République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة

فرنسـيس جانســون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Etude de la nouvelle ligne ferroviaire entre OUARGLA et HASSI MASSAOUD du PK 0+000 au PK 21+000 avec conception des gares de OUARGLA et AIN BEIDA

Présenté par :

Hinda ZAABAR

Abdelmalek KAILALI

Encadré par :

Mme. Zohra KHAOUAS

Promotion 2020 / 2021

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

Remerciements

Nous tenons d'abord à remercier dieu, de nous avoir donner la force et nous a guider au bon chemin pour arriver à ce moment particulier.

En premier lieu, nous aimerions remercier toute l'équipe de l'ENSTP commençant par le directeur des études Mr.F.Feghouche et le chef de département DIB Mr. Kamal HAMADI, ainsi que l'administration du département Infrastructure de base : Mme. Imene MAKOUDI, Mme. Mahdia BOUREBIA et Mme. Nada BOUMEHREZ, pour leur travail spectaculaire et leurs précieux conseils afin de nous diriger pour accomplir ce travail.

Ainsi, nous remercions notre encadreur Mme. Zohra KHAOUAS pour son aide et suivi sur chaque détail.

Sans oubliant, l'équipe de SETI RAIL qui ont fourni des efforts et ont sacrifié de leur temps dans le but de partager leur expérience professionnelle.

Nous finissons par remercier des collègues : Mohamed Selmane SELMI, Mohamed Lokmane HABCHI, Mohamed Abdelkarim BELDJOUHAR et Faiza MECHEROUKI qui ont été très généreux à nous aider malgré les circonstances.

Finalement, nous gratifions la contribution de chaque personne dans ce modeste travail de loin ou de prés.

Dédicaces

Je commence d'abord par dédier ce travail a toute ma famille, notamment

Mes parents qui m'ont accompagné à chaque instant de ma vie, vous étiez la plus grande épaule sur laquelle je pouvais compter, sans vous ça n'aurait jamais été la même.

À mes sœurs : Souad et Nour El houda,

A Mon frère: Mohamed Abdelsamed.

A tous mes amis: Nihad, Faiza, Nour, Lina, Lilya, Ilhem, Lokmane, Abdelkarim, Sami.

A Papitou et toute la famille BOUHADJA

A la promotion DIB 2020/2021.

A tout qui ont partagé un souvenir avec moi

Hinda ZAABAR

Dédicaces

Tout d'abord, je tiens à remercier le grand dieu qui m'a donné le courage et la volonté pour réaliser ce travail.

Il m'est agréable d'exprimer ma cordiale gratitude à notre encadreur Mme Zohra Khouas pour son effort, disponibilité, aide, et orientation tout au long de e projet.

J'adresse mes remerciements également à toute la famille de l'école nationale supérieure des travaux publics et le groupe SETI-RAIL pour leurs contributions.

Je dédie aussi ce modeste travail à ma très chère famille à sa tête mon père et ma mère, pour leur accompagnement durant tout ce moment et le long de mon parcours éducatif. Je leur souhaite santé et longue vie, qu'Allah les protège.

Enfin, j'exprime ma gratitude à toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Abdelmalek KAILALI

Résumé

Le présent document présente la conception et l'étude en avant-projet détaillé de la nouvelle ligne ferroviaire reliant deux villes OUARGLA et HASSI MESSAOUD.
Le tronçon débute du PK 0+000 au PK 21+000 sur un linéaire de 21 km avec une conception des deux gares OUARGLA et AIN EL BEIDA.

Le projet a été élaboré suivant les normes international UIC (union international de chemin de fer) et les recommandations algériennes de la SNTF (Société nationale de transport ferroviaire) en utilisant le logiciel AUTODESK Civil 3D (Version 2022) , et logiciel Global Mapper ainsi que PLAXIS 3D.

ملخص

يقدم هذا المستند التصميم الاولي التفصيلي لخطة السكة الحديدية الجديدة التي تربط مدينيتي ورقلة بحاسي مسعود.

يبدأ القسم من النقطة الكيلومترية 0+000 الى 21+000 بتصميم محطتين ورقلة و عين البيضاء.

تم تطوير المشروع وفقًا للمعايير الدولية UIC (الاتحاد الدولي للسكك الحديدية) والتوصيات الجزائرية من SNTF (الشركة الوطنية للنقل بالسكك الحديدية) باستخدام برنامج AUTODESK CIVIL 3D (الإصدار 2022) بالإضافة إلى GLOBAL MAPPER وبرنامج PLAXIS 3D

Abstract

This document presents the design and detailed preliminary design of the new railway line connecting two cities OUARGLA and HASSI MESSAOUD.

The section begins from PK 0 + 000 to PK 21 + 000 over a 21 km line with a design of the two stations OUARGLA and AIN EL BEIDA.

The project was developed according to the international standards UIC (international union railway) and the Algerian recommendations of the SNTF (National Railway Transport Company) using the AUTODESK Civil software 3D (Version 2022), and Global Mapper software as well as PLAXIS 3D.

Table des Matières

Introduction Générale ……..……..……..1
CHAPITRE I. GENERALITES SUR LA VOIE FERREE
I.1 Transport ferroviaire en Algérie …….……...4
I.1.1 L'histoire des chemins de fer d'Algérie……..……...5
I.1.2 Réseau actuel en Algérie……...……...7
I.1.3 Le programme de développement des infrastructures ferroviaires…….……8
I.2 Les constituants de la voie ferrée…….…….. 9
I.2.1 Introduction……...……9
I.2.2 Le rail…….……...9
I.2.3 Les traverses……..……..12
I.2.4 Les attaches……..……...14
I.2.5 Les appareils de voie……...……15
I.3 L'ensablement……..……16
I.3.1 Introduction……...…..16
I.3.2 Facteurs de l'ensablement…….....17
I.3.3 Protection contre l'ensablement…….....18
I.3.4 Conclusion……...22
CHAPITRE II. PRESENTATION DU PROJET
II.1 Introduction…….24
II.2 Présentation du projet description de la ligne du projet……..24
II.3 Présentation de la zone d'étude…….....25
II.4 Caractéristique de notre projet…….25
II.5 Cartes relatifs au projet…….……..26
II.6 Travaux de reconnaissance géotechnique…….……..27
II.7 Données de trafic…….28
II.7.1. Présupposition de l'estimation de la demande de trafic……..…..……..28
II.7.2. Estimation de la demande de transport ferroviaire…….28
II.7.3. Résultat de l'estimation……...……...29
II.7.4. Evaluation de la capacité d'une ligne ferroviaire ……...……29

II.8 Données hydrologiques……..……30

II.9 Définition des ouvrages existants…….....31

II.10 Relief…….……33

II.11 Conclusion……..…..……..33

CHAPITRE III. ETUDE GEOMETRIQUE

III.1 Introduction……...……35

III.2 Tracé en plan……..……..……..35

III.2.1 Les éléments du tracé en plan……..……35

III.2.2 L'alignement (R=∞)……..……35
III.2.3 Le rayon minimal……...……35
III.2.4Dévers…….……....35
III.2.5 La longueur de courbe de raccordement (clothoïde) ……..……35

III.3 Récapitulatif des valeurs limites de paramètres d'axe……..……36

III.4 Les résultats de calcul pour l'axe en plan…….……36

III.5 Exemple de calcul d'axe……...…….37

III.6 Profil en long……...……...39

III.6.1 Longueur minimale des éléments du profil en long……39
III.6.2 Le raccordement en profil en long……..39
III.6.3 Détermination pratiques du profil en long…….……40

III.7 Profil en travers.……...……41

III.7.1 Les éléments constitutifs d'un profil en travers……..……...42
III.7.2 Les caractéristiques de profil en travers affecté dans notre projet…….……42

III.8 Cubatures……...……43

CHAPITRE IV. ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

IV.1 Introduction……...…45

IV.2 Contexte géologique et hydrogéologique de la région d'étude…….……45

IV.2.1 Géologie…….45
IV.2.2 Hydrogéologie……....46
IV.2.3 Sismicité……....47

IV.3 Campagne d'investigations géotechniques in situ……..……...47

IV.4 Essais in-situ……..……47

IV.5 Résultats des Sondages Carottés……...48

IV.6 Résultats des puits de reconnaissance……...49

IV.7 Essais de laboratoire……...…...49

IV.7.1 Essai de laboratoire sur sondages carottés…….…….……49

IV.7.2 Essais de laboratoire sur les prélèvements issus des puits……...…...51
IV.8 Conclusion……...52
CHAPITRE V. DIMENSIONNEMENT DE STRUCTURE D'ASSISE ET TERRASSEMENTS
V.1 Introduction……..……..55
V.2 Couche de Ballast……..….55
V.3 Sous couche…….....56
V.4 Plateforme……...56
V.5 Exigences Sur Les Constituants De L'assise……..59
V.8.1 Ballast…….……...59
V.8.2 Sous ballast……..……..59
V.8.3 Couche de fondation……...……...60
V.8.4 Couche de forme de qualité S3……...……60
V.6 Épaisseur minimum des couches d'assise……..60
V.7 Application au projet……...62
V.8 Travaux des Terrassements……..…63
V.8.1 Remblais……...63
V.8.2 Utilisation des sables de dunes……..……64
V.8.3 Protection de surface des remblais…….....64
V.8.4 Déblais…….……65
V.8.5 Protection Des Talus……...…….66
V.8.6 Etude de stabilité des pentes de remblai et de déblai…….66
V.9 Conclusion……..……69
CHAPITRE VI. ETUDE HYDRAULIQUE
VI.1 Introduction……...71
VI.2 Estimation du débit de crue……..71
VI.3 Superficie des bassins versants……..72
VI.4 Temps de concentration……72
VI.5 Coefficient de ruissellement……..72
VI.6 Détermination du temps de concentration……74
VI.7 Détermination de pluie maximale relevée pendant une durée égale à Tc en heures……..74
VI.8 Dimensionnement des ouvrages hydrauliques……...75

CHAPITRE VII. CONECEPTION DES GARES DE OUARGLA ET HASSI MESSAOUD
VII.1 Introduction……..81
VII.2 Différents types de gares……..81
VII.3 Installations d'une gare……82
VII.3.1 Quai……82
VII.3.2 Bâtiment voyageurs……83
VII.3.3 Abris de quai……..83
VII.3.4 Bâtiment à usage divers……..83
VII.4 Conception des deux gares de OUARGLA et AIN EL BEIDA……83
VII.4.1 La longueur utile des lignes……...83
VII.4.2 Le garage franc……..83
VII.4.3 Description des deux gares……84
VII.5 Assainissement dans la gare……85
CHAPITRE VIII. ETUDE DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT
VIII.1 Introduction……87
VIII.2 L'état initial de l'environnement……87
VIII.2.1 Localisation du site du projet……...87
VIII.2.2 Le milieu physique……...88
VIII.2.3 Le milieu biologique……89
VIII.2.4 L'infrastructure de transport……90
VIII.3 Présentation du projet……90
VI.3.1 Contexte et objectifs du projet……90
VIII.4. Impacts du projet sur l'environnement et mesures proposées……91
VI.4.1 Sur le milieu physique……91
VI.4.2 Sur le milieu biologique et humain……91
VIII.5 Conclusion……..92
CHAPITRE IX. DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF……94
Conclusion Générale……97
Bibliographie……98
Annexe 01 : Listing de la géométrie de l'axe en plan ……..…… 98
Annexe 02 : Profil : Abscisse Sommets et Raccordements ……..…….....100
Annexe 03 : Profil en travers type……103
Annexe 04 : Vue en plan de la gare……..105

Liste des Figures

Figure I.1 Réseau Ferroviaire Algérien Actuel……...4

Figure I.2 Un Train Engage Sur Le Pont Des Cascades A Tlemcen 1905…….5

Figure I.3 Ligne Electrifiée De Bône A Tébessa……6

Figure I.4 Superstructure D'une Voie…….9

Figure I.5 Rail Vignole…….10

Figure I.6 Rail A Double Champignon…….10

Figure I.7 Rail A Gorge……11

Figure I.8 Ecartement Des Rails……...11

Figure I.9 Traverse En Bois……..12

Figure I.10 Traverse Métallique……13

Figure I.11 Traverse En Béton……..14

Figure I.12 L'aiguillage……16

Figure I.13 Le Croisement……16

Figure I.14 La Vitesse Du Vent En Fonction De L'altitude…….17

Figure I.15 Palissade A Base De Palmes Pour Protéger Les Cultives Potagères Au Sein De Ouargla……..19

Figure I.16 L'efficacité De Draas Implantes Au Biais Sur La Route Touggourt Djelfa……..19

Figure I.17 Epandage De Bitume Pour Protéger La Voie Ferrée Contre L'ensablement (Biskra-Touggourt)……...…20

Figure I.18 Exemple De Fixation Biologique Par Des Pin D'alpes Et Cyprès Vert…….21

Figure II.1 Localisation Du Projet……24

Figure II.2 Carte Topographique De Situation De La Région D'étude……26

Figure II.3 Carte Satellitaire (Google)……..27

Figure II.4 Carte Géologique……27

Figure II.5 Diagramme Des Températures A Ouargla……..30

Figure II.6 Diagramme Des Précipitations A Ouargla……..31

Figure II.7 Diagramme De Variation Des Températures A Ouargla……31

Figure II.8 Ensemble Morphologique De La Zone D'étude…….33
Figure III.1 Schéma D'un Raccordement…….37
Figure III.2 Schéma Explicatif D'un Raccordement En PL…….40
Figure IV.1 Différentes Unités Structurales De L'Algérie……...45
Figure IV.2 Coupe Schématique Des Formations Superficielles De La Cuvette De Ouargla..45
Figure IV.3 Zones Sismiques En Algérie…….47
Figure V.1 Couches D'assise……55
Figure V.2 Position Des Couches D'assise……...……63
Figure V.3 Cercle De Glissement De Stabilité (Cas Remblai)…….68
Figure V.4 Cercle De Glissement De Stabilité (Cas Déblai)……69
Figure VI.1 Dimensions D'un Fossé…….77
Figure VI.2 Représentation D'un Dalot……78
Figure VII.1 Quai Latéral……..82
Figure VII.2 Quai Central…….82
Figure VII.3 Solution Espagnol……82
Figure VIII.1 Localisation Du Projet……88
Figure VIII.2 Les Formations Traversées Par Le Tracé……...89
Figure VIII.3 Les Différentes Espèces Existantes (Cynodon dactylon, Phragmites communis, Juncus maritimus)…….90

Liste des Tableaux

Tableau II.1 Estimation De La Demande De Transport Des Voyageurs Et Marchandises A Travers Le Taux De Changement Des Moyens De Transport Des Projets Similaires…….28

Tableau II.2 Présentation Du Type D'ouvrage Existant……...32

Tableau III.1 Récapitulatif Des Valeurs Limite De Paramètres D'axe…….36

Tableau III.2 Les Résultats De Calcul Pour Notre Axe En Plan……..37

Tableau III.3 Valeurs Des Rayons De Raccordement Minimaux A Respecter……40

Tableau III.4 Quantité Des Matériaux Calculés……43

Tableau V.1 Classification Des Sols Pour La Plateforme……56

Tableau V.2 Fuseau Granulométrique Pour Ballast (NFP 53-695)……..59

Tableau V.3 Valeurs Des Paramètres De Calcul……..60

Tableau V.4 Valeurs Retenus Pour Calcul De L'épaisseur Minimal……62

Tableau V.5 Epaisseur Des Différentes Couches……62

Tableau VI.1 Valeurs De Coefficient C1 En Fonction De La Pente……73

Tableau VI.2 Valeurs De Coefficient C2 En Fonction De La Nature De Sol……..73

Tableau VI.3 Valeurs De Coefficient C3 En Fonction De La Couverture Végétale……73

Tableau VI.4 Valeurs Des Caractéristiques Des Bassins Versants……...74

Tableau VI.5 Temps De Concentration Pour Chaque Bassin Versant En Heures……74

Tableau VI.6 Hauteur De Pluie Journalière Max Pour Plusieurs Fréquences……..75

Tableau VI.7 Hauteur De Pluie Max De Tc Pour Plusieurs Fréquences……..75

Tableau VI.8 Débit De Crue Pour Chaque Ecoulement……...75

Tableau VI.9 Dimensions Des Dalots Optes Pour Chaque BV……78

Tableau VI.10 Tableau De Vérification De Vitesse Pour Q=0.1 Qps……..79

Tableau VI.11 Tableau De Vérification De Vitesse Pour Q=0.01 Qps……79

Introduction

Générale

Introduction Générale

Le secteur des travaux publics occupe dans l'économie national une place qui reste fondamentale tant par le volume de sa participation à faciliter les échanges commerciales et nombre d'emplois qu'il offre. Par ailleurs, contrairement à la plupart des industries habituellement concentrés géographiquement, le secteur des travaux publics est réparti sur l'ensemble du territoire d'un pays. Il est un client important de différentes industries (bois, mécanique, métaux, produits pétroliers, matériels électriques, plastique…). Parmi les domaines qui relèvent des travaux publics, l'élaboration d'infrastructure ferroviaire qui a une importance particulière dans notre pays comme dans les pays du monde. En effet Le transport ferroviaire convient particulièrement aux longues distances, en permettant le transport de gros volume des marchandises et le déplacement des personnes avec des prix compétitifs. Ce mode de transport est aussi peu polluant.
Lors de la période coloniale, la configuration géographique de l'Algérie a conduit à un programme de chemins de fer marqué par : la longue ligne est-ouest Constantine-Alger-Oran, des lignes approximativement nord-sud dans les vallées des zones de l'intérieure pour l'exploitation des richesses naturelles et des dessertes du grand sud souvent à voies étroites. Au 20ème siècle, le réseau connait une croissance considérable car à la fin de la seconde guerre mondiale le réseau ferroviaire en Algérie colonisé s'étend sur plus de 5000kms. Malheureusement, les lignes construites connaissent de nombreuses et longues rampes atteignant 20 à 30 m/m et la traction à vapeur n'avait jamais permis de réaliser une exploitation satisfaisante.

Depuis l'indépendance, l'état s'est mis à moderniser ce réseau pour permettre une meilleur exploitation en engageant le renforcement et dédoublement des voies, l'électrification du réseau ferré en le dotant de derniers systèmes de signalisation et la construction de gares modernes pour passagers et marchandises.

Selon le DG-ANESRIF en 2018 sur le micro de CANAL Algérie, le pays atteindra 6000 kms de chemins de fer sur le court terme et 12500 kms sur le moyen et long terme, ces chemins sont électrifiés et permettent une exploitation à une grande vitesse variant entre 160 et 220 km/h, et cela après : l'aménagement de la rocade nord qui s'étend sur 1822 kms (en augmentant sa vitesse), la réalisation de la rocade ferroviaire des haut plateaux longue de 1162 kms, la liaison des grands port du pays à la rocade nord, la modernisation et rénovation des lignes minières à l'extrême est du pays sur 388 kms reliant Annaba à Djebel el Ounk, et

d’autres.

Dans ce modeste travail de de fin d’étude, nous allons procéder à une étude en APD du tronçon ferroviaire du PK00+000 au PK 21+000 reliant Ouargla à Hassi-Messaoud, de longueur sur un linéaire de 85 kms à voie unique est conçue pour une vitesse maximale de 220 km/h avec la conception de la gare pour le déplacement de passagers et marchandises de Ouargla et Ain Beida.

Pour mener à terme ce travail, on a réalisé une bonne partie bibliographique, riche en information et qui comporte une étude sur le phénomène de l’ensablement des voies ensuite suivra les différentes études après avoir détaillé les différents constituants de la voie ferrée.

Chapitre I

Généralités Sur La Voie Ferrée

I.1 Transport ferroviaire en Algérie

I.1.1 L'histoire des chemins de fer d'Algérie

I.1.2 Réseau actuel en Algérie

I.1.3 Le programme de développement des infrastructures ferroviaires

I.2 Les constituants de la voie ferrée

I.2.1 Introduction

I.2.2 Le rail

I.2.3 Les traverses

I.2.4 Les attaches

I.2.5 Les appareils de voie

I.3 Les constituants de la voie ferrée

I.3.1 Introduction

I.3.2 Facteurs de l'ensablement

I.3.3 Protection contre l'ensablement

I.3.4 Conclusion

I.1 Transport ferroviaire en Algérie

Par décret impérial du 8 avril 1857, la force d'occupation française a décidé la création d'un réseau de chemin de fer en Algérie visant à mailler tous le nord du pays avec le double objectif de l'utiliser comme un outil logistique de pacification des territoires et un moyen de transfert des richesses algériennes vers la métropole.

La situation actuelle, les prévisions urbanistiques et démographiques et la nécessité d'exploiter d'autres gisements et ressources minérales, comme aussi de satisfaire les besoins de la population à montrer la nécessité d'accélérer, d'assurer le développement du pays par le désenclavement des régions en développent le réseau de l'infrastructure du pays. Il a été lancé un programme immense d'investissement dans le secteur ferroviaire. Plusieurs projets des lignes nouvelles et des modernisations, amélioration des paramètres des lignes des réseaux existants sont en cours des études et déjà en réalisation. Les projets en cours représentent un coût global de 11,4 milliards d'US dollars et sont relatifs à des opérations d'études de lignes nouvelles, d'aménagements ferroviaires régionaux, d'augmentation de capacité de lignes, de construction de gares et d'ouvrages d'arts, et de renouvellement de voies.

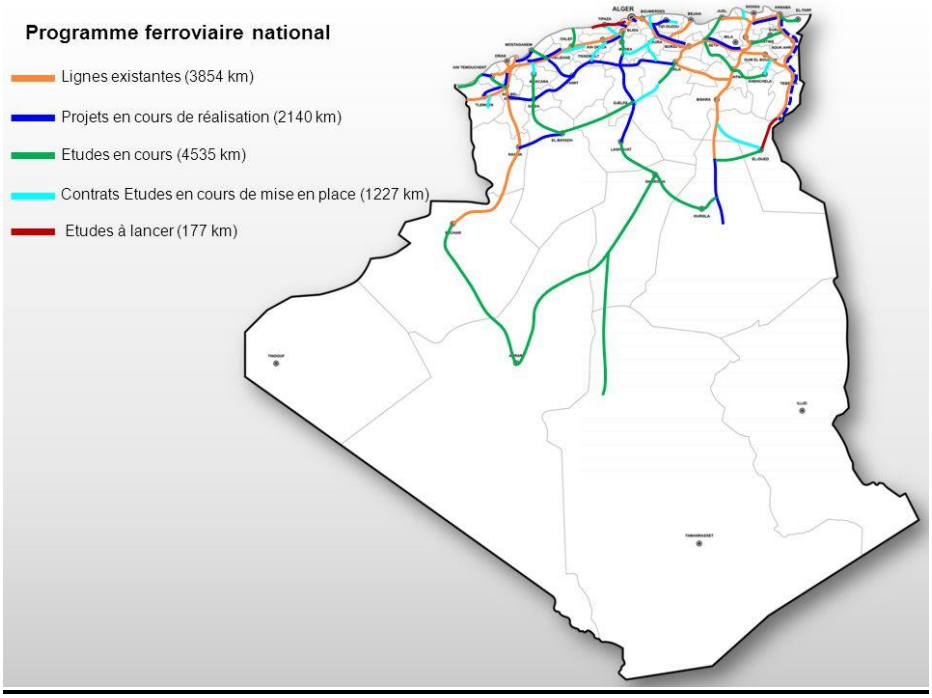


Figure I.1 Réseau ferroviaire algérien actuel

I.1.1 L'histoire des chemins de fer d'Algérie

La réalisation du réseau de chemin de fer algérien s'est faite par étapes successives. Durant la période coloniale, trois programmes ont été initiés par l'administration : le programme de 1857, de 1879 et celui de 1907.

Programme de 1857

Le 8 Avril 1857, la force d'occupation française autorise la construction de 1357 km de lignes. Le 12 Décembre 1859, le chantier de la ligne Alger - Blida fût ouvert. Une entreprise de statut privé, appelée "Compagnie des chemins de fer algériens" est créée. Cette compagnie obtient en plus de la réalisation de la ligne Alger-Blida, une concession pour la réalisation des lignes Oran - Sig et Constantine - Skikda, qui n'ont pas été réalisées faute de financement. Seule la ligne Alger-Blida a pu être réalisée et ouverte au service des voyageurs le 8 Septembre 1862. Au cours de la période 1857-1878, les lignes ou tronçons de lignes suivants, totalisant une longueur de 1365 km, ont été réalisés: Annaba-Ain Mokra, Annaba-Bouchegouf-Guelma, Khroub-Oued Zenati, Constantine-Skikda, Constantine-Sétif, Alger-Thénia, Alger-Oran, Arzew-La MactaMohammadia, Mohammadia-Mécheria, Oued Tlélat-Sidi Bel Abbès.

Programme de 1879

Un programme de 1747 km de lignes nouvelles a été ajouté au réseau existant. Dans la période 1879-1906, 2035 km de lignes ont été réalisées ou entamées: Souk Ahras-Tébessa, Le Kouif et embranchement vers la frontière, Ain-MokraRamdane Djamel, Ouled Rahmoune-Khenchela, ElGuerrah-Biskra, Sétif-Thénia avec embranchements vers Tizi Ouzou, Béjaia et Sour El Ghozlane, Blida-Berrouaghia, MostaganemRelizane Tiaret, Oran-Arzew, Sénia Témouchent, Sidi Bel Abbès-Tlemcen Frontière, Tabia-Crampel, Méchéria-Béchar, Tizi-Mascara.

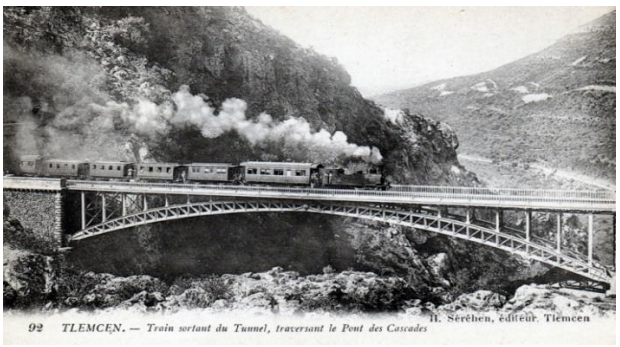


Figure I.2 Un train engagé sur le pont des Cascades à Tlemcen, 1905.

Programme de 1907

En 1907, un troisième programme de nouvelles lignes portant sur 1256 km est établi et vient s'ajouter au réseau existant. Au cours de la période 1907-1946,les lignes ou tronçons de lignes suivants, totalisant une longueur de 1614 km, ont été réalisés : Ain Beida-Tébessa,El Milia-Jijel,Biskra-Touggourt avec embranchements vers Tolga et El Oued (cette ligne classée secondaire d'une longueur de 387 km a été réalisée en plus du programme de 1256 km),Constantine-Oued Athmania, Berrouaghia-Djelfa ,Tiaret-Mahdia-Cl.Bouguerra, Mascara Mech ri a avec embranchement vers Relizane,Sidi Bel Abbès-Tizi,Tlemcen-Beni-Saf, Mostaganem-La Macta. Après les déficits des compagnies concessionnaires, l'Etat a racheté les concessions des compagnies Franco - Algérienne, Est Algérien, Bône-Guelma et Ouest Algérien en 1900, 1908, 1905 et 1920. Le 27 Septembre 1912 est créée la Compagnie des Chemins de Fer Algériens de l'Etat (CFAE) qui prend le relais de l'exploitation des réseaux des concessionnaires à l'exception du réseau PLM. Le 30 Mai 1938, les lignes CFAE et PLM d'intérêt général sont rattachées à la SNCF récemment constituée, et le réseau algérien en devient une région. Le 1 Janvier 1939, est institué un Office des Chemins de fer Algériens (Office CFA). Après les déficits des compagnies respectivement En 1946, le réseau algérien comprend 5014 km de lignes en exploitation sans compter les embranchements miniers et les lignes de chemin de fer sur routes (CFRA).

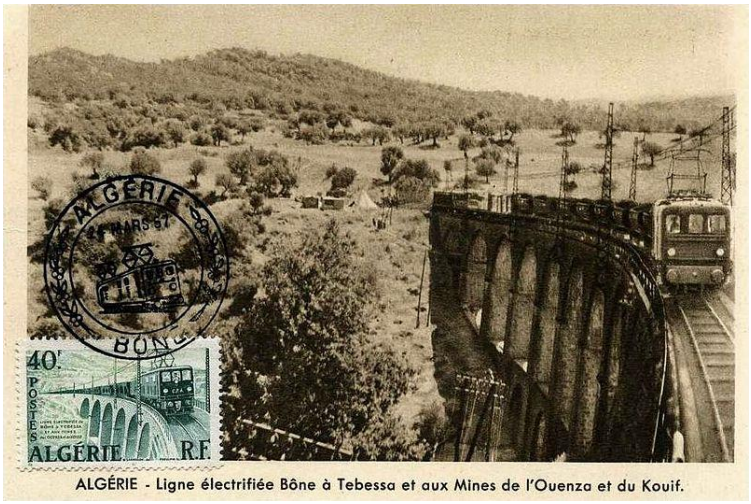


Figure I.3 Ligne électrifiée de Bône à Tébessa.

Depuis l'indépendance

La Société nationale des chemins de fer français en Algérie devient la Société nationale des chemins de fer algériens (en gardant le même sigle SNCFA) le 16 mai 1963. Le matériel

français est conservé mais, rapidement, des commandes de locomotives et de voitures, provenant des Pays du bloc soviétique, complètent le parc.

En 1975, le révolutionnaire Trans-Maghreb Casablanca-Oran-Alger-Tunis, entièrement composé d'un nouveau matériel INOX construit en France, est mis en service. Mais très rapidement, des problèmes politiques entre les États traversés provoquent sa limitation puis son arrêt définitif dans les années 1980. Le 31 mars 1976 à la fin de la concession de l'État français, l'état algérien divise la SNCFA en trois organismes distincts, La Société nationale des transports ferroviaires (SNTF), la société nationale d'études et de réalisations de l'infrastructure ferroviaire (SNERIF) et la société d'engineering et de réalisation des infrastructures ferroviaires (SIF). Un nouveau programme d'investissement permet la réalisation de 203 km de nouvelles lignes, le doublement de 200 km de voie sur la rocade nord et le renouvellement de 1 400 km de voie et ballast. En 1986, la crise financière poussera à la dissolution de la SNERIF et de la SIF dont les prérogatives sont reprises par la SNTF qui changera de statut en 1990 pour devenir un EPIC.

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

I.1.2 Réseau actuel en Algérie

Le réseau des chemins de fer algérien est aujourd'hui parmi les plus modernes en Afrique. Il sert au transport de personnes et de marchandises. L'ambition des pouvoirs publics est de connecter toutes les villes d'Algérie entre elles par le réseau ferroviaire. Actuellement ce réseau est de 4498Km.

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

- Nombre de passages à niveau gardé : 267.

- Nombre de passages à niveau non gardé : 959.

D'après la classification mondiale des chemins de fer effectuée par CIA en 2008 : L'Algérie est classée la 45éme sur 134 pays au monde et occupe la 6éme place au niveau africain, ainsi qu'elle est la première par rapport aux pays Maghrébins.

I.1.3 Le programme de développement des infrastructures ferroviaires

Le rail reste au cœur du développement national. De 4.000 km, actuellement, le réseau ferroviaire national devrait passer à 6.000 km, et à plus long terme à 12.000 km, grâce au programme de modernisation et d'extension, mis en place par les pouvoirs publics. L'objectif est de poursuivre le maillage du territoire national, en desservant et en désenclavant un maximum de villes et de villages, et d'insuffler une dynamique économique.

Cet ambitieux projet est confié à l'Agence nationale d'études et de suivi de la réalisation des investissements ferroviaires (ANESRIF), un Etablissement public à caractère industriel et commercial (EPIC).

La première étape de ce grand chantier du rail, consiste à moderniser le réseau existant, notamment « l'axe principal de la rocade nord qui part des frontières algéro-tunisiennes aux frontières algéro-marocaines. Le programme, en cours de réalisation, concerne le dédoublement de la voie sur 40% du linéaire, plus l'extension vers Tlemcen et les frontières algéro-marocaines par une ligne à double voie électrifiée sur une distance de 220 km. Il y a aussi une étude d'une ligne Annaba -El Tarf, pour une vitesse de 220 km/h », détaille Azzedine Fridi, Directeur général de l'Anesrif.

La seconde étape du chantier, qui a démarré pour certaines destinations, consiste en la mise en place de nouvelles lignes. Le DG de l'Anesrif cite « la nouvelle ligne qui relie Sidi Bel Abbès à Béchar à l'Ouest, en cours d'exploitation, pour une vitesse de 140 km/h. L'extension vers Tindouf et les mines de Ghar Djebillat, pour le transfert des minerais de fer ».

M. Fridi cite d'autres lignes en travaux, comme « la ligne des hauts plateaux qui part de M'Sila en passant par Tissemsilt, Tiaret et Saida, en cours de réalisation, et dont l'achèvement des travaux est prévu fin 2018 - début du 1er trimestre 2019, ainsi que la voie Saida - Sidi Bel Abbès, qui est en cours d'exploitation pour une vitesse de 160 km/h ».

L'Anesrif, le bureau d'études chargé du développement du réseau ferroviaire national, sous la tutelle du ministère des Transports, opte pour des réseaux électrifiés et une signalisation de dernière génération afin d'assurer la sécurité et le confort aux usagers.

I.2 Les constituants de la voie ferrée

I.2.1 Introduction

La structure supportant le trafic ferroviaire est un des éléments les plus importants pour assurer la stabilité géométrique de la voie et son bon fonctionnement à long terme. Des couches de sols de faible portance et instables peuvent provoquer sous l'effet de la circulation des trains des défauts géométriques, accélérant ainsi la dégradation des constituants de la voie. La voie est constituée de deux files de rails maintenus écartées constamment par fixation à l'aide des attaches reposants sur des traverses, le tout repose sur du ballast. D'autres éléments permettent d'assurer la stabilité de la voie, le support et le roulement des trains comme : les traversées et les branchements.

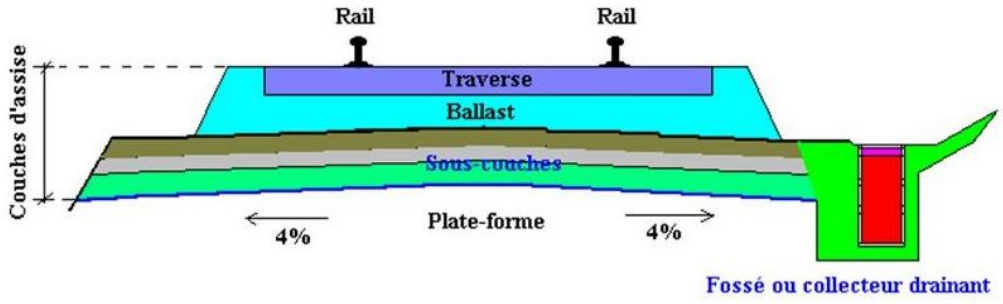


Figure I.4 Superstructure d'une voie.

I.2.2 Le rail

C'est l'élément qui se trouve en contact avec l'engin roulant. Les rails servent de guide et de support de roulement pour les véhicules ferroviaires. C'est une longue barre d'acier profilée, qui est mise bout à bout pour former le chemin de fer.

Il existe trois types de rails :

- Les rails à double champignon (ancien modèle).
- Les rails Vignole.

- Les rails à gorge (utilisé dans les tramways).

I.2.2.1 Le rail Vignole (à patin)

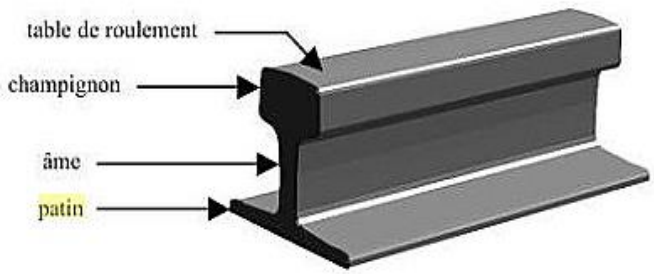


Figure I.5 Rail Vignole

Ce type est d'origine américaine. Concurrent du double champignon durant une longue période, ce système finit par s'imposer à partir de 1930. Aujourd'hui c'est le type de rail utilisé dans les nouveaux projets en Algérie. Il est constitué de trois parties essentielles :
-Le champignon : Courbure pour le contacte roue-rail et masse pour fretter la zone de contact.
- L'âme : Raccord avec portées d'éclissage.

-Le patin : Largeur pour transfert de charge à la traverse, portée d'éclissage et zone pour les attaches.

I.2.2.2 Le rail à double champignon



Figure I.6 Rail a double champignon

Le rail à double champignon est caractérisé par une forme symétrique avec champignon supérieur et champignon inférieur. L'idée de ses prometteurs était de pouvoir le réutilisé par

retournement après usure du champignon supérieur. En fait, cette possibilité s'est révélée vaine du fait de l'encochage rapide du rail dans les coussinets qui le supportent.

I.2.2.3 Le rail à gorge



Figure I.7 Rail a gorge

Généralement utilisé pour le cas des tramways et métros légers, leur poids propre est d'environ 58.96 kg/ml.

I.2.2.4 L'écartement des rails

L'écartement des rails est la distance séparant le flanc interne des deux files de rails d'une voie ferrée. L'écartement standard de 1 435 mm (soit quatre pieds huit pouces et demi), définissant la voie normale, est le plus utilisé à travers le monde (60 % des lignes). On parle de voie large lorsque l'écartement est supérieur et de voie étroite lorsqu'il est inférieur (voie métrique pour l'écartement de 1 m).

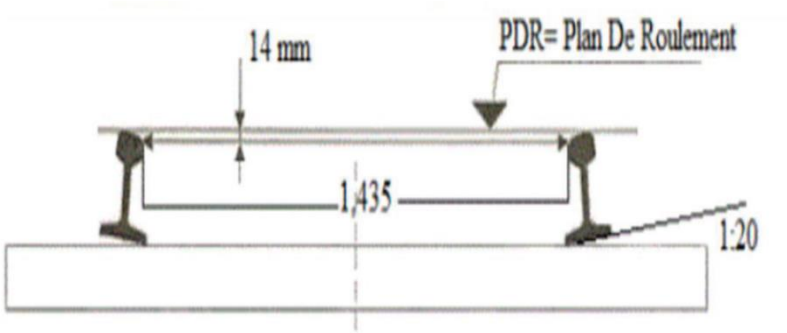


Figure I.8 Ecartement des rails

I.2.3 Les traverses

Une traverse est un élément fondamental de la voie ferrée. C'est une pièce posée en travers de la voie, sous les rails, pour en maintenir l'écartement et l'inclinaison et transmettre au ballast les charges des véhicules circulant sur les rails.

Sa fonction principale se résume en :

- Répartir les charges verticales en augmentant la surface d'appui sur le ballast.
- Contribuer à la position géométrique des rails : écartement et inclinaison notamment.
- Intégrer l'interface avec les systèmes d'attaches.
- Ancrer la voie transversalement.

I.2.3.1 Traverse en bois

Elles constituent une grande partie des traverses utilisées dans le monde vu sa résistance, sa flexibilité et aussi pour sa facilité de mise en œuvre

Avantages :

- Assure une bonne élasticité de la voie.

- Bonne isolation électrique.

Inconvénients :

- Sensibilité aux agents atmosphériques (surtout pour le chêne).

- Résistance latérale peu élevée.

- Couts d'entretien élevés.



Figure I.9 Traverse en bois

I.2.3.2 Traverse métallique

Profil laminé en forme de U renversé, embouti aux extrémités pour assurer la résistance latérale de la voie. Ce type n'est plus utilisé.

Avantages :

- Peu d'entretien

- Imputrescible

Inconvénients:

- Cout élevé pour assurer l'isolement électrique entre les deux rails

- Corrosion

- Résistance latérale faible à cause de la légèreté

- Difficile à maintenir sur les voies chargées



Figure I.10 Traverse métallique

I.2.3.3 Traverses en béton



Figure I.11 Traverse en béton

Avantages :

La traverse en béton, qui a une durée de vie plus importante (50 ans), fut introduite il y a plusieurs décennies pour pallier les inconvénients du vieillissement naturel du bois. Ce type permet aussi une résistance latérale importante.

Inconvénients :

- Fragilité aux chocs du béton

- Risque de corrosion des traverse bi-blocs au niveau des entretoises

Types de traverse en béton :

− La traverse bi bloc : Formées de deux blocs de béton, les blochets, reliés par une entretoise métallique, qui absorbe les efforts en milieu de traverse.

− La traverse mono bloc : formée en un seul bloc En béton précontraint, amincie dans sa partie centrale, armée de fils à haute résistance.

I.2.4 Les attaches

Une attache et un appareil constitué d'un crapaud qui est maintenu par un écrou accroché dans la traverse, elle sert à fixer le rail sur cette traverse pour l'empêcher de tout déplacement. On peut distinguer les types suivants :

I.2.4.1 Attaches rigides pour rails Vignole

Elle n'accompagne pas le mouvement vertical du rail lors du passage des roues. Il existe deux types d'attache rigide :

Les Crampons :

C'est le tout premier mode de fixation qui fut utilisé à l'origine. Il s'agit d'un gros clou dont le profil est étudié de manière à éviter l'arrachement et maintenir le rail.

Les Tire-fond :

Un tire-fond est une grosse vis que l'on serre dans un trou percé dans le bois de la traverse et dont la tête vient en contact avec le patin du rail.

I.2.4.2 Attaches élastiques pour rails Vignole

Contrairement à l'attache rigide, l'attache dite « élastique » continue à assurer le maintien du rail lorsque celui-ci s'affaisse sous la charge des circulations. Elle s'oppose donc à son cheminement longitudinal et peut être utilisée pour la pose de LRS. Les différences entre attaches élastiques portent essentiellement sur le type de ressort utilisé, ainsi que sur son mode de fixation aux traverses. On peut distinguer :

- Les attaches vissées : Ressort à spires Ressort à lame, Ressort à boudin.

- Les attaches clipsées.

I.2.4.3 Les attaches pour rails à simple ou double champignon

Les rails à simple ou double champignon n'ayant pas de patin, il est impossible de les poser directement sur traverses. Ils reposent donc de manière indirecte sur des coussinets fixés aux traverses par des tire-fond. Un « coin » en bois ou en métal est rentré à force entre l'âme du rail et le coussinet et assure son maintien ainsi que l'absorption des vibrations.

I.2.5 Les appareils de voie

Un appareil de voie est un élément de la voie ferrée qui permet d'assurer le support et le guidage du matériel roulant ferroviaire sur un itinéraire donné, lorsque d'autres itinéraires en divergent ou le traversent (cette définition n'est valable ni pour les taquets dérailleurs ni pour les appareils de dilatation). Il permet entre autres d'assurer les bifurcations et les croisements d'itinéraires. En effet, le conducteur d'un train n'ayant aucune maîtrise de la direction prise par le convoi, ce

sont les appareils de voie qui sont chargés de le guider et de l'orienter de façon mécanique et passive.

Il peut être commandé automatiquement ou manuellement depuis un poste d'aiguillage ou bien à pied d'œuvre (sur le terrain) par une personne habilitée.

I.2.5.1 Les éléments constitutifs d'un appareil de voie

L'aiguillage : Partie constituée de rails et de lames usinées et articulées qui assurent la continuité d'un des 2 ou 3 itinéraires divergents à l'origine de la divergence.

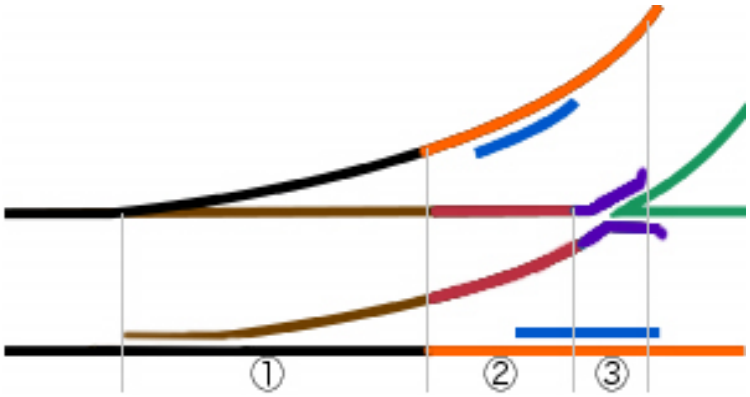


Figure I.12 L'aiguillage

Le croisement : Partie de l'appareil assurant la continuité de deux itinéraires sécants au droit de l'intersection entre files opposées et comprenant un cœur de croisement en acier monobloc ou assemblés, 2 rails extérieurs équipés de 2 contrerails avec entretoises de liaison.



Figure I.13 Le Croisement

I.3. L'ensablement

I.3.1. Introduction

Le Sahara algérien est couverte d'impressionnants et gigantesques dépôts de sables du Grand Erg Occidental à l'ouest et du Grand Erg Oriental à l'est. La région d'étude fait partie du périmètre du grand erg oriental, notant que ce dernier couvre les 2/3 de la Wilaya de Ouargla. De par sa situation géographique très délicate, le vent met en mouvement d'importantes quantités de sable qui encombrent les infrastructures et particulièrement les routes et les voiries qui constituent un moyen de communication vital pour cette région. Une voie ferrée à niveau, en déblai ou en remblai, peut créer une zone locale de turbulence qui entraine des dépôts de sable éolien, parfois très importants.

L'ensablement, qui définit le phénomène d'apport de sable sur terre, constitue aussi un défi majeur auquel l'état algérien fait face depuis des dizaines années en allouant d'importants moyens. Néanmoins, des ajustements s'avèrent nécessaires pour améliorer l'efficacité des techniques utilisées.

I.3.2. Facteurs de l'ensablement

Pour comprendre l'utilisation des moyens de lutte contre l'ensablement, il faut connaître les causes et les processus qui contribuent à la formation et au déplacement des masses sableuses ou dunes. Ces facteurs sont le vent et le sol:

I.3.2.1. Le vent

Le déplacement des particules du sol est lié à la direction, la vitesse et la durée du vent. Lorsqu'un vent souffle avec plus de fréquence dans une direction privilégiée, on parle de vent dominant. Au niveau du sol, la vitesse du vent est nulle. Le vent est d'autant plus fort quand on s'éloigne de la surface du sol, et sa vitesse augmente comme le logarithme de la hauteur.

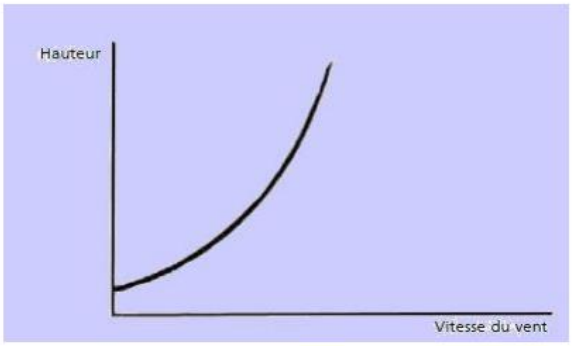


Figure I.14 La vitesse du vent en fonction de l'altitude

I.3.2.2. Les sols

Les sols présentant certaines caractéristiques sont plus vulnérables à l'attaque du vent que d'autres comme :

- sol meuble, sec et finement émietté.

- sol à surface uniforme.

- sol à couverture végétale absente ou clairsemée.

- sol sur zone suffisamment étendue dans le sens du vent (FAO, 1988).

Ce second facteur est déterminant dans la manifestation de l'ensablement est à savoir la taille et la densité des particules de sable. Les particules dont le diamètre avoisine 0,1 mm sont entraînées les premières, tandis que les particules plus grosses ne peuvent être déplacées que par des vents violents. La nature du mouvement des particules varie selon leur dimension à savoir par saltation, reptation et/ou suspension.

I.3.3. Protection contre l'ensablement

Pour éviter que les sables n'envahissent la nouvelle ligne de chemin de fer, les mesures suivantes sont proposées :

I.3.3.1. Technique de palissade

La palissade oppose à la force du vent dominant un obstacle linéaire qui diminue la vitesse du vent, engendre une réduction de la capacité de charge, un blocage du sable et donc un dépôt du sable à son niveau. Il en résulte la formation d'une dune artificielle, « dune d'arrêt » si la palissade a une orientation perpendiculaire au vent dominant ou « blocage en défilement » dans le cas d'un positionnement de la palissade selon un angle de 120 à 140° avec la direction du vent. Selon GANGABAINA 1984, estime que la surface totale des vides doit être inférieure à 50 % par rapport à la surface totale des palissades. Elle repose aussi sur la hauteur efficace. La palissade joue souvent son rôle de brise-vent et d'obstacle physique freinant le mouvement des sables, toute brèche constitue immédiatement un siffle-vent dangereux, ce qui diminue l'efficacité de la palissade.



Figure I.15 Palissade à base de palmes pour protéger les cultures potagères au sein de Ouargla

I.3.3.2. Technique de drâas

Le drâas est constitué par un tas de sable de forme oblongue stabilisé par des matériaux grossiers et/ou pierres. Ces barrages doivent être orientés d'après la configuration du terrain et l'action des vents dominants. Il faut aménager entre ces drâas, des couloirs longitudinaux et transversaux qui obligent les vents dominants à travailler contre leurs impulsions naturelles et à chasser le sable qui, sans eux, s'accumulerait sur la route. La méthode de stabilisation des dunes par des drâas est une méthode traditionnelle de lutte contre l'ensablement.



Figure I.16 L'efficacité des drâas implantés en biais sur la route Touggourt-Djelfa

I.3.3.3. Fixation physico-chimique (technique du MULCH)

La technique du MULCH consiste à recouvrir uniformément le sable dunaire d'un écran protecteur, naturel ou artificiel, pour empêcher le phénomène de saltation. Ce procédé est surtout utilisé sur des surfaces planes ou peu accidentées. Pour la confection du MULCH, des matériaux divers peuvent être utilisés, comme la paille, les branchages, les films plastiques, les fibres et grillages acryliques. À titre indicatif, il faut mentionner les huiles minérales (asphalte, huiles lourdes et huiles brutes) qui peuvent aussi être utilisées pour fixer les sables mobiles. Ce procédé, bien que coûteux et peu efficace à long terme, est surtout adopté par les pays producteurs de pétrole. La République islamique d'Iran, par exemple, a réalisé d'importants travaux de fixation des dunes en utilisant ce procédé, associé principalement à des plantations de tamarix. En Algérie, cette technique a été utilisée avec des dérivés de pétrole comme le bitume pour protéger la voie ferrée reliant Biskra à Touggourt contre l'ensablement.



Figure I.17 Epandage de bitume pour protéger la voie ferrée contre l'ensablement (Biskra-Touggourt)

I.3.3.4. Fixation biologique

Lorsque les dunes ont été stabilisées mécaniquement, il est possible de les fixer définitivement par l'installation d'une végétation arborée et herbacée pérenne. Les dunes constituent un milieu qui offre des conditions difficiles d'installation et de croissance pour toutes les espèces végétales. Toute plantation devra nécessairement tenir compte du choix des espèces pouvant s'adapter à ce milieu et de la profondeur de l'humidité résiduelle des couches sous-jacentes. Les sables dunaires dénudés ont la particularité de conserver une partie de leurs eaux d'infiltration pendant un laps de temps assez long. Ils possèdent en effet un coefficient de réflexion de la lumière (albédo) élevé et conduisent très mal la chaleur, de sorte que les dunes accusent peu les fortes amplitudes thermiques et ne s'échauffent que sur 1 m de profondeur au

maximum, ce qui limite l'évaporation de l'humidité emmagasinée. De plus, les sables ne permettent qu'une faible remontée capillaire. La partie supérieure de la dune joue un rôle d'écran protecteur sur 20 à 30 cm, réduisant ainsi la perte d'humidité des couches plus profondes, ce qui est indispensable à la reprise et à la croissance des espèces à planter.

Selon (HAGEDON 1977), on distingue trois processus lors de la stabilisation végétale des dunes qui sont :

- Le développement artificiel du couvert végétal
- La régénération naturelle du couvert végétal (la mise en défens)
- La reconstitution naturelle de la végétation



Figure I.18 Exemple de fixation biologique par des pin d'alpes et cyprès vert

I.3.3.5. Méthode aérodynamique

La méthode aérodynamique utilise la capacité de transport du vent lorsqu'il atteint une vitesse suffisante. Cette méthode s'applique de deux façons différentes :

• Soit en lui faisant évacuer des dépôts de sable indésirables par des procédés qui accroissent sa vitesse au contact de tels dépôts,

• Soit en profilant les obstacles rencontrés par le vent chargé de sable pour que sa vitesse ne soit pas diminuée à leur contact.

I.3.4. Conclusion

De façon générale, les actions de lutte contre l'ensablement demeurent ponctuelles, dispersées et portent sur des cas d'urgence où les fronts dunaires sont devenus menaçants. Elles s'inscrivent rarement dans le cadre d'un plan de protection globale préétabli et déterminé en fonction de la dynamique éolienne.

Chapitre II

Présentation Du Projet

II.1 Introduction

II.2 Présentation du projet description de la ligne du projet

II.3 Présentation de la zone d'étude

II.4 Caractéristique de notre projet

II.5 Cartes relatifs au projet

II.6 Travaux de reconnaissance géotechnique

II.7 Données de trafic

- **II.7.1. Présupposition de l'estimation de la demande de trafic**
- **II.7.2. Estimation de la demande de transport ferroviaire**
- **II.7.3. Résultat de l'estimation**
- **II.7.4. Evaluation de la capacité d'une ligne ferroviaire**

II.8 Données hydrologiques

II.9 Définition des ouvrages existants

II.10 Relief

II.11 Conclusion

II.1 Introduction

L'agence nationale d'étude et de suivi des réalisations des investissements ferroviaires (ANESRIF) a consacré un programme dans le cadre du développement du réseau ferroviaire algérien, l'un des projets dans ce programme est la boucle SUD (Laghouat / Ghardaïa / Ouargla / Nouvelle Ville de Hassi-Messaoud) qui permet de relancer l'économie et le transport des voyageurs dans ces zones.

Le projet de la ligne ferroviaire entre la ville de Ouargla et Hassi-Messaoud de longueur sur un linéaire de 85 kms à voie unique est conçue pour une vitesse maximale de 220 km/h.

Tout en restant dans le concept du développement, le projet a pour but principal de permettre le déplacement entre le sud et le nord dans les meilleures conditions, voyageur c'était ou marchandise. Ainsi, la densification et le rapprochement des villes et pour participer au développement économique, le projet aide a créé des emplois.

II.2 Présentation du projet description de la ligne du projet

Schéma directeur des transports du pays a inscrit plusieurs projets dans le domaine des infrastructures de transport, notamment les infrastructures ferroviaires en général et en particulier le projet de la boucle du sud partant de la gare de Ouargla située au Sud de la ville, contourne l'aéroport de Ouargla au Sud puis croise l'autoroute RN49 au PK 21+700 en continuant parallèlement à la RN56, jusqu'à la déviation de notre tracé par rapport à ladite RN56 au niveau du PK 51+500 pour joindre la ligne Hassi Messaoud-Touggourt au niveau de la gare de marchandise « de la nouvelle ville de Hassi Messaoud » toute en croisant la RN 03 au niveau du PK 79+000.

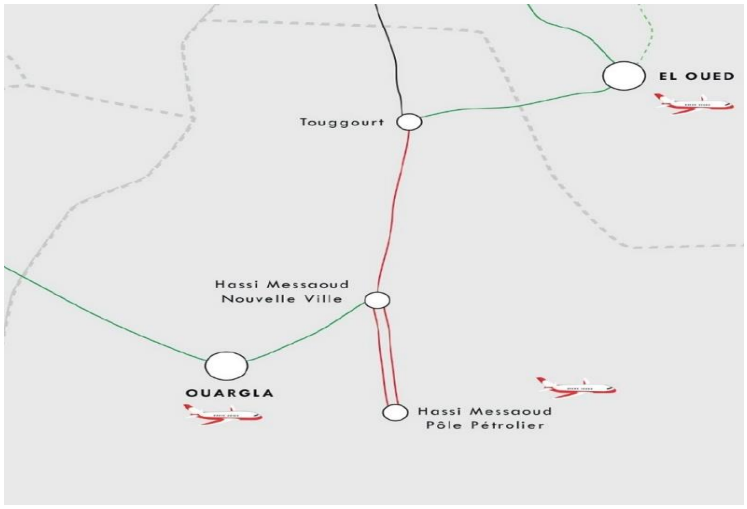


Figure II.1 Localisation du projet

Le tronçon de notre projet concernant l'étude de la ligne ferroviaire entre Ouargla et Hassi Messaoud sur une longueur de 21 km du PK 0+000 au PK 21+000 » est situé dans la wilaya d'Ouargla.

II.3 Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude est située au Sud-Est Algérien, dans la Wilaya de Ouargla, Elle se situe, approximativement, à 750 km au Sud d'Alger à environ 128 m d'altitude. Ouargla est l'une des principales oasis du Sahara algérien, couvrant une superficie de 163.233 km² et d'une population estimée à 663.718 habitants en 2016, soit une densité de 4,01 Habitants/Km². Elle compte actuellement 21 communes regroupées en 10 Daïrâtes et Wilaya déléguée, Cette wilaya est limitée :

- Au Nord, par les wilayas de Djelfa, Biskra et El Oued ;
- A l'Est, par la wilaya d'El Oued et les frontières tunisiennes ;
- A l'Ouest, par la wilaya de Ghardaïa ;
- Au Sud, par les wilayas d'Illizi et Tamanrasset.

Appartenant au grand bassin du Sahara septentrional, la ville de Ouargla est située dans une cuvette (dépression), s'étalant sur une superficie totale de 900 km², allongée sur une longueur de 55 km.

Le chef-lieu de Wilaya possède un important réseau routier d'une longueur totale de 1 785 kilomètres, dont 1 484 kilomètres de routes nationales et 169 kilomètres de voies express séparées, 364 chemins wilaya dont 44 kilomètres de routes séparées et 235 kilomètres de routes communales. Elle est fournie par l'aéroport de la ville d'Ain Beida, à 7 kilomètres au sud-est de la ville. C'est la première ville du Sahara à avoir un tramway d'un linéaire d e9.7 kilomètres.

Ouargla a un climat désertique chaud typique du désert du Sahara. Cette ville a des étés très longs et très chauds et des hivers courts mais agréables. La température moyenne de la ville est la plus élevée parmi les grandes villes d'Algérie. Juillet est le mois le plus chaud avec une température de 43 ° C. Le climat est particulièrement sec, avec presque pas de pluie et un ciel clair la plupart du temps. Les précipitations dans la ville de Ouargla sont limitées à une moyenne de 45 mm par an.

II.4 Caractéristique de notre projet

- ✓ Ligne à voie unique

- ✓ Caractéristique de la voie : ligne mixte (voyageurs et marchandises)
- ✓ Mode de traction: diesel / électrique
- ✓ Vitesse max des trains de voyageurs : 220 km/h
- ✓ Vitesse max des trains de marchandises : 100 km/h
- ✓ Type de rail : 60 E1.
- ✓ Type de traverse : BIBLOC
- ✓ Ecartement de la voie (standard) :1435 mm
- ✓ Rampes et pentes: - en pleine voie : souhaitable 15 ‰, maximale 18 ‰
  - au niveau des gares : 00 ‰
- ✓ Logiciel a utilisé dans l'étude « CIVIL3D 2022 »
- ✓ Électrification en 25 KV / 50 Hz.
- ✓ Charges à l'essieu pour la superstructure de 22.5 tonnes.
- ✓ Entraxe des voies principales : 4.2 m

II.5 Cartes relatifs au projet

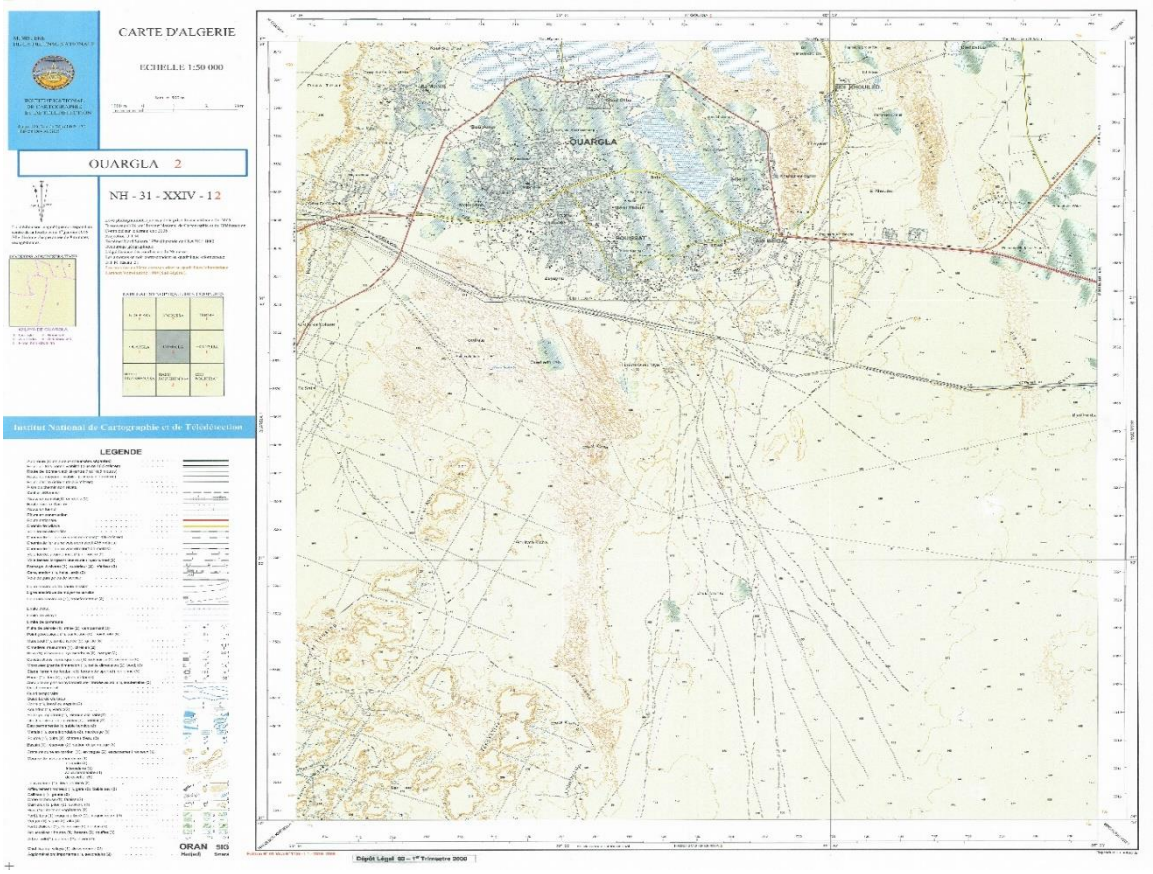


Figure II.2 Carte topographique de situation de la région d'étude



Figure II.3 Carte satellitaire (Google)

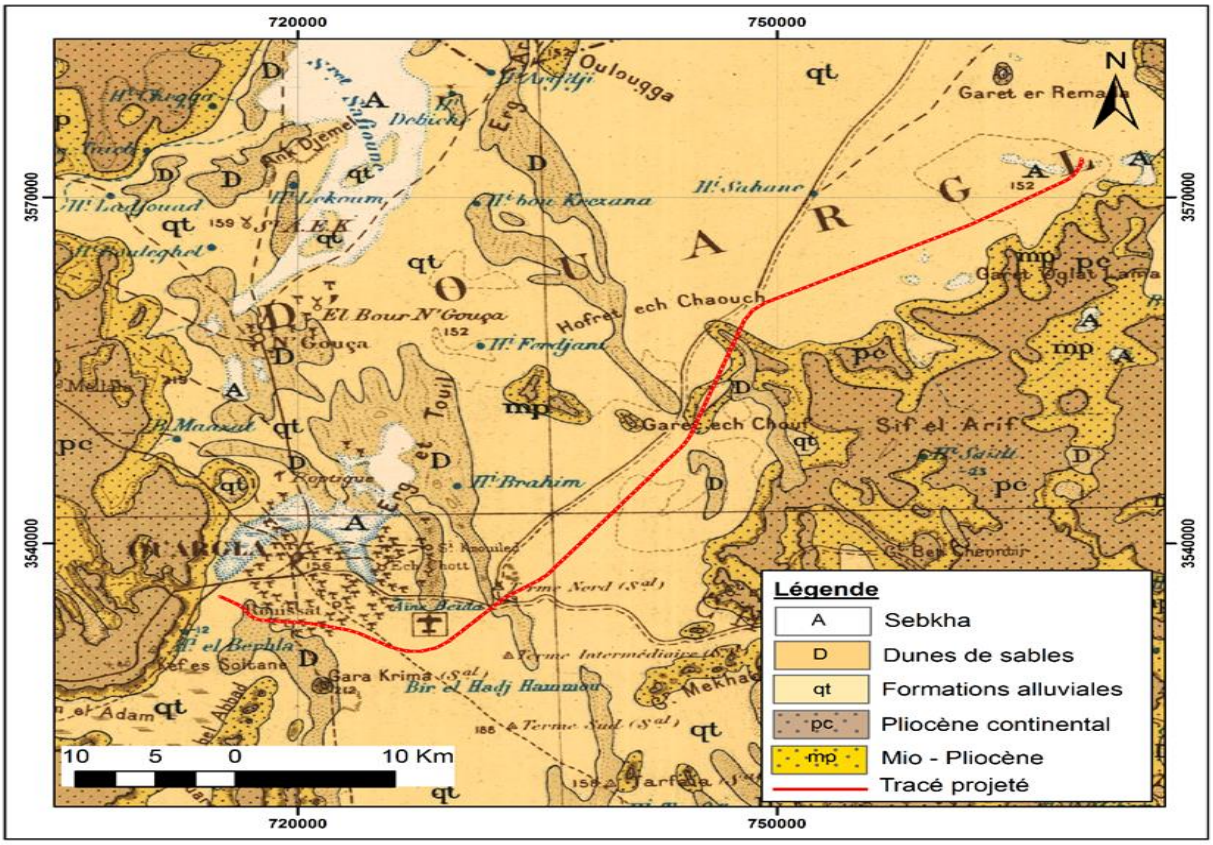


Figure II.4 Carte géologique

II.6 Travaux de reconnaissance géotechnique

La campagne géotechnique sur le terrain a été menée sur la base d'un programme d'investigations géotechniques approuvé par l'ANESRIF, établi en fonction de la situation des ouvrages d'arts (ponts, viaducs, tunnels), ouvrages en terre et de terrassements envisagées le long du tracé où il a été réaliser :

- ✓ 11 Sondages carottés de 15 m à 20 m de profondeur.
- ✓ 17 essais de pénétration dynamique.
- ✓ 17 puits de reconnaissance.
- ✓ Des essais de laboratoires.

II.7 Données de trafic

II.7.1. Présupposition de l'estimation de la demande de trafic

L'année de référence pour l'estimation de la demande de trafic de ce projet est l'année 2013, et l'année de début de l'estimation est l'année 2023, lors de la mise en œuvre du projet.

L'année finale de l'estimation sera l'année 2053, 30 années après la mise en œuvre, en tenant compte la période d'endurance de la ligne ferroviaire.

- Année de référence: Année 2013.
- Année de début de l'estimation: Année 2023 (année de la mise en œuvre du projet).
- Années intermédiaires de l'estimation: Années 2028, 2033, 2038, 2043, 2048 (cinq années d'intervalle).
- Année finale de l'estimation: Année 2053 (30 années après la mise en œuvre)

II.7.2. Estimation de la demande de transport ferroviaire

L'estimation de la demande de transport sur la base des documents relatifs au volume de transport fournis par l'ANESRIF. La circulation quotidienne de la RN56 et RN49, aux alentours de la ligne ferroviaire du projet.

Tableau II.1 Estimation de la demande de transport des voyageurs et des marchandises à travers le taux de changement des moyens de transport des projets similaires. (Unité: %)

Désignation		2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	Taux de changement moyen
Taux de changement	Voiture	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7 %
	Bus	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2 %

en train par moyen de transport	Train	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9 %
	Avion	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,6 %

II.7.3. Résultat de l'estimation

Par chaque année d'estimation, la demande pour le transport des voyageurs est estimée à 255~732 personnes/jour, et le transport des marchandises 1 508~4 962 tonnes/jour.

(Unité: personnes/jour, tonnes/jour)

Demande quotidienne	2021	2026	2031	2036	2041	2051
Transport de voyageurs	319	366	421	483	555	732
Transport de marchandises	1 508	1 839	2 243	2 735	3 336	4 962

II.7.4. Evaluation de la capacité d'une ligne ferroviaire

La capacité de ligne a été calculée sur la base du code UIC 405 et la formule de calcul est comme suit.

UIC 405 : capacité de la ligne = $\frac{T}{t_{fm}+t_r+t_{EU}}$

Où

T : 1 jour (1440 minutes)

$\boldsymbol{t_{fm}}$ **:** Intervalle minimal moyen entres deux trains consécutifs, valeur moyenne de l'intervalle minimal pour l'ensemble des trains .

14 heures de transport des voyageurs par jour (voyageurs + marchandises = 15 trains (environs) /14 heures = 1 train /1 heure).

Soit, $\boldsymbol{t_{fm}}$ = 55 minutes

$\boldsymbol{t_r}$: Temps libre de circulation (Temps ajouté à l'intervalle minimal pour la réduction des risques de retard des trains. Selon les critères de l'UIC 405, les valeurs de 0,33 ~ 0,67 de la moyenne de l'intervalle minimal sont appliquées en fonction du taux d'occupation maximale d'un tronçon unitaire lors de l'exploitation réelle)

En cas de calcul de la capacité journalière (plus de 60% du taux d'occupation)= 0,67 × $\boldsymbol{t_{fm}}$ = 0,67 × 55 minutes = 36,8 minutes

t_{EU} : Temps supplémentaire pour les services demandés sur l'ensemble de la ligne. Soit 0,25 minutes par heure. Il est calculé en multipliant 0,25 minutes par le nombre de tronçons sur la ligne.

5 gares + 5 gares de croisement = 10 tronçons

t_{EU}= 0,25 minutes 10 tronçons = 2,5 minutes

UIC 405 : Capacité de la ligne = $\frac{T}{t_{fm}+t_r+t_{EU}}$ = environ 15 trains/sens/jour

II.8 Données hydrologiques

La région est caractérisée par un climat très chaud en été (souvent plus de 40°) et très froid en hiver. Juin, juillet et août sont les mois les plus chauds. En hiver, il gèle presque partout, il existe donc de grands écarts de température entre l'hiver et l'été. L'amplitude des variations thermiques annuelles, qui est l'une des particularités au Sahara. Avec la chaleur, l'été, le vent est l'autre caractéristique permanente du Sahara. Par sa situation, la région est soumise, à des vents dominants et les vents de sable sont fréquents et violents.

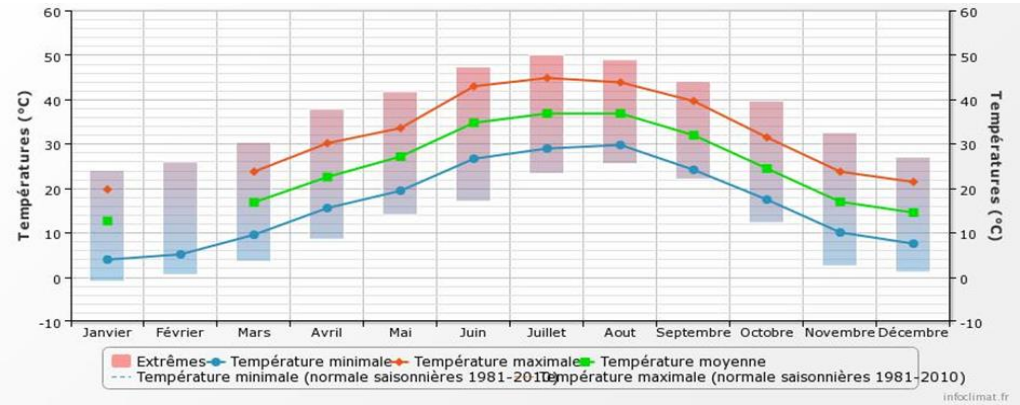


Figure II.5 Diagramme des températures à Ouargla

Les pluies moyennes mensuelles représentées par la figure traduisent clairement les variations saisonnières et leur distribution à l'échelle annuelle. La station prise en considération dans la région d'étude, fait ressortir deux périodes distinctes, une saison sèche et une autre relativement humide. On constate que Mars étant le mois ou la précipitation est maximale.

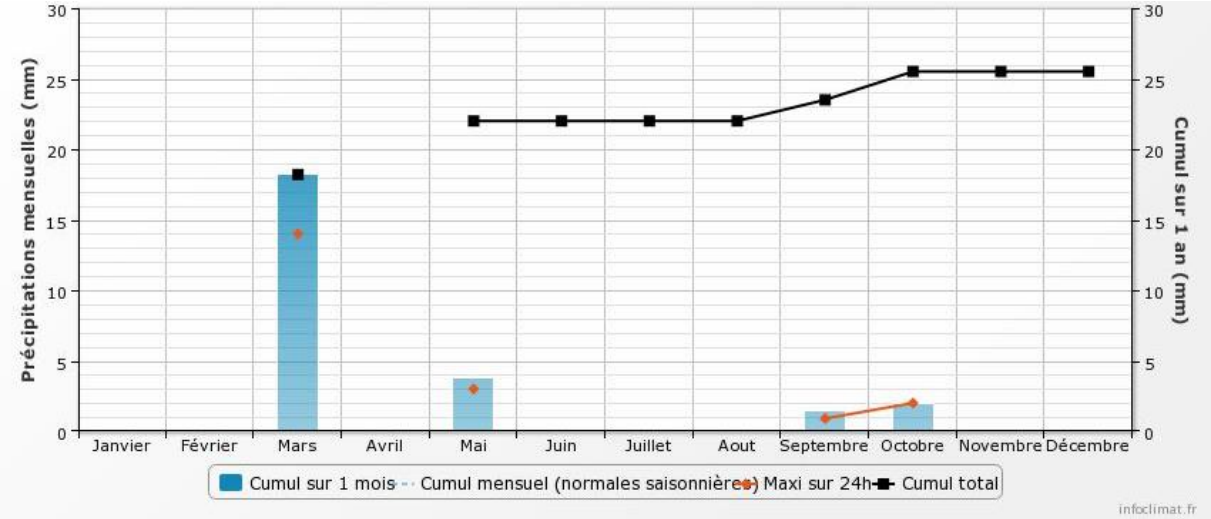


Figure II.6 Diagramme des précipitations à Ouargla

Le diagramme de Ouargla montre les jours par mois, pendant lesquels le vent atteint une certaine vitesse. Un exemple intéressant est le plateau tibétain, où la mousson crée des vents forts et réguliers de Décembre à Avril et des vents calmes de Juin à Octobre.

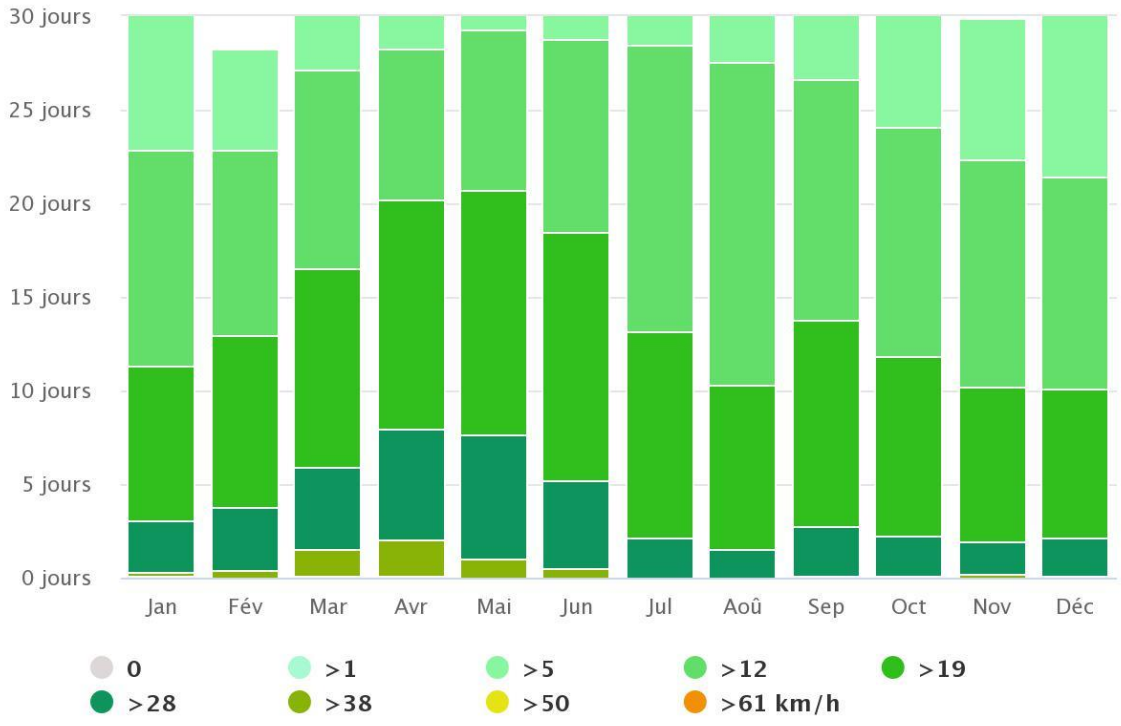


Figure II.7 Diagramme de variation des températures à Ouargla

II.9 Définition des ouvrages existants

Le tracé présente peu de contraintes avec un relief assez plat. A ce propos, il existe peu d'ouvrage existant et sont rassemblés dans le tableau suivant :

Tableau II.2 Présentation du type d'ouvrage existant

Type d'ouvrage	Pk ouvrage	Nature des terrains	Mode de fondation probable
Gare Ouargla	0+000	De 0 à 3m : sable rouge peu compact De 3 à 20 m : sable rouge compact a très compact	Superficielle
OA (voie communale)	0+636	De 0 à 3m : sable rouge peu compact De 3 à 20 m : sable rouge compact a très compact	Superficielle
OA (évitement Ouargla)	2+717	De 0 à 8 m: sable rouge compact a très compact De 8 à 12 m: grés blanchâtre très dure, récupéré plus ou moins fracturé	Superficielle
Pont rail (pipe)	15+740	De 0 à 20.00 m : Sable grossier jaunâtre compact à très compact	Superficielle
Gare Ain Beida	19+100 – 20+500	De 0 à 15.00 m : Sable grossier jaunâtre compact	Superficielle

II.10 Relief

Le tracé projeté pour la nouvelle ligne Hassi-Messaoud – Ouargla, qui est d'une direction générale Nord-Est Sud-Ouest, traverse les formations Quaternaire de la cuvette de Ouargla qui sont caractérisées par des terrains généralement plat, uniforme et vierge. Ces terrains sont recouverts par du sable et quelques dunes (Reg) qui se sont développées sur certaines zone du tracé (figure).

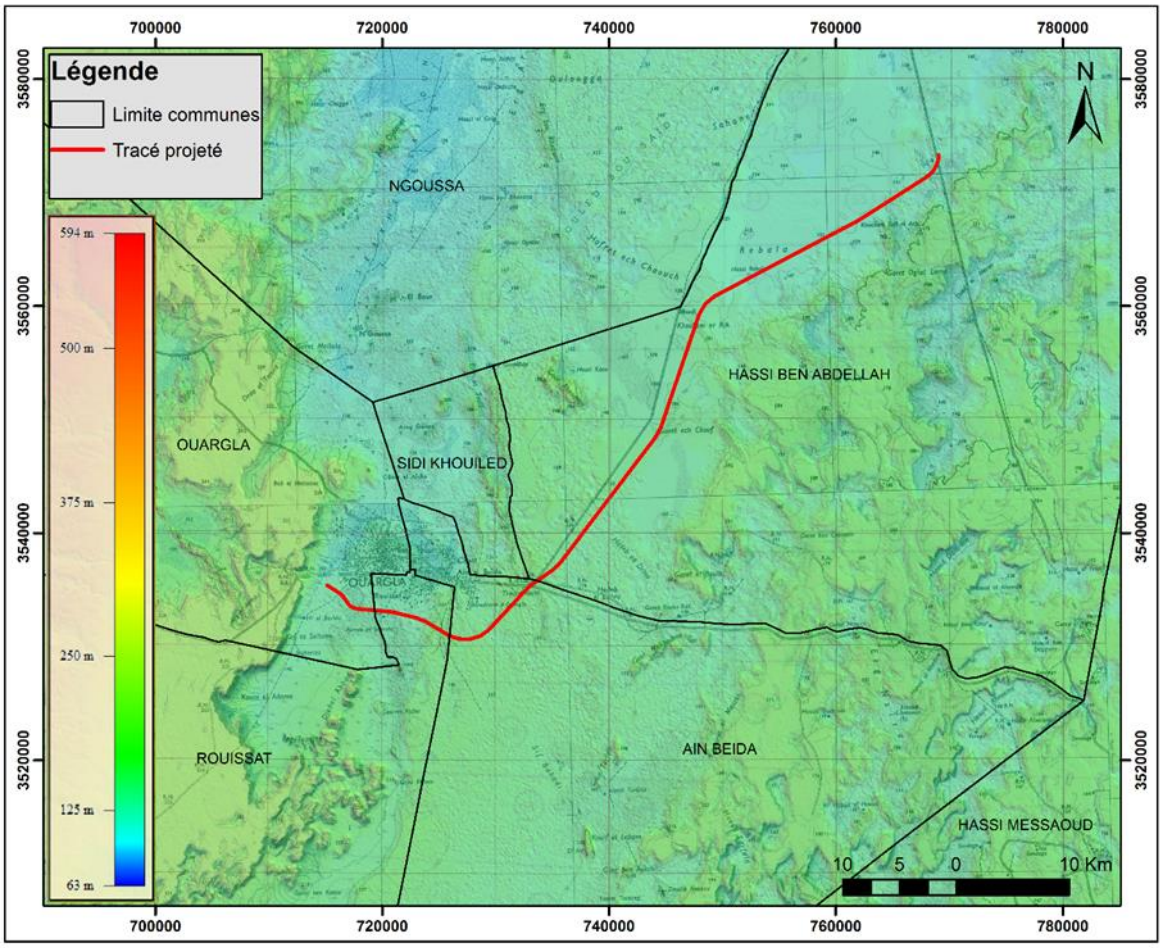


Figure II.8 Ensemble morphologique de la zone d'étude

II.11 Conclusion

L'identification de la zone est la première étape du projet, reste une étape décisive, car elle identifie les études qui suivent, mentionnant notamment l'étude géotechnique et géologique, qui verse dans le bol de détermination du cout d'investissement de ce projet, et d'une manière plus générale dans le secteur du transport ferroviaire qui a besoin plus d'attention vu ses avantages et importance.

Chapitre III

Etude Géométrique

III.1 Introduction

III.2 Tracé en plan

III.2.1 Les éléments du tracé en plan

III.3.1 L'alignement (R=∞)

III.3.2 Le rayon minimal

III.3.3 Dévers

III.3.4 La longueur de courbe de raccordement (clothoïde)

III.3 Récapitulatif des valeurs limites de paramètres d'axe

III.4 Les résultats de calcul pour l'axe en plan

III.5 Exemple de calcul d'axe

III.6 Profil en long

III.6.1 Longueur minimale des éléments du profil en long

III.6.2 Le raccordement en profil en long

III.6.3 Détermination pratiques du profil en long

III.7 Profil en travers

III.7.1 Les éléments constitutifs d'un profil en travers
III.7.2 Les caractéristiques de profil en travers affecté dans notre projet

III.8 Cubatures

III.1 Introduction

L'étude géométrique consiste à obtenir un tracé optimal pour assurer le bon roulement ainsi que minimiser les terrassements et rechercher la meilleure forme géométrique à donner à la surface de roulement.

III.2 Tracé en plan

III.2.1 Les éléments du tracé en plan

L'axe du tracé en plan est constitué d'une succession des alignements, des liaisons et des arcs de cercles

III.2.2 L'alignement (R=∞)

C'est un tracé droit, il est considéré comme étant le meilleur tracé pour le confort et la sécurité qu'il offre aux voyageurs, doit respecter la condition d'être au moins égale a V/2 comme valeur limite normale ou V/3 exceptionnellement.

III.2.3 Le rayon minimal

La valeur du rayon minimum admissible est limitée pour assurer, en fonction des vitesses de circulation, le confort des voyageurs et éviter que les efforts transversaux sur la voie ne soient trop importants. Le rayon minimal est calculé par la formule suivante :

$$R_{min} = \frac{11.8\, V_{max}^2}{I+D}$$

III.2.4 Dévers

Au cours de sa circulation, chaque véhicule est soumis aux actions d'un certain nombre d'efforts extérieurs, on note en particulier la force centrifuge qu'on a donc cherché à faire équilibrer, au moins en grande partie, la force centrifuge par la réaction de la voie elle-même et pour le faire il est nécessaire de disposer les 2 rails de la voie à des niveaux différents, C'est-à-dire de déverser la voie. Ce déversement de la voie est appelé « devers »

III.2.5 La longueur de courbe de raccordement (clothoïde)

Le passage d'un alignement à une courbe en dévers ne peut s'effectuer de façon instantanée, aussi bien en plan qu'en profil. Une variation progressive est nécessaire tant pour le confort du voyageur que pour le transport des marchandises et pour l'inscription et pour l'inscription des véhicules dont l'inertie est importance

$$L \geq \frac{d_p x V_{max}}{3.6 \left(\frac{dd}{dt}\right)_{rec}}$$

dp : Dévers pratique en (mm).

$(\frac{dd}{dt})_{rec}$: Valeur limitée de variation de dévers en fonction du temps (mm/s)

V_{max} : vitesse rapide en (km/h)

Le paramètre de clothoïde (A) est calculé selon l'équation suivante :

$$A=\sqrt{RxL}$$

III.3 Récapitulatif des valeurs limites de paramètres d'axe

Tableau III.1 Récapitulatif des valeurs limites de paramètres d'axe

Paramètre	**Valeur limite normale**	**Valeur limite exceptionnelle**
Alignement (m)	110	73.3
Dévers d_P (mm)	160	180
Insuffisance de dévers I (mm)	150	160
Excès de dévers E (mm)	110	130
Variation de dévers dans le temps $\frac{Dd}{Dt}$ (mm/s)	50	60
Variation de dévers dans la longueur $\frac{Dd}{DL}$ (mm/m)	0.81	0.98
Variation de l'insuffisance de dévers dans le temps $\frac{dI}{dt}$ (mm/s)	75	90

III.4 Les résultats de calcul pour l'axe en plan

On a Vmax = 220 km/h et Vmar= 100 km/h

$R_{min} = \frac{11.8\, V_{max}^2}{I+D}$ A.N : $R_{min}=\frac{11.8x\ 220^2}{160+180}$ = 1679.76 m

dp= C/R avec $0.5 < \frac{C}{0.0118\, V^2} \leq 0.7$ soit $285.5 < C \leq 399.784$

On opte pour C=300 qui est une multiple de 15.

Tableau III.2 Les résultats de calcul pour notre axe en plan

R	$d_{th(r)}$	$d_{th(l)}$	d_p	I	E	L	L_{choisi}	A	$\frac{Dd}{Dt}$ (mm/s)	$\frac{Dd}{Dl}$ (mm/m)	$\frac{dI}{dt}$ (mm/s)
1700	336	69	177	159	108	143.79	300	714.143	36.06	0.59	32.39
2000	286	59	150	136	91	177.47	250	707.107	36.67	0.60	33.24
3000	191	39	100	91	61	118.31	200	774.597	30.56	0.50	27.81

III.5 Exemple de calcul d'axe

Rayon R_1 = 1700 m.

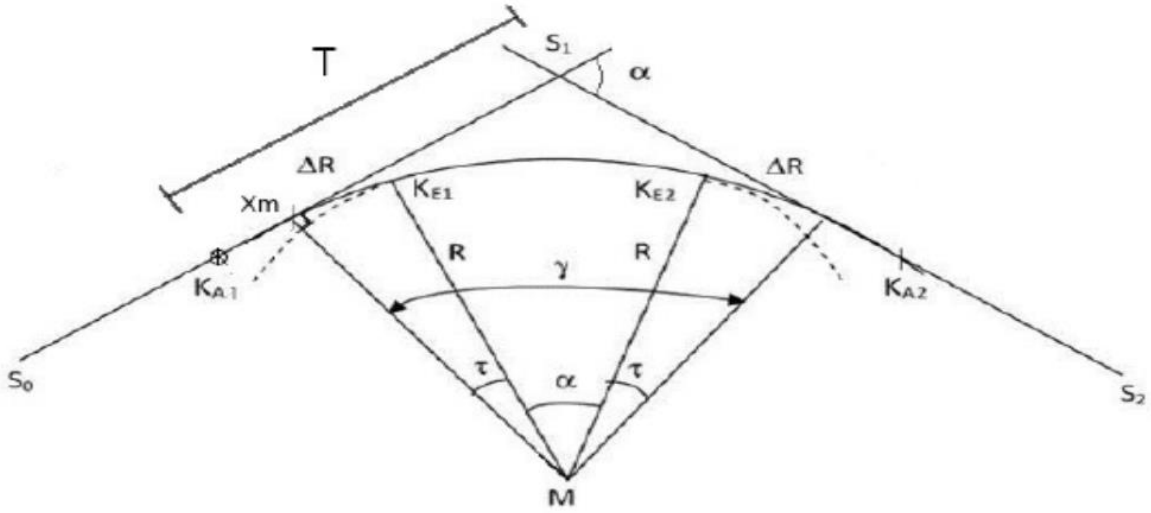


Figure III.1 Schéma d'un raccordement

S_0 (X=715900.2587; Y=3534929.6800).

S_1 (X=716332.0949; Y=3534661.9693).

S_2 (X=716620.0281; Y=3534253.091).

A= 714.143 m

Calcul de gisement

$|\Delta X_0| = |XS1 - XS0| = 431.8362$ m

$|\Delta Y_0| = |YS1 - YS0| = 267.7107$ m

$|\Delta X_1| = |XS2 - XS1| = 287.9332$ m

$|\Delta Y_1| = |YS2 - YS1| = 408.8783$ m

Distance =$\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$

S_0S_1 =508.086 m

S_1S_2=500.087 m

On effectue le rapport, en valeur absolue, $tg\ g = \frac{\Delta x}{\Delta y}\ ou\ \frac{\Delta y}{\Delta x}$ en divisant le plus petit sur le plus grand. G étant l'angle entre la direction considérée et l'axe des coordonnées le plus proche. On détermine le gisement G par rapport à g,

Sur cette base on calcule :

$G_{S0}^{S1} = 100 + tg^{-1} g\ \frac{\Delta y}{\Delta x}$ =135.329grad Δx>0 Δy<0

G_{S1}^{S2} =160.941 grad

γ= 25.612 grad

Calcul de l'angle τ

L=A^2/R= 714.143^2/1700 =300 m

τ = L x 200/2Rπ =5.62 grad

Calcul de la tangente T

T =X_m +(R+ΔR) tg γ /2 Avec : X_m= L/2= 150m

ΔR=L^2 /24R= $(300)^2$/24x1700=2.21 m

D'où : T =300 +(1700+2.21) tg 25.612/2 = 647.104 m

Calcul de corde S_L

S_L=$\sqrt{X_{KE}^2 + Y_{KE}^2}$

X_{KE}=L=300 m ET Y_{KE}=$\frac{L^2}{6R}$ =8.824 m

S_L=300m

Vérification de non chevauchement

τ < γ/2 à 5.62<12.806 pas de chevauchement

Calcul de l'angle polaire σ

σ = arctan(Y_{KE}/X_{KE})= 1.872 grad

Calcul de α

$\alpha = \gamma - 2\tau = 14.372$ grad

Calcul de La longueur de l'arc

$B = [\pi R (\gamma - 2\tau)] / 200 = 383.783$ m

Calcul des cordonnées des points singuliers

Le point k_{a1}

$X_{ka1} = X_{S1} - T \sin G_{S0}^{S1} = 715782.1027$

$Y_{ka1} = Y_{S1} - T \cos G_{S0}^{S1} = 3535002.927$

Le point k_{a2}

$X_{ka2} = X_{S1} + T \sin G_{S1}^{S2} = 716704.674$

$Y_{ka2} = Y_{S1} - T \cos G_{S1}^{S2} = 3534191.052$

Le point k_{e1}

$X_{ke1} = X_{ka1} + S_L \sin (G_{S0}^{S1} + \sigma) = 716032.324$

$Y_{ke1} = Y_{ka1} + S_L \cos (G_{S0}^{S1} + \sigma) = 3534837.429$

Le point ke2

$X_{KE2} = X_{KA2} - SL \sin (G_{S1}^{S2} + \sigma) = 716539.231$

$Y_{KE2} = Y_{KA2} + SL \cos (G_{S1}^{S2} + \sigma) = 3534940.795$

Conclusion: En comparant les résultats calculés avec les résultats obtenus par civil 3D, une conformité est observable.

III.6 Profil en long

III.6.1 Longueur minimale des éléments du profil en long

Lors du passage du train par deux déclivités successives de sens différents, ce dernier subit deux accélérations verticales brutales qui peuvent provoquer des oscillations très importante aux véhicule, ce qui représente un malaise aux passagers ainsi que des dégâts possibles aux rails.

$$L_{min} = V/2 = 110\text{m}$$

III.6.2 Le raccordement en profil en long

La succession de deux déclivités en profil en long nécessite un raccordement circulaire permettant d'assurer le confort et la sécurité en réduisant l'accélération centrifuge due à la vitesse des véhicules, alors on est obligé d'intervenir pour que l'accélération verticale ne dépasse pas sa valeur maximale permise. Selon l'UIC le rayon minimal des courbes de raccordement ne doit pas être inférieur à 2000m.

Selon la SNTF le rayon minimal se calcule suivant le tableau ci-dessous :

Tableau III.3 Valeurs des rayons de raccordement minimaux à respecter

Valeur normale	$0.35V^2$ =16940
Valeur exceptionnelle	$0.25V^2$=12100

III.6.3 Détermination pratiques du profil en long

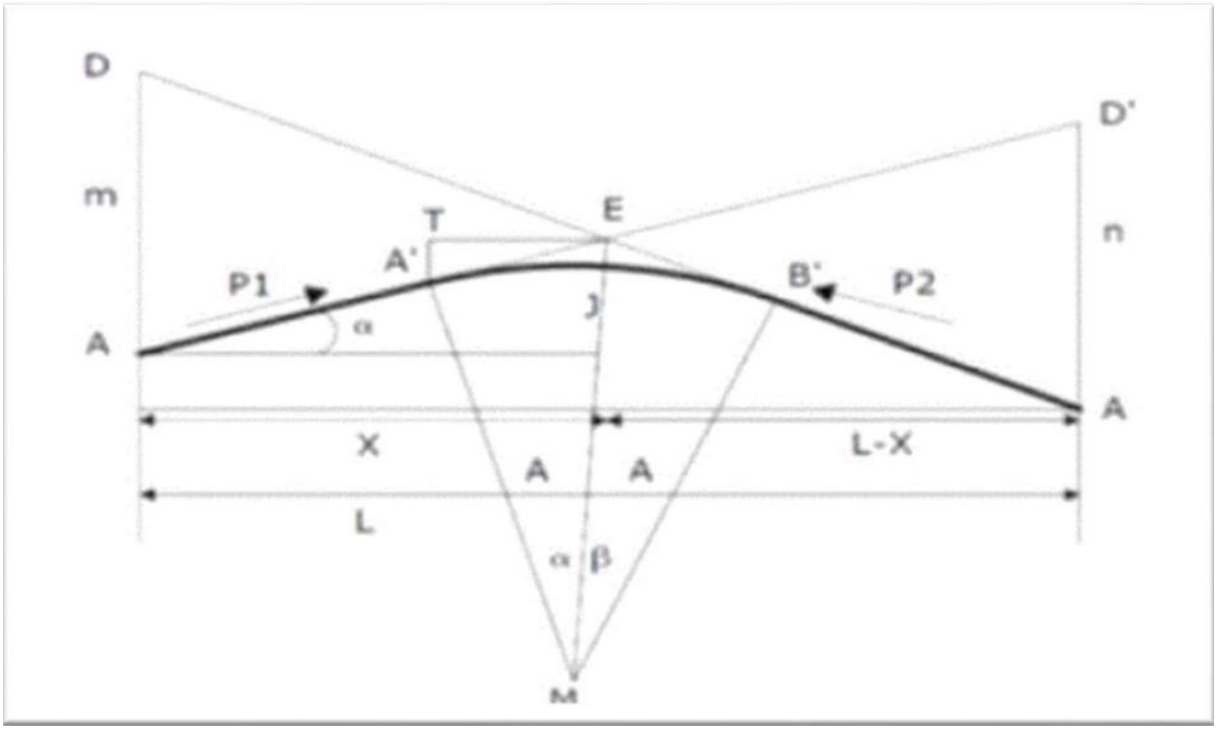


Figure III.2 Schéma explicatif d'un raccordement en PL

A' et B': Extrémités du raccordement

TT : Tangente de part et d'autre du sommet

A et B: Deux points connus sur P1 et P2

F :Hauteur de l'abaissement du sommet (Flèche)

X :Distance entre le sommet et un point A sur P1

α+β : Angle de variation, ou de changement de direction

O : Centre du cercle de rayon R

E : Sommet ou point de changement de déclivité

L : Distance entre les deux points A et B.

Calcul pratique

A (PM=2070.80 m; Z=134.233m)

E (PM=2104.26m; Z= 134.226m)

B (PM=2150.00m; Z=134.320m)

R=30000 m

Calcul des pentes (P)

P1=$\frac{\Delta Z1}{\Delta S1}$ =-0.21‰

P2=$\frac{\Delta Z2}{\Delta S2}$ =2.06‰

Calcul de tangente T

T= R× (P1+P2) /2=30000× (2.1x10^{-4}+2.06x10^{-3}) /2=34.05 m

Calcul de la flèche F

F=T^2/2R= $(34.05)^2$/2×30000=0.019m

Calcul de la cote de point au milieu de raccordement parabolique

Z_G= 134.226– 0.019 = 134.207 m

Calcul des PK et cotes des points A' et B'

le point A' $\begin{cases} Z_{A'} = Z_E + TxP_1 = 134.219\ m \\ P_{KA'} = S_E - T = 2070.21\ m \end{cases}$

le point B' $\begin{cases} Z_{B'} = Z_E + TxP_2 = 134.296\ m \\ P_{KB'} = S_E + T = 2138.31\ m \end{cases}$

Conclusion

En comparant les résultats calculés avec les résultats obtenus par civil 3D, une conformité est observable.

III.7 Profil en travers

Après les études du tracé en situation et du tracé en élévation qui recherchaient essentiellement l'évolution de l'axe de la voie, il s'agit maintenant de définir le 3éme élément d'un projet linéaire : **Profil en travers**.

C'est la coupe transversale de la voie et de ses dépendances. Le choix des éléments de la superstructure et l'infrastructure, les valeurs des pentes et le mode d'assainissement apparaissent dans ce dernier. Il permet fondamentalement de calculer les cubatures, c'est-à-dire volume remblai et déblai. Le profil en travers peut être homogène (complétement remblai ou déblai) ou mixte

III.7.1 Les éléments constitutifs d'un profil en travers

L'infrastructure

On cite la dénomination, les épaisseurs et les pentes transversales de chaque couche, en plus de la pente latérale de la plateforme.

La superstructure

Dans le profil en travers, on doit ainsi préciser le type de rail utilisé, la valeur de l'écartement, le type de travers utilisé, la valeur du dévers maximum en courbe.

Les talus

Pour un talus de déblai ou un remblai, la pente figure essentiellement ainsi que la longueur des bermes.

Assainissement

On indique le type et dimension des fossés.

III.7.2 Les caractéristiques de profil en travers affecté dans notre projet

- Type de ligne: voie unique mixte électrifiée.
- Ecartement de la voie: 1.435 m.
- Largeur de la plate-forme: 8 m.
- Pente latérale de la plate-forme: 4%.
- Largeurs de la berme: 3 m.
- Entraxe: 4.2 m.
- Pente latérale de la couche de ballast: 3/2
- Epaisseur du ballast: 30 cm.

- Epaisseur du sous-ballast: 20cm.
- Couche de fondation: 15cm
- Epaisseur de la couche de forme: 35 cm.
- Pente (déblai: 1/2 et remblai: 3/2).
- Fossé trapézoïdale en terre de à 0.5m de largeur et une pente 3/2.

III.8 Cubatures

Après avoir effectué les profiles en travers courants du projet, on se permet finalement de calculer le volume total des différentes couches, notamment le volume de remblai et déblai**.**

Tableau III.4 Quantité des matériaux calculés

Matériau	Remblai	Déblai	Ballast	Sous ballast	C. Fondation	C.Forme
Volume(m^3)	121131	36768	44100	23468	19360	51039

Chapitre IV

Etude Géotechnique et Géologique

IV.1 Introduction

IV.2 Contexte géologique et hydrogéologique de la région d'étude

- **IV.2.1 Géologie**
- **IV.2.2 Hydrogéologie**
- **IV.2.3 Sismicité**

IV.3 Campagne d'investigations géotechniques in situ

IV.4 Essais in-situ

IV.5 Résultats des Sondages Carottés

IV.6 Résultats des puits de reconnaissance

IV.7 Essais de laboratoire

- **IV.7.1 Essai de laboratoire sur sondages carottés**
- **IV.7.2 Essais de laboratoire sur les prélèvements issus des puits**

IV.8 Conclusion

IV.1 Introduction

L'Algérie est divisée en deux unités tectoniques majeures séparées par la faille sud-atlasique : le Nord de l'Algérie portant l'empreinte de la tectonique alpine ; la plate-forme saharienne, relativement stable, où la tectonique est moins prononcée. [Wikipédia]

Une étude géologique et géotechnique précise s'impose dans le cadre de caractériser la nature physique, chimique et mécanique du sous-sol, de l'assiette, afin de définir la conception des fondations de l'ensemble du projet de la ligne ferroviaire.

IV.2 Contexte géologique et hydrogéologique de la région d'étude

IV.2.1 Géologie

La cuvette de Ouargla appartient au sous bassin saharien de code 04, elle correspond à la basse Vallée fossile de l'Oued M'ya. Sur le plan géomorphologique la coupe ci-dessous permet de distinguer les unités suivantes (CORNET, 1964):

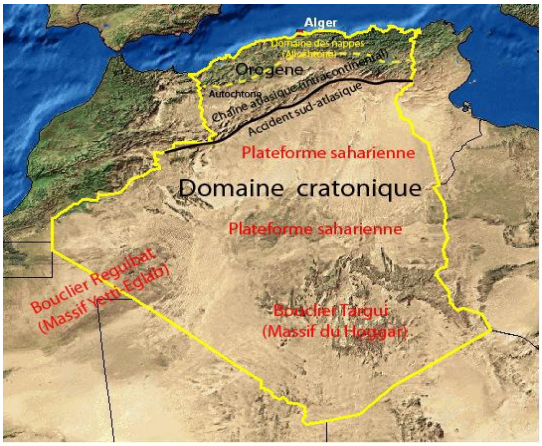


Figure IV.1 Différentes unités structurales de l'Algérie

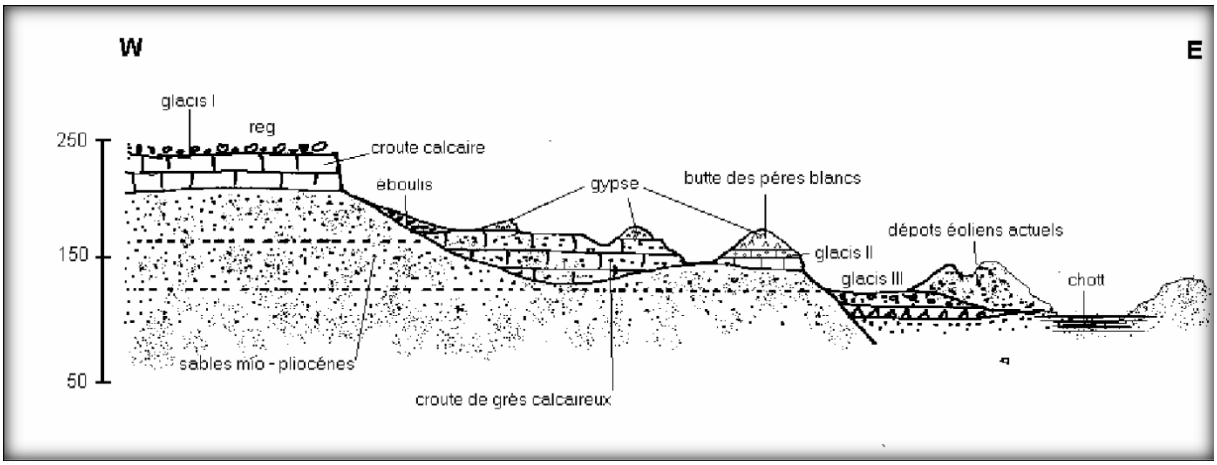


Figure IV.2 Coupe schématique des formations superficielles de la cuvette de Ouargla

Sur le versant Ouest de la cuvette, les glacis s'étagent en quatre niveaux allant de 200 m à 140m. Les sebkhas et chotts constituent le niveau le plus bas et alternent avec des massifs dunaires jusqu'à Sebkhet Safioune. La cuvette de Ouargla est creusée dans les formations continentales du Mio-Pliocène.
Ce niveau met en charge les aquifères du Mio-Pliocène à Ouargla. Le niveau le plus superficiel est constitué de sable éolien parfois gypseux et des produits de remaniement des terrains Mio-Pliocène. Les dunes sont constituées de sable éolien d'origine gréseuse provenant de Hamada Mio-Pliocène.

La cuvette d'Ouargla est bien visible au centre de la zone étudiée. Actuellement, les plus grandes crues de l'oued Mya s'arrêtent à 200 km à l'amont d'Ouargla. A ce qui concerne la tectonique a cette région, les failles sont orientées Sud-est / Nord-Ouest et traversent la région de Ouargla par l'est.

IV.2.2 Hydrogéologie

Les eaux souterraines constituent un facteur important, influant sur le comportement géotechnique des sols et l'utilisation des terrains en modifiant ses caractéristiques mécaniques. Ce facteur n'est pas indépendant des autres, puisque les caractéristiques des eaux souterraines dépendent de la perméabilité des roches dans lesquelles elle se trouve, donc de leur texture, de leur structure et de leur fissuration ainsi que de leur composition chimique, c'est-à-dire de leur nature et de leur état. Il n'est pas étonnant que les conditions hydrogéologiques puissent être étudiées indirectement à partir de l'étude d'autres facteurs en particulier de la géomorphologie.

La cuvette d'Ouargla est constituée de trois aquifères de haut en bas, on distingue : l'aquifère de continentale intercalaire, l'aquifère de complexe terminal et l'aquifère superficiel.
L'aquifère de complexe terminal englobe des assises perméables du Sénonien carbonaté (calcaire fissuré) au Mio-Pliocène (sables et graviers). La carte piézométrique de la nappe établie en mai 2017, montre deux sens d'écoulements ; du sud vers le nord-est et l'ouest vers l'est. Une dépression piézométrique est apparue au centre de la carte, résulte de la surexploitation de la nappe de CT.

Les eaux s'arrangent sur le diagramme de salinité américain dans trois classes; admissible, médiocre et mauvaise pour l'irrigation. Ces eaux sont dominées par les faciès évaporitiques (sulfaté calcique, sulfaté sodique, sulfaté magnésien, chloruré calcique et chloruré sodique).

IV.2.3 Sismicité

D’après la classification du CGS, la région étudiée à savoir la wilaya de Ouargla est caractérisée par une sismicité négligeable (zone 0).

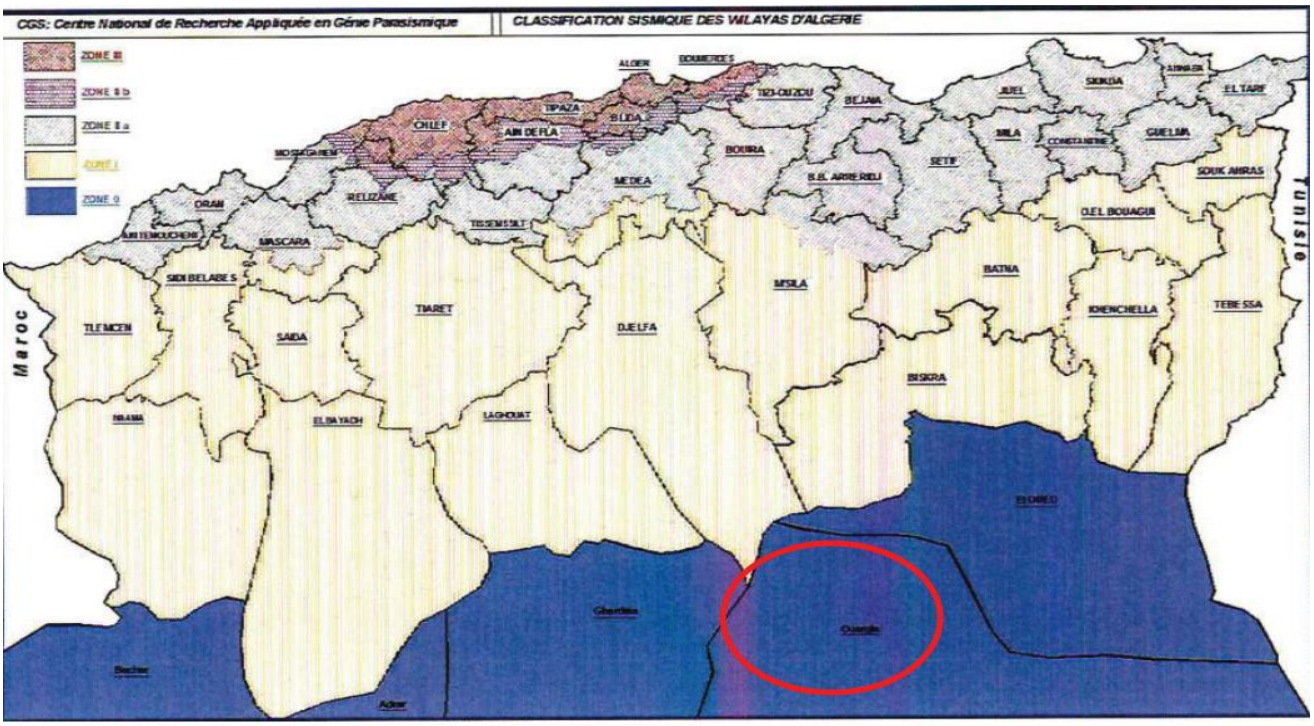


Figure IV.3 Zones sismiques en Algérie

IV.3 Campagne d’investigations géotechniques in situ

Un programme de compagne de reconnaissance du sol été préconisé afin de connaitre les caractéristiques globales de la plateforme, avec classification des sols en basant sur le GTR et UIC, et prévoir le comportement géotechnique des différentes formations que va traverser le projet du chemin de fer ainsi que la localisation des zones d’emprunt.

IV.4 Essais in-situ

Le tableau ci-dessous, présente l’ensemble des essais in-situ prévus pour le lot de la voie :

N°	Désignation	Norme	Objectifs
1	**Sondage carotté**	XP P 94-202	-Identification du sol ; -Distinction des types de formation ; -Prélèvement des échantillons.
2	**Essais de préssiométrique**	NF P94-110-1	-Détermination des pressions limites et de fluage.
3	**Essais de pénétration dynamique**	NF P94-114	-Détermination de la succession des différentes couches de sol -Capacité portante du sol
4	**Les puits de reconnaissance**		- Déterminer la portance du sol et caractériser les propriétés géotechniques des matériaux rencontrés.

IV.5 Résultats des Sondages Carottés

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

Sondage	**PK**	**Matériaux**	
01 X=723 317 Y =3 532 445	**09+200**	00,00- 01.50 01.50-15.00	Sable fin rouge peu compact Sable rouge compact à très compact
02 X=729 229 Y = 3 531 367	**16+000**	00,00-20.00m	Sable grossier jaunâtre compact à très compact
03 X=732 044 Y =3 534 301	**19+880**	00,00- 15.00m	Sable grossier jaunâtre compact

IV.6 Résultats des puits de reconnaissance

Cet essai permet de déterminer de l'épaisseur des dépôts de couverture (de remblais, d'alluvion, de terrasse, dunaire ou de croûtes de précipitation).
Comme prévu dans le programme d'investigations géotechniques, trois (03) puits de reconnaissance ont été réalisés jusqu'à une profondeur de trois mètres (03.00m)

Les coordonnées de ces puits sont récapitulées dans le tableau suivant :

N° Puits	**PK Ouvrage**	**Coordonnés**	
		X	Y
PU-01	PK 07+300	72 16 68.00	35 32 906 .00
PU -02	PK 12+000	72 57 45.00	35 31 063.00
PU -03	PK 14+100	72 76 55.00	35 30 606.0

Le tableau ci-dessous résume la description lithologique des couches rencontrées :

N° Puits	PK Ouvrage	Profondeur	Lithologie
PU1	PK 07+300	00.00-04.50m	Sable gypseux blanchâtre
PU2	PK 12+000	00.00-01.00m	Sable grossier
		01.50-03.50	Sable gypseux blanchâtre
PU3	PK 14+100	00.00-04.00m	Sable grossier

IV.7 Essais de laboratoire

Les essais de laboratoire ont été effectués sur les échantillons remaniés et intacts prélevés par le carottier de la sondeuse ainsi que par la pelle mécanique; la récupération pendant la phase de carottage était pratiquement difficile pour les formations traversées constituées de dépôts sableux lâche et non consolidés. Tous les faciès rencontrés ont subi une analyse au laboratoire il s'agit du sable brunâtre et du sable rougeâtre compact à très compact.

IV.7.1 Essai de laboratoire sur sondages carottés

IV.7.1.1 Analyse granulométrique et sédimentométrique

Les analyses granulométriques effectuées sur les échantillons prélevés dans l'intervalle de profondeur 00/15 m montrent que les terrains composant le sol

de fondation sont constitués par un gros sable pouvant contenir une proportion de gravier pour tous les sondages.

IV.7.1.2 Densité sèche

Les analyses effectuées sur les échantillons prélevés, ont donné des densités comprises entre 1.20 et 1.97 t/ m3, dénotant un sol peu compact à très compact.

IV.7.1.3 Essais de cisaillement

Les essais de cisaillement à la boite de CASAGRANDE de type CD effectués sur les échantillons prélevés dans les profondeurs indiquées, nous ont permis d'obtenir des valeurs de **l'angle de frottement** qui varient entre 31.2 et 32.8° et des **cohésions** dispersées situées entre 0.04 et 9.82 KPa.

IV.7.1.4 Résultats des essais sur les sondages carottés

ESSAIS		**SONDAGE / PROFONDEUR**							
		F 01 OHS 01.50/ 03.00	**F 01 OHS 09.00 /12.00**	**F 02 OHS 03.00 / 04.50**	**F 02 OHS 09.00/ 10.00**	**F 02 OHS 15.00 /16.00**	**F 03 OHS 01.50 /03.00**	**F 03 OHS 06.00 /07.50**	**F 03 OHS 12.00/ 13.50**
ANALYSE GRANULOMETRIQUE	**80 mm**	/	/	/	/	/	/	/	/
	50 mm	/	/	/	/	/	/	/	/
	31.5mm	100	100	/	/	/	/	/	/
	20mm	90	87	/	/	/	/	/	/
	10mm	88	82	100	100	100	98	100	100
	5mm	87	80	99	100	100	98	100	100
	2mm	87	79	88	98	99	95	98	99
	1mm	87	78	73	93	92	83	95	96
	0.4 mm	84	76	33	49	40	39	58	77
	0.2mm	27	23	10	15	10	14	18	28
	0.1mm	10	09	05	07	04	07	10	14
	0.08mm	10	09	05	06	04	06	09	13
	0.002mm	/	/	/	/	/	/	/	/

POIDS IVOLUMIQUE SEC t/m3	**absolue**		/	/	/	/	/	/	/
	apparente	2.18	2.11	/	1.41	1.45	1.44	1.25	/
Teneur en eau %		/	/	/	/	/	/	/	/
ANALYSE CHIMIQUE	**% Insolubles**	87.2	/	43.1	/	/	81.8	/	/
	% gypse	0.18	/	2.39	/	/	0.55	/	/
	% SO4-2	0.04	/	0.53	/	/	0.12	/	/
	% Carbonates	20	/	53	/	/	15	/	/
	Chlorures %	0.246	/	0.027	/	/	0.011	/	/
ESSAI CISAILLEMENT (CD)	**C' en Kpa**	/	/	9.82	6.40	6.40	3.18	/	3.71
	Φ' (°)	32.2	32	32.3	31.8	/	31.6	31.7	31.8

IV.7.2 Essais de laboratoire sur les prélèvements issus des puits

IV.7.2.1 Analyse granulométrique et sédimentométrique

Les analyses granulométriques effectuées sur les échantillons prélevés au niveau des puits montrent que les terrains composant le sol de fondation sont constitués par un sable grossier dont le pourcentage des éléments inférieur à 0.08mm n'excède jamais les 10%.

IV.7.2.2 Analyse chimique sommaire

Les analyses chimiques effectuées sur les échantillons des puits de reconnaissances consistent en la détermination des teneurs du sol en : insolubles, sulfates et carbonates. Les résultats obtenus ont mis en évidence (à travers la teneur en sulfates) un sol moyennement à très agressif vis-à-vis du béton de l'infrastructure nécessitant une protection spéciale comme stipule la norme NF P 18-011. Les résultats trouvés se présentent comme suit :

- 06.90 % < INSOLUBLES< 93.70%
- 0.92 %< SULFATES SO4< 79.21 %
- 03 %< CRBONATES CaCO3< 13 %
- 0.011 %< CHLORURE Nacl< 0.100%

IV.7.2.3 L'essai Proctor

Les analyses effectuées sur les échantillons prélevés, ont donné des densités sèches maximum comprises entre 1.60 et 1.94 t/ m3 et une teneur en eau optimum W_{opm} située entre 3.80 et 8.6.

La forme de cette courbe, et surtout la densité sèche maximum donnent des indications précieuses sur la valeur du sol :

- Une densité inférieure à 1.60 t/ m3 caractérise un mauvais sol.
- Une densité de 1.80 à 1.90 t/ m3 caractérise un sol convenable.
- Une densité supérieure à 2.05 t/ m3 caractérise un sol excellent.

Une teneur en eau optimum élevée est un indice défavorable.

IV.7.2.4 Essai CBR immédiat et imbibé à 4 jours

Le CBR immédiat réalisé révèle une portance acceptable, les valeurs sont situées environ 86.51%, tandis que l'indice CBR obtenu sur les mêmes échantillons prélevés et imbibés à **4 jours**, donne une valeur de 68.5%.

IV.7.2.5 Résultats des essais sur les puits de reconnaissance

N puits	PK	Identification	Granulométrie			Essai Proctor		Classification GTR	Classification UIC
		W_n (%)	D_{max} (mm)	2mm (%)	80µm (%)	W_{opn}(%)	δ_d (t/m3)		
PU1	PK 07+300	6.4	20	89	10	8.60	1.60	D1s	QS2
PU2	PK 12+000	4.2	30	81	10	6.10	1.93	D1s	QS2
PU3	PK 14+100	2.3	10	94	05	4.70	1.90	D1s	QS2

IV.8 Conclusion

La description géologique des sondages carottés se trouvant sur l'itinéraire retenu pour la réalisation du projet de la nouvelle ligne ferroviaire situé entre PK 00+000 et PK 21+000 ; montre que le sol de fondation est constitué du haut vers le bas par une couche de sable

grossier et par un sable rouge compact à très compact, parfois consolidé.
La réalisation des sondages carottés a révélé que le niveau d'eau situé dans un intervalle de profondeur qui Varie d'un sondage à l'autre et généralement qui commence à apparaitre à partir de 01.50 m de profondeur/ surface. En revanche, la campagne de réalisation des puits de reconnaissances, n'a révélé aucune présence d'eau.
Les analyses chimiques effectuées sur les échantillons prélevés, indiquent que le sol de fondation est agressif vis à vis du béton de l'infrastructure, une protection spéciale est préconisée comme stipule la Norme NF P 18-011.
Les Visites effectuées sur le site ont confirmé aussi que l'état actuel des lieux représente un terrain relativement plat ne suscitant aucun risque d'instabilité de type glissement de terrain.
Néanmoins, il est toujours utile de rappeler la nécessité de réaliser le projet en question suivant les précautions d'usage ainsi que les règles de l'art.

Chapitre V

Dimensionnement de structure d'assise

Et Terrassements

V.1 Introduction

V.2 Couche de Ballast

V.3 Sous couche

V.4 Plateforme

V.5 Exigences Sur Les Constituants De L'assise

V.8.1 Ballast

V.8.2 Sous ballast

V.8.3 Couche de fondation

V.8.4 Couche de forme de qualité S3

V.6 Épaisseur minimum des couches d'assise

V.7 Application au projet

V.8 Travaux des Terrassements

V.8.1 Remblais

V.8.2 Utilisation des sables de dunes

V.8.3 Protection de surface des remblais

V.8.4 Déblais

V.8.5 Protection Des Talus

V.8.6 Etude de stabilité des pentes de remblai et de déblai

V.9 Conclusion

VI.1 Introduction

Par définition, La couche d'assise comprend la couche de ballast et la sous-couche (sous ballast). Leurs rôles principaux sont :

• L'amortissement des vibrations importantes provenant de contacte Rails - Roue

• La répartition des charges provenant des traversés d'une manière presque uniforme sur la plateforme

• La contribution à la stabilité longitudinale et transversale de la voie ferrée

• L'évacuation des eaux de ruissellement par le drainage

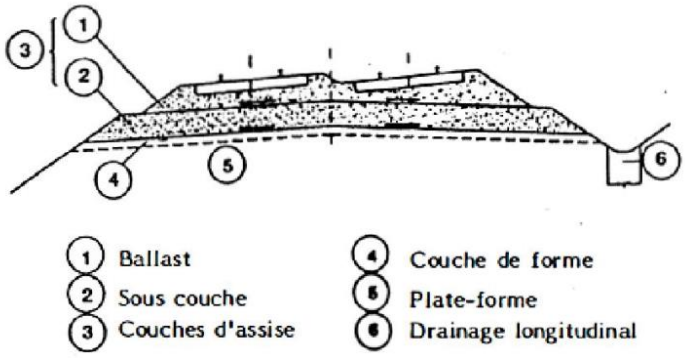


Figure V.1 Couches d'assise

VI.2 Couche de Ballast

Le ballast est un granulat utilisé dans la construction de voies ferrées et dont 100 % de la surface des grains est entièrement concassée

VI.2.1 Rôle

• La transmission des efforts engendrés par le passage des trains au sol, sans que celui-ci ne se déforme par tassement.

• Le rôle du ballast est aussi d'enchâsser les traverses afin d'assurer une résistance aux déformations longitudinales, particulièrement importante pour la technique des longs rails soudés.

• Assure en raison de sa granularité particulière le drainage et l'évacuation des eaux superficielle ;

• Jeux le rôle d'un amortisseur de vibration très efficace grâce à sa propriété rhéologique (dissipation de l'énergie de vibration par attrition (contact des éléments)

VI.2.2 Contrainte

Le ballast subit deux types d'usure :

• contamination par des matériaux parasites, par exemple de la terre. On procède à des désherbages, mais il est nécessaire de remplacer le ballast régulièrement ;

• tassement du ballast sous les traverses, ce qui provoque une déformation verticale de la voie. Il est alors nécessaire de réinjecter du ballast de faible granulométrie sous les traverses; ou bien de réaliser une opération d'entretien à l'aide d'une bourreuse.

VI.3 Sous-couche

La sous-couche est une couche d'adaptation interposée entre la couche de ballast et la plateforme, La sous-couche peut être mono ou multicouche.

Elle comprend du haut vers le bas, une couche "sous ballast" en grave propre bien gradué (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 complété par des feuilles de géotextile ou géo-membrane.

Elle a des rôles multiples :

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

VI.4 Plateforme

Partie supérieure de l'ouvrage en terre supportant la sous-couche. La plateforme est 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.

Tableau V.1 Classification des sols pour la plateforme

Classification des sols (identification géotechnique)	**Classe de qualité des sols**
0.1 Sols organiques 0.2 Sols fins (comportant plus de 15 % de fines) foisonnés, humides et	QS0

donc non compactables 0.3 Sols thixotropes (quick-clay par exemple) 0.4 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 organiques"	
1.1 Sols comportant plus de 40 % de fines (sauf sols 0.2) 1.2 Roches très évolutives Par exemple : - Craies de ρd < 1,7 t/m3 et de friabilité forte - Marnes - Schistes altérés	QS1
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/m^3 et de friabilité faible - Schistes altérés 1.5 Roches tendres Par exemple : Si micro deval en présence d'eau (MDE) > 40 et Los Angeles (LA) > 40	QS1*
2.1 Sols 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	QS2**
3.1 Sols comportant moins de 5 % de fines 3.2 Roches dures Par exemple : Si MDE ≤ 25 et LA ≤ 30	QS3

*Ces sols peuvent être de qualité QS2 si l'on sait avec certitude que les conditions hydrogéologiques et hydrologiques sont bonnes.

**Ces sols peuvent être de qualité QS3 si l'on sait avec certitude que les conditions hydrogéologiques et hydrologiques sont bonnes.

Classification des plateformes

La portance d'une plateforme dépend de la:

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

On peut distinguer, en fonction des paramètres ci-dessus les trois classes suivantes de plateformes en fonction de la qualité de leur portance :

- **P1** : Plateforme médiocre.
- **P2** : Plateforme moyenne.
- **P3** : Plateforme bonne.

Les méthodes pour effectuer ce classement sont diverses. Une de ces méthodes est donnée ci-après:

Spécifications pour le cœur du remblai ou esplanade naturelle de déblai		**Capacité de support nécessaire pour la plateforme**	**Spécifications pour la couche de forme**		
Qualité du matériel	**CBR_{min}**		**Qualité du matériel posé**	**CBR_{min}**	Epaisseur minimale (mm)
QS1	2-3	P1	QS1	2-3	--
		P2	QS2	5	0.50
		P2	QS3	10-17	0.35
		P3	QS3	10-17	0.50
QS2	5	P2	QS2	5	--
		P3	QS3	10-17	0.35
QS3	10-17	P3	QS3	10-17	--

Plateforme proposée: Compte tenu de ce qui précède, notamment de la classe des qualités du sol support le plus souvent rencontré le long du tracé est **QS2**, ainsi que les prescriptions

données par les UIC nous conseillons d'opter pour une plateforme de **type P3** (plateforme bonne) dimensionnée préalablement pour un tel type de sol (QS2).

VI.5 Exigences Sur Les Constituants De L'assise

VI.5.1 Ballast

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

- ✓ Résistance à la fragmentation Los-Angeles : ≤ 19 %.
- ✓ Résistance à l'usure Micro deval : ≤ 6 %.
- ✓ La granulométrie doit être comprise dans le fuseau suivant (25/50mm) et devra respecter les limites mentionnées dans la catégorie" A de la Norme Européenne CEN/TC/154 AD HOC Group Aggregates for Railway ballast, conformément au tableau suivant :

TableauV.2 Fuseau granulométrique pour ballast (NFP 53-695)

MAILLE (mm)	% de la masse passante
63	100
50	70-100
40	30-65
31,5	0-25
22,4	0-3
31,5-50	50

- ✓ Résistance à la compression : RC ≥ 1200 kg/cm²
- ✓ Les éléments doivent avoir une forme polyédrique et à arêtes vives
- ✓ Propreté : les matériaux doivent être expurgés de toute matière impropre. La masse relative des éléments passant au tamis à maille carrées de 1.6mm ne doit pas excéder 0.5 %.

VI.5.2 Sous ballast

Pour la construction du sous-ballast et conformément au document des spécifications techniques (ST590B) il est prévu l'emploi de grave propre entièrement concassée (0 /31.5mm), bien graduée avec une valeur de propreté Vbg ≤1 et un coefficient de forme A ≤25.

VI.5.3 Couche de fondation

La couche de fondation conformément à la spécification technique ST590B, est exécutée en grave sableuse entièrement concassée, avec une valeur de propreté Vbg ≤1 et un cœfficient de forme A ≤25 et LA+MDE ≤ 50. Entre autres, les matériaux employés peuvent être issus soit des sous-produits des carrières à ballast, soit des alluvions d'oued.

VI.5.4 Couche de forme de qualité S3

Conformément au document des spécifications techniques (ST590b). Elle est exécutée en grave 0/D. avec une résistance LA+MDE ≤ 60 et une valeur de propreté Vbg ≤2.

Le taux de compactage et le module de déformation minimale sont : γd ≥ 100% de l'OPM, EV2 ≥ 80 MN/m².

VI.6 Épaisseur minimum des couches d'assise

La formule de calcul de l'épaisseur minimal de la couche d'assise est donnée comme suit

$$e_{min} = E+a+b+c+d+f+g$$

Tel que :

E : paramètre qui dépend de la qualité de portance de la plate-forme

a, b, c, d, f et g sont des paramètres qui dépend de la classe de voie, de l'armement (type de rails), de l'intensité du trafic de la voie et de vitesse du train ils sont données comme suit :

Tableau V.3 Valeurs des paramètres de calcul

E	= 0,70 m	pour les plates-formes de classe de portance P1
E	= 0,55 m	pour les plates-formes de classe de portance P2
E	= 0,45 m	pour les plates-formes de classe de portance P3
a	=0	pour les groupes UIC 1 et 2 (ou lignes à V ≥ 160 km/h quel que soit le groupe UIC)
a	= - 0,05 m	pour les groupes UIC 3 et 4
a	= - 0,10 m	pour les groupes UIC 5, 6 et 7, 8, 9 avec voyageurs
a	= - 0,15 m	pour les groupes UIC 7, 8, 9 sans voyageur'

b	= 0	pour les traverses bois de longueur 2,60 rn
b	= (2,50 – L)/2	pour les traverses béton de longueur L (b en m. L en m, b peut être négatif si L > 2,50 m)
c	=0	pour un dimensionnement normal
c	=-010 m	à titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC "7, 8, 9 sans voyageur
c	=-0 05 m '	à titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC autre que"7, 8, 9 sans voyageur"
d	=0	lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas 200 kN
d	= + 0,05 m	lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas 225 kN
d	=+0,12 m	lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas 250 kN
f	=0	pour toutes les lignes à V ≤ 160 km/h et pour les plates-formes de portance P3, des lignes à grande Vtesse.
f	=+ 0,05 m	pour les plates-formes de classe de portance P2 des lignes à grande vitesse.
f	=+ 0, 1 0 m	pour les plates-formes de classe de portance P1 des lignes à grande vitesse
g	=+1	géotextile lorsque la couche de forme est en sol QS1 ou QS2

g	= 0 (pas de géotextile)	lorsque la couche de forme est en sol QS3

VI.7 Application au projet

TableauV.4 Valeurs retenus pour calcul de l'épaisseur minimal

Paramètre	**Valeur**	**Critère de choix**
E	**0.45**	La plateforme de classe de portance P3
a	**00**	V ≥ 160 km/h
b	**0.13**	Les traverses en béton L=2.24 m
c	**00**	Un dimensionnement normal.
d	**0.05**	La charge est ≤ 225 KN.
f	**00**	V ≤ 160 Km/h
g	**00**	La couche de forme est en sol QS3

Alors e_{min}= 0.45+0.13=0.63m

On prend e=65cm , en utilisant les valeurs minimales de chaque couche on obtient des épaisseurs des couches représentées dans le tableau suivant :

TableauV.5 Épaisseur des différentes couches

Couche	Epaisseur (cm)
BALLAST	30
SOUS BALLAST	20
COUCHE DE FONDATION	15
COUCHE DE FORME	35

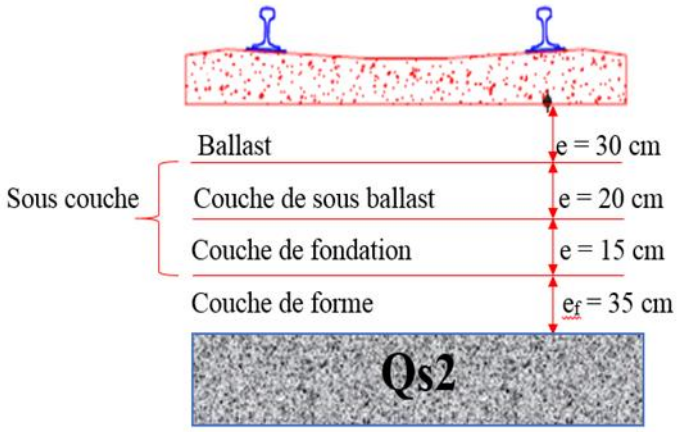


Figure V.2 Position des couches d'assise

VI.8 Travaux des Terrassements

VI.8.1 Remblais

Les remblais seront profilés à **3H/2V** (Horizontal/Vertical) avec une 3m berme chaque 8m de hauteur. Les pentes de talus pourront être optimisées et cela en fonction des résultats des études de stabilité et des caractéristiques mécaniques des matériaux de réutilisation.

Les terres végétales seront décapées et stockées pour leur réutilisation ; ainsi que les talus des remblais seront protégés contre l'érosion et l'infiltration des eaux par la mise en place d'une couche de terre végétale d'environ 0,30 m d'épaisseur.

Les principales zones de remblai le long du tracé sont celles dont la hauteur dépassant les 8,00 m de hauteur est présenté dans le tableau. Il est à noter que la hauteur de ces remblais est variable.

Les zones de remblais tout au long du tracé sont délimitées selon le profil en long comme suit :

Début	Fin	H_{max} (m)	Longueur	Unité géotechnique
0+000	2+100	5.37	2100	Sable gypseux
2+184.4	4+292.66	1.71	2108.26	Sable gypseux
4+769.69	4+888.89	2.41	119.2	Sable gypseux
4+936.9	5+200	2.33	263.1	Sable fin
5+575	8+325	2.87	2750	Sable grossier
8+475	9+125	3.05	650	Sable grossier

9+225	9+500	1.45	275	Sable grossier
14+975	17+715	5.72	274	Sable grossier

Matériaux de corps de Remblais et exigences constructives pour exécution

Les matériaux constituant le corps de remblais doivent être exécutés par couches élémentaires superposées. La dimension des plus gros blocs ne doit pas dépasser les deux tiers de la couche élémentaire. Les blocs dont les dimensions sont incompatibles doivent être fractionnés ou enlevés.

- Dans les corps des remblais, on peut envisager l'utilisation des matériaux de qualité argileux et/ou limoneux sableux, excepté les sols de nature argileuse très plastiques qui appartiennes aux classes A4, ainsi que les roches évolutives tel que les gypses, les argilite les schistes, il est recommandable d'utiliser des sols propres pour la base des remblais et pour la PST.

- En général, les matériaux provenant des excavations des déblais pourront être utilisés dans la construction des remblais (corps), tant qu'ils soient appliqués de façon appropriée avec quelques restrictions constructives d'après les normes en vigueur, comme le GTR.

- La réutilisation des matériaux des déblais et des zones d'emprunt devra être menée avec soin, en conformité avec les recommandations du GTR, en particulier en ce qui concerne l'état hydrique des sols.
- Le taux de compactage et le module de déformation minimale sont :

$\gamma d \geq 95\%$ de l'OPM, $EV2 \geq 45$ MN/m² pour les sols fins et $EV2 \geq 60$ MN/m² pour les sols sableux et graveleux.

VI.8.2 Utilisation des sables de dunes

Compte tenu des matériaux disponibles dans les régions sahariennes, le sable pourrait être utilisé soit avec un grave, soit avec un tuf calcaire ou gypseux, soit avec un sol argileux. L'intérêt d'un tel mélange se situe à deux niveaux technique et économique.

Les aspects économiques sont évidents dans la mesure où l'utilisation du sable de dunes permet une économie certaine dans le transport des matériaux, puisqu'il est partout disponible en quantités inépuisables. Par ailleurs, son extraction n'engendre pratiquement pas de frais supplémentaires et son mélange avec les autres matériaux sur chantier peut se faire facilement.

Les intérêts techniques sont- de deux types :

- Le sable peut contribuer à la densification des matériaux. Ceci permet, par la même occasion, l'amélioration de leurs caractéristiques géotechniques en augmentant le frottement interne et en améliorant la portance ;
- Il peut être utilisé pour diminuer la plasticité des matériaux de base.

VI.8.3 Protection de surface des remblais

Décapage de la terre végétale

Après le décapage de la couche de terre végétale sur une épaisseur moyenne de 30 à 50 cm, le volume de terre végétale que l'on prévoit de réutiliser devra être mis à dépôt provisoire, pour l'ultérieur revêtement des talus de remblais. Le volume de matériel qui n'est pas nécessaire devra être mis en dépôt définitif.

Végétalisation

Les talus des remblais, devront être protégés/revêtus d'une manière systématique pour prévenir l'érosion induite par l'écoulement des eaux superficielles sur leur surface. Le revêtement recommandé, à l'épaisseur moyenne de 0,20 m.

Pour une adéquate protection des talus avec terre végétale, il faudra faire quelques travaux préparatoires du terrain dont on souligne les suivants :

- Avant l'éparpillement de la terre végétale, la surface des talus devra présenter un degré de rugosité appréciable et absence de sillons verticales qui facilitent l'érosion ;
- Cet objectif sera obtenu avec une mobilisation superficielle du sol jusqu'à environ 0,10 ou 0,15 m, à travers d'une scarification" ;
- Sillons d'érosion plus profonds devront être préalablement remplis avec matériaux granulaires, de manière à assurer leur consolidation et ultérieure fixation de la terre végétale ;
- L'éparpillement pourra être manuel ou mécanique, mais après cette application on devra procéder à une régularisation et léger compactage.

VI.8.4 Déblais

Les déblais seront profilés à 1H/2V pour une hauteur H > 6m avec une 3m berme chaque 6m de hauteur. Les principales zones des déblai le long du tracé sont récapitulées dans le tableau ci-dessous, avec leurs caractéristiques géométriques dont la hauteur est variable :

Début	Fin	H_{max} (m)	Longueur	Unité géotechnique

2+100	2+184.4	0.61	84.4	Sable grossier
4+292.66	4+339.82	0.66	47.16	Sable grossier
4+888.89	4+936.9	0.89	48.01	Sable grossier
5+366.54	5+575	0.82	208.46	Sable grossier
9+125	9+225	0.54	100	Sable grossier
9+500	9+800	1.34	200	Sable grossier
9+950	10+600	8.74	650	Sable grossier

VI.8.5 Protection Des Talus

Les talus des ouvrages en terre, ou des terrassements nécessitent une protection afin de ;

- éviter l'altération des matériaux superficiels des talus en évitant toute modification des caractéristiques intrinsèques ;
- protéger les matériaux en place des évolutions liées aux agents météorologiques (eau, gel, soleil).

Végétalisation

La végétalisation consiste en la mise en place par épandage d'une couverture de terre végétale sur les ouvrages en terre, puis à son ensemencement et à son éventuelle plantation.

Les objectifs de cette opération sont :

- d'éviter le lessivage des fines, le ravinement et la détérioration des talus par leur exposition prolongée aux intempéries.
- d'apporter une aide à la stabilisation superficielle des talus de déblais et de remblais.
- d'améliorer l'environnement en intégrant les ouvrages en terre dans le contexte végétal

VI.8.6 Etude de stabilité des pentes de remblai et de déblai

Les méthodes d'étude de la stabilité des pentes permettent, à un stade donné de la construction, de déterminer le coefficient de sécurité vis-à-vis d'une rupture intéressant à la fois le sol de fondation et le remblai, connaissant :

Les caractéristiques géométriques du remblai et des couches de sol.

Les caractéristiques mécaniques du remblai et du sol de fondation (poids spécifique et résistance au cisaillement),

Le régime hydraulique (le plus souvent définition du niveau de la nappe).

Les conditions de stabilité des remblais ont été évaluées par l'analyse des surfaces de

glissement. L'analyse selon la méthode des éléments finis a été effectuée en utilisant le Logiciel PLAXIS 3D. La surface de glissement la plus critique a été obtenue en déterminant la surface dotée du coefficient de sécurité minimal parmi une série de surfaces de glissement probables.

Dans l'analyse de stabilité des remblais sous charge statique, on a pris en considération l'effet d'une surcharge additionnelle de 30 kPa, correspondant aux charges transmises au sommet de la couche de ballast par l'intermédiaire d'une traverse monobloc, afin de simuler le trafic sur la voie ferrée. La stabilité des remblais a été analysée sous conditions statiques et on a négligé les conditions sismiques vu qu'on est dans une zone de sismicité négligeable.

Les facteurs de sécurité globaux, à prendre en considération selon le référentiel technique sont les suivants :

Fs ≥ 1,5 pour la stabilité à long terme.

Fs ≥ 1,3 pour la stabilité à court terme.

Le calcul de stabilité à court terme se fait en particulier dans le cas de la phase de montée des remblais sur sols compressible. Dans notre cas et considérant l'absence de zones de sols, ainsi qu'équilibrer entre les déblai et les remblais afin d'avoir des matériaux réutilisables. compressible le long du tracé, seul le calcul de stabilité à long terme a été réalisé.

Pour un remblai

Le calcul de stabilité de talus s'effectue sur le profil au PK (le plus grand remblai Hr = 5.89 m) pris comme profil représentatif. La figure suivante montre les résultats obtenus :

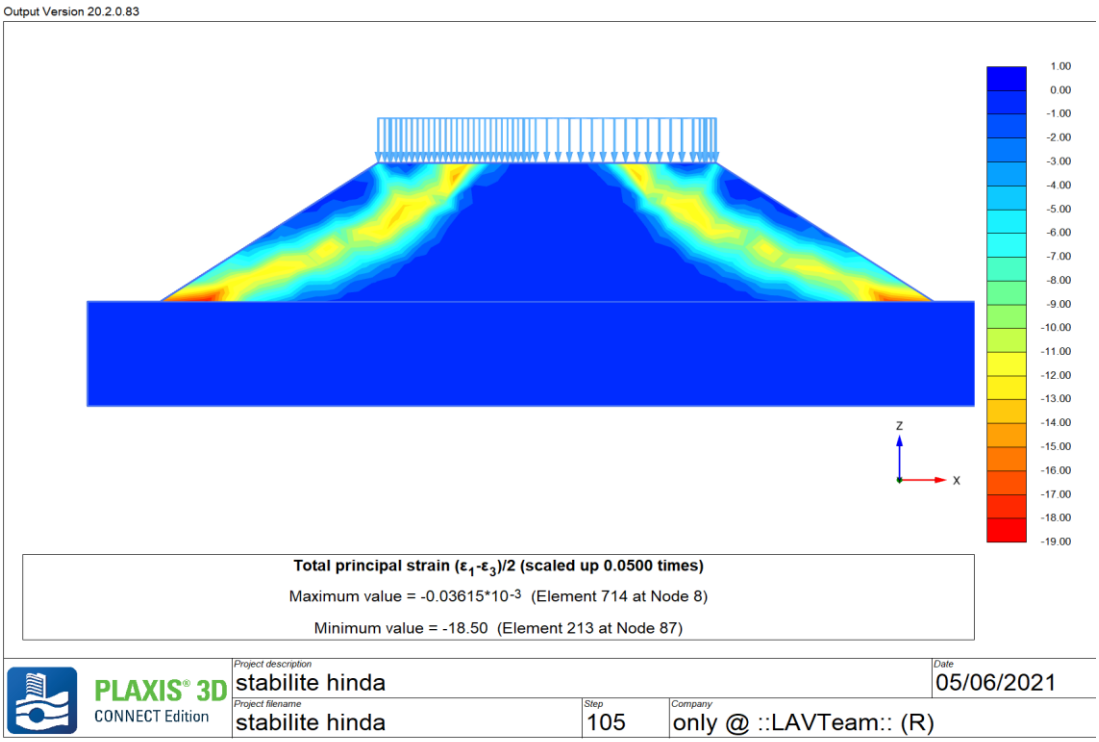


Figure V.3 Cercle de glissement de stabilité (cas remblai)

PK Remblai	Coefficient de sécurité	Pente talus	Largeur berme
15+900	1.68	3H/2V	3m/8m de hauteur

Pour un déblai

Le calcul de stabilité de talus s'effectue sur le profil au PK (le plus grand déblai H_d = 8.74 m) pris comme profil représentatif. La figure suivante montre les résultats obtenus :

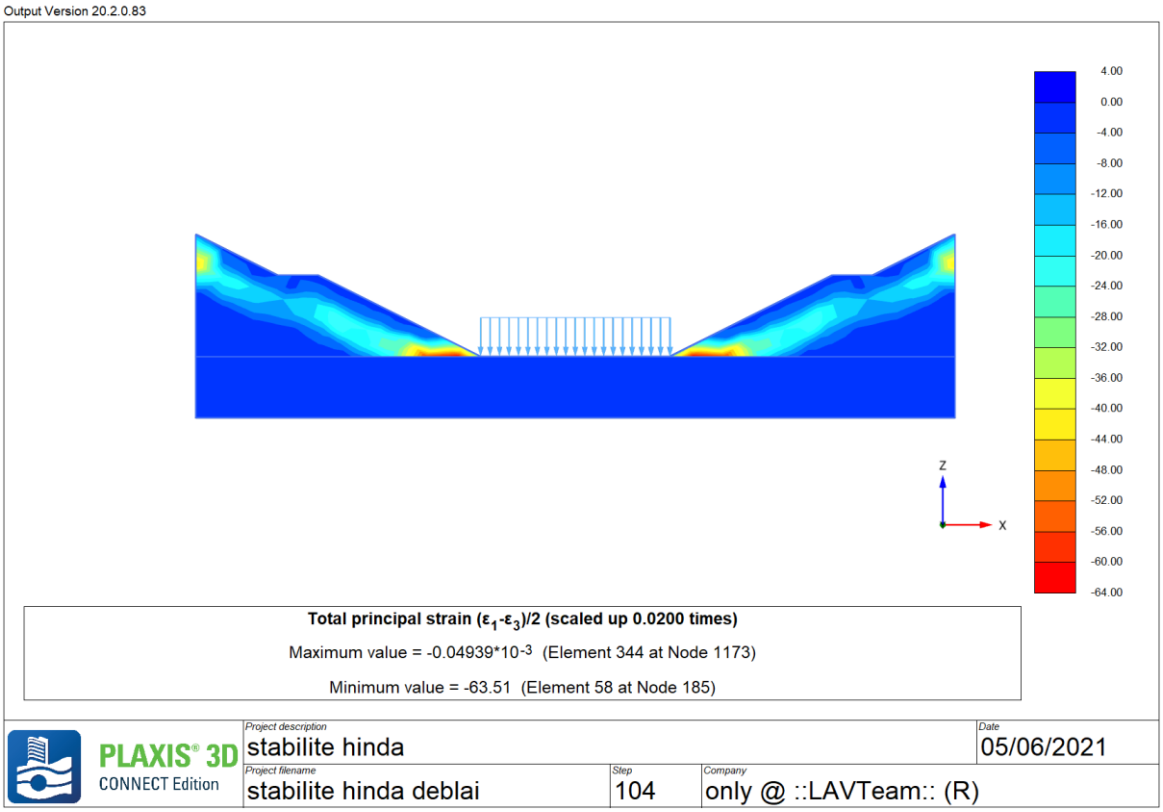


Figure V.4 Cercle de glissement de stabilité (cas déblai)

PK Déblai	Coefficient de sécurité	Pente talus	Largeur berme
10+220	2.382	1H/2V	3m/6m de hauteur

Après l'étude de stabilité, on conclut qu'on n'a pas un risque de glissement dans les conditions statiques à long terme (F_s=1.68>1.5 pour un remblai et 2.382>1.5 pour un déblai).

VI.9 Conclusion

Les travaux de terrassements représentent une part importante du coût global de réalisation des projets ferroviaires. Cette importance justifie une recherche d'optimisation globale, visant à minimiser les coûts.

L'optimisation des solutions techniques consiste d'abord en un choix judicieux de tracé en plan et de profil en long des terrassements pour limiter au maximum les mouvements de terre en fonction de la qualité des matériaux exigés, ainsi qu'équilibrer entre les déblai et les remblais afin d'avoir des matériaux réutilisables.

Chapitre VI

Etude Hydraulique

VI.1 Introduction

VI.2 Estimation du débit de crue

VI.3 Superficie des bassins versants

VI.4 Temps de concentration

VI.5 Coefficient de ruissellement

VI.6 Détermination du temps de concentration

VI.7 Détermination de pluie maximale relevée pendant une durée égale à Tc en heures

VI.8 Dimensionnement des ouvrages hydrauliques

VI.1 Introduction

L'étude hydraulique consiste en la détermination des débits de crue de chaqueécoulement qui franchit le tracé routier. Par conséquent, tous les Oueds doivent être rétablis par des ouvrages hydrauliques (ponts, dalots et buses…). Cependant nous nous sommes basés dans nos calculs sur des données issues des supports suivants:

- **Données topographiques**

- Carte satellitaire
- Levés topographiques sur une bande de 20 m de largeur sur tout le long de l'axe considéré.

- **Données pluviométriques**

Les données pluviométriques sont :
- Pluie moyenne journalière Pj =5 mm.
- Exposant climatique b=0.36
- Coefficient de variation Cv=0.42

- **Choix de la fréquence de pluie**

Le dimensionnement des ouvrages courants (buses et dalots) consiste en l'analyse de leurs capacités d'évacuation des eaux de ruissellement d'un coté à l'autre de la voie. Il est recommandé que le débit de référence adopté pour le dimensionnement de tous les ouvrages de franchissement (buses, dalots) soit celui dont la période de retour est de 100 ans.

VI.2 Estimation du débit de crue

Le calcul du débit maximum limite, de fréquence donnée, à l'intensité moyenne 'I' de la pluie, et de durée 't'égal au temps de concentration, est effectué au moyen d'une formule appelée FORMULE DE TURAZZA, qui a la particularité de faire intervenir en plus de la précipitation, le temps de concentration :

$$Q = \frac{CHA}{3.6Tc}$$

Où :

Q= le débit maximum de crue en m3/s

C= le coefficient de ruissellement

H= la hauteur totale maximum de précipitation en mm relevée pendant une durée égale à Tc en heures

A= est l'aire du bassin versant en km²

VI.3 Superficie des bassins versants

Le tronçon du long de 21 kilomètres, traverse plusieurs écoulementsdont, la superficie de leurs bassins versants varie.
Pour notre projet, Il existe 4 bassins versants qui ont été délimités à l'aide le logiciel GLOBAL MAPPER 22.1.

VI.4 Temps de concentration

1/ lorsque A < 5 km²: on applique la formule des bassins versants tc = $0.127\sqrt{\frac{A}{P}}$

2/ lorsque 5km² ≤ A < 25 km² : on utilise la formule de PASSINI tc = $0.108\frac{\sqrt[3]{PxL}}{\sqrt{P}}$

3/ lorsque 25 km² ≤ A < 200 km² :Tc est calculé par la formule de GIANDOTTI tc = $\frac{4\sqrt{A}}{0.8} + \frac{1.5L}{\sqrt{H}}$

Où :

Tc : Temps de concentration **(heure)**.

A : Superficie du bassin versant **(km²)**.

L : Longueur de bassin versant **(km)**.

P : Pente moyenne du bassin versant **(m.p.m)**.

H : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale **(m)**.

A partir du temps de concentration et des courbes I.D.F., on tire directement la valeur de l'intensité de pluie.

VI.5 Coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement "C", qui est un indicatif du pourcentage de l'eau ruisselant sur un sol saturé par les précipitations antérieures par rapport à la totalité de l'averse, sera estimé à partir de la méthode de KENESSEY (Hongrie) où "C" est la somme de trois coefficients partiels :

$$C = C1 + C2 + C3$$

C1 : dépend de la pente "p" du thalweg principal estimée comme étant égal au rapport de la dénivelée du talweg (falaises exclues) par sa longueurdéveloppée. Ces informations sont obtenues généralement à partir des cartes topographiques disponibles. **C2 :** dépend de la perméabilité du sol, déterminée à partir des informations concernant la nature du sol et ses caractéristiques.

C3 : dépend de la couverture végétale du bassin versant. Ces informations seront obtenues à partir d'une inspection visuelle des bassins versants, des photos prises du site et des photos aériennes.

Tableau VI.1 Valeurs de coefficient C1 en fonction de la pente

Pente (P) (%)	**Coefficient (C1)**
$P \leq 3.5$	0,01 – 0,05
$3,5 \leq P \leq 11$	0,06 – 0,10
$11 < P \leq 35$	0,12 – 0,20
$35 < P$	0,22 – 0,30

Tableau VI.2 Valeurs de coefficient C2 en fonction de la nature de sol

Nature de sol	**Coefficient (C2)**
Imperméable	0,22 – 0,30
Peu perméable	0,10 – 0,20
Perméable	0,06 – 0,10
Très perméable	0,06 – 0,05

Tableau VI.3 Valeurs de coefficient C3 en fonction de la couverture végétale

Couverture Végétale	**Coefficient (C3)**
Rocheux	0,22 – 0,30
Prairie	0,17 – 0,25
Labours – Champs	0,07 – 0,15
Forêts et Terrains Sableux	0,03 – 0,05

Tableau VI.4 Valeurs des caractéristiques des bassins versants

N°BV	Surface du BV(Km²)	Périmètre(Km)	Long(Km)	Hmax	Hmin	Hmoy	P%
BV 1	19.817	33.479	4.189	218	119	144	3.35
BV 2	6.82	17.76	1.706	209	127	139	4.25
BV 3	6.127	14.927	1.345	170	147	159.5	3.45
BV 4	20.302	35.051	5.413	171	134	156	4.51

VI.6 Détermination du temps de concentration

Exemple

Pour (BV 01) (S=0.34, P=8.9%)

Puisque 5km² ≤ A < 25 km²

La formule de PASSINI tc = $0.108\frac{\sqrt[3]{PxL}}{\sqrt{P}}$ = $0.108\ \frac{\sqrt[3]{0.0335x4.189}}{\sqrt{0.0335}}$ =0.66 heure

Tableau VI.5 Temps de concentration pour chaque bassin versant en heures

N°BV	PK	Temps de Concentration
BV 01	07+049	0.66
BV 02	08+268	0.22
BV 03	12+902	0.21
BV 04	16+215	0.32

VI.7 Détermination de pluie maximale relevée pendant une durée égale à Tc en heures

On a comme donnée, la pluie journalière moyenne qui est égale à 10 mm, on procède d'abord à calculer la hauteur de pluie journalière maximale centennale en utilisant la formule suivante :

$$Pj\ (0.99) = \frac{Pjmoy}{\sqrt{C_v^2+1}}\, e^{u\sqrt{\ln(C_v^2+1)}}$$

Où : Pj(f%) hauteur de pluie journalière maximale pour une fréquence donnée

- Pj_{moy}: pluie journalière moyenne (mm).
- Cv : coefficient de variation climatique =0.41
- u : variable de GAUSS (dépend de période de retour)

Tableau VI.6 Hauteur de pluie journalière maximale pour plusieurs fréquences

Période de retour (ans)	fréquence	Hauteur de pluie journalière (mm)
10	0.9	7.67
50	0.98	10.41
100	0.99	11.58

L'intensité de l'averse de durée t et de fréquence f (période de retour T) est estimée par la relation Intensité-Durée-Fréquence de forme suivante:

Pt (0.99) =$\boldsymbol{Pj(0.99)x(\frac{t}{24})^b}$

Où :

• Pt(0.99) est la pluie maximale de durée Tc (min) pour la période de retour T égale à 100 ans (fréquence de 0.99)
• Pj(0.99) hauteur de pluie journalière maximale de fréquence 0.99
• b : paramètres climatiques égale à 0.14
• t : durée de l'averse égale à Tc (heure**)**

Tableau VI.7 Hauteur de pluie maximale de Tc pour plusieurs fréquences

N^{O}BV	PK	Pt (mm)
BV 01	07+049	7.00
BV 02	08+268	6.01
BV 03	12+902	5.96
BV 04	16+215	6.33

Tableau VI.8 Débit de crue pour chaque écoulement

Designation	C	T_c (h)	S (km²)	Q (m3/s)
Ecoulement E1	0.17	0.66	19.817	9.93
Ecoulement E2	0.18	0.22	6.82	9.32
Ecoulement E3	0.17	0.21	6.127	8.21
Ecoulement E4	0.18	0.32	20.302	20.08

VI.8 Dimensionnement des ouvrages hydrauliques

La plateforme est protégée contre les effets de l'eau par des ouvrages permanents, ces ouvrages sont de deux types :

1. Les ouvrages hydrauliques assurant le transit des débits des bassins versants qui traversent la voie ferrée. (buse, dalot, pont,….).
2. Les ouvrages de collecte des eaux superficielles de ruissellement, (fossés, caniveaux, etc.…).

Il existe deux types d'ouvrages pour notre chaussée, afin d'assurer un drainage judicieux sur tout le long de l'itinéraire. Les deux types sont soit des buses qui ont pour but d'assurer souterrainement l'écoulement des eaux lorsque leur volume est faible. Pour le volume important on construit alors des dalots.

Les calculs détaillés du dimensionnement des ouvrages sont cités ci-dessus :

On vérifie que le dimensionnement et le calage de l'ouvrage choisis fournissent des conditions d'écoulement acceptables :

-Un écoulement à surface libre.

-Une vitesse d'écoulement inférieure à 5 m/s.

-Une hauteur d'eau amont acceptable.

-Une revanche pour le passage des corps flottants.

VI.7.1 Estimation des débits de saturation

Le débit de saturation est donné par la formule de **MANNING - STRICKLER :**

$Qs = K\ S\ R^{2/3}\ I^{1/2}$ sur un écoulement en régime uniforme

Tel que :

K : Coefficient de Manning Strickler.

K_{st} : 30 en terre

K_{st} : 40 en buses métalliques.

K_{st} : 50 maçonneries.

K_{st} : 70 bétons **(**dalots**)**.

K_{st} : 80 bétons **(**buses préfabriquées**)**

I : Pente de pose de l'ouvrage (m.p.m).

La pente maximale de pose des ouvrages est celle qui correspond à une vitesse maximale de 4m/s, et ceci afin d'éviter l'action abrasive des eaux sableuses et la formation de dépôts peuvent conduire à l'obstruction des ouvrages, et pour assurer ainsi l'auto curage.

S : Section mouillée (m²).

R_h : Rayon hydraulique moyen (m) avec :

On définit le *rayon hydraulique* comme étant le rapport de la surface mouillée par le périmètre mouillé, noté *Rh*, exprimé en mètres (m)

$R_h = \frac{Section\ mouillée}{Périmètre\ mouillé}$

VI.7.2 Dimensionnement des fossés

Un fossé trapézoïdal sera projeté le long du projet particulièrement du côté talus déblais

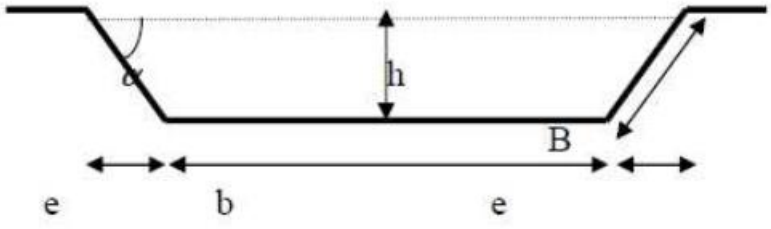


Figure VI.1 Dimensions d'un fossé trapézoïdale

VI.7.3 Calcul des dimensions des fossés

Notre projet dans une zone saharienne avec faible pluviométrie et coefficient de perméabilité plus élevée. Les fossés ne sont pas vraiment utiles donc on utilise des fossés pour un autre rôle de protection contre l'ensablement avec des dimensionnes bien étudier pour collecter le sable avant qui arriver à l'infrastructure ferroviaire.
Un fossé en terre de largeur de 0.5m et largeur de 0.55m avec une pente de 3/2 dans les zone de mouvement de sable a couté de tracé. Cette solution pour gagner le temps et faire un nettoyage des fosses de façons périodiques pour éviter le remplissage.

VI.7.4 Dimensionnement des dalots

Pour dimensionner les dalots il faut que le débit rapporté par le bassin versant (connu), doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot

Ce débit est donné par la formule de MANNING STICKLER.

$Q_s = S.K_{ST}.\ R_h^{2/3}.\ I^{1/2}$

Avec :

KST : pour les dalots (béton armé) nous avons pris un coefficient de rugosité égal à 70.

Pour les dalots, la section et le périmètre mouillés sont calculés pour une

hauteur de remplissage égale à H_r = 0,80 H

avec H : hauteur du dalot

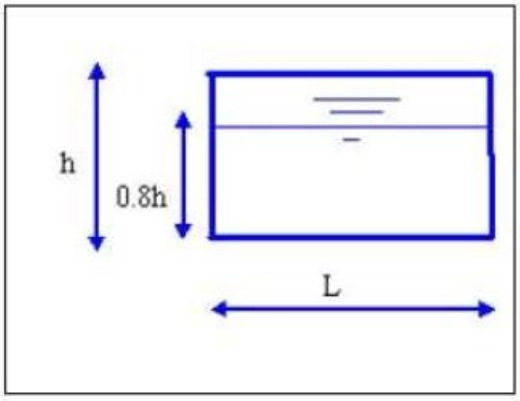


Figure VI.2 Représentation d'un dalot.

Donc:

Périmètre mouillé: $P_m = 2\times0.8\times h+L$

Section mouillée : $S_m = 0.8\times h\times L$

Rayon hydraulique : $R_h = \frac{0.8\ h\ L}{1.6\ h+L}$

Alors

$Q=K \times (0.8\times h\times L) \times (\frac{0.8\ h\ L}{1.6\ h+L})^{2/3} \times I^{1/2}$

On propose L et i=0.5% et on procède au calcul itératif de h pour chaque bassin versant:

Avec $Q_a \leq Kst \times I^{1/2} x 0.8 x h x L x (\frac{0.8\ h\ L}{1.6\ h+L})^{2/3}$

Tableau VI.9 Dimensions des dalots optés pour chaque BV

N°BV	PK	Débit	Débit estimé	Hauteur h (m)	Largeur L (m)
BV 01	07+049	9.93	11.46	2	2
BV 02	08+268	9.32	10.03	1.8	2
BV 03	12+902	8.21	8.62	1.6	2
BV 04	16+215	20.08	21.92	2.5	2.5

VI.7.5 Vérification des conditions d'auto curage

V>0.6 m/s pour Q=0.1Q_{ps}

V>0.3 m/s pour Q=0.01Q_{ps}

Calcul de V_{ps}

$V_{ps}= K_{ST}. R_h^{2/3}. I^{1/2}$

Du tableau on tire $\frac{Q}{Qps}=0.1 \rightarrow \frac{V}{Vps}=0.64$

Et $\frac{Q}{Qps}=0.01 \rightarrow \frac{V}{Vps}=0.32$

Tableau VI.10 Tableau de vérification de vitesse pour Q=0.1Q_{ps}

N^{O}BV	**V_{ps}**	**V**	**Observation**
BV 01	3.58	2.29	Condition vérifiée
BV 02	3.48	2.23	Condition vérifiée
BV 03	3.37	2.16	Condition vérifiée
BV 04	4.38	2.80	Condition vérifiée

Tableau VI.11 Tableau de vérification de vitesse pour Q=0.01Q_{ps}

N^{O}BV	**V_{ps}**	**V**	**Observation**
BV 01	3.58	1.15	Condition vérifiée
BV 02	3.48	1.11	Condition vérifiée
BV 03	3.37	1.08	Condition vérifiée
BV 04	4.38	1.40	Condition vérifiée

On voit que les conditions d'auto curage sont vérifiées pour tous les bassins versants, qui confirme notre choix des dimensions des dalots pour chaque bassin versant.

Chapitre VII

Conception des gares de

OUARGLA et AIN EL BEIDA

VII.1 Introduction

VII.2 Différents types de gares

VII.3 Installations d'une gare

VII.3.1 Quai

VII.3.2 Bâtiment voyageurs

VII.3.3 Abris de quai

VII.3.4 Bâtiment à usage divers

VII.4 Conception des deux gares de OUARGLA et AIN EL BEIDA

VII.4.1 La longueur utile des lignes

VII.4.2 Le garage franc

VII.4.3 Description des deux gares

VII.5 Assainissement dans la gare

VII.1. Introduction

Une gare, ou gare ferroviaire, est un endroit où les trains s'arrêtent pour faire embarquer, descendre des passagers, ou charger et décharger des marchandises. Construites avec le développement du chemin de fer, les gares peuvent être implantées en ville ou à la campagne, et être de taille plus ou moins importante.

Il existe différents types de gares : certaines sont spécialisées pour le transport de personnes, d'autres pour le transport de marchandises.

VII.2. Différents types de gares

On distingue trois types de gares :

VII.2.1. Gare voyageurs

Souvent perçues comme des bâtiments, sont en fait des ensembles pour regrouper toutes les fonctions centrées sur l'accès au train. Pour certaines gares, le passage de nombreux voyageurs justifie l'installation de fonctions annexes au déplacement proprement dit, tels que des commerces et services variés. Deux types de gares de voyageurs sont comme suit :

- **Gares terminus**

Le bâtiment est généralement au bout des quais et perpendiculaire à ceux-ci, il est souvent composé symétriquement : un côté pour les départs, et l'autre pour les arrivées.

- **Gares de passage**

C'est le cas le plus fréquent. Le bâtiment est généralement le long des voies, du côté orienté vers le centre de l'agglomération. On accède aux quais par une passerelle ou un souterrain.

VII.2.2. Gares de marchandises

Une telle gare est destinée uniquement au trafic des marchandises. Elle ne comporte aucun équipement pour les voyageurs qui n'y ont d'ailleurs pas accès.
Une gare aux marchandises et une gare ouverte au service des marchandises se diffèrent. Une gare aux marchandises a été construite uniquement pour le trafic des marchandises contrairement à l'autre qui peut également être ouverte (ou avoir été ouverte) au service des voyageurs.

Elles comportent un bâtiment de bureaux, des halles à marchandises, des hangars et entrepôts ainsi que de vastes cours, dans lesquelles s'opérait le transbordement des chargements entre

les wagons et les véhicules routiers assurant la livraison terminale vers les installations des clients. Ces cours pouvaient alors comporter des grues ou des portiques de manutention ainsi que des quais de chargement.

VII.2.3. Gare de triage

Une gare de triage est spécialisée où les wagons de marchandises isolés de leur rame initiale sont triés pour être incorporés dans de nouveaux trains de marchandises (fret).

VII.3. Installations d'une gare

Dans une gare ferroviaire, on peut trouver les installations suivantes :

VII.3.1. Quai

Un quai de gare est un aménagement parallèle à la voie ferrée et permettant l'accès aux voitures. Généralement, les gares possèdent au moins un quai, les plus grandes en ayant de nombreux. Un quai peut être central et donc bordé par deux voies ou bien latéral (souvent le long du BV) et ne comporter qu'une seule voie.

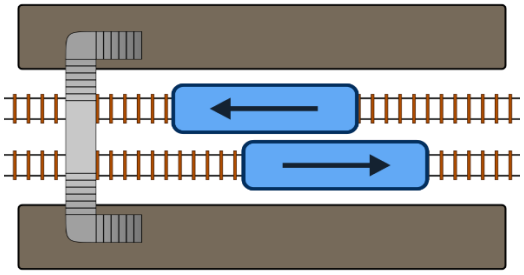


Figure VII.1 Quai **latéral**

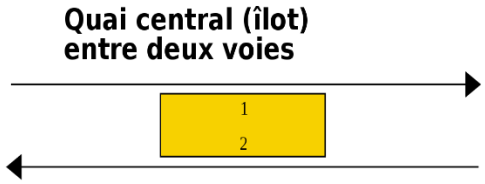


Figure VII.2 Quai central

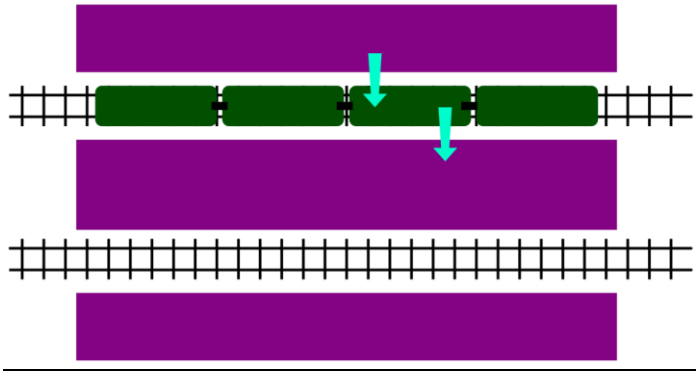


Figure VII.3 Solution espagnol

VII.3.2. Bâtiment voyageurs

Le BV est le bâtiment destiné à l'accueil des voyageurs. Il peut être de taille très variable ; généralement, il comporte un hall, des guichets ainsi qu'une ou plusieurs salles d'attente. On y trouve aussi une partie administrative et des logements pour le chef de gare et les cheminots. Les gares frontières peuvent comporter des postes de douanes.

VII.3.3. Abris de quais

C'est une installation sur le quai qui a pour but de protéger les voyageurs des intempéries.

VII.3.4. Bâtiment à usage divers

Le bâtiment à usage divers est un espace réservé aux agents.

VII.4. Conception des deux gares de OUARGLA et AIN EL BEIDA

VII.4.1. La longueur utile des lignes

C'est la distance séparant deux garages francs. Cette longueur est nécessaire pour permettre au train un stationnement sans gêner la circulation sur les autres voies voisines. Elle est déterminée et fixée de la part du maitre de l'ouvrage.

VII.4.2. Le garage franc

Il marque la limite de la partie de voie à occuper par les trains en gares. Théoriquement on pose ce signal à 3.57 m entre les deux voies. Mais par mesure de sécurité, il est préférable de le poser un mètre plus loin par rapport à la position théorique.

$$GF = 3.57 \times n + 1$$

Avec :

n : dépend du type de l'appareil de voie.

Exemple

Un appareil UIC 60 -500 1/12 (tg0, 083)

GF= 3,57*12+1=43,84m

VII.4.3. Descriptions des deux gares

VII.4.3.1. La gare de OUARGLA

La gare de Ouargla est une gare de voyageurs qui début du PK0 avec une longueur de 636 m. Elle est une gare cul de sac, c'est-à-dire les voies se terminent à la fin des quais et elle est reliée au réseau que d'une extrémité. Elle possède 2 quais de dimensions 225mx8mx0.55m. Le choix de son emplacement est effectué de façon qu'il soit proche du centre-ville où se rassemble la vie sociale et économique (pôle universitaire, population, facilités administratives…etc.).

Cet aménagement est composé de trois voies qui sont les voies : 1,2 et 4. La voie principale V1 passe directement par la gare du côté nord, le voyageur qui a comme destination la ville de Hassi-Messaoud va accéder à cette voie à l'aide de quai principal.

La voie secondaire V2 est une voie d'arrivée dont les voyageurs auront accès aux trains par un quai secondaire le long de cette voie, cependant, pour la voie V4 qui partagera le même quai avec la voie précédente, est dédiée aux arrivée et départ des trains dans le cas où les deux autres voies sont occupées. Un passage sur terrain est prévu entre les deux quais. La voie directe principale est prévue pour une vitesse de 70 km/h à cause de la route à la sortie de la gare.

L'entraxe des voies 1 et 2 est de 4.2 m, celui des voies 1 et 4 est de 15.5 m. Les 3 voies possèdent une extension qui finissent par un heurtoir d'une longueur de 105 m.

VII.4.3.2. La gare de AIN EL BEIDA

La gare de Ain El Beida est aussi une gare intermédiaire des voyageurs qui début du PK19+100 avec une longueur de 1400 m avec 2 quais de même dimensions.

Elle est composée de trois voies qui sont les voies : 1,2 et 3. La voie principale V1 dont le train ne s'arrête pas à cette station.

La voie secondaire V2 est ainsi une voie d'arrivée dont les voyageurs auront accès aux trains par un quai 02. La voie V3 qui possède le quai numéro 02, est enfin pour l'arrivée et départ des trains des voyageurs. Il est prévu l'extension au niveau de la voie 2 en direction de Ouargla et de Hassi Messaoud de deux voies pour des trains d'une longueur de 280 m.

VII.4.3.3. Types des appareils de voie

Deux appareils de voies sont utilisés pour les deux gares (Ouargla et Ain-Beida)

- **UIC 60-500- 1/12 :** Cet appareil est un appareil de voie réalisé avec le rail UIC60 (60kg/ml), la voie déviée a une courbure de 500m et la tangente de l'angle de

déviation est de 1/12. L'appareil permet une vitesse de déviation maximal de 70 km/h. Ce type d'appareil est utilisé dans la voie principale.

- **UIC 60-300- 1/9 :** Cet appareil est un appareil de voie réalisé avec le rail UIC60 (60kg/ml), la voie déviée a une courbure de 300m et la tangente de l'angule de déviation est de 1/9. L'appareil permet une vitesse de déviation maximal de 50 km/h. Ce type d'appareil est utilisé dans les voies de service.

VII.5. Assainissement dans la gare

Les quais ont une pente de 2% en toit, de même, les plates-formes sont inclinées transversalement d'une pente de 4%.

Les drains disposés longitudinalement avec des pentes de 4‰, permettent de collecter 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.

Chapitre VIII

Etude de L'impact Sur L'environnement

VIII.1 Introduction

VIII.2 L'état initial de l'environnement

VIII.2.1 Localisation du site du projet

VIII.2.2 Le milieu physique

VIII.2.3 Le milieu biologique

VIII.2.4 L'infrastructure de transport

VIII.3 Présentation du projet

VI.3.1 Contexte et objectifs du projet

VIII.4. Impacts du projet sur l'environnement et mesures proposées

VI.4.1 Sur le milieu physique

VI.4.2 Sur le milieu biologique et humain

VIII.5 Conclusion

VIII.1. Introduction

L'environnement est tout ce qui entoure et réagit avec les organismes vivants et les activités humaines. La liaison entre l'environnement et les constructions en travaux publics en général est l'impact par la circulation qui les empruntent. La construction et l'entretien absorbent la moitié de la production nationale annuelle de granulats. Un tiers des déchets, essentiellement inerte, est mis en décharge. La circulation mais aussi les travaux contribuent aux émissions nationales de CO2. Le réseau ferroviaire provoque une fragmentation des écosystèmes.

L'évaluation environnementale est donc la démarche itérative à suivre sous la responsabilité de maitre d'ouvrage qui permets d'analyser les effets sur l'environnement du projet et prévenir ses conséquences dommageables sur l'environnement. Cette analyse contient état des lieux de l'environnement, impacts prévisibles, justification des choix par rapport aux variantes envisageables, mesures pour éviter, réduire voire compenser les incidences sur l'environnement.

VIII.2. L'état initial de l'environnement

VIII.2.1. Localisation du site du projet

Le programme de développement du réseau ferroviaire de la wilaya de OUARGLA consiste à connecter le chef-lieu de OUARGLA et la nouvelle ville HASSI MESSAOUD par une ligne ferroviaire à voie unique pour assurer l'échange et la fluidité du voyageur. Le tracé objet de l'étude traverse les agglomérations suivantes : Ouargla ; Rouissat ; Sidi Khouiled ; Ain El Beida ; Hassi Ben Abdellah. L'évolution de trafic, généré par le développement et l'augmentation de l'attraction touristique. La consistance de ce projet sur plan national, fait de lui un projet de grande priorité en combinaison avec d'autres aménagements prévus.

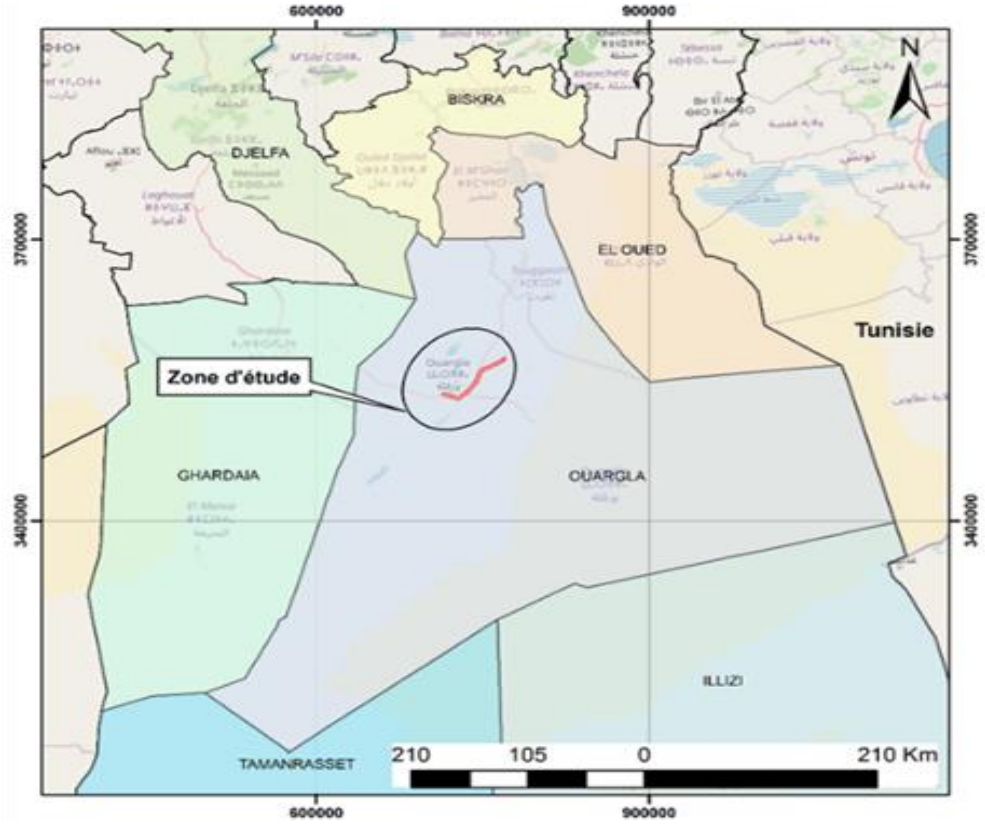


Figure IX.1 Localisation du projet

VIII.2.2. Le milieu physique

Climatologie

Ouargla a un climat désertique chaud typique du désert du Sahara. Les températures moyennes de la ville sont les plus élevées des grandes villes. La température du mois de juillet qui est le mois le plus chaud est de 43 °C. Le climat y est particulièrement aride et très peu pluvieux avec un ciel dégagé la plupart du temps. Les précipitations enregistrées dans la ville de Ouargla sont limitées à seulement 45 mm par an en moyenne.

Topographie

La zone d'étude se caractérise par une topographie plane, uniforme et vierge avec l'existence de quelques dunes de sable. Les altitudes de la zone d'étude dévoilent des dénivelés peu importants variant de 162 m jusqu'à 131 sur une distance d'environ 21 km.

Géologie

Elle est localisée dans une dépression qui s'allonge en contrebas du rebord d'un plateau calcaire, et correspond à l'ancien cours de l'oued Mya. Puisque la cuvette ne dispose pas d'exutoire,

l'agglomération est ceinturée sur trois côtes par un chott et des étendues salées. Le ksar initial au centre est sur une butte surbaissée ; les palmeraies entourent la ville moderne.



Figure IX.2 Les formations traversées par le tracé

Hydrogéologie

Trois aquifères existent dans cette géologie de haut en bas, on distingue : l'aquifère de continentale intercalaire, l'aquifère de complexe terminal et l'aquifère superficiel.

Qualité de l'air

La qualité d'air est généralement acceptable pour la plupart des individus. Cependant, les personnes sensibles risquent de faire l'expérience de symptômes légers à modérés en cas d'exposition à long terme.

VIII.2.3. Le milieu biologique

La diversité floristique de la végétation au sol des dattiers au Sud Est de I 'Algérie (Ouargla, Sahara septentrional) a été évaluée dans trois palmeraies avec trois niveaux d'entretien: palmeraie entretenue, palmeraie moyennement entretenue et palmeraie délaissée. Les résultats obtenus suite à un échantillonnage systématique de la végétation au sol révèlent une richesse floristique de 27 espèces réparties en 19 familles. Les espèces les plus fréquentes sont Cynodon dactylon, Phragmites communis et Juncus maritimus. La richesse spécifique indique que les palmeraies entretenues et moyennement entretenues sont les plus riches en espèces. Une très grande différence floristique entre les niveaux d'entretien est bien constatée.



Figure X.2 Les différentes espèces existantes (Cynodon dactylon, Phragmites communis, Juncus maritimus)

La richesse faunistique des palmeraies de la région est considérable. 182 espèces sont inventoriées dont 142 espèces invertébrées et 40 espèces vertébrées. Les micro-organismes (bactéries, actinomycètes, champignons et algues) sont enregistrés au niveau des sols. La région M'khadema présente le plus grand nombre d'espèces invertébrées et vertébrées inventoriées. La richesse floristique, l'entretien de la palmeraie et l'existence des milieux biologiques sont les principaux facteurs de cette richesse. Les défaillances rencontrées dans l'un de ces facteurs ont provoqués une perturbation de la faune dans l'écosystème palmeraie, c'est le cas dans Ain El Beida et Ksar.

VIII.2.4. L'infrastructure de transport

Le tracé projeté passe par 2 routes, une voie communale et un évitement de Ouargla qui font partie d'un réseau secondaire a trafic modéré. A proximité, se trouve les deux routes nationales RN 49 et RN 56, et la gare de transport des voyageurs.

En plus de ça, le tracé passe autour de l'aéroport de Ouargla (aussi nommé aéroport de Ain Beida) est un aéroport algérien civil à vocation nationale, situé sur la commune d'Ain Beida à 7 km au sud-est de la ville d'Ouargla. Il est doté de 2 pistes de 3000 m.

VIII.3. Présentation du projet

VIII.3.1. Contexte et objectifs du projet

L'objectif principal de la ligne ferroviaire entre Ouargla et Hassi Messaoud est d'offrir aux voyageurs une meilleure expérience de déplacement et transport rapide et fiable des marchandises, avec un niveau de service élevé, et de créer un terminal spécialisé en centre-ville. Elle fournira des caractéristiques tel qu'un temps de parcours de 30 mn, Un train à quai en permanence et un niveau de service en lien avec la nouvelle ligne Hassi Messaoud-Touggourt.

Ce projet s'inscrit ainsi dans les orientations du plan de déplacements urbains de la boucle Sud-Est entre Laghouat Djelfa et Ghardaïa.

VIII.4. Impacts du projet sur l'environnement et mesures proposées

VII.4.1. Sur le milieu physique

Thème	Impact potentiel	Mesure proposé
Sol	Déblais, pollution, vibration	-Protections mises en place dès la conception de l'infrastructure ferroviaire. - Réalisation d'une analyse complémentaire afin de préciser les filières de remploi ou d'élimination des matériaux.
Eaux superficielles	Eaux pluviales des plates-formes ferroviaires créées.	Création des ouvrages de collecte et de rétention des eaux pluviales (tel que les dalots) avant leur rejet dans des collecteurs communaux ou dans le milieu naturel.
Qualité de l'air	-Gaz d'échappement des engins et des camions, émission de poussières, dispersion accidentelle de produits chimiques). - Limitation des circulations routières	-Respect des normes d'émissions des engins. -Stockage approprié des produits pulvérulents et potentiellement polluant. -Limitation des aires de chantier

VII.4.2. Sur le milieu biologique et humain

Thème	Impact potentiel	Mesure proposé
Activités agricoles	-Perturbation en période de travaux. -Perte de surface agricole pour les exploitants du fait des nouvelles emprises ferroviaires.	- Réalisation d'une enquête parcellaire afin de déterminer les indemnisations financières dues aux propriétaires et exploitants concernés.

	-Déstructuration et coupure du parcellaire, occasionnées par le passage de la nouvelle infrastructure ferroviaire. -Perturbations et modifications des cheminements agricoles.	- Déstructuration du parcellaire limitée du fait du choix d'implantation de la nouvelle voie - Rétablissement des cheminements agricoles
Population	Nuisances des chantiers (bruit, circulation, poussières, etc.).	Cet impact est traité déjà.
Infrastructures de transport	- Circulation des poids lourds en période de chantier. - Perturbation de la circulation routière en période de chantier. - Construction des nouveaux ouvrages d'art.	-Plan de circulation spécifique au chantier. -Réhabilitation des voies si nécessaire. -Minimisation des impacts sur les circulations routières : préfabrication des ponts, mise en œuvre groupée des travaux nécessitant une coupure des circulations routières sur des périodes de plus faible trafic.

VIII.5. Conclusion

L'étude d'impact sur l'environnement a montré que n'importe quel projet linéaire touche d'une manière ou d'une autre l'environnement, même si on est au milieu de désert.

La ligne ferroviaire certes influe et abime en quelque sorte l'environnement, mais elle donne d'autre part des avantages présentés essentiellement dans le gain du temps énorme qu'un individu gagne tout en diminuant la pollution des carburants de la voiture et l'insécurité routière.

Chapitre IX

Devis Quantitatif

Estimatif

Arrivant à l'étape finale et cruciale d'une étude, est la détermination de cout de l'investissement de ce projet, à travers un devis quantitatif estimatif, qui va ensuite déterminer la rentabilité de ce dernier. Le tableau suivant synthétise toute quantité et prix des différentes procédures.

Entité	**Unité**	**Quantité**	**Prix unitaire (DA)**	**Prix (DA)**
Installation du chantier				
Installation du chantier	U	1	114 120 015	114 120 015
Travaux de terrassements				
Décapage de terre végétale	m^2	168 000	200	33 600 000
Remblai	m^3	121 131	800	96 904 800
Déblai	m^3	36 768	1000	36 768 000
Ballast	m^3	44 100	4 164.45	183 652 245
Sous ballast	m^3	23 468	3 200.00	75 097 600
Couche de fondation	m^3	19 360	3 200.00	61 952 000
Couche de forme	m^3	51 039	2 800.00	142 909 200
TOTAL				597 792 645
TRAVAUX DE LA VOIE				
Fourniture des rails NEUFS 60 E1	T	2 333.34	107 306.04	250 381 475.4
Fourniture des attachés NABLA	U	284 237	434.72	123 563 508.6
Fourniture des traverses bi-bloc	U	11 167	13 298	148 498 766.0
Pose de la voie	ml	21 000	5 318.13	111 680 730.0
Soudure aluminothermique	U	4 864	20 563	100 018 432.0
Soudure électrique	U	304	17 000	5 168 000.00
Fourniture d'un branchement simple UIC 60-300 - 1:9	U	5	12 626 324.23	63 131 621.15
Fourniture d'un branchement simple UIC 60-500 -1:12	U	6	15 433 581.05	92 601 486.30
Pose d'un branchement simple UIC 60-300 - 1:9	U	5	251 441.52	1 257 207.60
Pose d'un branchement simple UIC 60-500- 1:12	U	6	291 608.95	1 749 653.70

TOTAL				898 050 880.80
ASSAINISSEMENT				
Fossés trapézoïdaux en béton type (0,5*0,5)	ml	39964	4 720.00	188 630 080
Dalot	m^3	34.1	35 000.00	1 193 500
TOTAL				189 823 580
EQUIPEMENTS				
Bâtiment voyageur	F	2	20 000 000.00	40 000 000.00
Signalisation	F	2	50% travaux voie	449 025 440.40
TOTAL				489 025 440.40
COUT TOTAL				
Total hors taxes				2 288 812 561
Total TTC				2 677 910 697

Le tronçon étudié coute deux milliards six cent soixante-dix-sept millions neuf cent dix mille six cent quatre-vingt-dix-sept dinars algériens

Conclusion

Générale

Conclusion générale

Le point de développement socio-économique revient toujours avec l'investissement dans le domaine ferroviaire, c'est pour cela, il est un secteur très sensible. Le pays algérien a et entrain de poser des budgets énormes pour améliorer du service et élargir du réseau.

Le projet de la nouvelle ligne ferroviaire Ouargla-Hassi Messaoud traite ce point en faisant la liaison et la continuité de la ligne de la boucle de sud qui permet le déplacement des individus ainsi que le transport des marchandises.

Dans notre travail, on a abordé l'étude APD sur un linéaire de 21 kms en faisant les études nécessaires tel que l'étude géométrique pour préciser un tracé au projet, l'étude géologique et géotechnique qui sert à reconnaitre le sol et ses caractéristiques mécaniques et l'étude hydraulique dont on détermine les ouvrages d'évacuation des eaux pluviales et souterraines. Absolument, ces études doivent être accompagnés d'un dimensionnement d'assise et terrassements ou on va arriver à la définition des cubatures pour finalement calculer le devis quantitatif estimatif ou le cout d'investissement de projet sera précisément chiffré.

Encore, on a appris à travailler avec les logiciels nécessaires pour effectuer ces derniers comme CIVIL 3D, GLOBAL MAPPER et PLAXIS 3D. Aussi, l'application des normes de UIC et SNTF a été obligatoire pour tout accomplir.

Finalement, la synthèse prise sera très utile plus tard dans notre vie professionnelle car elle a aidé beaucoup à solidifier nos connaissances et comprendre d'une façon pratique la métier d'un ingénieur et comment optimiser notre travail.

Bibliographie

[1] Ouargla- Wikipédia

[2] Guide des techniques de lutte contre l'ensablement au Sahara Algérien - l'Equipe : dynamique des sables et techniques de lutte contre l'ensablement (C.R.S.T.R.A)

[3] Cours Mr. Morsli - ENSTP

[4] Cours Mr. Rahmani - ENSTP

[5] Rapport géotechnique et géologique de OHS- Seti Rail Mr. Adem BELAHCENE

[6] Cours de Chemin de fer – A. NEHAOUA

[7] Etude d'impact sur l'environnement – ACDG Paris

[8] Rapport de plan de transport de OHS- ANESRIF

[9] www.alcahyd.com

[10] Présentation du programme ferroviaire national - ANESRIF

ANNEXES

Listing de la géométrie de l'axe en plan

Client: ENSTP

Prepared by: HINDA Zaabar
ABDELMALEK Kailali

Date: 05/06/2021 12:41:59

Axe en plan: Alignment RA
Plage d'abscisse : Début: 0+00.00, Fin: 210+00.00

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0+00.00	715131.0781	3535406.5225
DR1	ANG=135.3292 (g)	915.990			
			9+15.99	715909.6032	3534923.8870
CLO2	A=714.143				
	R=1700.000	300.000			
			12+15.99	716159.7364	3534758.4448
ARC3	XC=715140.1669				
	YC=3533398.1220				
	R=1700.000	383.983			
			15+99.97	716438.4917	3534495.5521
CLO4	A=714.143				
	R=1700.000	300.000			
			18+99.97	716618.2886	3534255.5295
DR5	ANG=160.9431 (g)	98.416			
			19+98.39	716674.9504	3534175.0607
CLO6	A=714.143				
	R=1700.000	300.000			
			22+98.39	716854.7473	3533935.0381
ARC7	XC=718153.0721				
	YC=3535032.4682				
	R=1700.000	1163.586			
			34+61.98	717841.0403	3533361.3500
CLO8	A=714.143				
	R=1700.000	300.000			
			37+61.98	718138.5678	3533323.7316
DR9	ANG=106.1344 (g)	2485.954			
			62+47.93	720612.9897	3533084.5571

CLO10	A=707.107				
	R=3000.000	166.667			
			64+14.60	720778.7220	3533066.9874
ARC11	XC=720407.2663				
	YC=3530090.0727				
	R=3000.000	284.301			
			66+98.90	721058.7461	3533018.4808
CLO12	A=707.107				
	R=3000.000	166.667			
			68+65.56	721220.7318	3532979.2824
DR13	ANG=115.7043 (g)	1810.909			
			86+76.47	722976.8214	3532537.0809
CLO14	A=707.107				
	R=2000.000	250.000			
			89+26.47	723217.8875	3532471.0085
ARC15	XC=722609.3287				
	YC=3530565.8428				
	R=2000.000	309.596			
			92+36.07	723504.3497	3532354.4002
CLO16	A=707.107				
	R=2000.000	250.000			
			94+86.07	723723.0272	3532233.3277
DR17	ANG=133.5167 (g)	2291.803			
			117+77.87	725704.4770	3531081.7134
CLO18	A=774.597				
	R=3000.000	200.000			
			119+77.87	725878.4906	3530983.1472
ARC19	XC=727298.6895				
	YC=3533625.6904				
	R=3000.000	3819.981			
			157+97.85	729408.9134	3531493.3313
CLO20	A=774.597				
	R=3000.000	200.000			
			159+97.85	729547.9028	3531637.1300
DR21	ANG=48.2101 (g)	5002.150			
			210+00.00	733000.5829	3535289.6322

Profil : Abscisse Sommets et Raccordements

Client: ENSTP

Prepared by: HINDA Zaabar
ABDELMALEK Kailali

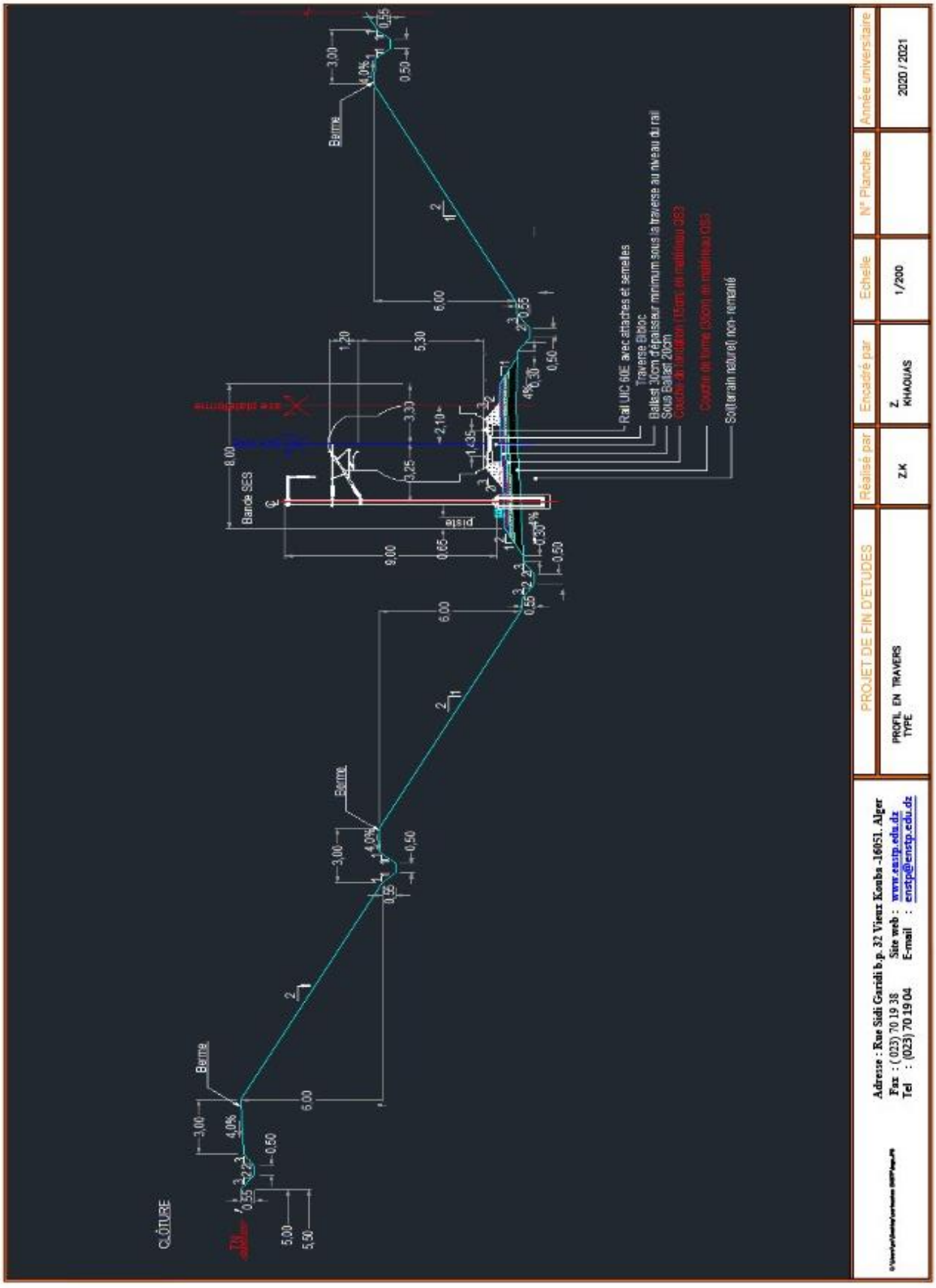
Date: 05/06/2021 11:14:56

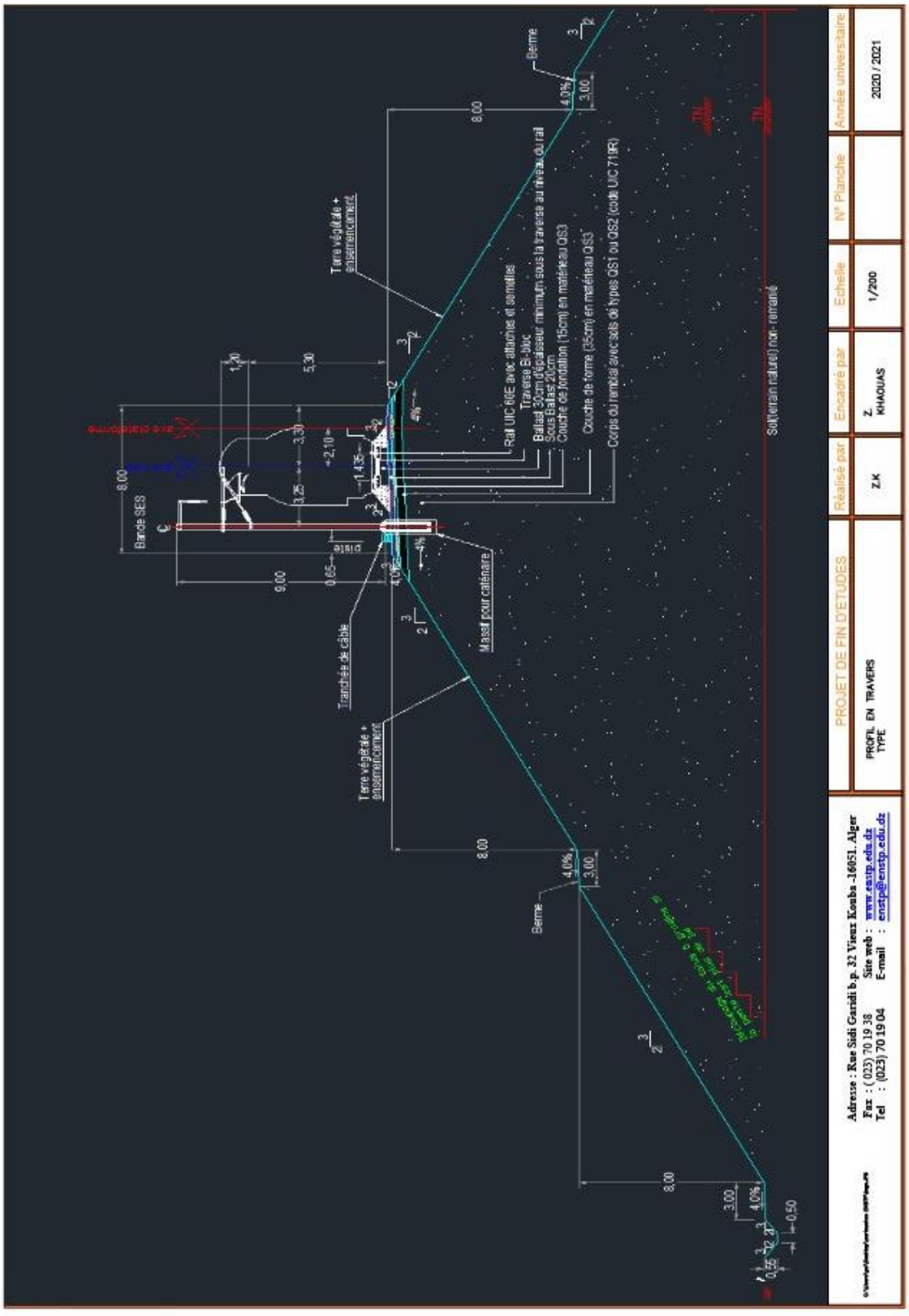
Profil en long : LR
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0+00.00, Fin: 210+00.00
LONGUEUR DE L'AXE : 21000.000m

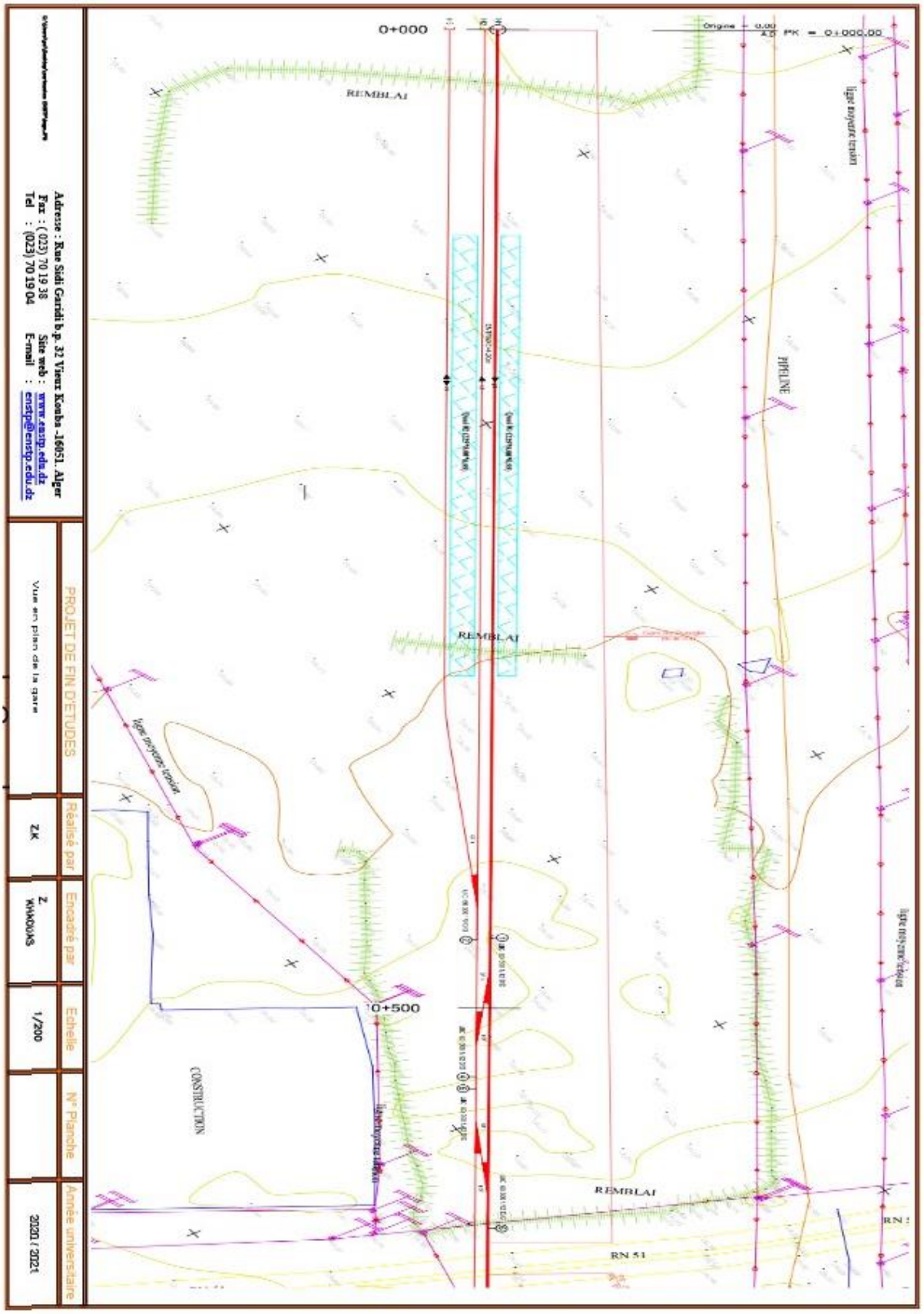
Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0+00.00	137.369
D1	PENTE= 0.00%	634.540		
			6+34.54	137.369
ARC1	S= 6+74.99 Z=137.369			
	R= -6158.816	80.902		
			7+15.44	136.837
D2	PENTE= -1.31%	110.979		
			8+26.42	135.380
ARC2	S= 8+95.93 Z=134.466			
	R= -10745.824	139.019		
			9+65.44	134.453
D3	PENTE= -0.02%	1105.357		
			20+70.80	134.233
ARC3	S= 21+04.26 Z=134.226			
	R= -30000.000	66.928		
			21+37.72	134.294
D4	PENTE= 0.20%	1766.068		
			39+03.79	137.882
ARC4	S= 39+83.39 Z=138.044			
	R= -30000.000	159.206		
			40+63.00	137.784
D5	PENTE= -0.33%	781.451		
			48+44.45	135.224
ARC5	S= 49+10.88 Z=135.007			
	R= -29999.617	132.873		
			49+77.32	135.083

D6	PENTE= 0.12%	1617.264		
			65+94.59	136.950
ARC6	S= 66+22.53 Z=136.982			
	R= -30000.000	55.883		
			66+50.47	136.963
D7	PENTE= -0.07%	1282.769		
			79+33.24	136.054
ARC7	S= 79+75.00 Z=136.024			
	R= -30000.000	83.525		
			80+16.76	135.878
D8	PENTE= -0.35%	328.451		
			83+45.21	134.731
ARC8	S= 85+23.03 Z=134.110			
	R= -27000.000	355.634		
			87+00.85	135.831
D9	PENTE= 0.97%	953.401		
			96+54.25	145.059
ARC9	S= 97+48.03 Z=145.967			
	R= -30000.000	187.565		
			98+41.81	147.461
D10	PENTE= 1.59%	571.347		
			104+13.16	156.565
ARC10	S= 105+94.77 Z=159.458			
	R= -20000.000	363.235		
			107+76.39	159.053
D11	PENTE= -0.22%	1515.257		
			122+91.65	155.673
ARC11	S= 123+01.66 Z=155.651			
	R= -30000.000	20.021		
			123+11.67	155.622
D12	PENTE= -0.29%	717.289		
			130+28.96	153.543
ARC12	S= 130+86.82 Z=153.375			
	R= -30000.000	115.717		
			131+44.68	153.431
D13	PENTE= 0.10%	1884.817		
			150+29.50	155.239

ARC13	S= 151+90.18 Z=155.393			
	R= -25000.000	321.356		
			153+50.85	153.481
D14	PENTE= -1.19%	572.731		
			159+23.58	146.668
ARC14	S= 162+43.74 Z=142.860			
	R= -30000.000	640.319		
			165+63.90	145.885
D15	PENTE= 0.94%	1217.242		
			177+81.14	157.387
ARC15	S= 179+35.12 Z=158.842			
	R= -30000.000	307.958		
			180+89.10	158.716
D16	PENTE= -0.08%	1500.695		
			195+89.80	157.491
ARC16	S= 196+00.00 Z=157.483			
	R= -25000.000	20.405		
			196+10.20	157.483
D17	PENTE= -0.00%	1389.797		
			210+00.00	157.483


Rail UIC 60E avec attaches et semelles
Traverse Bitoc
Ballast 30cm d'épaisseur minimum sous la traverse au niveau du rail
Sous Ballast 20cm
Couche de forme (500m) en matériaux GB3
Sol/terrain naturel/ non remanié
Berme
Bande SES
piste
CLÔTURE
PROJET DE FIN D'ETUDES
PROFIL EN TRAVERS TYPE
Réalisé par
Z.K
Encadré par
Z. KHAOUAS
Echelle
1/200
N° Planche
Année universitaire
2020 / 2021
Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger
Fax : (023) 70 19 38
Tel : (023) 70 19 04
Site web : www.enstp.edu.dz
E-mail : enstp@enstp.edu.dz


PROJET DE FIN D'ETUDES
PROFIL EN TRAVERS TYPE
Réalisé par
Z.K
Encadré par
Z. KHAQUAS
Echelle
1/200
N° Planche
Année universitaire
2020 / 2021
Adresse : Rue Sidi Gandi 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
Berme
Terre végétale + ensemencement
Rail UIC 60E avec attaches et semelles
Traverse Bi-bloc
Ballast 30cm d'épaisseur minimum sous la traverse au niveau du rail
Sous ballast 20cm
Couche de fondation (15cm) en matériaux GS3
Couche de forme (35cm) en matériaux GS3
Corps du remblai avec sols de types GS1 ou GS2 (code UIC 719R)
Sol(terrain naturel) non remanié
Bande SES
piste
Massif pour caténaire
Tranchée de câble
Terre végétale + ensemencement
8.00
9.00
5.30
3.30
3.25
2.10
1.20
1.435
0.65
0.50
4.0%
3.00


0+000
REMBLAI
PIROUETTE
REMBLAI
10+500
CONSTRUCTION
REMBLAI
RN 51
PROJET DE FIN D'ETUDES
Vue en plan de la gare
Réalisé par
ZK
Encadré par
Z. WAHOUAS
Echelle
1/200
N° Planche
Année universitaire
2020 / 2021
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