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



Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructure de Base

Thème

Etude en APD de dédoublement modernisation et/ou rectification d'une ligne ferroviaire pour augmenter la capacité de la ligne minière d'un tronçon entre Oued Kebrit-Tébessa (PK 79+500 au PK 91+500) avec conception de la gare de MORSOTT

Présenté par :

Djerbah Oussama

Zaoui Mohamed Dhia Eddine

Encadré par :

Mr. Boudjellal Mohamed

Promotion 2022/2023

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

REMERCIEMENT

Tout d'abord, nous voudrions remercier Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage et la volonté de réaliser ce présent travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude à tous ceux qui nous ont aidés à élaborer ce projet, en particulier notre encadreur, M. BOUDJELLAL Mohamed, pour sa disponibilité constante, son aide précieuse et ses orientations tout au long de ce projet.

Nous exprimons chaleureusement notre gratitude Enver nos frère, M. HAMMADI Imam, pour son soutien, ses remarques pertinentes et son encouragement tout au long de ce projet.

Nous souhaitons également remercier le groupe BET el bibane pour leur soutien et leurs remarques pendant toute la période du stage, en particulier M. GHEZALI Elhouas. Nous tenons à remercier chaleureusement M. ZENNOUCHE Ismail, ingénieur chez Cosider engineering, et à exprimer notre sincère gratitude envers tout le groupe SETIRAIL, spécialement Mme MERRIDJI Amina.

Nous adressons nos sincères remerciements à M. MORSLI et à tous les membres du personnel de L'ENSTP pour leurs précieux conseils et leurs efforts, en particulier Mme Bourebia, Mme Makoudi et Mme Boumahrez.

Nous aimerions exprimer notre sincère remerciements aux membres du jury pour l’intérêt qu’ils ont porté à notre recherche en acceptant d’examiner notre modest travail et de l’enrichir par leurs propositions.

Dédicace

Je dédie ce travail

A mes chers parents, Mon cher père précieux Rachid, A ma mère, ma source de vie, d'amour et d'affection Lynda, que dieu me les protège, et que je présente ma profonde gratitude et reconnaissance pour leurs chaleureux encouragements, leurs sacrifices inestimables, pour tout leur . amour, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études

A mes 4 petites sœurs Amna, Ranim, Rawan,Aridj

A mes grands-parents maternels et paternels

A mon oncle Mustafa tebib et sa famille

A Mon oncle Houcine et sa femme Assia, mon cousin Bassem et ma . cousine Ryan

A Mon oncle Abdelnour, mon oncle Abdelwahab, mes tantes Fatima, . Hanan, Najwa, Amal et toute leur famille

A les frères que la vie m'a donnés a mes amies : Akram Haba, Mohamed aouaidjia, Mosaab Oussama djerbah, Nadir, Imam, Mahmoud Meg, Rabbie, Mouhamed maarfia, Ismail , Wassim , Atef ,Mazen, Hichem, Chiheb , Aziz, Anis megah,Omar sameh

Anis debah, zaki, Akram belhamra, Oussama ben, Ilyes djaidja, Moumen,Abdelhak,Khier mohamed,Moncif,Nacer TM,Houssem mek,Fares,Haroune, Rami, a tout le groupe de l'imprimerie Nidhal , pour . être toujours à mes côtés

À toutes les personnes qui m'ont soutenu de près ou de loin tout au long . de mon parcours

Merci à tous

Mohamed Dhia

Dédicace

À l'être le plus cher de ma vie, celle qui s'est sacrifiée pour nous voir grandir et réussir, à celle qui me soutient et me permet de réaliser mes rêves, À toi chère Maman.

À mon chère père DJAMEL qui m'a indiqué la bonne voie et qui a sacrifié toute sa vie afin de me voir grandir et réussir, et m'avoir donné le courage et la volonté.

À mon frère et amie HOUSSEM et Ma chère sœur Pour leur encouragement et soutien le long de ma carrière d'étude.

À la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon bonheur mon grand-père LAYADI CHITOUR.

À mes meilleurs amis:

Yahia Bey Houari, Rabah Baizid, Chennafi Sidali, Mossab Seghni, Zaoui Dhia, Baghdadi abdessalam, Hammadi imam, Sofiane migou ,Bensalah Mohamed , Houssem, Samy Djwada ,Benabdelwahab abdellah,Arzag Radwane,Baziz Azzdin.

DJERBAH OUSSAMA

ملخص :

تتعلق هذه المذكرة بدراسة مفصلة لمرحلة ما قبل المشروع لمضاعفة وتحديث و/أو تصحيح جزء من خط السكة الحديدية واد كبريت – تبسة بطول 12 كيلومترًا (من النقطة الكيلومترية 500+79 إلى النقطة الكيلومترية 000+91) مع تصميم وانجاز محطة القطار مرسط .

تم تنفيذ هذا المشروع وفقًا لمعايير الاتحاد الدولي للسكك الحديدية وتوصيات الشركة الوطنية للنقل.

البرامج التي تم استخدامها في المشروع للنمذجة والحساب هي

Geostudio و Autocad 2018.

Résumé :

Le présent mémoire porte sur une étude avant-projet détaillée APD de dédoublement modernisation et/ou rectification d'un tronçon de 12 km de la ligne ferroviaire Oued kebrit - Tébessa (du Pk 79+500 jusqu'au Pk 91+500) avec conception de la gare de MORSOTT.

Ce projet a été réalisé suivant les normes de l'union internationale de chemin de fer (UIC) et les recommandations de la Société nationale de transport ferroviaire (SNTF).

Les logiciels de modélisation et de calcul utilisé dans le projet sont : Autocad 2018, Geostudio.

Summary :

This project focuses on a detailed pre-project study (APD) for the expansion, modernization and/or rectification of a 12 kilometer section of the Oued Kebrit - Tébessa railway line (from Pk 79+500 to Pk 91+500) including the design of the MORSOTT station.

This project was carried out in accordance with the standards of the International Union of Railways (UIC) and the recommendations of the National Railway Transport Company (SNTF). The modeling and calculation software used in the project are Autocad 2018, and Geostudio.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE……..…….....1

CHAPITRE I : Recherche bibliographique.....3

I.Recherche bibliographique.....3

I.1- INTRODUCTION :.....3

I.2- DEVELOPPEMENT DU RESEAU FERROVIAIRE EN ALGERIE : 3

I.2.1- Après l'indépendance :.....4

I.2.2- Réseau Actuel : 4

I.3- Le programme de développement des infrastructures ferroviaires :.....5

I.4Conclusion :.....7

Chapitre II : Présentation du projet : 8

II. 1Introduction :.....8

II. 2Présentation de la wilaya de Tébessa :.....8

II. 3Description de la zone d'étude :.....9

II. 3.1Présentation du site :.....10

II. 3.2Situation démographique :.....10

II. 3.3RELIEF :.....10

II. 3.4Climat :.....11

II. 3.5Sismicité :.....12

II. 3.6HYDROLOGIE : 12

II. 4OBJECTIFS DU PROJET :.....13

II. 5Caractéristiques de notre projet :.....13

II. 5.1Caractéristiques de Base : 13

II. 5.2Caractéristiques de la Voie : 13

II. 5.3Superstructure : 14

II. 6 CONCLUSION : 14

Chapitre III : Superstructure de la voie : 15

III.1 Introduction : 15

III.2 L'armement de la voie : 15

III.2.1 Le rail : 15

III.2.2 Eclisse : 16

III.2.3 Soudures : 17

III.2.4 Les traverses : 17

III.2.5 L'appareil de voie : 18

Chapitre IV : Tracé en plan **..... 20**

IV.1Introduction : 20

IV.2Normes et paramètres de conception géométrique : 20

IV.3Tracé en plan 20

IV.3.1Condition et règles de tracé selon la SNTF : 21

IV.3.2Caractéristiques géométriques : 22

IV.4Application au projet : 22

Chapitre V. : Profile en long : 25

V.1Introduction : 25

V.2Définition : 25

V.3Eléments de composition du profil en long : 25

V.3.1Choix des alignements droits : 25

V.3.2Choix des cercles : 26

V.4Application au projet : 27

Chapitre VI : Etude hydrologique et hydraulique 29

VI Etude hydrologique et hydraulique 29

VI.1 Introduction 29

VI.2 Etude hydrologique : 29

VI.2.1 Identification des points d'intersection 30

VI.2.2 La délimitation des bassins versants : 30

VI.2.3 Évaluation des caractéristiques morphologiques 31

VI.2.4 Caractéristiques climatiques et pluviométriques : 33

VI.2.5 Calcul du débit maximal dans les bassins (les débits de crue) : 35

VI.3 Etude Hydraulique : 38

VI.3.1 Introduction : 38

VI.3.2 Critères de dimensionnement à respecter : 38

VI.3.3 Dimensionnement des ouvrages transversaux : 39

VI.3.4 Ouvrages d'assainissement longitudinaux :..... 43

Chapitre VII Etude géologique et géotechnique 47

VII.1 Introduction.....47

VII.2 Géologie :.....47

VII. 3 Étude géotechnique :.....47

VII. 3.1 Programme d'investigation géotechnique :.....48

VII. 3.2 Campagne de reconnaissance géotechnique : 52

Chapitre VIII Assise ferroviaire : 63

VIII.1 Introduction : 63
VIII.2 Composition d'assise ferroviaire : 63
VIII.2.1 Le ballaste : 63
VIII.2.2 Sous couche : 64
VIII.2.3 La plate-forme : 65
VIII.2.4 Couche de forme : 66
VIII.3 Calcul des épaisseurs minimales des couches d'assise : 66
VIII.4 Application au projet : 66
CHAPITRE IX : PROFILE EN TRAVERS 69
IX.Profile en travers 69
IX.1Introduction 69
IX.2Profil en travers 69
IX.2.1Profil en travers type : 69
IX.2.2Profil en travers courant : 69
IX.3Les éléments du profil en travers : 69
IX.3.1Eléments de superstructure : 69
IX.3.2Eléments de l'infrastructure : 70
IX.3.3Eléments du talus : 70
IX.3.4Eléments d'assainissement : 70
IX.4Profile en travers type de notre projet : 70
IX.5Calcul des cubatures : 71
Chapitre X Terrassement et ouvrage..... 72
X.1 Les terrassements : 72

X.2Les talus....72
X.2.1Pente de talus : 72
X.2.2Calcule la stabilité de talus : 73
X.2.3Vérification de stabilité des talus....73
X.2.4Remarque : 74
X.3Les ouvrages :....74
X.3.1Influence sur le choix du type d'ouvrage :....75
X.3.2Définition et catégories des ponts :....75
X.3.3Les ouvrages d'art de notre projet : 76
Chapitre XI Conception et aménagement de la gare : 77
XI.1Introduction :....77
XI.2Type de gare :....77
XI.3Etude du plan de masse d'une gare :....77
XI.4Aménagement de la gare....78
XI.4.1Installations d'une gare à voyageur :....78
XI.4.2Marge de glissement à l'aval des signaux : 78
XI.4.3Garage franc : 79
XI.4.4Heurtoir :....79
XI.5Caractéristiques géométriques des gares....79
XI.5.1La longueur utile d'une voie de stationnement : 79
XI.5.2Déclivité dans les gares : 80
XI.5.3Quai : 80
XI.6Application Au Projet : 81
XI.6.1Les Caractéristique de la gare morsot : 81

XI.7Profile en travers type et le schéma de la gare proposé : voir planche N04. 82

Chapitre XII. SIGNALISATION FERROVAIRE 83

XII.1Introductions 83

XII.2Objet de la signalisation ferroviaire 83

XII.3Principes de base.....84

XII.4Implantation des signaux en Algérie.....84

XII.5DIFFERENTES FONCTIONS DES SIGNAUX : 84

XII.6Les différents types de blocks 85

XII.7Système de contrôle et de protection ERTMS.....85

XII.7.1Les fonctions d'ERTMS : 85

XII.8Application sur notre projet :.....86

Chapitre XIII.Etude impact sur l'environnement : 87

XIII.1Introduction : 87

XIII.2Délimitation de la zone d'étude : 87

XIII.2.1Situation de la zone d'étude : 87

XIII.2.2Description de l'état initial de la zone d'étude : 88

XIII.2.3Identification et description des impacts : 89

XIII.2.4Les mesures prises pour réduire ou compenser les impacts : 91

Chapitre XIV.Devis estimatif et quantitatif 94

Chapitre XV Planification de projet 96

XV.Planification de projet.....96

XV.1Introduction : 96

XV.2Définition du projet 96

XV.2.1 Définition des activités du projet 96

XV.2.2 La gestion de projet 96

XV.3Le diagramme de GANTT : 96

XV.4Application sur notre projet :.....97

Conclusion général 98

List des figures

Figure I.1 Développement du réseau ferroviaire en Algérie..... 3

Figure I.1 Programme de développement du réseaux ferroviaire…….....…..7

Figure II.1 Situation de la ligne par rapport au réseau national. 7

Figure II.2 Localisation de la Wilaya de Tébessa 9

Figure II.3 Tronçon oued-keberit/Tébessa 67,5 km. 9

Figure II.4: Tronçon Tenoukla/djebel Onk 88,9 km..... 10

Figure II.5 Classification morphologique du Wilaya de Tébessa. 11

Figure II.6 carte de zonage sismique en algerie 12

Figure III.1 les constituants de la section transversale de rail 16

Figure III.2 profil rail de type UIC 60 E1 16

Figure III.3 Traverse bibloc 17

Figure III.4 les composantes d'attache type nabla 18

Figure III.5 Un branchement et ses éléments constitutifs. 19

Figure IV.1 Les éléments de tracé en plan 20

Figure VI.1 Carte de situation de la région d'étude..... 30

Figure VI.2La délimitation des bassins versants 31

Figure VI.3 OH. Dalot pk 80+750 39

Figure VI.4 OH. Dalot pk 82+780 et pk 83+799 /Dalot (1.9x0.6) 39

Figure VI.5 Un fossé de forme trapézoïdale 43

Figure V.1 Géologie de la zone d'étude (extrait de la carte géologique au 1/50 000 ème n° 150, ORGM). 47

Figure VIII.1 Composition d'assise ferroviaire..... 63

Figure X.1Site gites d'empreinte.....72

Figure X.3 Vérification de la stabilité globale. Analyse statique. (Remblai)……...….74

Figure X.2 Vérification de la stabilité globale. Analyse statique. (Déblai) 74

Figure XI.1 Schématisation de la marge de glissement 78

Figure XI.2 Schéma illustratif de garage franc..... 79

Figure XI.4 la hauteur du quai et la distance entre le bout du quai et l'axe de la voie.... 80

Figure XI.6 Schéma de la gare MORSOT 81

List des Tableaux:

Tableau III.I les caractéristiques d'appareil de voie de notre projet. 19

Tableau IV-1 Vitesse des trains de notre projet 22

Tableau IV-2 Paramètres géométriques de trace en plan (SNTF) 22

Tableau IV-3 Tableau récapitulatif des paramètres du tracé 24

Tableau IV-4 Tableau récapitulatif des paramètres du tracé 24

Tableau V-1 les longueurs minimales des éléments de profile en long 26

Tableau V-2 Valeurs de Rayon vertical minimale 27

Tableau V-3 Les paramètres de profil en long 28

Tableau VI-1 Caractéristiques morphologiques des bassins versants 32

Tableau VI-2 pluies annuelles (mm) 33

Tableau VI-3 pluies maximales journalières (mm) 34

Tableau VI-4 Paramètres a et b des Courbes IDF pour la région de l'étude 34

Tableau VI-5 Résultats de calcul des débits 37

Tableau VI-6 Liste globale des buses d'équilibre et des ouvrages à projeter 41

Tableau VI-7 Calcul des débits à évacuer dans le cas de remblai et déblai. 45

Tableau VI-8 dimensionnement du fossé proposé 46

Tableau VII-1 les unités traversées par le tracé sur la zone d'étude. 48

Tableau VII-2 programme d'investigation lot tracer 50

Tableau VII-3programme d'investigation lot ouvrage 51

Tableau VII-4 Les résultats des puits (PR) effectués 53

Tableau VII-5 Résume des sondages carottés effectués 54

Tableau VII-6 Résume des essais de pénétration dynamique effectués 55

Tableau VII-7 Résume des résultats des essais de laboratoire sur échantillons de sols remaniés 58

Tableau VII-8 Qualificatif de la fraction du sol constituée d'éléments inférieurs à 400 um en fonction de l'indice de plasticité..... 60

Tableau VII-9 tableau récapitulatif des essais mécaniques..... 61

Tableau VIII-1 Dimensionnement de la couche couches d'assise……...….67

Tableau VIII-2 Structure de la voie 67

Tableau IX-1 Tableau représente les résultats de calcul automatique 71

Tableau X-1 Liste des ouvrages d'art pour notre projet 76

Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE :

Dans le monde, les transports constituent une branche économique importante. Ils sont nécessaires et préalables à tout développement économique et social des régions. De ce fait, le développement des infrastructures de transport est étroitement lié à celui de l'économie des pays et des régions.

Le chemin de fer assure essentiellement un trafic mixte (voyageurs, marchandises) et représente un transport de masse d'une grande capacité, principalement pour les grandes agglomérations à caractère commercial et industriel.

L'objet de la présente étude, sa prise en charge fait partie d'une combinaison optimale entre les différents modes de transport, qui pourrait être l'élément majeur de prévision économique. Étant donné que le rail a toujours joué un rôle important dans le développement des urbanisations, et compte tenu de l'extension ainsi que de l'évolution du contexte socio-économique de la région, des résultats des enquêtes auprès des opérateurs économiques et des conditions d'exploitation, la ligne ferroviaire (Annaba-Tébessa-Djebel Onk) nécessite l'augmentation des fréquences.

Des hypothèses de croissance des trafics, et plus particulièrement des marchandises, seront formulées pour orienter le choix d'un couloir dans le sens de la nouvelle géographie. L'objectif est de maintenir sa vocation à faire converger d'importants flux de biens et de personnes, tout en améliorant la qualité des transports et en réduisant les embouteillages sur les routes existantes.

Cette situation stratégique confère à la région un rôle majeur dans l'infrastructure de transport. Les zones d'activités de cette région offrent la possibilité de revitaliser économiquement les localités environnantes et constituent un pôle dynamique et attractif.

Pour la prochaine décennie, la région sera l'une des zones d'activité industrielle et commerciale les plus importantes du pays. La mobilité de la population augmentera de manière significative, ce qui se fait déjà sentir dans toutes les grandes agglomérations du pays, attirant de plus en plus les habitants des arrondissements environnants.

Méthodologie de travail :

Le travail effectué dans le cadre de cette thèse consiste à la conception et à l'étude d'une Analyse Préalable Détaillée (APD) d'un tronçon de la ligne minière (Annaba-Tébessa-Djebel Onk) allant du PK 79+500 au PK 91+500, avec l'aménagement de la gare de MORSOT.

Nous avons commencé par présenter le projet, en incluant des informations telles que le relief, l'hydrologie, la climatologie et le secteur industriel. Ensuite, nous avons étudié les différentes composantes de la voie ferrée. Nous avons analysé les résultats des tests en laboratoire et interprété les essais sur site afin de déterminer un tracé optimal. Nous avons également identifié les matériaux nécessaires pour la construction des remblais, en utilisant le Référentiel Technique de la SNTF (Société Nationale des Transports Ferroviaires) - chapitre 6, version 2 : la géométrie de la voie courante V<220 Km/h (Réf : IC00272, EF 2 c 32, édition du 12/09/2006), en veillant à ce que la géométrie réponde aux exigences de sécurité et de confort des voyageurs.

Dans le chapitre relatif au terrassement et au dimensionnement de l'assise, nous avons déterminé les différentes couches de l'assise ferroviaire et effectué des vérifications de stabilité. Ensuite, dans le chapitre consacré à l'assainissement, nous avons identifié les sous-bassins versants et leurs caractéristiques afin de dimensionner la voie longitudinalement et transversalement, et de garantir un bon drainage.

Enfin, dans le chapitre dédié à la gare, nous avons réalisé la conception de celle-ci. Nous avons conclu en établissant un devis estimatif et quantitatif, en planifiant le projet et en présentant une conclusion générale.

CHAPITRE I : Recherche bibliographique

I. Recherche bibliographique

I.1- INTRODUCTION :

Les secteurs des transports et des travaux publics ont connu d'importants programmes de développement et de projets structurants depuis l'indépendance, en raison de leur impact direct sur l'économie nationale et la vie quotidienne des citoyens.

En Algérie, avec une superficie de 2.382 millions de kilomètres carrés, il est essentiel de développer le secteur ferroviaire, qui connaît une dynamique d'expansion et de modernisation importante. Il est appelé à jouer un rôle clé dans la relance de l'économie nationale.

Dans cette optique, l'État algérien a lancé un programme de développement du secteur ferroviaire visant à combler le déficit de transport de marchandises et à répondre aux besoins de la population.

I.2- DEVELOPPEMENT DU RESEAU FERROVIAIRE EN ALGERIE :

Le premier chantier, démarré le 12 décembre 1859, porte sur la construction de la ligne Alger-Blida dans la Mitidja.

Le 18 juillet 1879 une nouvelle campagne d'investissement est lancée à l'échelon national pour renforcer les lignes "d'intérêt général" avec comme objectif d'ajouter 1747 km au réseau existant.

Entre 1907 et 1946 une 3ème campagne d'investissement ajoute 1 614 km au réseau.

Au début de l'année 1925 on comptait 4724 km de chemin « de fer auxquels il faut ajouter 127 km de tramways.

A la fin de la Seconde Guerre Mondiale le réseau ferroviaire algérien s'étend sur plus de 5 000 km.

Le 30 juin 1959 l'État français et l'OCFA signent une convention créant la Compagnie des Chemins de fer Français en Algérie (CCFA) qui devient en 1963 la SNCFA (Société Nationale des Chemins de Fer Algériens).

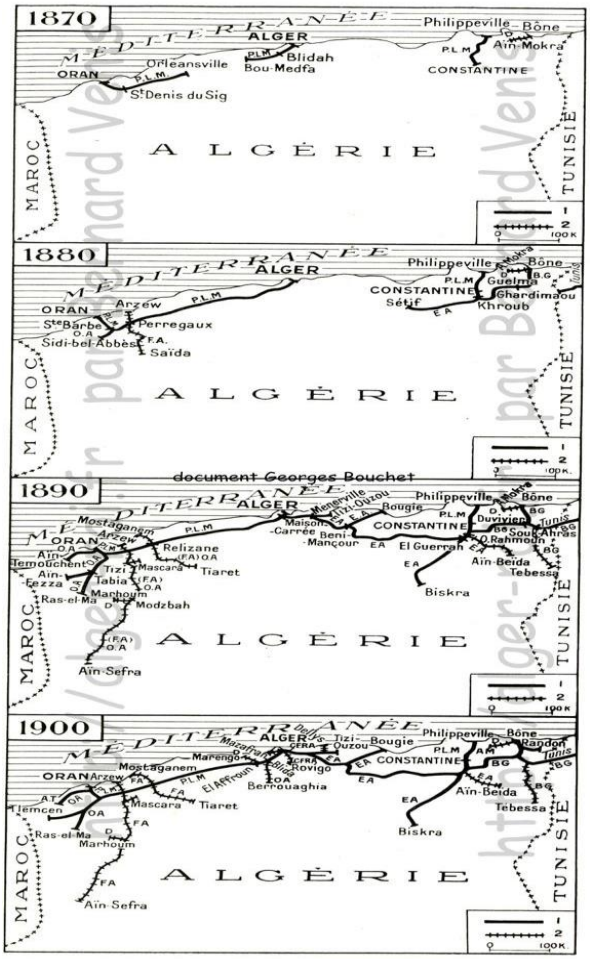


Figure I.1 **Développement du réseau ferroviaire en Algérie**

I.2.1- Après l'indépendance :

Pendant cette période, un vaste programme d'investissement a été lancé. Il se caractérise principalement par la modernisation et l'accroissement de la capacité des lignes du réseau, ainsi que par les grands aménagements ferroviaires régionaux et l'extension géographique du réseau.

Ce programme a permis les réalisations suivantes :

- Lignes nouvelles : - Jijel/Ramdane-Djamel(140km).
- Dessertes des cimenteries de Beni-Saf (23km), Saida(23km) et Ain-Touta(15km).
- Renouvellement complet (voie et ballast) d'une grande partie du réseau soit un total de1400 km de voie
- Mise à double voie de tronçons de la rocade nord(200km).
- Aménagement, modernisation et reconstruction des gares réparties sur le réseau.
- Aménagement ferroviaire des régions d'Annaba et d'Alger(partiellement).

Le 31 mars 1976, à la fin de la concession de l'état français, l'état Algérien a divisé la SNCFA entrois organismes distincts :

- La SNTF qui assure l'exploitation du réseau ferré algérien
- L'ASNERIF chargé de la maintenance et de la construction des lignes ferroviaires ;
- la SIF chargée du développement du réseau ferré Algérien.

I.2.2- Réseau Actuel :

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

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

Actuellement ce réseau est de 4500 km dont :

- ✓ Longueur des lignes en exploitation : 3750Km.
- ✓ Longueur des lignes en double voie : 553Km.
- ✓ Longueur des lignes en voie unique : 3217Km.
- ✓ Longueur des lignes électrifiées : 323Km.
- ✓ Nombre de gares en exploitation : 175.
- ✓ Nombre de haltes en exploitation : 215.
- ✓ Nombre d'ouvrages d'art dont l'ouverture est supérieure à 10m : 553.

- ✓ Nombre d'ouvrages d'art dont l'ouverture est inférieure à 10m : 5279.
- ✓ Nombre de tunnels : 139.
- ✓ Longueur des tunnels : 40Km.
- ✓ Nombre de passages à niveau gardé : 267.
- ✓ Nombre de passages à niveau non gardé : 959.

D'après la classification mondiale des chemins de fer effectués par CIA (Central Intelligence Agency) en 2008 :

L'Algérie est classée à la 45e place sur 138 pays dans le monde et occupe la 6e place en Afrique. De plus, elle est le pays maghrébin qui se positionne en tête de ce classement.

I.3 - Le programme de développement des infrastructures ferroviaires :

Ce programme comporte des opérations de renouvellement des voies existantes et de renforcement des ouvrages d'art anciens tels que les ponts et les tunnels. Il prévoit également la création de nouvelles lignes, l'extension de la capacité des installations existantes afin d'améliorer les débits des lignes, la modernisation des équipements de signalisation et de télécommunication, la construction d'ateliers de maintenance du matériel roulant et l'électrification des lignes.

La densification et le renforcement de la rocade nord :

Elle permettra la desserte ferroviaire de nouveaux pôles d'activité industrielle ou portuaire et une meilleure organisation des acheminements.

Cette ligne, qui relie les deux frontières de l'Est à l'Ouest du pays et qui sera prolongée jusqu'au Maroc et à la Tunisie, sera électrifiée et à double voie :

Frontière Algéro-Marocaine (Akkid Abbes) - Tlemcen - Sidi Bel Abbes - Oran - Relizane - Chlef - Blida - Alger - Bouira - Bordj Bouareridj - Sétif - Constantine - Annaba - Frontière tunisienne (Tabarka).

La réalisation de la Rocade des Hauts Plateaux :

Elle est destinée à sous-tendre le développement économique et social de ses régions : Moulay Slissen - Saida - Tiaret -Tissemsilt - Boughzoul - Msila - Ain Touta - Ain Mlila –Tébessa.

a) La réalisation de la boucle du Sud :

Le projet de la Boucle du Sud comprend la création de lignes nouvelles permettant dedésenclaver les Wilayas ci-après :

- ✓ Hassi Messaoud–Ouargla :90km.
- ✓ Ouargla-Ghardaïa.
- ✓ Ghardaïa–Laghouat:170km.
- ✓ Laghouat–Djelfa:110km.

b) La Modernisation et prolongement pénétrante Est :

El Gourzi-Ain M'Lila-Batna-Biskra-Touggourt- Hassi Messaoud.

c) Réalisation de la pénétrante Ouest :

Sidi Bel Abbes-Moulay Slissen-Mecheria–Bechar.

d) Réalisation de la pénétrante centre :

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

e) Ligne Minière :

Etude de la nouvelle ligne ferroviaire entre Djebel El Onk et El Oued : 200km.

Etude de dédoublement, modernisation et /ou rectification du tracé pour augmenter le trafic dela ligne minière EST (Annaba /Djebel-Onk): 388km ,travaux de renouvellement de voie ballast:320km en cours .

On donne les grands axes du plan de modernisation du rail en Algérie :

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

f) Modernisation du réseau existant :

- ➢ Modernisation de la Rocade Ferroviaire Annaba -Alger - Oran - Frontière Marocaine.

- Modernisation de la ligne existante BISKRA / TOUGGOURT de la ligne minière ANNABA /TEBESSA.
- Modernisation de la ligne existante THENIA / TIZI OUZOU et son électrification jusqu'àOUED AISSI.
- Mise à voie normale de la ligne RELIZANE / TIARET.
- Electrification des voies et réhabilitation des Infrastructures de la ligne BENI MANSOUR /BEJAIA.
- Renouvellement de la Voie et Ballast (RVB) sur le reste du réseau (1.166 Km).



Figure I.2 : Programme de développement d'infrastructure férrovaire

I.4 – Conclusion :

Un grand pays comme l'Algérie, avec une superficie immense, nécessite un réseau ferroviaire dense. Malheureusement, ce n'est pas encore le cas, ce qui rend l'amélioration de ce secteur plus que nécessaire. Cela favorisera les investissements et permettra une augmentation des échanges entre les différentes régions du pays.

CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET

II. Présentation du projet :

II.1 Introduction :

Dans le cadre du programme de développement du transport ferroviaire, l'Algérie a décidé de mettre l'accent sur le transport minier par chemin de fer, notamment sur l'une des plus grandes lignes (la ligne minière Est).

Il était nécessaire de moderniser et de doubler la ligne minière reliant les villes d'Annaba, Souk Ahras et Tébessa. Les anciennes lignes ferroviaires ne sont plus conformes aux normes actualisées de la SNTF (Société Nationale des Transports Ferroviaires) et ne peuvent plus supporter le trafic ferroviaire croissant.

L'objectif principal de cette ligne est d'assurer le transport du minerai de fer depuis les mines d'Ouenza et de Boukhara, ainsi que du phosphate depuis les mines du Djebel Onk jusqu'au complexe d'El Hadjar, en plus du transport des voyageurs.



Figure II.1 Situation de la ligne par rapport au réseau national.[1]

II.2 Présentation de la wilaya de Tébessa :

La ville de Tébessa est située à l'extrême nord-est du pays, non loin de la frontière tunisienne. Elle a une altitude moyenne d'environ 858 mètres et occupe une position dominante entre le Tell et les hauts plateaux du sud de la région présaharienne.

La wilaya de Tébessa couvre une superficie de 13 878 km2 et est stratégiquement située, étant bordée par une frontière longue de 297 km. Elle comprend 28 communes réparties sur 12 daïras. Elle est limitée au nord par la wilaya de Souk Ahras, à l'ouest par les wilayas d'Oum El Bouaghi et Khenchla, au sud par la wilaya d'El Oued, et à l'est par la Tunisie.

Situation de projet par rapport au réseau national



ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Build and Ground works engineering

Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 Site web : www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 E-mail : enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Etude en APD de dédoublement modernisation et/ou rectification d'une ligne ferroviaire pour augmenter la capacité de la ligne minière d'un tronçon entre Oued kbrit-Tébessa (PK79+500 au PK91+500) avec conception de la gare de Morsott	ZAOUI Mohamed Dhia DJERBAH Oussama	BOUDJELLAL Mohamed	1/2000	6	2022/2023



Figure II.2 Localisation de la Wilaya de Tébessa [2]

II.3 Description de la zone d'étude :

Le projet porte sur une ligne longue de 176 km (Oued – Keberit / Djebel – Onk), divisée en deux (02) tronçons, le premier (Nord) du Pk 55+770 au PK 123+279 (Oued Keberit – Tébessa), le second (Sud) du PK 00+000 au PK 107+772 (Tébessa– Djebel Onk), et comprend 13 gares réparties sur le parcours.

Notre projet de fin d'études portera sur l'étude (APD) dans d'un tronçon (Oued Keberit – Tébessa) de Pk 79+500 au Pk 91+500 entre la commune Morsott et sud de la commune de EL Aouinet, il s'agit d'un dédoublement et modernisation et/ou rectification du tracé pour augmenter la capacité de la ligne minière, il est prévu l'aménagement de la gare Morsott.



Figure II.3 Tronçon oued-keberit/Tébessa 67,5 km.[3]



Figure II.4: Tronçon Tenoukla/djebel Onk 88,9 km. [3]

II.3.1 Présentation du site :

La zone d'étude se situe entre la commune de Morsott et celle de El Aouinet exactement à 33.6 km au nord de la ville de Tébessa qui constituée de plusieurs zones géographiques au Nord les hauts-plateaux et les Hauts plaines, au Sud constitué par un plateau saharien. À environ 92 km au Sud de Souk-Ahras et à 200 km de Annaba.

Elle est considérée comme un point de transit reliant le nord au sud, Morsott est situé dans un axe qui établit une connexion entre les régions du sud, qui sont riches en mines et en ressources naturelles telles que les phosphates.

II.3.2 Situation démographique :

La population totale de la wilaya est estimée à 657 227 habitants, soit une densité de 46.7 hab/km².

II.3.3 RELIEF :

La wilaya de Tébessa chevauche sur des domaines physiques différents et elle est limitée : Au nord, par le domaine atlasique à structure plissée constituée par :

- Les monts des Nememchas et de Tébessa dont les sommets culminent au-dessus de 1 250 m (Djbel Ozmor : 1 591 m ; Djbel Kemakem : 1 277 m et Djebel Onk : 1 358 m) .

- Les hauts plateaux proprement dits qui offre des paysages ondulés fortement ravinés et couverts d'une végétation steppique à base d'alfa et d'armoise (plateau du Darmoun ; Safsaf El-Ouesra et Berzguel, etc.).

- Les hautes plaines encaissées et encadrées par les reliefs suscités. Il s'agit essentiellement des plaines de Tébessa : (Morsott, Mechentel, Behiret Larneb , Gassés et Bhiret Thlidjene,etc ..)
- Au sud, par le domaine saharien à structure tabulaire constituée par le plateau saharien qui prend naissance au-delà de la flexure méridionale de l'Atlas saharien (sud du Djebel Onk, Djebel Labiod).

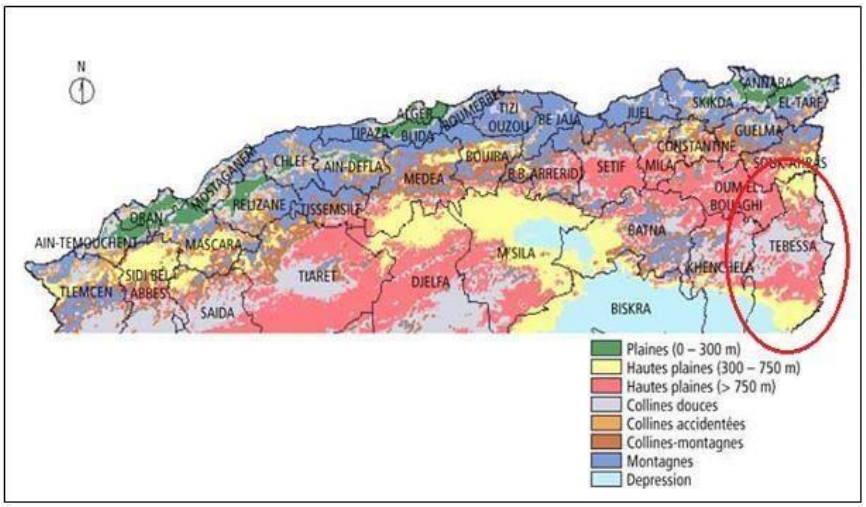


Figure II.5 Classification morphologique du Wilaya de Tébessa.

II.3.4 Climat :

La wilaya de Tébessa baigne dans une ambiance climatique méditerranéenne de type continental caractérisé par un hiver froid et un été très chaud avec une température moyenne de l'ordre de 15,34 °C, avec un maximum au mois de juillet de 25,1 °C et un minimum au mois de janvier 9,0 °C. où se distingue quatre (04) étages bioclimatiques :

- Le subhumide : 400 – 500 mm de pluie/an et peu étendu ; il ne couvre

  Que quelques ilots limités aux sommets de quelques reliefs : Djebel Serdies et Djbel Bouroumane.

- Le semi-aride : 300 à 400 mm de pluie /an, couvre toute la partie nord de la wilaya et est représenté par les sous étages frais et froids.
- Le sub- aride : 200 à 300 mm de pluie /an, couvre les plateaux steppiques de Oum-Ali, Saf Saf El-Ouessra, Thlidjane et Bir El Ater.

- L'aride ou saharien doux : moins de 200 mm/an, s'étend au-delà de l'Atlas saharien et couvre les plateaux sud de Negrine et de Ferkane.

II.3.5 Sismicité :

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

La wilaya de Tébessa est classée comme une zone de sismicité faible, c'est-à-dire en zone 1.

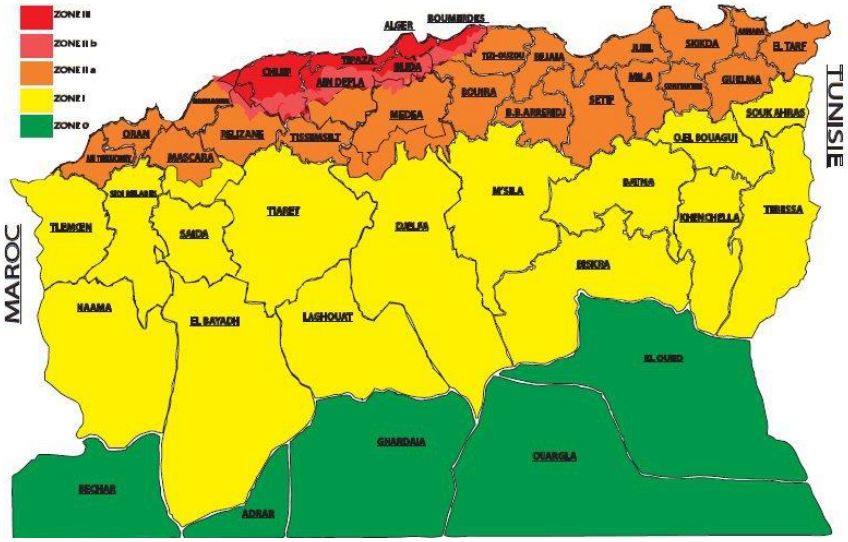


Figure II.6 carte de zonage sismique en algerie [4]

II.3.6 HYDROLOGIE :

La wilaya de Tébessa se chevauche également sur deux grands systèmes hydrologiques :

- Le bassin de l'Oued Medjerda

  Est divisé en 04 sous bassins couvrant la partie nord de la wilaya, l'écoulement est exotique et alimenté par une multitude de sources d'eau, la plupart importants sont :

  Oued Mellegue, Oued Chabro, Oued Serdiess, Oued Ksob et Oued El-Kébir.

- Le bassin de l'Oued Melghir

  A un débit l'endoréique couvre la partie sud de la wilaya ; il est épuisé par Oued Cheria , Oued Helail , Oued Mechra , Oued Safsaf , Oued Gheznet , Oued Djarech et

Oued Serdiass débouchent sur des zones étendues situées au sud de la wilaya et les alimentent.

II.4 OBJECTIFS DU PROJET :

Il s'agit d'un plan d'aménagement qui comprend le repiquage, dédoublement et la modernisation de la ligne ferroviaire entre les villes d'ANNABA, SOUK AHRAS, TEBESSA et DJBEL ONK, en raison de son importance pour le développement de l'économie nationale, car il permet le transport du minerai de fer depuis la OUENZA et les mines de BOUKHADRA et le minerai de phosphate de DJEBEL ONK situé localement BIR EL ATER. Il s'agit de modifier la superstructure de la voie : rails, traverses, ballasts, signalisation, électrification.

II.5 Caractéristiques de notre projet :

II.5.1 Caractéristiques de Base :

- Longueur 12+000km.
- Caractéristiques géométriques selon les recommandations de la SNTF et les standards UIC.
- La ligne est à voie double.
- Trafic mixte voyageurs et marchandises.
- Mode de traction mixte : électrique – diesel.
- Électrification : 25 KV.

III.5.2 Caractéristiques de la Voie :

- **Ecartement :** La voie normale sera construite à écartement normal e = 1435 mm sans sur écartement dans les courbes.
- **Charges à l'essieu :** Charges à l'essieu de 22.5 T pour la voie et des charges à l'essieu de 25 T pour les ouvrages d'art.
- **Vitesses :** La vitesse de la ligne est de 120 Km/h pour les trains voyageurs, et d'une vitesse de 80 Km/h pour les trains marchandises.
- **L'entraxe :** des voies est de 5,00 m car l'ancienne ligne est en service.
- **Distance axe voie – axe caténaire :** 3.15m.
- **La pente maximale admissible du profil en long de la ligne** : est de 16‰ (Exceptionnellement 18‰).

II.5.3 Superstructure :

- **Rails :** Voie double équipée de rails UIC 60 E1.
- **Traverse : bi-bloc** type VAX U31.
- **Distance axe voie – axe caténaire :** 3.15m.
- **Attache :** Attaches élastiques de type NABLA.
- **Semelle :** Semelle élastique en élastomère d'une épaisseur de 9mm, collé sur la table d'appui des traverses.

Appareils de voie : UIC-60 500-1 :12 avec une vitesse de 65 km/h.

II.6 CONCLUSION :

Cette présentation nous a permis d'obtenir toutes les informations nécessaires et les caractéristiques du projet, ce qui nous aidera à entamer l'étude de notre tronçon.

CHAPITRE III : SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

III Superstructure de la voie :

III.1 Introduction :

La superstructure ferroviaire regroupe l'ensemble des éléments fixes qui assurent le guidage précis des wagons sur leur trajet et qui sont capables de supporter les forces transversales longitudinales et verticales. Elle se compose de deux files de rails posées parallèlement sur des supports transversaux que l'on nomme traverses, reposant sur une couche de ballast, cet assemblage d'éléments de caractéristiques physiques et mécaniques différentes qui permettant la transmission des charges des roues à la plate- forme.

Ce chapitre vise à fournir des connaissances essentielles sur l'armement de la voie.

III.2 L'armement de la voie :

L'armement de la voie est composé de plusieurs éléments, à savoir :

III.2.1 Le rail :

III.2.1.1 Fonctionnement de rail :

Le rail est constitué d'une structure en acier linéaire avec un profil spécifique. Lorsque deux files de rails sont placées parallèlement l'une à l'autre, elles forment une voie ferrée, avec un écartement standard (e=1435mm).

Le rail doit assurer les fonctions suivantes :

- Il supporte les charges générées par les trains, en absorbant les forces verticales (poids) et horizontales (force centrifuge) transmises par les trains.
- Il assure le guidage des roues des trains.
- Il permet la transmission du courant électrique utilisé pour alimenter la signalisation et pour la propulsion des trains sur les lignes électrifiées.

III.2.1.2 Type de rail :

Le type de rail utilisé dans notre projet est de type **Vignole UIC 60 E1**

Lorsqu'on examine la section transversale d'un rail de type Vignole, on peut observer différentes caractéristiques :

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

- **Table** de roulement (surface de roulement) .

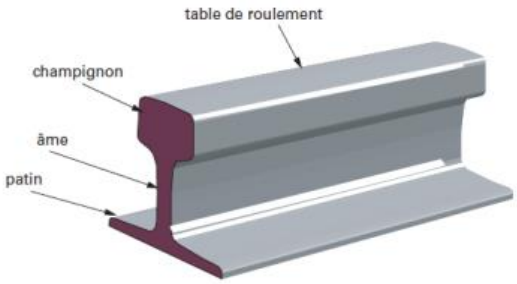


Figure III.1 les constituants de la section transversale de rail [5]

NB : Les caractéristiques de rails du type UIC 60 E1 sont indiqué dans **l'annexe C.**

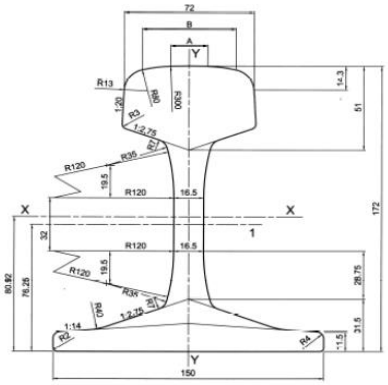


Figure III.2 profil rail de type UIC 60 E1 [6]

III.2.1.3 Assemblage des rails :

La fabrication des rails faite à des longueurs variant de 18 à 36 mètres. Afin d'assurer la continuité des barres qui constituent la voie, il est nécessaire de les relier solidement à leurs extrémités. Pour effectuer cette liaison, on utilise des éclisses et des soudures.

III.2.1.3.1 Eclisse :

Une éclisse est un élément essentiel dans la construction d'une voie ferrée. C'est une pièce métallique fixée par des boulons sur les rails, permettant de relier deux rails consécutifs. Les

éclisses sont fréquemment utilisées près des aiguillages pour assurer une connexion solide entre les rails.

III.2.1.3.2 Soudures :

Il existe deux types de soudures à prendre en compte :

- La soudure électrique réalisée en atelier ou la soudure sur place sur le chantier, permettant de réaliser des barres soudées de grande longueur (LRS) .
- La soudure aluminothermique est effectuée sur la voie ferrée en provoquant une réaction chimique très exothermique sur une charge de métal d'apport.

Dans le cadre de notre projet, les rails seront fournis sous forme de barres de 18 mètres. Ces barres seront soumises à une soudure électrique en atelier afin de créer une barre continue d'une longueur totale de 288 mètres, également appelée "LRS" (Long Rail soudé).

III.2.2 Les traverses :

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

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

III.2.2.1 Type de traverse :

Les traverses les plus largement utilisées dans les chemins de fer en Algérie sont :

- **Les traverses en bois :** sont principalement utilisées au niveau des appareils de voie
- **Les traverses en béton :**

-Bibloc : deux blocs sont reliés par une entretoise en acier pour maintenir l’écartement.

-Monobloc : Poutre en béton précontraint présente une résistance supérieure à la flexion par rapport à la traverse bibloc.

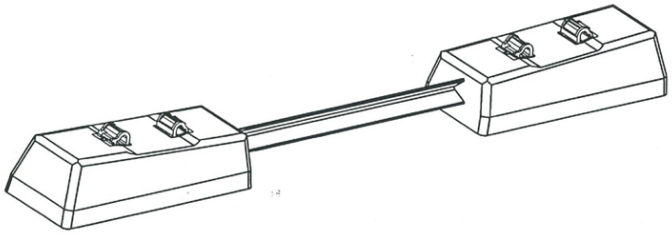


Figure III.3 Traverse bibloc

III.2.2.2 Rôle de traverse :

Cette pièce assure simultanément le maintien de l'écartement et l'inclinaison du rail 1/20, tout en permettant la transmission des efforts entre le rail et le ballast.

III.2.3 Les attaches travers-rail :

Les attaches ferroviaires, fixées au rail par des tire-fond, offrent à la fois une élasticité verticale et horizontale. Une semelle en élastomère cannelé d'une épaisseur de 9 mm est placée entre le rail et la traverse pour absorber les vibrations sur les rails.

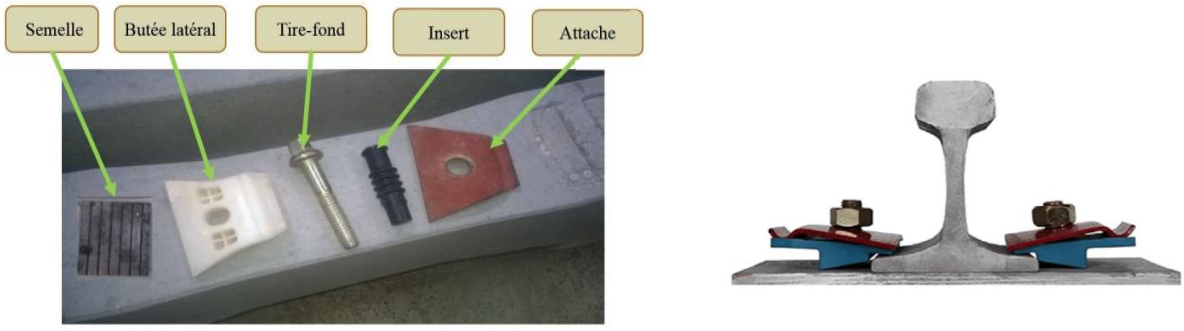


Figure III.4 les composantes d'attache type nabla

III.2.4 L'appareil de voie :

Pour assurer le passage d'une voie à l'autre, il faut implanter un branchement à commande électrique ou manuelle, ce dernier appeler appareil de voie qui caractérisés par leur angle de déviation au cœur et rayon minimum déterminer en fonction de la vitesse désirée, constitué de rails spéciaux (croissement de rail) et d'élément mobiles (aiguille).

Ce dernier ne pouvant pas être posés en dévers et aucune courbe de raccordement n'étant possible pour la voie déviée.

III.2.4.1 Éléments de l'appareil de voie :

- **Les aiguillages** : Ils sont composés de plusieurs éléments, tels que les aiguilles, les contre-aiguilles, les cœurs d'aiguillage et les talons d'aiguille.
- **Les traverses spéciales** : Elles soutiennent les aiguillages et garantissent leur stabilité.
- **Les contre-rails** : Ils guident les roues des trains lorsqu'ils circulent sur les aiguillages, assurant ainsi un passage fluide et sécurisé.
- **Les éclisses** : Elles relient les rails entre eux de manière solide et sécurisée.
- **Les dispositifs de commande** : Ils permettent le mouvement des aiguilles

- **Les dispositifs de verrouillage** : Ils garantissent que les aiguillages sont correctement positionnés et verrouillés.

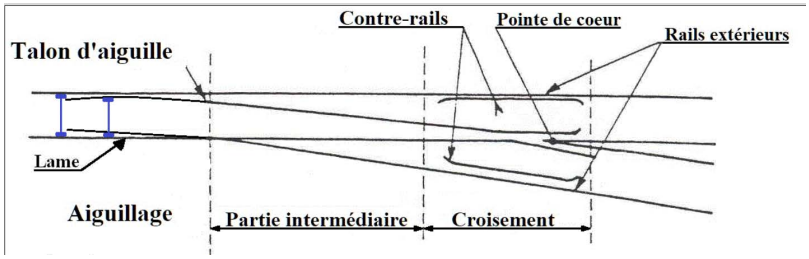


Figure III.5 Un branchement et ses éléments constitutifs. [7]

En règle générale, les appareils de voie sont fabriqués en atelier avant d'être installés à leur emplacement final. Trois éléments essentiels sont utilisés pour construire tous ces appareils :

- L'aiguillage, qui est la partie mobile.
- Le croisement, qui comprend principalement le cœur de croisement.
- Une partie intermédiaire.

Tableau III.I les caractéristiques d'appareil de voie de notre projet.

Appareil de voie	R (m)	a(m)	b(m)	C(m)	V (km/h)
1/12	500	20.797	22.684	22.684	65

Remarque :

Notez que dans le chapitre consacré à la structure de l'assise, nous aborderons différents éléments tels que la plateforme, la sous-couche, la couche de fondation ainsi que le ballast.

Conclusion :

La voie ferrée comprend des couches d'assise, dont le rail et les traverses qui assurent la répartition des contraintes et la transmission des forces entre le véhicule et la voie.

Dans notre projet en a utilisé des Travers bibloc type VAX U31 et des Rail UIC 60 E1, ainsi que des Systèmes d'attaches type nabla.

CHAPITRE IV : TRACE EN PLAN

IV. Tracé en plan

IV.1 Introduction :

Le rôle principal de la voie ferrée est de guider le train en mouvement tout en supportant les efforts appliqués par ce dernier et de les distribuer jusqu'au sol support.

En effet, Il est essentiel de trouver la forme géométrique optimale pour la voie et le tracé adopter, en sélectionnant le tracé le plus économique qui satisfait aux exigences et aux recommandations des normes internationales pour les chemins de fer.

IV.2 Normes et paramètres de conception géométrique :

Dans notre projet, la ligne est conçue comme ligne minière avec une vitesse de 120 km/h pour les trains voyageurs, et de 80km/h pour les trains marchandises., avec des caractéristiques géométriques selon les normes techniques ferroviaires de l'UIC et les recommandations de la SNTF.

IV.3 Tracé en plan

La conception du tracé en plan de la voie ferrée est une projection orthogonale de tous les points sur un repère cartésien, il est constitué en générale d'une succession d'alignements droits et d'arc de cercles relié entre eux par des courbes de raccordement progressif.

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

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

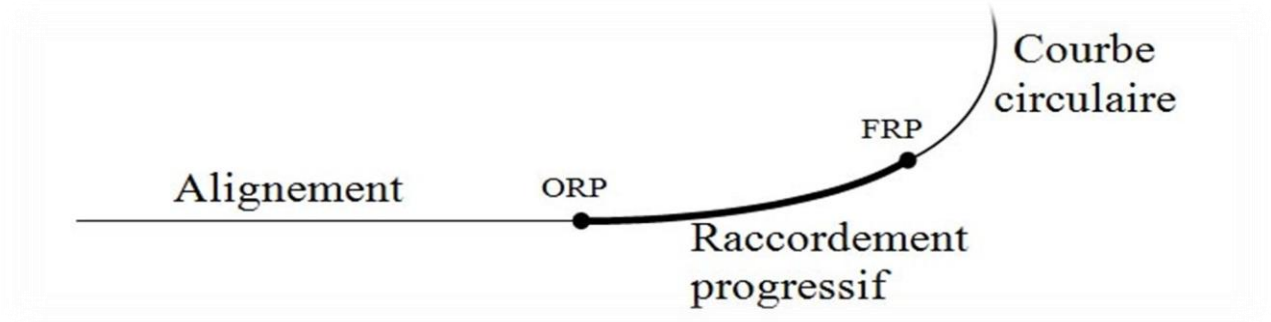


Figure IV.1 Les éléments de tracé en plan

- ✓ Alignement : R = ∞.
- ✓ Courbe circulaire (Arc de cercle) : R = Constante.
- ✓ Raccordement progressif (Courbe de raccordement) : R =variable.

IV.3.1 Condition et règles de tracé selon la SNTF :

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

- Si c'est une étude d'amélioration de la ligne, on doit se raccorder au réseau existant et ne pas sortir du couloir choisi.
- Raccordement à la voie existante au début et fin du projet.
- Utiliser le maximum d'alignements droit et entre deux courbes la longueur minimale est de Lmin=V/2 (km/h) et supérieure à 30m.
- Respecté le rayon et les longueurs minimum recommandé par la SNTF, pour le confort des voyageurs et éviter les efforts transversaux sur la voie.
- Suivre les courbes de niveau afin de diminuer les terrassements.
- Eviter le franchissement des oueds et des routes dans la mesure du possible pour éviter les travaux d'ouvrages d'art, dans le cas où on ne peut pas éviter ça, il est préférable que le franchissement se fait perpendiculairement à la ligne d'écoulement des oueds ou bien dansles endroits les plus étroits.
- Eviter les problèmes des talus :
  - **Talus en déblais :** Evité : - présence de nappe.
    -Terrains plastiques.
    -Présence de roches fissurées.
  - **Talus en remblais :** Eviter : - présence de terrain instable (pouvant être mis en mouvement par le remblai).
    - Sol très compressible.

IV.3.2 Caractéristiques géométriques :

Tableau IV-1 Vitesse des trains de notre projet

Vitesse voyageurs V_v	**120km/h**
Vitesse marchandises V_m	**80km/h**

Pour une vitesse V du train on établit les paramètres géométriques qui sont fixés par les recommandations de la SNTF qui assurer la stabilité sur la voie et le confort des voyageurs.

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

	Formule		**Application**	
	Normal	**Exceptionnel**	**Normal**	**Exceptionnel**
Dévers maximal d (mm)			**160**	**180**
Rmin=$\frac{11.8xVmax2}{dmax+Imax}$(m)	$\frac{11.8xVmax2}{dmax+Imax}$	$\frac{11.8xVmax2}{dmax+Imax}$	**600**	**548**
Longueurs minimales des alignements (m)	0.5 **Vmax**	**Vmax /3**	**60**	**40**
Longueurs minimales des pleines courbes (m)	0.5 **Vmax**	**Vmax/3**	**60**	**40**
Insuffisance de dévers admissible I (mm)	-	-	**130**	**150**
Excès de dévers admissible E (mm)	-	-	**110**	**130**
Limite de la variation de dévers par rapport à la longueur (mm/m)	$\frac{180}{Vmax}$	$\frac{216}{Vmax}$	**1,500**	**1,800**
Limite de la variation d'insuffisance de dévers(mm/s)	-	-	**75**	**90**

IV.4 Application au projet :

Notre projet qui relie Oued kbrit - Tébessa troncon (sidi yahia- morssot) de Pk79+500 jusqu'au Pk 91+500 avec une longueur de 12 km.

Le tracé commence en alignement droite et se termine par une courbe de 850m et une ligne droite à l'entrée de la gare de Morsott, il se développe dans une extension de 12000 mètres et comprend 12 courbes horizontales avec des rayons entre 630m et 6000m.Selon la SNTF et pour une vitesse de 120km/h, le rayon minimal normale est de 600m, donc tous les rayons du notre tracé doivent être supérieure au R_{min}=600m.

On prend un exemple de calcul pour un rayon de 950m pour juste illustrer les différentes étapes de calcul pour la détermination des divers et les différents paramètres du tracé en plan, et on va faire ensuite un tableau récapitulatif englobant toutes les caractéristiques géométriques de notre tracé.

Application au projet pour R =950 m :

- **Dévers théorique :** $\mathbf{dth = \frac{11.8 * Vmax2}{R} = \frac{11.8 * 120^2}{950} = 178.86\ mm.}$
- **Le coefficient de dévers :** **C** = 0.006 × V max^2 =86.4

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

  $\mathbf{0.5 < \frac{C}{11.8 * Vmax2} \leq 0.7}$, alors dans ce cas on prend **c = 90**

- **Le dévers pratique** : Sa valeur est comprise entre celle des trains rapides et celle des trains lents, elle est donnée par : $\boldsymbol{dp} = 1000 \times \frac{C}{R} = 1000 \times \frac{90}{950} = 94.74$ mm.

  $\boldsymbol{dp}$ **=100mm**.

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

- **Insuffisance de dévers :** $\boldsymbol{I = dth - dp}$ **=178.86-100=78.86** mm.
- **Excès de dévers :** $\boldsymbol{E = dp - \frac{11.8 * 80^2}{950} = 15.25\ mm.}$
- **La longueur de clothoïde :** $\boldsymbol{Lrp} = \frac{dp}{\frac{180}{Vmax}} = \frac{100}{1.5} = 66.67$m.

  On prond $\boldsymbol{Lrp} = 70$ m.
- **Limite de la variation de dévers par rapport à la longueur :**

  $\mathbf{\frac{dd}{dl} = \frac{100}{70} = 1.428\ mm/m.}$

- **La variation d'insuffisance de dévers :** $\frac{dI}{dt} = \frac{dI}{Lrp} \times \frac{Vmax}{3.6} = \frac{78.86 \times 120}{70 \times 3.6}$ **=37.55 mm/s.**

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

Tableau IV-3 Tableau récapitulatif des paramètres du tracé

Rayon (m)	Vitesse KM/H		dth (mm)	C adopté	dp (mm)	dp adopté
	Voy	Mar				
-	-	-		-	1000x(C/R)	-
2400	120	80	70,8	90	37,5	40
950	120	80	178,86	90	94,73	100
900	120	80	188,8	90	100	100
6000	120	80	28,32	90	15	15
630	120	80	269,71	90	142,85	150
1000	120	80	169,92	90	90	90
1500	120	80	113,28	90	60	60
850	120	80	199,90	90	105,88	110

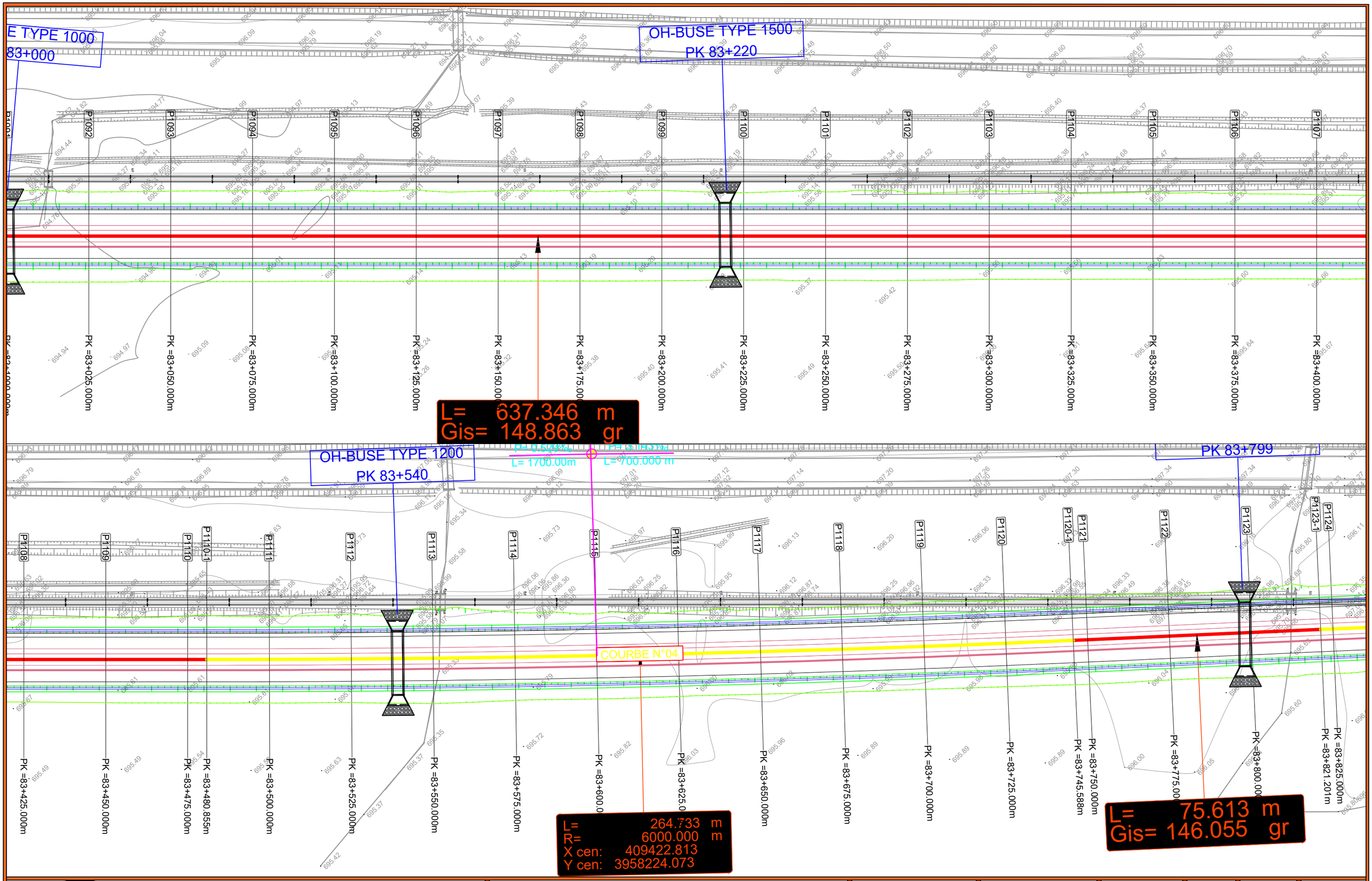
Tableau IV-4 Tableau récapitulatif des paramètres du tracé

Rayon (m)	I (mm)	E (mm)	Lrp (m)	Lrp adopté	dd/dL (mm/m)	dI/dt (mm/s)
-	dth-dp		dp/dd/dL	-	dp/Lrp	(I*Vmax)/(Lrp*3,6)
2400	30,8	8,53	26,66	30	1,33	34,22
950	78,86	20,50	66,66	70	1,42	37,55
900	88,8	16,08	66,66	70	1,42	42,28
6000	13,32	2,41	30	30	1,5	44,4
630	119,71	30,12	100	100	1,5	39,90
1000	79,92	14,48	60	60	1,5	44,4
1500	53,28	9,65	40	40	1,5	44,4
850	89,90	21,15	73,33	80	1,37	37,46

NB : le tracé est réalisé à l'aide de logiciel COVADIS 17.0f et les éléments du tracé en plan sont représentés dans **l'annexe A .**

pour la voie:

Les deux voies sont construites au niveau, et la voie existante est éloignée de l'axe des deux nouvelles voies de 15 mètres dans la majorité des zones (soit plus de 80% du tracé).



ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Build and Ground works engineering

Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 Site web : www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 E-mail : enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Titre	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N°Planche	La date
Étude en APD de dédoublement modernisation et/ou rectification d'une ligne ferroviaire pour augmenter la capacité de la ligne minière d'un tronçon entre Oued kbrit-Tébessa (pk79+500- au pk91+500) avec conception de la gare de Morsott	**VUE EN PLAN** Du PK 82+00 AU PK 83+850	Zaoui mohamed dhia Djerbah Oussama	Boudjellal mohamed	1/1000	1	2022 / 2023

CHAPITRE V : PROFIL EN LONG

V. Profile en long :

V.1 Introduction :

Le profil en long est une représentation graphique décrivant la variation de l'altitude le long d'un itinéraire ferroviaire spécifique.

Cette représentation précise et détaillée permet aux ingénieurs de visualiser les caractéristiques clés du terrain, telles que les pentes, les dénivelés et les courbes, c'est la tâche la plus importante par laquelle on peut évaluer un projet ferroviaire, sur le plan économique là ou paraîtra l'importance des terrassements (quantité de déblai et de remblai), ouvrage d'art, tunnel…etc.

V.2 Définition :

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

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

- **Profil en long du Projet :**

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

V.3 Eléments de composition du profil en long :

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

V.3.1 Choix des alignements droits :

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

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

- La déclivité de longueur inférieure à 3000 m, ne doit pas dépasser 16‰ et exceptionnellement 18‰.

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

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

- Eviter les terrassements inutiles
- Assurer un équilibre entre les remblais et les déblais
- Éviter que le point le plus bas du profil en long ne se trouve dans une zone de déblais, qui risque de crées de contraintes 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 à réduire les déclivités qui convergent vers ce point bas de chaque côté.

- Les appareils de voie ne doivent pas être installés sur des sections en déclivité.
- Il est important de respecter la longueur minimale des éléments du profil en long afin de prévenir les oscillations des véhicules dues aux variations successives de pente.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

Tableau V-1 les longueurs minimales des éléments de profile en long [8]

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

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

V.3.2 Choix des cercles :

Lorsqu'un véhicule rencontre un changement de déclivité, il est soumis à une accélération verticale brutale aux extrémités du raccordement, Cela entraîne des oscillations de la suspension du véhicule, perturbant ainsi le confort des passagers.

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

Pour une vitesse inférieure à 220 km/h la valeur maximale de cette accélération est de 0.22m/$s2$ (Av≤0.05g) (exceptionnellement 0.31m/$s2$) qui est une valeur de confort acceptable en remplaçant les valeurs de Av dans la formule : $Rv = \frac{V^2}{3.6^2 * Av}$

On trouve :

Tableau V-2 Valeurs de Rayon vertical minimale [9]

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

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

· Il ne doit pas y avoir d'interférence entres les courbes de transition en plans (clothoïde) et les courbe de raccordement en profil en long.

· Les points de placement des appareils de voie ne doivent pas être en courbe

Remarque :

- V= est la vitesse d'un véhicule rapide en Km/h.

- La longueur minimale des raccordements de déclivité est de 30m pour tenir compte des bases de nivellement des bourreuses.

V.4 Application au projet :

Le profil en long est pour sa plupart ascendant (dans le sens sidi yahia vers morsott), (FigureV-1) avec une pente maximale de 16 ‰ à l'entrée de la gare de morsott et une pente minimale de 0 ‰ dans la gare.

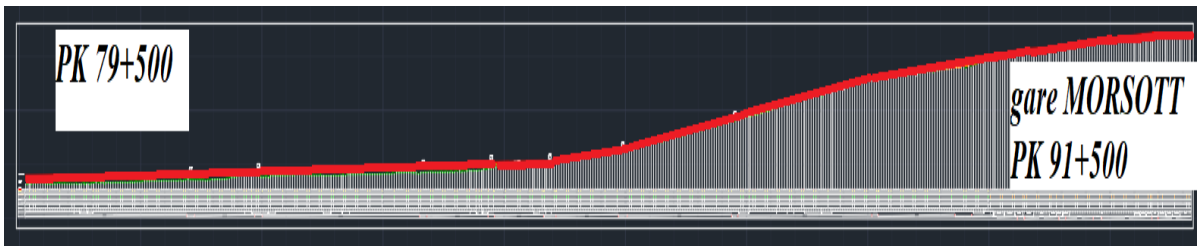


Figure V-1 Profil en long

Remarque :

-Au point de changement de pente lorsque la déférence algébrique des déclivités est inférieure à 2‰ (peut être portée à 4 ‰) on ne fait pas le raccordement circulaire.

-pour une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, ne pas placée une courbe verticale sur une autre horizontale.

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

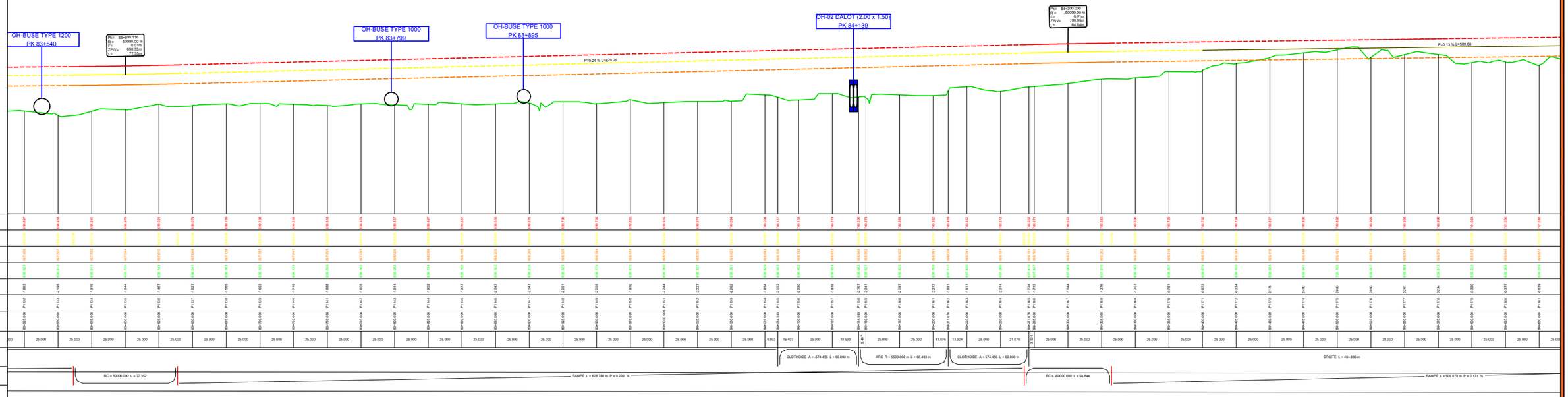
Tableau V-3 Les paramètres de profil en long

		Formule		*Application*	
		Normal	***Exceptionnel***	***Normal***	***Exceptionnel***
Déclivité maximale	**L < 3000 m**	**-**	**-**	**16 ‰**	**18 ‰**
	3000 < L < 15000 m	**-**	**-**	**16 ‰ à 13 ‰**	**18 ‰ à 15 ‰**
	L > 15000 m	**-**	**-**	**13 ‰**	**15 ‰**
	Gares	**-**	**-**	**0**	**0**
Rayon minimal en raccordements verticaux (m)	**-**	**$0.35V^2$**	**$0.25V^2$**	**5040**	**3600**
La longueur minimale des pentes uniformes et des raccordements en profil en long (m)	**-**	**V/2**	**V/2,5**	**60**	**48**

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

Conclusion :

La formation d'un profile en long est la tâche la plus importante dans l'évaluation un projet ferroviaire, économiquement afin de préciser les quantités des déblais et remblais, techniquement pour connaître les déclivités, assuré la coordination entre le tracé en plan et le profil en long, localiser l'emplacement des gares.



ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Build and Ground works engineering

Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 Site web : www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 E-mail : enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Titre	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N°Planche	La date
Étude en APD de dédoublement modernisation et/ou rectification d'une ligne ferroviaire pour augmenter la capacité de la ligne minière d'un tronçon entre Oued kbrit-Tébessa (pk79+500- au pk91+500) avec conception de la gare de Morsott	**Profil en Long** Du PK 83+525 AU PK 84+675	Zaoui mohamed dhia Djerbah Oussama	Boudjellal mohamed	H 1/1000 V 1/100	2	2022 / 2023

CHAPITRES VI : ETUDE HYDROLOGIQUEET HYDROLOGIQUE

VI Etude hydrologique et hydraulique

VI.1 Introduction

L'introduction d'une ligne ferroviaire perturber le flux hydraulique, mais une planification et une mise en œuvre appropriées des mesures de gestion hydraulique pour assurer la continuité des débits des cours d'eau et protéger la plate-forme par un bon drainage.

L'approche méthodologique préconisée pour la mission hydrologie et hydraulique du projet de dédoublement du tracer reliant (oued ElkBrit -Tébessa) du Pk79+500 au Pk 91+500 a pour objectif la détermination des débits de crues, avec un période de retour de 100 ans, de tous les oueds et affluents croisant la ligne projetée de notre projet, ainsi que la détermination des ouvrages hydrauliques appropriés pour contenir ces débits d'apport par rapport à la saturation de ces équipements hydrauliques.

METHODOLOGIE ET CRITERES DE CONCEPTION

- Diagnostic des ouvrages existants
- Identification des bassins traversés par le tracé
- Calcul des paramètres physiques et géomorphologiques des bassins versants
- Évaluation des débits de crues avec un période de retour de 100 ans
- Évaluation des débits de saturation pour chaque type d'ouvrage hydraulique
- Le dimensionnement les ouvrages hydrauliques longitudinale et transversale.

VI.2 Etude hydrologique :

L'étude hydrologique a pour but d'évaluer les débits de projet au droit des points ponctuels croisant l'axe du projet.

La région d'étude se situe à l'extrême Est algérien, sur le territoire de la wilaya de Tébessa, le tracé de la ligne minière tronçon Oued Keberit Tébessa traverse le bassin versant de l'oued Mellègue (BV 12).

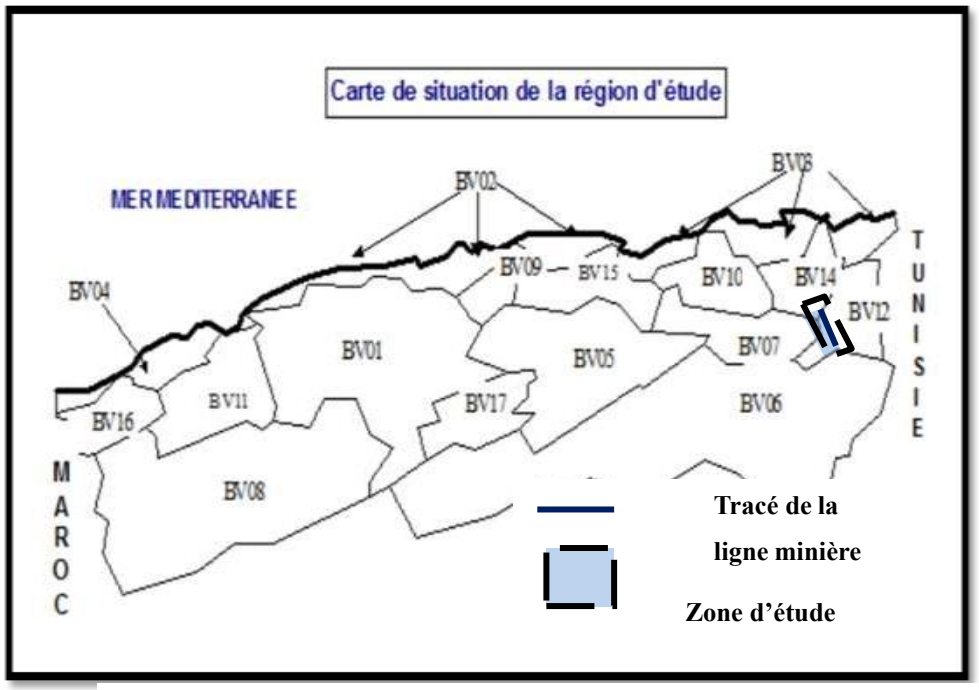


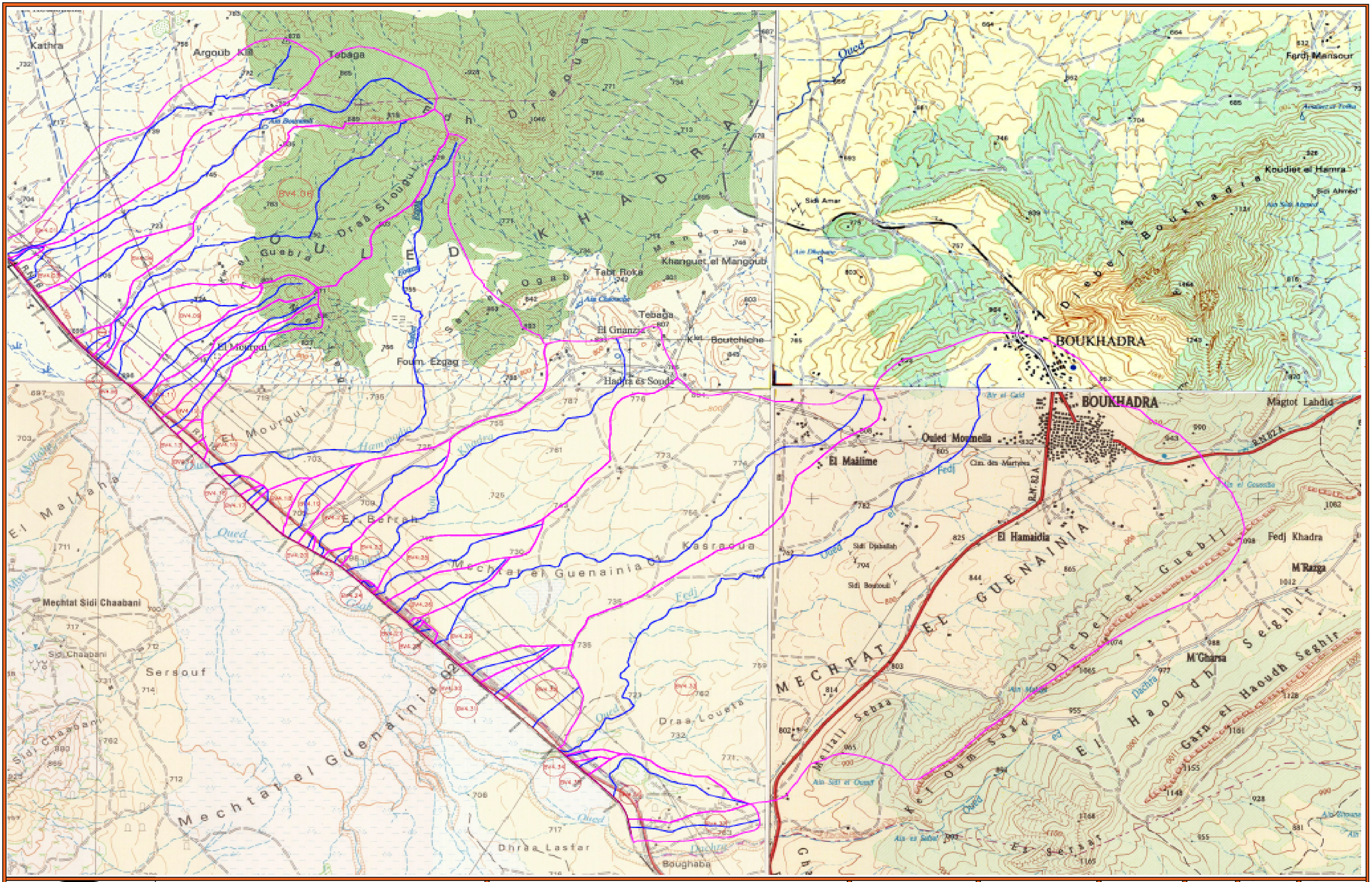
Figure VI.1 Carte de situation de la région d'étude

VI.2.1 Identification des points d'intersection

Cela consiste l'analyse des données topographiques issus des cartes d'état-major et des levés de détails, ainsi le profil en long du projet futur. Pour trouver les points bas nécessitant la mise en place d'ouvrages de traversées.

VI.2.2 La délimitation des bassins versants :

La délimitation des bassins versants est établie sur la carte d'Etat Major géoréférencée à l'échelle 1/25.000, en suivant la ligne de crête au dorsal bordant le sous bassin considéré, de telle sorte que la limite ne traverse le cours d'eau qu'au niveau de l'exutoire.



ENSTP المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics National School of Build and Ground works engineering	Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger Fax : (023) 70 19 38 Site web : www.enstp.edu.dz Tel : (023) 70 19 04 E-mail : enstp@enstp.edu.dz	PROJET DE FIN D'ETUDES **Étude en APD de dédoublement modernisation et/ou rectification d'une ligne ferroviaire pour augmenter la capacité de la ligne minière d'un tronçon entre Oued kbrit-Tébessa (pk79+500- au pk91+500) avec conception de la gare de Morsott**	Titre Carte de délimitation des bassins versants	Réalisé par Zaoui mohamed dhia Djerbah Oussama	Encadré par Boudjellal mohamed	Echelle 1/20000	N°Planche 7	La date 2022 / 2023

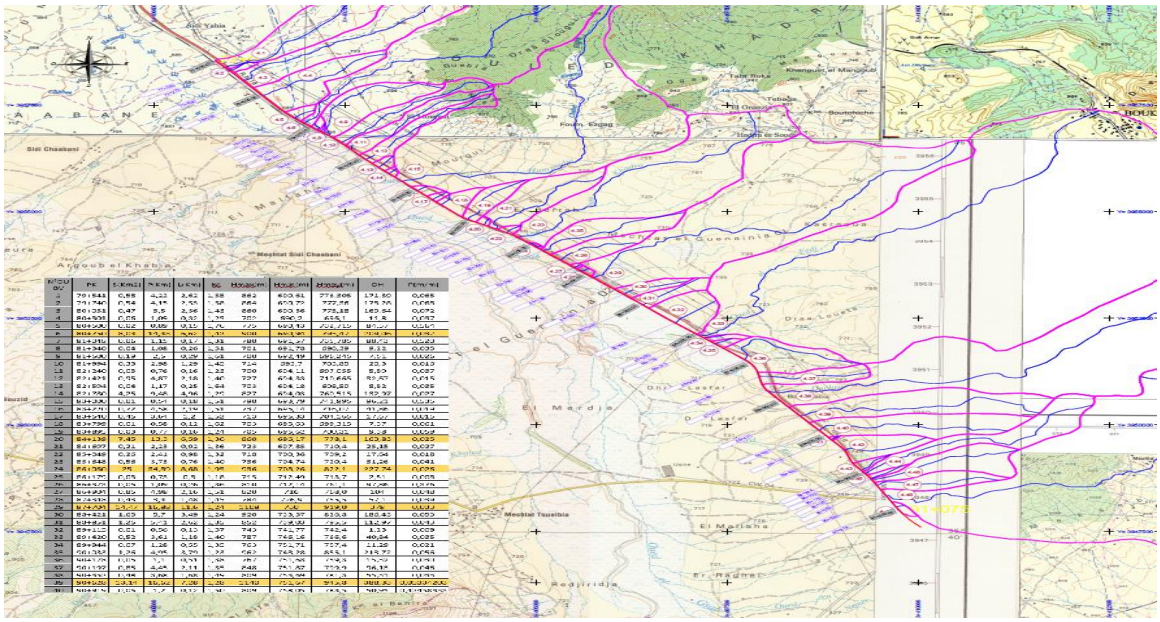


Figure VI.2La délimitation des bassins versants

VI.2.3 Évaluation des caractéristiques morphologiques

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

- La surface du bassin versant (Km²).
- Le périmètre (Km).
- La longueur du talweg (Km).
- L'altitude max (m).
- L'altitude min (m).
- La pente moyenne (en m/m).
- Le temps de concentration (heure).
- Le coefficient de ruissellement.

À partir de ces données, on calcule d'autres paramètres importants qui définissent le bassin :

- **Hmoy [m]** : altitude moyenne : $Hmoy = (Hmax + Hmin)\ /2$
- **ΔH [m]** : différence entre l'altitude maximale et minimale du bassin

$$\Delta H = H_{max} - H_{min}$$

- **P [m/m]** : pente du bassin $P = \Delta H / L$

Les caractéristiques des bassins versants des écoulements qui traversent notre ligne ferroviaire sont données par le tableau récapitulatif suivant :

Tableau VI-1 Caractéristiques morphologiques des bassins versants

N°DU BV	PK	S(Km2)	P(Km)	L(Km)	kc	Hmax(m)	Hmin(m)	Hmoy(m)	DH	P(m/m)
1	79+541	0,58	4,22	2,62	1,55	862	690,61	776,305	171,39	0,065
2	79+740	0,54	4,15	2,53	1,58	864	690,72	777,36	173,28	0,068
3	80+051	0,47	3,5	2,36	1,43	860	690,36	775,18	169,64	0,072
4	80+301	0,06	1,09	0,32	1,25	702	690,2	696,1	11,8	0,037
5	80+500	0,02	0,89	0,15	1,76	775	690,43	732,715	84,57	0,564
6	80+750	8,04	14,43	6,62	1,42	900	690,94	795,47	209,06	0,032
7	81+048	0,06	1,15	0,17	1,31	780	691,57	735,785	88,43	0,520
8	81+340	0,04	1,08	0,26	1,51	701	691,78	696,39	9,22	0,035
9	81+500	0,19	2,5	0,29	1,61	700	692,49	696,245	7,51	0,026
10	81+994	0,33	2,98	1,29	1,45	714	693,7	703,85	20,3	0,016
11	82+240	0,03	0,76	0,16	1,23	700	694,11	697,055	5,89	0,037
12	82+421	0,95	4,87	2,18	1,40	727	694,33	710,665	32,67	0,015
13	82+594	0,04	1,17	0,25	1,64	703	694,18	698,59	8,82	0,035
14	82+780	4,25	9,48	4,96	1,29	827	694,03	760,515	132,97	0,027
15	83+000	0,01	0,54	0,18	1,51	790	693,79	741,895	96,21	0,535
16	83+220	0,72	4,58	2,19	1,51	737	695,14	716,07	41,86	0,019
17	83+540	0,45	3,64	1,2	1,52	713	695,33	704,165	17,67	0,015
18	83+799	0,01	0,58	0,12	1,62	703	695,63	699,315	7,37	0,061
19	83+895	0,03	0,77	0,16	1,24	705	695,62	700,31	9,38	0,059
20	84+139	7,45	13,3	6,59	1,36	860	696,17	778,1	163,83	0,025
21	84+697	0,21	2,23	0,92	1,36	723	697,85	710,4	25,15	0,027
22	85+049	0,26	2,41	0,98	1,32	718	700,36	709,2	17,64	0,018
23	85+648	0,56	3,73	0,76	1,40	736	704,74	720,4	31,26	0,041
24	86+060	25	34,89	8,68	1,95	936	708,26	822,1	227,74	0,026
25	86+179	0,03	0,73	0,3	1,18	715	712,49	713,7	2,51	0,008
26	86+373	0,05	1,09	0,26	1,36	810	712,14	761,1	97,86	0,376
27	86+904	0,85	4,98	2,16	1,51	820	716	768,0	104	0,048
28	87+348	0,43	3,4	1,48	1,45	784	726,9	755,5	57,1	0,039
29	87+704	14,47	16,88	11,6	1,24	1108	730	919,0	378	0,033
30	88+421	1,65	5,7	3,49	1,24	920	733,57	826,8	186,43	0,053
31	88+851	1,25	5,41	2,62	1,35	852	739,03	795,5	112,97	0,043
32	89+115	0,01	0,56	0,13	1,57	743	741,77	742,4	1,23	0,009
33	89+420	0,52	3,61	1,18	1,40	787	746,16	766,6	40,84	0,035
34	89+944	0,07	1,28	0,55	1,35	763	751,71	757,4	11,29	0,021
35	90+033	1,26	4,95	3,79	1,23	962	748,28	855,1	213,72	0,056
36	90+178	0,05	1,1	0,51	1,38	767	751,68	759,3	15,32	0,030
37	90+197	0,85	4,45	2,11	1,35	848	751,87	799,9	96,13	0,046
38	90+352	0,48	3,68	1,68	1,49	809	753,69	781,3	55,31	0,033
39	90+628	13,14	16,62	7,28	1,28	1140	751,67	945,8	388,33	0,05334203
40	90+919	0,05	1,2	0,12	1,50	809	758,05	783,5	50,95	0,42458333

VI.2.4 Caractéristiques climatiques et pluviométriques :

VI.2.4.1 Climat de zone d'étude :

La région de l'étude est caractérisée par un climat méditerrané avec un été chaud et un hiver froid avec une température moyenne annuelle de l'ordre de 15.8°C (station de Tébessa).

VI.2.4.2 Pluviométrie

Les données de la région d'étude ont été recueillies auprès de l ' Agence Nationale des Ressources en eau (A.N.R.H) et de l'Office National de la Météorologie (O.N.M).

On s'intéresse en particulier :

- Aux pluies annuelles des pluies et ses fluctuations temporelles.
- Aux pluies journalières maximales en tant que facteur déclenchant des crues.

a) Pluies annuelles

L'ajustement à une loi normale des pluies annuelles des stations de nous montre que les distributions statistiques dans notre région présentent un caractère symétrique.

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

Tableau VI-2 pluies annuelles (mm)

Période de retour	100ans	50 ans	20 ans	10 ans
Fréquence	0,99	0,98	0,95	0,9
Tébessa	704	642	560	496

b) Précipitations Journalières

La protection contre les dégâts des eaux nécessite de s'intéresser aux pluies journalières maximales annuelles. Théoriquement les valeurs extrêmes s'ajustent à une loi des valeurs extrêmes.

Dans le tableau suivant nous présentons les pluies max journalières enregistrées au niveau des stations choisies, pour différentes fréquences.

Tableau VI-3 pluies maximales journalières (mm)

Période de retour	100ans	50 ans	20 ans	10 ans
Fréquence	0,99	0,98	0,95	0,9
Tébessa	82,93	74,78	63,9	55,49

VI.2.5 Le temps de concentration (Tc) :

Il correspond au temps nécessaire pour permettre à l'eau de ruisseler du point le plus reculé du bassin versant jusqu'à l'exutoire.

Les formules de calcul ont été choisie en fonction de la superficie du bassin versant :

a) **(S< 5Km²) :** Le temps de concentration est calculé par la formule de VENTURA :

$$\mathbf{Tc = 0.1272}\sqrt{\frac{A}{P}}$$

Avec : **A** :la surface en (Km²), **P** : pente du bassin, **Tc** : temp de concentration en (h).

b) **(5 Km² < S < 25 Km²) :** calculé par la formule de Passini :

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

VI.2.6 Calcul de l'intensité de pluie :

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

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

$$I = a T_c^{\,b}$$

Tableau VI-4 Paramètres a et b des Courbes IDF pour la région de l'étude

Station Tébessa	a	b
10	28.7	-0.76
20	33.1	-0.76
50	38.9	-0.76
100	43.2	-0.76

VI.2.7 Calcul du débit maximal dans les bassins (les débits de crue) :

La nécessité de mesurer le débit maximal d'un cours d'eau est évidente en raison des conséquences destructrices largement connues des événements hydrologiques.

Nous avons noté l'utilisation la méthode rationnelle dans la surface de toutes les bassins versants est inférieur à 10 Km2, et la méthode de Mallet -Gauthier pour les bassins de surface supérieur a 10Km2.

VI.2.7.1 Les méthodes de calcul :

La méthode rationnelle : a comme principe fondamental le fait que la pluie génératrice de crues est celle de durée égale au temps de concentration.

Le débit de pointe d'un bassin versant est calculé par la relation suivante :

$$Q=\alpha \times Cr \times I \times S$$

- α = coefficient de conversion des unités (1/3,60)
- Q= débit (m3/s)
- Cr=coefficient de ruissellement
- I=l'intensité de pluie (mm/h)
- S=superficie du bassin versant (Km²).

La méthode de Mallet -Gauthier :

$$Q_T = 2 \cdot K \cdot \log(1 + a \cdot h) \cdot \frac{A}{\sqrt{L}} \cdot \sqrt{1 + 4 \cdot \log T - \log A}$$

- QT = débit décennal en m3/s.
- h=hauteur moyenne annuelle de pluie en m.
- A=superficie du B.V en Km2.
- L=longeur du drain principal en Km
- T=période de retour.
- K=coefficient de ruissellement
- a=coefficient variant de 20 a 30

NB: Utilisation des méthodes de calcul des débits en fonction de la surface,voire **l'annexe D .**

VI.2.7.2 Le coefficient de ruissellement :

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

- La couverture végétale
- La perméabilité de terrain.

- La pente du bassin versant.

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

Coefficient C1 : dépendant de la pente du bassin versant.

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

Coefficient C2 : dépendant de la perméabilité de terrain.

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

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

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

La valeur adoptée de notre projet associé à la période de retour centennal est : Cr dépend des trois coefficient c1 c2 et c3.

VI.2.7.3 Résultats de calcul des débits :

Les débits de pointes calculés par la méthode rationnelle pour une période de retour centennale, et cela pour les bassins versants dont la superficie est inférieure ou égale à 10 Km².

Pour les surfaces supérieures à 10 Km² on à calculer par la méthode de Mallet -Gauthier, les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau VI-5 Résultats de calcul des débits

N°DU BV	PK	P(m/m)	Tc	I100 (mm/h)	Cr	Q(m3/s)
1	79+541	0,065	0,379	90,35	0,43	6,26
2	79+740	0,068	0,357	94,47	0,43	6,10
3	80+051	0,072	0,325	101,44	0,43	5,70
4	80+301	0,037	0,162	172,08	0,41	1,18
5	80+500	0,564	0,024	736,39	0,65	2,66
6	80+750	0,032	2,283	23,07	0,4	20,62
7	81+048	0,520	0,043	470,45	0,65	5,10
8	81+340	0,035	0,135	197,79	0,41	0,90
9	81+500	0,026	0,345	97,09	0,4	2,05
10	81+994	0,016	0,582	65,14	0,4	2,39
11	82+240	0,037	0,115	224,06	0,41	0,77
12	82+421	0,015	1,013	42,79	0,4	4,52
13	82+594	0,035	0,135	197,40	0,41	0,90
14	82+780	0,027	1,602	30,20	0,4	14,27
15	83+000	0,535	0,017	939,06	0,65	1,70
16	83+220	0,019	0,781	52,14	0,4	4,17
17	83+540	0,015	0,703	56,46	0,4	2,83
18	83+799	0,061	0,051	412,69	0,43	0,49
19	83+895	0,059	0,091	267,08	0,45	1,00
20	84+139	0,025	2,505	21,50	0,4	17,81
21	84+697	0,027	0,353	95,41	0,4	2,23
22	85+049	0,018	0,483	75,06	0,4	2,17
23	85+648	0,041	0,469	76,76	0,41	4,90
24	86+060	0,026	3,999	15,06	0,4	41,88
25	86+179	0,008	0,241	127,45	0,5	0,53

26	86+373	0,376	0,046	445,87	0,72	4,46
27	86+904	0,048	0,534	69,55	0,5	8,22
28	87+348	0,039	0,425	82,83	0,5	4,95
29	87+704	0,033	3,295	17,46	0,36	25,28
30	88+421	0,053	0,707	56,23	0,45	11,61
31	88+851	0,043	0,685	57,60	0,41	8,21
32	89+115	0,009	0,131	202,74	0,36	0,20
33	89+420	0,035	0,493	73,94	0,41	4,38
34	89+944	0,021	0,235	129,90	0,4	1,01
35	90+033	0,056	0,601	63,59	0,45	10,02
36	90+178	0,030	0,164	170,60	0,4	0,95
37	90+197	0,046	0,549	68,10	0,41	6,60
38	90+352	0,033	0,486	74,79	0,4	3,99
39	90+628	0,053	2,135	24,27	0,45	39,90
40	90+919	0,424	0,043	466,76	0,65	4,217

VI.3 Etude Hydraulique :

VI.3.1 Introduction :

L'étude hydraulique d'un projet de voie ferrée est essentielle pour garantir la sécurité de l'infrastructure ferroviaire face aux défis posés par l'eau qui peut avoir des effets dégradables sur le projet.

En identifiant les risques et en mettant en place des mesures d'adaptation appropriées, donc il est possible de prévenir les dommages potentiels et de maintenir un réseau ferroviaire fonctionnel même dans des conditions hydrauliques défavorables et d'évacuer les eaux vers un exutoire en dehors de l'emprise de la voie.

VI.3.2 Critères de dimensionnement à respecter :

- ✓ L'ouvrage doit prévoir évacuer le débit de crue correspondant.
- ✓ La hauteur d'eau correspondante à ce débit ne doit pas dépasser 80 % de la hauteur de l'ouvrage. (Selon la norme SNTF hydraulique drainage).

- ✓ Les conditions d'auto-curage consistent à vérifier les vitesses d'écoulement pour les taux de remplissages de 1% et 10% des débits, afin d'assurer la durabilité des ouvrages.

VI.3.3 Dimensionnement des ouvrages transversaux :

VI.3.3.1 Etat des ouvrages hydrauliques existants :

Dans ce titre on à prendre des photos de quelque ouvrage hydraulique existants dans notre projet le long du tracer étudier avec une description de leur état générale.

- **Pk 80+750 /Dalot (1.9x1.5) :**

L'ouvrage est un dalot rectangulaire en maçonnerie avec présence d'un envasement important, on a remarqué quelque éclatement superficiel au niveau des murs de tête. L'ouverture de l'ouvrage est immergée par l'eau, suite à son obturation par les sédiments solides, induisant à la méconnaissance de des dimensions.



Figure VI.3 OH. Dalot pk 80+750

- **Pk 82+780 /Dalot (2.3x0.3) et pk 83+799 /Dalot (1.9x0.6) :**

L'ouvrage est un dalot rectangulaire en maçonnerie avec présence d'un envasement important et des fissures au niveau de la traverse.



Figure VI.4 OH. Dalot pk 82+780 et pk 83+799 /Dalot (1.9x0.6)

NB : en a remarqué que la majorité des ouvrage hydraulique existants sont endommagé par des fissures et un envasement important.

VI.3.3.2 Méthode de MANNING STRICKLER :

Le principe général consiste à vérifier que le débit à évacuer correspondant à une pluie centennale est inférieur au débit maximal supporté par de l'ouvrage choisi, tout au long de l'écoulement.

Ce critère permet d'assurer que la voie reste en bon état lors d'un événement pluvieux centennale.

D'autre part, le dimensionnement doit assurer que les vitesses soient inférieures à 4 m/s dans les ouvrages bétonnés.

Le débit maximal à pleine section (saturation) d'un ouvrage hydraulique est estimé par la relation de MANNING STRICKLER :

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

- I : Pente longitudinale de l'ouvrage (m/m).
- Rh : Rayon hydraulique
- S_m : Section mouillée de l'ouvrage b x Hu (m^2).
- b : Largeur de l'ouvrage (m).
- Hu : Hauteur utile (m).
- H_t : Hauteur totale (m).
- Ks : Coefficient de rugosité, Pour le béton Ks=70**.**
-

Le tirant d'air (différence entre la côte des plus hautes eaux et la côte de l'intrados) doit être ménagé pour laisser le passage des corps flottant détritus, branchages, etc.… qui peuvent au passage sous un ouvrage hydraulique (pont, dalot) s'accrocher et boucher peu à peu les sections d'écoulement.

Pour un canal rectangulaire (dalot), le dimensionnement consiste à déterminer sa section et sa hauteur utile d'eau tout en évitant les ouvrages profonds en tenant compte des contraintes du projet.

- **Pré dimensionnement du dalot :**

$$\mathbf{Rh} = \frac{Sm}{Pm} = \frac{0.8*Ht*b}{1.6Ht+b} \qquad \mathbf{Qs} = Ks\ Sm\ Rh^{2/3}\ I^{1/2}$$

➢ **Vérification des conditions d'auto-curages :**

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

Pour vérifier ces conditions il faut vérifier :

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

➢ **Exemple de calcul pour BuseØ1200 :**

$Vps = \frac{Qps}{Sm} = \frac{6.45}{1.77} = 3.645$ m/s < **4 m/s.**

Pour: $\frac{Qa}{Qps} = 0.1$ on a: $\frac{V}{Vps} = 0.64$ → V = Vps × 0.638 = **2,33 m/s > 0.6 m/s.**

Pour : $\frac{Qa}{Qps} = 0.01$ on a : $\frac{V}{Vps} = 0.32$ → V = Vps × 0.32 = **1,17m/s > 0.3 m/s.**

Tableau VI-6 Liste globale des buses d'équilibre et des ouvrages à projeter

PK	Q(m3/s)	TYPE O.H	Sm	Pm	Rh	I m/m	Qs	Vps	Si Q=0.1Qp alors V > 0.6m/s	Si Q=0.01Qps Alors V > 0.3 m/s
79+541	6,26	2*Buse Ø1200	1,13	3,77	0,30	0,016	8,96	3,97	2,53	1,27
79+740	6,10	2*Buse Ø1200	1,13	3,77	0,30	0,015	8,68	3,84	2,45	1,23
80+051	5,70	2*Buse Ø1200	1,13	3,77	0,30	0,015	8,68	3,84	2,45	1,23
80+301	1,18	Buse Ø1000	0,79	3,14	0,25	0,015	2,70	3,42	2,18	1,09
80+500	2,66	Buse Ø1000	0,79	3,14	0,25	0,02	3,12	3,95	2,52	1,26
80+750	20,62	3DALOT 2*1,5	2,4	4,4	0,55	0,005	23,79	3,3	2,11	1,06
81+048	5,10	Buse Ø1500	1,77	4,71	0,38	0,01	6,45	3,65	2,33	1,17
81+340	0,90	Buse Ø1000	0,79	3,14	0,25	0,005	1,56	1,97	1,26	0,63
81+500	2,05	Buse Ø1000	0,79	3,14	0,25	0,018	2,96	3,74	2,39	1,20
81+994	2,39	Buse Ø1200	1,13	3,77	0,30	0,015	4,34	3,84	2,45	1,23

82+240	0,77	Buse Ø1000	0,79	3,14	0,25	0,0025	1,10	1,39	0,89	0,45
82+421	4,52	Buse Ø1500	1,77	4,71	0,38	0,01	6,45	3,65	2,33	1,17
82+594	0,90	Buse Ø1000	0,79	3,14	0,25	0,005	1,56	1,97	1,26	0,63
82+780	14,27	2DALOT 2*1,5	2,4	4,4	0,55	0,007	18,77	3,91	2,49	1,25
83+000	1,70	Buse Ø1000	0,79	3,14	0,25	0,01	2,20	2,79	1,78	0,89
83+220	4,17	Buse Ø1500	1,77	4,71	0,38	0,01	6,45	3,65	2,33	1,17
83+540	2,83	Buse Ø1200	1,13	3,77	0,30	0,015	4,34	3,84	2,45	1,23
83+799	0,49	Buse Ø1000	0,79	3,14	0,25	0,005	1,56	1,97	1,26	0,63
83+895	1,00	Buse Ø1000	0,79	3,14	0,25	0,005	1,56	1,97	1,26	0,63
84+139	17,81	2DALOT 2*1,5	2,40	4,40	0,55	0,007	18,77	3,91	2,49	1,25
84+697	2,23	Buse Ø1200	1,13	3,77	0,30	0,007	2,96	2,62	1,67	0,84
85+049	2,17	Buse Ø1200	1,13	3,77	0,30	0,007	2,96	2,62	1,67	0,84
85+648	4,90	Buse Ø1500	1,77	4,71	0,38	0,01	6,45	3,65	2,33	1,17
86+060	41,88	Ouvrage d'art (pont rail) oued el fedj								
86+179	0,53	Buse Ø1000	0,79	3,14	0,25	0,005	1,56	1,97	1,26	0,63
86+373	4,46	Buse Ø1500	1,77	4,71	0,38	0,01	6,45	3,65	2,33	1,17
86+904	8,22	2*Buse Ø1200	1,13	3,77	0,30	0,015	8,68	3,84	2,45	1,23
87+348	4,95	Buse Ø1500	1,77	4,71	0,38	0,007	5,40	3,05	1,95	0,98
87+704	25,28	3DALOT 2*1,5	2.4	4.40	0.55	0.007	28.14	3,91	2,49	1,25
88+421	11,61	2DALOT 2*1,5	2,40	4,40	0,55	0,003	12,29	2,56	1,63	0,82
88+851	8,21	2*Buse Ø1500	1,77	4,71	0,38	0,01	12,90	3,65	2,33	1,17
89+115	0,20	Buse Ø1000	0,79	3,14	0,25	0,005	1,56	1,97	1,26	0,63
89+420	4,38	Buse Ø1500	1,77	4,71	0,38	0,01	6,45	3,65	2,33	1,17
89+944	1,01	Buse Ø1000	0,79	3,14	0,25	0,005	1,56	1,97	1,26	0,63
90+033	10,02	2DALOT 2*1,5	2,40	4,40	0,55	0,003	12,29	2,56	1,63	0,82
90+178	0,95	Buse Ø1000	0,79	3,14	0,25	0,005	1,56	1,97	1,26	0,63

90+197	6,60	2*Buse Ø1200	1,13	3,77	0,30	0,014	8,38	3,71	2,37	1,19
90+352	3,99	Buse Ø1500	1,77	4,71	0,38	0,007	5,40	3,05	1,95	0,98
90+628	39,90	Ouvrage d'art (pont rail) oued rasse el aine								
90+919	4,22	Buse Ø1500	1,77	4,71	0,38	0,007	5,40	3,05	1,95	0,98

✓ **Remarque :** les conditions d'auto-curages sont vérifiées.

NB: Tableaux des canalisation circulaires partiellement remplie,voire **l'annexe D**.

VI.3.4 Ouvrages d'assainissement longitudinaux :

Le drainage longitudinal facilite la collecte et le déplacement des eaux qui atteignent la plateforme de la voie ferrée, qu'elles proviennent des talus ou des pentes avoisinantes.

Ce système de drainage comprend des fossés et des caniveaux qui dirigent les eaux vers des structures hydrauliques spécifiques ou les canalisent directement vers les cours d'eau existants.

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

VI.3.4.1 Dimensionnement des fossés :

Pour le calcul hydraulique de fossés a été utilisée la formule de Manning-Strickler :

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

Où: - La surface mouillée: $Am = (b+z\times h)\times h$. Avec : $z = \frac{e}{h} = \frac{1}{\tan\alpha}$

- Le rayon hydraulique : $Rh = Sm/Pm$

- Le périmètre mouillé $Pm = b+2h*\sqrt[2]{1+z^2}$

- I la pente des berges.

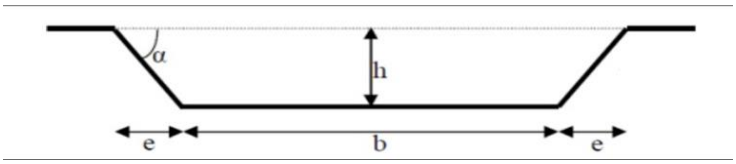


Figure VI.5 Un fossé de forme trapézoïdale

Hypothèses suivantes ont été émises pour le dimensionnement :

- Coefficient de rugosité Strickler Ks = 70 (correspondant à des fossés consolidés, revêtement en béton grossier).
- La déclivité longitudinale des fossés en zone de déblai est identique à celle du profil en long de la voie.
- Forme de construction.
- Profil trapézoïdal avec une pente du talus 3/2.
- Le débit à évacuer qui est la somme des 3 débits La plate-forme, les bermes et les talus :

$$\mathbf{Qa=Qpf+Qb+Qt.}$$

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

Chaque débit est déterminé en utilisant la méthode rationnelle :

$$\mathrm{Qa} = \frac{C * I * A}{3.6}$$

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

VI.3.4.2 Application de notre projet :

Le système de drainage longitudinal a été dimensionné pour une période de retour de 20 ans (a=33.1, b=-0.76).

Tableau VI-7 Calcul des débits à évacuer dans le cas de remblai et déblai.

		CAS REMBLAI	CAS DEBLAI
		Le cas plus défavorable: **Longueur= 1696.536 m** **H_{talus}= 3.3 m** **Berme = 0.3 m** **Largeur de la plateforme= 6.8 m**	**Le cas plus défavorable :** **Longueur= 700 m** **H_{talus}= 1 m** **Berme = 0.3 m** **Largeur de la plateforme= 6.8 m**
Plateforme	**Cr**	0.7	0.7
	P(m/m)	0.04	0.04
	A(Km^2)	0.01154	0.00476
	Tc(h)	0.0683	0.0439
	I (mm/h)	254.489	356.09
	Qpf (m^3/s)	**0.572**	**0.33**
Talus	**Cr**	0.5	0.5
	P(m/m)	3/2	3/2
	A(Km^2)	0.0056	0.0007
	Tc(h)	0.0078	0.0027
	I (mm/h)	1323.84	2964.77
	QT (m^3/s)	**1.029**	**0.288**
Bermes	**Cr**	0.5	0.5
	P(m/m)	0.04	0.04
	A(Km^2)	0.00051	0.00021
	Tc(h)	0.01436	0.0092
	I (mm/h)	832.51	1167.75
	QT (m^3/s)	**0.059**	**0.034**
Q_a (m^3/s) (total)		**Qpf+QB+QT= 1.66**	**Qpf+QB+QT= 0.652**

- **Choix de type du fossé**

Le choix de type du fossé est en fonction du débit à évacuer qui est rapporté par la plateforme, les bermes et les talus : Qa= Qpf + Qb + Qt.

Tableau VI-8 dimensionnement du fossé proposé

b	H	B	$S_m(m^2)$	$P_m(m)$	R_h	K_s	I(m/m)	$Q_s(m^3/s)$
0.5	0.5	1.5	0.5	1.91	0.26	70	0.07	3.77

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

$$Qa < Qs$$

En conclusion, les types des fossés adoptés pour notre projet de forme trapézoïdal (b=0.5m, h=0.5 m).

Conclusion :

L'étude hydraulique dans notre projet a un rôle tré important pour contrôler les eaux de surface, ainsi la préservation de la ligne ferroviaire a long terme.

CHAPITRES VII : ETUDE GÉOLOGIQUE ET GÉOTECHNIQUE

VII. Etude géologique et géotechnique

VII.1 Introduction

L'ingénieur d'études doit définir un programme de repérage géotechnique et géologique, Pour une bonne mise en œuvre du ce projet ferroviaire, cette recherche basée sur décrire la géomorphologie et la lithologie, par l'explication des mouvements gravitaire et l'estimations des tassements.

L'interprétation de cette recherche garantir la stabilité et la durabilité à long terme.

VII.2 Géologie :

a) Géologie régionale

La géomorphologie des terrains traversés est caractérisée par la vallée d'Oued Chebro qui s'étend pour notre projet de Oued El Kebrit au Nord jusqu'à Tebessa au Sud.

Et ce, en passant par les pleines agricole de Mechtat R'mila, Mechtat el Ekhchine, les terrains traversés sont à prépondérance limoneuse en surface et notamment sur la Mechtat el Ekhchine.

Les sols de ces pleines sont essentiellement composés des débris gréseux et marneux issus des falaises qui les bordent. Voir la Figure VII.1.

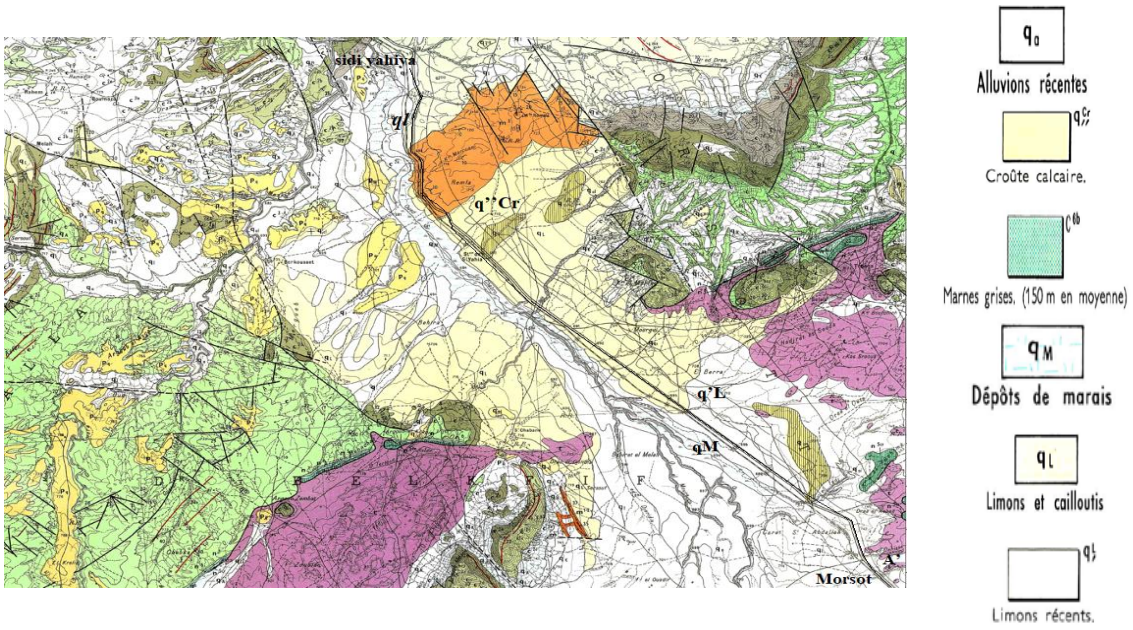


Figure VII.1 Géologie de la zone d'étude (extrait de la carte géologique au 1/50 000ème n° 150, ORGM).

b) Lithologie

Suite à la superposition de la carte géologique de la zone d'étude 1:50 000 avec notre tracé les transformations géomorphologique par le tracé sur la zone sont les suivants :

Tableau VII-1 les unités traversées par le tracé sur la zone d'étude.

Localisation (Pk de Projet)	Extension (Km)	L'âge	Périodes	Unité Géologique	Description
79+500au82+600	3.1	CENOZOIQUE ; MESOIQUE	QUATERNAIRE ; CRETACE	qL q''Cr	Limons et cailloutisè ; Croûte calcaire
82+600au89+500	6.9	CENOZOIQUE ; MESOIQUE	QUATERNAIRE ; CRETACE	q'L ; q''Cr	Limons ; Croûte calcaire
89+500au91+500	2	CENOZOIQUE	QUATERNAIRE	A'	Alluvions

c) Sismicité

Notre projet est situé sur une zone sismique de classe I à faible sismicité. Le coefficient d'accélération retenu pour les calculs de stabilité est A = 0.15 qui correspond aux ouvrages de groupe 1 vu que le présent projet correspond à une liaison ferroviaire.

VII.3 Étude géotechnique :

L'étude géotechnique consiste à déterminer les caractéristiques physico-mécaniques du sol devant accueillir le projet étudié.

Pour cela, une campagne de reconnaissance géotechnique a été réalisée tout le long de notre tracé une bonne connaissance des terrains traversés.

VII.3.1 Programme d'investigation géotechnique :

Suite à l'étude de la projection du tracé de notre projet, nous proposons notre plan d'investigation géotechnique le long de la ligne ferroviaire (Sidi yahia-Morssot) dont les objectifs sont :

a) Lot Tracé :

Il est crucial de prendre en compte la connaissance du sol et de ses caractéristiques géotechniques et morphologiques pour chaque déblai et remblai lors de la sélection d'une structure d'assise appropriée.

Doncil s'agit de déterminer les caractéristiques physico-chimiques et mécaniques en place afin de :

- Calculer la portance du sol support pour dimensionner la couche d'assise.
- Estimer la possibilité de l'utilisation du sol en remblai ou en couche de forme.

b) Lot Ouvrage :

Il s'agit de déterminer les caractéristiques physico-chimiques et mécaniques du sol pour la construction d'ouvrage.

VII.3.1.1 Lot Tracé :

Reconnaissance de portance de la plate-forme :

➢ **Puits de reconnaissance :**

Les puits de reconnaissance sont des forages effectués dans le sol qui permettent une observation directe des formations souterraines, une évaluation de l'épaisseur de la terre végétale pour les travaux de décapage, ainsi que la collecte d'échantillons remaniés pour leur identification et leur caractérisation géotechnique en laboratoire.

Les puits seront exécutés à la pelle mécanique sur une profondeur de 4m sur la section de déblais ou remblais le long de notre tracé.

➢ **Essai au laboratoire :**

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

✓ Essais d'identification (Granulométrie, Limites d'Atterberg, teneuren eau naturelle, densité spécifique, essai de bleu méthylène VBS).

✓ Analyses chimiques (Sulfates, Carbonates).

✓ Essais mécaniques (Proctor modifié, Cisaillement rectiligne et l'essai œdométriques).

Tableau VII-2 programme d'investigation lot tracer

Localisation PK	Hauteur (m)	Prof (m)	Essais in situ		Essais au laboratoire
			• 01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	Sondages carottés	• Essais d'identification • CBR • Analyses chimiques • Essais œdométriques • Essais cisaillement rectiligne
			En section remblais		
79+500	2.9	4	✓	×	✓
79+825	2.6	4	✓	×	✓
80+275	2.6	4	✓	×	✓
80+750	2.7	4	✓	×	✓
81+100	1.8	4	✓	×	✓
82+175	1.9	4	✓	×	✓
83+150	2	4	✓	×	✓
84+050	2.3	4	✓	×	✓
			En section déblai		
84+500	0.7	4	✓	×	✓
85+250	0.22	4	✓	×	✓
86+200	0.2	4	✓	×	✓

88+900	0.8	4	✓	×	✓
89+850	1	4	✓	×	✓
90+525	0.8	4	✓	×	✓
91+500	0.9	4	✓	×	✓

VII.3.1.2 Lot Ouvrage :

Tableau VII-3programme d'investigation lot ouvrage

Localisation	**Type d'ouvrage**	**Prof (m)**	**Essais in situ**	**Essais au laboratoire**
			• Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact. • Essai au pénétromètre statique SPT • Essai pressiomètre dynamique	• Essais d'identification • CBR • Analyses chimiques • Essais œdométriques • Essais cisaillement rectiligne
86+060	Ouvrage d'art (Pont rail)	**10**	✓	✓
90+628	Ouvrage d'art (Pont rail)	**10**	✓	✓

VII.3.2 Campagne de reconnaissance géotechnique :

Cette partie on a ordonner les différents travaux réalisés dans la campagne géotechnique ainsi que les essais de laboratoire proposés :

- Reconnaissance de surface.
- Puits de reconnaissance.
- Essais de pénétration dynamique.
- Sondages mécaniques.
- Essais de laboratoire sur les échantillons des puits et des sondages.

Les travaux de reconnaissance géotechnique (sondages, pénétromètres dynamiques et puits de reconnaissance) et les essais de laboratoire dans des échantillons extraits des sondages et des puits de reconnaissance, ont été effectués par un laboratoire géotechnique.

On a abrégé comme suit les travaux de reconnaissance géotechnique dans le tableau suivant:

- Puits de reconnaissance : (PR).
- Pénétromètre dynamique : (PD).
- Sondages mécaniques : (SC).

VII.3.2.1 Reconnaissance de surface

On a procédé à un relevé détaillé du tracé pour collecter des informations systématiques sur les points d'intérêt géotechnique.

VII.3.2.2 Puits de reconnaissance

En réalisant des forages, il a été possible de déterminer l'épaisseur de la couche de "terre végétale" à décaper, ainsi que la position du niveau des eaux souterraines Si elles sont en existence, en plus d'observer visuellement les formations géologiques et de les classer selon leur lithologie.

Dans la partie étudiée, on a 13 puits (PR) exécutée à des profondeurs fixées de 2 m. toute la section est recouverte par une couche de terre végétale égale à 0.2m.

Tableau VII-4 Les résultats des puits (PR) effectués

DésignationPuit	Pk	Prof (m)
PR1	79+540	2
PR2	80+050	2
PR3	80+500	2
PR4	81+340	2
PR5	81+933	2
PR6	82+420	2
PR7	84+697	2
PR8	85+048	2
PR9	85+648	2
PR10	89+115	2
PR11	89+114	2
PR12	90+032	2
PR13	90+197	2

VII.3.2.3 Sondages mécaniques :

Les sondages carottés consistent à prélever un cylindre de terrain le plus intact possible, dans le but d'obtenir des observations et des essais représentatifs des formations en place. Le découpage des terrains peut être effectué par fonçage ou battage (carottier poinçonneur) ou par rotation (carottier rotatif). L'avantage de ces sondages est de permettre de visualiser les terrains traversés, d'obtenir des informations sur les caractéristiques des matériaux excavés et de leur réutilisation, et de fournir ainsi tous les éléments nécessaires pour le calcul précis des inclinaisons des talus.

Tableau VII-5 Résume des sondages carottés effectués

Designation Sondage	Pk	Profondeur (m)
SC1	81+500	5,50-5,90 7,50-7,90
SC2	84+139	5,50-5,70 5,80-6,20 9,50-9,80
SC3	87+950	2,80-3,00 5,70-5,90 8,30-8,55

VII.3.2.4 Essai de pénétration dynamique :

La pénétration dynamique consiste à enfoncer dans le sol, par battage et de manière quasi-continue, un train de tiges muni à son extrémité d'une pointe fixe ou mobile.

Les résultats des essais de pénétration dynamique sont présentés sous forme de pénetrogrames indiquant en abscisse la résistance dynamique à la rupture du sol en bas et en ordonnée la profondeur correspondante exprimée en mètres.

Les courbes de pénétration mettent en relation le nombre de coups avec la profondeur dans chacun des essais.

Pour pouvoir interpréter les résultats des essais de pénétration, la résistance à la pénétration est égale à :

$$\mathbf{qd} = \frac{M^2 \times H}{S \times (M + P)} \times \frac{Nd}{E}$$

Étant :

- M = Masse du mouton (63,5 kg).
- H =Hauteur de chute (50cm ou 75cm).

- S =Section de la pointe (15cm² ou 20 cm²).
- P =Poids total du train de tiges.
- E=Pénétration (chaque 20cm).
- Nd =Nombre de coups.

- Caractéristique de l'essai : Poids du mouton : 63 Kg. Hauteur de chute : 75 Cm. Section de la pointe : 18,10 cm².Longueur de la tige : 1 m.

Tableau VII-6 Résume des essais de pénétration dynamique effectués

Désignation PDL	Pk	Profondeur (m)	Prof. (m)	qd (Bar)
PDL1	79+910	1.29	0-1 1-1.29	415 360
PDL2	81+220	9.38	1-0.2 0.2-7 7-9.38	85 190 340
PDL3	82+335	8.68	0-0.2 0.2-7 7-8.68	90 240 290
PDL4	82+500	7.85	0-1.4 1.4-2 2-3.6 3.6-7 7-7.85	225 75 130 310 350
	84+139		0-0.8	255

PDL5		9.77	0.8-1.6 1.6-7.2 7.2-9 9-9.77	75 85 280 329
PDL6	86+060	9.78	0-1.6 1.6-7.4 7.4-9.78	60 70 325
PDL7	88+300	10.28	0-0.45 0.45-7.8 7.8-10.28	48 54 294
PDL8	89+500	2.90	0-0.4 0.4-1.4 1.4-2.2 2.2-2.9	96 516 324 465
PDL9	90+628	2.49	0-1 1-1.6 1.6-2.49	522 230 495
PDL10	90+800	4.58	0-1 1-3.2 3.2-4.58	200 235 476
PDL11	90+900	1.49	0-1 1-1.49	490 590
PDL12	91+050	1.55	0-1 1-1.55	585 516

VII.3.2.5 Analyse du laboratoire :

Les normes en vigueur ont été respectées lors de l'analyse de tous les échantillons prélevés à partir des puits (PR) et des sondages carottés, comme en témoigne le tableau ci-dessous. Le programme d'essais en laboratoire a inclus les essais suivants :

- Essais d'identification (Granulométrie, Sédimentométrie, Limites d'Atterberg, teneur en eau naturelle, Le poids spécifique γ_d).
- Essais de propreté **(**Equivalent de sable, Essai au Bleu de Méthylène VBS).
- Essais mécaniques (Des essais Proctor modifié. Dés essais CBR imbibé).

a) Essai d'Identification :

- **Granularité**

Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique permet de détecter les pourcentages des différentes familles de grains constituant l'échantillon, Elle s'effectue par tamisage ou Sédimentométrie.

- **Argilosité**

Limites d'Atterberg : Les limites d'Atterberg permettent de détecter les teneurs en eau de limite de liquidité et de plasticité visé pour les sols moyennent et trés argileux.

b) Essais de propreté

Essai au bleu méthylène VBS : c'est la quantité absorbé (1g bleu→100g) sol lié a la surface spécifique du sol visé pour tout type de sole.

Essais de propreté : Il indique la teneur en éléments fins, lorsque l'indice de plasticité et inferieur a 7.

- **Teneur en eau :** représente la quantité d'eau contenu dans un échantillon de sol.

Les résultats des essais pour notre projet avec leur classification selon GTR sont donnés par le tableau récapitulatif si dessous :

Tableau VII-7 Résume des résultats des essais de laboratoire sur échantillons de sols remaniés

PR/SC n°	Granulométrie (% qui passe sur le tamis)				Limites d´ Atterberg (%)		ES	VBS	Teneur en eau (%)	CLASSIFICATIONS	
	2µm	80µm	2mm	50mm	Ip	Ic				GTR (LCPC)	UIC719R
PR	44,04	84,82	95,00	100,00	14	1.18	1.37	/	12.43	A2m	QS1
PR2	16,47	71,78	99,74	100,00	23	0.98	2.46	/	16	A2h	QS0
PR3	24,99	78,96	97,55	100,00	21	0.86	2.90	/	15.92	A2th	QS0
PR4	62,76	94,69	99,72	100,00	24	1.18	0.7	/	17.93	A2m	QS1
SC1	18,45 26,64	70,64 78,07	97,75 99,37	100 100	20.6 25.76	1.31 1.16	/	/	15.09 16.89	A2s A3m	QS1 QS1
PR5	48,58	80,00	89,44	100,00	17	1.24	1.02	/	11.88	A2s	QS1
PR6	46,30	84,30	93,33	100,00	16	1.23	1.94	/	13.26	A2s	QS1
SC2	5,93 21,01 25,67	96,29 86,68 74,38	99,98 100 96,2	100 100 100	28.24 20.08 17.6	1.14 1.09 1.20	/	/	20.44 16.79 13.48	A3m A2m A2m	QS1 QS1 QS1
PR7	43,31	95,44	99,38	100,00	17	0.73	1.12	/	23.60	A2th	QS0
PR8	48,74	96,24	99,79	100,00	17	1.11	0.36	/	17.11	A2m	QS1
PR9	49,05	98,01	19,78	100,00	22	0.74	0.62	/	21.63	A2th	QS0
SC3	64,61 49,72	95,86 82,21	98 97,09	100,00 100,00	25.91 18.42	1.18 1.26	/	/	15.79 15.21	A3m A2s	QS1 QS1

	55,6	88,17	96,5	100,00	16.71	1.44			11.37	A2ts	QS2
PR10	38,48	63,27	74,97	100,00			6.86	2,15	6.67	A2s	QS1
PR11	42,00	61,95	75,08	100,00	15.21	2.01	5.97	/	6.96	A2ts	QS2
PR12	38,45	61,66	72,74	100,00	18.32	1.47	5.93	/	10.45	A2ts	QS2
PR13	55,03	88,54	95,41	100,00	19.91	1.39	3.10	/	8.00	A2s	QS1

Interprétation des résultats :

- Selon la classification GTR (LCPC), les sols de la classe **A2** sont prédominants (sable fins argileux et marnes peu plastique) avec un pourcentage de **86%**, les autres sols sont classés **A3** (argile et argile marneuses, limons très plastiques) avec pourcentage **14%.**
- Selon la classification UIC 719R le sol traversé par la ligne ferroviaire est classé de **67%** dans la classe **QS1**, c'est-à-dire des sols « médiocres ». et de **14%** dans la classe **QS2 sols** « moyens » se situe généralement entre PK81+400 au PK82+750 et entre PK84+025 au PK85+850. et de **19%** dans la classe **QS0 sols** « impropres» se situe généralement entre PK 87+125 au PK88+925 .
- Les résultats des limites d'Atterberg réalisés sur les échantillons ont donné des indices de plasticité « IP » variables entre **14%** et **28.24%**, Ces résultats montrent que les sols sont moyennement argileux.

Donc le sol traversé par notre projet est dans sa majorité de classe **QS1** sols « médiocres », acceptable tel quels dont on doit toujours se préoccuper de bon drainage et pour les zones précise de QS0 il est nécessaire de faire un traitement du sol au liant hydraulique par example pour avoir un sol QS1 dans sa totalité pour que on garantie la bon résistance de sol support quand on réalise les différentes couches d'assise .

Tableau VII-8 Qualificatif de la fraction du sol constituée d'éléments inférieurs à 400 um en fonction de l'indice de plasticité

Indice de plasticité (%)	Qualificatif
Ip≤12	Non plastique
12≤Ip≤25	Peu plastique
25≤Ip≤40	Plastique
Ip>40	Très plastiques

- Degré de pollution du sol par la phase argileuse ou limoneuse présente. Donc la valeur obtenue varie entre **0,36** et **6,86** %. Ce qui signifie que ce sont des sols très argileux et impropre.
- La valeur obtenue de bleu de méthylène (VBS) est de 2.15 donc il s'agit de sol limoneux peu plastique (plasticité moyenne).

c) Essais mécaniques :

- **Proctor modifié :**

Essai qui permet de déterminer la teneur en eau nécessaire pour obtenir la densité sèche optimale d'un sol par compactage.

- **Essais CBR imbibés :**

Utilisé pour évaluer la capacité d'un matériau à supporter les charges des remblais et des couches de forme. Cet essai permet également de déterminer la résistance des sols à la circulation des engins de terrassement

Les résultats des essais mécaniques des sols traversés sont donnés par le tableau récapitulatif si dessous :

Tableau VII-9 tableau récapitulatif des essais mécaniques

Puit n°	Proctor modifié		Indice CBR (%)
	Wopt (%)	y_{dmax} (KN/m^3)	
PR1	12.03	1.95	14.04
PR3	8.64	1.98	/
PR4	13.14	1.83	9.52
PR5	12.37	1.97	3.51
PR6	11.73	1.99	9.98
PR7	16.49	1.83	20.39
PR8	15.70	1.83	10.37
PR9	8.39	2.17	16.27
PR10	8.02	2.15	12.47
PR11	9.43	2.07	15.04
PR12	8.02	2.15	4.35

Interprétation des résultats :

- En ce qui concerne les valeurs de la masse volumique sèche maximale γdmax se situent entre 1.83 et 2.17 KN/m3, tandis que la teneur en eau optimale Wopt., varie entre 8.02 % et 16.49 %.
- Les essais de portance CBR ont donné des valeurs varient entre **3.51 %** et **20.39 %** donc le sol est de moyenne à faible portance**.**

Conclusion

D'après l'étude géologique et géotechnique de la région on est conclu que le sol support est classé en **QS1.**

Dans le prochain chapitre nous allons utiliser les résultats obtenus dans le chapitre de géotechnique pour faire le dimensionnement des couches d'assise ferroviaire.

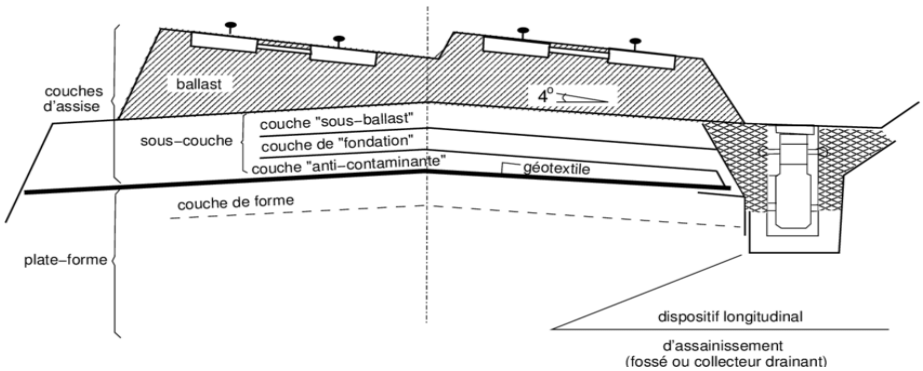
Chapitre VIII : ASSISE FERROVAIRE

VIII. Assise ferroviaire :

VIII.1 Introduction :

L'expression "assise ferroviaire" fait référence à la structure de base sur laquelle repose les voies ferrées.

L'objectif de cette dernière est de répartir les charges des trains de manière efficace presque uniforme sur la plate-forme, de maintenir la stabilité longitudinale et transversale des voies, d'assurer le drainage adéquat par l'évacuation des eaux de ruissellement, de minimiser les mouvements du sol, ainsi qu'amortir des vibrations importantes provenant du contact rails-roue, pour assurer la sécurité et l'efficacité du réseau ferroviaire.



Figures VIII.1 Composition d'assise ferroviaire

VIII.2 Composition d'assise ferroviaire :

VIII.2.1 Le ballaste :

Le ballast dans le contexte ferroviaire est une couche de matériaux granulaires dont 100% de la surface des grains est entièrement concassée. Il est posé directement sur les traverses et sous les rails, et remplit plusieurs fonctions importantes dans l'assise ferroviaire.

VIII.2.1.1 Rôle de ballaste :

Le ballast forme une couche épaisse qui offre les avantages suivants :

- **Répartition des charges :** Le ballast répartit les charges des trains sur une plus grande surface, pour éviter le tassement du sol et maintient la stabilité de la voie.
- **Absorption des vibrations** : Le ballast a une certaine capacité d'absorption des vibrations générées par le passage des trains.

- **Drainage** : Le ballast permet l'évacuation de l'eau qui peut s'accumuler sur les voies. Il est conçu de manière à permettre l'écoulement de l'eau à travers les interstices entre les granulats, grâce à sa granularité particulière.

VIII.2.1.2 Matériau :

Habituellement, on utilise de la pierre concassée, avec une granulométrie qui varie généralement entre 31,5 mm et 50 mm, pour le ballast. Les carrières spécialisées dans l'extraction et la transformation de ces matériaux sont appelées ballastières.

Il est nécessaire que les composants du ballast s'assemblent de manière à créer une structure dense, tout en restant perméable.

La qualité de ballast est exprimée à partir des essais classiques :

- Essai de la résistance à l'usure (essai Deval au micro-deval).
- Essai de la résistance à la fragmentation (essai de los Angeles).
- Essai de la résistance à la compression

Le ballast utilisé en chemin de fer doit avoir ou moins les qualités suivantes :

- Pierre rocheuse dure concassée, résistance à la compression : ≥ 12KN.
- Résistance à la compression : ≥ 12KN /cm² Maille : 22,4/63 mm.
- Limite de maille entre 31,5-50 mm : 50%.
- Résistance à l'érosion avec le coefficient Los Angeles : ≤ 15 %.

VIII.2.2 Sous couche :

La "couche sous-ballast" ou sous couche est située directement sous la couche de ballast dans une voie ferrée. Elle est conçue pour fournir une transition entre le ballast et le sol ou le remblai environnant. Elle comprend du haut vers le bas, une couche sous ballast en grave propre bien graduée (0/31.5) puis une couche de fondation dans le cas de mauvais sol, et enfin, s'il y a lieu, une couche anti contaminatrice complétée par des feuilles de géotextile de séparation.

VIII.2.2.1 Rôle de la sous couche :

Elle a des rôles multiples :

- Amélioration de la portance et meilleure répartition des charges transmises.
- Anticontamination entre la plateforme et la couche de ballast.
- Protection contre l'érosion et l'évacuation des eaux de pluies.

VIII.2.3 La plate-forme :

La plate-forme de la voie constitue l'élément support de la superstructure de la voie ferrée, constituée de terres rapportées dans le cas d'un remblai ou du sol en place dans le cas d'un déblai. Pour évaluer la qualité de la plateforme, il convient :

- D'apprécier la qualité de chaque sol composant la plateforme.

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

VIII.2.3.1 Classification des sols pour la plateforme :

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

- La nature géotechnique du sol : à cet égard, on utilise l'identification géotechnique.
- Les conditions hydrogéologiques et hydrologiques locales sont réputées bonnes si :
    - La couche supérieure du sol considéré est hors de toute nappe naturelle.
    - La plateforme n'est pas le siège de percolations.
    - Les eaux de pluie sont évacuées correctement de la plateforme et les dispositifs longitudinaux de drainage sont en bon état de fonctionnement.

Si l'une, au moins, de ces trois conditions n'est pas remplie, les conditions hydrogéologiques et hydrologiques sont réputées mauvaises.

On distingue, quatre classes de qualité QSi de sols**, voire l'annexe E.**

D'après l'étude faite dans le chapitre **VII** (l'étude géotechnique) et Selon la classification UIC719R notre sol qui est traversé par la ligne ferroviaire est classé de pourcentage majeur 67% la classe QS1, c'est-à-dire des sols « médiocres ». Et d'autre part la classe « moyens » de QS2 procède un pourcentage de 14% dans la classe QS2 sols « moyens » .et de 19% dans la classe QS0 sols « impropres ».

La classe de qualité du sol de la plateforme, la prépondérante dans cette zone est de **classe QS1.**

VIII.2.3.2 La classe de portance de la plateforme :

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

NB : la classe la portance de la plate-forme (normes UIC 719R p.34), **voire l'annexeF1** .

VIII.2.3.3 Plate-forme proposée :

En tenant compte des éléments mentionnés précédemment, notamment de la catégorie des qualités du sol support QS1 et des directives fournies par les UIC ainsi que les exigences du maître d'ouvrage nous conseillons d'opter pour une plateforme de type **P2** (plateforme moyenne) dimensionnée préalablement pour un tel type de sol (QS3).

Les résultats des travaux du terrain montrent que si on envisage pour une moyenne plateforme, c'est-à-dire de classe **P2,** on a besoin d'une couche de forme.

VIII.2.4 Couche de forme :

Concernant le besoin d'obtention d'une plate-forme de qualité de support du type **P2**, Sur les matériaux **QS1,** on a adopté une couche de forme dont la qualité de sol est **QS3** et cela sur une épaisseur de **35 cm.**

VIII.3 Calcul des épaisseurs minimales des couches d'assise :

Le dimensionnement de cette épaisseur est fait à partir de la formulation qui est indiquée dans le code UIC 719R (expression suivante), en fonction des paramètres adéquats au tronçon en cours d'étude. Les valeurs des différents paramètres pour le calcul de l'épaisseur sont dans l'annexe F.

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

e : étant l'épaisseur de la couche du ballast et des sous couch

NB: Les valeurs des différents paramètres pour le calcul de l'épaisseur dans **l'annexe F2** .

VIII.4 Application au projet :

Nous avons adopté les valeurs suivantes (fiche UIC-719 R) et selon les exigences du maitre d'ouvrage.

Tableau VIII-1 Dimensionnement de la couche couches d'assise

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

Tableau VIII-2 structure de la voie

Couche	Epaisseur(m)
Ballast	0.30
Sous-ballast	0.25
Couche de fondation	0.18
Couche de forme	0.35

Notre recommandation :

Selon les normes de le **UIC719R** nous avons choisi une plateforme P2« moyenne plateforme » selon les critères suivantes :

- Minimiser le cout de construction par minimiser l'epaisseur des couches d'assise en haut (se sont les plus cher).
- Assurer le bon fonctionnement de la ligne à long terme.

La structure proposée : (Ballast 0.28m, Sous-ballast0.20 m, Couche de fondation 0.25 m, Couche de forme0.35 m).

Concernant le besoin d'obtention d'une plate-forme de qualité de support du type P2, Sur les matériaux QS1, on a adopté une couche de forme dont la qualité de sol est QS3 et cela sur une épaisseur de 35 cm.

Conclusion :

Le chapitre sur l'assise ferroviaire met en évidence l'importance cruciale de cette composante pour la construction et l'exploitation efficace des voies ferrées.

Nous avons examiné la classification QSi du sol support et les directives des UIC. Il est essentiel de prendre en compte ces éléments lors de la conception et de la maintenance des infrastructures ferroviaires pour assurer la stabilité, la durabilité et les performances optimales du réseau à long terme.

Nous aborderons le profil en travers dans le prochain chapitre.

CHAPITRE IX : PROFILE EN TRAVERS

IX. Profile en Travers

IX.1 Introduction

Une fois que nous avons examiné le tracé en plan et le profil en long, nous sommes en mesure de suivre l'évolution de l'axe de la voie.

À présent, il est temps de déterminer le troisième élément clé d'un projet ferroviaire.

IX.2 Profil en travers

Le profil en travers consiste en une section transversale réalisée dans un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la voie projetée. Il fournit des informations sur les composants de la structure supérieure et de l'infrastructure, ainsi que sur les pentes des talus, le système d'assainissement et les mesures de protection éventuelles de la voie contre l'ensablement et les glissements de terrain.

Il existe deux types de profil en travers qui sont :

IX.2.1 Profil en travers type :

Contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs de voie, pentes des

Surfaces et talus, dimensions de l'infrastructure et de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc.…).

IX.2.2 Profil en travers courant :

S'applique au PK indiqué, prend et mentionne toutes les données caractérisant la section

Transversale de la voie au PK considéré, notamment la cote du terrain naturel, la cote de projet et le dévers de la plateforme.

IX.3 Les éléments du profil en travers :

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

IX.3.1 Eléments de superstructure :

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

- L'épaisseur de la couche de ballast.

IX.3.2 Eléments de l'infrastructure :

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

IX.3.3 Eléments du talus :

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

IX.3.4 Eléments d'assainissement :

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

IX.4 Profile en travers type de notre projet :

- Le profil en travers type en pleine voie, correspondant à un profil pour deux voies, présente une largeur de plateforme de 13,6 m soit en déblais soit en remblai.
- Le profil en travers présente une forme symétrique par rapport de l'axe de la plateforme.
- La superstructure est formée par des rails UIC-60 espacé de 1435 mm et des traverses en béton bibloc, sur ballast dont l'épaisseur minimal est de 0,30 m.
- La plateforme et couche de forme et sous-ballast de la voie sont formées en chapeau de chinois avec des inclinaisons transversales de 4%.
- Les épaisseurs des couches sous-ballast et de couche de forme sont définies dans le chapitre d'assise ferroviaire.

- Dans les zones de déblais les talus ont été définis avec l'inclinaison de 3/2 (H/V), avec la Construction de fosses longitudinaux au pied de talus.

- Dans les zones de remblai les talus ont été définis avec l'inclinaison de 3/2 (H/V), avec la construction de fosses longitudinaux au pied de talus.

Remarque :

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

IX.5 Calcul des cubatures :

Les cubatures de terrassement c'est l'évolution des cubes des déblais et des remblais que comporte le projet afin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne de projet.

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

- Les profils en long.
- Les profils en travers.
- Les distances entre les profils.

Pour notre projet, le calcul des cubatures de terrassement a été fait à l'aide du logiciel COVADIS 17.0f, les détails de calcul sont joints dans l'annexe.

Tableau suivant représente les résultats de calcul automatique :

Tableau IX.1 représente les résultats de calcul automatique

Volume déblais (m^3)	Volume remblais (m^3)
68302.45	207210.38

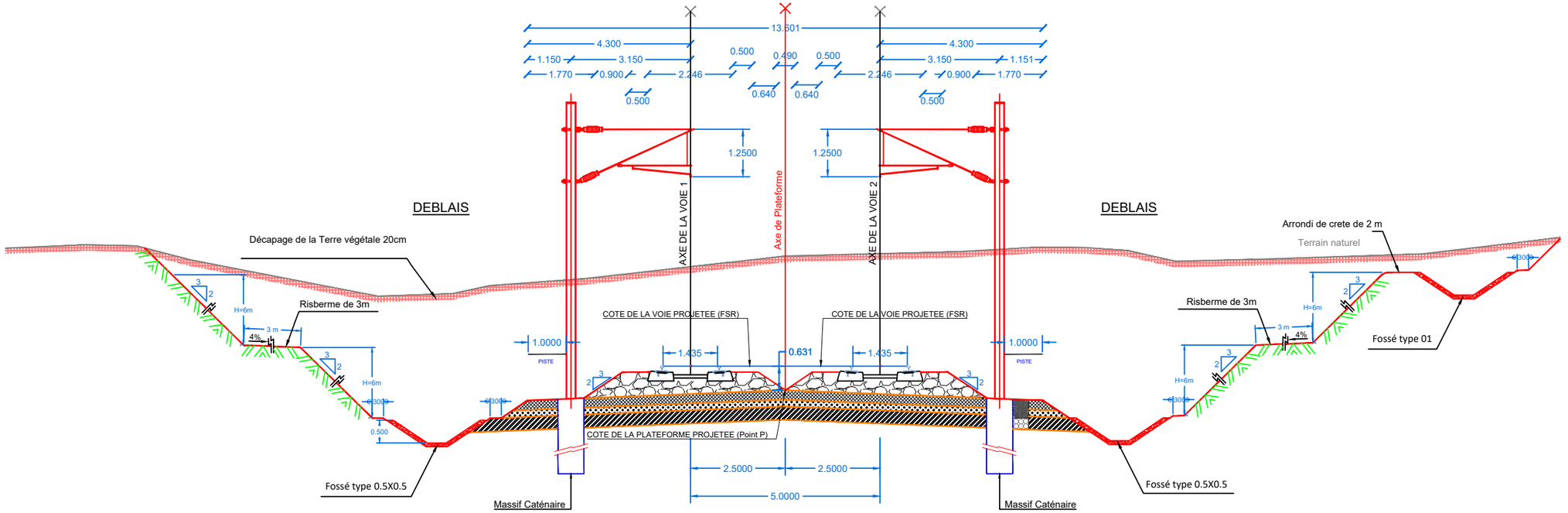
Conclusion

On peut conclure que Prendre en considération le gabarit nécessaire pour l'extension de voie, Donc la ligne repose sur une plate-forme de 13.6 m de largeur.

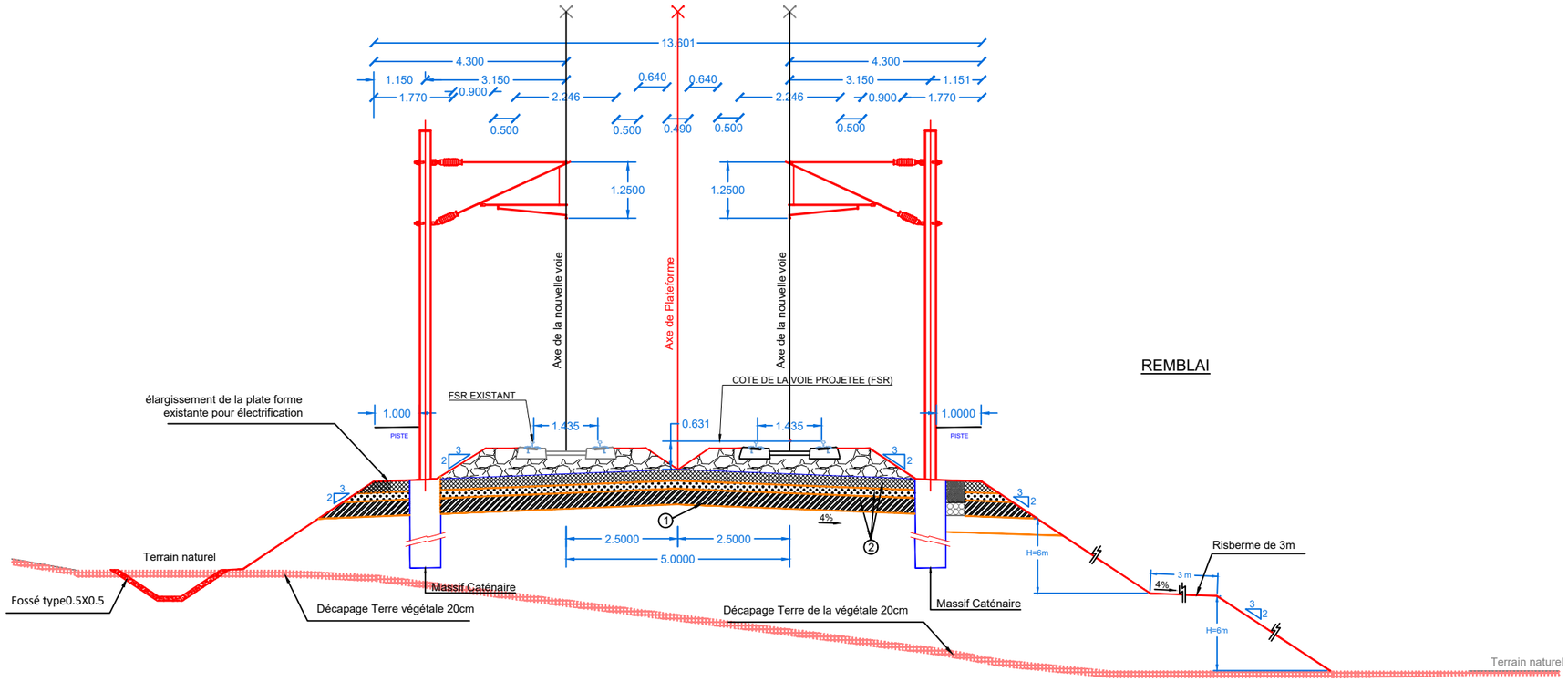
Après la fin de ce chapitre, nous parlons dans le prochain chapitre à propos deterrassement et ouvrages.

NB: Récapitulatif des cubatures des matériaux ,voir **l'annexe I .**

PROFIL EN TRAVERS TYPE
Cas Deblais



PROFIL EN TRAVERS TYPE
Cas Remblais



ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Build and Ground works engineering

Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 **Site web :** www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 **E-mail :** enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Titre	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N°Planche	La date
Étude en APD de dédoublement modernisation et/ou rectification d'une ligne ferroviaire pour augmenter la capacité de la ligne minière d'un tronçon entre Oued kbrit-Tébessa (pk79+500- au pk91+500) avec conception de la gare de Morsott	**Profil en travers type le long du tracé**	Zaoui mohamed dhia Djerbah Oussama	Boudjellal mohamed	2/2500	3	2022 / 2023

CHAPITRE X : TERRASSEMENTS ET OUVRAGES

X. Terrassement et ouvrage

X.1 Les terrassements :

Les terrassements font référence aux travaux impliqués dans la modification du relief d'un terrain afin de créer une plate-forme ferroviaire.

Cette transformation du sol est réalisée en effectuant des déblais et des remblais :

- **Le remblai :** c'est rapporter des terres, afin de relever ce niveau.
- **Le déblai** : consiste à abaisser le niveau du terrain par enlèvement des terres.

Lorsque la hauteur des déblais et des remblais dépasse un certain seuil, il existe un risque de rupture qui se manifeste généralement par un glissement de talus.

Site de gites d'empreinte de notre projet comme indiqué dans la figure ci-dessus :

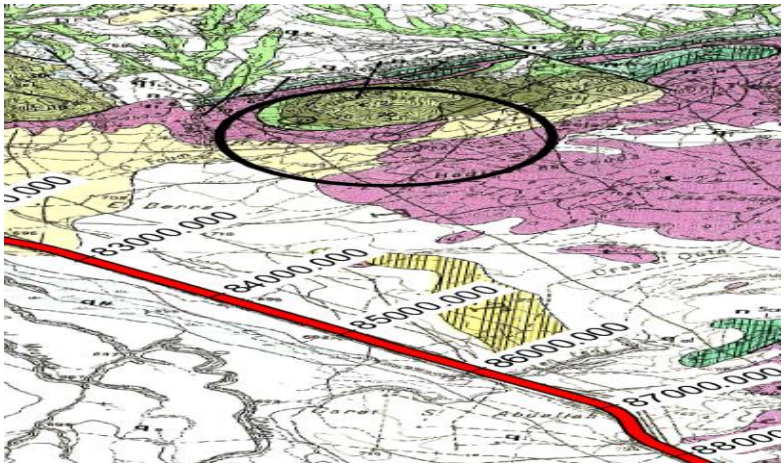


Figure X.1Site de gites d'empreinte

X.2 Les talus

C'est la pente, ou inclinaison, donnée aux parois des terres pour éviter leur éboulement. Il dépend de la nature du terrain.

En outre, talus en construction est une surface pentue de terrain résultant de travaux de terrassement lors de la construction d'une voie ferroviaire.

X.2.1 Pente de talus :

Les pentes de talus principalement utilisées selon le référentiel technique de SNTF chapitre 07.2.2 « OUVRAGES EN TERRE », et exprimées en fraction base sur hauteur sont :

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

Elles doivent être déterminées de façon à assurer la stabilité générale de l'ouvrage, en fonction :

- Caractéristiques géotechniques des terrains recoupés en déblais, ou du sol support et des matériaux mis en œuvre pour les remblais.
- La hauteur de l'ouvrage.
- La topographie de site et des risques naturelles.

Nb: Récapitulatif des Cubatures des Matériaux ,voire **l'annexe I** .

X.2.2 Calcule la stabilité de talus :

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

- Poids spécifique γ.
- Cohésion c'.
- Angle de frottement interne Φ'.

Pour les calculs des stabilités, les facteurs de sécurité globaux, à prendre en considération :

- Fs $\geq$ 1.5 à long terme.
- Fs $\geq$ 1.1 situation accidentel (séisme).

X.2.3 Vérification de stabilité des talus

On a utilisé, pour la vérification de la stabilité globale des talus de remblais et de déblais, les méthodes d'équilibre limite, notamment la méthode de Bishop.

Cette méthode consiste à déterminer un coefficient de sécurité de rupture par cisaillement sur une surface de glissement, à travers la répartition en nombre variable de tranches de la masse glissante, qui est en fonction de sa géométrie et des différents types de matériaux qui la constitue, et en admettant quelques simplifications en rapport avec les forces d'interaction entre les tranches.

La vérification de la stabilité sous l'action sismique sera effectuée avec un calcul statique équivalent en appliquant à tous les éléments du sol deux coefficients sismiques, kh=0.5 A et kv= 0,3 kh, qui représentent les forces horizontales, contenues dans les plans verticaux à plus grande pente et dirigées vers l'aval, et les forces verticales, descendantes ou ascendantes selon les combinaisons (kh, kv) (kh, -kv).

Exemple sur les profils en travers plus représentatifs, à savoir :

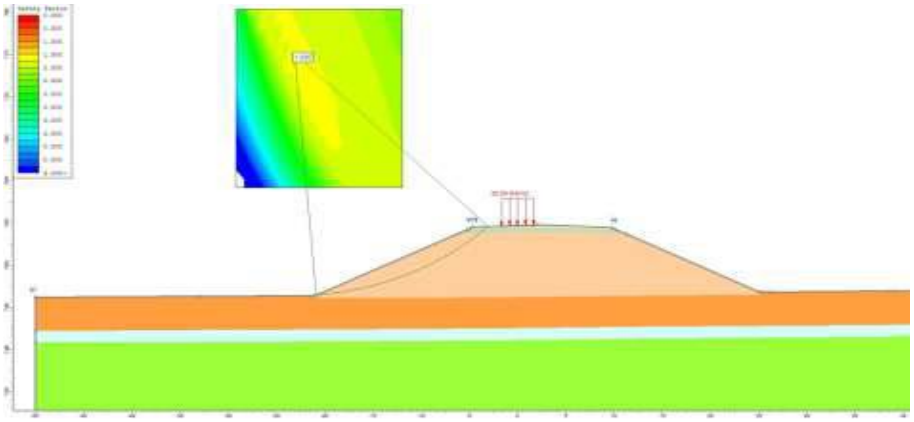


Figure X.2 Vérification de la stabilité globale. Analyse statique.(Remblai)
Profile au PK 79+975, hauteur de remblai est 2.73 m

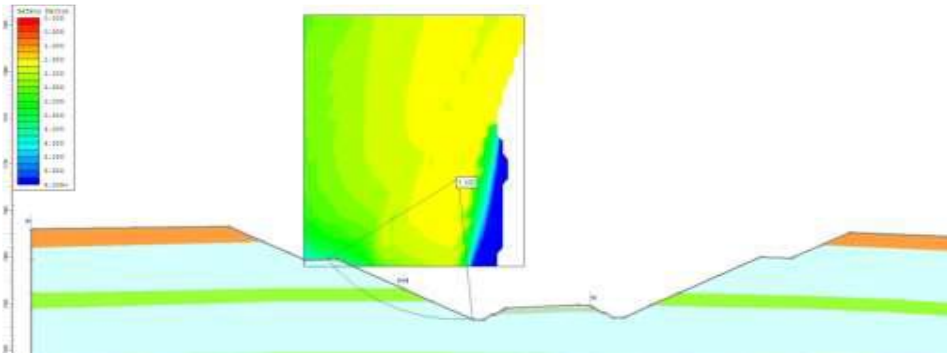


Figure X.3 Vérification de la stabilité globale. Analyse statique. (Déblai)
Profile au PK 85+925, hauteur de déblai est 0.31 m

X.2.4 Remarque :

Après avoir analysé le profil en long et le profil en travers du tronçon étudié, nous avons pu localiser les différentes zones de remblais et de déblais, caractérisées par des hauteurs relativement faibles. Les remblais ont une hauteur inférieure à 3,3 mètres et les déblais ont une hauteur inférieure à 1 mètres. Par conséquent, notre projet ne nécessite pas de vérification de la stabilité des talus en déblais et en remblais.

X.3 Les ouvrages :

Les ouvrages d'art sont des éléments indispensables pour assurer le franchissement de notre projet à travers les différentes infrastructures existantes, tout en préservant leur bon fonctionnement.

De plus, ils assurent la fluidité de la circulation sans perturber les cours naturel des eaux.

On doit doter notre ligne ferroviaire des ouvrages d'art suivants :

- Passages supérieur (pont routière).
- Passages inférieures (Ponts rail).
- Les ouvrages hydrauliques (buses, Dalots).

X.3.1 Influence sur le choix du type d'ouvrage :

Dans tous les cas le choix du type d'ouvrage dépend des contraintes imposées, ces conditions sont de deux sortes :

- **Données naturelles :** Ecoulement des eaux nature du sol, etc….
- **Exigences techniques :** Elles sont portées, programme de charge gabarit, etc…. Toutefois, les contraintes dimensionnelles et fonctionnelles sont :
  - L'obstacle franchi
  - Gabarit.
  - Tirait d'eau.
  - Adaptation architecturale à la région.
- **Croisement avec une route :** En général, les problèmes de croisement doivent prendre en considération la nature et le débit de chaque voie traversée afin d'analyser cas par cas tous les types de croisements en fonction de la vitesse de base maximale.

On prévoit en effet, trois solutions possibles :

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

X.3.2 Définition et catégories des ponts :

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

La voie portée peut être :

- Une voie routière (pont-route).
- Piétonne (passerelle).
- Ferroviaire (pont-rail).

X.3.3 Les ouvrages d'art de notre projet :

Liste des ouvrages d'art pour mon projet :

Tableau XI-1 Liste des ouvrages d'art pour notre projet

Type de passage	Localisation PK
03 Dalots (2.00×1.50)	80+750
02 Dalots (2.00×1.50)	82+780
02 Dalots (2.00×1.50)	84+139
Ouvrage d'art (Pont rail)	86+060
03 Dalots (2.00×1.50)	87+704
02 Dalots (2.00×1.50)	88+421
Ouvrage d'art (Pont rail)	90+628

X.3.3.1 Conception de passage à faune :

Les passages à faune sont des ouvrages construits dans un milieu aménagé, pour permettre aux espèces animales de traverser la ligne ferroviaire. Le passage à faune au PK 85+500 c'est un passage inferieur présente une ouverture 2.00x2.00m avec une section transversale en béton armé à cadre qui est subi à toutes les charges soit des remblais, soit de l'exploitation ferroviaire.

Conclusion

On peut conclure que dans notre projet les ouvrages d'art plus utilisé sont des ouvrages d'arts de type simple passage inférieur.

Chapitre XI : Conception et aménagement de la gare de morsot

XI. Conception et aménagement de la gare :

XI.1 Introduction :

Les gares ferroviaires servent de points d'arrêt pour les trains. Elle est équipée de différentes installations qui servent à deux fonctions principales : faciliter l'embarquement et le débarquement des passagers, ainsi que le chargement et le déchargement des marchandises.

XI.2 Type de gare :

On distingue plusieurs types des gares :

a) Gare de voyageur :

Les gares destinées aux voyageurs sont généralement situées dans les grandes villes et les zones densément peuplées. Elles sont équipées de toutes les installations nécessaires pour accueillir les voyageurs.

b) Gare marchandise :

Les gares de marchandises sont situées dans des zones stratégiques comprenant des sites industriels, agricoles et commerciaux d'importance, à proximité des grandes villes, des ports, des mines, des raffineries de pétrole.

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

c) Gare mixte :

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

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

Le concepteur de la gare est appelé à établir un plan de masse en tenant compte des fonctions de toutes les installations de base qui la constituent.

Dans ce stade (03) éléments nécessaires pour l'étude du plan de masse sont :

- **Catégories de la voie :** C'est en fonction de cet élément que l'on peut déterminer son rôle et ses constituants.
- **Son trafic :** C'est par lui, que l'on estime et on évalue l'importance de la gare pour

l'aménager d'une façon convenable.

- **Son emplacement :** généralement, c'est l'élément qui définit et détermine les deux éléments précédents.

XI.4 Aménagement de la gare

XI.4.1 Installations d'une gare à voyageur :

- **Le bâtiment de voyageurs (B.V) :** C'est un espace réservé aux voyageurs dans lequel on peut trouver une salle d'attente, guichet de billet, poste de sécurité, kiosque...etc.
- **Les bâtiments à usages divers (B.U.D) :** Qui comprennent des locaux de service exclusivement réservés aux agents du chemin de fer, tels que cabine de signalisation, magasin, magasin des coulis, bureaux….
- **Quais :** C'est une bande parallèle à la voie ferrée qui permet l'accès aux trains.
- **Abris de quais :** c'est une installation sur le quai qui a pour but de protéger les voyageurs des intempéries.
- **Les passages sous terrain et les passerelles :** ils sont construits dans les gares afin de Permettre aux voyageurs de traverser la voie et de changer le quai en pleine sécurité.

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

La marge de glissement désigne la partie de la voie qui se trouve après un signal fermé, où aucun autre train n'est autorisé à circuler.

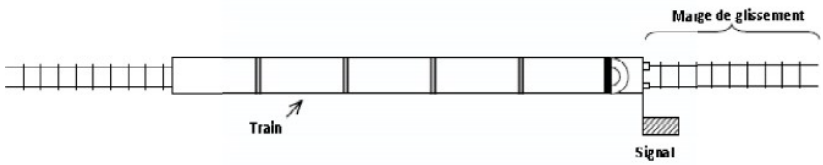


Figure XI.1 Schématisation de la marge de glissement

XI.4.2.1 Objectif de la marge de glissement :

Son objectif principal est de :

- ✓ Réduire les conséquences d'un accident lorsqu'un train n'a pas pu d'arrêter avant cette marge
- ✓ D'éviter une collision si un train n'a pas pu s'arrêter avant d'atteindre cette marge ou rails glissants.

XI.4.2.2 Longueurs de la marge de glissement :

Selon la vitesse de la ligne, les longueurs de la marge de glissement sont définies par la norme **UIC 739** comme suit :

- LG = 200m pour V ≥ 60 km/h.
- LG = 100m pour 40km/h ≤ V ≤ 60 km/h.
- LG = 50 m pour V < 40 km/h.

On l'utilise comme marge à l'aval des signaux de protection, des signaux d'entrée, des signaux intermédiaires ou de sortie.

XI.4.3 Garage franc :

Une borne de garage franc se pose sur le ballast, entre les deux voies qui se rejoignent sur un aiguillage, pour marquer la limite au-delà de laquelle les trains engagés sur les 2 voies se toucheraient.

La position des GF (Garage franc) est calculée selon la formule :

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

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

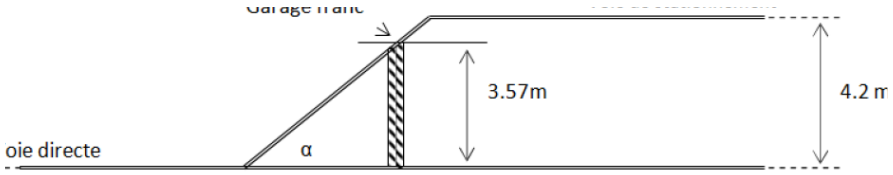


Figure XI.2 Schéma illustratif de garage franc

Remarque : La valeur de 3,57 m correspond à l'entraxe en courbe de rayon supérieur ou égal à 250 m.

XI.4.4 Heurtoir :

Il s'agit de dispositifs placés à l'extrémité d'une voie ferrée pour arrêter les trains qui ne s'arrêtent pas à temps, ou en cas de dérive, pour les empêcher de quitter la voie.

XI.5 Caractéristiques géométriques des gares

XI.5.1 La longueur utile d'une voie de stationnement :

C'est la longueur nécessaire permettant au train de stationner sur la voie de dépassement sans gêner la circulation sur la voie principale ou les autres voies de dépassement voisines.

Donc La longueur utile représente la distance séparant deux garages francs. Selon la SNTF La longueurutile minimale est de :(426 m : pour les trains voyageurs et 870 m pour les trains de marchandise (pour la voie principale et la voie de service).

XI.5.2 Déclivité dans les gares :

La déclivité en gare doit être contrôlée en fonction des activités prévues. Dans notre projet, nous avons choisi une déclivité de 0 ‰ afin de prévenir tout déplacement des trains.

XI.5.3 Quai :

Selon les normes de la SNTF :

La longueur des quais : Grande ligne 450 m. ; Service régional 350 m.

La largeur des quais : Quai intermédiaire B > 8 m. ; Quai extérieur B ≥ 6m.

Hauteur des quais : La hauteur du bord du quai devra être de 350, 550 ou de 760 mm au-dessus de la surface deroulement, et cela selon le type du matériel roulant qui est susceptible de s'arrêter dans ce quai.

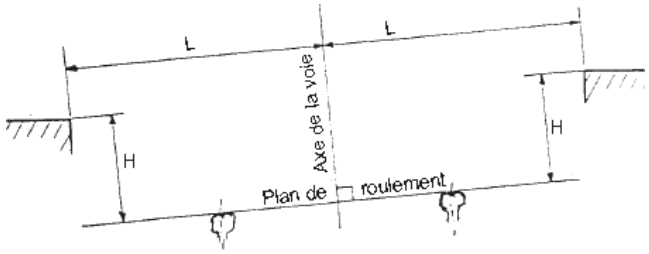


Figure XI.3 la hauteur du quai et la distance entre le bout du quai et l'axe de la voie ***(Source UIC741 OR)***

Avec :

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

XI.5.3.1 La distance à l'axe de la voie : (Selon la norme UIC 741)

Pour les bordures de quai implantées à la hauteur nominale de 550 mm, la distance nominale à l'axe de la voie est fixée à :

$$L\ (mm)=1650+S.$$

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

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

XI.5.3.2 L'entre axe des quais :

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

XI.6 Application Au Projet :

La future gare de MORSOT sera située sur le tronçon 1 de la ligne Oued KEBRIT - DJBEL EL ONK,du PK 90+800 au PK 91+975.000, le futur bâtiment de voyageur étant situé au PK 91+487.50.

XI.6.1 Les Caractéristique de la gare morsot :

La gare Morsot est conçue pour un trafic mixte voyageur et marchandise.

La gare comprend trois linges ferroviaire V1, V2 et V3, il sera nécessaire de placer 11 app areils de voies de type UIC60-500-1/12,11 garage franc et un heurtoir à la fin de V3.

L'illustration ci-dessous présente le schéma de voie de la gare.

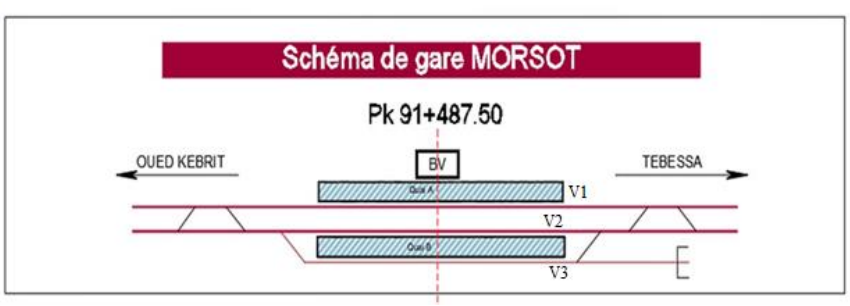


Figure XI.4 Schéma de la gare MORSOT

La gare de MORSOT est composée de 02 voies principales (V1, V2) d'une longueur utile de 673 m et 645 m et un entraxe de 5m (entraxe identique à celui de la ligne).

Une troisième voie (V3), une voie d'évitement contourne le quai N°02 du côté Nord avec un entraxe de 9.30m et d'une longueur utile de 612m.

XI.6.1.1 Les quais

Les quais de voyageurs sont localisés en alignement droit.

- **Le Quai 1** a une longueur de 225 mètres et une largeur de 6 mètres, localisé entre le bâtiment voyageur et la voie V1.
- **Le Quai 2** a une longueur de 225 mètres et une largeur de 6 mètres, localisé entre 2 lignes V1 et V3. Elles auront un entraxe de 5.0 m, une hauteur de 0.55 m, concernant le plan de roulement et un éloignement de 1.65 m par rapport à la bordure.

XI.6.1.2 Assainissement transversale :

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

XI.6.1.3 Assainissement longitudinal :

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

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

XI.6.1.4 Longueur de garage de franc :

Pour UIC 60 E1-500-1/12 : GF = 3.57*12 + 1 = 43.84 m.

XI.6.1.5 Longueurs de la marge de glissement :

Comme V ≥ 60 km/h alors LG = 200m.

XI.6.1.6 Armement de la voie :

- Le rail utilisé sera du type 60 E1 .
- Longueur minimum des barres élémentaires : 18 m.
- Barres élémentaires soudées électriquement en atelier en barre continue de longueu r ≥ 288 m et soudure aluminothermique en voie.

a) Le système d'attache :

Le système d'attache est la partie qui transmet les charges entre le rail et les traverses et qui maintient l'écartement. Le système d'attache applique sur notre projet et une attache à lame de type Nabla.

Traverses :

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

Les voies de communication et les appareils de voie doivent être équipés avec des traverses en bois.

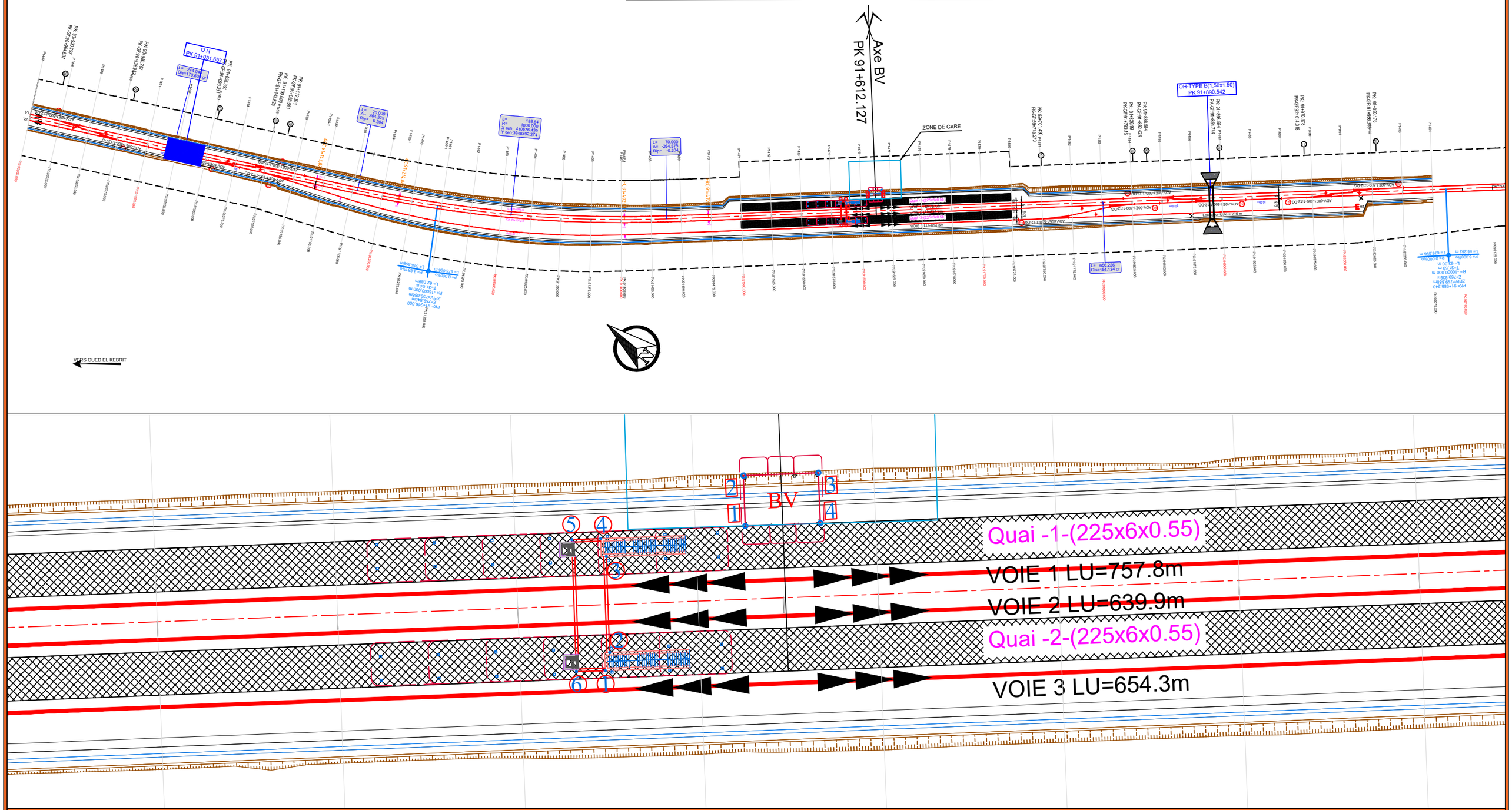
NB: caractéristique d'apparailes de changement de voie dans la gare de morsott,**voire l'annexe H .**

XI.7 Profile en travers type et le schéma de la gare proposé : voir planche N04.

GARE MORSOT

VITESSE DE LA LIGNE :120KM/H(VOYAGEUR)

:80KM/H(MARCHANDISE)

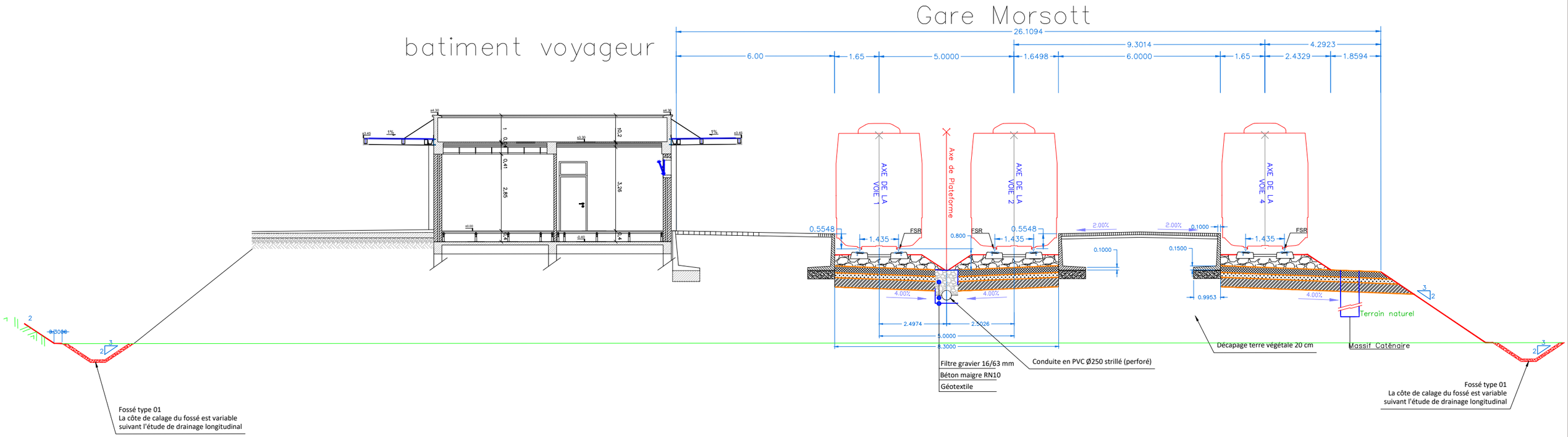


ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Build and Ground works engineering

Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 Site web : www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 E-mail : enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Titre	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N°Planche	La date
Étude en APD de dédoublement modernisation et/ou rectification d'une ligne ferroviaire pour augmenter la capacité de la ligne minière d'un tronçon entre Oued kbrit-Tébessa (pk79+500- au pk91+500) avec conception de la gare de Morsott	VUE EN PLAN de la gare MORST	Zaoui mohamed dhia Djerbah Oussama	Boudjellal mohamed	1/3000 1/500	5	2022 / 2023

PROFIL EN TRAVERS TYPE DE LA GARE MORSOTT
ECH : 1/1000



ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Build and Ground works engineering

Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38 **Site web :** www.enstp.edu.dz
Tel : (023) 70 19 04 **E-mail :** enstp@enstp.edu.dz

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Etude en APD de dédoublement modernisation et/ou rectification d'une ligne ferroviaire pour augmenter la capacité de la ligne minière d'un trançon entre Oued kbrit-Tébessa (PK79+500 au PK91+500) avec conception de la gare de Morsott	**ZAOUI Mohamed Dhia DJERBAH Oussama**	**BOUDJELLAL Mohamed**	1/1000	4	2022/2023

CHAPITRE XII : SIGNALISATION FERROVAIRE

XII. SIGNALISATION FERROVAIRE

XII.1 Introductions

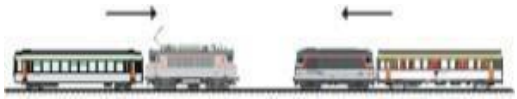
La signalisation ferroviaire est un système d'informations est l'ensemble des signaux conventionnels, destinés à assurer la sécurité des usagers du rail, comporte également des tableaux lumineux ainsi que des tableaux ou pancartes.

XII.2 Objet de la signalisation ferroviaire

Les objectifs de signalisation sont multiples, ont pour but d'éviter les risques à la circulation ferroviaire.

Les risques inhérents à la circulation ferroviaire :

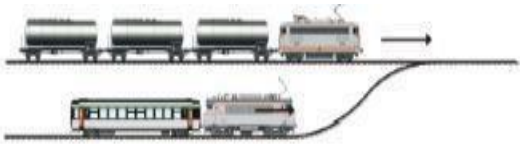
- Le « nez à nez », quand deux trains se retrouvent face à face sur la même voie est pris en charge par les enclenchements de sens.



- Le « rattrapage », quand le train suiveur rattrape celui qui le précède est pris en charge par le cantonnement.



- La « prise en écharpe », quand un train arrive sur un aiguillage déjà occupé parun train venant d'une autre direction est pris en charge par les enclenchements internes au poste d'aiguillage (enclenchement d'itinéraires, enclenchement de transit…).



- Les risques de déraillement (limitation de vitesse dans les courbes, les zones d'aiguillage et de travaux) , sont pris en charge par les limitations de vitesse, des systèmes de surveillance des chargements, de chutes de rochers, de chutes de véhicules routiers et

de la température des boîtes d'essieux.

- Les risques inhérents aux passages à niveau, intersections avec le réseau routier sont pris en charge par des dispositifs d'annonce des trains.

XII.3 Principes de base

La signalisation devra satisfaire aux principes de base suivants :

- ✓ Assurer la commande des itinéraires pour que les trains arrivent a leur destination prévue.
- ✓ Assurer la sécurité de chaque mouvement de trains en empêchant toute collision oudéraillement.
- ✓ Assurer les performances spécifie en termes d'écoulement du trafic et de performances à atteindre.

En mode nominal, le système de signalisation comprendra les principaux sous-systèmes suivants :

- La détection des trains.
- Les postes d'enclenchements.
- Les signaux latéraux.
- Le Poste de Commande et de Contrôle (PCC) et les postes locaux.
- Les détecteurs d'incidents.

En mode dégrade, les postes locaux des gares pourraient être repris en commande locale en cas deperte de liaison entre le PCC et les postes locaux.

XII.4 Implantation des signaux en Algérie

Les signaux ferroviaires se partage en deux catégories sont les feux et les panneaux, ces derniers sont implantés généralement à gauche de la voie car les trains circulent à gauche sauf dansle cas où le positionnement n'est pas possible.

XII.5 DIFFERENTES FONCTIONS DES SIGNAUX :

Les signaux sont essentiellement utilisés pour assurer les fonctions suivantes :

- Signalisation d'arrêt.
- Signalisation de limitation de vitesse.

- Signalisation de direction.

Chacune de ces signalisations comprend habituellement une signalisation d'annonce et une signalisation de rappel ou d'exécution.

XII.6 Les différents types de blocks

Les différents systèmes utilisés pour gérer les signaux sont appelés block, selon la catégorie de la ligne sont ci -dessous :

a) **Le block manuel (B.M)** : est utilisé sur des lignes peu fréquentées, L'entrée sur une voie en BM est réglementée par un signal de block ouvert manuellement par un agent-circulation.

b) **Le block automatique à permissivité restreinte (B.A.P.R)** : est utilisé sur les lignesà moyenne fréquentation. C'est un système d'espacement par signaux en partie ou totalement automatiques.

c) **Le block automatique lumineux (B.A.L)** : il est utilisé sur les lignes principales, c'estun système d'espacement par signaux automatiques permissifs, c'est-à-dire pouvant être passés à l'état fermé, sous certaines conditions.

Les lignes à voie multiple sont habituellement divisées en plusieurs secteur que l'on appelle des cantons, ce qui permet d'envoyer plusieurs trains sur le même block. Chaque canton est précédéd'un signal de cantonnement, entièrement automatique, commandant l'entrée sur le canton suivantet assurer l'espacement des trains circulant dans le même sens sur une même voie.

Nb : Les principaux signaux ferroviaires et leur indication, sont représenté dans **l'annexe G**.

XII.7 Système de contrôle et de protection ERTMS

Le système européen de gestion de la circulation ferroviaire, connu sous le nom de **E**uropéen **R**ailways **T**raffic **M**anagement **S**ystem en anglais, est un système de contrôle et de commande qui permet d'assurer un trafic ferroviaire standardisé et interopérable à travers l'Europe.

XII.7.1 Les fonctions d'ERTMS :

- Contrôler l'aspect de la signalisation latérale par la balise standard qui communique

avec un autre système à bord de train.

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

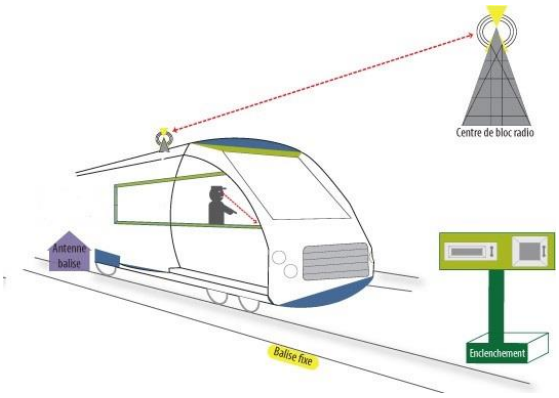


Figure XII-1 le système de contrôle des trains ERTMS

XII.8 Application sur notre projet :

La ligne ferroviaire oued kebrit-Tébessa-djebel el Onk est une ligne minière à double voies avec une vitesse de 120 km/h pour les trains voyageurs et 80 km/h pour les trains marchandises.

Pour désaturer le réseau existant et faire circuler plus passagers et augmenter les capacités de circulation de marchandises on a choisi de combiner entre la signalisation latérale établi par le système BAL et la signalisation en cabine établi par le système ERTMS.

Grace à la compatibilité de deux système les informations d'accélération et de ralentissement, d'arrêté sont transmises de façon continue et directement au conducteur de train qui peut ajuster sa conduite à tout moment donc on peut rouler plus vite et plus rapprochée donc faire passer plus de trains par heure et même faire repartir de façon plus fluide le trafic.

CHAPITRE XIII : ETUDE D'IMPACTSUR L'ENVIRONNEMENT

XIII. Etude impact sur l'environnement :

XIII.1 Introduction :

Le terme "environnement" est à prendre ici au sens large, ce domaine rassemblera toutes les thématiques qui décrivent les lieux de vie des espèces animales et végétales.

L'étude d'impact sur l'environnement (EIE) est un processus qui au tout début de la planification, cerne et évalue les risques d'incidences environnementales découlant d'un projet prévu.

XIII.2 Délimitation de la zone d'étude :

La zone d'influence environnementale du notre projet se divise en deux parties. Une zone d'impact direct pour les aspects biophysiques, et une zone d'influence diffuse pour les aspects socio-économiques.

- **Zone d'influence indirecte :**

La zone d'influence indirecte est située dans la wilaya de Tébessa s'étale sur une superficie de 13 878km², et compte une population estimée à 657 227 Habitants avec une densité moyenne de 46.7 hab /km².

- **Zone d'influence directe :**

C'est la zone composée d'une bande d'environ 01 km (500m de l'axe du projet sur les deux rives de l'axe de la ligne ferroviaire), c'est la zone qui subit le plus des impacts positifs et/ou négatifs du projet.

La commune MORSOTT la plus proche de notre projet (gare de MORSOTT inclus dans les 12 KM du projet) S'étale sur une superficie de 296 km², et compte une population estimée à 17 238 Habitants avec une densité moyenne de 58 hab /km².

XIII.2.1 Situation de la zone d'étude :

Elle est située à 91.9 km au sud de souk Ahras et 33.6 km au nord de Tébessa, 20.3 km à l'est de Oum bouaghi et 38 km à l'ouest des frontières tunisiennes et de 28.9 km au sud de EL Aouinet.

XIII.2.2 Description de l'état initial de la zone d'étude :

XIII.2.2.1 Milieu naturel :

Deux sections sont présentées, chacune abordant les aspects physiques et biologiques de l'environnement récepteur.

a) **Environnements physiques :** Dans cette section, on décrit les caractéristiques principales de la zone d'étude.

- **Le relief :**

Le relief de la commune de Morsott est caractérisé par des plaines, des plateaux et des montagnes, avec une altitude variante entre 400 et 1000 mètres.

- **Hydrologie** :

La wilaya de Tébessa est située dans une zone semi-aride et soumise à des variations climatiques importantes, la moyenne des précipitations annuelles est d'environ 237 mm. Cependant, il convient de noter que cette moyenne peut varier considérablement d'une année à l'autre et que la région peut connaître des périodes de sécheresse prolongées.

b) **Environnements biologiques :**

- **Espèces faunistiques :**

Diversité d'espèces faunistiques adaptées à son climat, On y trouve notamment des espèces de mammifères telles que le renard, le lièvre, la gazelle dorcas, espèces d'oiseaux, espèces d'insectes et d'arthropodes, tels que le scorpion, la fourmi.

- **Espèces floristiques :**

La wilaya de Tébessa région de Morsott présente une grande variété d'espèces floristiques adaptées à son climat semi-aride.

On y trouve des plantes telles que le chêne vert, l'olivier sauvage, le palmier nain, l'alfa, le thym, le romarin et l'artichaut sauvage.

XIII.2.2.2 Milieu humain :

- **Population :**

Il a une population de 17238 habitants sur une superficie de 296 km². La densité de population du commue de Morsott est donc de 58 habitants par km².

- **Agriculture :**

La wilaya de Tébessa dispose de vastes étendues de terres agricoles, malgré son climat semi-aride.

Les cultures principales sont les céréales (blé, orge), les légumineuses (pois chiche, lentilles), les oliviers, les arbres fruitiers (figues, grenades, amandes), les dattiers et les cultures maraîchères.

- **Profil socio-économique :**

La commune de Morsott joue un rôle économique important dans la wilaya de Tébessa, en particulier dans le secteur de l'agriculture et de l'élevage, les terres agricoles de la commune sont principalement utilisées pour la culture de céréales, de légumineuses et de fruits.

La route nationale RN16 passe à travers la commune de Morsott C'est ce qui donne à cette ville son importance car elle relie des villes d'importance régionale et nationale Tébessa avec SOUK AHRAS et ANNABA, ces villes possèdent d'importantes usines telles que l'usine de teinture à Souk Ahras, la mine de phosphate de OUENZA et l'usine de fer à Al-Hajjar, ainsi que l'ancienne voie ferrée déjà existante.

XIII.2.3 Identification et description des impacts :

XIII.2.3.1 Les impacts positifs du projet :

La réalisation de ce doublement ferroviaire aura des Avantages et points positifs en termes de sécurité, de développement économique et touristique pour la wilaya de Tébessa.

- Le développement du réseau ferroviaire de la wilaya spécialement le transport minier.
- Une réponse aux exigences de sécurité et de confort pour les déplacements.
- Augmentation du trafic passager et fret Augmentation des revenus de la SNTF.
- Amélioration de l'emploi de la main d'œuvre locale pendant les travaux.

XIII.2.3.2 Les impacts négatifs :

a) Effets sur les ressources naturelles et sur les écosystèmes :

Les ressources naturelles qui sont impactées par le projet comprennent :

- L'eau.
- L'air.
- La faune et la flore.

- **L'air :**

Le danger peut émaner de tous les engins employés sur les chantiers, fonctionne avec le carburant polluant l'atmosphère, ainsi que les fuites de gasoil et d'huile, les vidanges illégales, mais également des équipements utilisés tels que les centrales à béton pour la production de traverses et les bâtiments destinés à la gare …etc.

- **La faune et la flore :**

La détérioration de la faune sauvage parmi les différentes formes de dégradation du patrimoine, les animaux suivent des itinéraires spécifiques reliant des zones de nourriture et d'eau à des endroits de refuge, lorsqu'une nouvelle infrastructure ferroviaire interrompt ces itinéraires, les animaux tentent de les restaurer en traversant la voie, ce qui entraîne des accidents, ainsi que Creuser et poser les fondations de projet réduit la couverture végétale.

b) Effets sur les activités humaines :

Le doublement de la ligne de chemin de fer entre Djebel ONK Oued Kebrit et Tébessa entraîne des changements dans l'utilisation des terres et la mobilité des personnes. Parmi les effets observés, on peut citer :

- La diminution de la superficie agricole disponible.
- L'arrêt des déplacements agricoles.
- La coupure des réseaux de drainage et d'irrigation.

c) Effets sur les paysages et sites touristiques :

A la fin des travaux de réalisation, le paysage subira des modifications irréversibles et indélébiles qui porteront un préjudice à son intégrité esthétique.

L'ouverture de saignées en flanc de montagne et le déboisement ne peuvent avoir des effets discrets. L'implantation de viaducs pour le franchissement des oueds et des ouvrages d'art au droit des intersections avec les voies routières afin d'éviter les points de conflits avec le trafic routier ne peut passer inaperçue.

Les pylônes électriques avec leurs caténaires, participeront à l'altération du paysage.

d) Effets sur les habitants :

- **La destruction :**

Les projets d'aménagement ferroviaire nécessitent parfois, la destruction de certaines habitations et le déplacement des populations du lieu de leur vie ou de travail, et leur par la

suite ailleurs, ce qui peut provoquer un bouleversement sur le plan économique et culturel de la vie des individus affectés.

- **Les bruits :**

La construction d'une ligne ferroviaire au voisinage d'habitation à des conséquences sur la santé humaine suite à la gêne due au bruit pouvant se manifester de plusieurs façons :

- Perte de sommeil.
- La fatigue.

XIII.2.4 Les mesures prises pour réduire ou compenser les impacts :

On entend par mesures compensatoires l'ensemble des actions envisagées pour éviter ou atténuer les impacts environnementaux.

L'EIE présente une série d'actions, de dispositifs et de méthodes de gestion alternatives pouvant être mises en œuvre pour réduire les effets négatifs associés aux phases de construction et d'exploitation du projet.

XIII.2.4.1 Impacts sur les habitants :

- ✓ Eviter les zones de grandes densités d'habitation en agissant en amont sur la configuration du tracé.
- ✓ Mettre des protections entre cette source de bruit et les récepteurs.
- ✓ La protection entre la source et le récepteur consiste à interposer un obstacle entre les voies de circulation et les habitations situées à proximité.

Impacts sur la qualité de l'air :

Impact	Mesure
• Lors des travaux de terrassement, il y a une émission de poussières et de particules de différentes tailles.	• Arroser les pistes de circulation, surtout lorsqu'il y a du vent et en période de sécheresse.
• Pollution de l'air à cause de combustion des carburants et d'échappement des engins	• Il est également recommandé de respecter les horaires de travail des engins et des équipes de travail, notamment la nuit, pour limiter les émissions de gaz a l'atmosphère

XIII.2.4.2 Impacts sur les eaux superficielles et les eaux souterraines :

Impact	Mesure
• La décharge directe des eaux de lavage et des eaux usées .	• Traiter les eaux de chantier en les faisant passer par des bassins de décantation/filtration temporaires avant de les rejeter dans les cours d'eau sensibles.
• La modification des flux d'eau pendant la construction de l'ouvrage.	• Collecter et drainer les eaux de ruissellement des terrassements dans des bassins de décantation avant de les déverser dans le cours d'eau.

Impacts sur la faune et la flore :

Impact	Mesure
• La suppression des boisements. • Implanter une infrastructure étrangère dans une zone où la faune s'est installée et Risque des accidents en cas de traverse le projet	• Les arbres doivent être déracinés et replantés plutôt que d'être abattus. • La pose des barrières pour la faune le long des passages des forêts ou des zones de colonisation faunistiques ainsi que la Création des passages pour animaux

CONCLUSION :

Ce rapport d'étude environnementale se concentre sur l'importance de prendre en compte les aspects environnementaux lors de la réalisation d'un projet.

Il fournit une évaluation des impacts et des effets du projet sur l'environnement immédiat, ainsi que des mesures compensatoires pour minimiser les impacts négatifs. Le plan de surveillance et de suivi des impacts du projet est également présenté, ainsi que les éléments d'évaluation sommaire de ces mesures.

En somme, ce rapport est un outil indispensable pour garantir une réalisation responsable et durable du projet, en prenant en compte les enjeux environnementaux et en s'assurant de leur gestion efficace.

CHAPITRE XIV : DEVIS ESTIMATIF ETQUANTITATIF

XIV. Devis estimatif et quantitatif

N° D'opération	DESIGNATIONS	UNITE	PRIX UNITAIRE(DA)	QUANTITÉ	MONTANT
	1 - INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER				
1.1	Amenée du matériel et installation général du chantier	F	244543997,6	1	244543998
1.2	Repli du matériel et des installations du chantier	F	25008497,85	1	25008497,9
1.3	Encadrement de chantier	F	60363956,24	1	60363956,2
				TOTAL	329916452
	2 - ETUDES D'EXECTION				
2.1	Études d'exécution des terrassements généraux	F	117997426,8	1	117997427
2.2	Études d'assainissement	F	6443928	1	6443928
2.3	Études d'exécution des Bâtiments voyageurs et aménagement extérieur	F	12857791,68	1	12857791,7
				TOTAL	137299147
	3 - TERRASSEMENT GENEREAUX				
3.1	Décapage de terre végétale	M3	500	260498,62	130249310
3.2	Déblais mise en dépôt	M3	600	68302,45	40981470
3.3	Remblais d'apport	M3	680	207210,38	140903058
3.4	Fourniture et mise en œuvre de la couche de forme	M3	900	58098,02	52288218
3.5	Fourniture et mise en œuvre de la couche de fondation	M3	3200	28124,49	89998368
3.6	Fourniture et mise en œuvre de la couche de sous ballast	M3	3200	37084,76	118671232
3.7	Fourniture et mise en œuvre de la couche de ballast	M3	3900	49424,52	192755628
				TOTAL	765847284
	4 - DRAINAGE ET ASSAINISSEMENT				
4.1	Buses de tuyaux en béton armé diamètre 1000mm	ML	87763	13	1140919
4.2	Buses de tuyaux en béton armé diamètre 1200mm	ML	108000	14	1512000
4.3	Buses de tuyaux en béton armé diamètre 1500mm	ML	125000	11	1375000
4.4	Fourniture et mise en œuvre de fosse en béton armé	ML	11400	22356,456	254863598
4.5	Dalot en béton armé ; coupe transversale (2,00 X 1,50 m)	M3	47100	14	659400

				TOTAL	259550917
5 - TRAVAUX DE VOIE					
5.1	Fourniture des rails NEUFS UIC 60	Tonne	174000	2980,796	518658504
5.2	Fourniture des traverses bi- bloc	U	9200	21158	194653600
5.3	Fourniture des attachés pour rails UIC 60	U	435	84632	36814920
5.4	UIC 60-500-1/12	U	15500000	11	170500000
5.5	Pose UIC 60-500-1/12	U	615000	11	6765000
5.6	Soudage électrique et aluminothermique	U	20810	2707	56332670
5.7	Traverses de Garage Franc	U	40891,56	11	449807,16
5.8	Heurtoir	U	936686,56	1	936686,56
				TOTAL	985111188
6 - Ouvrage d'art					
6.1	Pont rail	M2	120000	456,8	54816000
6.2	Pont rail	M2	120000	510,2	61224000
				TOTAL	116040000
7 - BATIMENTS GARES ET AMENAGEMENT EXTERIEUR					
7.1	Réalisation du bâtiment Voyageurs de la gare de Morsott	F	60444000	1	60444000
7.2	Réalisation des travaux d'aménagement extérieur de la gare de Morsott	F	838187500	1	838187500
				TOTAL	898631500
		TOTAL GENERAL (DA) HT			3492396488

RECAPULATION	MONTANT
TOTAL INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER	329.916.452
TOTAL ETUDES D'EXECTION	137.299.147
TOTAL TERRASSEMENT GENEREAUX	765.847.284
TOTAL DRAINAGE ET ASSAINISSEMENT	259.550.917
TOTAL TRAVAUX DE VOIE	985.111.188
TOTAL BATIMENTS GARES ET AMENAGEMENT EXTERIEUR	898.631.500
TOTAL OUVRAGE D'ART	116.040.000
MONTANT TOTAL GENERAL (DA) HT	**3.492.396.488,00**

Montant total en DA HT :

Trois Milliards Quatre Cent Quatre-vingt-Douze Million Trois Cent Quatre-vingt-Seize Mille Quatre Cent Quatre -vingt Huit Dinar Algérien et Zéro Centime.

Planification de projet

XV. Planification de projet

XV.1 Introduction :

La planification d'un projet est l'activité qui consiste à déterminer et à ordonnancer les tâches du projet, à estimer leurs charges et à déterminer les profils nécessaires à leur réalisation.

XV.2 Définition du projet

Un projet est une série d'activités qui visent à atteindre des objectifs spécifiques et souhaitables. Ces activités sont mises en œuvre durant une période de temps fixée et un cadre budgétaire donné.

Il vise un investissement optimal des ressources dans le cadre d'objectifs spécifiques et dans un contexte de rareté des ressources.

XV.2.1 Définition des activités du projet

Les activités essentielle pour planifier, coordonner et exécuter efficacement un projet. Elle permet de décomposer le projet en tâches plus petites et gérables, d'assigner des responsabilités claires, d'estimer les ressources nécessaires, d'établir un calendrier réaliste et de suivre l'avancement du projet.

XV.2.2 La gestion de projet :

Est une action temporaire avec un début et une fin, qui mobilise des ressources identifiées (humaines, matérielles, équipements, matières premières, informationnelles et financières) durant sa réalisation.

XV.3 Le diagramme de GANTT :

Parmi les langages graphiques utilisés dans la planification d'un chantier est le diagrammede GANTT.

Définition :

Le diagramme de GANTT est un outil utilisé en ordonnancement et gestion de projet et permettant de visualiser dans le temps les diverses taches composant un projet, il permet de représenter graphiquement les délais prévus pour la réalisation des taches et son avancement.

Facteurs importants pour l'établissement d'un planning GANTT sont :

- La suite logique des travaux en fonction de leurs interdépendances.

- Le rendement du matériel mis à votre disposition sur le chantier.
- Le délai d'exécution.

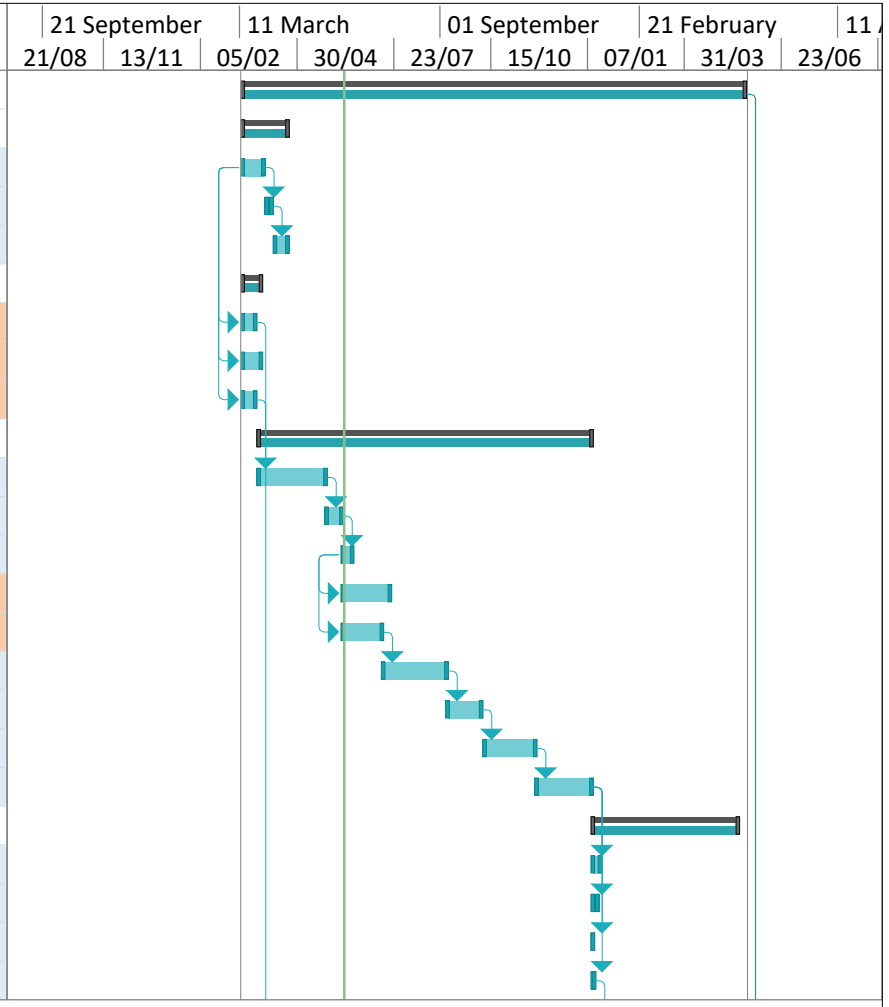
XV.4 Application sur notre projet :

Sur notre projet nous avons réalisé le diagramme de GANTT en utilisent le logiciel Ms Project.

Le délai d'exécution du présent projet est arrêté à **365 Jours** reparti conformément au planning et qui se résume comme suit :

- Le délai d'exécution de la section INSTALATION GENERALE DE CHANTIER : **(25) jours**.
- Le délai d'exécution de la section ETUDE D'EXECUTION **(32) jours**.
- Le délai d'exécution de la section TERRASSEMENT GENERAUX **(117) jours.**
- **.**Le délai d'exécution de la section DRAINAGE (fossé) **(32) jours**
- Le délai d'exécution de la section TERRASSEMENT GENERAUX **(117) jours**
- Le délai d'exécution de la section BATIMENT GARE ET AMENAGEMENT **(91) jours.**

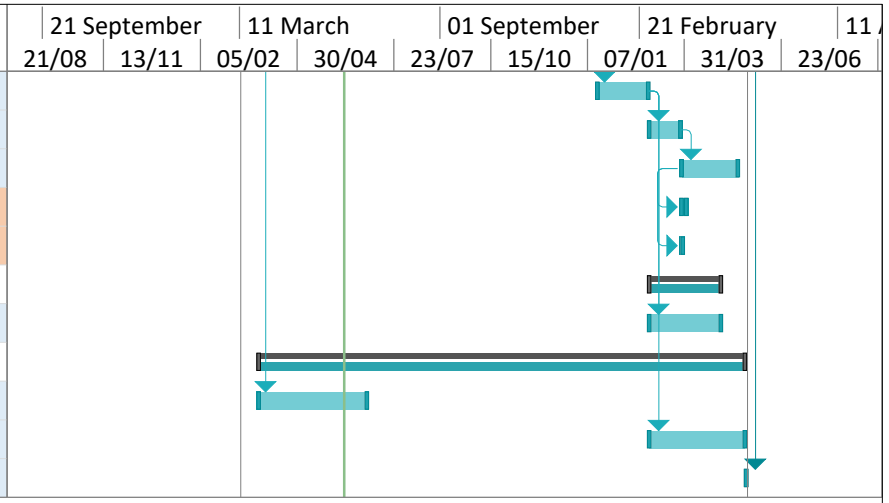
ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
1		**PFE DJERBAH ET ZAOUI**	**313 days**	**Mon 13/03/2**	**Thu 23/05/2**	
2		**Installation générale**	**30 days**	**Mon**	**Sat**	
3		amenée du matériel	15 days	Mon	Sat 01/04/23	
4		cloture du chantier	5 days	Mon 03/04/2	Sat 08/04/23	3
5		repli du matériel et	10 days	Mon	Sat 22/04/23	4
6		**Etude d'execution**	**13 days**	**Mon 13/03/2**	**Thu 30/03/2**	
7		étude d'execution	10 days	Mon	Sat 25/03/23	3SS
8		étude d'assinissemen	13 days	Mon 13/03/2	Thu 30/03/2	3SS
9		étude d'éxexution	10 days	Mon	Sat 25/03/23	3SS
10		**Terrassement généraux**	**208 days**	**Mon 27/03/2**	**Thu 11/01/2**	
11		décapage de la terre	43 days	Mon	Thu	7
12		déblais mise en dipot	10 days	Thu 25/05/2	Thu 08/06/2	11
13		remblais d'apport	7 days	Thu 08/06/2	Sat 17/06/23	12
14		fournoture et mis en	30 days	Thu	Thu	13SS
15		fourniture et mis en	25 days	Thu	Thu	13SS
16		fourniture et mise en	40 days	Thu	Thu	15
17		fourniture et mise en	22 days	Thu	Sat 07/10/23	16
18		fourniture et mise en	33 days	Mon	Thu	17
19		fourniture et mise en	35 days	Thu	Thu	18
20		**Travaux de voie**	**91 days**	**Thu 11/01/2**	**Fri 17/05/24**	
21		fourniture des rails	5 days	Thu	Thu	19
22		fourniture des	3 days	Thu	Tue	19
23		fourniture des	1 day	Thu	Fri 12/01/24	19
24		fourniture UIC 60-50(	2 days	Thu 11/01/2	Sat 13/01/24	19



Project: ZAOUI ET DJERBAH
Date: Sat 07/06/23

Task		Inactive Task		Start-only	
Split		Inactive Milestone		Finish-only	
Milestone		Inactive Summary		Deadline	
Summary		Manual Task		Progress	
Project Summary		Duration-only		Manual Progress	
External Tasks		Manual Summary Rollup			
External Milestone		Manual Summary			

ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
25		pose des rails	33 days	Mon 15/01/2	Thu 29/02/24	24
26		pose UIC 60-500-1/12	20 days	Thu 29/02/24	Thu 28/03/24	25
27		soudage électridque	36 days	Thu	Fri 17/05/24	26
28		pose du garage franc	3 days	Thu 28/03/24	Tue 02/04/24	27SS
29		heurtoir	2 days	Thu 28/03/24	Sat 30/03/24	27SS
30		**Drainage**	**45 days**	**Thu 29/02/24**	**Thu 02/05/24**	
31		fourniture et mise en	45 days	Thu	Thu	25
32		**BATIMENTS GARE ET**	**303 days**	**Mon**	**Thu**	
33		réalisation de	69 days	Mon	Fri 30/06/23	9
34		realisation des	60 days	Thu	Thu	25
35		fin du projet	1 day?	Thu 23/05/24	Fri 24/05/24	1



Project: ZAOUI ET DJERBAH
Date: Sat 07/06/23

Task		Inactive Task		Start-only	
Split		Inactive Milestone		Finish-only	
Milestone		Inactive Summary		Deadline	
Summary		Manual Task		Progress	
Project Summary		Duration-only		Manual Progress	
External Tasks		Manual Summary Rollup			
External Milestone		Manual Summary			

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale :

De nos jours, les infrastructures de transport symbolisent le degré du développement de pays, du fait qu'elles permettent les échanges commerciaux et facilitent les déplacements et les communications. Pour cela, l'état a investi dans le domaine ferroviaire en lançant un programme de modernisation des anciennes lignes et création de nouvelles lignes.

Le tronçon étudié fait partie du projet de doubles voies à un trafic voyageur moyen entre **Oued- Keberit /Tébessa** du PK 79+500 au PK 91+500.

L'étude d'avant-projet détaillé nous a permis d'utiliser le bagage théorique durant les années de formation à l'ENSTP en le mettant en pratique d'une part, et de préparer à l'intégration à la vie professionnelle d'une autre part.

Ce travaille nous a permis de combiner entre les conditions et les exigences dans les normes (UIC, SNTF, SNCF), et les conditions rencontrer dans la zone d'étude ou on était obligé dans certain cas de faire des rectifications sur la trace, afin de garantir le confort et la sécurité des usagers.

Cette étude, nous a fait connaitre la conception de la gare mixte voyageur/marchandise de MORSOTT en respectant les normes citer précédemment.

Finalement elle nous a familiarisées avec les outils informatiques, par l'utilisation des logiciels comme AUTOCAD, COVADIS 18.0f, GLOBALE MAPPER, Primavera, INFRAWORKS.

Notre projet de fin d'études a été une formidable occasion d'appliquer les connaissances acquises tout au long de notre parcours à l'ENSTP, dans le domaine riche de la voie ferrée. De plus, il nous a permis d'apprendre et d'échanger des idées avec des ingénieurs spécialisés lors de notre stage.

La bibliographie

La bibliographie

[1] Rapport SETIRAIL identification ligne minière.

[2] https://www.aniref.dz/index.php/en/?layout=edit&id=107.

[3] Mémoire fin d'étude de nahal et Medjda.

[4] https://www.researchgate.net/figure/Carte-de-zonage-sismique-du-nord-dAlgerie-adoptee-dans-le-RPOA-Source-3-Le_fig1_328132800.

[5] Construction de la LGV V.2 – FreeLUG.

[6] Vignole-rail profile (60 E1) [www.voestalpine.com] | Download Scientific Diagram (researchgate.net).

[7] https://lesiteferroviaire.pagesperso-orange.fr/Les%20APV.htm.

[8] REFERENTIELS TECHNIQUES SNTF.
[9] REFERENTIELS TECHNIQUES SNTF.

[10] Tableau signalisation dans **l'annexe G** étude dédoublement modernisation rectification de trace de la ligne minier est tronçon oued kebrit-tebessa PK79+500 au PK 91+500.

1 Annexe A : Listing de la géométrie de l'axe en plan

Client : ENSTP **Préparé par : Djerbah Oussama /Zaoui Mohamed Dhia.**

LOGICIEL : COVADIS 18.0f Date : 27/04/2023 à 08 :30 :22

Axe en plan : la ligne ferroviaire Oued kebrit– Tébessa.

Description : étude APD de de dédoublement et/ou rectification de tracer de la ligne minière Oued Elkbrite– Tébessa.

Plage d'abscisse : Début : 79+500, Fin : 91+512

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	156.06gr	496 449	79+500.000	402 430 199	3 956 622 527
Clothoïde 1	Paramètre	379 473	60 000	79+996.450	402 721 885	3 956 269 234
Arc1	Rayon	2400.000 m	78 491	80+056.450	402 760 277	3 956 223 125
	Centre X	404591.765 m				
	Centre Y	3957774.142 m				
Clothoïde 2	Paramètre	-379 473	60 000	80+134.940	402 811 973	3 956 164 068
Droite 2	Gisement	152.39gr	1 552 946	80+194.940	402 852 594	3 956 119 910
Clothoïde 3	Paramètre	266 927	75 000	81+747.886	403 908 723	3 954 981 388
Arc 2	Rayon	950.000 m	185 498	81+822.886	403 960 445	3 954 927 083
	Centre X	404630.886 m				
	Centre Y	3955600.142 m				
Clothoïde 4	Paramètre	-266 927	75 000	82+008.384	404 103 774	3 954 809 792
Droite 3	Gisement	134.93gr	483 177	82+083.384	404 167 239	3 954 769 837
Clothoïde 5	Paramètre	-268 328	80 000	82+566.562	404 579 484	3 954 517 816
Arc 3	Rayon	-900.000 m	116,947	82+646.562	404 647 108	3 954 475 086
	Centre X	404144.023 m				
	Centre Y	3953728.825 m				
Clothoïde 6	Paramètre	268 328	80 000	82+763.509	404 739 564	3 954 403 607
Droite 4	Gisement	148.86gr	637 346	82+843.509	404 797 945	3 954 348 921
Arc 4	Rayon	6000.000 m	264 733	83+480.855	405 256 590	3 953 906 367
	Centre X	409422.813 m				
	Centre Y	3958224.073 m				
Droite 8	Gisement	146.05gr	75 613	83+745.588	405 451 090	3 953 726 806
Arc 5	Rayon	6000.000 m	265,006	83+821.201	405 507 765	3 953 676 753
	Centre X	401536.042 m				
	Centre Y	3949179.486 m				
Droite 5	Gisement	148.87gr	2 765 085	84+086.208	405 702 461	3 953 497 002
Clothoïde 7	Paramètre	-263 249	110 000	86+851.292	407 692 178	3 951 576 919
Arc 6	Rayon	-630.000 m	283,436	86+961.292	407 769 050	3 951 498 290
	Centre X	407293.715 m				

	Centre Y	3951084.821 m				
Clothoïde 8	Paramètre	263 249	110 000	87+244.728	407 901 557	3 951 250 436
Droite 6	Gisement	188.62gr	66 121	87+354.728	407 924 244	3 951 142 839
Clothoïde 9	Paramètre	263 249	110 000	87+420.850	407 935 997	3 951 077 770
Arc 7	Rayon	630.000 m	175 574	87+530.850	407 958 684	3 950 970 173
	Centre X	408566.526 m				
	Centre Y	3951135.788 m				
Clothoïde 10	Paramètre	-263 249	110 000	87+706.424	408 027 696	3 950 809 348
Droite 7	Gisement	159.77gr	1 456 357	87+816.424	408 090 048	3 950 718 773
Clothoïde 11	Paramètre	-263 249	110 000	89+272.781	408 950 402	3 949 543 711
Arc 8	Rayon	-630.000 m	102,485	89+382.781	409 012 754	3 949 453 135
	Centre X	408473.924 m				
	Centre Y	3949126.696 m				
Clothoïde 12	Paramètre	263 249	110 000	89+485.266	409 058 510	3 949 361 558
Clothoïde 13	Paramètre	263 249	110 000	89+595.266	409 093 499	3 949 257 310
Arc 9	Rayon	630.000 m	81 132	89+705.266	409 128 487	3 949 153 063
	Centre X	409713.073 m				
	Centre Y	3949387.924 m				
Clothoïde 14	Paramètre	-263 249	110 000	89+786.398	409 163 490	3 949 079 932
Droite 8	Gisement	161.92gr	162 362	89+896.398	409 222 737	3 948 987 295
Clothoïde 15	Paramètre	-264 575	70 000	90+058.760	409 314 160	3 948 853 118
Arc 10	Rayon	-1000.000 m	66,288	90+128.760	409 352 895	3 948 794 817
	Centre X	408507.292 m				
	Centre Y	3948261.005 m				
Clothoïde 16	Paramètre	264 575	70 000	90+195.048	409 386 398	3 948 737 633
Droite 9	Gisement	170.60gr	668 239	90+265.048	409 418 315	3 948 675 337
Clothoïde 17	Paramètre	300 000	60 000	90+933.287	409 716 065	3 948 077 099
Arc 11	Rayon	1500.000 m	63 477	90+993.287	409 743 156	3 948 023 564
	Centre X	411072.389 m				
	Centre Y	3948718.646 m				
Clothoïde 18	Paramètre	-300 000	60 000	91+056.765	409 773 752	3 947 967 953
Droite 10	Gisement	165.36gr	61 435	91+116.765	409 804 469	3 947 916 413
Clothoïde 19	Paramètre	260 768	80 000	91+178.199	409 836 272	3 947 863 851
Arc 12	Rayon	850.000 m	69 877	91+258.199	409 878 751	3 947 796 069
	Centre X	410584.486 m				
	Centre Y	3948269.818 m				
Clothoïde 20	Paramètre	-260 768	80 000	91+328.076	409 920 036	3 947 739 718
Droite 11	Gisement	154.13gr	104 316	91+408.076	409 971 860	3 947 678 783
				91+512.392	410 040 680	3 947 600 389
Longueur totale de l'axe 11178.228mètre(s)						

2 Annexe B : Listing de la géométrie de profil en long

Client : ENSTP **Préparé par : Djerbah Oussama /Zaoui Mohamed Dhia.**

LOGICIEL : COVADIS 18.0f Date : 27/04/2023 à 08 :30 :22

Axe en plan : la ligne ferroviaire Oued Elkebrit – Tébessa.

Description : étude APD de de dédoublement et/ou rectification de tracer de la ligne minière Oued Elkbrite– Tébessa.

Plage d'abscisse : Début : 79+500, Fin : 91+512

LONGUEUR DE L'AXE : 11589.083 m

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	-0.00 %	496,45	79+500	691,393
Cercle 1	Rayon	40000.000 m	61,288	80+407.367	691,369
	Sommet Absc.	80+408.362 m			
	Sommet Alt.	691.369 m			
Pente 2	Pente	0.15 %	900,536	80+468.654	691,415
Cercle 2	Rayon	21000.000 m	62,167	81+369.190	692,772
	Sommet Absc.	81+337.537 m			
	Sommet Alt.	692.748 m			
Pente 3	Pente	0.45 %	382,467	81+431.357	692,958
Cercle 3	Rayon	-18000.000 m	66,75	81+813.824	694,666
	Sommet Absc.	81+894.241 m			
	Sommet Alt.	694.846 m			
Pente 4	Pente	0.08 %	498,06	81+880.574	694,841
Cercle 4	Rayon	-35000.000 m	63,575	82+378.634	695,219
	Sommet Absc.	82+405.210 m			
	Sommet Alt.	695.229 m			
Pente 5	Pente	-0.11 %	441,636	82+442.209	695,21
Cercle 5	Rayon	20000.000 m	70,144	82+883.845	694,743
	Sommet Absc.	82+904.988 m			
	Sommet Alt.	694.732 m			
Pente 6	Pente	0.25 %	511,007	82+953.990	694,792
Cercle 6	Rayon	-60000.000 m	60,189	83+464.996	696,044
	Sommet Absc.	83+612.001 m			

	Sommet Alt.	696.224 m			
Pente 7	Pente	0.14 %	333,299	83+525.185	696,161
Cercle 7	Rayon	25000.000 m	67,849	83+858.484	696,643
	Sommet Absc.	83+822.311 m			
	Sommet Alt.	696.617 m			
Pente 8	Pente	0.42 %	605,189	83+926.333	696,833
Cercle 8	Rayon	-50000.000 m	61,928	84+531.522	699,351
	Sommet Absc.	84+739.567 m			
	Sommet Alt.	699.784 m			
Pente 9	Pente	0.29 %	291,951	84+593.450	699,571
Cercle 9	Rayon	15000.000 m	60,742	84+885.401	700,424
	Sommet Absc.	84+841.566 m			
	Sommet Alt.	700.360 m			
Pente 10	Pente	0.70 %	224,719	84+946.143	700,725
Cercle 10	Rayon	52000.000 m	60,499	85+170.862	702,291
	Sommet Absc.	84+808.328 m			
	Sommet Alt.	701.027 m			
Pente 11	Pente	0.81 %	430,193	85+231.362	702,748
Cercle 11	Rayon	18000.000 m	82,94	85+661.555	706,248
	Sommet Absc.	85+515.120 m			
	Sommet Alt.	705.652 m			
Pente 12	Pente	1.27 %	1253,199	85+744.495	707,114
Cercle 12	Rayon	50000.000 m	60,838	86+997.694	723,085
	Sommet Absc.	86+360.542 m			
	Sommet Alt.	719.025 m			
Pente 13	Pente	1.40 %	557,359	87+058.532	723,897
Cercle 13	Rayon	-52000.000 m	61,73	87+615.891	731,679
	Sommet Absc.	88+341.800 m			
	Sommet Alt.	736.746 m			
Pente 14	Pente	1.28 %	548,906	87+677.621	732,504
Cercle 14	Rayon	-10000.000 m	64,684	88+226.527	739,515
	Sommet Absc.	88+354.253 m			

	Sommet Alt.	740.331 m			
Pente 15	Pente	0.63 %	833,385	88+291.210	740,132
Cercle 15	Rayon	15000.000 m	69,725	89+124.595	745,386
	Sommet Absc.	89+030.031 m			
	Sommet Alt.	745.088 m			
Pente 16	Pente	1.10 %	502,479	89+194.321	745,988
Cercle 16	Rayon	-10000.000 m	74,155	89+696.800	751,492
	Sommet Absc.	89+806.327 m			
	Sommet Alt.	752.092 m			
Pente 17	Pente	0.35 %	347,039	89+770.955	752,029
Cercle 17	Rayon	14000.000 m	62,376	90+117.994	753,257
	Sommet Absc.	90+068.474 m			
	Sommet Alt.	753.169 m			
Pente 18	Pente	0.80 %	329,044	90+180.370	753,616
Cercle 18	Rayon	-30000.000 m	68,78	90+509.413	756,246
	Sommet Absc.	90+749.191 m			
	Sommet Alt.	757.204 m			
Pente 19	Pente	0.57 %	527,754	90+578.194	756,717
Cercle 19	Rayon	-10000.000 m	56,999	91+105.947	759,725
	Sommet Absc.	91+162.947 m			
	Sommet Alt.	759.888 m			
Pente 20	Pente	-0.00 %	337,053	91+162.947	759,888
				91+500.000	759,888
Longueur totale de l'axe 11589.083 mètre(s)					

3 ANNEXE C : caractéristique de rail UIC 60 E1.

Element	Description
Surface de la section	76.70 cm².
Masse par mètre	60.34 Kg/m. (kilogramme par mètre linéaire)
Moment d'inertie	Axes xx : 3038.3 cm4
Module d'inertie champignon	333.6 cm3
Module d'inertie patin	375.5 cm3
Moment d'inertie axe yy	375.5 cm4
Module d'inertie axe yy	512.3 cm3
Hauteur totale	172 mm
Épaisseur Champignon	72 mm
Épaisseur patin	150 mm
Épaisseur âme	16.5 mm
Dimension indicative B	52.053 mm
Dressage	Classe A
Nuance	260 (carbone-manganèse)
Dureté au milieu de la table de roulement	260 et 300 HBW
Résistance à la traction	≥ 880N/mm²
Allongement	A ≥ 10%

4 Annexe D : Canalisation circulaires partiellement remplie

Q / Q p s	V / V p s	h /D	Q / Q p s	V / V p s	h /D
0, 0 0 1	0,1 4	0,0 2	0, 5 3 4	1, 0 2	0, 5 2
0, 0 0 3	0,2 2	0,0 4	0, 5 6 8	1, 0 3	0, 5 4
0, 0 0 7	0, 2 9	0,0 6	0, 6 0 3	1, 0 5	0, 5 6
0, 0 1 3	0, 3 5	0,0 8	0, 6 3 7	1, 0 6	0, 5 8
0, 0 2 1	0, 4 0	0,1 0	0, 6 7 2	1, 0 7	0, 6 0
0, 0 3 1	0, 4 5	0,1 2	0, 7 0 6	1, 0 8	0, 6 2
0, 0 4 2	0, 5 0	0,1 4	0, 7 4 0	1, 0 9	0, 6 4
0, 0 5 6	0, 5 4	0,1 6	0, 7 7 3	1, 1 0	0, 6 6
0, 0 7 1	0, 5 8	0,1 8	0, 8 0 6	1, 1 1	0, 6 8
0, 0 8 8	0, 6 2	0,2 0	0, 8 3 7	1, 1 2	0, 7 0
0, 1 0 6	0, 6 5	0,2 2	0, 8 6 8	1, 1 3	0, 7 2
0, 1 2 6	0, 6 8	0,2 4	0, 8 9 8	1, 1 3	0, 7 4
0, 1 4 8	0, 7 2	0,2 6	0, 9 2 6	1, 1 4	0, 7 6
0, 1 7 1	0, 7 5	0,2 8	0, 9 5 3	1, 1 4	0, 7 8
0, 1 9 6	0, 7 8	0,3 0	0, 9 7 7	1, 1 4	0, 8 0
0, 2 2 2	0, 8 0	0,3 2	1, 0 0 0	1, 1 4	0, 8 2
0, 2 4 9	0, 8 3	0,3 4	1, 0 2 1	1, 1 4	0, 8 4
0, 2 7 7	0, 8 6	0,3 6	1, 0 3 9	1, 1 4	0, 8 6
0, 3 0 7	0, 8 8	0,3 8	1, 0 5 4	1, 1 3	0, 8 8
0, 3 3 7	0, 9 0	0,4 0	1, 0 6 6	1, 1 2	0, 9 0
0, 3 6 8	0, 9 2	0,4 2	1, 0 7 3	1, 1 2	0, 9 2
0, 4 0 0	0, 9 4	0,4 4	1, 0 7 6	1, 1 0	0, 9 4
0, 4 3 3	0, 9 6	0,4 6	1, 0 7 1	1, 0 9	0, 9 6
0, 4 6 6	0, 9 8	0,4 8	1, 0 5 7	1, 0 6	0, 9 8
0, 5 0 0	1, 0 0	0,5 0	1, 0 0 0	1, 0 0	1, 0 0

Utilisation des méthodes de calcul des débits en fonction de la surface

Formules	S<1 km^2	1 km^2<S<10 km^2	S>10 km^2
Mac-Math	Oui	-	-
Bürkli-Ziegler	Oui	Oui	-
Rationnelle	Oui	Oui	-
Mallet-Gauthier	-	-	Oui
Fuller II	-	-	Oui
Hazan Lazarevic	-	-	Oui
Débit retenu	Max	Max	Moyenne

5 Annexe E : Classifications des sols selon UIC.

Classe de qualités des sols	Classification des sols (identification géotechnique)
QS0 : Sols impropres	0.1 sols organiques. 0.2 sols fins (comportant plus de 15% de fines) foisonné, humides et donc non compactables. 0.3 sols comportant des matériaux solubles (sel gemme ou gypse) 0.5 sols comportant des matériaux polluants (déchets industriels par exemple). 0.6 sols mixtes « minéraux organique ».
QS1: Sols médiocres	1.1 Sols comportant plus de 40 % de fines (sauf sols0.2). 1.2 Roches très évolutives par exemple : - Craies de ρd <1.7t/m^3 et de friabilité forte – Marnes - Schistes altérés. 1.3 Sols comportant de 15 à 40 % de fines (sauf sols 0.2). 1.4 Roches évolutives par exemple : - Craies de ρd < 1.7 <t/m3 et de friabilité faible - Schistes non altérés. 1.5 Roches tendres par exemple : Si Microdeval en présence d'eau (MDE)>40 et Los Angeles LA>40.
QS2 : Sols moyens	2.1 Sol comportant de 5 à 15% de fines. 2.2 Sols comportant moins de 5% de fines mais uniformes (Cu≤6). 2.3 Roches moyennement dures par exemple : Si 25<MDE≤40 et 30<LA<40.
QS3 : Bons sols	3.1 Sols comportant moins de 5% de fines 3.2 Roches dures par exemples : Si MDE≤25 et LA≤30

6 Annexe F1

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

Classe de qualité du sol	**Classe de portance de la plateforme**	**Couche de forme mettre en œuvre pour avoir cette portance**	
		Qualité	**Épaisseurs min ef(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	**-**

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

6.1 Annexe F2

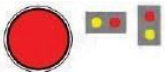
Les valeurs des différents paramètres pour le calcul de l'épaisseur :

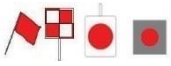
E	0.70m	**Pour les plateformes de classe de portance P1.**
	0.55m	Pour les plateformes de classe de portance P2.
	0.45m	Pour les plateformes de classe de portance P3.
a	**0 m**	Pour les lignes des groupes UIC 1 et 2 (ou lignes à V>160 km/h quel que soit le groupe (UIC).
	-0.05 m	Pour les lignes de groups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

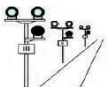
7 ANNEXE G

Tableau les principaux signaux ferroviaires et leur indication[10]

Signal	Indication	Signalisation Lumineuse	Signalisation Mécanique
Signal ouvert Voie libre	Le Voie Libre indique au conducteur que la circulation en marche normale est autorisée		
Le feu vert Clignotant (VL)	Il commande au Mécanicien de réduire la vitesse à 160 km/h		
Carré fermé + Feux de nuit	Le carré commande l'arrêt et ne doit en aucun cas être franchi.		
Feu violet ou Carré Violet fermé + Feux de nuit	Commande l'arrêt, ilest installé sur les voies de service, son ouverture seule.		
Guidon d'arrêt			
Sémaphore /Feux rouge	Il commande au mécanicien des'arrêter avant le signal		
Feu rouge clignotant	Marche sans dépasser la vitesse de 15 km/h au franchissement de ce signal		
Feu blanc	Il commande ou confirme au conducteur l'observation de la marche en manœuvre		
Feu blanc clignotant	Il interdit dans tous les cas le départ en ligne d'un train		
Les feux de heurtoir	Ils servent à repérer de nuit, ou en gare, les heurtoirs de fin de voie		

L'avertissement/ feux jaune	Il commande au mécanicien de pouvoir s'arrêter avant les signaux suivants : Carré, sémaphore, carré violet, un rouge clignotant		
Le feu jaune Clignotant(A)	Il commande au mécanicien d'être en mesure de s'arrêter avant le signal annoncé à distance réduite par le signal suivant.		
Le disque D	Il commande au mécanicien de marquer l'arrêt au premier signal ou aiguillage rencontré		
La bande lumineuse Jaune horizontale	Il commande au conducteurd'être en mesure de s'arrêter àquai sur une distance réduite		
Le Ralentissement 30 Fermé	Limiter la vitesse à 30km/hPour franchir une aiguille		
Le rappel 30 fermé			
Le ralentissement et rappel 60 km/h	Limiter la vitesse à 60km/h Pour franchir une aiguille		

Signal	Indication	Signalisation
Le signal d'arrêt à main	Il commande l'arrêt immédiat	
	L'allumage alterné de deux feuxblancs sur une ligne Verticale	

Signal lumineux de manœuvre type S.N.C. F	Refouler par l'allumage alterné de deux feux blancs sur une ligne horizontale	
	Arrêter par l'extinction complète des feux présentés.	
Le signal fin De caténaire	Fin de caténaire	

Plaque d'identification	Indication
Nf	Un signal carré
F	Un sémaphore de B.A.L ou d'un feu rouge clignotant
PR	Un sémaphore de B.A.P. R
BM	Un sémaphore commandant l'entrée d'un canton de B.M
D	Un disque
A	Un avertissement

8 ANENEXE H
APPAREILS DE CHANGEMENT DE VOIE

N.º	Ligne	Géom	Tangent	Rayon (m)	Direction	Vmax. Voie Déviée (km/h)	Matériel	
							Rail	Travers
ADV-1	V1	UIC	1/12	500	Droit	65	60E1	Béton
ADV-2	V2	UIC	1/12	500	Droit	65	60E1	Béton
ADV-3	V2	UIC	1/12	500	Gauche	65	60E1	Béton
ADV-4	V1	UIC	1/12	500	Gauche	65	60E1	Béton
ADV-5	V2	UIC	1/12	500	Droit	65	60E1	Béton
ADV-6	V3	UIC	1/12	500	Gauche	65	60E1	Béton
ADV-7	V2	UIC	1/12	500	Gauche	65	60E1	Béton
ADV-8	V1	UIC	1/12	500	Droit	65	60E1	Béton
ADV-9	V2	UIC	1/12	500	Droit	65	60E1	Béton
ADV-10	V2	UIC	1/12	500	Gauche	65	60E1	Béton
ADV-11	V1	UIC	1/12	500	Gauche	65	60E1	Béton

9 ANNEXE I

Client : ENSTP **Préparé par : Djerbah Oussama /Zaoui Mohamed Dhia.**

LOGICIEL : COVADIS 18.0f Date : 27/04/2023 à 08 :30 :22

Récapitulatif des Cubatures des Matériaux

Description : étude APD de la ligne minière Oued kebrit– Tébessa.

Récapitulatif des Cubatures des Matériaux	
Matériau	**Volume cumulé (m^3)**
SOUS BALLASTE	37084.76
BALLAST	49424.52
Couche de forme	58098.02
Couche de foundation	28142.49
Remblais	207210.38
Deblais	68302.45
Décapage terre végetale	51499.72