTION GENERALE | 1 |
| CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LE CHEMIN DE FER | |
| INTRODUCTION..... | 3 |
| I,1, CHEMIN DE FER EN ALGERIE | 3 |
| I,2, L'EVOLUTION DE CHEMIN DE FER..... | 4 |
| I,2,1 Différences entre le chemin de fer de l'époque et celui d'aujourd'hui | 4 |
| I,3, L'UNION INTERNATIONAL DES CHEMINS DE FER (UIC) | 5 |
| I,3,1, Présentation | 5 |
| I,3,2, Membre de UIC | 5 |
| I,3,3, Missions de l'UIC..... | 6 |
| I,3,4 Classification des lignes d'UIC..... | 6 |
| I,4, RESEAU FERROVIAIRE NATIONAL..... | 7 |
| CONCLUSION | 8 |
| CHAPITRE II: PRESENTATION DU PROJET | |
| INTRODUCTION..... | 10 |
| II,1, DESCRIPTION DE LA LIGNE EXISTANTE..... | 10 |
| II,2, PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE..... | 10 |
| II,2,1 Description du projet | 11 |
| II,3, DESCRIPTION DE L'ETAT INITIAL DE LA REGION TRAVERSE | 12 |
| II,3,1, Situation géographique des deux wilayas traversées..... | 12 |
| II,3,1,1 Wilaya d'El Taref..... | 12 |
| II,3,1,2 Wilaya de Guelma..... | 13 |
| II,4, LES DONNEES DU PROJET..... | 13 |
| II,4,1 Relief..... | 13 |
| II,4,2, Climat / Températures | 14 |
| II,4,3, Sismicité..... | 15 |

TABLE DE MATIERES

| | |
|--|----|
| II,5, Particularité des industries minière..... | 16 |
| II,6, OBJECTIF DU PROJET..... | 16 |
| II,7, CARACTERISTIQUES DE L'INFRASTRUCTURE DE LA LIGNE | 18 |
| CONCLUSION..... | 19 |

CHAPITRE III : SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

| | |
|--|----|
| INTRODUCTION..... | 18 |
| III,1, LA VOIE..... | 18 |
| III,2, LES COMPOSANTES DE LA VOIE..... | 19 |
| III,2,1, Les rails..... | 19 |
| II,2,1,1 Le rôle du rail :..... | 19 |
| II,2,1,2 Caractéristiques géométriques du rail UIC 60 :..... | 19 |
| II,2,1,3, Assemblage des rails | 20 |
| II,2,2, Les traverse | 21 |
| II,2,3, Les Attaches | 21 |
| II,2,4, Les semelles : | 22 |
| II,2,5, L'appareil de voie :..... | 22 |
| CONCLUSION..... | 23 |

CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

| | |
|--|----|
| INTRODUCTION..... | 25 |
| IV,1, TRACÉ EN PLAN | 25 |
| IV,1,1, Conditions et règles à respecter dans le tracé en plan | 25 |
| IV,1,2, Les éléments du tracé en plan | 25 |
| IV,1,3, Les caractéristiques géométriques du tracé | 26 |
| IV,2, DEVERS..... | 27 |
| IV,2,1 Dévers maximal | 27 |
| IV,2,2 Dévers théorique ou d'équilibre..... | 27 |
| IV,2,3, Coefficient de dévers et dévers pratique | 27 |
| IV,2,4, Insuffisance de dévers | 28 |
| IV,2,4, Excès de dévers..... | 28 |
| IV,2,5 Variation de dévers | 29 |
| IV,2,5,1 Variation de dévers dans les courbes de transition $\Delta d/\Delta l$: | 29 |
| IV,2,5,2 Variation de dévers dans le temps $\Delta d/\Delta t$: | 29 |
| IV,2,5,3 Variation de l'insuffisance de dévers dans le temps $\Delta l/\Delta t$: | 29 |
| IV,3, RAYON HORIZONTALE MINIMUM..... | 30 |
| IV,4, RACCORDEMENTS PROGRESSIFS | 30 |

| | |
|--|----|
| IV,5, APPLICATION SUR LE PROJET | 31 |
| IV,5,1, Calcul des paramètres de voie | 31 |
| IV,6, DESCRIPTION GENERALE DU TRACE : | 33 |
| IV,7, LES CONTRAINTES LE LONG DU TRACÉ | 34 |
| IV,8, PROFIL EN LONG | 34 |
| IV,8,1, Les éléments de composition du profil en long | 34 |
| IV,8,1,1, Les alignements droits | 34 |
| IV,8,1,2, Les cercles | 35 |
| IV,9, APPLICATION SUR LE PROJET | 36 |
| CONCLUSION | 36 |
| CHAPITRE V : ÉTUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE | |
| INTRODUCTION | 38 |
| V,1, ÉTUDE HYDROLOGIQUE | 38 |
| V,1,1 Description du réseau hydrographique et des bassins versants | 38 |
| V,2, LES CARACTÉRISTIQUES CLIMATIQUES ET PLUVIOMÉTRIQUES | 39 |
| V,2,1, Climat | 39 |
| V,2,1,1 Températures | 39 |
| V,2,1,2 Humidité (les zones bioclimatiques) | 39 |
| V,2,3 Pluviométrie | 40 |
| V,2,3,1 Pluie annuelle | 40 |
| V,2,3,2, L'ajustement de la loi normale des pluies | 41 |
| V,2,3,3, Précipitations Journalières | 41 |
| V,2,3,4, Pluie de courtes durées | 42 |
| V,3, LES CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES DES BASSINS VERSANTS | 43 |
| V,3,1, Temps de concentration | 44 |
| V,4, CALCUL DE DÉBIT MAXIMAL DANS LES BASSINS (DÉBIT DE CRUE) | 45 |
| V,4,1 Méthode rationnelle $A < 10Km^2$ | 45 |
| V,4,2 Coefficient de ruissellement C_r | 45 |
| V,4,3, Temps de concentration : | 46 |
| V,5, ÉTUDE HYDRAULIQUE | 50 |
| V,5,1 calcul hydraulique et dimensionnement | 50 |
| V,5,1,1, Dimensionnement des dalots | 50 |
| V,5,1,2, Application numérique | 51 |
| V,6, DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES LONGITUDINAUX (FOSSÉS) | 54 |
| V,6,1, Calcul des débits d'apports | 54 |

TABLE DE MATIERES

| | |
|---|----|
| V,6,2, Surface des sous bassins versant | 54 |
| V,6,3, Temps de concentration | 54 |
| V,6,4, Débit d'apport | 55 |
| V,6,5, Débit de saturation..... | 55 |
| CONCLUSION | 56 |

CHAPITRE VI : ÉTUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

| | |
|--|----|
| INTRODUCTION..... | 57 |
| VI, 1, OBJECTIF | 57 |
| VI, 2, GEOLOGIE DE LA SECTION PK30+00 AU PK40+00 | 57 |
| VI, 1,2, ÉTUDE GÉOLOGIQUE | 57 |
| VI,1,3, Cadre geologique de la zone d'étude | 58 |
| VI,1,4, Géologie le long du tracé..... | 58 |
| VI,1,5 Risques géologiques..... | 60 |
| VI,3, ÉTUDE GÉOTECHNIQUE | 61 |
| VI,3,1, Programme d'investigation géotechnique | 61 |
| VI,3,2, Essais in situ | 62 |
| VI,3,2,1 Sondage carottés (SC)..... | 62 |
| VI,3,2,2 Puits de reconnaissances creusés (PU) | 65 |
| VI,3,3 Essais au laboratoire..... | 65 |
| VI,3,3,1, Essais physiques | 65 |
| VI,3,3,2, Analyse chimiques (Sulfates, Carbonates) :(NF P18-011, NF P18-660-1) | 66 |
| VI,3,3,3, Essais mécaniques | 66 |
| VI,3,4, Résultats des essais au laboratoire | 67 |
| VI,3,4,1, INTERPRETATION DES ESSAIS DE LABORATOIRE | 71 |
| VI,4, LOCALISATION DES ZONES À RISQUES | 71 |
| VI,4,1 Le risque des inondations dans la region d'étude | 71 |
| VI,4,2 Matériaux pour les remblais | 72 |
| VI,5, GITES D'EMPRUNTS..... | 72 |
| CONCLUSION | 72 |

CHAPITRE VII : ASSISE FERROVIAIRE

| | |
|---|----|
| INTRODUCTION..... | 74 |
| VII,1, LES COUCHES D'ASSISE FERROVIAIRE : | 74 |
| VII,2, LE BALLAST..... | 75 |
| VII,2,1, Définition | 75 |
| VII,2,2, Caractéristique de ballast | 75 |

TABLE DE MATIERES

| | |
|--|----|
| VII,3, SOUS COUCHE..... | 76 |
| VII,3,1, Rôle de la sous-couche..... | 76 |
| VII,3,2, Constitution de la sous-couche..... | 76 |
| VII,4, LES GEOTEXTILES..... | 77 |
| VII,5, LA PLATE-FORME..... | 77 |
| VII,5,1, Classification des sols pour la plate-forme..... | 77 |
| VII,6, METHODE DE DIMENSIONNEMENT ADOPTEE..... | 78 |
| VII,7, CALCUL D'ÉPAISSEUR MINIMAL D'APRES LA FICHE UIC 719R..... | 78 |
| CONCLUSION..... | 81 |

CHAPITRE VIII : PROFIL EN TRAVERS

| | |
|---|----|
| INTRODUCTION..... | 83 |
| VIII,1, LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS..... | 83 |
| VIII,2, LES ÉLÉMENT DU PROFILS TYPE..... | 83 |
| VIII,3, LES PROFILS EN TRAVERS AFFECTES A NOTRE PROJET..... | 84 |

CHAPITRE IX : TERRASSEMENTS ET OUVRAGES

| | |
|--|----|
| INTRODUCTION..... | 86 |
| IX,1, REMBLAI..... | 86 |
| IX,1,1 Stabilité du remblai..... | 86 |
| IX,2, DEBLAIS..... | 88 |
| IX,3, PAISSEUR DE LA TERRE VEGETALE..... | 90 |
| IX,4, RECAPITULATIFS DES QUANTITES DE MATERIAUX UTILISEES..... | 91 |
| IX,4,1, Cubature..... | 91 |
| IX,5, LES OUVRAGES PROJETES..... | 91 |
| CONCLUSION..... | 92 |

CHAPITRE X : CONCEPTION ET AMENAGEMENT DE LA GARE

| | |
|--|----|
| INTRODUCTION..... | 94 |
| X,1, ÉTUDE DU PLAN DE MASSE D'UNE GARE..... | 94 |
| X,2, CONDITIONS DE CONCEPTION DES GARES..... | 94 |
| X,3, AMÉNAGEMENT DE LA GARE..... | 94 |
| X,3,1, Installations d'une gare voyageurs..... | 94 |
| X,4, CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DE LA GARE..... | 95 |
| X,4,1, Marge de glissement à l'aval des signaux..... | 95 |
| X,4,2 Garage franc..... | 96 |
| X,4,3 HEURTOIR..... | 96 |

TABLE DE MATIERES

| | |
|--|-----|
| X,4,4, La longueur utile d'une voie de stationnement | 97 |
| X,4,6, Déclivité dans les Gare | 97 |
| X,4,7,Quai | 97 |
| X,5, LES APPAREILS DE VOIE..... | 98 |
| X,6, LOCALISATION DE LA GARE DE CHIHANI | 98 |
| X,7, APPLICATION AU PROJET | 99 |
| X,8, PASSAGE SOUTERRAIN..... | 100 |
| X,9, ASSAINISSEMENT DANS LA GARE..... | 101 |
| CONCLUSION..... | 101 |

CHAPITRE XI : SIGNALISATION FERROVIAIRE

| | |
|--|-----|
| INTRODUCTION..... | 103 |
| XI,1, OBJET DE LA SIGNALISATION FERROVIAIRE | 103 |
| XI,2, DIFFÉRENTES FONCTIONS DES SIGNAUX..... | 104 |
| XI, 3, GENRE ET ÉTALON DE SIGNALISATION..... | 104 |
| XI, 4, VISIBILITÉ DES SIGNAUX :..... | 104 |
| XI,5, PRINCIPE DE SIGNALISATION FERROVIAIRE | 104 |
| XI,5,1, Signalisation classique | 104 |
| XI,6, ASPECTS DES SIGNAUX..... | 106 |
| XI,7, DEFINITION DU SYSTEME ERTMS | 108 |
| IX,7,1, Fonctionnement d'ERTMS..... | 109 |
| XI,8, TELECOMMUNICATIONS | 109 |
| IX,8,1, Système de telecommunications | 109 |
| XI,8,2, Système GSM-R Global System for Mobile Communication-Railroad..... | 109 |
| XI,9, APPLICATION SUR NOTRE PROJET..... | 109 |
| CONCLUSION..... | 110 |

CHAPITRE XIII : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

| | |
|--|-----|
| INTRODUCTION..... | 112 |
| XIII,1, DÉLIMITATION DE LA ZONE D'ÉTUDE..... | 112 |
| XIII,2, DESCRIPTION DE L'ÉTAT INITIAL DE LA ZONE D'ÉTUDE | 112 |
| XIII,2,1 Milieu physique..... | 112 |
| XIII,2,2, Climatologie | 112 |
| XIII,2,3, Relief..... | 112 |
| XIII,2,4, Géologique | 112 |
| XIII,2,5, Hydrologie et hydrogéologie..... | 112 |
| XIII,2,6, Sismologie..... | 113 |

TABLE DE MATIERES

| | |
|---|------------|
| XIII,2,7, Risques naturels..... | 113 |
| XIII,3, MILIEU HUMAIN | 113 |
| XIII,3,1, Démographie | 113 |
| XIII,3,2, Activités économiques | 113 |
| XIII,3,2,1, L'Agriculture | 113 |
| XIII,3,2,2, L'industrie | 113 |
| XIII,3,2,3 L'industries minière | 113 |
| XIII,4, GARE..... | 114 |
| XIII,5, MILIEU BIOLOGIQUE | 114 |
| XIII,5,1 Flore..... | 114 |
| XIII,5,2 LA Faune | 114 |
| XIII,6, ANALYSE DES IMPACTS..... | 114 |
| XIII,6,1, Ales impacts positifs..... | 114 |
| XIII,6,2, Identification et évaluation des impacts négatifs prévisibles avec les mesures d'atténuation | 115 |
| CONCLUSION..... | 120 |
| CONCLUSION GENERALE | 126 |
| REFERENCE..... | 130 |
| ANNEXES..... | |

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure I, 1 Locomotive à vapeur de l'époque, | 4 |
| Figure I, 2 Locomotive électrifiée moderne d'aujourd'hui, | 4 |
| Figure I, 3 Membre de l'UIC, | 5 |
| Figure I, 4 Réseau ferroviaire algérien,..... | 8 |
| Figure III, 1 : les éléments de la voie | 18 |
| Figure III 2, Section transversal du rail UIC 60 E1,..... | 20 |
| Figure III 3, Soudure électrique | 20 |
| Figure III 4, Traverse en BA..... | 21 |
| Figure III 5, Attache type nabla | 21 |
| Figure III 6, : L'emplacement de la semelle sous rail | 22 |
| Figure III 7, : L'emplacement de la semelle sous rail | 23 |
| Figure IV, 1 Les éléments de tracé en plan..... | 26 |
| Figure V, 1, Carte de la situation géographique du bassin versant d'oued Seybousse (BV N° 14)..... | 38 |
| Figure V, 2 - Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien (Établie d'après Côte M., 1998),..... | 40 |
| Figure V, 3 - Extrait de la carte pluviométrique de l'Algérie du Nord au 1/500 000 Région Est Pour le projet de la Ligne Minière, Tronçon Nord Annaba – Bouchegouf, | 40 |
| Figure V, 4 - Ajustement de la pluie annuelle à la loi normale à la station de Boukamouza ... | 41 |
| Figure V, 5 - Ajustement des pluies maximales journalières à la loi Gumbel Station de Boukamouza..... | 42 |
| Figure V, 6 - Courbe Intensité-Duré-Fréquence, station d'Annaba, | 43 |
| Figure V, 7 -Schéma d'un ouvrage busé | 51 |
| Figure V, 8 - Un fossé de forme trapézoïdale | 54 |
| Figure VI, 1 Géologie de la plaine de Annaba..... | 58 |
| Figure VI, 2 Tronçon de PK 30+000 au PK 40+000 sur la Carte géologiques | 60 |

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

| | |
|---|-----|
| Figure VI, 3 Sondage carotté, | 62 |
| Figure VII, 1 - les différentes couches de la structure d'assises..... | 74 |
| Figure VII, 2, Rails et traverses sur Ballast, | 75 |
| Figure VII, 3 - L'épaisseur des différentes couches..... | 81 |
| Figure IX, 1, Vérification des cercles de rupture des talus en remblai PK 31+525 condition statique..... | 87 |
| Figure IX, 2, Vérification des cercles de rupture des talus en remblai PK 31+525 condition sismique | 88 |
| Figure IX, 3, Résultat des facteurs de sécurité,..... | 88 |
| Figure X, 1 Schématisation de la marge de glissement..... | 95 |
| Figure X, 2, Schéma illustratif de garage franc | 96 |
| Figure X, 3 Un heurtoir | 96 |
| Figure X, 4 Schéma illustratif de la longueur utile, | 97 |
| Figure X, 5 Schéma représentatif de la gare de CHIHANI | 98 |
| Figure X, 6 Gabarits – Quais Voyageurs..... | 99 |
| Figure XI, 1 Schéma illustratif du canton..... | 105 |
| Figure XI, 2 le système de contrôle des trains ERTMS | 108 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau II,5 : Récapitulatif des flux par produit | 17 |
| Tableau II,3 : Tonnage annuel par section de ligne en 2020 dans les deux sens (en milliers de tonnes)..... | 18 |
| Tableau I, 1 classification des lignes ferroviaire selon UIC 714R..... | 6 |
| Tableau IV, 1 -Longueur minimum des éléments de tracé en plan..... | 27 |
| Tableau IV, 2 - Les valeurs de devers maximales selon SNTF | 27 |
| Tableau IV, 3 : Les valeurs maximales admissibles de l'insuffisance selon SNTF | 28 |
| Tableau IV, 4 : Les valeurs maximales de l'excès admissibles selon SNTF | 29 |
| Tableau IV, 5 -Les valeurs admissibles de la variation de dévers en fonction de la longueur des courbes de transition $\Delta d/\Delta l$, | 29 |
| Tableau IV, 6 - variation de dévers dans le temps $\Delta_d/\Delta t$ | 29 |
| Tableau IV, 7 - Variation de l'insuffisance de dévers dans le temps | 29 |
| Tableau IV, 8 - Paramètres géométriques de tracé en plan (SNTF) | 30 |
| Tableau IV, 9 - Tableau récapitulatif des paramètres du tracé, | 32 |
| Tableau IV, 10 - 9 Liste des rayons à rectifier | 33 |
| Tableau IV, 11 - La variation Déclivité maximale..... | 34 |
| Tableau IV, 12 - Longueur minimale des déclivités, | 35 |
| Tableau IV, 13 - Valeurs de Rayon vertical minimale, | 36 |
| Tableau IV, 14 - Paramètres géométriques de profil en long (SNTF), | 36 |
| Tableau V, 1 - les Moyenne annelles et mensuelles des températures au niveau des stations d'Annaba..... | 39 |
| Tableau V, 2 -valeurs des pluies annuelles en mm selon les fréquences , | 41 |
| Tableau V, 3 - Pluies journalières maximales en mm | 41 |
| Tableau V, 4 - Valeurs du paramètre « a » selon les fréquences | 42 |
| Tableau V, 5 - Valeurs des intensités obtenues en mm/h, | 42 |
| Tableau V, 6 - Les caractéristiques morphologiques des bassins versants..... | 44 |
| Tableau V, 7 - Valeurs de C1 | 46 |

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

| | |
|--|----|
| Tableau V, 8 - Valeurs de C2 | 46 |
| Tableau V, 9 - Valeurs de C3 | 46 |
| Tableau V, 10 Les débits de crue retenus des Oueds pour une période de 100 ans,..... | 49 |
| Tableau V, 11 - Tableau récapitulatif des dimensions des dalots avec les vérifications des conditions d'auto-curage,..... | 53 |
| Tableau V, 12 Surface des sous bassins versant | 54 |
| Tableau V, 13 Temps de concentration, | 55 |
| Tableau V, 14 Débit d'apport en déblai,..... | 55 |
| Tableau V, 15 Dimensionnement du fossé proposé,..... | 55 |
| Tableau VI, 1 localisation des puits de reconnaissance..... | 61 |
| Tableau VI, 2 localisation des sondages carottés..... | 61 |
| Tableau VI 3 Implantation et description des sondages carottés | 63 |
| Tableau VI, 4 localisation des puits de reconnaissance et description lithographique | 65 |
| Tableau VI, 5 Qualificatif de la fraction du sol constituée d'éléments inférieurs à 400um en fonction de l'indice de plasticité..... | 66 |
| Tableau VI, 6 Classification du sol en fonction de la compressibilité | 67 |
| Tableau VI, 7, Résumé des résultats des essais de laboratoire réalisés sur les échantillons des puits de reconnaissance..... | 68 |
| Tableau VI, 8, Résumé des résultats des essais de laboratoire réalisés sur les échantillons des sondages carottés..... | 69 |
| Tableau VI, 9 Résumé des résultats des essais de laboratoire réalisés sur les échantillons des sondages carottés (suite)..... | 70 |
| Tableau VI 10 Calcul NPHE pour la section du PK30+00 au PK40+00 | 71 |
| Tableau VI 11 Localisation des gites d'emprunts et la quantité exploitable,..... | 72 |
| Tableau VII, 1 -Fuseau granulométrique pour ballast (NFP 53-695) CEN/TC- 154/SC-4 MAILLE (mm) % de la masse passant..... | 76 |
| Tableau VII, 2 - détermination de la classe de portance de la plate-forme (Fiche UIC 719)... | 78 |
| Tableau VII, 3 - Les valeurs de ces paramètres sont données dans le tableau suivant | 79 |
| Tableau VII, 4 - épaisseur des composantes de la nature d'assise..... | 81 |
| Tableau IX, 1 Localisation des zones des remblais..... | 86 |

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

| | |
|--|-----|
| Tableau IX, 2 Caractéristiques mécaniques des sols,..... | 87 |
| Tableau IX, 3, Les caractéristiques de chaque déblai, | 89 |
| Tableau IX, 4, Caractéristiques mécaniques des sols,..... | 89 |
| Tableau IX, 5, Vérification des cercles de rupture des talus en déblai PK 31+525 condition statique, | 89 |
| Tableau IX, 6 Vérification des cercles de rupture des talus en déblai PK 31+525 condition sismique, | 90 |
| Tableau IX, 7 Résultat de déblais..... | 90 |
| Tableau IX, 8 Récapitulatif des volumes de terrassement,..... | 91 |
| Tableau IX, 9 Les différents volumes de notre projet | 91 |
| Tableau X, 1 - Les dimensions des Quai....., | 99 |
| Tableau X, 2 – Les Appareils de la voie..... | 100 |
| Tableau X, 3 - Les courbes en plan, | 100 |
| Tableau XI, 1 -Les principaux signaux ferroviaires et leur indication....., | 106 |
| Tableau XIII, 1 Tableau des Risques naturels....., | 113 |
| Tableau XIII, 2 Identification des Impacts négatifs avec les mesures d'atténuation | 116 |
| Tableau XIII, 3 Devis Quantitatif et Estimatif,..... | 122 |

Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE

Le développement des pays dépend principalement du développement de leurs moyens communications et de transports, La situation des pays développés est analysée pour montrer que Le secteur des transports est un pilier du développement national et de la croissance est également un moteur important pour la croissance économique, Augmente également le flux des biens et des personnes,

Parmi ces infrastructures, le transport ferroviaire se distingue par les services Qu'il rend Compétitif pour les voyageurs et les expéditeurs de tout le pays Cela représente un facteur clé de la compétitivité et de l'attractivité aux niveaux national et local et est devenue un enjeu Économique, social et écologique, Présente de nombreux avantages par rapport à l'expédition Le transport routier est particulièrement adapté au transport longue distance et de gros volumes

Dans ce modeste travail nous allons faire une étude en APD du tronçon BOUKAMOUZA /CHIHANI en vue de la modernisation de la ligne ferroviaire s au PK 30+000 et se terminant au PK 40+000 d'une longueur de 10km, Il est également prévu l'étude de conception d'une gare de CHIHANI, Cette étude nous a été proposée par l'Agence Nationale d'Etudes et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires (ANESRIF),

Le travail réalisé se compose de 13 chapitres, Tout d'abord, nous avons introduit le projet d'étude, suivi de la présentation des différentes composantes de la superstructure, Ensuite, nous avons abordé la conception géométrique du tracé, suivi par les détails de l'étude géotechnique et géologique ainsi que le dimensionnement de la structure d'assise, Nous avons ensuite examiné l'étude hydraulique et l'assainissement, puis établi le profil en travers, Les terrassements et les ouvrages ont ensuite été traités, suivis de l'aménagement de la gare, Ensuite, nous avons fourni un aperçu général de la signalisation ferroviaire, avant d'élaborer l'étude d'impact du projet sur l'environnement, Enfin, nous avons conclu par l'établissement du devis estimatif du projet,

CHAPITRE I

Etudes

Bibliographiques



INTRODUCTION

On désigne d'une façon générale sous le nom de chemins de fer des voies munies de rails, sur lesquelles circulent des trains remorqués par des locomotives,

Le chemin de fer est un système de transport guidé qui assure le transport des personnes et des marchandises par voie terrestre, Il se compose d'une infrastructure spéciale, de matériel roulant et de Procédures d'exploitation faisant le plus souvent intervenir l'humain,

Dans ce chapitre, nous allons aborder les principaux événements du chemin de fer à travers le monde et en Algérie, et examiner le développement des chemins de fer, nous allons également citer les différents projets ferroviaires en Algérie,

I,1, CHEMIN DE FER EN ALGERIE

Après l'indépendance, Le 16 juin 1963, la Société nationale des chemins de fer français en Algérie a été transformée en Chemins de Fer Algériens, En 1976, la création de la société nationale des transports ferroviaires (SNTF) après la fin de la concession entre l'état algérien et l'état français, Cette dernière se reconstitue en trois entreprises :

La SNTF : société nationale chargée de l'exploitation et de l'entretien du réseau ferroviaire,

La SNERIF : société nationale chargée du renouvellement et de l'extension du réseau ferroviaire,

La SIF : société d'engineering et de réalisation d'infrastructures ferroviaires,

Un large programme d'investissement lancé en 1980 a pour objectif de la modernisation et l'accroissement de la capacité des lignes de réseau,

Les lignes concernées par ce programme sont :

- Jijel / Ramdane-Djamel (140 km),
- Dessertes des cimenteries de Beni-Saf (23 km), Saida (23 km) et Ain-Touta (15 km),
- Renouvellement complet (voie et ballast) d'une grande partie du réseau soit un total de 1400 km de voie,
- Mise à double voie de tronçons de la rocade nord (200 km),
- Aménagement, modernisation et reconstruction des gares réparties sur le réseau,
- Aménagement ferroviaire des régions d'Annaba et d'Alger (partiellement),

À la fin des années 1990, la SNTF exploite un réseau de 3 500 km, qui atteint 6 300 km en 2022, pour être porté à 12 500 km à l'horizon 2030,

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



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

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

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

I,2, L'EVOLUTION DE CHEMIN DE FER

L'évolution du chemin de fer a été guidée par l'innovation technologique, les besoins de transport croissants et les exigences changeantes des voyageurs, Ces progrès continuent d'améliorer l'efficacité, la sécurité et le confort du transport ferroviaire, faisant du chemin de fer un mode de transport essentiel dans de nombreux pays,

I,2,1 Différences entre le chemin de fer du l'époque et celui d'aujourd'hui

- **Technologie** : Le chemin de fer d'autrefois utilisait principalement des locomotives à vapeur, tandis qu'aujourd'hui, on utilise des locomotives électriques et diesel plus avancées, ce qui permet une meilleure efficacité énergétique et une réduction des émissions



Figure I, 1 Locomotive à vapeur de l'époque,



Figure I, 2 Locomotive électrifiée moderne d'aujourd'hui,



- **Superstructure** : Les voies ferrées d'autrefois étaient souvent construites en utilisant des rails en acier posés sur des traverses en bois, Aujourd'hui, les voies ferrées sont plus modernes, avec des rails en acier plus résistants et des traverses en béton, ce qui offre une stabilité et une durabilité plus importante,
- **Vitesses** : Les trains modernes sont beaucoup plus rapides, contrairement aux trains de l'époque qui étaient plus lents,
- **Sécurité** : Les normes de sécurité dans l'industrie ferroviaire ont évolué, avec des mesures strictes telles que des systèmes de signalisation sophistiqués et des dispositifs de sécurité aux passages à niveau,
- **Accessibilité** : Les gares et les infrastructures ferroviaires d'aujourd'hui sont généralement mieux conçues pour accueillir les personnes à mobilité réduite, avec des rampes d'accès, des ascenseurs et d'autres installations facilitant l'accessibilité pour tous les passagers,

I,3, L'UNION INTERNATIONALE DES CHEMINS DE FER (UIC)

I,3,1, Présentation

C'est une organisation internationale, regroupant les entreprises ferroviaires, est née dans le sillage de la conférence internationale de Portorosa, en Italie, le 23 novembre 1921, suivie de la conférence Internationale de Genève, le 3 mai 1922,

I,3,2, Membre de UIC

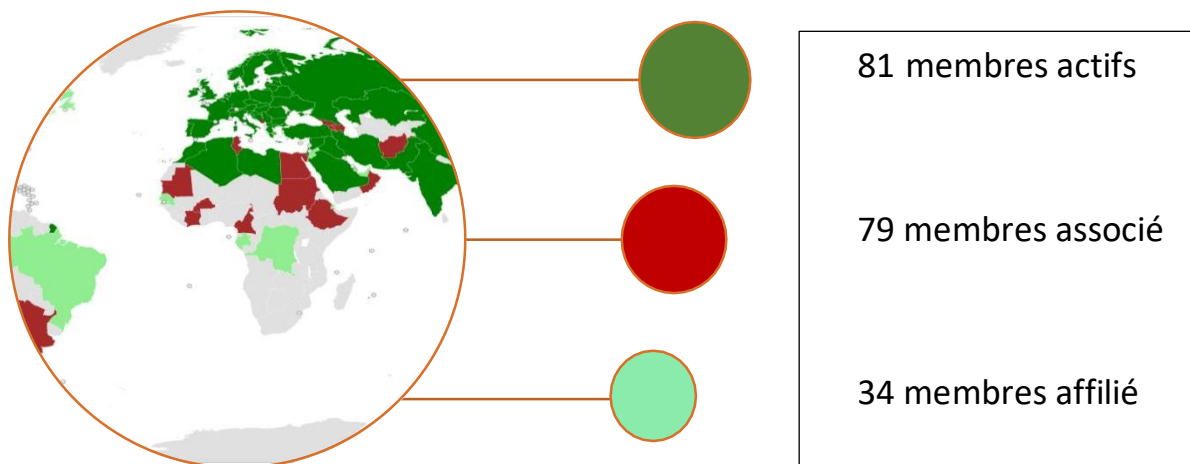


Figure I, 3 Membre de l'UIC,



I,3,3, Missions de l'UIC

- Promouvoir le transport ferroviaire à l'échelle mondiale dans le but de répondre efficacement aux défis actuels et futurs liés à la mobilité et au développement durable,
- Développer et faciliter toutes les formes de coopération internationale entre les membres et promouvoir le partage des meilleures pratiques,
- Promouvoir l'interopérabilité et développer et publier des solutions aux problèmes liés au système ferroviaire (IRS),
- Soutenir les membres dans leurs démarches de développement de nouvelles affaires et de nouveaux secteurs d'activité,
- Proposer de nouvelles voies pour améliorer les performances techniques et environnementales du transport ferroviaire, accroître la compétitivité et réduire les coûts,

I,3,4 Classification des lignes d'UIC

L'Union Internationale des Chemins de fer (UIC) a établi une classification des lignes en fonction des sollicitations étant directement liées à l'importance du trafic qu'elle subit l'infrastructure ainsi que du type de trafic,

Les voies sont classées en plusieurs grandes catégories, chacune selon une vitesse maximale et une charge à l'essieu, On distingue ainsi ; et à La vitesse des convois, les éléments ci-après interviennent :

- La charge réelle du trafic voyageur,
- La charge réelle du trafic marchandise,
- La charge réelle des engins de traction,

Les lignes de chemin de fer sont classées comme suit :

Tableau I, 1 classification des lignes ferroviaire selon UIC 714R,

| Groupe | Trafic effectif (tonnes) |
|-----------------|--------------------------|
| Groupe 1 | $Tf > 120000$ |
| Groupe 2 | $85000 < Tf \leq 120000$ |
| Groupe 3 | $50000 < Tf \leq 85000$ |
| Groupe 4 | $28000 < Tf \leq 50000$ |
| Groupe 5 | $14000 < Tf \leq 28000$ |
| Groupe 6 | $7000 < Tf \leq 14000$ |
| Groupe 7 | $3500 < Tf \leq 7000$ |
| Groupe 8 | $3500 < Tf \leq 1500$ |
| Groupe 9 | $Tf \leq 1500$ |



Un coefficient traduisant la qualité requise par la voie selon la vitesse maximale, des trains voyageurs ou bien l'absence de trafic voyageur, Ce coefficient noté S vaut :

S=1 : ligne sans trafic voyageur, ou comprenant un trafic voyageur essentiellement local,

S=1,10 : ligne dont le trafic voyageur comporte des trains dont la vitesse $V \leq 120 \text{ Km/h}$,

S=1,20: ligne dont le trafic voyageur comporte des trains dont la vitesse $120 < V \leq 140 \text{ Km/h}$,

S=1,25: ligne dont le trafic voyageur comporte des trains dont la vitesse $V > 140 \text{ Km/h}$,

Le tonnage fictif est calculé par la formule suivante (Selon code UIC 714 R ,3^{ème} édition 01,01,1989) :

$$Tf = Sv \times (Tv + Kt \times Ttv) + Sm \times (Km \times Tm + Kt \times Ttm),$$

Avec :

- **Tf** : c'est le trafic réel supporté,
- **Tv** : tonnage journalier voyageurs exprimé en tonnes brutes remorquées,
- **Ttm** : tonnage journalier marchandises exprimé en tonnes brutes remorquées,
- **Ttv** : tonnage journalier voyageurs des engins de traction en tonnes,
- **Km et kt** : coefficients tenant compte à la fois de la charge et de l'agressivité des essieux,
- **Kt= 1,4 km= 1,2** : voie supportant un trafic prépondérant d'essieux de 20 tonnes,
- **Km= 1,15** ; voie supportant un trafic prépondérant d'essieux autre que 20 tonnes,
- **Km=1,30** : pour un trafic prépondérant (>50% du trafic) d'essieux chargés à 20 tonnes ou pour un trafic significatif (>25% du trafic) d'essieux chargés à 25,22 tonnes
- **Km=1,45** : pour un trafic prépondérant (>50% du trafic) d'essieux chargés à 22,5 tonnes ou pour un trafic essentiellement assuré (>75% du trafic) par des essieux chargés à 20 tonnes ou plus,

I,4, RESEAU FERROVIAIRE NATIONAL

En Algérie, le secteur ferroviaire connaît aujourd'hui une véritable relance de 900 milliard dinars, soit équivalant à 9 million d'euro ont été fournis au secteur dans le cadre du programme de la relance économique 2004-2009,

L'état algérienne a accordé une priorité pour la modernisation et le développement de réseau ferrée algérien vu sont impacte directe sur la vie des citoyen et l'économie de pays,

Le réseau ferroviaire algérien possède accueillement 4560km dont 4200Km et 480 km électrifiée, 560km de ligne en double voie avec 1174 passage à niveau, 137 tunnel, 410 gares et halte et 7800 ouvrage d'art et ouvrage hydraulique,



Figure I, 4 Réseau ferroviaire algérien,

CONCLUSION

Étant donné que l'Algérie s'engage actuellement dans l'exploitation des minerais, nous avons besoin de transporter des tonnages de plus en plus importants, Est-ce que les classifications actuelles sont toujours appropriées, ou devons-nous envisager une nouvelle classification adaptée à cette situation ?

CHAPITRE II

Présentation du projet

INTRODUCTION

Les projets de dédoublements de voie sur des lignes existantes à voie unique, en générale avec rectification local de tracé, poursuivent le double objectif : principale augmentation des capacités de transport sur des lignes à voie unique saturées et améliorer la qualité de l'offre de service, surtout en trafic voyageur, En premier lieu, en matière de trafic voyageur, pourcentage de trains à l'heure et augmentation des vitesses,

II,1, DESCRIPTION DE LA LIGNE EXISTANTE

De par le relief très accidenté qu'elle traverse, le tracé très sinueux présente des déclivités importantes allant jusqu'à 26 %, et des très faibles rayons de courbe jusqu'à 220m avec une Vitesse moyenne 60km/h,

Comprenant :

- 30 Gares;
- 18 Tunnels et 77 Ponts, à voie unique;
- Electrification sur : 230,9 km ;
- Signalisation et Télécommunication (Technologie ancienne)

II,2, PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La ligne ferroviaire Annaba Tébessa appelée ligne minière situé à l'Est Algérien et qui traverse 5 wilaya : Annaba- El Taref- Guelma- Souk Ahras et Tébessa a été conçue pour le transport du minerai de fer des mines de l'Ouenza et de Boukhadra pour être exporté au départ du port de Annaba et le phosphate de la mine d'El-Kouif, puis à la suite de l'épuisement de cette dernière et la découverte et la mise en exploitation du gisement de phosphate du Djebel Onk, le prolongement de la ligne fut réalisée jusqu'à cette dernière localité et ce à la veille de l'indépendance de l'Algérie,

Le projet comprend la modernisation et la rectification du tracé de la ligne sur trois sections différentes :

- Section 1: ANNABA/ BOUCHEGOUF
- Section 2: BOUCHEGOUF / OUED KEBERIT
- Section 3: OUED KEBERIT / DJEBEL ONK

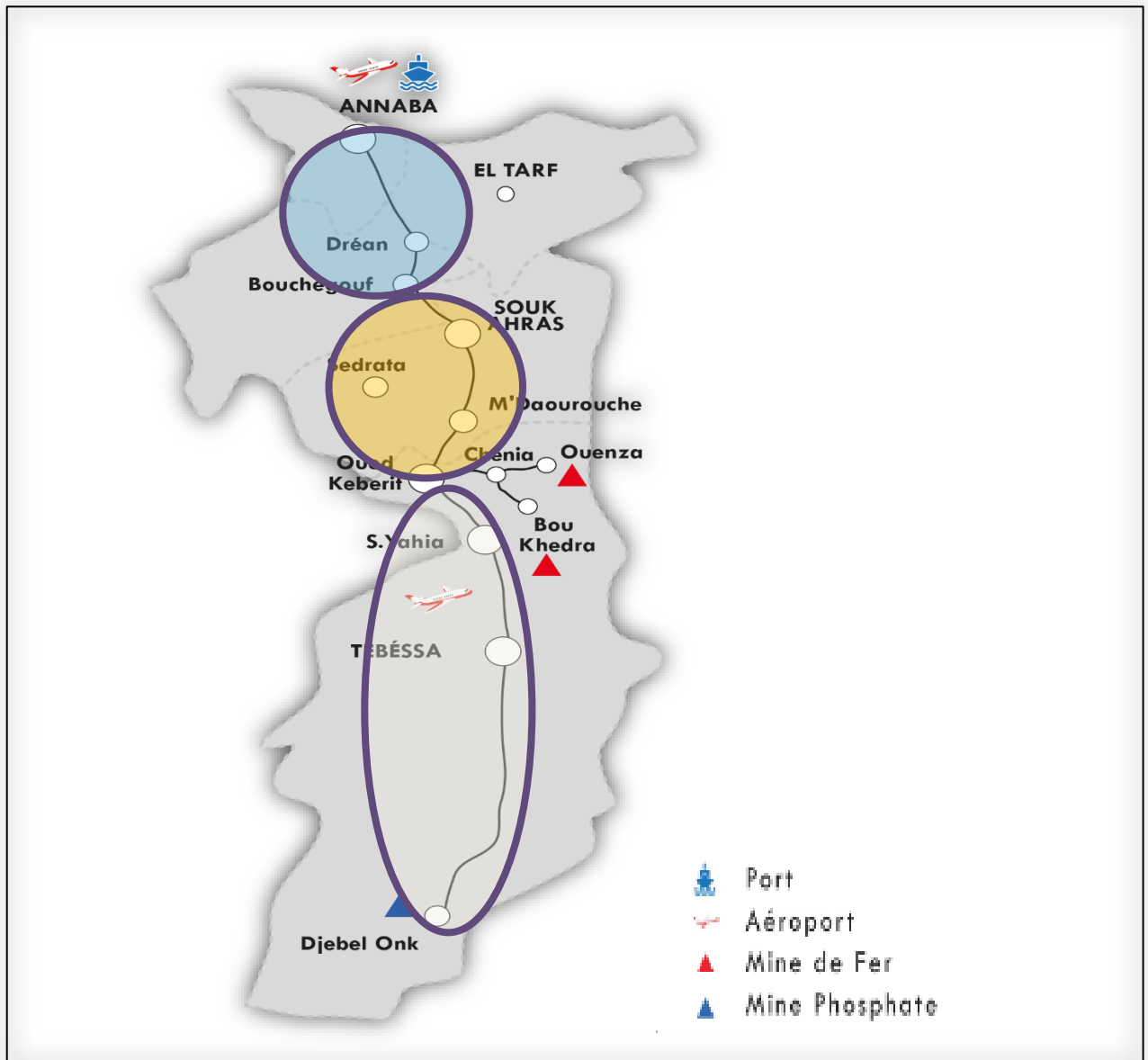


Figure II, 1 : Carte de la ligne minière Annaba-Djebel Onk

II,2,1 Description du projet

Notre projet consiste à faire l'étude d'un dédoublement de la voie et rectification de tracé pour augmenter la capacité de la ligne minière Est ANNABA/ BOUCHEGHOUF Du PK 0+000 au PK 54+739,

Le tronçon de 10km qui fait objet d'étude, exactement entre les points kilométriques PK 30+000 et PK 40+000 de la ligne CHIHANI/BOUKAMOUZA avec conception de la gare de CHIHANI du PK 30+00 au PK 31+100, Au niveau de la zone allant du PK 34+500 au PK 40+200, la ligne ferroviaire longe Oued Seybouse et se situe en zone inondable,

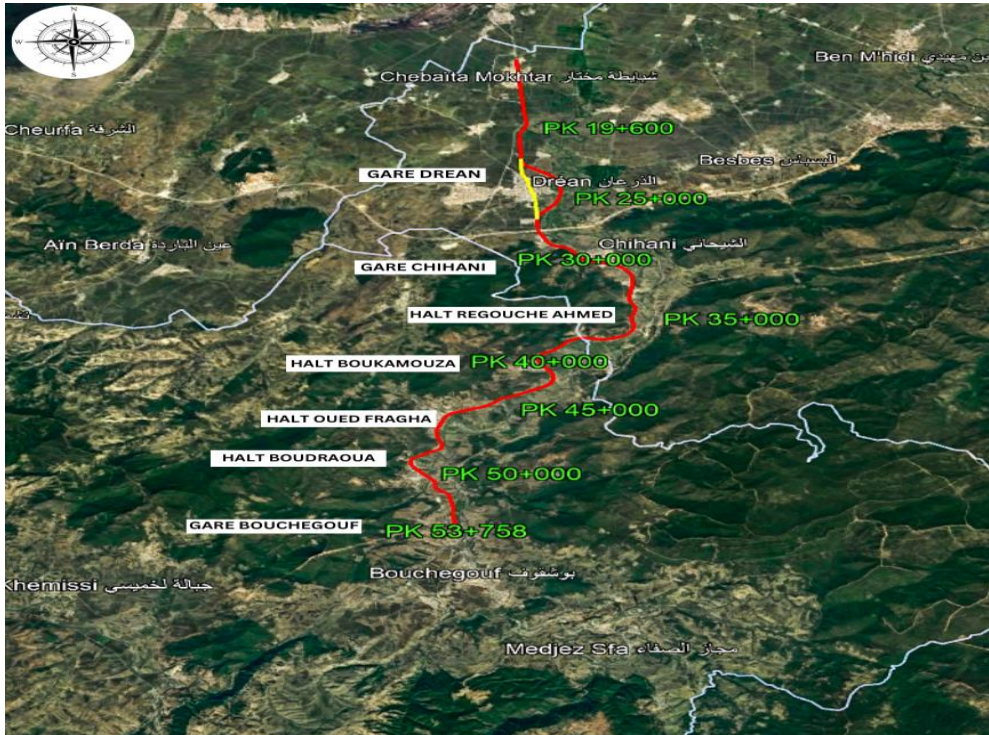


Figure II, 2 : Situation géographique du tronçon d'étude

II,3, DESCRIPTION DE L'ETAT INITIAL DE LA REGION TRAVERSE

Ce tronçon touche deux wilayas : El Taref et Guelma, Les communes traversées sont : Chebaita Mokhtar, Drean, Chihani, Oued Fragha, Bouchegouf,

II,3,1, Situation géographique des deux wilayas traversées

II,3,1,1 Wilaya d'El Taref

Située à l'extrême Nord-est du pays, la wilaya d'El Taref est connue pour sa nature généreuse, ses zones humides et son environnement, ce qui lui confère le titre de "wilaya verte", La superficie de la wilaya est de 3 339 km² et le chef-lieu de la wilaya se trouve à 650 km à l'Est de la capitale,

La wilaya d'El Tarf est située à l'extrême nord-est de l'Algérie à la frontière tunisienne, Elle est délimitée :

- Au nord, par la mer Méditerranée ;
- À l'est, par la Tunisie ;
- Au sud, par la wilaya de Souk Ahras ;
- Au sud-est, par la wilaya de Guelma ;
- À l'ouest par la wilaya d'Annaba

II,3,1,2 Wilaya de Guelma

La province de Guelma est située au nord- est du pays et constitue Géographiquement un point de rencontre, voire un carrefour, entre Les pôles industriels du Nord (Annaba et Skikda) et les pôles Commerciaux du sud (Oum El Bouaghi et Tébessa),

Elle est située à mi-chemin entre le nord, les hauts plateaux et le sud du Pays La province de Guelma couvre une superficie de 3 686,84 km²

La wilaya de Guelma est limitrophe aux Wilayas de :

- Annaba, au Nord,
- El Taref, au Nord-est,
- Souk Ahras, à l'Est,
- Oum El-Bouaghi, au Sud,
- Constantine, à l'Ouest,
- Skikda, au Nord-ouest,

II,4, LES DONNEES DU PROJET

II,4,1 Relief

- *Willaya d'El Taref:*

Le relief est composé de 3 ensembles : une bande littorale, une zone des plaines sub-littorale et une zone méridionale caractérisée par l'existence de reliefs montagneux,

Le tracé passant dans le territoire de la wilaya d'El Taref, se trouve dans la zone de plaines et des bas-piémonts qui regroupe une superficie de 57,000 Ha soit 19% de la surface totale (ST) de la wilaya,

- *Wilaya de Guelma :*

La géographie de la Wilaya se caractérise par un relief diversifié dont on retient essentiellement une importante couverture forestière et le passage de la Seybouse qui constitue le principal cours d'eau, Le tracé passe par la région de Bouchegouf qui se caractérise par un relief fortement montagneux (près de 75%), Cette zone qui est traversée par l'Oued Seybouse dont les berges constituent les prolongements de la plaine de Guelma,

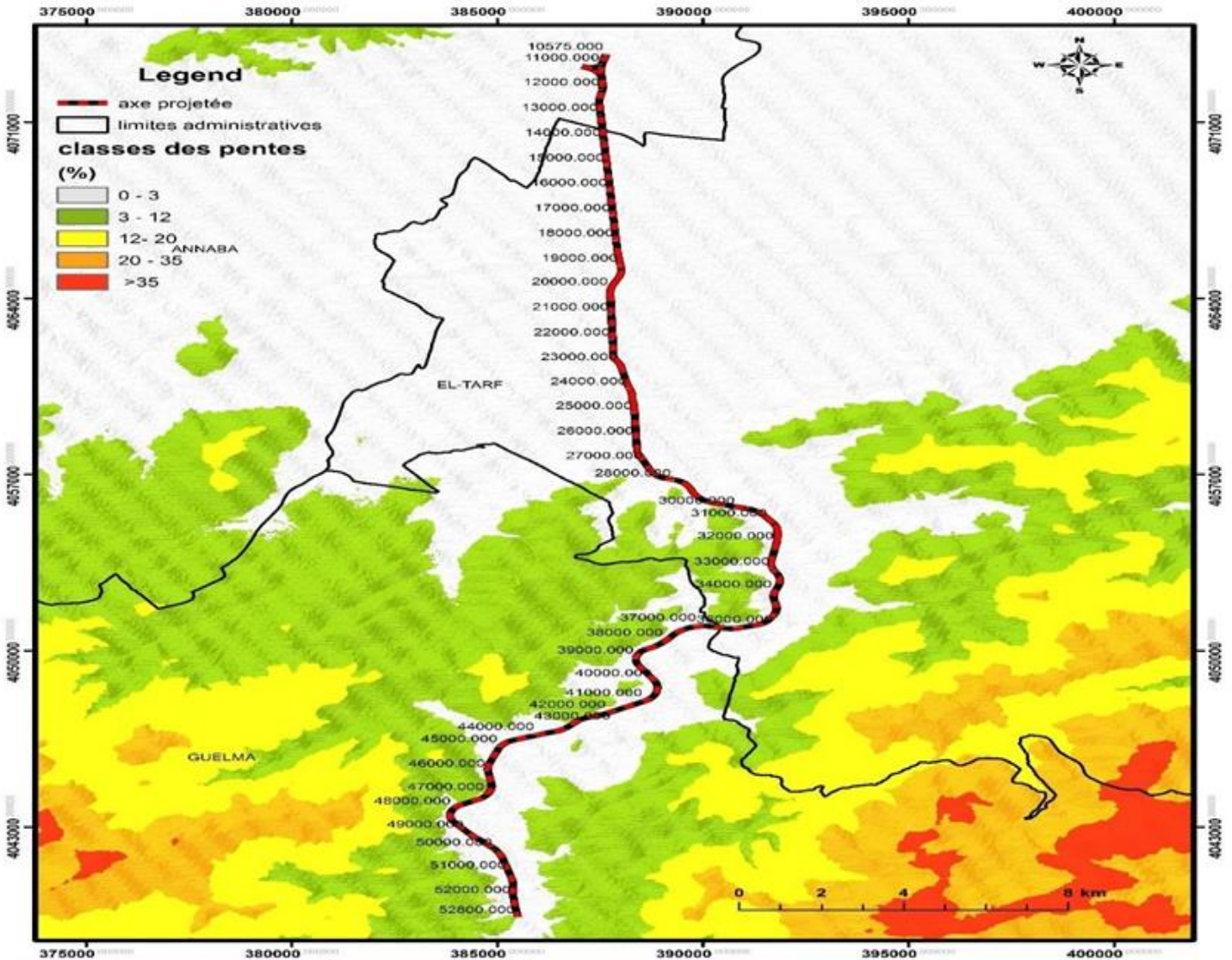


Figure II, 3 : Carte des pentes de la région traverse

II,4,2, Climat / Températures

La région de l'étude est caractérisée par un climat méditerranéen avec un été chaud et un hiver froid, Les températures moyennes annuelles oscillent entre 15,6°C et 17,6°C au niveau des deux stations de Guelma et de Souk Ahras, pour la période allant de 1978 jusqu'au 2004, La température moyenne annuelle au niveau de la station d'Annaba est estimée à 17,7°C pour la période de 1972 à 2005,

Tableau II, 1: Moyenne annelles et mensuelles des températures au niveau des stations d'Annaba, Guelma

| | Température moyenne mensuelle | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Sep | Oct | Nov | Déc | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Moy |
| Annaba (1972-2005) | 23,1 | 19,6 | 15,3 | 13,0 | 11,7 | 11,8 | 13,1 | 14,9 | 18,1 | 21,8 | 24,9 | 25,5 | 17,7 |
| Guelma (1978 à 2004) | 23,8 | 19,6 | 14,3 | 11 | 9,7 | 10,3 | 12,2 | 14,4 | 18,7 | 23,5 | 26,7 | 27,4 | 17,6 |

II,4,3, Sismicité

D'après le règlement R,P,A, 99 version 2003 (règles parasismiques Algériennes) Zone sismique occupée par la région d'étude :

Compte tenu des critères de classification, et suite à l'analyse détaillée de la carte sismique de l'Algérie en dessus, la région étudiée est classée dans la **zone sismique IIa**, à Sismicité moyenne,

Le document technique réglementaire cité ci-avant divise le territoire algérien en cinq (5) zones de sismicité croissante, soit :

- Zone 0 : négligeable
- Zone I : faible
- Zone IIa : moyenne
- Zone IIb : élevée
- Zone III : très élevée



Figure II, 4: Carte zonage sismique de l'Algérie avec l'implantation du projet

II,5, Particularité des industries minière :

▪ La demande en transport des phosphates

L'Algérie exporte environ 1 million de tonnes de phosphates à l'état de matière première (roche phosphatée) par le port d'Annaba, après son extraction de la mine de Djebel Onk et son transport en partie par rail et en partie par route jusqu'au port,

▪ La demande en transport des minerais de fer

Les prévisions de production de minerai de fer par les mines d'Ouenza et Bou Khadra sont :

- Période 2017-2019 : 3 millions de tonnes,
- Période 2020-2025 : 3,5 millions de tonnes,

Les réserves des deux mines varient entre 50 et 88 millions de tonnes, La production annuelle récente a varié entre 1,5 et 2 millions de tonnes, Une augmentation de la production nécessite 30 millions d'investissements en ingénierie et équipements,

Le minerai local doit être enrichi par du minerai importé via le port d'Annaba, Les importations de minerai et de pellets seraient de 0,6 millions de tonnes à court terme et 1,6 millions de tonnes à moyen terme,

Les autres transports entre le complexe d'El Hadjar et le port d'Annaba sont estimés à 650 000 tonnes, Environ 900 000 tonnes de charbon et coke sont importés annuellement par le port d'Annaba, une quantité stable sur la période d'étude,

Les autres marchandises transitant sur la ligne minière incluent produits sidérurgiques, carburants, céréales, et divers, avec des quantités annuelles de 300 à 500 mille tonnes, correspondant à un train par jour,

• La demande de transport dans les situations avec et sans projet d'amélioration de la ligne :

Dans la situation sans projet dite situation de référence , la route continuera à transport des minerais de fer et de phosphates , étant donné que la ligne minière connaîtra un état de situation faute d'investissements adéquats , le rail devrait transporter près de 6 millions de tonnes sur la ligne minière dans la moitié en brouettage, la route transporterait 1,25 millions de tonnes de minerais de fer et phosphates ,

Dans la situation de projet, la route n'interviendra plus dans les transport minéraliers , Le trafic ferroviaire atteindrait environ 14 millions de tonnes en 2016 et 22 millions de tonnes en 2020, y compris le trafic de brouettage de l'ordre de 2 millions de tonnes,

• Flux des produits des projets de transformation des phosphates et de gaz naturel devant être transportées par SNTF aux horizons 2019 et 2020 :

Source : Document fourni par PHERPHOS dans une séance de Travail le Dimanche 07 Février 2016

Récapitulatif des flux par produit :

TableauII,5 : Récapitulatif des flux par produit

| Mouvement → | | Produits | | Etat des produits | Quantité en T/a |
|------------------|--------------|------------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
| DJEBEL ONK | OEK/AOUINET | Phosphate | Marché national | Solide | 7 600 000 |
| DJEBEL ONK | PORT ANNABA | Phosphate | Export | Solide | 2 400 000 |
| PORT D'ANNABA | OEK/AOUINET | Soufre | Importation | Solide | 2 260 000 |
| PORT ANNABA | OUED KEBERIT | Chlorure de potassium | Importation | Solide | 330 000 |
| HADJAR SOUD | PORT ANNABA | Engrais granulés | Exportation | Solide | 4 200 000 |
| OUED KEBERIT | H, SOUD/PORT | Acide Phosphorique 54% | Marché national | Liquide | 3 600 000 |
| OUED KEBERIT | HADJAR SOUD | Acide Sulfurique 98% | Marché national | Liquide | 500 000 |
| HADJAR SOUD | PORT ANNABA | AMMONIAC | Exportation | Liquide | 370 000 |
| OEK / AOUINET | CENTRE/OUEST | SOP/TSP | Marché national | Solide | 400 000 |
| OUED KEBERIT | CENTRE/OUEST | Acide chloridrique 33% | Marché national | Liquide | 500 000 |
| AOUINET | CENTRE/OUEST | Aliment bétail DCP/MCP | Marché national | Solide | 150 000 |
| Total | | | | | 22 310 000 |

Source : Ferphos

• **Le trafic futur par section de ligne :**

- Les trafics par section de ligne à l'horizon 2020 sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

Tableau II,3: Tonnage annuel par section de ligne en 2020 dans les deux sens (en milliers de tonnes)

| Gares/trafic | Phosphate | DAP | Soufre | Minerai de fer | Brouettage | Marchandises diverses | Total 2 Sens |
|--------------|-----------|-------|--------|----------------|------------|-----------------------|--------------|
| Annaba | 2 000 | 5 000 | 2 450 | 0 | 1 971 | 479 | 11 900 |
| El Hadjar | 2 000 | 5 000 | 2 450 | 3 500 | 0 | 479 | 13 429 |
| Bouchegouf | 2 000 | 5 000 | 2 450 | 3 500 | 0 | 479 | 13 429 |
| Sk Ahras | 2 000 | 5 000 | 2 450 | 3 500 | 0 | 240 | 13 190 |
| Oued Keberit | 6 500 | 2 000 | 980 | 0 | 0 | 240 | 9 720 |
| Sidi Yahia | 10 000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 240 | 10 240 |
| Tebessa | 10 000 | | | | | | 10 000 |

- Nombre de trains nécessaires (chargés et vides) a l’horizon 2020, on constate que le nombre de trains devant circuler est compris entre 44 et 60 trains par jour, selon la section dans leur configuration actuelle, une autre solution pour l’acheminement des trains doit être envisagée pour assurer l’ensemble des circulations

Tableau II,4: : nombre des trains par section en 2020 dans les deux sens

| Gares/trafic | Phosphate | DAP | Soufre | Minerai de fer | Brouettage | Marchandises diverses | Voyageurs | Total 2 Sens |
|--------------|-----------|-----|--------|----------------|------------|-----------------------|-----------|--------------|
| Annaba | 8 | 22 | 10 | | 8 | 2 | 2 | 52 |
| El Hadjar | 8 | 22 | 10 | 16 | | 2 | 2 | 60 |
| Bouchegouf | 8 | 22 | 10 | 16 | | 2 | 2 | 60 |
| Sk Ahras | 8 | 22 | 10 | 16 | | 2 | 2 | 60 |
| Oued Keberit | 28 | 8 | 4 | | | 2 | 2 | 44 |
| Sidi Yahia | 44 | | | | | 2 | 2 | 48 |
| Tebessa | 44 | | | | | | | 44 |

II,6, OBJECTIF DU PROJET

- L’un des objectifs de la présente étude est d’augmenter la capacité de la ligne minière, les vitesses actuelles jusqu’à 120 Km/h pour les trains voyageurs et 80km/h pour les trains Marchandises, pour cela un rayon minimal de 600 m a été choisi,
- Optimisation de la sécurité et du confort,
- Développement d’activités socio-économiques et d’espaces industriels dans la région,
- Proposer aux usagers une solution de transport plus rapide et moderne

II,7, CARACTERISTIQUES DE L’INFRASTRUCTURE DE LA LIGNE

Les caractéristiques générales de la ligne sont résumées ci-dessous :

- La ligne est à voie double,
- Mode de traction mixte : électrique – diesel,
- Superstructure : Voie double équipée de rails UIC 60 E1 posés sur traverses Bibloc,
- Écartement de la voie : 1,435m
- Électrification : 25 KV,

- Pente latérale plateforme : 4% ,
- La vitesse de conception de la ligne est de 120 Km/h pour les trains voyageurs, et d'une vitesse de 80 Km/h pour les trains marchandises,
- La ligne est mixte voyageurs/marchandises,
- La pente maximale admissible du profil en long de la ligne est de 16‰ (Exceptionnellement 18‰),
- La largeur de la plate-forme en double voie est fixée à 13,60 m avec un entraxe de 5 m

CONCLUSION

Notre travail consiste à faire une étude APD d'un dédoublement d'un tronçon sur la ligne ANNABA/ BOUCHEGOUF a allons de Pk 30+000 au Pk 40+00, en tenant compte de la rectification de tracé existant, puisqu'il faut adapter la voie actuelle aux exigences de modernisation pour permettre d'atteindre une vitesse de 120 km/h,

CHAPITRE III

Superstructure de la voie

INTRODUCTION

L'infrastructure ferroviaire englobe tous les aménagements qui garantissent l'attachement du véhicule à ses voies, c'est-à-dire permettant de le porter, de le guider et de le réparer dans un volume sans obstacle, ainsi que les équipements nécessaires pour assurer cette fonction en toute sécurité,

La superstructure de la voie est constituée de : le ballast, les traverses, les rails ainsi que leurs accessoires,

III,1, LA VOIE

La voie est constituée par un assemblage d'éléments qui distribuent et transmettent les charges de trains uniformément à la plateforme,

Pour notre projet : la voie est constituée de longs rails soudés en barres continues, posés avec des attaches élastiques sur traverses bi-bloc en béton armé et de ballast,

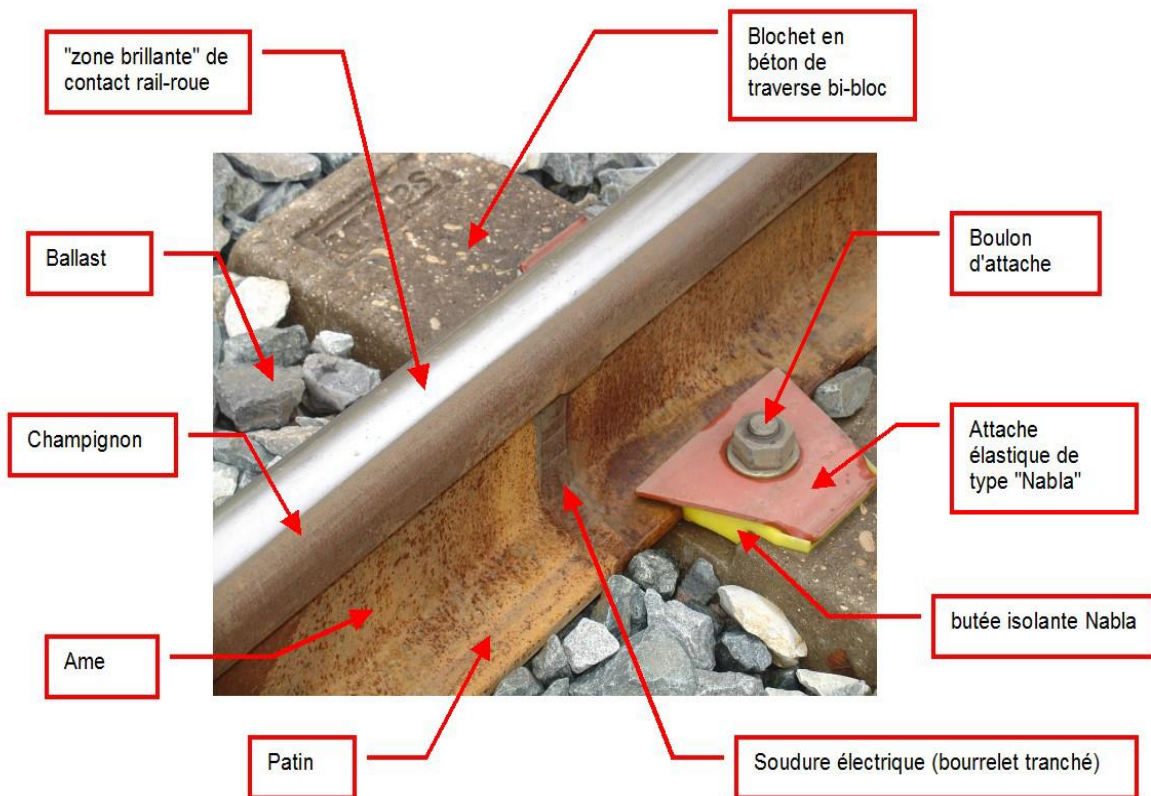


Figure III, 1 : les éléments de la voie

III,2, LES COMPOSANTES DE LA VOIE

III,2,1, Les rails

La première composante entre le train et la voie est le rail, et la principale caractéristique du rail est le poids au mètre linéaire, Ils sont des poutres en acier mises bout à bout et posées sur les traverses en deux lignes parallèles avec un écartement standard ($e=1435\text{mm}$) afin de constituer la voie ferrée, Les longueurs des rails sont de 18m et 36m,

III,2,1,1 Le rôle du rail :

Le rail doit assurer les fonctions suivantes :

- Supporter les contraintes engendrées par le passage des trains, ce qui implique de prendre en charge à la fois les charges verticales (poids) et horizontales (force centrifuge) transmises par le train, Elle est également soumise à des efforts longitudinaux (la dilation ou la rétraction 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,

III,2,1,2 Caractéristiques du rail UIC 60 :

Nous définissons le rail utilisé dans notre projet, qui est le UIC 60, comme suit :

- La norme de fabrication : EN 13674-1,
- 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 $\geq 880 \text{ N/mm}^2$ e
- Allongement $\geq 10\%$,
- Longueur minimum des barres élémentaires : 18 m,
- Barres élémentaires soudées électriquement en atelier en barre continue de longueur $\geq 288 \text{ m}$ et soudure aluminothermique en voie,

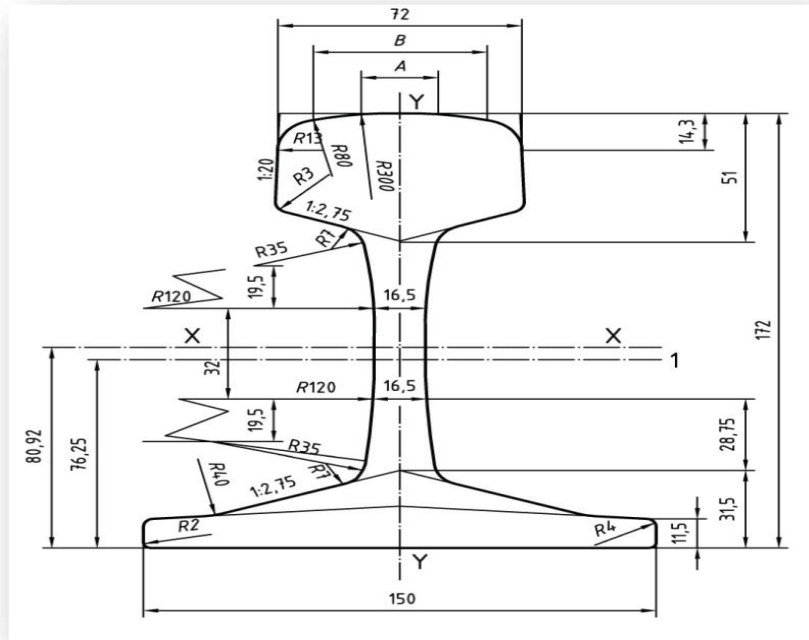


Figure III 2, Section Transversal du rail UIC 60 E1,

III,2,1,3, Assemblage des rails

Pour un rayon supérieur à 500 nous avons opté pour un LRS sur l'ensemble du projet et, par conséquent, nous utilisons les soudures selon La fiche code UIC 774-3R et UIC 720

Les barres élémentaires seront soudées électriquement en atelier en barre continue de 396m de longueur et soudées aluminothermique en voie



Figure III 3, Soudure électrique

III,2,2, Les traverse

Pour notre projet le type choisi de traverse est les Traverse bibloc en béton VAX U31,



Figure III 4, Traverse en BA

III,2,3, Les Attaches

Plusieurs types et techniques d'attache sont disponibles sur le marché, Mais l'attache élastique est recommandée selon l'exigence du type de traverse en béton armé ainsi que pour la pose en LRS,

Il sera employé des attaches élastiques, de telle façon à former un intermédiaire élastique entre rail et traverse, Le système recommandé est une attache à lame de type nabla



Figure III 5, Attache type nabla

III,2,4, Les semelles :

Semelle élastique en élastomère d'une épaisseur de 9 mm, collé sur la table d'appui des traverses,

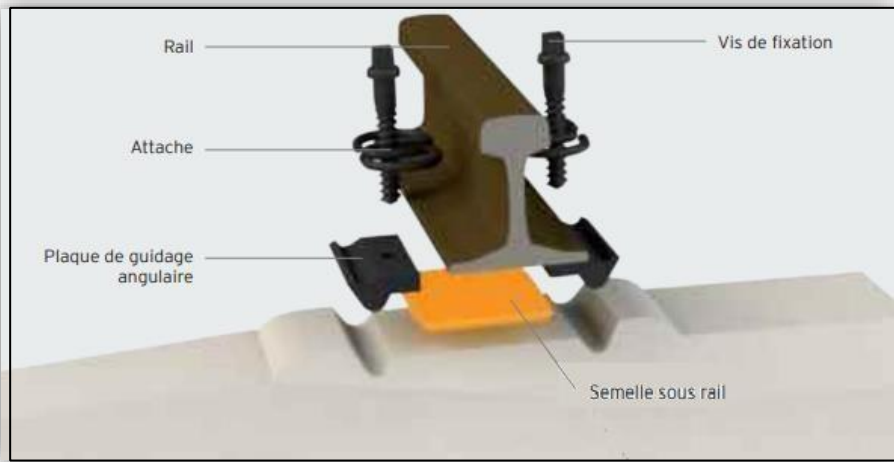


Figure III 6 : L'emplacement de la semelle sous rail

II,2,5, L'appareil de voie :

Les appareils de voie jouent un rôle essentiel dans le système ferroviaire en permettant aux trains de se déplacer d'une voie à une autre, Ils se distinguent par leur angle de déviation central, L'appareil de voie ne pouvant pas être posés en dévers et aucune courbe de raccordement n'étant possible pour la voie déviée, leur rayon minimum doit être déterminé en fonction de la vitesse souhaitée, Ce rayon est composé de rails spéciaux (croisement de rail) et d'éléments mobiles (aiguille), Dans le langage courant,

Les appareils de voie sont désignés sous le nom d'aiguillage :

Il existe trois catégories d'aiguilles :

- Le branchement simple,
- Le croisement ou traversée simple,
- La traversée jonction (qui peut être simple ou double) ou combinaison des deux derniers

Les appareils de voie utilisé pour notre projet sont de type branchement simple : UIC 60 1/12 500

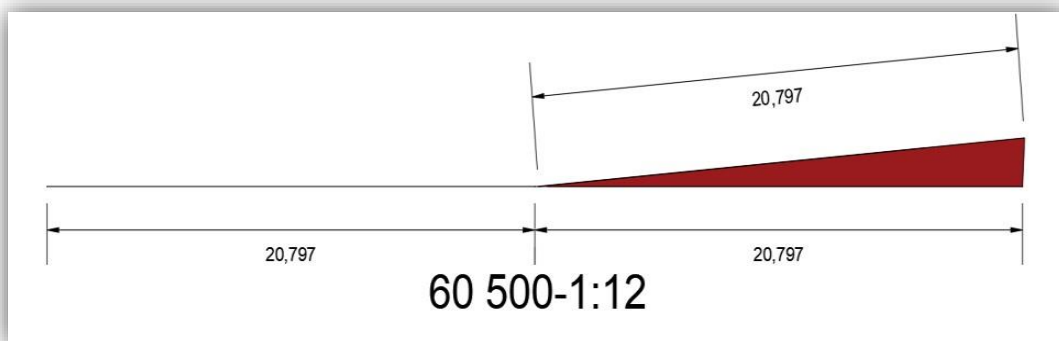


Figure III 7, : L'emplacement de la semelle sous rail

CONCLUSION

Les caractéristiques des composantes de la voie adoptés pour notre projet sont :

- **Rail** : les rails utilisés dans le projet est de type Vignole UIC 60 E1,
- **Les traverses** : ce sont des traverses bibloc en béton VAX U31,
- **Les attaches** : type NABLA,
- **Ecartement** : $e = 1,435$ m,
- **Les appareils de voies** : Branchement de type UIC 60 E,
- **Semelle** : élastique en élastomère d'une épaisseur de 9 mm ,

CHAPITRE IV

Etude Géométrique

INTRODUCTION

L'étude géométrique du tracé de la voie a pour but d'obtenir un roulement parfait des trains, il est donc indispensable de chercher la meilleure forme géométrique à donner à la surface de roulement de la voie et du tracé adopté pour cette surface, et au même temps qui répond aux conditions et recommandations exigées par le référentiel SNTF,

Dans ce chapitre, nous allons nous concentrer sur l'étude géométrique du tracé de la ligne ferroviaire de Annaba - Bouchegouf, spécifiquement pour le tronçon allant du PK 30+000 au PK 40+000, L'objectif principal de cette étude est de corriger le tracé existant pour permettre une vitesse de circulation de 120 km/h, tout en répondant aux normes de sécurité ferroviaire,

IV,1, TRACÉ EN PLAN

Le tracé en plan d'une voie ferrée est la projection orthogonale sur un plan horizontal de l'axe de la voie, Il est constitué en général d'une succession d'alignements droits et d'arcs de cercles reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif, chaque ligne est caractérisée par deux vitesses :

- **V_R**: vitesse des trains rapides (voyageurs) : **120 km/h**,
- **V_L**: vitesse des trains lents (marchandises) : **80 km/h**,

IV,1,1, Conditions et règles à respecter dans le tracé en plan

Pour faire un bon tracé, économique et technique dans les normes, on doit respecter certaines recommandations dont les plus pertinentes sont :

- En cas d'une étude d'amélioration d'une ligne existante, assurer le raccordement au réseau existant au début et à la fin de projet et ne pas sortir du couloir choisi,
- Respecter le rayon et les longueurs minimum recommandées par La SNTF,
- Suivre les courbes de niveau afin de diminuer le terrassement,
- Utiliser le maximum d'alignement,
- Éviter le franchissement des Oueds et des routes dans la mesure du possible pour éviter les travaux d'ouvrages d'art et rendre le projet plus économique, dans le cas contraire, le franchissement est obligatoire,
- Eviter les zones où il y a des problèmes géologique et/ou géotechniques,

IV,1,2, Les éléments du tracé en plan

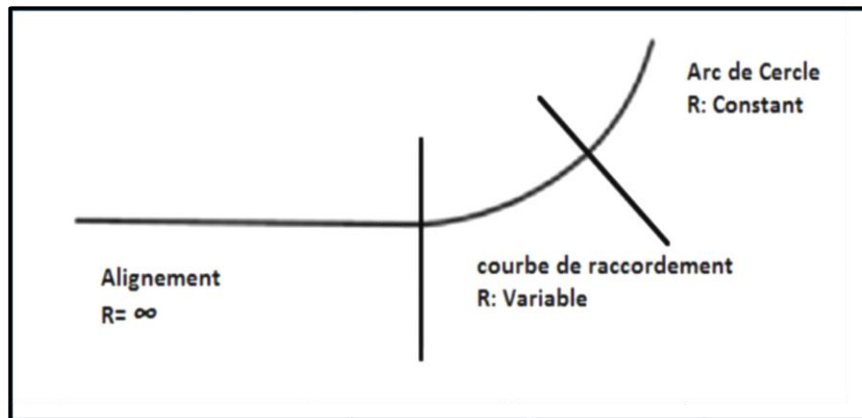


Figure IV, 1 Les éléments de tracé en plan

- **L'alignement ($R = \infty$) :**

C'est l'élément le plus simple et le plus favorable à l'exploitation, il représente le meilleur tracé qui convient aux voies ferrées sur le plan technique, et cela pour le confort et la sécurité qu'il offre aux usagers,

- **L'arc de cercle ($R = \text{constant}$) :**

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,

- **La courbe de raccordement**

C'est un élément géométrique qui assure le raccordement entre l'alignement et l'arc de cercle, dont la courbure varie progressivement d'un rayon $R = \infty$ à la fin de l'alignement jusqu'à une valeur R constante au début de l'arc de cercle, La forme courbe utilisée est souvent une clothoïde

IV,1,3, Les caractéristiques géométriques du tracé

Les paramètres géométriques applicables selon **SNTF** à la nouvelle ligne ferroviaire Annaba-Boucheouf pour une vitesse de 120 km/h sont les suivants :

- **Longueur minimum des éléments de tracé :**

Les longueurs minimales des alignement droits et des pleines courbes pour une vitesse maximale de 120 km/h en présence des doucines sont les suivantes :

Tableau IV, 1 -Longueur minimum des éléments de tracé en plan

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

IV,2, DEVERS

L'application du dévers sera obtenue par surélévation du rail extérieur par rapport au rail intérieur de façon à obtenir l'épaisseur de ballast nominale sous la file de rail la plus contraignante, La variation du dévers à l'entrée et à la sortie d'une courbe sera continue tout au long de la courbe de transition,

IV,2,1 Dévers maximal

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

Tableau IV, 2 - Les valeurs de devers maximales selon SNTF

| Paramètres | Valeur limite normale | Valeur limites exceptionnelles |
|----------------|-----------------------|--------------------------------|
| Devers maximum | 160 mm | 180 mm |

IV,2,2 Dévers théorique ou d'équilibre

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

$$D_{th} = \frac{11,8 * V_{max}^2}{R}$$

- R : rayon de courbure,
- V_{max} : Vitesse de trains voyageurs,
- D_{th} : Devers théorique,

IV,2,3, Coefficient de dévers et dévers pratique

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 d_p 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 dévers
- Variation de l'insuffisance de dévers

La formule donnant le dévers pratique d_p est la suivante :

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

La valeur optimale du coefficient de dévers étant de l'ordre de $C = 0,006 \times V^2$,

- V : vitesse des trains les plus rapide en km/h,

Remarque : le coefficient de dévers adopté doit être un multiple de 15,

Il doit satisfaire la condition suivante $0,5 < \frac{C}{0,0117 * V^2} < 0,7$

Pour notre projet nous avons : $C = 0,006 \times 120^2 = 86,4$ en prend $C = 90$,

Vérification : $0,5 < \frac{90}{0,0118 * 120^2} = 0,53$

IV,2,4, Insuffisance de dévers

En pratique, on limite l'accélération transversale non compensée, afin d'assurer la sécurité des circulations, le confort des voyageurs et assurer un coût raisonnable de l'entretien de la voie,

$$I = \frac{11,8 * V^2}{R} - D_p$$

- Avec V : la vitesse des trains voyageur,

Tableau IV, 3 : Les valeurs maximales admissibles de l'insuffisance selon SNTF

| Paramètre | Valeur limite normale | Valeur limite exceptionnelle |
|------------------------|-----------------------|------------------------------|
| Insuffisance de dévers | 150 | 160 |

IV,2,4, Excès de dévers

L'excès de dévers E est limité pour éviter l'usure prématurée du rail intérieur dans les courbes (pour les circulations fret donc lentes),

Il est calculé avec la formule suivante : $E = d_p - \frac{11,8 * V_m^2}{R}$

Tableau IV, 4 : Les valeurs maximales de l'excès admissibles selon SNTF

| Paramètre | Valeur limite normale | Valeur limite exceptionnelle |
|-----------------|-----------------------|------------------------------|
| Excès de dévers | 110 | 130 |

IV,2,5 Variation de dévers

IV,2,5,1 Variation de dévers dans les courbes de transition $\Delta d/\Delta l$:

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

Tableau IV, 5 -Les valeurs admissibles de la variation de dévers en fonction de la longueur des courbes de transition $\Delta d/\Delta l$,

| Paramètre (mm/m) | Valeur limite normale | Valeur limite exceptionnelle |
|----------------------------|------------------------|------------------------------|
| Variation de dévers (mm/m) | $\frac{180}{V} = 1,50$ | $\frac{216}{V} = 1,80$ |

IV,2,5,2 Variation de dévers dans le temps $\Delta d/\Delta t$:

Une limite de variation de dévers dans les courbes de transition est nécessaire pour que la vitesse de rotation des véhicules ne nuise pas à leur stabilité,

Cette variation est donnée par la formule suivante :

$$\frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_p \times V_v}{3,6 \times L_{rp}}$$

Tableau IV, 6 - variation de dévers dans le temps $\Delta_d/\Delta t$

| Paramètre exceptionnelle (mm/m) | Valeur normale limite | Valeur limite |
|------------------------------------|-----------------------|---------------|
| Taux de Variation de dévers (mm/s) | 50 | 65 |

IV,2,5,3 Variation de l'insuffisance de dévers dans le temps $\Delta I/\Delta t$:

La variation d'insuffisance de dévers se détermine par la formule suivante : $\frac{\Delta I}{\Delta l} = \frac{I \cdot V_v}{3,6 \cdot L_{rp}}$

- V_v : vitesse (Km/h)
- I : insuffisance de dévers (mm)
- L_{rp} : longueur du raccordement progressif (m)

Tableau IV, 7 - Variation de l'insuffisance de dévers dans le temps

| Paramètre | Valeur limite normale | Valeur limite exceptionnelle |
|--|-----------------------|------------------------------|
| Taux de variation de l'insuffisance de dévers (mm/s) | 75 | 90 |

IV,3, 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 : $R_{min} = \frac{11,8 \cdot V_{max}^2}{D_{max} + I_{max}}$

- 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 dévers maximum de 160 mm avec une valeur maximale de l'insuffisance de dévers 150 mm : $R_{min} = \frac{11,8 \cdot 120^2}{160 + 150} = 548,13 \text{ m}$

- On prend Rmin= 600m,

IV,4, 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 la norme (SNCF/IN0272) on a : $L_{rp} > D_p \times \frac{V_{max}}{3,6 \times \frac{\Delta D}{\Delta t}}$

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

Tableau IV, 8 - Paramètres géométriques de tracé en plan (SNTF)

| | | D_{max} (mm) | L_{min} (m) | I_{max} (mm) | E_{max} (mm) | R_{min} (m) | $(\Delta d / \Delta l)_{max}$ (mm/m) | $(\Delta l / \Delta t)_{max}$ (mm/s) | $(\Delta d / \Delta t)_{max}$ (mm/s) |
|-------------|--------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|---|---|---|
| Application | Normal | 160 | 60 | 150 | 110 | 600 | 1,50 | 75 | 50 |
| | Exceptionnel | 180 | 40 | 160 | 130 | 500 | 1,80 | 90 | 65 |

IV,5, APPLICATION SUR LE PROJET

IV,5,1, Calcul des paramètres de voie

Pour une vitesse : $V_v = 120$ km/h et $V_m = 80$ km/h, ET Pour un rayon : $= 1500$ m

- **Dévers théorique** : $d_{th} = \frac{11,8 \times V_{max}^2}{R} = \frac{11,8 \times 120^2}{1500} = 113,28$ mm
- **Le coefficient de dévers** : $C = 0,006 \times V_{max}^2 = 86,40$

La valeur de C doit être un multiple de 15 Alors dans ce cas on prend $C = 90$,

$$0,5 < \frac{C}{0,0118 \times V_{max}^2} < 0,7 \dots\dots\dots (*) \rightarrow 0,5 < \frac{C}{0,0118 \times V_{max}^2} = 0,53 < 0,7 \text{ OK } \checkmark$$

- **Dévers pratique** : $d_p = \frac{1000 \times C}{R} = \frac{1000 \times 90}{1500} = 60$
 - On prend : $d_p = 60$ mm, < 160 mm OK ✓
- **Insuffisance de dévers** : $I = d_{th} - d_p = 113,28 - 60 = 53,28$ mm < 150 mm OK ✓
- **Excès de devers**: $E = d_p - \frac{11,8 \times V_{min}^2}{R} = 60 - \frac{11,8 \times (80)^2}{1500} = 9,65$ mm < 110 mm OK ✓
- **La longueur de clothoïde** : $L_{rp} = \frac{d_p}{\frac{dd}{dl}} = \frac{d_p}{\frac{180}{V_{max}}} = \frac{60}{1,5} = 40$ m
 - On prend : $L_{rp} = 50$ mm
- **Variation de dévers dans le temps** $\Delta d / \Delta t$
 - $\frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_p \times V_v}{3,6 \times L_{rp}} = \frac{60 \times 120}{3,6 \times 50} = 40$ mm/s < 50 mm/s OK ✓
- **Variation de l'insuffisance de dévers dans le temps**
 - $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{I \times V_v}{3,6 \times L_{rp}} = \frac{53,28 \times 120}{3,6 \times 50} = 35,52$ < 75 mm/s OK ✓
- **Limite de la variation de dévers par rapport à la longueur** :
 - $\frac{\Delta d}{\Delta l} = \frac{d_p}{L_{rp}} = \frac{60}{50} = 1,2$ $< 1,5$ mm/m OK ✓

Voici le tableau montrant les différents paramètres de tracé en plan :

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|-----------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Rayon(m) | | 800 | 610 | 1500 | 610 | 600 | 610 | 610 | 610 | 640 | 1300 | 600 |
| Vitesse Km/h | Max | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| | Min | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 |
| dth (mm) | Max | 212,40 | 278,56 | 113,28 | 278,56 | 283,20 | 278,56 | 278,56 | 278,56 | 265,50 | 130,70 | 283,20 |
| | Min | 94,40 | 123,80 | 50,35 | 123,80 | 125,87 | 123,80 | 123,80 | 123,80 | 118,00 | 58,09 | 125,87 |
| C | | 86,40 | | | | | | | | | | |
| C adopté | | 90 | | | | | | | | | | |
| Vérification C | | 0,53 | | | | | | | | | | |
| | | OK ✓ | | | | | | | | | | |
| dp (mm) | | 112,50 | 147,45 | 60,00 | 147,45 | 150 | 147,45 | 147,45 | 147,45 | 140,63 | 69,23 | 150 |
| dp adopté | | 120 | 150 | 60 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 141 | 70 | 150 |
| I (mm) | | 92,4 | 128,56 | 53,28 | 128,56 | 128,20 | 128,56 | 128,56 | 128,56 | 124,50 | 55,71 | 133,20 |
| E (mm) | | 25,60 | 26,20 | 9,65 | 26,20 | 29,13 | 26,20 | 26,20 | 26,20 | 23,00 | 16,91 | 24,13 |
| Lrp (m) | | 80 | 100,00 | 40,00 | 100,00 | 103,33 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 94 | 50 | 103,33 |
| Lrp adopté | | 80 | 100,00 | 40,00 | 100,00 | 120,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100 | 50 | 120,00 |
| dd/dl (mm/m) | | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,25 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,4 | 1,4 | 1,25 |
| dI/dt (mm/s) | | 38,50 | 42,85 | 50 | 42,85 | 37,00 | 42,85 | 42,85 | 42,85 | 41,83 | 37,13 | 37,00 |
| dd/dt (mm/s) | | 50 | 50 | 50 | 50 | 41,67 | 33,33 | 33,33 | 50 | 46,67 | 50 | 41,67 |

Tableau IV, 9 – Tableau récapitulatif des paramètres du tracé,

IV,6, DESCRIPTION GENERALE DU TRACE :

Le tracé qui fait l’objet d’étude débute PK 30+000 au Pk 40+000 sur un linéaire de 10 km, passant par la gare CHIHANI Du Pk 30+000 AU PK 31+100,

Le tracé débute par un alignement droit et se termine par un alignement droit, Les courbes existants à rectifié (R < 600m) sont montré ci-dessous :

Tableau IV, 10 - 9 Liste des rayons à rectifier

| | | | | | | | |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Arc | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Position | 30+325 | 31+025 | 31+400 | 31+800 | 32+250 | 32+350 | 32+750 |
| Rayon | 322 | 400 | 450 | 425 | 350 | 340 | 354 |
| Arc | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Position | 32+975 | 33+200 | 33+600 | 34+500 | 35+500 | 37+250 | 37+800 |
| Rayon | 300 | 825 | 278 | 450 | 290 | 380 | 270 |

Vu la sinuosité du tracé de la voie existante et les faibles rayons existant, des zones de rectifications de tracé ont été prévus dans le but de modernisation de la ligne et l’augmentation de la vitesse et de la capacité de la ligne,

Les zones de rectifications et des dédoublements sont cités ci-dessous,

Zone 1 : PK 30+000 au PK 31+100 Gare Chihani,

Zone 2 : PK 31+100 au PK 33+800 rectifications de tracé,

Zone 3 : PK 33+800 au PK 34+000 dédoublements de la voie à droite,

Zone 4 : PK 34+000 au PK 34+675 rectifications de tracé,

Zone 5 : PK 34+675 au PK 34+775 dédoublements de la voie à droite

Zone 6 : PK 34+775 au PK 38+150 rectifications de tracé

Zone 7 : PK 38+150 au PK 38+275 dédoublements de la voie à droite,

Zone 8 : PK 38+275 au PK 38+425 rectifications de tracé,

Zone 9 : PK 38+425 au PK 39+300 dédoublements de la voie à droite,

Zone 10 : PK 39+300 au PK 39+900 dédoublements de la voie à gauche,

Zone 11 : PK 39+900 au PK 40+000 rectifications de tracé,

Il est important de noter que la majorité du tronçon étudié nécessite une modification des rayons existants afin de permettre une circulation sécurisée à la nouvelle vitesse définie,

IV,7, LES CONTRAINTES LE LONG DU TRACÉ

- La voie existante (la ligne de projet doit être conservée en zone de dédoublement)
- Lignes électriques très haute tension THT au PK 35+650
- Lignes électriques moyen tension MT au PK 31+880 et au PK 33+550 et PK 35+550
- Les pistes au PK 31+600 et PK 32+200 et PK 32+950 et PK 34+150
- Intersection avec RN16A au PK 36+800 et avec CW106 au PK 39+400,

IV,8, PROFIL EN LONG

Le profil en long est une représentation plane de la surface du terrain naturel obtenue par l'exécution d'une coupe longitudinale,

Il détermine la configuration du terrain au droit de l'axe caractérisé par des droites (pente, rampe), raccordées par des courbes paraboliques, Ces éléments représentent la ligne rouge ou ligne du projet,

IV,8,1, Les éléments de composition du profil en long

IV,8,1,1, Les alignements droits

Le profil en long de la voie ferrée est caractérisé par des valeurs très faibles 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 (pente 0,00 %) de longueur égale à 965 m 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‰,

Tableau IV, 11 - La variation Déclivité maximale

| | | Longueur de la déclivité maximale admissible (m) | | | |
|------------------------------------|--------------|--|----------------------|-------------|-------|
| | | L < 3000 m | 3000 m < L < 15000 m | L > 15000 m | Gares |
| Déclivité maximal admissible P (‰) | Normal | 16 ‰ | 16 ‰ à 13 ‰ | 13 ‰ | 0‰ |
| | Exceptionnel | 18 ‰ | 18 ‰ à 15 ‰ | 15 ‰ | 0‰ |

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 basse du profil en long dans une partie de déblais, qui risque de créer de contraintes à savoir,

Celles qui sont liées aux difficultés de terrassement et à l'évacuation des eaux pluviales,

La solution est soit de relever ce point au-dessus du terrain naturel soit d'atténuer les déclivités arrivant de chaque cote de ce point bas,

- 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 profil 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 IV, 12 - Longueur minimale des déclivités,

| Paramètre | Valeur limite normale | Valeur limite exceptionnelle |
|----------------------------------|-----------------------|------------------------------|
| Longueur minimale des déclivités | $\frac{V}{2}$ | $\frac{V}{2,5}$ |

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

IV,8,1,2, Les cercles

Lorsqu'un véhicule ferroviaire rencontre un changement de déclivité, il est soumis à une variation soudaine de l'accélération verticale, Cette variation brusque génère des forces de réaction qui induisent des oscillations dans la suspension du véhicule, Ces oscillations peuvent provoquer des vibrations et des secousses indésirables, affectant ainsi le confort des passagers à bord du véhicule,

Cette accélération est donnée par la formule suivante : $A_v = \frac{V^2}{3,6^2 \times R_v}$

Pour une vitesse inférieure à 220 km/h la valeur maximale de cette accélération est de 0,22m/s² ($A_v \leq 0,05g$) (exceptionnellement 0,31m/s²) qui est une valeur de confort acceptable en remplaçant les valeurs de A_v dans la formule : $R_v = \frac{V^2}{3,6^2 \times A_v}$ on trouve :

Tableau IV, 13 - Valeurs de Rayon vertical minimale,

| Paramètre | Valeur limite normale | Valeur limite exceptionnelle |
|----------------------------------|-----------------------|------------------------------|
| Longueur minimale des déclivités | $0,35V^2$ | $0,25V^2$ |

La position des cercles par rapport au terrain naturel dépend de plusieurs facteurs à savoir :

- Il ne doit pas y avoir d'interférence entre 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,

IV,9, APPLICATION SUR LE PROJET

Tableau IV, 14 - Paramètres géométriques de profil en long (SNTF),

| | Valeur maximale normale | Valeur maximale exceptionnelle |
|---|-------------------------|--------------------------------|
| Rayon de raccordement en profil minimum (m) | 5040 | 3600 |
| Longueurs minimales des pentes/rampes | 60 | 48 |
| Déclivité en gare | 0 ‰ | 0 ‰ |

CONCLUSION

Notre travail consiste à assurer une bonne coordination entre les tracés en plan et en profil en long en évitant tout changements brusques de direction. Donc Nous avons respecté : Point de changement sont distant au minimum de 30m entre les clothoïdes et les raccordements circulaire de profil en long

Et aussi : - Les alignements droit et les longueurs de cercle doit être >60m

- Longueur de clothoïde,

CHAPITRE V

Étude hydrologique et hydraulique

INTRODUCTION

L'analyse des aspects hydrologiques et hydrauliques est nécessaire à la mise en œuvre du projet, Cette analyse repose sur la collecte d'informations concernant le comportement hydrologique de la zone traversée par la ligne minière, Notamment le tronçon entre BOUKAMOUZA / CHIHANI entre le PK 30+000 et le PK 40+000,

L'étude du volet hydrologique et du drainage se concentre sur les tâches suivantes :

- Caractérisation du milieu physique et de ses composantes telles que le relief, le réseau hydrographique, le climat, etc,
- Délimitation des bassins versants traversés par le tracé du projet,
- Estimation du débit d'écoulement et proposition du type d'ouvrage de drainage nécessaire,
- En cas de passage à travers une zone présentant des contraintes, identification des endroits à risque et proposition de solutions pour protéger la voie ferrée,

V,1, ÉTUDE HYDROLOGIQUE

V,1,1 Description du réseau hydrographique et des bassins versants

Le corridor du projet du tronçon Chbeita Mokhtar- Bouchegouf, traverse les bassins versants d'oued Seybouse (BV N° 14) (voir illustration-1),

La zone d'étude située à l'exutoire du bassin versant de Seybouse qu'il s'étend sur une superficie de 1 063 km², Il est possède une façade maritime, Le bassin versant de Seybouse est limité au Nord par le bassin des Côtiers Constantinois du centre et de l'est (03), au Sud par le bassin des Hauts plateaux Constantinois (07), à l'Ouest par le bassin versant de Kébir Rhumel (10), et à l'Est par le bassin versant Medjerdah (12),

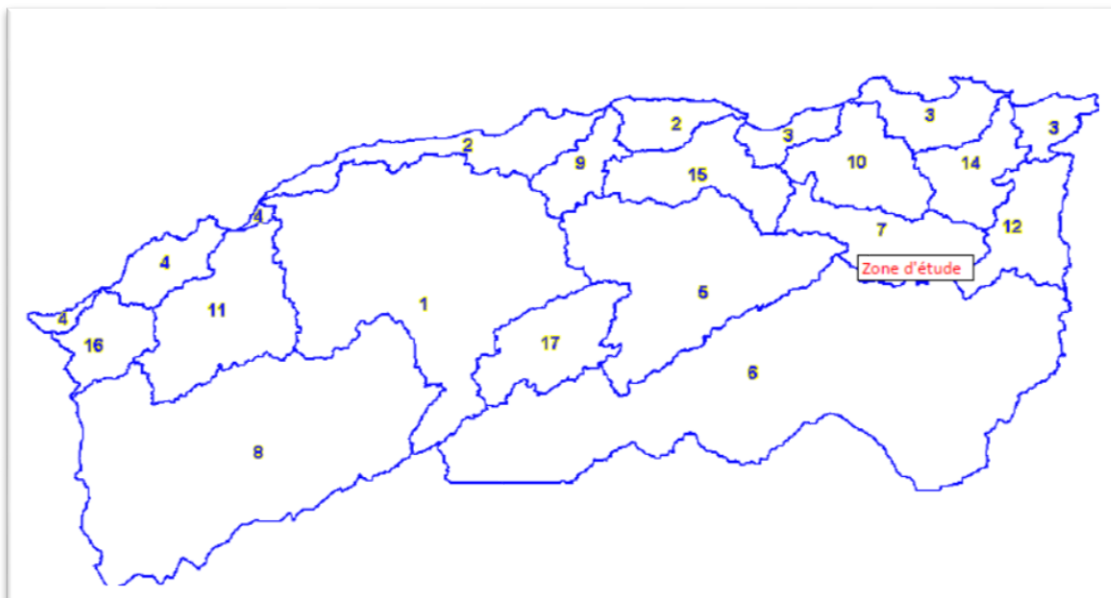


Figure V, 1, Carte de la situation géographique du bassin versant d'oued Seybouse (BV N° 14),

V,2, LES CARACTÉRISTIQUES CLIMATIQUES ET PLUVIOMÉTRIQUES

V,2,1, Climat

V,2,1,1 Températures

La région d'étude présente un climat méditerranéen, Caractérisé par des étés chauds et des hivers froids, Les températures moyennes annuelles varient entre 15,6°C et 17,6°C selon les données recueillies entre 1978 et 2004 aux stations de Annaba, Pour la même période, la température moyenne annuelle à la station d'Annaba est estimée à 17,7°C, tandis que les données couvrent la période de 1972 à 2005,

Le Tableau suivant montre les Moyenne annelles et mensuelles des températures au niveau des stations d'Annaba :

Tableau V, 1 - les Moyenne annelles et mensuelles des températures au niveau des stations d'Annaba

| Annaba (1972-2005) | Température moyenne mensuelle | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Sep | Oct | Nov | Déc | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Moy |
| | 23,1 | 19,6 | 15,3 | 13,0 | 11,7 | 11,8 | 13,1 | 14,9 | 18,1 | 21,8 | 24,9 | 25,5 | 17,7 |

Source : ONM

Remarque : les températures utilisées dans cette partie ont été utilisées pour caractériser seulement le climat de la zone d'étude et n'entrent dans aucun calcul hydrologique,

V,2,1,2 Humidité (les zones bioclimatiques)

L'Est algérien est caractérisé par un climat méditerranéen, où une saison froide et humide contraste avec une saison chaude et sèche, Cette dernière s'intensifie vers le Sud, jusqu'à devenir continue tout au long de l'année dans les zones arides,

La combinaison des précipitations et des températures dans chaque région permet de déterminer différents domaines bioclimatiques,

Les quatre grands types de bioclimats méditerranéens :

- Humide (pluviométrie annuelle P supérieure à 900 mm) ;
- Forte humidité de l'air,
- Subhumide (P > 600 mm environ) ;
- Semi-aride (300-350 < P < 550-600 mm, net déficit hydrique) ;
- Subaride (P < 350 mm, nombre de mois secs > nombre mois humides) ;
- Aride (P < 150 mm, 12 mois biologiquement secs),

La zone d'étude est caractérisée par un climat humide à subhumide

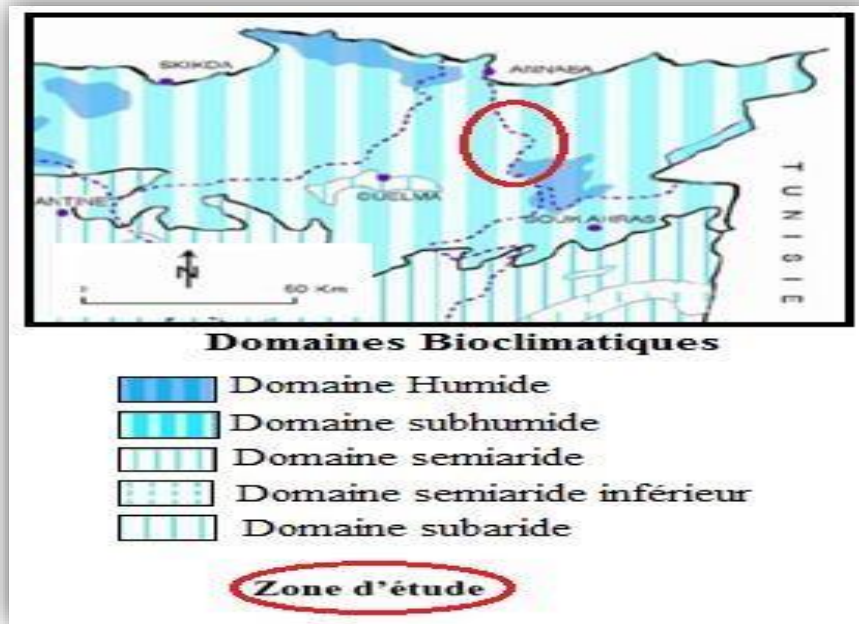


Figure V, 2 - Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien (Établie d'après Côte M., 1998),

V,2,3 Pluviométrie

V,2,3,1 Pluie annuelle

D'après la carte pluviométrique de l'Algérie du Nord au 1/500 000 établie par l'A,N,R,H, les valeurs des précipitations varient entre 700 mm et 1000 mm pour la zone touchée par le projet de la Ligne Minière, Tronçon Nord : d'Annaba – Bouchegouf,

La moyenne annuelle de la précipitation pluviométrique : $P_{moy} = 644 \text{ mm}$

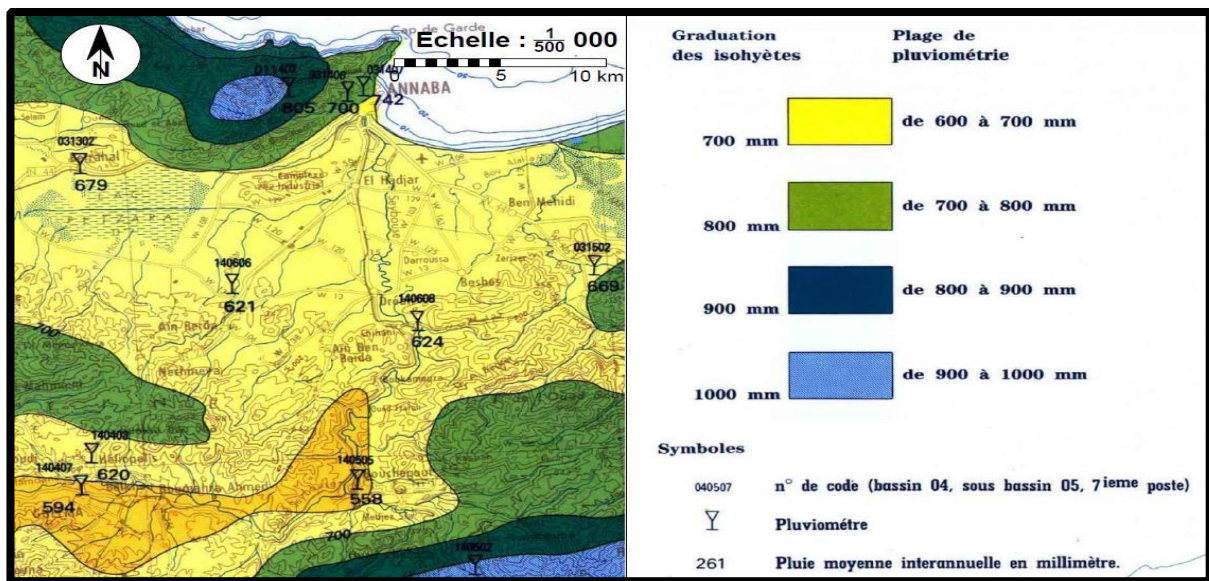


Figure V, 3 - Extrait de la carte pluviométrique de l'Algérie du Nord au 1/500 000 Région Est Pour le projet de la Ligne Minière, Tronçon Nord Annaba – Bouchegouf,

V,2,3,2, L'ajustement de la loi normale des pluies

Dans le tableau suivant nous présentons les pluies annuelles pour différentes fréquences,

Tableau V, 2 -valeurs des pluies annuelles en mm selon les fréquences ,

| Station | 0,99 | 0,98 | 0,95 | 0,9 |
|------------|--------|--------|-------|-------|
| Boukamouza | 1063,1 | 1012,3 | 936,2 | 868,6 |

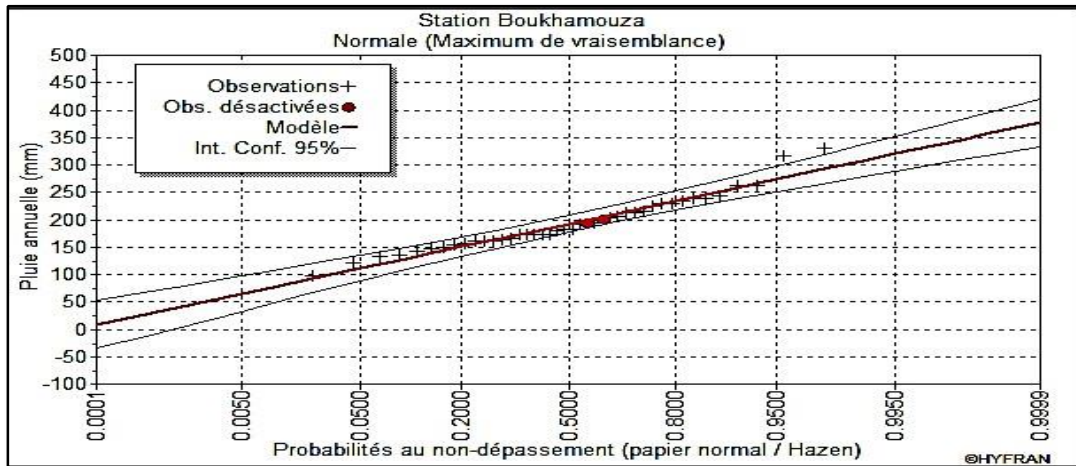


Figure V, 4 - Ajustement de la pluie annuelle à la loi normale à la station de Boukamouza

V,2,3,3, Précipitations Journalières

La préservation contre les dommages causés par les eaux exige une attention particulière envers les précipitations journalières maximales annuelles, En Algérie, il a été constaté que les précipitations journalières maximales annuelles s'ajustent à la loi de Gumbel,

Dans le tableau suivant nous présentons les pluies maximales journalières pour différentes fréquences :

Tableau V, 3 - Pluies journalières maximales en mm

| T | F(X) | 1- F(X) | U, Gumbel | Pjmax |
|-----|------|---------|-----------|-------|
| 10 | 0,1 | 0,9 | 2,25 | 76 |
| 50 | 0,02 | 0,98 | 3,901 | 101 |
| 100 | 0,01 | 0,99 | 4,60 | 111 |

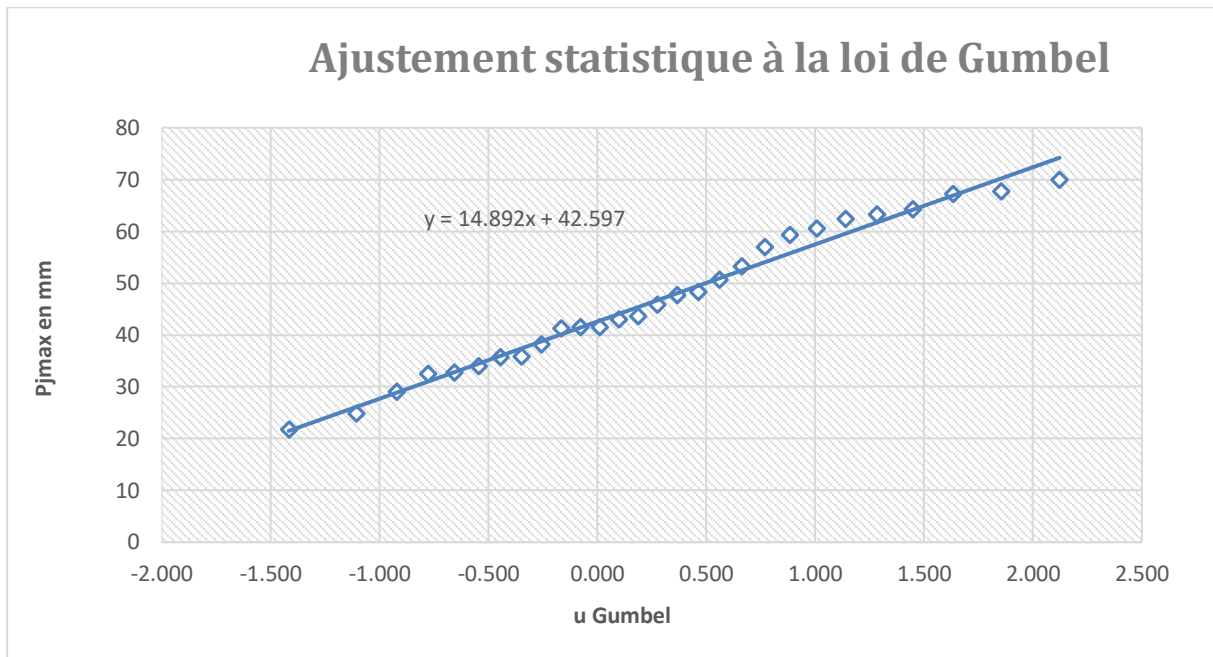


Figure V, 5 - Ajustement des pluies maximales journalières à la loi Gumbel Station de Boukamouza

V,2,3,4, Pluie de courtes durées

La recherche de la loi Intensité - Durée - Fréquence s'effectue sur la base des enregistrements pluviographiques , A partir des dépouillements à intensités constantes, on a calculé les quantités de pluies correspondantes à différents pas de temps (1h, 2h, 3h, 6h, 12h et 24 h), Pour chaque pas de temps nous avons sélectionné une valeur maximale par averse, Nous avons obtenu donc une série de données pour chaque pas de temps sur toute la période dépouillée,

La relation Intensité - Durée - Fréquence recherchée est de la forme : $I(t, T) = a(T)/t^b$

- **I(t, T)** : Intensité de pluie en mm/h ;
- **T** : période de retour ;
- **t** : temps en heures ;
- **a** et **b** : paramètres de Montana,

La relation obtenue est la suivante : $I(t, T) = a(T)/t^b$ Avec **b = 0,65**

Tableau V, 4 - Valeurs du paramètre « a » selon les fréquences

| T | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 |
|------|------|------|------|------|------|------|
| a(T) | 16,8 | 24,6 | 29,7 | 34,6 | 41,0 | 45,7 |

Tableau V, 5 - Valeurs des intensités obtenues en mm/h,

| I(T/t) | 02 Ans | 05 Ans | 10 Ans | 20 Ans | 50 Ans | 100 Ans |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 1 | 18,3 | 20,8 | 29,7 | 37,6 | 44,5 | 45,7 |
| 2 | 12,1 | 17,6 | 21,3 | 24,8 | 29,4 | 32,8 |

| | | | | | | |
|----|-----|------|------|------|------|------|
| 3 | 9,5 | 13,8 | 16,7 | 19,4 | 23,0 | 25,7 |
| 6 | 6,2 | 9,1 | 11,0 | 12,8 | 15,2 | 17,0 |
| 12 | 4,1 | 6,0 | 7,3 | 8,5 | 10,0 | 11,2 |
| 24 | 2,7 | 4,0 | 4,8 | 5,6 | 6,6 | 7,4 |

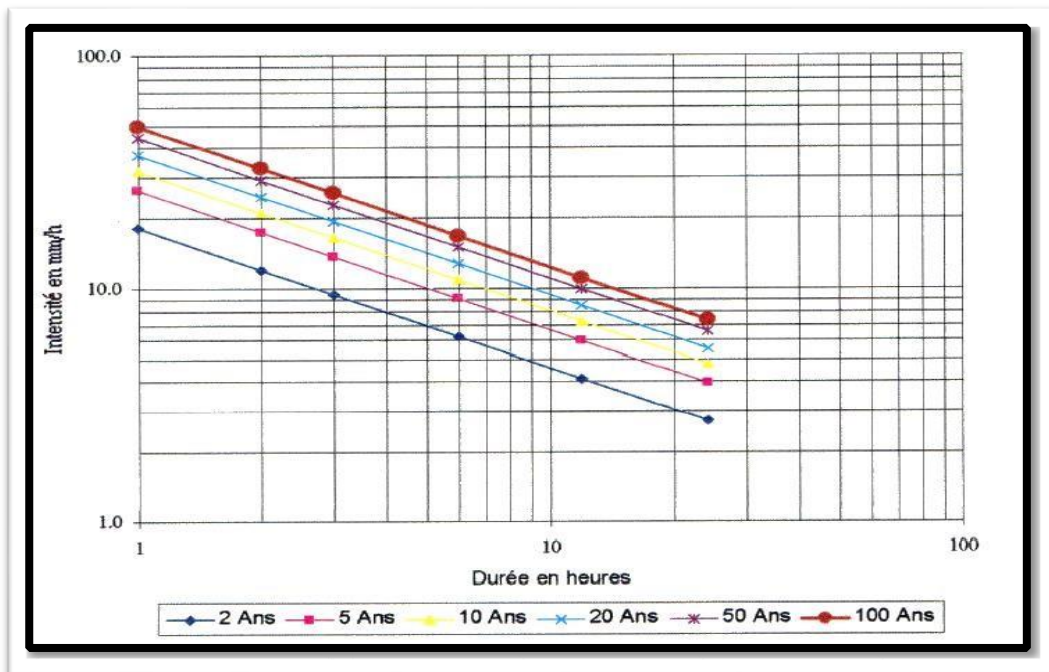


Figure V, 6 - Courbe Intensité-Durée-Fréquence, station d'Annaba,

V,3, LES CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES DES BASSINS VERSANTS

La détermination des caractéristiques des bassins versants consiste à calculer, ou évaluer, les paramètres explicatifs, indispensables à l'évaluation des débits de crues,

La délimitation des bassins versants s'est effectuée sur la base des cartes d'état-major, Après digitalisation des bassins versants sur les cartes topographiques, sous le logiciel Autocad, les paramètres suivants ont été déterminés :

- **S (Km²)** Surface du bassin versant ,
- **P (Km)** Périmètre du bassin versant,
- **L(Km)** Longueur du plus long cours d'eau ,
- **Hmax (m)** Altitude maximale ,
- **Hmin (m)** Altitude minimale ,
- **Hmoy (m)** L'altitude moyenne,
- **P(m/m)** La pente ,
- **DH (m)** Différence entre l'altitude max et minimale du bassin,
- **Kc** Indice de compacité ,

| | | | | | | | | | |
|--------|-------------|------|-------|-------|------|-----|----|-------|-------|
| 35+243 | B,23 | 1,28 | 0,51 | 3,27 | 1,07 | 196 | 40 | 118 | 0,146 |
| 35+770 | B,24 | 1,25 | 0,18 | 1,90 | 0,50 | 148 | 44 | 96 | 0,206 |
| 36+265 | B,25 | 1,17 | 0,25 | 2,09 | 0,47 | 172 | 44 | 108 | 0,270 |
| 36+858 | B,26 | 1,09 | 0,32 | 2,20 | 0,52 | 186 | 56 | 121 | 0,248 |
| 37+713 | B,27 | 1,44 | 16,60 | 21,00 | 7,77 | 350 | 49 | 199,5 | 0,039 |
| 38+275 | B,28 | 1,07 | 0,06 | 0,94 | 0,23 | 102 | 52 | 77 | 0,220 |
| 38+577 | B,29 | 1,30 | 0,22 | 2,18 | 0,41 | 190 | 52 | 121 | 0,337 |
| 38+878 | B,30 | 1,49 | 0,09 | 1,60 | 0,45 | 194 | 54 | 124 | 0,311 |
| 39+015 | B,31 | 1,66 | 0,07 | 1,57 | 0,45 | 196 | 54 | 125 | 0,315 |
| 39+131 | B,32 | 1,55 | 0,08 | 1,57 | 0,47 | 198 | 52 | 125 | 0,309 |
| 39+251 | B,33 | 1,27 | 0,19 | 1,98 | 0,39 | 218 | 54 | 136 | 0,417 |
| 39+690 | B,34 | 1,12 | 0,39 | 2,5 | 0,66 | 220 | 52 | 136 | 0,256 |
| 39+817 | B,35 | 1,13 | 0,23 | 1,94 | 0,65 | 160 | 50 | 105 | 0,170 |

V,4, CALCUL DE DÉBIT MAXIMAL DANS LES BASSINS (DÉBIT DE CRUE)

L'intérêt de la détermination du débit maximum d'un cours d'eau est évident en raison des effets destructeurs bien connus de ces événements hydrologiques, Lorsqu'on projette la réalisation d'importants aménagements, on doit déterminer le maximum probable de la crue pour lequel l'ouvrage devra être protégé,

Nous avons utilisé deux méthodes pour le calcul de débit, la méthode rationnelle, et la formule de MALLET-GAUTHIER,

Le débit de projet et calculé suivant les limites d'utilisation de chaque formule,

V,4,1 Méthode rationnelle ($A < 10Km^2$)

Pour les bassins versants dont la superficie ne dépasse pas 10 Km² la méthode de calcul utilisée est la méthode rationnelle,

$$Q = \alpha \times C_r \times I \times A$$

Avec :

- α : coefficient de conversion des unités (1/3,60)
- Q : Débit (m^3/s)
- C_r : Coefficient de ruissellement,
- I : L'intensité de pluie (mm/h) ;
- A :Superficie du bassin versant (Km²)

V,4,2 Coefficient de ruissellement C_r

D'après la méthode de KENESSEY : $C_r = C_1 + C_2 + C_3$

- C_1 : Dépend de la pente du cours d'eau principal,

Tableau V, 7 - Valeurs de C1

| la pente du cours d'eau | Coefficient C1 |
|-------------------------|-----------------------|
| Pente < 3,5 % | 0,01 - 0,05 |
| 3,5 % < Pente < 11 % | 0,06 - 0,1 |
| 11 % < Pente < 35% | 0,12 - 0,2 |
| Pente >35%, | 0,22 - 0,3 |

- **C2:** Dépend de la perméabilité du terrain,

Tableau V, 8 - Valeurs de C2

| la perméabilité du terrain | Coefficient C2 |
|------------------------------------|-----------------------|
| les terrains imperméables, | 0,22 – 0,3 |
| Les terrains pas assez perméables, | 0,1 - 0,2 |
| les terrains perméables, | 0,06 - 0,1 |
| les terrains très perméables, | 0,06 - 0,05 |

Généralement, ces terrains constituent les versants et les massifs montagneux, Les terrains meubles tels que les alluvions se caractérisent par une bonne à pas assez bonne perméabilité,

- **C3:** Dépend de la couverture végétale du bassin versant,

Tableau V, 9 - Valeurs de C3

| la couverture végétale du bassin versant | Coefficient C3 |
|--|-----------------------|
| les terrains rocheux | 0,22 – 0,3 |
| les Prés, | 0,17 – 0,25 |
| les champs labours, | 0,07 – 0,15 |
| les forêts et les sols sableux, | 0,03 – 0,05 |

V,4,3, Temps de concentration :

Le temps de concentration est un élément essentiel pour estimer les débits de crue, et il est influencé par des caractéristiques telles que la taille, la forme et la pente du bassin versant, En Algérie, Nous recommandons l'utilisation des formules standards qui sont basées sur la surface des bassins versants,

- **Formule de Ventura : (A < 5 km²) :** $t_c = 0,127 \sqrt{\frac{S}{P}}$

- Tc : Temps de concentration en heure,
- S : Surface du bassin versant en km²

- P : Pente moyenne du bassin versant en (m/m),
- **Formule de Passini : ($5 \text{ km}^2 < A < 25 \text{ km}^2$) :** $t_c = 0,108 \frac{\sqrt[3]{S \times L}}{\sqrt{P}}$
- L : Longueur du cours d'eau principal en km,
- S : Surface du bassin versant en km^2 ,
- P : Pente moyenne du bassin versant en (m/m),
- **Formule de Mallet-Gauthier : ($a > 10 \text{ km}^2$)**

Cette formule a pour but de l'estimation de la crue de période de retour T, elle s'exprime par :

$$Q_A = 2, k, \log(1 + a, P), \frac{S}{\sqrt{L}}, \sqrt{1 + 4 \log T - \log S}$$

- Q_A : Débit de crue de période de retour voulue (en m^3/s),
- P : Précipitation moyenne annuelle en m,
- S : Superficie du bassin versant (Km^2),
- T : Période de retour en années,
- L : Longueur du talweg principal (Km),
- a : coefficient égal à 20 pour l'Algérie
- k : Paramètre (facteur pluviométrique considéré dans sa variabilité), (Égale à 2 dans notre cas),

| Identification des bassins versant | | Caractéristiques du bassin versant | | Coeff de ruissellement | Tc ≥ 10 min | | Intensité (mm) | M, Rationnelle | MALLET-GAUTHIER | Débit retenue |
|------------------------------------|-------|------------------------------------|---------|------------------------|------------------------|--------|----------------|----------------|-----------------|---------------|
| | | | | | Temps de concentration | | | | | |
| PK | N°:BV | S (km2) | Lw (km) | C _r | Formule | Tc (h) | I100 | Q100 | Q100 | Q100 |
| 30+300 | B,09 | 0,09 | 0,22 | 0,42 | Ventura | 0,15 | 118,64 | 1,55 | / | 1,55 |
| 30+665 | B,10 | 0,07 | 0,35 | 0,42 | Ventura | 0,15 | 118,64 | 1,20 | / | 1,20 |
| 30+950 | B,11 | 0,28 | 0,48 | 0,42 | Ventura | 0,15 | 118,64 | 5,09 | / | 5,09 |
| 31+225 | B,12 | 0,24 | 0,37 | 0,42 | Ventura | 0,15 | 118,64 | 4,30 | / | 4,30 |
| 31+935 | B,13 | 1,16 | 1,61 | 0,42 | Ventura | 0,40 | 63,87 | 11,15 | / | 11,15 |
| 32+285 | B,14 | 0,12 | 0,29 | 0,42 | Ventura | 0,15 | 118,64 | 2,06 | / | 2,06 |
| 32+585 | B,15 | 0,17 | 0,49 | 0,42 | Ventura | 0,15 | 118,64 | 2,98 | / | 2,98 |
| 32+910 | B,16 | 0,16 | 0,53 | 0,42 | Ventura | 0,15 | 118,64 | 2,93 | / | 2,93 |
| 33+405 | B,17 | 0,09 | 0,31 | 0,42 | Ventura | 0,15 | 118,64 | 1,53 | / | 1,53 |
| 33+600 | B,18 | 1,74 | 1,61 | 0,42 | Ventura | 0,48 | 57,31 | 15,03 | / | 15,03 |
| 33+840 | B,19 | 0,03 | 0,15 | 0,42 | Ventura | 0,15 | 118,64 | 0,49 | / | 0,49 |
| 34+002 | B,20 | 0,08 | 0,27 | 0,42 | Ventura | 0,15 | 118,64 | 1,49 | / | 1,49 |
| 34+305 | B,21 | 0,19 | 0,43 | 0,42 | Ventura | 0,15 | 118,64 | 3,45 | / | 3,45 |
| 34+800 | B,22 | 0,54 | 1,03 | 0,42 | Ventura | 0,22 | 93,49 | 7,56 | / | 7,56 |
| 35+243 | B,23 | 0,51 | 1,07 | 0,42 | Ventura | 0,24 | 88,64 | 6,86 | / | 6,86 |
| 35+770 | B,24 | 0,18 | 0,50 | 0,42 | Ventura | 0,15 | 118,64 | 3,24 | / | 3,24 |
| 36+265 | B,25 | 0,25 | 0,47 | 0,42 | Ventura | 0,15 | 118,64 | 4,50 | / | 4,50 |
| 36+858 | B,26 | 0,32 | 0,52 | 0,42 | Ventura | 0,15 | 118,64 | 5,69 | / | 5,69 |
| 37+713 | B,27 | 16,60 | 7,77 | 0,42 | Passini | 2,77 | 18,85 | / | 55,33 | 31,59 |
| 38+275 | B,28 | 0,06 | 0,23 | 0,42 | Ventura | 0,15 | 118,64 | 1,06 | / | 1,06 |
| 38+577 | B,29 | 0,22 | 0,41 | 0,42 | Ventura | 0,15 | 118,64 | 4,01 | / | 4,01 |
| 38+878 | B,30 | 0,09 | 0,45 | 0,42 | Ventura | 0,15 | 118,64 | 1,53 | / | 1,53 |

| | | | | | | | | | | |
|--------|-------------|------|------|------|---------|------|--------|------|---|------|
| 39+015 | B,31 | 0,07 | 0,45 | 0,42 | Ventura | 0,15 | 118,64 | 1,26 | / | 1,26 |
| 39+131 | B,32 | 0,08 | 0,47 | 0,42 | Ventura | 0,15 | 118,64 | 1,41 | / | 1,41 |
| 39+251 | B,33 | 0,19 | 0,39 | 0,42 | Ventura | 0,15 | 118,64 | 3,35 | / | 3,35 |
| 39+690 | B,34 | 0,39 | 0,66 | 0,42 | Ventura | 0,16 | 115,38 | 6,80 | / | 6,8 |

Tableau V, 10 Les débits de crue retenus des Oueds pour une période de 100 ans,

V,5, ÉTUDE HYDRAULIQUE

Pour établir un système de drainage efficace garantissant la stabilité des infrastructures, Il est nécessaire de réaliser des études approfondies,

L'assainissement des plate-forme ferroviaires comprendra :

- Les ouvrages de collecte longitudinale,
- Les ouvrages transversaux,
- Les ouvrages de raccordement,
- Les ouvrages d'équilibre,

V,5,1 calcul hydraulique et dimensionnement

L'objectif principal de l'assainissement des plateformes ferroviaires est de garantir que le débit évacué lors de fortes pluies reste inférieur au débit maximal que peut supporter l'ouvrage hydraulique sélectionné,

Ce débit maximal dépend de la section pleine (ou saturée) de l'ouvrage, qui peut être évaluée en utilisant la relation de Manning-Strickler,

$$Q_s = K_s \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

Tel que :

- **Q_s** : Débit de saturation de l'ouvrage,
- **K_s** : Coefficient de rugosité, Pour le béton : K_s = 70,
- **S_m** : Section mouillée, b x Hu (m²) avec b : largeur de l'ouvrage (m) ; Hu : hauteur utile (m),
- **P_m** : Périmètre mouillé,
- **R_h** : Rayon hydraulique,
- **I** : Pente longitudinale de l'ouvrage (m/m),

V,5,1,1, Dimensionnement des dalots

Les ouvrages de forme rectangulaire ou carrée, placés sous le tracé, sont définis par leur largeur (B) et leur une hauteur de remplissage de 0,75 H,

Les dimensions des dalots sont obtenues en écrivant l'égalité du débit des crues et le débit de saturation :

$$Q_S = Q_{max}$$

$$Q_{max} = K_S \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$= 70 \times (0,75, H, B) \left(\frac{0,75, H, B}{B+1,5H} \right)^{2/3}$$

La résolution se fait par la méthode itérative :

$$H_{i+1} = \left[\frac{Q_{max}}{K_S \times I^{1/2}} \right]^{3/5} \times \frac{(B+1,5H_i)^{2/5}}{0,75B}$$

Avec $H_0 = \left[\frac{Q_{max}}{K_S \times I^{1/2}} \right]^{3/5}$

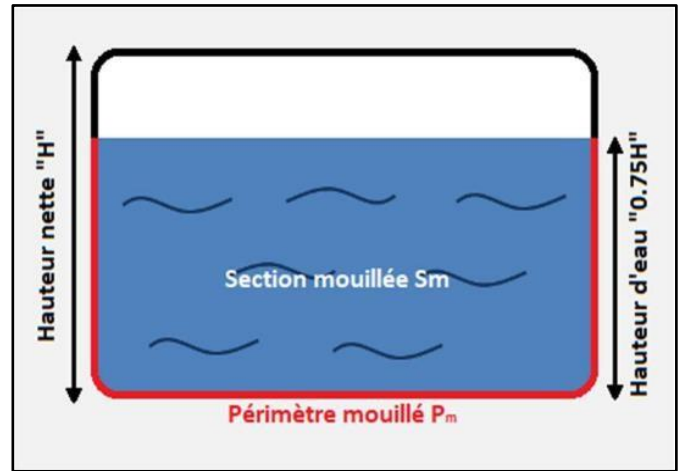


Figure V. 7: Dimensions du dalot

Le critère d'arrêt : $H_{i+1} - H_i < 10^{-3}$

V,5,1,2, Application numérique

Prenons le BV N°13 (PK 31+935) : $Q_{max(100)} = 11,15 \text{ (m}^3/\text{s)}$

On prend : $K_S = 70$ / $I = 0,003$ / $B = 3 \text{ m}$

Après le calcul itératif de l'équation précédente on obtient : $H = 1,589 \text{ m}$, On prend $H = 2,00 \text{ m}$

Donc les valeurs retenues pour cette section de dalot sont : $B = 3 \text{ m}$; $H = 2,00 \text{ m}$

Alors : $S_m = 4,50 \text{ m}^2$; $P_m = 6,00 \text{ m}$; $R_h = 0,75 \text{ m}$

$$Q_S = K_S \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} = 70 \times 4,50 \times 0,75^{2/3} \times 0,01^{1/2} = 14,24 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{max(100)} = 11,15 \text{ (m}^3/\text{s)} < Q_S = 14,24 \text{ m}^3/\text{s} \checkmark \text{ Ok}$$

➤ **Vérification de la condition pour assurer un écoulement fluvial :**

$$H_C = \sqrt[3]{\frac{Q_S}{g \times B^2}} = \sqrt[3]{\frac{26}{9,81 \times 3^2}} = 0,544 \text{ m} < 0,75 \times H = 1,5 \text{ m} \checkmark \text{ Ok}$$

➤ **Vérification de la condition d'auto-curage :**

La vitesse d'écoulement à l'intérieur des ouvrages d'écoulement des eaux pluviales doit être comprise entre les deux vitesses limites : maximale qui est de 4m/s, afin d'éviter l'érosion de ces dernières et minimale (0,6m/s) afin d'éviter les dépôts,

$$Q_{PS} = K_S \times S \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} = 70 \times 6 \times \left(\frac{6}{7} \right)^{2/3} \times 0,003^{0,5} = 20,757 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{PS} = \frac{Q_{PS}}{S} = 3,459 \text{ m/s}$$

$$R_q = \frac{Q_{max}}{Q_{PS}} = 0,5371 \rightarrow V = R_v \times V_{PS}$$

Le tableau ci-dessous montre la vérification des 3 conditions d'auto-curage pour le **BV N°013**

Tableau N°V,14 : Conditions d'auto-curage de l'ouvrage dalot (BV N°013)

| Condition | R_q | R_v | V | Vérification |
|---|--------|-------|-------|--------------|
| 0,6 m $m/s < V < 4 m/s$ | 0.5371 | 1.017 | 3.518 | OK ✓ |

| Bassin | PK | $Q_{max(100)}$ (m^3/S) | Rugosité Ks | Pente (m/m) | N dalot | B | H | S_m | P_m | Q_S (m^3/S) | H_c (m) < 0,75H | Q_{PS} | V_{PS} m/s | R_q | R_V | 0,6<V<4 m/s | Vérificatio n |
|--------|--------|-------------------------------|----------------|----------------|------------|-----|-----|--------|-------|----------------------|----------------------|----------|-----------------|--------|-------|----------------|------------------|
| B.11 | 30+950 | 5,09 | 70 | 0,003 | 1 | 2 | 1,5 | 2,25 | 4,25 | 5,65 | 0,52 | 8,182 | 2,727 | 0,6220 | 1,052 | 2,869 | ✓Ok |
| B.12 | 31+225 | 4,30 | 70 | 0,003 | 1 | 2 | 1,5 | 2,25 | 4,25 | 5,65 | 0,52 | 8,182 | 2,727 | 0,5255 | 1,011 | 2,757 | ✓Ok |
| B.13 | 31+935 | 11,15 | 70 | 0,003 | 1 | 3 | 2 | 4,5 | 6 | 3,46 | 0,54 | 20,757 | 3,459 | 0,5371 | 1,017 | 3,518 | ✓Ok |
| B.14 | 32+285 | 2,06 | 70 | 0,003 | 1 | 1,5 | 1 | 1,125 | 3 | 2,24 | 0,47 | 3,269 | 2,179 | 0,6301 | 1,055 | 2,299 | ✓Ok |
| B.15 | 32+585 | 2,98 | 70 | 0,003 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,6875 | 3,75 | 3,80 | 0,56 | 5,434 | 2,415 | 0,5483 | 1,022 | 2,468 | ✓Ok |
| B.16 | 32+910 | 2,93 | 70 | 0,003 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,6875 | 3,75 | 3,80 | 0,56 | 5,434 | 2,415 | 0,5391 | 1,018 | 2,458 | ✓Ok |
| B.17 | 33+405 | 1,53 | 70 | 0,003 | 1 | 1,5 | 1 | 1,125 | 3 | 2,24 | 0,47 | 3,269 | 2,179 | 0,4680 | 0,982 | 2,140 | ✓Ok |
| B.18 | 33+600 | 15,03 | 70 | 0,003 | 2 | 3 | 2,5 | 5,625 | 6,75 | 19,10 | 0,60 | 27,544 | 3,672 | 0,5456 | 1,020 | 3,746 | ✓Ok |
| B.19 | 33+840 | 0,49 | 70 | 0,003 | 1 | 1 | 1 | 0,75 | 2,5 | 1,28 | 0,50 | 1,843 | 1,843 | 0,2658 | 0,845 | 1,557 | ✓Ok |
| B.20 | 34+002 | 1,49 | 70 | 0,003 | 1 | 1,5 | 1 | 1,125 | 3 | 2,24 | 0,47 | 3,269 | 2,179 | 0,4557 | 0,976 | 2,127 | ✓Ok |
| B.21 | 34+305 | 3,45 | 70 | 0,003 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,6875 | 3,75 | 3,80 | 0,56 | 5,434 | 2,415 | 0,6348 | 1,057 | 2,552 | ✓Ok |
| B.22 | 34+800 | 7,56 | 70 | 0,003 | 1 | 2 | 2 | 3 | 5 | 8,18 | 0,59 | 11,703 | 2,925 | 0,6459 | 1,061 | 3,104 | ✓Ok |
| B.23 | 35+243 | 6,86 | 70 | 0,003 | 1 | 2 | 2 | 3 | 5 | 8,18 | 0,59 | 11,703 | 2,925 | 0,5861 | 1,038 | 3,037 | ✓Ok |
| B.24 | 35+770 | 3,24 | 70 | 0,003 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,6875 | 3,75 | 3,8 | 0,56 | 5,434 | 2,415 | 0,5961 | 1,042 | 2,516 | ✓Ok |
| B.25 | 36+170 | 4,50 | 70 | 0,003 | 1 | 2 | 1,5 | 2,25 | 4,25 | 5,65 | 0,52 | 8,182 | 2,72 | 0,5499 | 1,022 | 2,787 | ✓Ok |
| B.26 | 36+858 | 5,69 | 70 | 0,003 | 1 | 2 | 2 | 3 | 5 | 8,18 | 0,59 | 11,703 | 2,925 | 0,4861 | 0,992 | 2,902 | ✓Ok |
| B.27 | 37+713 | 31,59 | 70 | 0,003 | 2 | 4 | 3 | 9 | 8,5 | 35,85 | 0,61 | 51,955 | 4,329 | 0,6080 | 1,047 | 2,266 | ✓Ok |
| B.28 | 38+310 | 1,06 | 70 | 0,003 | 1 | 1 | 1 | 0,75 | 2,5 | 1,29 | 0,50 | 1,843 | 1,843 | 0,5750 | 1,033 | 1,904 | ✓Ok |
| B.29 | 38+582 | 4,01 | 70 | 0,003 | 1 | 2 | 1,5 | 2,25 | 4,25 | 5,65 | 0,52 | 8,182 | 2,727 | 0,4900 | 0,995 | 2,713 | ✓Ok |
| B.30 | 38+882 | 1,53 | 70 | 0,003 | 1 | 1,5 | 1 | 1,125 | 3 | 2,24 | 0,47 | 3,269 | 2,179 | 0,4680 | 0,983 | 2,142 | ✓Ok |
| B.31 | 39+020 | 1,26 | 70 | 0,003 | 1 | 1,5 | 1 | 1,125 | 3 | 2,24 | 0,47 | 3,269 | 2,179 | 0,3854 | 0,934 | 2,035 | ✓Ok |
| B.32 | 39+136 | 1,41 | 70 | 0,003 | 1 | 1,5 | 1 | 1,125 | 3 | 2,24 | 0,47 | 3,269 | 2,179 | 0,4313 | 0,963 | 2,098 | ✓Ok |
| B.33 | 39+256 | 3,35 | 70 | 0,003 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,6875 | 3,75 | 3,8 | 0,56 | 5,434 | 2,415 | 0,6164 | 1,050 | 2,536 | ✓Ok |
| B.34 | 39+725 | 6,8 | 70 | 0,003 | 1 | 2 | 2 | 3 | 5 | 8,18 | 0,59 | 11,703 | 2,925 | 0,5810 | 1,036 | 3,031 | ✓Ok |
| B.35 | 39+820 | 4,03 | 70 | 0,003 | 1 | 2 | 1,5 | 2,25 | 4,25 | 5,65 | 0,52 | 8,182 | 2,727 | 0,4925 | 0,996 | 2,716 | ✓Ok |

Tableau V.11 - Tableau récapitulatif des dimensions des dalots avec les vérifications des conditions d'auto-curage.

V,6, DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES LONGITUDINAUX (FOSSÉS)

Ils assurent la collecte et l'évacuation des ruissellements superficiels générés par la plateforme ferroviaire, les bermes et les talus vers les exutoires naturels ou les ouvrages d'assainissement transversaux, ceci est en fonction des pentes du fossé et de la nature des matériaux du sol support,

Le fossé adopté au tracé est un fossé de forme trapézoïdale tel qu'il est illustré dans la figure ci-dessous :

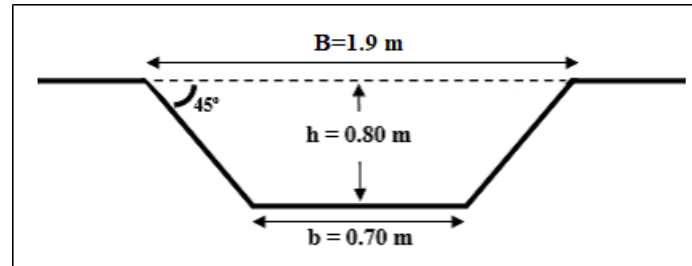


Figure V, 8 - Un fossé de forme trapézoïdale

V,6,1, Calcul des débits d'apports

Le choix de type de fossé est en fonction du débit à évacuer qui est rapporté par la plateforme, les bermes et les talus :

$$Q_a = Q_{pf} + Q_t$$

Le calcul des débits se fait dans le cas le plus défavorable, où il y a un remblai ou un déblai qui s'étend sur une grande longueur avec une hauteur importante, chaque débit est déterminé en utilisant la méthode rationnelle,

$$Q = 0,278 \times C_r \times I \times A$$

V,6,2, Surface des sous bassins versant

Cas le plus défavorable : gauche de la voie PK 37+941 jusqu' à PK 38+900,

Tableau V, 12 Surface des sous bassins versant

| Déblai | |
|----------------|----------------------|
| Bassin Versant | A (Km ²) |
| Talus | 0,0259 |
| Plate-forme | 0,00897 |

V,6,3, Temps de concentration

Le temps de concentration du bassin versant considéré est calculé à l'aide de la formule de VENTURA (A < 5 km²),

Tableau V, 13 Temps de concentration,

| Déblai | | | |
|----------------|----------------------|---------|--------|
| Bassin Versant | A (Km ²) | P (m/m) | Tc (h) |
| Talus | 0,0259 | 2/3 | 0,0250 |
| Plate-forme | 0,00897 | 0,04 | 0,060 |

V,6,4, Débit d'apport

Tableau V, 14 Débit d'apport en déblai,

| Déblai | | | | | |
|----------------|----------------------|----------|------|------------------------|-------------------------|
| Bassin Versant | A (Km ²) | I (mm/h) | Cr | Qa (m ³ /s) | Qat (m ³ /s) |
| Talus | 0,0259 | 319,23 | 0,7 | 1,607 | 3,105 |
| Plate-forme | 0,00897 | 635,98 | 0,95 | 1,5 | |

V,6,5, Débit de saturation

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

$$Q_s = K_s \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$$

Où

- La surface mouillée $S_m = (b + z \times h) \times h$
- Le périmètre mouillé : $P_m = b + 2, h, \sqrt{1 + z^2}$
- Le rayon hydraulique : $R_h = S_m / P_m$
- I pente longitudinale de fossé et z la pente des berges,

La hauteur maximale admissible de remplissage pour l'écoulement dans les fossés est la hauteur totale,

Les dimensions du fossé sont obtenues, en écrivant l'égalité du débit d'apport et le débit de saturation, $Q_{apport} = Q_s$ / $Q_{apport} = Q_{max}$ (10 ans)

Le choix de type du fossé se fait en fonction du débit à évacuer rapporté par la plateforme et les talus,

Tableau V, 15 Dimensionnement du fossé proposé,

| b | h | z | S _m (m ²) | P _m (m) | R _h | K _s | I (m/m) | Q _s (m ³ /s) |
|-----|-----|---|----------------------------------|--------------------|----------------|----------------|---------|------------------------------------|
| 0,8 | 0,7 | 1 | 1,2 | 2,96 | 0,405 | 70 | 0,0062 | 3,56 |

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

$$Q_a < Q_s$$

En conclusion, les types des fossés adoptés pour notre projet de forme trapézoïdal

$$(b=0,8m, h=0,7 m, pente=1/1),$$

CONCLUSION

L'étude hydraulique est très importante dans un projet ferroviaire car elle permet d'assurer la pérennité de la voie, En ce qui concerne l'assainissement, on a surdimensionné les ouvrages hydrauliques pour assurer un bon service à long terme et faire face à l'insuffisance d'entretiens dans notre pays,

CHAPITRE VI

Étude Géologique Et Géotechnique

INTRODUCTION

Dans le cadre du projet modernisation et/ou rectification de tracé pour augmenter la capacité de la ligne minière est Section (Annaba - Bouchegouf), Tronçon du PK30+00 au PK40+00, et suite à la réalisation de la campagne géotechnique complémentaire, nous sommes amenés à interpréter les résultats pour ensuite étudier les ouvrages en terres relatifs à la section

VI, 1, OBJECTIF

L'objet principal est l'interprétation des résultats de la campagne géotechnique complémentaire menée sur site, Et également le dimensionnement des ouvrages en terre incluant :

- Les remblais,
- Les déblais,
- La plateforme ferroviaire,
- Les mouvements des terres,

VI, 2, GEOLOGIE DE LA SECTION PK30+00 AU PK40+00

VI, 1,2, ÉTUDE GÉOLOGIQUE

L'étude géologique se concentre sur l'analyse des formations géologiques présentes dans la zone d'étude, visant à examiner leur composition, leur structure et leur histoire géologique, En identifiant les diverses strates géologiques, les failles, les zones instables, les aquifères et les formations rocheuses, elle permet d'anticiper les risques potentiels tels que les mouvements de terrain, les affaissements ou les infiltrations d'eau, qui pourraient impacter la conception, la construction et l'exploitation de la voie ferrée,

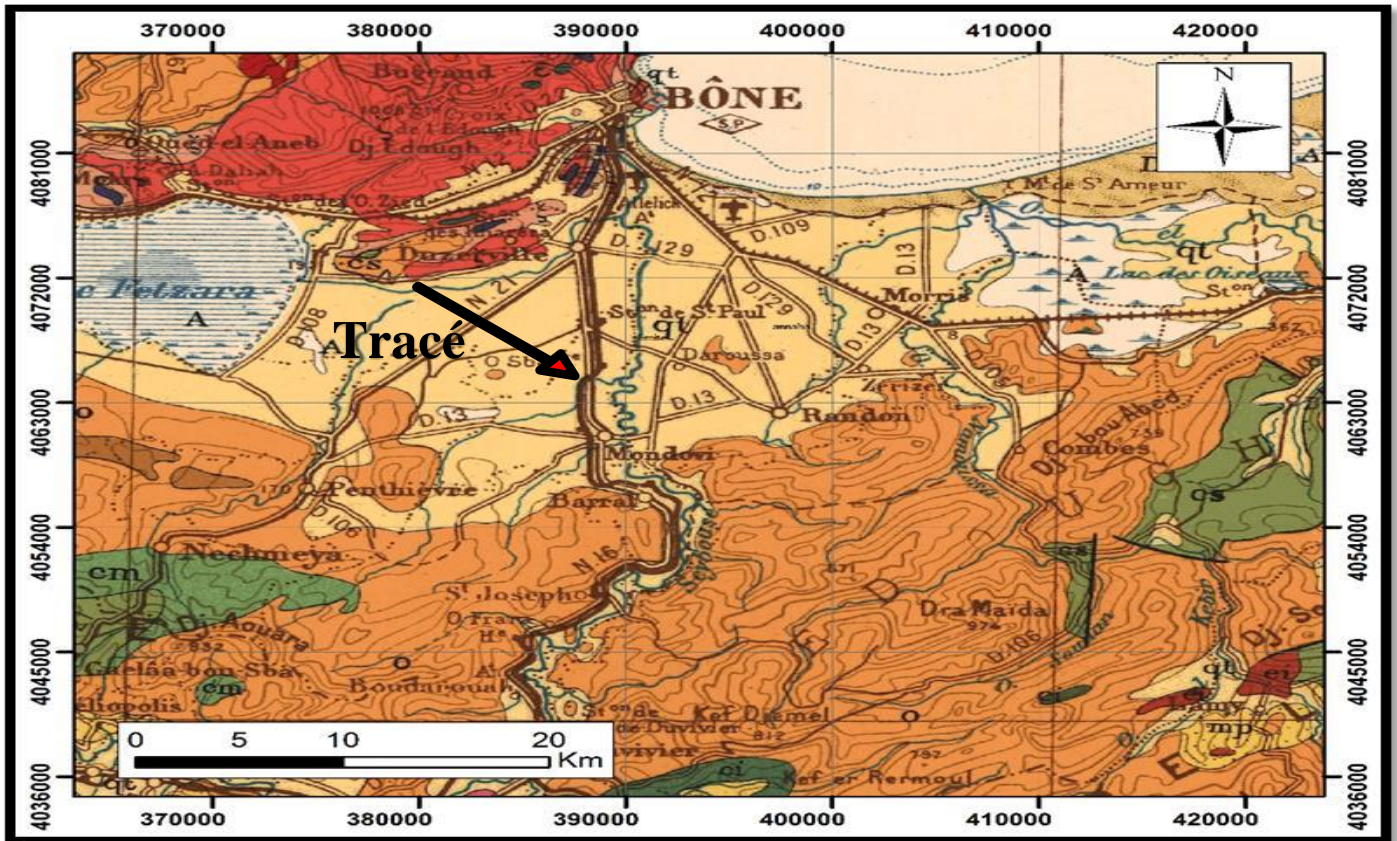


Figure VI, 1 Géologie de la plaine de Annaba

VI,1,3, Cadre géologique de la zone d'étude

La région d'étude se trouve dans la partie du domaine des nappes des Flysch ce domaine est composé de deux types d'unités différentes :

- Les nappes mauritaniennes et massyliennes ;
- Les nappes numidiennes,

Le tracé traverse des formations Secondaire, Tertiaire et Quaternaire, constituée de matériaux quaternaires formés essentiellement de sables, argiles, graviers, conglomérats et de terrasses alluvionnaires des oueds (Oued Seybouse),

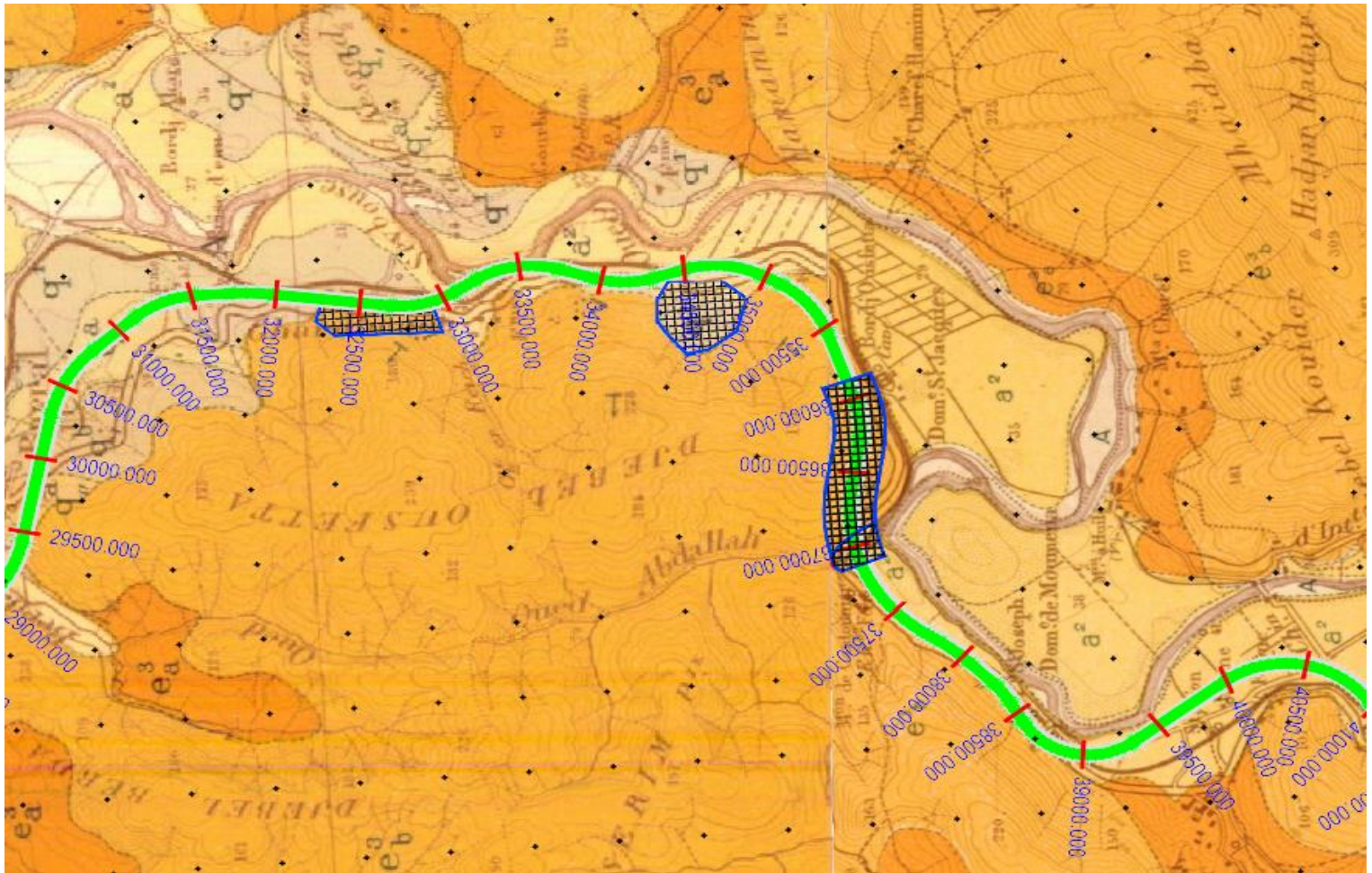
VI,1,4, Géologie le long du tracé

En se référant à la carte géologique de la ville de BOUCHEGOUF (feuille N°55 « B4, C30 » échelle 1/50 000ème),

la zone d'étude se caractérise par des formations essentiellement du Mio-Eocene à couverture quaternaire, à savoir :

1. Des terrains anciens se matérialisent par des formations de l'Eocène notés (e3 a et e3 b) constitués par des formations Numidiennes matérialisées par :

- **Les argiles Numidiennes** : les grés Numidiens reposant sur des marnes argileuses intercalés par endroit par des bancs de grés à grains fin, On y retrouve aussi des niveaux marno-calcaires au sein dans parties orientales ;
 - **Les grés Numidiens** : grés en bancs massifs à grains fin à grossiers, de couleur rougeâtre à jaunâtre en surface en raison de la présence de sel en fer, Cette formation s'étale sur plusieurs centaines de mètres constituant tous les sommets de la région,
2. Les terrains de l'Eocène se poursuivent par des es terrains du Miocène notés (m4 b) constitués par des formations d'argiles gréseuses et des conglomérats rouges s'étalant largement dans la région et au Sud de Medjazsfa, Les dépôts conglomératiques se présentent sous forme de galets de grandes dimensions à des grés assez fins ;
 3. Ensuite viennent les terrains de couvertures du Quaternaire notés (q1 et q') matérialisés par un matériau alluvionnaire, à savoir :
 - **Alluvion de haute terrasse « 150m »** : constitués par des argiles et conglomérats très largement représentées dans la vallée de Seybousse entre l'extrémité septentrionale du village de Boudaroua, En dehors de celle-ci cette terrasse n'est représentée que dans la haute vallée de l'Oued el Kebir
 - **Alluvion de moyenne terrasse « 15m »** : constitués par des dépôts conglomératiques et cailloutis formés de galets de provenance en majeure partie des grés Numidiens étant largement étalés dans la vallée de Seybousse alors que cette terrasse est très peu étendue au sein de l'Oued Melah et de l'Oued EL Kebir,
 4. L'ensemble de ses formations sont surmontées par des terrains actuels notés (A, a2 et a) matérialisés par un matériau alluvionnaire et des éboulis de pente, à savoir :
 - **Alluvion de la basse terrasse « 5m »** : constitués par des facies limoneux et cailloutis rarement cimentés en conglomérats ;
 - **Les éboulis de pente** : qui se développent au pied des escarpements gréseux recouvrant les marnes argileuses sous-jacentes ;
 - **Le lit majeur des cours d'eau** : qui se manifeste par des dépôts limoneux et graveleux déposés en périodes de hautes eaux








-  Alluvion des hautes terrasses des vallées (pléistocène ancien)
-  Grès de Numidie (Eocène supérieur oligocène)
-  Alluvion des basses terrasses des vallées (pléistocène récent)
-  Argile de Numidie (Eocène supérieur oligocène)
-  Gite d'emprunt

Figure VI, 2 Tronçon de PK 30+000 au PK 40+000 sur la Carte géologiques

VI,1,5 Risques géologiques

Le tracé du PK30+00 AU PK40+00est situé sur une zone sismique de classe IIa à sismicité moyenne, Le coefficient d'accélération retenu pour les calculs de stabilité est $A = 0,25$ qui correspond aux ouvrages de groupe 1 vu que le présent projet correspond à une ligne ferroviaire,

VI,3, ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

La géotechnique est une branche scientifique qui se concentre sur l'identification des différentes strates géologiques et la fourniture de données détaillées concernant chacune d'elles, ainsi que sur les propriétés mécaniques et physiques des sols,

VI,3,1, Programme d'investigation géotechnique

Les reconnaissances géologiques réalisées sur ce tronçon ont consisté à la réalisation de 09 sondages mécaniques carottés, 05 puits de reconnaissance, 11 pénétromètres dynamiques lourds et 04 essais pressiométriques, La profondeur moyenne est de 3m pour les puits de reconnaissances

Tableau VI, 1 localisation des puits de reconnaissance

| PUITS | PK | Profondeur (m) | Ouvrage |
|-------|------------|----------------|-------------|
| PU-01 | PK 33+ 625 | 4 | OH |
| PU-02 | PK 34+ 156 | 4 | OH |
| PU-03 | PK 34+ 625 | 4 | OH |
| PU-04 | PK 35+ 500 | 4 | OH+ Remblai |
| PU-05 | PK 37+ 813 | 4 | OH |

Tableau VI, 2 localisation des sondages carottés

| Pk | Sondage carotté SPT | Profondeur (m) | Ouvrage |
|------------|---------------------|----------------|-------------------|
| PK 30+ 909 | SC-01 | 15 | Passage supérieur |
| PK 31+ 500 | SC-02 | 12 | Remblai |
| PK 32+ 200 | SC-03 | 12 | OH+ Remblai |
| PK 32+ 835 | SC-04 | 12 | OH+Remblai |
| PK 34+ 169 | SC-05 | 15 | Passage supérieur |
| PK 36+ 200 | SC-06 | 20 30 | Tunnel |
| PK 36+ 940 | SC-07 | 12 | OH |
| PK 37+ 235 | SC-08 | 12 | Passage inférieur |

Pour les essais en laboratoire, on propose de faire les essais suivants :

- ✓ **Essais d'identification du sol** : analyse granulométrique, limites d'Atterberg, la teneur en eau naturel, essai Proctor, densité spécifique, essai d bleu VBS
- ✓ **Essais mécaniques**: Proctor modifié, Cisaillement rectiligne et l'essai œdométriques,

VI,3,2, Essais in situ

VI,3,2,1 Sondage carottés (SC)

Ces sondages ayant pour but le prélèvement d'échantillons intacts permettant l'identification physico-chimique et la détermination des paramètres mécaniques



Figure VI, 3 Sondage carotté,

Tableau VI 3 Implantation et description des sondages carottés

| Type | PK | Essai In / Situ | Prof (m) | Description Lithologique |
|-------------------|------------|-----------------|----------|---|
| Passage supérieur | PK 30+ 909 | SC-01 | 15 | 0,00 – 0,60m : terre végétale ; 0,60 – 3,80m : argile limoneuse, marron foncé a brunâtre 3,80 – 4,20m : passage d'un grès fin, fracturé 4,20 – 15m : argile limoneuse, beige à brunâtre, à passées sablo-graveleuses et rares niveaux gréseux a rougeâtre |
| Remblai | PK 31+ 500 | SC-02 | 12 | 0,00 – 0,20 m : Terre végétale, 0,20 – 12,00 m : Galets et blocs de grés dans une matrice sableuse (complexe alluvionnaire) |
| OH +Remblai | PK 32+ 200 | SC-03 | 12 | 0,00 – 0,80 m : Terre végétale, 0,80 – 1,50 m : Sable argileux, 1,50 – 5,00 m : Bloc de grés fissuré à matrice sable compacte 5,00 – 7,00 m : Marne contient oxydation de fer, 7,00 – 12,00 m : Blocs de grés à matrice sable argileux, |
| OH +Remblai | PK 32+ 835 | SC-04 | 12 | 0,00 – 0,20 m : Terre végétales, 0,20 – 4,90 m : Argile et limons de couleur brune foncé a jaunâtre 4,90 – 7,00 m : Limon avec peu de sable et traces d'argile, présence de galet, 7,00m – 12,00 m : Alluvions constitué de sable et de galets de différents diamètres |
| Passage supérieur | PK 34+ 169 | SC-05 | 15 | 0,00m – 1,20m : argile graveleuse, beige à brunâtre a marron foncé 1,20m – 3,90m : argile limoneuse marron foncé 3,90m – 15m : alternance de niveaux de sable plus ou moins argileux et des niveaux de grès fin, marrons ; brunâtres à beiges |

| | | | | |
|-------------------|------------|-------|----|---|
| Tunnel | PK 36+ 200 | SC-06 | 20 | 0,00 – 1,20 m : Remblai hétérogène, 1,20 – 3,50 m : Argiles graveleuses et peu de limons de couleur jaunâtre, 3,50 – 16,75 m : Colluvions de forme bréchique dans une matrice argile et limons de couleur jaunâtre, 16,75 – 20,00 m : Passage de grés oxydés et fracturé |
| OH | PK 36+ 940 | SC-07 | 12 | 0,00 – 0,50 m : Remblai, 0,50 – ,7 ;00 m : Argile sableuse, 7,00 – 9,50 m : Sable cimenté par marne avec intercalation de blocs de calcaire, 9,50 – 12,00 m : Blocs de grés fissurés à matrice marneuse renferme des oxydes de fer |
| Passage Inférieur | PK 37+ 235 | SC-08 | 12 | 0,00m – 2 ,25m : argile limono-caillouteuse 2,25m – 3,5m : argile limono-graveleuse 3,5m – 6m : argile limoneuse, avec présence de galets et fragment de grès 6m- 7,25 : argile limoneuse avec un passage caillouteux 7,25m-12m :argile limoneuse devenant sableuse en profondeur avec présence de galet (10,2 et 11,2) |
| Passage supérieur | PK 39+ 413 | SC-09 | 15 | 0,00m – 7,00m : argile sablo-graveleuse 7,00-12m :Alluvion 12m-15m ;grès |

VI,3,2,2 Puits de reconnaissances creusés (PU)

La réalisation des puits a permis de déterminer l'épaisseur de la « terre végétale » à décaper, ainsi que de prélever des échantillons pour leur identification et leur caractérisation géotechnique en laboratoire,

Tableau VI, 4 localisation des puits de reconnaissance et description lithographique

| PK | Puits | Lithologie |
|------------|-------|--|
| PK 33+ 625 | PU-01 | 0,0 m à 1,0m : Remblai anthropique hétérogène 1,0 m à 1,8m : Argile limoneuse grisâtre, très ferme, ayant produit un refus à 1,80m |
| PK 34+ 156 | PU-02 | 0,0m à 0,1m : Terre végétale 0,10m à 0,80m : Argile limoneuse, graveleuse peu plastique et humide de couleur brunâtre 0,80m à 4,0m : Argile limoneuse, graveleuse peu plastique et humide de couleur jaunâtre, Présence de concrétions carbonatées |
| PK 34+ 625 | PU-03 | 0,0m à 0,8m : Argile limoneuse brunâtre 0,8m à 2m : Limon argilo-sableux, beige 2m à 2,3m : Sable fin beige 2,3m à 3,5 : Niveau de galets ayant produit refus à 3,5m |
| PK 35+ 500 | PU-04 | 0,0m à 0,4m : Terre végétale 0,4m à 1,5m : Argile limoneuse, marron foncé, à précipitations carbonatées blanchâtres 1,5m à 1,6m : alluvion sablo-caillouteuse ayant produit refus à 1,60m |
| PK 37+ 813 | PU-05 | 0,0m à 0,10m : Terre végétale 0,10m à 4,00m : Argile limoneuse, graveleuse peu plastique et humide de couleur brunâtre |

VI,3,3 Essais au laboratoire

Tous les échantillons prélevés lors des sondages de reconnaissance ont été soumis à des analyses en laboratoire conformément aux normes en vigueur

VI,3,3,1, Essais physiques

➤ **Analyses granulométriques (NF P94-056)**

L'analyse granulométrique permet de déterminer les proportions des différentes catégories de grains présentes dans l'échantillon, Cette analyse est réalisée en utilisant la méthode de tamisage pour les grains dont le diamètre est supérieur à 80 µm, et la sédimentométrie pour les grains les plus fins,

➤ **Mesure de la teneur en eau naturelle : (NF P94-050)**

Le teneur en eau d'un échantillon de sol indique la proportion d'eau qu'il contient,

➤ **Détermination des limites d'Atterberg : (NF P94-051)**

Les limites d'Atterberg sont des indicateurs qui permettent de caractériser les différentes conditions d'un sol en fonction de sa teneur en eau, notamment en identifiant les pourcentages d'eau associés à des états spécifiques tels que la limite de liquidité et la limite de plasticité,

Tableau VI, 5 Qualificatif de la fraction du sol constituée d'éléments inférieurs à 400µm en fonction de l'indice de plasticité

| Indice de plasticité (%) | Qualificatif |
|--------------------------|-----------------|
| $I_p \leq 12$ | Non plastique |
| $12 \leq I_p \leq 25$ | Peu plastique |
| $25 \leq I_p \leq 40$ | Plastique |
| $I_p > 40$ | Très plastiques |

➤ **Densité spécifique : (NF EN1097-068)**

Elle permet de caractériser la compacité ou la masse d'un matériau par unité de volume,

➤ **Essai d bleu (VBS) : (NF P94-068)**

L'objectif de cet essai est d'évaluer la quantité et l'impact des éléments argileux présents dans les fines du granulat, Il repose sur la capacité de ces fines à absorber le bleu de méthylène, Comme le colorant est principalement adsorbé par les argiles, les matières organiques et les hydroxydes de fer, cette capacité reflète globalement l'activité de surface de ces éléments

VI,3,3,2, Analyse chimiques (Sulfates, Carbonates) : (NF P18-011, NF P18-660-1)

L'objectif de ces tests est de repérer la présence des composants réactifs dans les sols,

VI,3,3,3, Essais mécaniques

➤ **Essai Proctor : (NF P94-093)**

L'essai Proctor modifié est une méthode utilisée pour trouver la quantité d'eau requise afin d'atteindre la densité sèche optimale d'un sol par compactage,

➤ **Essai CBR (California Bearing Ratio): (NF P84-078)**

Cet essai de portance évalue la capacité des matériaux à supporter les charges des remblais et des couches de forme, et il permet d'apprécier la capacité des engins à circuler sur les terrassements,

➤ **Cisaillement rectiligne : (NF P94-071-1)**

L'objectif de l'essai de cisaillement est de comprendre le comportement mécanique des sols, y compris leur résistance au cisaillement, à la fois à court et à long terme, Il vise également à déterminer les caractéristiques mécaniques des sols en termes d'angle de frottement interne (ϕ) et de cohésion (C) lorsqu'ils sont soumis à des contraintes de cisaillement,

➤ **Essai de compressibilité à l'odomètre (NF P94-093)**

L'essai œdométrique permet d'évaluer l'amplitude de tassement des ouvrages ainsi que son évolution dans le temps,

Tableau VI, 6 Classification du sol en fonction de la compressibilité

| Cc | Compressibilité |
|-------------|---------------------------|
| < 0,02 | Incompressible |
| 0,02 – 0,05 | Très peu compressible, |
| 0,05 – 0,10 | Peu compressible, |
| 0,10 – 0,20 | Moyennement compressible, |
| 0,20 – 0,30 | Assez fort compressible, |
| 0,30 – 0,40 | Très compressible |
| >0,40 | Extrêmement compressible, |

VI,3,4, Résultats des essais au laboratoire

Tableau VI, 7, Résumé des résultats des essais de laboratoire réalisés sur les échantillons des puits de reconnaissance

| Puits | PK | Nature lithologique | Prof (m) | W (%) | Analyses granulométriques | | | Densité | Limites d'Atterberg | | | Essais Proctor Modifiée | | VBS | Classification | | | |
|-------|---------|---|-------------|-------|---------------------------|--------|-------|---------|---------------------|-------|-------|-------------------------|--------|------|----------------|-----|-------------|-----|
| | | | | | <2 mm | < 80µm | <50mm | | δd | WL | WP | IP | δd OPM | | W OPM | GTR | Sous classe | UIC |
| | | | | | (%) | (%) | (%) | | t/m3 | (%) | (%) | (%) | t/m3 | | (%) | | | |
| PU-01 | 33+ 625 | Sable légèrement argileux | 1,0 à 4,00 | / | 91 | 42,91 | / | 1,80 | 22,71 | 12,10 | 10,61 | 2,22 | 6,70 | 0,66 | A1 | / | QS1 | |
| PU-02 | 34+ 156 | Argile limoneuse, graveleuse peu plastique et humide de couleur jaunâtre, Présence de concrétions carbonatées | 1,50 à 1,80 | / | 94,50 | 59,20 | / | 1,80 | 36 | 21 | 15 | 1,90 | 8 | 3,19 | A2 | / | QS1 | |
| PU-03 | 34+ 625 | Limon argilo-sableux, beige | 0,8 à 2,7 | 11 | 99 | 49 | 21 | 1,15 | Non mesurable | | | 1,83 | 12,0 | 0,99 | | | | |
| PU-04 | 35+ 500 | Argile limoneuse, marron foncé, à précipitations carbonatées blanchâtres | 0,4 à 1,5 | 10 | 100 | 93 | 22 | 1,67 | 21 | 15 | 6 | 1,69 | 12,5 | 1,80 | A1 | A1s | / | |
| PU-05 | 37+ 813 | Argile limoneuse, graveleuse peu plastique et humide de couleur brunâtre | 0,10 à 4,00 | / | 100 | 94,70 | / | 1,68 | 43 | 25 | 18 | 1,76 | 10 | 3,25 | A2 | / | QS1 | |

Tableau VI, 8, Résumé des résultats des essais de laboratoire réalisés sur les échantillons des sondages carottés

| N° Forages | PK | Prof (m) | | W (%) | Densité | | Limites d'Atterberg | | | Analyse granulométrique% | | | Cisaillement CD | | RC (bar) | Œdomètre | | | Classification GTR |
|------------|---------|----------|------|-------|-----------------------|-----------------------|---------------------|--------|-------|--------------------------|-------------|-----------|-----------------|-------|----------|----------|----------|----------|-----------------------|
| | | De | A | | δd(t/m ³) | δh(t/m ³) | WL (%) | WP (%) | IP - | <2 mm (%) | < 80µ m (%) | <2 µm (%) | C (bar) | φ (°) | | Pc (bar) | Cc % (%) | Cg % (%) | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SC-01 | 30+ 909 | 3,3 | 3,6 | 16 | 1,78 | 2,07 | 42 | 20 | 22 | 97 | 74 | 40 | 0,12 | 25,6 | | 1,85 | 13,3 | 2,9 | A2 |
| | | 8,05 | 8,53 | 15 | 1,87 | 2,14 | 37 | 18 | 19 | 100 | 68 | 44 | | | | 1,30 | 14,3 | 2,8 | A2 |
| SC-02 | 31+ 500 | 2,00 | 2,50 | / | / | / | / | / | / | 37 | 10,43 | 3 | / | / | / | / | / | / | |
| | | 2,80 | 3,00 | / | 1,65 | / | / | / | / | / | / | / | / | / | 80,85 | / | / | / | |
| SC-03 | 32+ 200 | 0,80 | 1,50 | / | 1,67 | - | 30,07 | 16,39 | 13,68 | / | / | / | / | / | / | / | / | / | |
| | | 4,65 | 4,85 | / | / | / | / | / | / | 55 | 42,27 | 16,5 | / | / | 45,62 | / | / | / | |
| | | 5,35 | 5,80 | 25,15 | 1,49 | 1,86 | 54,18 | 24,12 | 30,06 | 99 | 90,67 | 7,5 | / | / | / | 0,0196 | 0,1857 | 0,0487 | A3 |
| SC-04 | 32+ 835 | 2,50 | 2,90 | 13,5 | 1,52 | 1,73 | 32 | 16 | 16 | 100 | 84,3 | 20,9 | 0,395 | 22 | / | 1,475 | 0,252 | 0,024 | A2 |
| | | 4,10 | 4,70 | 18,8 | 1,59 | 1,89 | 46 | 26 | 20 | 100 | 98,5 | 31,8 | / | / | / | 1,015 | 0,285 | 0,049 | A2 |
| SC-05 | 34+ 169 | 2,65 | 2,92 | 9 | 1,99 | 2,18 | 19 | 11 | 8 | 94 | 34 | 20 | 0,13 | 30,1 | | 1,15 | 9,0 | 0,8 | A2 |
| | | 4,86 | 5,16 | 16 | 1,80 | 2,10 | 28 | 14 | 14 | 100 | 85 | 44 | | | | 1,64 | 13,3 | 2,9 | A2 |
| SC-06 | 36+ 200 | 0,50 | 1,20 | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | |
| | | 2,60 | 3,00 | 13,6 | 1,86 | 2,12 | 34 | 19 | 15 | 83,25 | 66,85 | 1,32 | / | / | / | / | / | / | A2 |
| | | 5,10 | 5,60 | 20,4 | 1,63 | 24,3 | 50 | 27 | 23 | 89,45 | 78,43 | 1,55 | / | / | / | 1,745 | 0,230 | 0,039 | A2 |

Tableau VI, 9 Résumé des résultats des essais de laboratoire réalisés sur les échantillons des sondages carottés (suite)

| N° Forages | PK | Prof (m) | | W | Densité | | Limites d'Atterberg | | | Analyse granulométrique% | | | Cisaillement CD | | Cisaillement UU | | RC | Édomètre | | | Classification, GTR |
|------------|---------|----------|--------|--------|------------------------|------------------------|---------------------|----------------|--------|--------------------------|--------|--------|-----------------|-------|----------------------|----------------|-------|----------------------|------------------|------------------|------------------------|
| | | | | | | | w _L | w _P | IP | <2 mm | < 80µm | <2 µm | C | φ | C _U (bar) | φ _u | | P _c (bar) | C _c % | C _g % | |
| | | De | A | (%) | Δd (t/m ³) | Δh (t/m ³) | (%) | (%) | - | (%) | (%) | (%) | (bar) | (°) | (bar) | (°) | (bar) | (bar) | (%) | (%) | |
| SC-07 | 36+ 700 | 3,00 | 3,50 | 20,9 | 1,72 | 2,08 | 53 | 20 | 33 | 93,4 8 | 92,05 | 1,82 | 0,167 | 18 | / | / | / | 0,375 | 0,248 | 0,097 | A3 |
| | | 10,5 0 | 11,0 0 | 9,3 | 2,12 | 2,32 | 31 | 18 | 13 | 99,6 3 | 72,93 | 1,44 | / | / | / | / | / | 1,505 | 0,054 | 0,013 | A2 |
| | | 14,50 | 15,0 0 | 17 | 1,88 | 2,21 | 61 | 28 | 33 | 94,2 | 91,7 | 1,81 | 0,242 | 24 | / | / | / | 0,375 | 0,159 | 0,063 | A3 |
| | | 17,3 0 | 17,6 0 | 16,4 | 1,75 | 2,04 | 44 | 15 | 29 | 99,0 3 | 98,75 | 1,95 4 | / | / | / | / | / | 1,265 | 0,035 | 0,008 | A3 |
| SC-08 | 36+ 940 | 0,50 | 3,00 | 20,1 0 | 1,68 | 2,02 | 49,2 7 | 25,8 2 | 23,4 5 | 91,5 | 70,33 | 12 | 0,47 | 24,99 | / | / | / | 0,0185 | 0,123 8 | 0,032 1 | A3 |
| | | 6,40 | 6,80 | 24,4 3 | 1,60 | 1,99 | 39,11 | 19,8 0 | 19,3 1 | 91 | 58,42 | 12 | 0,25 | 30,96 | / | / | / | 0,0192 | 0,154 8 | 0,018 8 | A2 |
| | | 7,40 | 7,80 | 26,0 7 | 1,41 | 1,85 | 30,6 6 | 17 | 13,6 6 | 97 | 70,06 | 12 | 0,43 | 23,05 | / | / | / | 0,0199 | 0,144 5 | 0,037 6 | A2 |
| SC-08 | 37+ 235 | 3,07 | 3,34 | 12 | 1,98 | 2,22 | 34 | 6 | 28 | 77 | 64 | 24 | 0,34 | 22,1 | / | / | / | 2,18 | 17,9 | 5,7 | A3 |
| | | 7,35 | 7,65 | 10 | 1,98 | 2,18 | / | / | / | 88 | 67 | 15 | 0,2 | 24,8 | / | / | / | 1,42 | 13,0 | 3,0 | / |
| SC-09 | 39+ 413 | 1,40 | 1,80 | 10,0 | 1,8 | 1,98 | 23,9 | 12,5 | 11,4 | 97,8 0 | 50,78 | 14,0 | 0,365 | 22 | / | / | / | 1,675 | 0,163 | 0,038 | A2 |
| | | 5,00 | 6,00 | 19,1 | 1,66 | 1,98 | 27,2 | 14,4 | 12,8 | 98,9 6 | 64,85 | 13,0 | / | / | / | / | / | / | / | / | A2 |

VI,3,4,1, INTERPRETATION DES ESSAIS DE LABORATOIRE

- Selon la classification GTR les sols de classe A2 sont prédominant, il s’agit essentiellement des sols limono-argileux, leur Dmax est inférieur a 50 mm, le passant à 80 µm compris entre 35 et 100 % avec un Ip supérieur à 12 et des limites de liquidité entre 22,71 % et 61%, Ces résultats montrent que les sols sont peu plastiques
- Ces sols sont très sensibles à la situation météorologique, qui peut très rapidement interrompre le chantier à cause de l’excès de teneur en eau ou au contraire a un matériaux sec difficile à compacter, ces matériaux ne pourront pas être utilisés dans des états hydriques très secs ni très humides,
- En ce qui concerne les conditions d’utilisation de ces sols, ces matériaux ne pourront pas être utilisés dans des états hydriques très secs ni très humides, Dans le reste des états hydriques, les matériaux des différents groupes géotechniques pourront être réutilisé selon les solutions apportées par la GTR en fonction de la situation météorologique,

VI,4, LOCALISATION DES ZONES À RISQUES

VI,4,1 Le risque des inondations dans la région d’étude

Le tracé étudié fait partie du bassin versant de la Sybous, le risque est liée à la proximité du tracé à Oued Sybous ,Les niveaux des plus hautes eaux (NPHE) sont déterminées par l’étude hydraulique,

Les zones inondables doivent être constitué de matériaux granulaires, peu sensible à l’eau conformément à la norme ST590 avec $VBS \leq 0,1$, les passants à $80\mu \leq 12\%$, Les matériaux à utiliser devrait être composé par sols des classes CiB3, D3, R21, R22, R41 et R42 de la classification GTR, Les matériaux de zone d’inondable doivent être placés à une hauteur correspondant à 0,5 m au-dessus du NPHE,

Tableau VI 10 Calcul NPHE pour la section du PK30+00 au PK40+00

| PK | NPHE | hauteur d'enrochement cote gauche | Recommandation |
|--------|-------|-----------------------------------|--|
| 35+600 | 41,98 | 3,00 | Protection par enrochement jusqu'au niveau nphe+0,5m |
| 36+550 | 46,17 | 3,64 | |
| 37+625 | 48,12 | 1,22 | |
| 38+550 | 51,8 | 3,38 | |

Entre les matériaux d’enrochement pour zone inondable et les couches qui constituent le remblai, il devra être placé un géotextile anti-contaminant (avec fonctions de séparation et filtration

VI,4,2 Matériaux pour les remblais

Concernant les sols à utiliser dans le remblai, il est prévue l'utilisation des sols de meilleure qualité (issues des gites d'emprunt ou déblai de ce tronçon) des types C1B5, B4, B5 ou B6 (classification GTR)

VI,5, GITES D'EMPRUNTS

À proximité du tracé, on a réalisé une étude de matériaux d'emprunt en fonction de la géologie de la zone, selon les observations effectuées sur le terrain, il a été observé la présence de formations géologiques qui sont utilisées comme gites d'emprunt pour les matériaux de remblai de part et d'autre du tracé

Tableau VI 11 Localisation des gites d'emprunts et la quantité exploitable,

| Zone | PK | Superficie estimé | Classe GTR | Classe UIC | Profondeur estimé | Volume estimé |
|----------------------------|--------|-------------------|------------|------------|-------------------|---------------|
| Zone d'emprunt N°01 | 32+475 | 195464 | A2 | QS1 | 4,0 | 781856 |
| Zone d'emprunt N°02 | 34+400 | 310272 | C1B5h | QS2 | 4,0 | 1241088 |

CONCLUSION

La réalisation des essais d'identifications et les essais mécaniques aux laboratoires sur plusieurs échantillons du sol prélevés de nombreuses profondeurs, nous ont permis de faire deux classifications du sol :

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

CHAPITRE VII

Assise ferroviaire

INTRODUCTION

La conception du corps d'assise ferroviaire est une discipline essentielle de l'ingénierie ferroviaire qui cherche à définir les caractéristiques optimales de cette base de voie,

Grâce à des essais de laboratoire et des expérimentations sur le terrain de plus en plus avancés la mécanique des sols nous fournit les informations essentielles pour concevoir la structure d'assise et garantir sa stabilité selon les caractéristiques du sol sur lequel elle sera installée,

La couche d'assise se compose de trois parties principales : la couche de ballast, la sous-couche (sous ballast et la couche de fondation) et la plate-forme,

VII,1, LES COUCHES D'ASSISE FERROVIAIRE :

La structure d'assise est la partie inférieure sur laquelle repose la voie ferrée, elle a pour rôle primordial d'assurer un bon comportement de la voie d'un point de vue rigidité par son épaisseur ainsi que sa nature, elle assure également la répartition de la charge et la tenue du nivellement et drainage,

L'épaisseur et la nature des couches d'assise dépendent :

- Des caractéristiques globales des sols de la plateforme (nature, portance, sensibilité à l'eau et au gel),
- Les caractéristiques globales de la plate-forme ne sont pas uniquement déterminées par les propriétés des sols, mais également par les conditions hydrogéologiques spécifiques du site
- Des conditions climatiques du site,
- Du trafic (tonnage, charges, vitesse),
- De l'armement (profil du rail, nature et espacement des traverses),

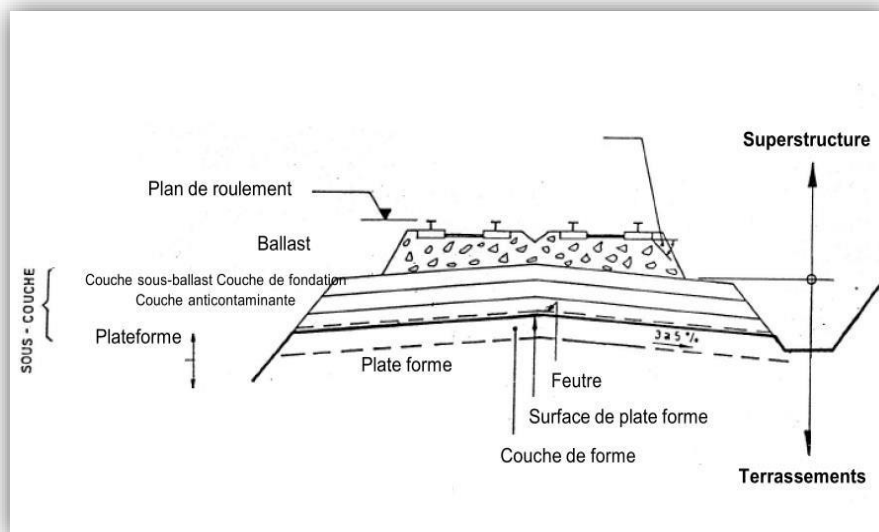


Figure VII, 1 - les différentes couches de la structure d'assises

VII,2, LE BALLAST

VII,2,1, Définition

Le ballast, composé de cailloux disposés entre les traverses, est essentiel pour assurer la stabilité de la voie ferrée, Il forme une couche épaisse répondant aux critères suivants :

- Facilite le drainage pour éviter les inondations de la voie,
- Absorber les vibrations,
- Contrôler la dilatation thermique à un niveau minimal,
- Prévenir la croissance de plantes sous la voie,
- Transférer efficacement la force exercée par le passage des trains au sol, évitant toute déformation due à un affaissement,
- Réduire au minimum l'expansion thermique,

Les multiples rôles du ballast sont essentiels pour garantir l'efficacité, la sûreté et la pérennité des voies ferrées,



Figure VII, 2, Rails et traverses sur Ballast,

VII,2,2, Caractéristique de ballast

Le Ballast sera constitué par de la roche concassée, Les exigences suivantes devront être satisfaites (selon le référentiel technique SNTF et la norme NF P53-695) :

- Résistance à la fragmentation Los-Angeles : $\leq 19 \%$,
- Résistance à l'usure Micro deval : $\leq 6 \%$,
- Résistance à la compression : $RC \geq 1200 \text{ kg/cm}^2$
- Les éléments doivent avoir une forme polyédrique et à arêtes vive
- Propreté : les matériaux doivent être expurgés de toute matière impropre, La masse relative des éléments passant au tamis à maille carrées de 1,6mm ne doit pas excéder 0,5 %,
- La granulométrie doit être comprise dans le fuseau suivant (25/50mm) et devra respecter les limites mentionnées dans la catégorie" A de la Norme Européenne CEN/TC/154 AD HOC Group Aggregates for Railway ballast, conformément au tableau suivant :

Tableau VII, 1 -Fuseau granulométrique pour ballast (NFP 53-695) CEN/TC-154/SC-4 MAILLE (mm) % de la masse passant

| CEN/TC-154/SC-4 | |
|-----------------|------------------------|
| MAILLE (mm) | % de la masse passante |
| 63 | 100 |
| 50 | 70-100 |
| 40 | 30-65 |
| 31,5 | 0-25 |
| 25 | 0-3 |

VII,3, SOUS COUCHE

La sous-couche joue un rôle essentiel dans la transition entre la couche de ballast et la plateforme, Il est possible que la sous couche soit monocouche ou multicouche,

De haut en bas, elle se compose d'une couche de sous-ballast constituée de gravier propre totalement concassé (0 / 31,5 mm) avec une granulométrie bien graduée, d'une couche de fondation en gravier sableux totalement concassé en cas de sols de mauvaise qualité, et éventuellement d'une couche anti-contaminante, 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,
- Évacuation des eaux de pluies,

VII,3,2, Constitution de la sous-couche

➤ Sous-ballast

Pour la construction du sous-ballast et conformément au document des spécifications techniques (ST590B) il est prévu l'emploi de grave propre entièrement concassée (0 /31,5mm), bien graduée avec une valeur de propreté $V_{bg} \leq 1$ et un coefficient de forme $A \leq 25$, (Fiche n° 1 Annexes),

➤ Couche de fondation

La couche de fondation conformément à la spécification technique ST590B, est exécutée en grave sableuse entièrement concassée, avec une valeur de propreté $V_{bg} \leq 1$ et un coefficient de

forme $A \leq 25$ et $LA + MDE \leq 50$, Entre autres, les matériaux employés peuvent être issus soit des sous-produits des carrières à ballast, soit des alluvions d'oued (fiche N°02 Annexes),

VII,4, LES GEOTEXTILES

Sont des matériaux synthétiques perméables à l'eau et à l'air, pouvant servir de séparateur et de barrière anti-contaminante, de dispositif de drainage et armature,

VII,5, LA PLATE-FORME

La plateforme, qui est la partie supérieure de l'ouvrage en terre qui soutient la sous-couche, est composée soit de terres rapportées pour un remblai, soit de sol naturel pour un déblai,

Le sol constituant la plate-forme doit remplir plusieurs fonctions :

- La distribution des charges sur la superstructure,
- L'évacuation des eaux de pluie et de ruissellement vers le système d'assainissement,
- La prévention de l'infiltration de limons et d'argiles du sol dans le ballast,
- L'amortissement des vibrations provoquées par le trafic des véhicules,
- Le rabattement des eaux souterraines

VII,5,1, Classification des sols pour la plate-forme

La qualité d'un sol est influencée par les deux critères suivants

- Propriétés Géotechnique est utilisée pour identifier les caractéristiques géotechniques du sol,
- Conditions hydrogéologiques et hydrologiques locales : Ces conditions sont considérés satisfaisants lorsque ; La partie supérieure du sol est située en dehors de toute nappe naturelle

a) Classe de qualité du sol :

Selon UIC 719R on peut désigner 4 classes de sol :

- QS0 : sols impropres,
- QS1 : sols médiocres,
- QS2 : sols moyens,
- QS3 : bons sols

b) Classe de portance de la plate-forme :

La portance d'une plate-forme dépend de :

- La qualité du sol constituant le corps de remblai ou du sol en place du fond de déblai,
- La qualité et l'épaisseur de la couche de forme (lorsqu'elle existe),

En fonction des paramètres ci-dessus, on classe la portance des plates-formes comme suit :

- P1 : mauvaise plate-forme,
 - P2 : moyenne plate-forme,
 - P3 : bonne plate-forme,
- Dans ce contexte et pour homogénéiser la structure d’assise, nous considérons que le sol support est de type QS1 tout le long du tracé,
- La plate-forme est de classe de portance P2,

VII,6, METHODE DE DIMENSIONNEMENT ADOPTEE

Le dimensionnement de la couche d’assise et de l’épaisseur de la couche de forme a été effectué en suivant les indications de la fiche UIC 719R,

Tableau VII, 2 - détermination de la classe de portance de la plate-forme (Fiche UIC 719)

| Qualité du sol support | Couche de forme | | |
|------------------------|--------------------------|---------|-------------------|
| | Classe de la plate-forme | Qualité | Épaisseur min (m) |
| QS1 | P1 | QS1 | - |
| | P2 | QS2 | 0,50 |
| | P2 | QS3 | 0,35 |
| | P3 | QS3 | 0,50 |
| QS2 | P2 | QS2 | - |
| | P3 | QS3 | 0,35 |
| QS3 | P3 | QS3 | - |

➤ **Plate-forme proposée :**

Considérant les éléments précédemment exposés, incluant la classification des qualités du sol selon la catégorie QS1 et les prescriptions fournies par les UIC, nous sommes obligés d’opter pour une plateforme de type P2 (pour supporter la charge importante et le tonnage de la ligne) qui doit être dimensionnée en tenant compte des caractéristiques spécifiques du sol en le sous classant pour obtenir un sol du type (QS3) par ajout de couche de forme de 35cm

VII,7, CALCUL D’EPAISSEUR MINIMAL D’APRES LA FICHE UIC 719R

L’épaisseur requise de la couche d’assise se calcule selon la formule suivante :

Conformément à la fiche UIC 719, l’épaisseur requise de la couche d’assise se calcule selon la formule : $e [m] = E + a + b + c + d + f + g$

Avec :

- E = (classe de la plateforme P1, P2, P3),

- a = classe de la voie (groupe de 1 à 6 voir UIC 714),
- b = type et longueur de la traverse
- c = (type de dimensionnement)
- d = (la charge maximale à l'axe)
- g = Géotextile

Tableau VII, 3 - Les valeurs de ces paramètres sont données dans le tableau suivant

| | | |
|---|---------------|---|
| e | 0,7 | Pour les plateformes de classe de portance p1 |
| | 0,55 | Pour les plateformes de classe de portance p2 |
| | 0,45 | Pour les plateformes de classe de portance p3 |
| a | 0 | Pour les lignes de groupe UIC 1 et 2 ou ligne V>160 km/h |
| | -0,05 | Pour les lignes de groupe UIC 3,4 |
| | -0,1 | Pour les lignes de groupe UIC 5, 6, 7, 8, 9 avec voyageur |
| | -0,15 | Pour les groupes UIC 7,8 et 9 sans voyageur |
| b | 0 | Traverse en bois de longueur 2,6 m |
| | $(2,5-L) / 2$ | Traverse en béton L |
| c | 0 | Un dimensionnement normal |
| | -0,1 | Titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC autre que 7,8,9 sans voyageur |
| | -0,05 | Titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC 7, 8,9 sans voyageur |
| d | 0 | Charge essieu < 200 KN |
| | 0,05 | Charge essieu <225 KN |
| | 0,12 | Charge essieu <250KN |
| f | 0 | Ligne tell que V<160 km/h et pour P3 |
| | 0,05 | Plate-forme classe de portance P2 |
| | 0,1 | Plate-forme classe de portance P1 |
| g | 0,01 | Géotextile lorsque la couche de forme en sol QS1 et QS2 |
| | 0 | Géotextile lorsque la couche de forme en sol Qs3 |

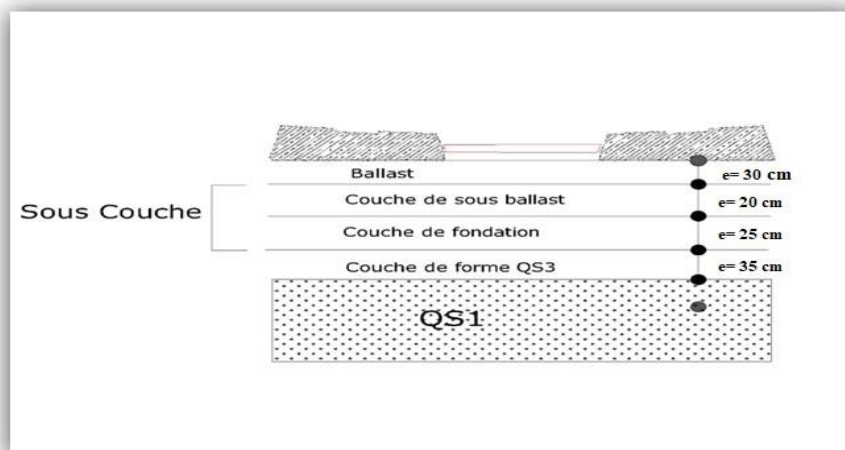
➤ **Application au projet :**

- $E = 0,55$ m pour une plate-forme de classe de portance P2
- $a = 0$ pour les groupes UIC 1 → Compte tenu de l'objectif du projet ,qui est l'augmentation la capacité (le nouveau gisements de phosphate a bled hadba tebessa et les gisements existent djebel el onk et les gisements de fer de ouenza et boukhadra aussi a tebessa des gisements de phosphate ce qui nécessite un nombre important des trains pour le transport des mines) On suppose qu' on a un groupe UIC1
- $b = 0,13$ cm pour les traverses en béton de longueur $L = 2,244$ m
- $c = 0$ pour un dimensionnement normal,
- $d = +0,05$ m (pour la charge nominal d'essieu de 22,5 ton/axe)
- $f = 0$ pour toutes les lignes parcourue à $V \leq 160$ Km/h,
- $g = 0$ (la couche de forme est en QS3),

Et donc : L'épaisseur des couches d'assise est alors fixée à **0,73 m**

➤ **La couche de ballast on a :**

- 35 cm pour une vitesse > 200 km /h,



- 30 cm pour une vitesse comprise entre 120 km/h et 200 km/h, **C'est notre cas**

Figure VII, 3 - L'épaisseur des différentes couches

Tableau VII, 4 - épaisseur des composantes de la nature d'assise

| Couches | Épaisseur (cm) |
|-----------------------------|----------------|
| Ballast | 30 |
| Sous-ballast | 20 |
| Couche de fondation | 25 |
| Couche de forme de type QS3 | 35 |

CONCLUSION

Le dimensionnement permet de mettre en évidence l'épaisseur des différentes couches qui doivent être présentes pour supporter et diffuser les charges transmises par le matériel roulant, Nous avons respecté les normes de l'UIC en vigueur en Algérie

CHAPITRE VIII

Profil en travers

INTRODUCTION

Le profil en travers correspond à une présentation d'une section transversale perpendiculaire à l'axe de tracé, elle contient toutes les informations des différents éléments constituant de la voie, notamment les éléments de la superstructure, l'infrastructure et d'assainissement, il existe deux types de profil en travers :

- Profile en travers type,
- Profile en travers courant,

VIII,1, LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS

- **L'Emprise:** C'est la surface du terrain naturel affecté à la voie; limitée par le domaine public,
- **Assiette:** C'est la surface de la voie délimitée par les terrassements,
- **Plate-forme:** Elle se situe entre les fossés ou crêtes de talus de remblais comprenant la voie et les accotements,
- **La voie:** C'est la partie de la voie ferrée affectée à la circulation des trains,
- **La berme:** Supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations,,), Sa largeur dépend de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place,
- **Le fossé:** C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la voie et talus et les eaux de pluie,

VIII,2, LES ÉLÉMENT DU PROFILS TYPE

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

➤ **Les éléments 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 : voie unique,
- Le type de traverse utilisé,
- La valeur de devers en courbe (maximum),
- L'épaisseur de la couche de ballast,

➤ **Les éléments de l'infrastructure :**

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

➤ **Les éléments du talus :**

- La pente de chaque talus,

➤ **Les éléments d'assainissement :**

- Le type et dimension des ouvrages d'assainissements longitudinaux,

VIII,3, LES PROFILS EN TRAVERS AFFECTES A NOTRE PROJET

Les profils en travers pour ce projet sont caractérisés comme se suit :

- Type de ligne : ligne à double voie mixte électrifiée,
- Entraxe des voies : 5 m
- Ecartement de la voie : 1,435 m,
- Largeurs de la plate-forme : 13,6 m,
- Pente latérale de la plate-forme : 4%,
- Pente de talus (remblai : 3H/2V),
- Pente latérale de la couche du ballast : 3/2,
- Epaisseur du ballast : 30 cm,
- Epaisseur du sous-ballast : 25 cm,
- Epaisseur de couche de forme : 50 cm,
- Une piste de 0,7 m est implantée pour la circulation piétonnière du personnel de maintenance de la voie,
- L'axe des poteaux caténares est situé à 3,15 m de l'axe de voie,
- Fossé trapézoïdal (b= 0,70 m ; h= 0,80 m ; B= 1,9 m),

CHAPITRE IX
Terrassements et
Ouvrages

INTRODUCTION

Ils consistent en une série d'opérations qui préparent le sol en vue de la pose des voies et des infrastructures associées, Les principaux objectifs des terrassements sont d'assurer la stabilité du sol, de créer une surface plane et durable pour les voies et de faciliter le drainage des eaux de pluie,

Cette modification du sol est réalisée par l'exécution de déblais et de remblais avec parfois de grande hauteur,

- **Le remblai** : Il s'agit du processus de remplissage d'une zone avec du matériau, afin de relever ce niveau,
- **Le déblai** : consiste à abaisser le niveau du terrain par enlèvement des terres,

Il est important de noter que lorsque les hauteurs des déblais et des remblais dépassent un certain seuil, il existe un risque de rupture, généralement sous la forme d'un glissement de talus,

D'une manière générale les travaux de terrassement sont exécutés en trois phases :

L'extraction → Le transport → La mise en remblai ou en dépôts,

IX,1, REMBLAI

Les principales zones de remblai le long du tracé sont celles dont la hauteur dépassant les 8,00 m de hauteur sont présentés dans le tableau :

Tableau IX, 1 Localisation des zones des remblais

| PK Début | PK Fin | PK ou le remblai est le plus haut | Hauteur max (m) | Longueur (m) |
|----------|--------|-----------------------------------|-----------------|--------------|
| 30+000 | 31+950 | 31+525 | 17,61 | 1950 |
| 31+975 | 32+375 | 32+100 | 9,40 | 400 |
| 36+777 | 38+555 | 36+875 | 8,04 | 1778 |

IX,1,1 Stabilité du remblai

La vérification consiste à calculer le facteur de sécurité global pour les différentes positions des centres des cercles de rupture, en comparant la valeur obtenue avec les valeurs minimales suivantes :

- $F_s \geq 1,5$ pour la stabilité en condition statique à long terme,
- $F_s \geq 1,3$ pour la stabilité en condition statique à court terme
- $F_s \geq 1$ pour la stabilité en condition sismique,

Le calcul de stabilité à court terme se fait en particulier dans le cas de la phase de montée des remblais sur sols compressible, Dans notre cas en considérant l'absence de zones de sols compressible le long du tracé, seuls les calculs de stabilité à long terme et en conditions sismiques ont été réalisés,

La surface de glissement la plus critique a été obtenue en déterminant la surface dotée du coefficient de sécurité minimal parmi une série de surfaces de glissement probables L'analyse selon la méthode simplifiée de Bishop a été effectuée en utilisant le Logiciel TALREN 5,

Dans l'analyse de stabilité des remblais sous charge statique, on a pris en considération l'effet d'une surcharge additionnelle de 30 kPa, correspondant aux charges transmises au sommet de la couche de ballast par l'intermédiaire d'une traverse monobloc, afin de simuler le trafic sur la voie ferrée,

- **Exemple de vérification** : Position : PK 31+525,
- Hauteur : 17,61 m,
- Nature terrain d'assise Blocs de grès dans une matrice sableuse
- Pente de talus : 2H/1V,
- Berme/ Talus (m) : 2 m/8 m,
- Sismicité : (Zone IIa : moyenne sismicité) selon « Règles Parasismiques Algériennes, RPA 99 / version 2003 » :
- Accélération sismique de la zone : $A = 0,15g$,
- Coefficient sismique horizontale : $K_h = 0,5 \times A = 0,075$
- Coefficient sismique verticale : $K_v = 0,3 \times K_h = 0,0225$

Tableau IX, 2 Caractéristiques mécaniques des sols,

| Paramètres | Remblai | Grès |
|---------------------------------|---------|------|
| γ_h (KN/m ³) | 20 | 18 |
| C (Kpa) | 5 | 50 |
| ϕ (degré) | 30 | 40 |

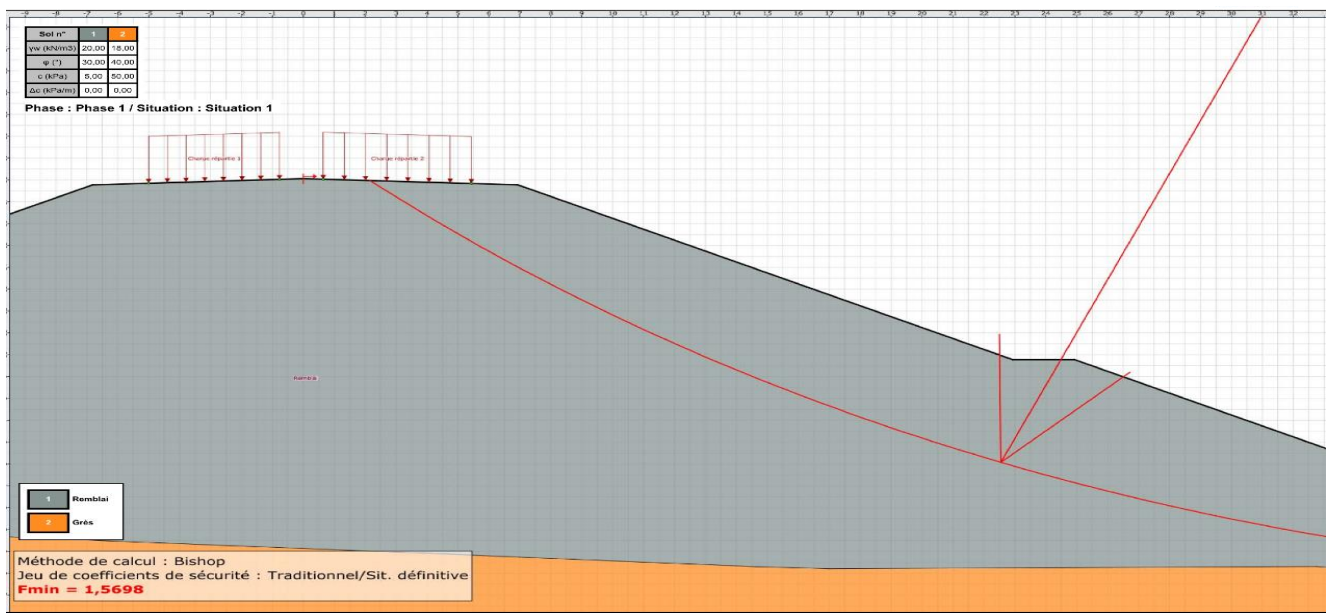


Figure IX, 1, Vérification des cercles de rupture des talus en remblai PK 31+525 condition statique,

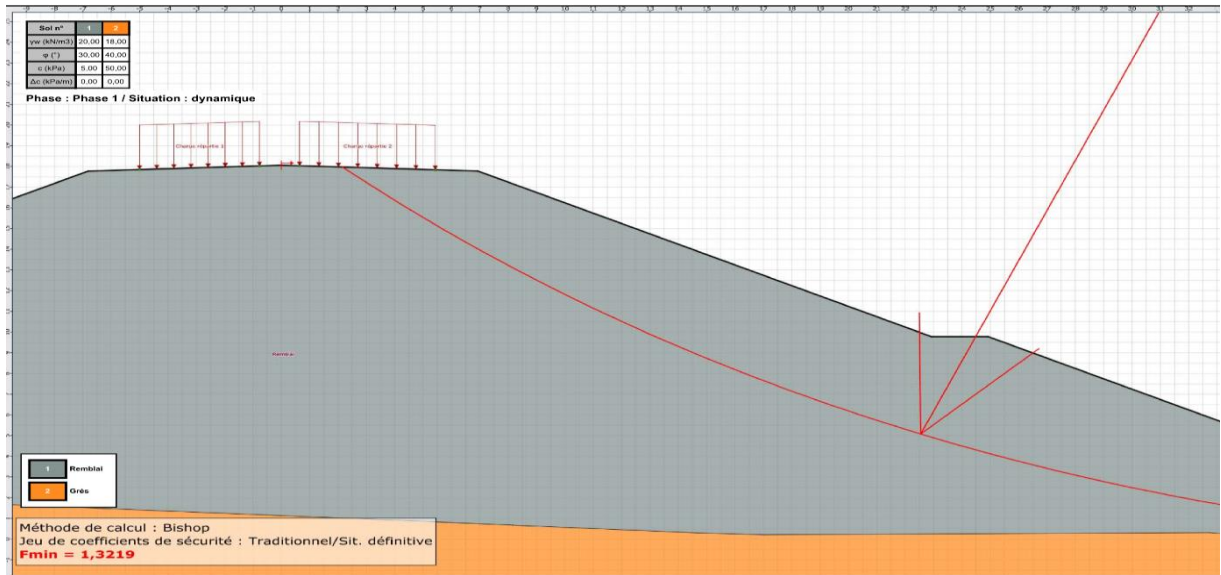


Figure IX, 2, Vérification des cercles de rupture des talus en remblai PK 31+525 condition sismique

➤ **Résultat**

Figure IX, 3, Résultat des facteurs de sécurité,

| PK 31+525 | | |
|-----------|---------------------|-------------|
| Condition | Facteur de sécurité | Observation |
| Statique | 1,57 > 1,5 | Stable |
| Sismique | 1,32 > 1 | Stable |

➤ **Les résultats détaillés de l'étude de stabilité des remblais :**

| PK | Hmax (m) | Pente proposé | FS | | Observations |
|--------|-------------|------------------|-------------------------|-------------------------|--------------|
| | | | Conditions Statiques | Conditions sismiques | |
| 32+100 | 9,40 | 3H/2V | 1,51 | 1,56 | Stable |
| 36+875 | 8,04 | 3H/2V | 1,52 | 1,29 | Stable |

IX,2, DEBLAIS

Tout au long du tracé de la ligne ferroviaire, il est inévitable de faire face à des contraintes topographiques et géotechniques qui exigent la réalisation de terrassements de petite à moyenne ampleur, en particulier dans les zones présentant des reliefs variés,

Le tableau ci-dessous montre la zone de déblai le long du tracé,

Tableau IX, 3, Les caractéristiques de chaque déblai,

| PK Début | PK Fin | PK ou le déblai est le plus haut | Hauteur max (m) | Talus (H/V) |
|----------|--------|----------------------------------|-----------------|-------------|
| 38+650 | 38+850 | 38+750 | 7,35 | 3/2 |

➤ Exemple de vérification :

Tableau IX, 4, Caractéristiques mécaniques des sols,

| Paramètres | Argile limoneuse | Marne | Grès |
|---------------------------------|------------------|-------|------|
| γ_h (KN/m ³) | 17 | 21,2 | 20 |
| C (Kpa) | 11,6 | 60 | 50 |
| ϕ (degré) | 15 | 20,63 | 40 |

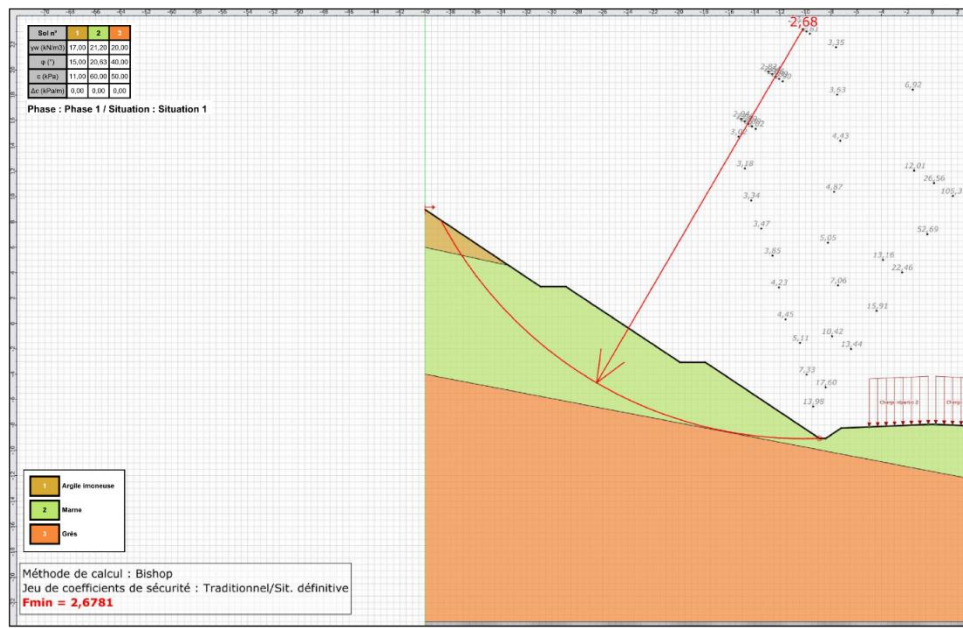


Tableau IX, 5, Vérification des cercles de rupture des talus en déblai PK 31+525 condition statique,

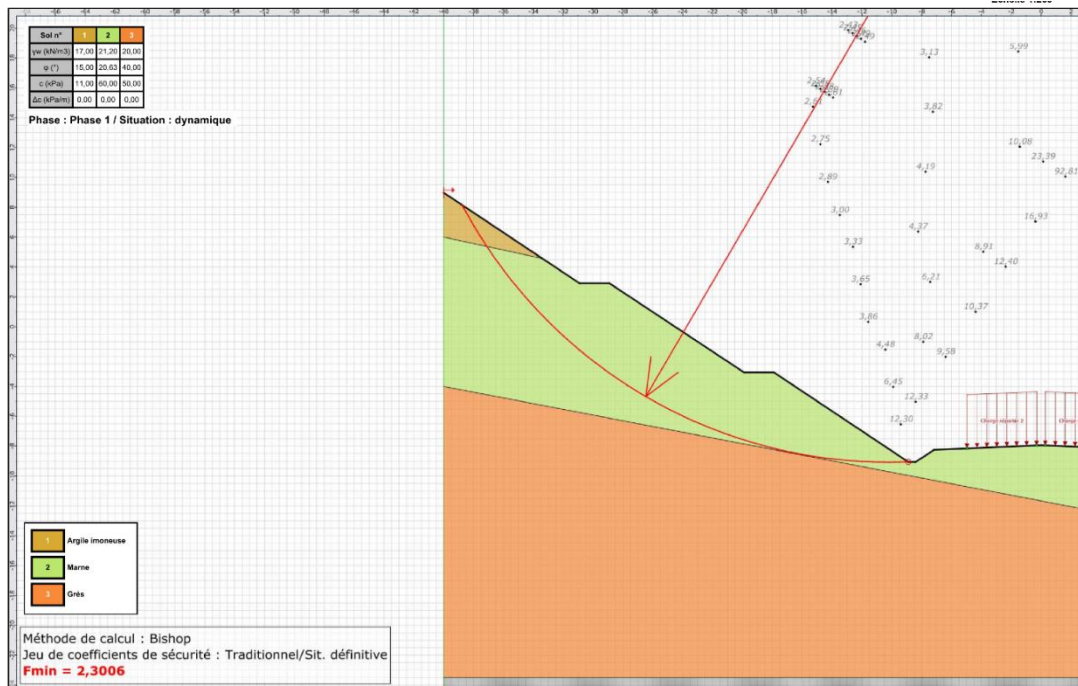


Tableau IX, 6 Vérification des cercles de rupture des talus en déblai PK 31+525 condition sismique,

➤ Les résultats détaillés de l'étude de stabilité cas déblai :

Tableau IX, 7 Résultat de déblais

| PK | Hmax (m) | Pente proposé | FS | | Observations |
|--------|----------|---------------|----------------------|----------------------|--------------|
| | | | Conditions Statiques | Conditions sismiques | |
| 38+750 | 7,35 | 3H/2V | 2,68 | 2,3 | Stable |

IX,3, PAISSEUR DE LA TERRE VEGETALE

Le décapage de la terre végétale est une pratique consistant à retirer la couche supérieure du sol riche en matière organique, souvent appelée terre végétale,

Le décapage de la terre végétale est donc obligatoire afin de préparer le terrain et réalisé selon des épaisseurs variables déterminées par des études géotechniques, pour le tronçon étudié l'épaisseur de décapage est de 30cm,

| | |
|---------------------------|----------|
| Volume totale (m³) | 85920,49 |
|---------------------------|----------|

IX,4, RECAPITULATIFS DES QUANTITES DE MATERIAUX UTILISEES

IX,4,1, Cubature

Dans le domaine du terrassement, la cubature fait référence au calcul du volume de terre ou de matériau excavé ou ajouté lors de travaux de nivellement, d'excavation ou de remblayage d'un terrain, C'est une étape essentielle dans la planification et l'estimation des travaux de terrassement,

Pour notre projet en étude, le calcul des cubatures de terrassement a été fait à l'aide du logiciel « Cvadis », les tableaux ci-après résument les résultats obtenus :

Tableau IX, 8 Récapitulatif des volumes de terrassement,

| Déblais (m ³) | Remblais (m ³) |
|---------------------------|----------------------------|
| 295172 | 518492,46 |

Tableau IX, 9 Les différents volumes de notre projet

| Les couches d'assise | Volume (m ³) |
|-----------------------------------|--------------------------|
| Ballast | 42942,14 |
| Sous-ballast | 32967,97 |
| Couche de fondation | 25484,99 |
| Couche de forme (en matériau QS3) | 52219,46 |

IX,5, LES OUVRAGES PROJETES

Les travaux de génie civil comprennent la réalisation des terrassements : remblais, déblais et consolidations, la réalisation des murs de soutènement, la réalisation et la reprise des ouvrages de franchissement : pont-route, ouvrages hydrauliques, les travaux de rétablissements routiers et les tunnels,

- **Les ouvrages hydrauliques :**
Dalots (ces derniers seront détaillés dans le chapitre hydraulique et assainissement)
- **Les croisements avec les routes : Rétablissement routiers :**

Le tableau suivant représente les ouvrages projetés concernant les croisements et les rétablissements routier :

| Rétablissements routiers | Localisation | Ouvrage d'art |
|--------------------------|---------------|-------------------|
| CC relié à la RN 16A | 30+900 | Passage inférieur |
| RN 16 A | 36+000-36+100 | Rétablissement |
| RN 16 A | 38+600 | Passage supérieur |
| RN 16 A | 38+867 | Passage supérieur |
| CW 106 | 39+413 | Passage supérieur |

- **Ponts routiers :**

| PK | Pont routier |
|--------|-------------------|
| 30+038 | Passage supérieur |
| 30+909 | |
| 34+169 | |
| 36+125 | |
| 39+409 | |
| 36+809 | Passage inférieur |
| 37+235 | |

CONCLUSION

Dans notre projet, nous pouvons conclure que les ouvrages d'art les plus fréquemment utilisés sont des passages supérieurs rétablissement routier,

Les dalots sont les ouvrages hydrauliques utilisés dans la totalité de notre tronçon

CHAPITRE X

Conception et aménagement de la gare

INTRODUCTION

Une gare est le point d'arrêt du train, La gare est équipée de plusieurs installations à double usage : accueillir les passagers et les déposer, ou charger et décharger des marchandises,

Il existe quatre catégories de gares :

- Gare de voyageur,
- Gare marchandise,
- Gare mixte,
- Gare de croisement,

X,1, ÉTUDE DU PLAN DE MASSE D'UNE GARE

La mission du responsable de la conception de la gare consiste à élaborer un plan d'aménagement prenant en considération les différentes fonctions des installations principales qui la composent, en tenant compte de trois éléments essentiels lors de l'étude :

- **Catégories de la voie :** : Le plan de masse indique la position et le mode de fonctionnement des voies ferrées
- **Le trafic :** il permet de prendre en compte plusieurs aspects importants liés à l'exploitation et à la fréquentation de la gare
- **L'emplacement de la gare :** c'est une décision stratégique qui a un impact significatif sur son efficacité, son accessibilité et son intégration dans le réseau de transport,

X,2, CONDITIONS DE CONCEPTION DES GARES

Les gares doivent répondre à un certain nombre de condition :

- Le bâtiment de voyageurs (B,V) doit être étudié en conformité avec le plan d'urbanisme,
- Il est essentiel de garantir la séparation entre les flux de voyageurs entrant et sortants,
- Il est préférable d'avoir une grande gare centrale plutôt que d'avoir plusieurs gares,
- Disposer des parcs de stationnement de voitures aux abords des gares,
- Analyser minutieusement tous les mouvements et les manœuvres, incluant également l'utilisation de la gare pendant les heures de pointe,

X,3, AMÉNAGEMENT DE LA GARE

X,3,1, Installations d'une gare voyageurs

- **Le bâtiment de voyageurs (B,V) :** Il s'agit d'un espace dédié aux voyageurs comprenant une salle d'attente, un guichet de billet, un poste de sécurité, un kiosque, etc,
- **Les bâtiments à usages divers (B,U,D) :** Ces locaux de service comprennent des espaces réservés aux agents du chemin de fer, comme la cabine de signalisation, le magasin, le magasin des coulis, les bureaux,,,

- **Quais** : Il s'agit d'une bande parallèle à la ligne de chemin de fer qui offre l'accès aux trains,
- **Abris de quais** : C'est une structure installée sur le quai dans le but de fournir une protection contre les intempéries aux voyageurs,
- **Les passages sous terrain et les passerelles** : Ils sont construits dans les gares pour faciliter la traversée de la voie et le changement de quai en toute sécurité,

Ainsi, ces divers équipements améliorent la fonctionnalité et la sécurité des voyageurs au sein de la gare ferroviaire,

X,4, CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DE LA GARE

X,4,1, Marge de glissement à l'aval des signaux

C'est la partie de la voie qui suit un parcours de train à l'aval d'un signal fermé, à l'intérieur de laquelle aucun autre train n'est autorisé à circuler et, pour certains réseaux, doit être à l'abri de toute occupation,

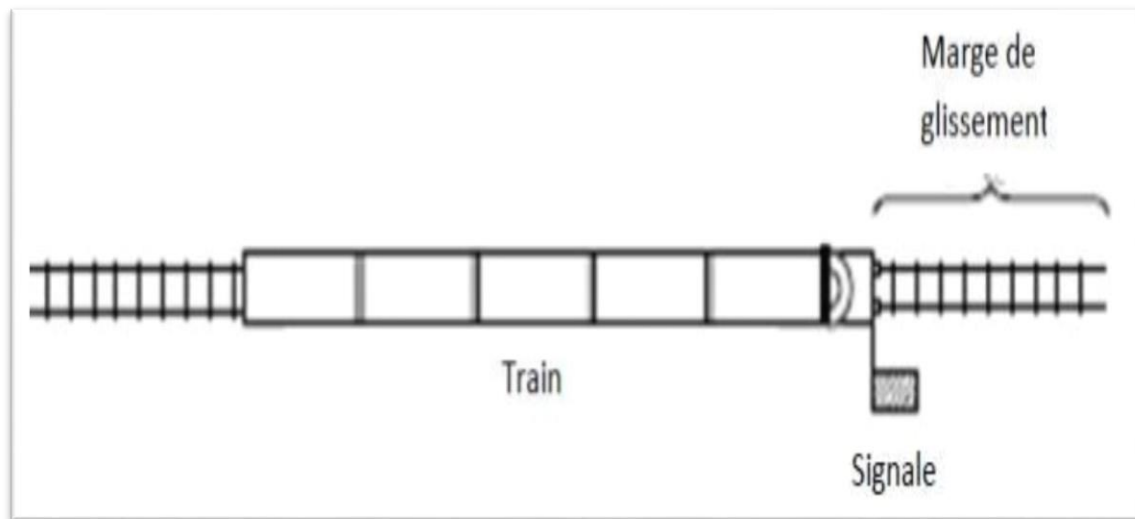


Figure X, 1 Schématisation de la marge de glissement

➤ But de la marge de glissement :

Elle vise à réduire les effets d'un accident de collision lorsque le train ne peut s'arrêter avant cette marge en raison d'un freinage ou d'un glissement des rails,

➤ Longueurs de la marge de glissement :

Selon UIC 741 Les longueurs de la marge de glissement sont définies comme suit :

50-200 m : selon la vitesse de la ligne, comme à l'aval des signaux de protection, des signaux d'entrée, des signaux intermédiaires ou de sortie :

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

- $LG = 50 \text{ m}$ pour $V < 40 \text{ km/h}$,

50 m : à l'aval des signaux de blocs

X,4,2 Garage franc

Le garage franc (GF) délimite la zone de la voie réservée au stationnement des véhicules. Le garage franc a une valeur théorique de 3,57 mètres entre l'intersection de la voie directe et la voie déviée (voie de stationnement),

En raison de sécurité le garage franc sera installé à 1,0m de distance de garage franc

Théorique : $GF = 3,57 * \tan(\alpha) + 1,0$

Avec : $\tan(\alpha)$: varie selon l'ouverture de l'appareil de voie

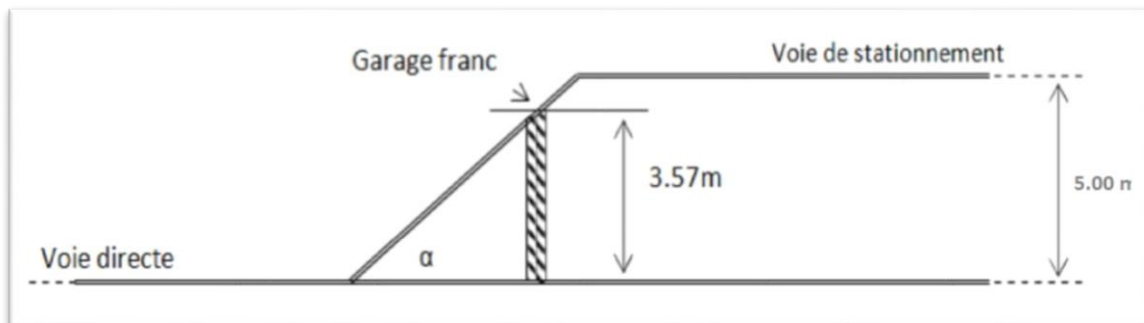


Figure X, 2, Schéma illustratif de garage franc

X,4,3 Heurtoir

Un heurtoir est un dispositif placé à l'extrémité d'une voie ferrée, pour arrêter d'éventuels véhicules en dérive et les empêcher de continuer leur chemin en dehors de la voie.

En général, il est nécessaire de précéder les heurtoirs, à une distance de 10 mètres, par des patins de freinage, qui doivent être rétablis après chaque déplacement,



Figure X, 3 Un heurtoir

Dans notre projet :

| Heurtoir N° | Coordonnées | | PK |
|-------------|-------------|--------------|--------|
| | X(m) | Y(m) | |
| 1 | 391704,0249 | 4055108,6787 | 31+125 |

X,4,4, La longueur utile d'une voie de stationnement

La longueur requise pour qu'un train puisse s'arrêter sur une voie de dépassement sans perturber le trafic sur la voie principale ou sur les voies de dépassement adjacentes, La longueur utile correspond donc à l'espace entre deux garages franc,

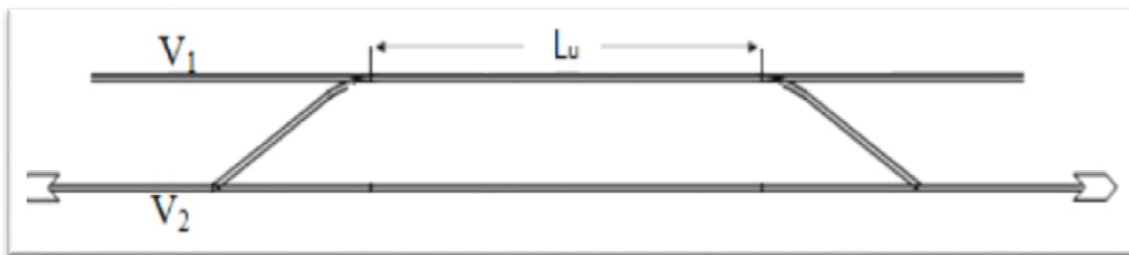


Figure X, 4 Schéma illustratif de la longueur utile,

X,4,6, Déclivité dans les Gare

La déclivité de la gare sera restreinte en fonction des activités qui y sont planifiées,

Dans notre projet la déclivité est de 0‰ pour éviter tout mouvement de train possible,

X,4,7,Quai

➤ **La longueur de quai (normes SNTF) :**

- Grande ligne 450m
- Service régional 350m
- Banlieue 225m

➤ **La largeur de quai (normes SNTF) :**

- Quai intermédiaire $B > 8m$
- Quai extérieure $B \geq 6m$

➤ **Hauteur de quai :**

Le bord du quai doit être situé à une hauteur de 350, 550 ou 760 mm au-dessus de la surface de roulement, en fonction du type de matériel roulant qui peut être stationné sur le quai

- Plus grand que 760 mm → quais dits hauts,
- Plus petit que 550 mm → quais dits bas

➤ **Le Distance a l'axe de la voie :**

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 : $L \text{ (mm)}=1650+S, \rightarrow S \text{ (mm)} = \frac{3750}{R} + \frac{I-1435}{2}$ AVEC :

- R : rayon de voie (m)
- I : écartement de voie (mm)

X,5, LES APPAREILS DE VOIE

En règle générale, un appareil de voie est composé de trois parties : l'aiguillage, la partie intermédiaire et la partie cœur (croisement)

- **Les appareils de voie sont de diverses catégories, tels que :**
 - ✓ Les branchements simples,
 - ✓ Les traversées,
 - ✓ Les traversées jonctions simple (T,J,S) et jonctions double (T,J,D),
- **Les appareils de voie se caractérisent par :**
 - ✓ Leur type : aiguillage simple, branchement double, traversé jonction simple (T,J,S), traversé jonction double (T,J,D),
 - ✓ Le type de rail, ✓ Le rayon, ✓ La tangente,
 - ✓ Le type de lame (Articule ; élastique ou flexible)
 - ✓ Le type de traversés (En bois ;acier ou béton)
 - ✓ Le type de cœur de croisement (pointe élastique)

X,6, LOCALISATION DE LA GARE DE CHIHANI

La future gare de CHIHANI sera située entre le PK 30+000 et le PK 31+100, en effet une gare intermédiaire conçue comme gare voyageurs, il se développe en palier (0%), Le futur bâtiment de voyageurs étant situé au Pk30+525, Cette gare intermédiaire sera caractérisée par un trafic voyageur moyen

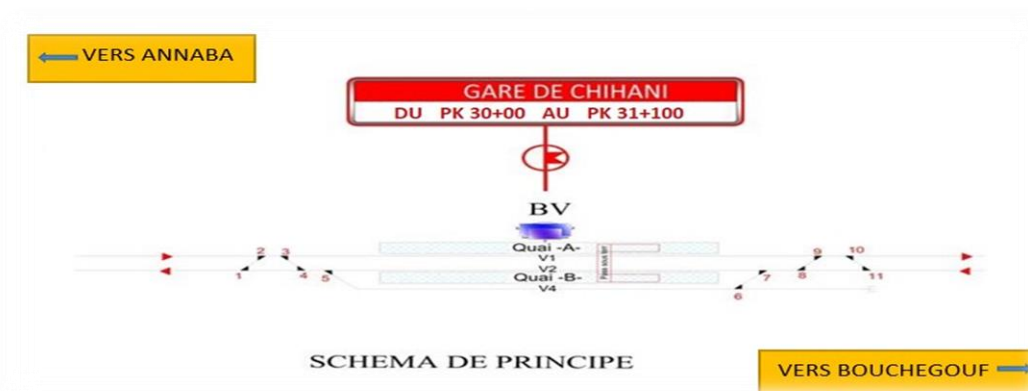


Figure X, 5 Schéma représentatif de la gare de CHIHANI

X,7, APPLICATION AU PROJET

➤ **Longueurs de la marge de glissement :**

$V \geq 60 \text{ km/h}$ donc $LG = 200\text{m}$,

➤ **Longueur de garage de franc :**

Pour : UIC 60 500 1/12 $\rightarrow GF = 3,57 \times 12 + 1 = 43,84\text{m}$

➤ **La longueur utile des voies de stationnement :**

Voie VA e : $Lu = 664,3183\text{m}$,

Voie VB : $Lu = 693,7071 \text{ m}$,

Voie V3 : $Lu = 586\text{m}$

➤ **Quai :**

Notre gare est constituée de deux quais A et B :

Tableau X, 1 - Les dimensions des Quai

| Quais | Pk début | Pk fin | Longueur | Largeur | Hauteur | Distance à l'axe | Entre-axe des voies |
|-------|----------|--------|----------|---------|---------|------------------|---------------------|
| A | 30+412 | 30+700 | 250 m | 12m | 55 cm | 1654,68 mm | 5m |
| B | | | | 6m | | | |

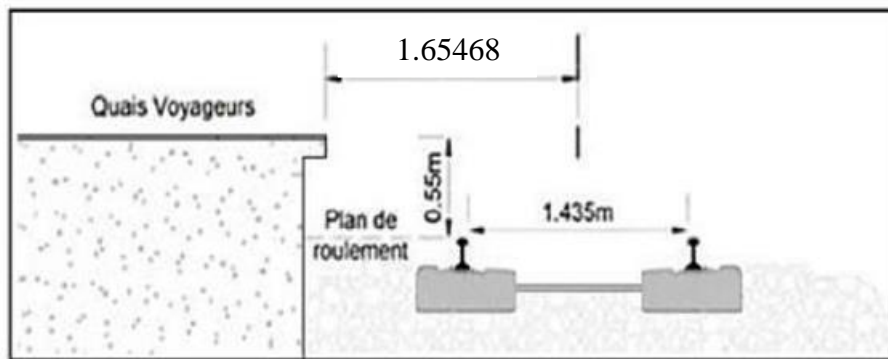


Figure X, 6 Gabarits – Quais Voyageurs

➤ Appareils de voie :

Tableau X, 2 – Les Appareils de la voie

| APPAREIL N° | TYPES D'APPAREIL | RAYON | TANGENT | LA VITESSE KM/H | DIRECTION |
|-------------|------------------|-------|---------|-----------------|--------------------|
| 1 | UIC 60 | 500 | 1,12 | 65 | Déviation à gauche |
| 2 | UIC 60 | 500 | 1,12 | 65 | Déviation à gauche |
| 3 | UIC 60 | 500 | 1,12 | 65 | Déviation à droite |
| 4 | UIC 60 | 500 | 1,12 | 65 | Déviation à droite |
| 5 | UIC 60 | 500 | 1,12 | 65 | Déviation à gauche |
| 6 | UIC 60 | 500 | 1,12 | 65 | Déviation à droite |
| 7 | UIC 60 | 500 | 1,12 | 65 | Déviation à droite |
| 8 | UIC 60 | 500 | 1,12 | 65 | Déviation à gauche |
| 9 | UIC 60 | 500 | 1,12 | 65 | Déviation à gauche |
| 10 | UIC 60 | 500 | 1,12 | 65 | Déviation à droite |
| 11 | UIC 60 | 500 | 1,12 | 65 | Déviation à droite |

Tableau X, 3 - Les courbes en plan,

| COURBE N | POINTS | COORDONNEES | | RAYON (M) | LONGUEUR (M) |
|----------|--------|-------------|--------------|-----------|--------------|
| | | X(m) | Y(m) | | |
| C1 | OC1 | 391078,6665 | 4055647,0216 | 800 | 519,246 |
| | FC1 | 391500,8316 | 4055360,5596 | | |
| | S | 391337,9353 | 4055574,8037 | | |
| C2 | OC2 | 391075,7644 | 4055642,6397 | 800 | 519,184 |
| | FC2 | 391497,8694 | 4055356,1944 | | |
| | S | 391334,9942 | 4055570,4110 | | |
| C3 | OC3 | 391142,5630 | 4055638,8724 | 620 | 402,368 |
| | FC3 | 391469,6957 | 4055416,8784 | | |
| | S | 391343,4661 | 4055582,8952 | | |

X,8, PASSAGE SOUTERRAIN

Les passages souterrains sont composés de cadre en béton armé, ils permettent la traversée des voies en toute sécurité, leurs dimensions doivent permettre le passage du flux de voyageurs sans encombre,

Le passage souterrain doit avoir une sortie sur chaque quai de la gare, cette sortie est réalisée à l'aide d'escaliers suffisamment large pour permettre de canaliser le flux des voyageurs

(arrivée et départ simultanément) et un monte-charge pouvant être utilisé par les personnes à mobilité réduite,

- Deux voiles et radier et la dalle avec l'épaisseur (50cm, 60cm, 60cm),
- La largeur doit être : $B \geq 2,4$ m, donc on prend : $B= 3$ m,
- La hauteur doit être : $H \geq 5,75$ m, donc on prend : $H= 4$ m

X,9, ASSAINISSEMENT DANS LA GARE

- **ASSAINISSEMENT TRANSVERSALE DE QUAIS :**

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%,

- **ASSAINISSEMENT LONGITUDINAL :**

Se fait grâce à des conduites disposées et pentes longitudinalement et enterrées, elles servent à assainir l'eau vers un point d'évacuation finale, généralement ces conduites sont percées sur leurs faces supérieures

CONCLUSION

La conception de la gare de chihani est conforme aux normes en vigueur pour répondre aux exigences de sécurité et de confort, afin d'absorber la demande sur ce mode de transport qui ne cesse d'augmenter au cours du temps

CHAPITRE XI

Signalisation

Ferroviaire

INTRODUCTION






Le plan de signalisation sera élaboré en conformité avec les spécifications établies dans les règles de la SNTF et qui sont également mentionnées dans le plan de signalisation,

Ce système permette de surveiller les déplacements des trains, prévenir les collisions et garantir la synchronisation efficace des diverses lignes et itinéraires,

Les signaux présenteront les caractéristiques conformes aux dispositions du Règlement Général de Sécurité,

XI,1, OBJET DE LA SIGNALISATION FERROVIAIRE

Les installations de signalisation offrent la possibilité de résoudre les cinq problèmes suivants :

| | |
|--|--|
| <p>1,La gestion des espaces entre les circulation pour éviter les situations de rattrapage, utilisant le cantonnement ou le blocage,</p> | <p style="text-align: center;">Rattrapage</p>  |
| <p>2, Circulation en deux sens, dans la même voie (face à face)</p> | <p style="text-align: center;">Nez-à-nez</p>  |
| <p>3, Danger de déraillement dû à une vitesse excessive</p> | <p style="text-align: center;">Déraillement</p>  |
| <p>4, Les voies ferrées et les routes se croisent au niveau du sol, (risque des passages à niveau)</p> | <p style="text-align: center;">Obstacles</p>  |
| <p>5, Un train se dirige vers un aiguillage déjà occupé par un train venant d'une autre direction,</p> | <p style="text-align: center;">Prise en écharpe</p>  |

XI,2, DIFFÉRENTES FONCTIONS DES SIGNAUX

Les signaux sont conçus pour assurer les fonctions et les rôles suivants :

- **Signalisation d'arrêt** : La signalisation d'arrêt permet aux conducteurs de train de s'arrêter entièrement avant de continuer leur voyage,
- **Signalisation de limitation de vitesse** : informe les conducteurs de train de la vitesse maximale permise sur une section spécifique des voies,
- **Signalisation de direction** : permet aux conducteurs de train de se orienter en leur indiquant la voie à emprunter ou les changements de direction à faire,

XI, 3, GENRE ET ÉTALON DE SIGNALISATION

Sur les voies à double voie, les trains circulent généralement du côté gauche, Les signaux fixes sont généralement positionnés du côté gauche de la voie concernée ou au-dessus de celle-ci du côté gauche, Dans certaines situations, les entres –voies réduites, il peut être fait usage de signaux de type bas placés au ras du sol,

La signalisation peut comprendre :

- Des tableaux lumineux,
- Des tableaux mécaniques fixes ou effaçables,
- Des tableaux ou pancartes réflectrices,
- Des guidons d'arrêt...

XI, 4, VISIBILITÉ DES SIGNAUX :

Deux conditions essentielles en ce qui concerne la visibilité des cabines de conduite :

- **Visibilité des signaux hauts** : La visibilité des signaux hauts, supposés situés à droite ou à gauche à 2,42 m de l'axe de la voie et dont la hauteur est comprise entre 2,800 m et 6,3 m au-dessus du plan de roulement, doit être supérieure ou égale à 10 m du plan de front des tampons
- **Visibilité des signaux bas** : Les signaux bas, situés à 1,75 mètre de l'axe de la voie et à 0,240 mètre au-dessus du plan de roulement, et supposément installés sur le côté droit ou gauche, doivent maintenir une continuité visuelle jusqu'à une distance d'un mètre du front des tampons,

XI,5, PRINCIPE DE SIGNALISATION FERROVIAIRE

XI,5,1, Signalisation classique

- **Le canton** : Le canton est une section de voie ferrée alimentée par une source d'énergie électrique, qui est la base du système assurant la séparation entre les trains, évitant ainsi les collisions, Une voie ferrée est constituée de multiples cantons, chacun étant isolé de manière indépendante par un joint isolant

- **Principe de cantonnement :** La ligne de chemin de fer est subdivisée en sections appelées cantons, Chaque canton bénéficie d'une protection par un signal, le cantonnement, qui est généralement utilisé pour assurer l'espacement entre les trains circulant dans le même sens sur une même voie,

En règle générale, un seul train est autorisé dans un canton, Lorsqu'un train pénètre dans un canton, les essieux de celui-ci créent un court-circuit entre les deux rails, ce qui entraîne l'extinction du signal à l'entrée du canton, lequel affiche alors un feu rouge, Lorsque le train entre dans le canton suivant, le signal protégeant devient rouge tandis que celui du canton précédent affiche désormais un feu orange, Lorsque le train dans le troisième canton, le signal de protection indique un feu rouge, Celui du deuxième canton montre une lumière jaune, et signale du premier canton affiche maintenant le chemin libre (lumière verte), Dans ce type de signalisation, aucune intervention humaine n'est requise ; c'est le train lui-même qui assure sa propre protection,

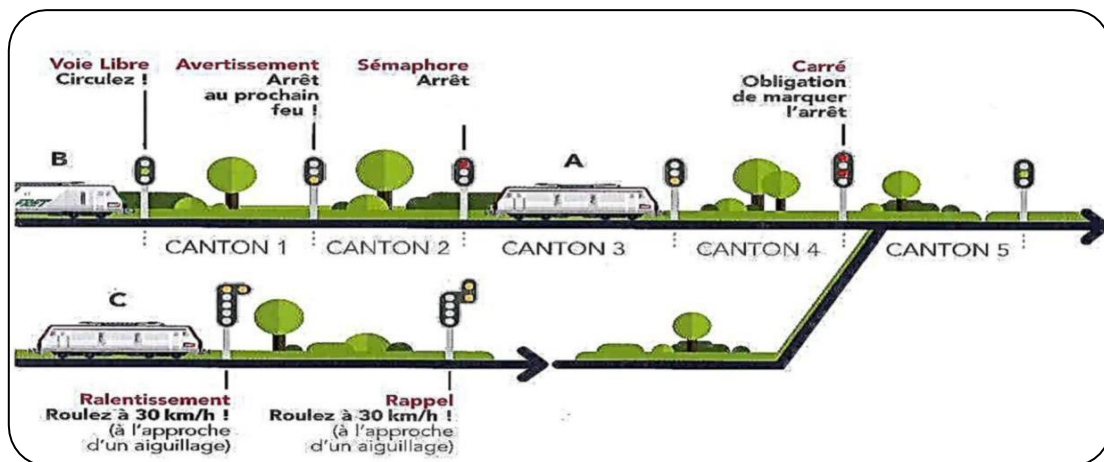












Figure XI, 1 Schéma illustratif du canton,








Les systèmes de gestion des signaux sont désignés sous le nom de "blocks", et en fonction de la catégorie de ligne, on utilisera l'un des trois types de blocks ci-dessous :




- **Le block manuel (B,M,) :** pour les lignes à faible trafic, utilisation manuelle, Les signaux sont très peu nombreux sur les voies, les installations de commande sont simples, Un inconvénient significatif de ce système de blocage est qu'il a une capacité limitée à gérer un grand nombre de trains sur les voies ferrées,
- **Le block automatique à permissivité restreinte (B,A,P,R,) :** destiné aux lignes avec un trafic moyen, Bien que ce soit un système automatique, les sections sont assez longues (plusieurs kilomètres), Par rapport au block manuel, il offre une sécurité améliorée grâce à une réduction des erreurs humaines, tout en maintenant des coûts bas en raison du nombre limité de signaux nécessaires, Cependant, en raison de son mode de fonctionnement, ce type de bloc ne permet pas de grandes vitesses sur la ligne,
- **Le block automatique lumineux (B,A,L,) :** Ce système, entièrement automatique, permet d'atteindre un débit maximal sur la ligne, D'autre part il autorise un espacement réduit entre les circulations, car il permet le franchissement des signaux d'espacement fermés en mode marche à vue

XI,6, ASPECTS DES SIGNAUX

Tableau XI, 1 -Les principaux signaux ferroviaires et leur indication

| Classification des signalisations | Signal | Indication | Signalisation lumineuse | Signalisation mécanique |
|-----------------------------------|----------------------|---|---|--|
| | Carré | Le carré commande l'arrêt et ne doit en aucun cas être franchi, |  |  |
| | Carré violet | Commande l'arrêt, il est installé sur les voies de service son ouverture seule |  |  |
| | Disque | Il commande au mécanicien de marquer l'arrêt au premier signal ou aiguillage rencontré |  |  |
| | Guidon d'arrêt | Le guidon d'arrêt fermé commande au mécanicien l'arrêt avant le signal, |  | |
| Signaux de cantonnement | Sémaphore/feu Rouge | Il commande au mécanicien de s'arrêter avant le signal |  | |
| | Feu rouge clignotant | Marche sans dépasser la vitesse de 15km/h au franchissement de ce signal |  | |
| Signaux d'annonce d'arrêt | Avertissement | L'avertissement fermé commande au mécanicien d'être en mesure de s'arrêter avant le ou les signaux d'arrêts : carré ou sémaphore annoncés, ou d'observer un feu rouge clignotant, |  | |

| | | | | |
|----------------------------------|-------------------------------|---|--|---|
| | Feu jaune clignotant | Le feu jaune clignotant commande au mécanicien d'être en mesure de s'arrêter avant le signal annoncé à distance réduite par l'avertissement suivant, |  | |
| Signaux d'indication de marche | Feu vert | Le feu vert indique au conducteur que la circulation en marche normale est autorisée |  | |
| | Feu vert clignotant | Sur les sections de ligne où la vitesse des trains est supérieure à 160 km/h, un feu vert clignotant précède généralement l'avertissement ou le feu jaune clignotant, |  | |
| Signaux de limitation de vitesse | Tableau indicateur de vitesse | Indication sur la vitesse à respecter | |  |
| | Pancarte Z | Signal d'exécution indiquant le début de la zone à parcourir à vitesse limitée | |  |
| | Pancarte R | Signal de reprise indiquant la fin de la zone à parcourir à vitesse limitée | |  |
| | Le ralentissement 30 Fermé | Ralentissement à 30km/ à distance |  | |

| | | | | |
|----------------------------------|--|--|--|---|
| | Le rappel 30 fermé | Rappel à 30km/h qui précède l'aiguillage |  | |
| Signaux indicateurs de direction | Tableau indicateur de direction à distance | | |  |
| | Tableau indicateur de direction | |  | |

XI,7, DEFINITION DU SYSTEME ERTMS

European Railways Traffic Management System signifie en Français système européen de la gestion de la circulation ferroviaire,

C'est un système de contrôle et de commande qui garantit un trafic ferroviaire standardisé et interopérable entre les différents réseaux, Son objectif est de simplifier et d'harmoniser la gestion du trafic ferroviaire en assurant une coordination efficace entre les acteurs impliqués et en favorisant l'interopérabilité des réseaux ferroviaires,

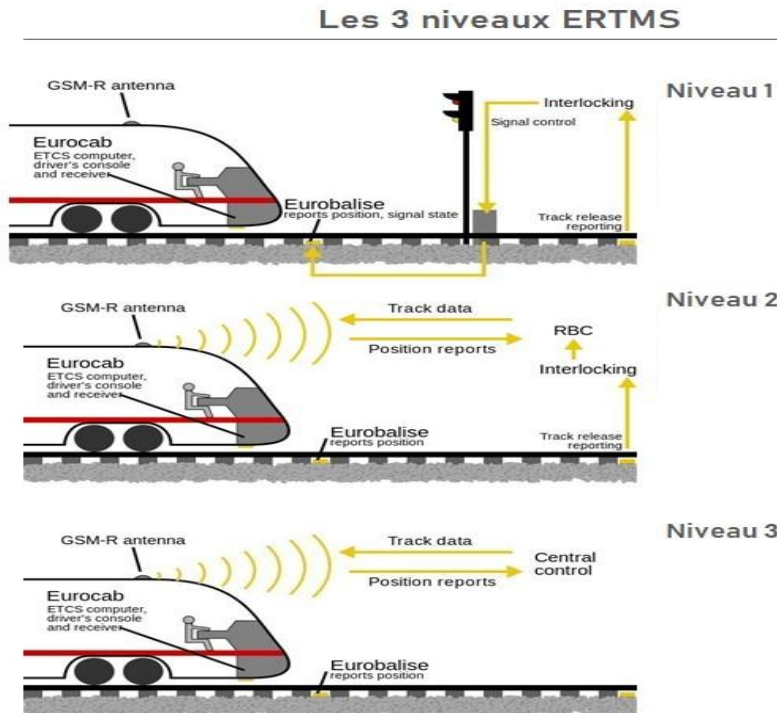


Figure XI, 2 le système de contrôle des trains ERTMS

IX,7,1, Fonctionnement 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,

XI,8, TELECOMMUNICATIONS

IX,8,1, Système de telecommunications

La croissance du trafic d'informations en télécommunications nécessite l'amélioration des performances des systèmes matériels utilisés pour la transmission,

Le rôle des télécommunications est de transmettre des informations entre différents utilisateurs et de leur permettre de dialoguer, Ces informations peuvent provenir des sources ou capteurs de natures physiques variables, sous forme analogique ou numérique (voix, caméra vidéo...) et être transmises par le biais de supports de transmission divers vers différents blocs de réception (haut-parleur, écran ...),

XI,8,2, Système GSM-R Global System for Mobile Communication-Railroad

Le GSM-R fonctionne en fournissant un système de communication dédié et sécurisé pour les opérations ferroviaires, Il facilite la communication voix et données, donne la priorité aux messages critiques pour la sécurité et garantit une connectivité transparente lorsque les trains traversent différentes zones de couverture,

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,

CONCLUSION

Avec l'apparition des outils informatiques de plus en plus performante, le domaine de la signalisation ferroviaire s'est beaucoup développé ces dernières années, contribuant ainsi avec une grande part dans la diminution des accidents et la facilité de circulation du matériel roulant

CHAPITRE XII

Etude d'impact sur l'environnement

INTRODUCTION

L'étude d'impact Environnemental et Social (EIES) de modernisation et la rectification de tracé pour augmenter la capacité de la ligne minière EST (section Nord : Annaba – Bouchegouf) réalisée conformément au Décret exécutif n° 18 - 255 du 29 Moharram 1440 correspondant au 9 octobre 2018 modifiant et complétant le décret exécutif n° 07-145 du 2 jourmada El Oula 1428 correspondant au 19 mai 2007 déterminant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impact sur l'environnement, a permis d'évaluer l'état initial des zones traversées, et de ressortir les impacts tant positifs que négatifs du projet sur son environnement et de proposer des mesures d'atténuation ou de compensation de ces impacts,

XIII,1, DÉLIMITATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La limite de l'aire d'étude a été fixée à 500 mètres de part et d'autre à partir de l'axe de voie Cette aire pourra être élargie en fonction des thèmes traités, comme les données socioéconomiques, la climatologie, la qualité de l'air ou le paysage

XIII,2, DESCRIPTION DE L'ÉTAT INITIAL DE LA ZONE D'ÉTUDE

XIII,2,1 Milieu physique

Une présentation des caractéristiques physiques de cette région permettra de situer cette zone dans son contexte climatique, géologique, relief, hydrodynamique et sismologique,

XIII,2,2, Climatologie

Cette section du projet de la ligne minière bénéficie d'un climat méditerranéen, les conditions météorologiques varient peu au cours de l'année avec une fortes pluies torrentielles, qui atteint presque 1000mm/ans (entre octobre et mai),

XIII,2,3, Relief

La ligne étudiée Passe par un Relief montagneux, accidenté, Pour cela, la ville de Chihani sera soumise à d'importants travaux de déblaiement pour la construction d'une tranchée couverte (24m) traversant la route Nationale 16A, et la création de tunnel de 700m qui s'étend du PK 36+100 au PK 36+800 passant à travers des collines boisées

XIII,2,4, Géologique

Le tracé passe, en alternance, sur des formations quaternaires et des formations Eocènes (chaîne numidienne)

XIII,2,5, Hydrologie et hydrogéologie

Le couloir se situe parallèlement à l'oued Seybouse, l'un des plus grands bassins hydrographiques en Algérie, avec une superficie d'environ 6471 km², La Seybouse, un oued méditerranéen, naît dans les hautes plaines semi-arides sur le versant méridional de l'Atlas tellien, Cet oued coule du sud au nord,

Le bassin versant le plus important dans mon projet BV N°27 avec une superficie 16,6 Km² en PK37+713

XIII,2,6, Sismologie

Le projet s'inscrit en zone sismique de niveau IIa : sismicité moyenne

XIII,2,7, Risques naturels

Tableau XIII, 1 Tableau des Risques naturels

| PK | Risque |
|---|---|
| Du PK 31+000 au PK 31+100 Du PK 38+400 au PK 39+000 Du PK 39+800 au PK 39+900 | Ces tronçons présentent un risque d'inondation lié au franchissement d'oued Seybouse |
| Du PK 32+400 au PK32+600 Du PK 37+850 au PK 38+100 | les passages exposés aux risques d'instabilités dont la cause est la dégradation et le ravinement des parois d'oued |

XIII,3, MILIEU HUMAIN

XIII,3,1, Démographie

- La wilaya d'El Taref s'étend sur une superficie de 3 339 km² avec une population totale estimée à 430 000 habitants, Elle se compose de 07 Daïras et 24 Communes

-La wilaya de Guelma s'étend sur une superficie de 3,686,84km² avec une population totale estimée à 506,007 habitants, Elle comprend 10 Daïras et 34 Communes

XIII,3,2, Activités économiques

XIII,3,2,1, L'Agriculture

Sur le tronçon d'étude des superficies importantes de terrains agricoles occupées d'arboriculture fruitière (orangers, mandariniers, citronniers pommiers, etc.) et maraîchère (tomates, pomme de terre, poivrons, fenouils, piments etc.) seront touchées, Une superficie d'environ 56 ha sera expropriée

XIII,3,2,2, L'industrie

Cette région mérite d'accueillir les industries étroitement liées à la spécificité de la région (agroalimentaire, agroindustrielle et halieutique), Les filières économiques à développer sont l'Industrie du Bois, l'Industrie Chimique et pétrochimique, la Métallurgie et transformation des métaux, l'Agro industriel, les Industries chimiques, parapharmaceutiques et pharmaceutiques

XIII,3,2,3 L'industries minière

Les phosphates constituent une matière première de base pour la production d'engrais et fertilisants destinés à l'agriculture, et connaissent une forte demande sur le marché international L'Algérie exporte environ 1 million de tonnes de phosphates à l'état de matière première (roche

phosphatée) par le port d'Annaba, après son extraction de la mine de Djebel Onk et son transport en partie par rail et en partie par route jusqu'au port

XIII,4, GARE

Gare intermédiaire de CHIHANI au niveau du PK 30+000 au PK 31+100

XIII,5, MILIEU BIOLOGIQUE

XIII,5,1 Flore

Pour recenser la flore du bassin de la Seybouse, 18 stations ont été étudiées le long du cours d'eau, Les espèces recensées ont été divisées en deux groupes :

| Les espèces poussant sur les bords de l'oued | Les espèces poussant loin des bords |
|---|--|
| - <i>Apium nodiflorum</i> (Apiaceae) - <i>Nasturtium officinale</i> (Brassicaceae) - <i>Typha angustifolia</i> (Typhaceae) - <i>Tamarix gallica</i> (Tamaricaceae) - <i>Lythrum junceum</i> (Lythraceae) - <i>Cyperus longus</i> (Cyperaceae) - <i>Rumex algeriensis</i> (Polygonaceae), endémique en Algérie, | -Brassicaceae: (<i>Diplotaxis erucoides</i> , <i>Moricandia arvensis</i> , <i>Brassica</i> sp.) -Fabaceae: (<i>Trifolium isthmocarpum</i> , <i>Trifolium repens</i> , <i>Hedysarum coronarium</i> , <i>Ononis spinosa</i>) -Asteraceae : (<i>Galactites tomentosa</i> , <i>Anacyclus clavatus</i> , <i>Calendula arvensis</i> , <i>Silybum marianum</i>) |

NB : source des données floristique : thèse de Master : Cartographie de la végétation d'Oued Seybouse, Melle ATI Samira, 2010,

- La station CHIHANI présentait une richesse spécifique comprise entre 41 et 45 espèces,

XIII,5,2 LA Faune

La faune est riche le long de cette section en raison de son emplacement, Dans la plaine d'El Taref, on signale la présence de sangliers, de renards, de belettes, de chacals, de lièvres, d'hyènes, de tortues et de hérissons, Plus précisément dans le lit de la Seybouse, on observe la présence du barbeau, du mulot, de la grenouille tigrée africaine, ainsi que des canards tels que le tadorne de Belon, et des poules d'eau, Des œufs de poules d'eau ont été aperçus près de l'Oued Seybouse, non loin de la voie ferrée existante au niveau de Boukamouza

XIII,6, ANALYSE DES IMPACTS

XIII,6,1, Ales impacts positifs

Les effets positifs de la mise en place de cette nouvelle ligne permettront à la région de se développer sur le plan de la sécurité, de l'économie et du tourisme

- Le développement du réseau ferroviaire de la wilaya,
- La croissance économique des régions traversées par le projet
- La ligne entraînera une réduction du transport de marchandises par route, ainsi qu'un transfert des conducteurs de véhicules individuels vers les transports en commun dès son ouverture, Cette mesure vise à réduire les embouteillages, à lutter contre la pollution et à diminuer la consommation d'énergie,

- Le projet permettra d'une part de faciliter les déplacements, entre les pôles d'activités minières et le port de Annaba ainsi qu'avec les autres industries et d'autre part de les relier entre eux, En outre le projet de modernisation et dédoublement de la ligne minière permettra également d'accompagner le développement de la zone d'étude
- Une solution pour assurer le confort et la sécurité lors des déplacements,

XIII,6,2, Identification et évaluation des impacts négatifs prévisibles avec les mesures d'atténuation

Le tableau ci-dessous présente un résumé des impacts négatifs anticipés, en évaluant l'importance de ces effets et en proposant des mesures d'atténuation à mettre en place,

Tableau XIII, 2 Identification des Impacts négatifs avec les mesures d'atténuation

| ITEM | ACTIVITES SOURCES D'IMPACTS | IMPACT | MESURES D'ATTENUATION |
|-------------|--|---|---|
| AIR | <ul style="list-style-type: none"> -Transport des équipements et matériaux de Construction -Terrassements -Creusement des tunnels et tranchée couverte -Gites d'emprunts | <ul style="list-style-type: none"> -Dégradation de la qualité de l'air (pollution atmosphérique CO,HC...) -L'envol des poussières et leurs propagations | <ul style="list-style-type: none"> -Utilisation des engins en bon état de fonctionnement - humidification des pistes, et des lieux de travaux de chantiers |
| SOLS | <ul style="list-style-type: none"> -Travaux de construction et d'installation des rails | <ul style="list-style-type: none"> -Perturbation de l'équilibre actuel Pollution des sols suite aux déversements accidentels des huiles usées et d'autres substances dangereuses, Erosion | <ul style="list-style-type: none"> -La limitation du nombre des déviations et de création de piste dans les normes -Prevention contre les déversements accidentels - La collecte des déchets solides et liquides et procéder à leur élimination -Remise en état des sites des carrières exploitées et gites à travers des actions d'aménagements antiérosifs, -Gestion des hydrocarbures et autres produits utilisés |
| EAUX | <ul style="list-style-type: none"> -Travaux de construction | <ul style="list-style-type: none"> -Dégradation de la qualité des eaux de surface en raison des travaux de terrassement, creusement de OA, Gites et aux dépôts des matériaux de construction -Modification des ouvrages hydrauliques existant pour assurer la transparence hydraulique du dédoublement de la voie | <ul style="list-style-type: none"> -Humidification des pistes et des lieux de travaux situés à proximité des cours d'eaux -Un plan d'urgence en cas de déversement accidentels de polluants |

| | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|---|--|
| <p>TUNNEL</p> | <p>-Travaux de construction</p> | <p>-Risques de tassement et vulnérabilité du bâtis -Des risques de pollutions accidentelles par les hydrocarbures, les particules fines, ,, qui peuvent affecter les milieux aquatiques (Oued Seybouse) -Les incidences visuelles et paysagères des plates-formes de chantiers comptent tenu : Les nuisances diverses (Trafic, Bruit, Vibration, Poussière,,) induites par les transports et les circulations d'engins résultant de l'activité du chantier,</p> | <p>-Tassement : Une investigation pour définir le risque des dommages architecturaux doivent être menée dans les études de réalisation avant d'entamer le creusement des tunnels dans les zones ou les habitations sont très proche du site des travaux</p> |
| <p>PAYSAGE</p> | <p>Travaux de construction</p> | <p>- Les travaux induiront des impacts visuels temporaires et permanents sur le paysage, Ces impacts, liés à la présence des engins de travaux publics et aux installations de chantier (engins, palissades, base vie)</p> | <p>- Plantation et réaménagement paysagère</p> |
| <p>LES HABITAS ET LA FLORE</p> | <p>Travaux de construction</p> | <p>-Perturbation de l'écoulement d'oued Seybouse -Atteinte à la qualité des eaux de l'oued (pollution par les chutes de béton pendant les travaux du mur de soutènement et par les MES lors du remblaiement, pollution accidentelles par des produits chimique) -Défrichement de la flores et perte d'habitat pour les reptiles et la petite faune abrité par cet écosystème</p> | <p>-Limiter les emprises de chantiers au niveau des zones boisées et les abords d'Oued Seybouse -Remise en état des lieux : reboisement et plantation des zones affectées y compris les talus de la voie ferroviaire pour une meilleure insertion paysagère, -Protection des arbres à proximité des zones de travaux</p> |

| | | | |
|--------------------------------|--|--|--|
| <p>FAUNE</p> | <p>-Travaux de construction</p> | <p>- Risque de dérangement lié aux terrassement, creusement du tunnel, travaux de nuit ... -Risque et destruction de nichées, d'œufs, et d'habitats (arbres, bords d'oueds, flore environnementales)</p> | <p>-Mise en place de dispositifs de protection provisoire de la petite et moyenne faune (clôture en géo-synthétique des zones humides et boisés, ainsi que les parcelles agricole environnements maintenues par des piquets en bois ou acier, Leur hauteur minimum sera de 50 cm dont 10 cm enterrés,) avec panneau de signalisation, -Les activités de défrichage en dehors des périodes de nidification et d'hibernation</p> |
| <p>BRUIT</p> | <p>-Travaux de construction des rails et d'ouvrages connexes, -Installation des rails,</p> | <p>-Nuisances sonores</p> | <p>-Utilisation des engins en bon état de fonctionnement -Respect des valeurs limites applicables aux émissions de bruit,</p> |
| <p>SANTE ET SECURIT</p> | <p>-Travaux de construction</p> | <p>-Accidents de travail</p> | <p>-Mise en place d'une équipe sécurité -Elaboration et mise en œuvre d'un plan d'urgence de sécurité</p> |
| <p>DECHETS</p> | <p>-les gares (le personnel de l'exploitant et les voyageurs</p> | <p>- une pollution indirecte de par la production de déchets</p> | <p>-Le maitre d'ouvrage doit mettre en place un système de tri sélectif des déchets dans au niveau des gares -Les poubelles doivent être installées, dans les gares : à l'intérieur du bâtiment et au niveau des quais, afin de faciliter les accès pour les citoyens,</p> |

| | | | |
|---|--|---|---|
| <p>ACTIVITES AGRICOLES</p> | <p>-Travaux de construction</p> | <ul style="list-style-type: none"> -Destruction des parcelles et perte de surface agricole (effets irréversible) -Effets de coupures sur les agriculteur et la faune d'élevage -Diminution de photosynthèse des végétaux ainsi que la pollinisation du aux poussière | <ul style="list-style-type: none"> - Limitation de MES a proximité des parcelles agricole (asperger les piste d'eau) -Projection de passage mixte : faunique agricole |
| <p>LES ACTIVITES MINIERES</p> | <p>-La durée des travaux</p> | <ul style="list-style-type: none"> -Perturbation du transport minier pendant un certain temps (temporaire : en cas d'interception du dédoublement de la ligne existante) -Accentuation du transport routier dédié aux minerais (impact d'embouteillage aussi), | <p>-Minimiser au maximum la perturbation de la circulation ferroviaire de la ligne existante,</p> |
| <p>TRANSPORT DE MATIERE DANGEREUSE</p> | <p>-Le Transport de matières dangereuses (TMD)</p> | <ul style="list-style-type: none"> - effets de surpression -effets thermiques - effets toxiques liés à un gaz -effets infectieux, -effets radioactifs, pollution accidentelle, | <ul style="list-style-type: none"> -La réglementation du TMD vise surtout à sécuriser le matériel roulant ferroviaire transportant les matières dangereuses, -Suppression des passages à niveau pour minimiser le risque de collision et de déraillement -Etablir le plan d'urgence et d'intervention établis par la SNTF en cas de déraillement |

CONCLUSION

La réalisation de ligne Section du PK 30+000 au PK 40+000 implique des impacts environnementaux négatifs concernant les aspects suivant :

- Réduction du couvert végétale
- Pollution et destruction des berges d'Oued Seybouse
- Destruction et dérangement des habitats faunistiques
- Affectation de la tranquillité de la faune et celle de la population en raison du bruit généré par les engins et la circulation des camions
- Hausse des poussières et des GES (gaz à effet de serre) en raison des émissions des véhicules de chantier et des engins
- Production de déchets à volume important (principalement des déchets inertes (matériaux de de creusement des déblais et d'excavation des tunnels))
- La plupart des impacts négatifs ont un caractère temporel marqué associé à la phase des travaux et leurs effets peuvent être neutralisés avec l'application adéquate des mesures compensatoires décrites dans ce résumé,
- Et pour accentuer les mesures préconisées, un PGES (plan de Gestion Environnementale et Social) est proposé pour accompagner la phase travaux et exploitation afin de suivre, corriger et renforcer les solutions en question

CHAPITRE XIII

Devis quantitatif et estimatif

Tableau XIII, 3 Devis Quantitatif et Estimatif,

| LOT,N° | DESIGNATIONS | UNITE | PRIX UNITAIRE | QUANTITE | MONTANT |
|---|---|----------------|---------------|----------------|----------------------------|
| 1, ÉTUDE D'EXÉCUTION ET INSTALLATION DE CHANTIER : | | | | | |
| 1-1 | Études d'exécution, | F | 1 | 161 532 446,00 | 161 532 446,00 |
| 1-2 | Installation générale de chantier, | F | 1 | 388 146 706,00 | 388 146 706,00 |
| 1-3 | Fourniture et installation d'un laboratoire de chantier | F | 1 | 30 000 000,00 | 30 000 000,00 |
| PRIX TOTAL : | | | | | 579 679 152 ,00 DA |
| 2, TERRASSEMENT : | | | | | |
| 2-1 | Décapage de terre végétale, | M ³ | 500,00 | 85 921,00 | 42 960 245,00 |
| 2-2 | Déblais mise en dépôt | M3 | 400,00 | 295 172,00 | 118 068 800,00 |
| 2-3 | Remblai d'apport, | M ³ | 680,00 | 518 493,00 | 3 52 574 873,00 |
| 2-4 | F/P Matériau de zone inondable | M ³ | 4 200,00 | 46 200,00 | 1 94 040 000,00 |
| 2-5 | F/P géotextile | M ³ | 1 700,00 | 84 800,00 | 1 44 160 000,00 |
| 2-6 | Tunnel | ML | 1 500 000,00 | 700 | 1 050 000 000 |
| PRIX TOTAL : | | | | | 1 901 803 918,00 DA |
| 3- DEGAGEMENT DES EMPRISES | | | | | |
| 3-1 | Dépose de la voie existante, | ML | 20 000 | 11 034,00 | 2 200 678 336,00 |
| 3-2 | Démolition d'ouvrage massifs | M ³ | 10 155,00 | 514 | 5 219 670,00 |
| 3-3 | Déplacement des lignes électriques | F | 1 | 5 000 000,00 | 5 000 000,00 |
| PRIX TOTAL : | | | | | 2 210 898 006,00 DA |
| 4, DRAINAGE ET ASSAINISSEMENT : | | | | | |
| 4-1 | Fourniture et mise en œuvre de fosse revêtu de 0,80 m de profondeur en béton armé | MI | 6 200,00 | 5 476,00 | 33 950 828 |
| 4-2 | Fourniture et mise en œuvre de tranchée drainant | ML | 19 500,00 | 950 | 18 525 000 |
| 4-3 | F/P des regards | U | 40 000,00 | 24 | 960 000 |
| 4-4 | Dalot en béton armée 5x (1,50x1,50), | M ³ | 44 500,00 | 245,0 | 10 893 600 |
| 4-5 | Dalot en béton armée 5x(2,00x1,50), | M ³ | 44 500,00 | 123 | 5 446 800 |
| 4-6 | Dalot en béton armée (3,00x2,00), | M ³ | 44 500,00 | 82,0 | 3 631 200 |

| | | | | | | |
|--|---|---------------------|----------------|---------------|-------------|-------------------------|
| 4-7 | Dalot en béton armée 6×(1,50x1,00), | | M ³ | 44 500,00 | 122,0 | 5 446 800 |
| 4-8 | Dalot en béton armée (4,00x3,00) | | M ³ | 44 500,00 | 218,0 | 9 683 200 |
| 4-9 | Dalot en béton armée 4×(2,00x2,00), | | M ³ | 44 500,00 | 55,0 | 2 420 800 |
| PRIX TOTAL : | | | | | | 991 284 28,00DA |
| 5, COUCHES D'ASSISE FERROVIAIRE : | | | | | | |
| 5-1 | Couche de forme, | | M ³ | 900,00 | 52 220,00 | 46 997 514 |
| 5-2 | Couche de fondation, | | M ³ | 3 200,00 | 25 484,00 | 81 551 968 |
| 5-3 | Couche de sous ballast, | | M ³ | 3 200,00 | 32 968,00 | 105 497 504 |
| 5-4 | Couche de ballast, | | M ³ | 3 900 | 42 942,00 | 167 474 346 |
| PRIX TOTAL : | | | | | | 401 521 332DA |
| 6, TRAVAUX DE LA VOIE SUR LE PARCOURS : | | | | | | |
| 6-1 | Fourniture des rails neufs UIC 60 (60,34 kg/m), | | T | 330 000,00 | 2 492,00 | 822 237 240 |
| 6-2 | Fourniture des traverses bi- bloc, | | U | 15 000,00 | 34 366,00 | 515 500 050 |
| 6-3 | Fourniture des attachés pour rails UIC 60 (butées isolantes, lames élastiques, goujons et semelles), | | U | 1 400,00 | 1 56 267,00 | 218 773 352 |
| 6-4 | Libération de rail | | ML | 800,00 | 20 000 | 16 000 000 |
| PRIX TOTAL : | | | | | | 157 251 0642,0DA |
| 7, TRAVAUX DE LA VOIE DANS LA GARE | | | | | | |
| 7-1 | Fourniture des rails neufs UIC 60 (60,34 kg/m) | | T | 330 000,00 | 341,00 | 112 305 600,00 |
| 7-2 | Fourniture des traverses bi-bloc | | U | 15 000,00 | 4 700 | 70 500 000,00 |
| 7-3 | Fourniture des attachés pour rails UIC 60 (butées isolantes, lames élastiques, goujons et semelles) | | U | 1 400,00 | 18 800 | 26 320 000,00 |
| 7-4 | Pose de la voie | | ML | 7 000,00 | 2 820,00 | 19 740 000,0 |
| 7-5 | Soudures aluminothermiques | | U | 22 451,00 | 20 | 449 021 |
| 7-5 | Soudures électrique | | U | 22 451,00 | 293 | 6 578 158,0 |
| 7-6 | Fourniture adv | UIC 60-500- 1/12 | U | 26 000 000,00 | 11 | 286 000 000 |
| 7-7 | Pose adv | UIC 60-500- 1/12 | U | 663 099,00 | 11 | 729 408 6,0 |
| | Fourniture semelle cannelée (200×165×9) | | U | 300,00 | 9 400 | 2 820 000,00 |
| 7-8 | Heurtoir | | U | 1 121 901,00 | 1 | 1 12 190 171 |

| | | | | | |
|--|--|----------------|---------------|-----|----------------------------|
| 7-9 | Fourniture et pose Traverses de Garage Franc | U | 59 307,00 | 11 | 652 371,00 |
| PRIX TOTAL : | | | | | 644 849 407,0 DA |
| 8- BATIMENTS GARES ET AMENAGEMENT EXTERIEUR | | | | | |
| 8-1 | Réalisation du bâtiment Voyageurs de la gare de CHIHANI | M ² | 92 000,00 | 200 | 184 000 00 |
| 8-2 | Réalisation des travaux d'aménagement extérieur de la gare | F | 83 803 927,00 | 1 | 83 803 927,00 |
| 8-3 | QUAIS, ABRIS DE QUAI ET PASSAGES SOUTERRAINS DE LA GARE | F | 838187500,00 | 1 | 838 187 500,00 |
| PRIX TOTAL : | | | | | 102 203 928,00 DA |
| 9-Signalisation | | | | | |
| 8,1 | Signalisation | F | 5000000,00 | 1 | 5 000 000,00 |
| PRIX TOTAL : | | | | | 5 000 000,00 |
| MONTANT TOTAL DU PROJET (en HT) : | | | | | 7 517 594 813,00 DA |
| MONTANT TOTAL FINAL (en TTC) : | | | | | 8 945 937 827,00 DA |

MONTANT TOTAL EN TTC (EN LETTRES) :

Huit milliards neuf cent quarante-cinq millions neuf cent trente-sept mille huit cent vingt-sept Dinar Algérien.

Conclusion Générale

CONCLUSION GENERALE

La réalisation de ce mémoire de fin d'étude sur le projet de dédoublement et de rectification de tracé pour augmenter la capacité de la ligne ferroviaire minière Est a été une expérience enrichissante et valorisante, Au cours de cette étude approfondie, nous avons pu acquérir de nouvelles compétences techniques et développer une compréhension approfondie des différents aspects liés à la conception et à la réalisation d'un projet d'infrastructure ferroviaire,

En travaillant sur ce projet, nous avons également pu développer notre capacité à mener des recherches approfondies, à analyser des données techniques et à prendre des décisions éclairées, Nous avons étudié les normes existantes, telles que celles de l'Union Internationale des Chemins de Fer (UIC), de la Société Nationale de Transport Ferroviaire (SNTF) et de la Société Nationale des Chemins de Fer (SNCF), et nous les avons respectées tout au long de notre étude, Cela garantit la conformité aux exigences techniques et assure la qualité du projet,

Enfin, nous avons également accordé une attention particulière à l'aspect économique et environnemental du projet, Nous avons cherché à optimiser les coûts tout en garantissant la durabilité environnementale, Cela inclut la minimisation des impacts sur l'environnement naturel et la mise en place de mesures d'atténuation appropriées pour préserver les ressources naturelles et réduire les émissions,

Dans l'ensemble, ce projet de fin d'étude nous a permis de mettre en pratique nos connaissances théoriques, de développer de nouvelles compétences techniques et informatiques, et de comprendre l'importance de prendre en compte toutes les normes, le confort, la sécurité, l'économie et l'environnement dans la réalisation d'un projet d'infrastructure ferroviaire, Nous sommes convaincus que cette expérience nous sera bénéfique dans notre future carrière professionnelle et contribuera à l'amélioration continue du secteur ferroviaire,

Références

1. Adresse URL de la Société Nationale des Transports Ferroviaires (SNTF) :
<https://www.sntf.dz/>, consultée en ligne le 25 Mars 2021,
2. SNTF 2003, IN 2547
3. SNTF, Référentiel technique, version 02, chapitre 6 : Géométrie de la voie,
4. les normes UIC (741), Quais des gares à voyageurs-Règles pour l'implantation des bordures des quais par rapport à la voie,
5. UIC 719 R, Ouvrages en terre et couches d'assise ferroviaire, 2ème Edition,
6. Groupe d'experts nationaux et internationaux, Règlement Parasismique des Ouvrages d'Art 2008, Alger, Ministère des Travaux Publics,
7. SETIRAIL, « Rapport de l'étude géologique »,
8. SETI-RAIL, (Rapport géotechnique Ligne Minière Est ANNABA -BOUCHEGOUF
9. SETI-RAIL, (Rapport d'étude hydrologique et hydraulique),
10. SETRA, Guide technique : Assainissement routier, Octobre 2006,
11. SNTF, chapitre 10, signalisation et télécommunication
12. Mémoires de voie ferrée école nationale des travaux publics,

Annexes

ANNEXE A : Listing Axe en plan

| Axe en plan: AXE DE LA PLATFORME | | | | | | |
|---|---------------------|----------|----------|---|------------|-------------|
| Description | | | | | | |
| Plage d'abscisse : Début: 30+000, Fin: 40+000 | | | | | | |
| Elem | Caractéristiques | Longueur | Abscisse | X | Y | |
| | | | 30+000 | 8 | 390772,408 | 4055729,890 |
| DR1 | ANG=117,3131 (g) | 276,472 | | | | |
| | | | 30+276 | 8 | 391038,719 | 4055655,626 |
| CLO2 | A=252,982 | | | | | |
| | R=800,000 | 80,000 | | | | |
| | | | 30+356 | 3 | 391115,402 | 4055632,858 |
| ARC3 | XC=390862,265 | | | | | |
| | YC=4054873,96 | | | | | |
| | R=800,000 | 439,010 | | | | |
| | | | 30+795 | 7 | 391474,098 | 4055389,386 |
| CLO4 | A=252,982 | | | | | |
| | R=800,000 | 80,000 | | | | |
| | | | 30+875 | 7 | 391523,567 | 4055326,526 |
| DR5 | ANG=158,6146 (g) | 227,351 | | | | |
| | | | 31+103 | 1 | 391661,172 | 4055145,546 |
| CLO6 | A=246,982 | | | | | |
| | R=610,000 | 100,000 | | | | |
| | | | 31+203 | 5 | 391719,482 | 4055064,343 |
| ARC7 | XC=391205,302 | | | | | |
| | YC=4054736,13 | | | | | |
| | R=610,000 | 304,119 | | | | |
| | | | 31+507 | 4 | 391813,827 | 4054778,533 |
| CLO8 | A=246,982 | | | | | |
| | R=610,000 | 100,000 | | | | |
| | | | 31+607 | 0 | 391815,318 | 4054678,574 |

 ANNEXES

| | | | | | | |
|-------|---------------------|---------|--------|---|------------|-------------|
| DR9 | ANG=200,7901 (g) | 116,932 | | | | |
| | | | 31+724 | 8 | 391813,866 | 4054561,651 |
| CLO10 | A=244,949 | | | | | |
| | R=1500,000 | 40,000 | | | | |
| | | | 31+764 | 7 | 391813,192 | 4054521,657 |
| ARC11 | XC=390313,689 | | | | | |
| | 7 | | | | | |
| | YC=4054560,26 | | | | | |
| | 86 | | | | | |
| | R=1500,000 | 247,239 | | | | |
| | | | 32+011 | 6 | 391786,534 | 4054276,141 |
| CLO12 | A=244,949 | | | | | |
| | R=1500,000 | 40,000 | | | | |
| | | | 32+051 | 1 | 391778,609 | 4054236,935 |
| DR13 | ANG=212,9808 (g) | 559,414 | | | | |
| | | | 32+611 | 0 | 391665,332 | 4053689,110 |
| CLO14 | A=246,982 | | | | | |
| | R=610,000 | 100,000 | | | | |
| | | | 32+711 | 7 | 391647,770 | 4053590,695 |
| ARC15 | XC=392253,241 | | | | | |
| | 5 | | | | | |
| | YC=4053516,49 | | | | | |
| | 86 | | | | | |
| | R=610,000 | 332,239 | | | | |
| | | | 33+043 | 4 | 391696,935 | 4053266,251 |
| CLO16 | A=246,982 | | | | | |
| | R=610,000 | 100,000 | | | | |
| | | | 33+143 | 7 | 391742,865 | 4053177,457 |
| DR17 | ANG=167,8707 (g) | 71,283 | | | | |
| | | | 33+214 | 3 | 391777,333 | 4053115,061 |
| CLO18 | A=244,949 | | | | | |
| | R=600,000 | 100,000 | | | | |
| | | | 33+314 | 7 | 391823,222 | 4053026,247 |
| ARC19 | XC=391275,700 | | | | | |
| | 6 | | | | | |
| | YC=4052780,85 | | | | | |
| | 02 | | | | | |
| | R=600,000 | 407,832 | | | | |
| | | | 33+722 | 5 | 391855,785 | 4052627,548 |
| CLO20 | A=244,949 | | | | | |

 ANNEXES

| | | | | | | |
|-------|---------------------|---------|--------|---|------------|-------------|
| | R=600,000 | 100,000 | | | | |
| | | | 33+822 | 5 | 391824,915 | 4052532,464 |
| DR21 | ANG=221,7534 (g) | 169,336 | | | | |
| | | | 33+991 | 4 | 391768,172 | 4052372,918 |
| CLO22 | A=246,982 | | | | | |
| | R=610,000 | 100,000 | | | | |
| | | | 34+091 | 9 | 391737,258 | 4052277,848 |
| ARC23 | XC=392326,798 4 | | | | | |
| | YC=4052121,18 53 | | | | | |
| | R=610,000 | 176,246 | | | | |
| | | | 34+267 | 3 | 391717,058 | 4052103,379 |
| CLO24 | A=246,982 | | | | | |
| | R=610,000 | 100,000 | | | | |
| | | | 34+367 | 9 | 391725,429 | 4052003,760 |
| DR25 | ANG=192,9233 (g) | 231,807 | | | | |
| | | | 34+599 | 7 | 391751,144 | 4051773,384 |
| CLO26 | A=246,982 | | | | | |
| | R=610,000 | 100,000 | | | | |
| | | | 34+699 | 4 | 391759,516 | 4051673,765 |
| ARC27 | XC=391149,776 3 | | | | | |
| | YC=4051655,96 02 | | | | | |
| | R=610,000 | 729,005 | | | | |
| | | | 35+428 | 0 | 391390,071 | 4051095,283 |
| CLO28 | A=246,982 | | | | | |
| | R=610,000 | 100,000 | | | | |
| | | | 35+528 | 4 | 391296,170 | 4051060,980 |
| DR29 | ANG=279,4415 (g) | 431,366 | | | | |
| | | | 35+960 | 4 | 390887,102 | 4050924,087 |
| CLO30 | A=246,982 | | | | | |
| | R=610,000 | 100,000 | | | | |
| | | | 36+060 | 6 | 390791,468 | 4050894,963 |
| ARC31 | XC=390645,898 7 | | | | | |
| | YC=4051487,33 95 | | | | | |
| | R=610,000 | 203,903 | | | | |

 ANNEXES

| | | | | | | | |
|-------|---------------------|---------|--------|---|------------|-------------|--|
| | | | 36+264 | 5 | 390589,066 | 4050879,992 | |
| CLO32 | A=246,982 | | | | | | |
| | R=610,000 | 100,000 | | | | | |
| | | | 36+364 | 5 | 390490,188 | 4050894,729 | |
| DR33 | ANG=311,1580 (g) | 417,634 | | | | | |
| | | | 36+781 | 0 | 390078,953 | 4050967,553 | |
| CLO34 | A=246,577 | | | | | | |
| | R=640,000 | 100,000 | | | | | |
| | | | 36+876 | 3 | 389985,050 | 4050981,796 | |
| ARC35 | XC=389920,487 5 | | | | | | |
| | YC=4050345,06 17 | | | | | | |
| | R=640,000 | 572,675 | | | | | |
| | | | 37+449 | 6 | 389464,173 | 4050793,812 | |
| CLO36 | A=246,577 | | | | | | |
| | R=640,000 | 95,000 | | | | | |
| | | | 37+544 | 2 | 389401,009 | 4050722,884 | |
| DR37 | ANG=244,7431 (g) | 162,034 | | | | | |
| | | | 37+706 | 7 | 389296,274 | 4050599,249 | |
| CLO38 | A=254,951 | | | | | | |
| | R=1300,000 | 50,000 | | | | | |
| | | | 37+756 | 6 | 389263,712 | 4050561,307 | |
| ARC39 | XC=388288,128 2 | | | | | | |
| | YC=4051420,51 31 | | | | | | |
| | R=1300,000 | 367,634 | | | | | |
| | | | 38+124 | 8 | 388985,207 | 4050323,207 | |
| CLO40 | A=254,951 | | | | | | |
| | R=1300,000 | 50,000 | | | | | |
| | | | 38+174 | 2 | 388942,664 | 4050296,940 | |
| DR41 | ANG=265,1950 (g) | 261,909 | | | | | |
| | | | 38+435 | 3 | 388718,932 | 4050160,778 | |
| CLO42 | A=244,949 | | | | | | |
| | R=600,000 | 100,000 | | | | | |
| | | | 38+535 | 3 | 388635,011 | 4050106,453 | |
| ARC43 | XC=388988,522 0 | | | | | | |

| | | | | | | |
|-------|---------------------|---------|--------|---|------------|-------------|
| | YC=4049621,65 48 | | | | | |
| | R=600,000 | 872,692 | | | | |
| | | | 39+408 | 3 | 388465,974 | 4049326,792 |
| CLO44 | A=244,949 | | | | | |
| | R=600,000 | 100,000 | | | | |
| | | | 39+508 | 6 | 388519,861 | 4049242,590 |
| DR45 | ANG=161,9892 (g) | 226,110 | | | | |
| | | | 39+734 | 2 | 388646,986 | 4049055,600 |

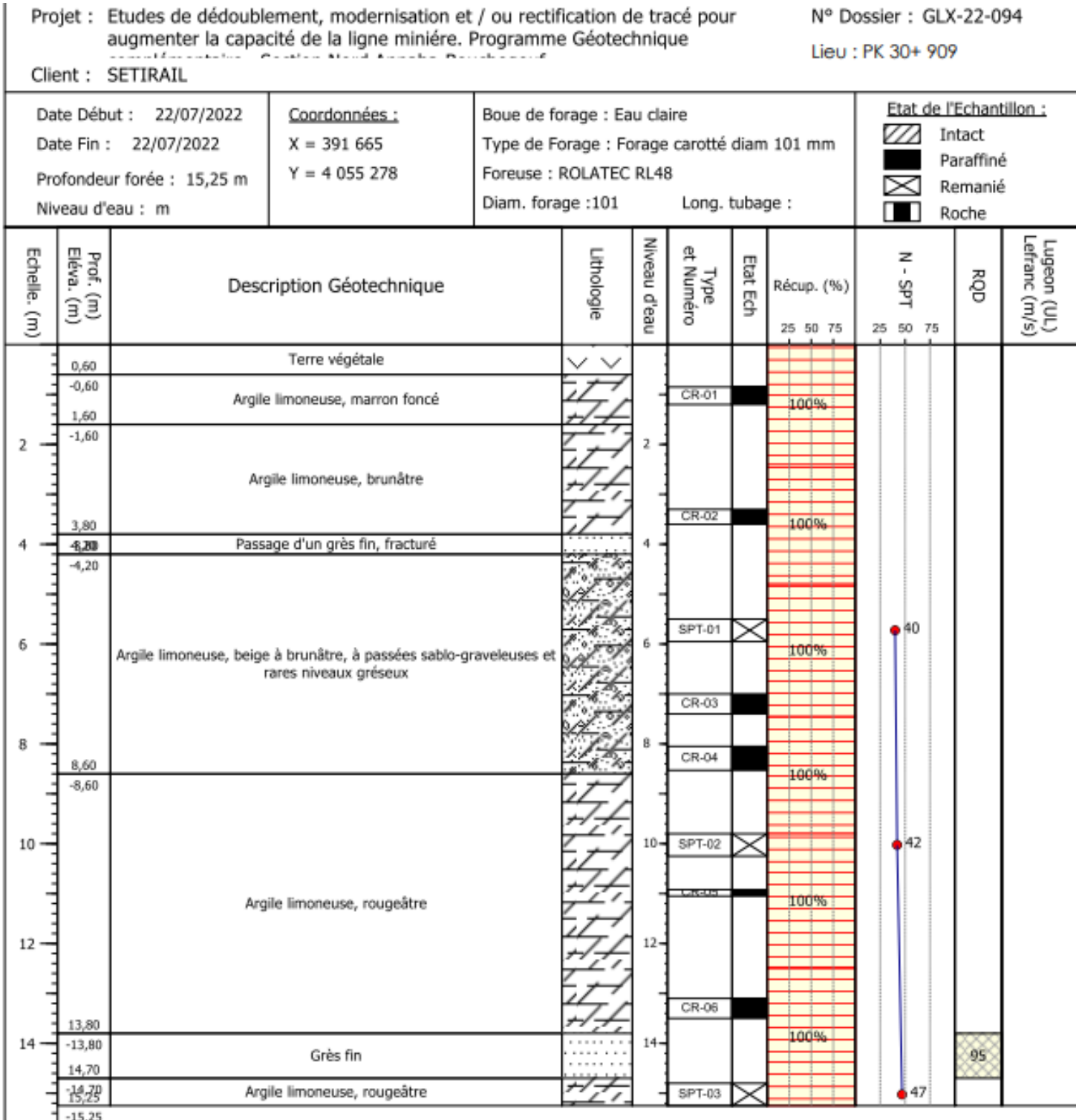
ANNEXE B : Listing profil en long

| | | | | |
|---|--------------------------------------|-----------------|-----------------|----------|
| | | | | |
| Profil en long : LR FSR | | | | |
| Description: | | | | |
| Plage d'abscisse : Début: 30+000, Fin: 40+000 | | | | |
| LONGUEUR DE L'AXE : 9730,000m | | | | |
| | | | | |
| Élément | Caractéristiques des éléments | Longueur | Abscisse | Z |
| | | | 30+000 | 58,630 |
| D1 | PENTE= -0,00% | 1301,008 | | |
| | | | 31+301 | 58,627 |
| ARC1 | S= 31+378 Z=58,627 | | | |
| | R= -10000,000 | 154,473 | | |
| | | | 31+455 | 57,433 |
| D2 | PENTE= -1,55% | 405,002 | | |
| | | | 31+860 | 51,175 |
| ARC2 | S= 31+886 Z=50,777 | | | |
| | R= -10000,000 | 51,549 | | |
| | | | 31+912 | 50,512 |
| D3 | PENTE= -1,03% | 976,050 | | |
| | | | 32+888 | 40,463 |
| ARC3 | S= 32+931 Z=40,020 | | | |
| | R= -10000,000 | 86,082 | | |
| | | | 32+974 | 39,947 |
| D4 | PENTE= -0,17% | 515,655 | | |

 ANNEXES

| | | | | |
|------|--------------------|----------|--------|--------|
| | | | 33+490 | 39,078 |
| ARC4 | S= 33+548 Z=38,979 | | | |
| | R= -15000,000 | 117,018 | | |
| | | | 33+607 | 39,337 |
| D5 | PENTE= 0,61% | 548,244 | | |
| | | | 34+155 | 42,689 |
| ARC5 | S= 34+181 Z=42,848 | | | |
| | R= -10000,000 | 51,918 | | |
| | | | 34+207 | 42,872 |
| D6 | PENTE= 0,09% | 220,502 | | |
| | | | 34+428 | 43,075 |
| ARC6 | S= 34+495 Z=43,138 | | | |
| | R= -55655,952 | 135,195 | | |
| | | | 34+563 | 43,364 |
| D7 | PENTE= 0,34% | 990,941 | | |
| | | | 35+554 | 46,686 |
| D8 | PENTE= 0,42% | 1499,600 | | |
| | | | 37+053 | 53,035 |
| ARC8 | S= 37+097 Z=53,222 | | | |
| | R= -12000,000 | 88,411 | | |
| | | | 37+142 | 53,084 |
| D9 | PENTE= -0,31% | 434,996 | | |
| | | | 37+577 | 51,720 |
| ARC9 | S= 37+603 Z=51,638 | | | |
| | R= -11000,000 | 52,262 | | |
| | | | 37+629 | 51,681 |
| D10 | PENTE= 0,16% | 1417,529 | | |
| | | | 39+046 | 53,973 |
| D11 | PENTE= -0,00% | 683,826 | | |
| | | | 39+730 | 53,971 |

ANNEXE C : Coupe lithologique des sondages carottés et photographies des



caisses à carottes



Sondage : F-05-CCM-B
Caisse N° : F-05-CCM-B (1)
Profondeur : 0,00m - 2,40m



Sondage : F-05-CCM-B
Caisse N° : F-05-CCM-B (2)
Profondeur : 2,40m - 4,80m



Sondage : F-05-CCM-B
Caisse N° : F-05-CCM-B (3)
Profondeur : 4,80m - 7,45m



Sondage : F-05-CCM-B
Caisse N° : F-05-CCM-B (4)
Profondeur : 7,45m - 9,80m



Sondage : F-05-CCM-B
Caisse N° : F-05-CCM-B (5)
Profondeur : 9,80m - 12,50m



Sondage : F-05-CCM-B
Caisse N° : F-05-CCM-B (6)
Profondeur : 12,50m - 15,25m



RAPPORT DE FORAGE

Réf. : F-06-CCM-B

Projet : Etudes de dédoublement, modernisation et / ou rectification de tracé pour augmenter la capacité de la ligne minière. Programme Géotechnique

N° Dossier : GLX-22-094

Client : SETIRAIL

Date Début : 18/07/2022
Date Fin : 18/07/2022
Profondeur forée : 15,27 m
Niveau d'eau : 10,30 m

Coordonnées :
X = 391 800
Y = 4 052 168

Boue de forage : Eau claire
Type de Forage : Forage carotté diam 101 mm
Foreuse : ROLATEC RL48
Diam. forage : 101 Long. tubage :

Etat de l'Echantillon :

- Intact
- Paraffiné
- Remanié
- Roche

| Echelle: (m) | Prof. (m) Eleva. (m) | Description Géotechnique | Lithologie | Niveau d'eau | Type et Numéro | Etat Ech | Récup. (%) | | | N - SPT | | | RQD | Lugeon (UL) Lefranc (m/s) |
|--------------|-------------------------|--|------------|--------------|----------------|----------|------------|----|----|---------|----|----|-----|------------------------------|
| | | | | | | | 25 | 50 | 75 | 25 | 50 | 75 | | |
| | 0,70 | Argile graveleuse, beige à brunâtre | | | | | | | | | | | | |
| | 0,70 | Argile graveleuse, marron foncé | | | | | | | | | | | | |
| | -1,20 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | Argile limoneuse marron foncé | | | CR-01 | ■ | | | | | | | | |
| | 3,90 | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 4,40 | Passage caillouteux (fragments de grès) | | | | | | | | | | | | |
| | -4,40 | | | | CR-02 | ■ | | | | | | | | |
| | | Alternance de niveaux de sable plus ou moins argileux et des niveaux de grès fin, marrons | | | SPT-01 | ⊗ | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8,50 | | | | | CR-03 | ■ | | | | | | | |
| | -8,50 | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | Alternance de niveaux de sable plus ou moins argileux et des niveaux de grès fin, brunâtres à beiges | | | SPT-02 | ⊗ | | | | | | | | |
| | | | | | | CR-04 | ■ | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | CR-05 | ■ | | | | | | | | |
| | 15,27 | | | | | | | | | | | | | |
| | -15,27 | | | | SPT-03 | ⊗ | | | | | | | | |

Remarque :

Type Carottier :

SPT : Carottier SPT

TS : Tube Shelby

CD : Tube carottier à diamants

EP : Echantillonneur à Piston

Préparer par : M. BENMEZIANE

Verifié par : F. BEGHACHI

Date : 25/07/2022



Sondage : F-06-CCM-B
Caisse N° : F-06-CCM-B (1)
Profondeur : 0,00m - 2,40m



Sondage : F-06-CCM-B
Caisse N° : F-06-CCM-B (2)
Profondeur : 2,40m - 4,80m



Sondage : F-06-CCM-B
Caisse N° : F-06-CCM-B (3)
Profondeur : 4,80m - 7,70m



Sondage : F-06-CCM-B
 Caisse N° : F-06-CCM-B (4)
 Profondeur : 7,70m - 10,20m



Sondage : F-06-CCM-B
 Caisse N° : F-06-CCM-B (5)
 Profondeur : 10,20m - 13,15m



Sondage : F-06-CCM-B
 Caisse N° : F-06-CCM-B (6)
 Profondeur : 13,15m - 15,27m



RAPPORT DE FORAGE

Lieu : PK 37+235

Réf. : F-07-CCM-B

Projet : Etudes de dédoublement, modernisation et / ou rectification de tracé pour augmenter la capacité de la ligne minière. Programme Géotechnique

N° Dossier : GLX-22-094

Client : SETIRAIL

Date Début : 16/07/2022
Date Fin : 16/07/2022
Profondeur forée : 12,55 m
Niveau d'eau : 4,45 m

Coordonnées :
X = 389 702
Y = 4 050 917

Boue de forage : Eau claire
Type de Forage : Forage carotté diam 101 mm
Foreuse : ROLATEC RL48
Diam. forage :101 Long. tubage :

Etat de l'Echantillon :

- Intact
- Paraffiné
- Remanié
- Roche

| Echelle (m) | Prof. (m) Eleva. (m) | Description Géotechnique | Lithologie | Niveau d'eau | Type et Numéro | Etat Ech | Récup. (%) | | | N - SPT | | | RQD | Lugeon (UL) Lefranc (m/s) |
|-------------|-------------------------|---|------------|--------------|----------------|-------------------------------------|------------|-----|-----|---------|-----|----|-----|------------------------------|
| | | | | | | | 25 | 50 | 75 | 25 | 50 | 75 | | |
| | 0,20 | Terre végétale | | | | | | | | | | | | |
| | -0,20 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 2,20 | Argile limono-caillouteuse beige, avec présence de galets | | | | | | 86% | | | | | | |
| | -2,20 | | | | | | | | | | | | | |
| | 3,45 | Argile limono-graveleuse, marron foncé à verdâtre | | | CR-01 | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | |
| 4 | -3,45 | | | | | | | | | | | | | |
| | 5,95 | Argile limoneuse beige, avec présence de galets et fragments de grès | | | SPT-01 | <input checked="" type="checkbox"/> | | 87% | | | 42 | | | |
| | -5,95 | | | | | | | | | | | | | |
| | 7,20 | Argile limoneuse, brunâtre, avec un passage caillouteux entre 6,85m et 7,20m | | | | | | | 98% | | | | | |
| | -7,20 | | | | CR-02 | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | |
| 8 | | | | | CR-03 | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | |
| | 10 | Argile limoneuse, devenant sableuse en allant en profondeur, avec présence de quelques niveaux de galets dans l'intervalle 10,20m et 11,20m | | | SPT-02 | <input checked="" type="checkbox"/> | | 92% | | | (R) | | | |
| | -10,20 | | | | | | | | | | | | | |
| | 12 | | | | | | | | | | | | | |
| | -12,55 | | | | SPT-03 | <input checked="" type="checkbox"/> | | 82% | | | 81 | | | |

Remarque :

Type Carottier :

SPT : Carottier SPT

TS : Tube Shelby

CD : Tube carottier à diamants

EP : Echantillonneur à Piston

Préparer par : M. BENMEZIANE

Verifié par : F. BEGHACHI

Date : 23/10/2022



Sondage : F-07-CCM-B
Caisse N° : 1/5
Profondeur : 0,00m - 2,80m



Sondage : F-07-CCM-B
Caisse N° : 2/5
Profondeur : 2,80m - 5,55m



Sondage : F-07-CCM-B
Caisse N° : 3/5
Profondeur : 5,55m - 8,00m



Sondaje : F-07-CCM-B
Caisse N° : 4/5
Profondeur : 8,00m - 10,60m







Sondaje : F-07-CCM-B
Caisse N° : 5/5
Profondeur : 10,60m - 12,55m

ANNEXE D Coupe lithologique et photographies des puits de reconnaissance

| Profondeur (m) | | Profondeur du toit de la couche (m) | Épaisseur couche (m) | Orientation des couches | | Colonne stratigraphique | Description lithologique (1a) | Profondeur du niveau piézométrique (1b) | Présence de restes anthropiques (2a) | Type d'échantillon (E/ER/IC) | Degré de cimentation (7a) | Résistance à l'excavation (6a) | Degré de stabilité des parois (5a) | Filtrations (4a) | Essai réalisé "in situ" (3a) | Consistance des argilles (8a), 1,9811 (2a) | Compacité, densité relative des sables (2b) |
|---------------------------|--|-------------------------------------|----------------------|-------------------------|--|-------------------------|---|---|--------------------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------------------------|------------------|------------------------------|--|---|
| Di rection de pendage (°) | | Pendage (°) | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,00 | | | 0,80 | | | | Argile limoneuse brunâtre | | | | N | B | S | S | | | |
| 1,00 | | | 2,00 | | | | Limon argilo-sableux, beige | | | ER | N | B | S | S | | | |
| 2,50 | | | 0,40 | | | | Sable fin beige | | | | N | B | CM | S | | | |
| 3,50 | | | | | | | Niveau de galets ayant produit refus à 3,5m | | | | N | TH | CM | S | | | |
| 4,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4,50 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| ENTREPRISE RÉALISANT LE PUIT : INZAMAC ALGERIE | | TEMPS D'OUVERTURE DU PUIT (h) : 1 |
|---|--|---|
| EQUIPEMENT D'EXCAVATION : Pelle mécanique | | TAILLE DU PUIT: (long×larg×prof) (m) : |
| PUISSANCE DE L'ÉQUIPEMENT (CV) : | | |
| SITUATION DU PUIT (P.K.) : 34+625 | | LONGUEUR DU BRAS (m) : 3m |
| POSITION PAR RAPPORT A L'AXE DU TRACÉ (DROITE OU GAUCHE) : Droite | | NOM DU GÉOLOGUE : Mustapha BENMEZIANE |
| COORDONNÉES (X, Y) : 391790, 4051703 | | DATE DE LA RÉALISATION DU PUIT : 10/08/2022 |

|  (PROJET : Etudes de dédoublement, modernisation et / ou rectification de tracé pour augmenter la capacité de la ligne minière EST - Programme Géotechnique complémentaire du 28/12/2021 - Sous mission B10 tronçon Chebaita Mokhtar-Boucheougouf+Contournement de Dréan REFERENCE : GLX-22-094 | | PUITS N°: PU-02-CCM-B |
|---|--|-----------------------|
|---|--|-----------------------|

| PRESENTATION PHOTOGRAPHIQUE DU PUIT | |
|---|--|
| Photo N° 01 :  | Photo N° 02 :  |
| Photo N° 03 :  | |

Annexe E : Classifications des sols selon UIC,

| Classe de qualités des sols | Classification des sols (identification géotechnique) |
|-----------------------------|---|
| <p>QS0 : Sols impropres</p> | <p>0.1 sols organiques.</p> <p>0.2 sols fins (comportant plus de 15% de fines) foisonné, humides et donc non compactables.</p> <p>0.3 sols comportant des matériaux solubles (sel gemme ou gypse)</p> <p>0.5 sols comportant des matériaux polluants (déchets industriels par exemple).</p> <p>0.6 sols mixtes « minéraux organique ».</p> |
| <p>QS1 : Sols médiocres</p> | <p>1.1 Sols comportant plus de 40 % de fines (sauf sols 0.2).</p> <p>1.2 Roches très évolutives par exemple : - Craies de $\rho_d < 1.7 t/m^3$ et de friabilité forte – Marnes - Schistes altérés.</p> <p>1.3 Sols comportant de 15 à 40 % de fines (sauf sols 0.2).</p> <p>1.4 Roches évolutives par exemple : - Craies de $\rho_d < 1.7 t/m^3$ et de friabilité faible - Schistes non altérés.</p> <p>1.5 Roches tendres par exemple : Si Microdeval en présence d'eau (MDE)>40 et Los Angeles LA>40.</p> |
| <p>QS2 : Sols moyens</p> | <p>2.1 Sol comportant de 5 à 15% de fines.</p> <p>2.2 Sols comportant moins de 5% de fines mais uniformes ($Cu \leq 6$).</p> <p>2.3 Roches moyennement dures par exemple : Si $25 < MDE \leq 40$ et $30 < LA < 40$.</p> |
| <p>QS3 : Bons sols</p> | <p>3.1 Sols comportant moins de 5% de fines</p> <p>3.2 Roches dures par exemples : Si $MDE \leq 25$ et $LA \leq 30$</p> |

| | | | | |
|------------------------------------|------------|---------------------------|--------------------|------------|
| SPECIFICATION TECHNIQUE N° 590B | CHAPITRE 2 | SPECIFICATIONS TECHNIQUES | EDITION mars-99 | PAGE 26 |
|------------------------------------|------------|---------------------------|--------------------|------------|

| | |
|-----------|----------------|
| ARTICLE 9 | SPECIFICATIONS |
|-----------|----------------|

Fiche n° 7 : Matériaux de zone inondable

Type de matériau : CiB3 , D3 , R21 , R22 , R41 , R42 , R61 , R62 , F31 , F71

| | | | Observations |
|--|---------|---------------|--------------|
| <u>désignation</u> | | Granulat 0/D | |
| Caractéristiques intrinsèques | | | |
| résistance | LA+MDA | <= 80 | |
| Caractéristiques de fabrication | | | |
| dimensions nominales | d | 0 | |
| | D | 63 à 500 | |
| granularité (fuseau de spécification) | P[Dmax] | >= 99 % | |
| | P[D] | [1] | |
| | P[D/20] | | |
| | P[0,08] | <= 5 % | [2] |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| Caractéristiques complémentaires | | | |
| sensibilité au gel | | non gélif | |
| dégradabilité | | non mesurable | |
| granulats artificiels | | [3] | |

[1] si $D \leq 200$ mm : $P[D] = 99$ à 85 % ($D_{max} = 1,25 D$)

si $D > 200$ mm : $P[D] \geq 99$ % ($D = D_{max}$)

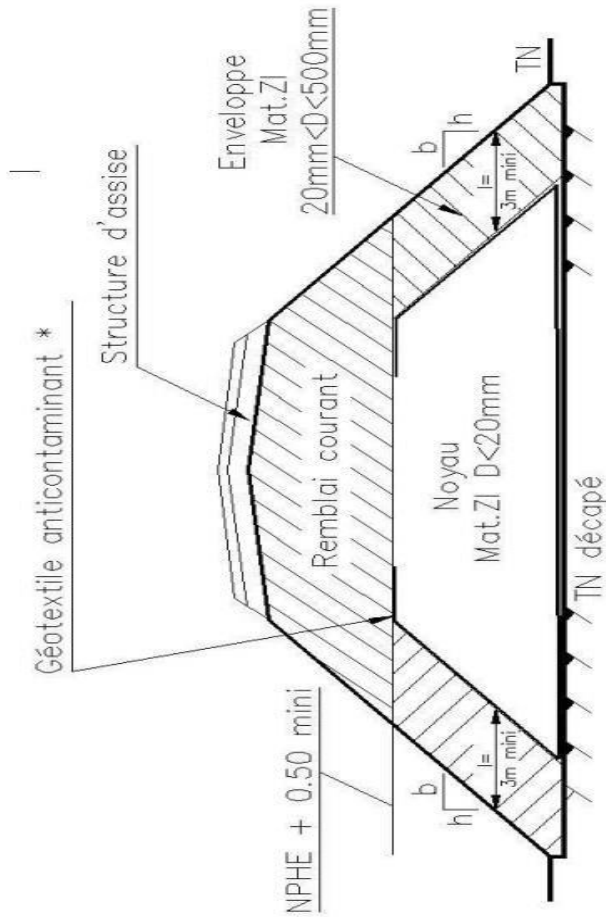
[2] mesuré sur la fraction 0/50

[3] voir recommandations d'emploi en annexes 1 et 2

ANNEXE F : ANNEXE 7 de la norme IN 3278 « Remblai de zone inondable avec noyau et enveloppe »

IN 3278 - Référentiel Technique pour la réalisation des LGV – Partie Génie Civil – Tome II

Annexe 7 – Remblai de zone inondable avec noyau et enveloppe



Le NPHE (niveau des plus hautes eaux) est déterminé par l'étude hydraulique

* Si les conditions de Terzaghi ne sont pas respectées entre les matériaux du noyau et ceux de l'enveloppe

