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

Étude en APD de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique BOUGHEZOUL-DJELFA du PK 122+750 au PK 139+600 avec l'aménagement et la conception de la gare d'AIN OUASSARA.

Présenté par :

HAMMADI Imam

Encadré par :

Mr. KHELIF Aissa

Promotion 2021 / 2022

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

REMERCIEMENT

Au premier lieu, nous tenons à remercier Dieu qui nous a donné le courage et la volonté pour terminer ce travail.

Je tiens à remercier vivement tous ceux qui m'ont aidé à élaborer ce projet et en particulier mon frère et mon encadreur Mr. KHELIF Aissa pour sa disponibilité permanente, pour son aide et ces orientations précieuses, tout le long de ce projet

Je remercie chaleureusement mes frères Mr. BENAISSA Aziz et Mr. KHELIFI Ayoub pour leurs soutiens, ses remarques pertinentes et leurs encouragements, tout le long de ce projet

je remercier aussi le groupe de Cosider T126 pour leurs soutiens et leurs remarques pendant toute la période du stage. Spécialement : METMER Rabeh, AMORA Adel, KHENICHE Brahim, SAKTA Oussama, AMGHAR Djihad Zakaria, KRIFIF Mohamed.

Je voudrais adresser un grand merci à Mr MORSLI et à tous les personnels de L'ENSTP pour leurs précieux conseils et leurs efforts spécialement Mme. Bourebia et Mme. Makoudi et Mme.boumehraz

Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Dédicace

A mes chers parents,
Pour leurs sacrifices, leur disponibilité et leur soutien tout au long de mon parcours universitaire

A mes frères Imad et Abde raouf et Ma chère sœur
Pour leur appui et leur encouragement

A toute ma famille,
Spécialement à mes chers oncles et mes chères tantes :
Farah, Dounia, Naima, Abla
Yazid, Riad (Hafiane), Saleh

A mes coussins
Oussama, Djaber, Abderrahmane, Dia, Isaak, Zakaria, Djawed, Nafaa, Adem

À mes meilleurs amis :
Chams Eddine, Dhia El-Hak, Ayoub, Sami, Azzedine, Sofiane, Hicham, Abdelhak, Zaki, Mohamed saddek Akli, Yassine, Mohamed, Ali, Oussama, Abderraouf, Houssam, Ramzi, Aymen, Hayder, Bassem, hamada, Zino, Charfou, Fouad, Nassim, Safsaf, Ziad, Souleimane, Idris, Riad, Babou, Nabil, Abdelwahhab, Khaled sans exception groupe OEAL.

À l’ensemble des étudiants de ma promotion.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE……..…….....….1

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 INTRODUCTION :.....3
I.2 LE RESEAU DES CHEMINS DE FER EN ALGERIE : 3
I.3 HISTOIRE DE CHEMIN DE FER EN ALGERIE :..... 3
I.4 AVANTAGE DES CHEMINS DE FER : 4
I.5 CONCLUSION :..... 5

CHAPITRE II :PRESENTATION DU PROJET

II.1 INTRODUCTION :.....6
II.2 PRESENTATION DU SITE :.....6
II.2.1 Situation géographique :..... 6
II.2.2 Relief : 7
II.2.3 Climat : 7
II.2.4 Sismicité : 7
II.3 PRESENTATION DU PROJET :.....8
II.3.1 Les caractéristiques du projet..... 8
II.3.2 Superstructure..... 9
 Appareils de voie..... 10
II.4 CONCLUSION :.....10

CHAPITRE III : SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

III.1 INTRODUCTION :.....11
III.2 L'ARMEMENT DE LA VOIE :.....11
III.2.1 Le rail : 11
III.2.2 Les traverse : 13
III.2.3 Les attaches travers-rail :..... 14
III.2.4 L'appareil de voie : 15
III.3 CONCLUSION : 16

CHAPITRE IV : TRACE EN PLAN

IV.1 INTRODUCTION :.....17
IV.2 NORMES ET PARAMETRES DE CONCEPTION GEOMETRIQUE :.....17
IV.3 TRACE EN PLAN : 17
IV.3.1 Condition et règles de tracé selon la SNTF :..... 18
IV.3.2 Caractéristiques géométriques : 18
IV.4 APPLICATION AU PROJET :.....19
IV.4.1 Application au projet pour R = 3000 m : 20

CHAPITRE V : PROFIL EN LONG

V.1 INTRODUCTION :.....22
V.2 DEFINITION :.....22
V.3 ELEMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG : 22
V.3.1 Choix des alignements droits : 22

V.3.2 Choix des cercles : 24
V.4 APPLICATION AU PROJET : 24
V.5 LES CONTRAINTES LE LONG DU TRACE : 26
V.6 CONCLUSION : 26

CHAPITRE VI : ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

VI.1 INTRODUCTION : 27
VI.2 ETUDE HYDROLOGIQUE : 28
VI.2.1 Caractéristiques morphologiques des bassins versants : 29
VI.2.2 Caractéristiques climatiques et pluviométriques : 30
VI.2.2.1 CLIMAT 30
VI.2.2.2LES PRECIPITATIONS **30**
VI.2.3 Le temps de concentration « tc » : 31
VI.2.4 Calcul de l'intensité de pluie : 32
VI.2.5 Calcul du débit maximal dans les bassins (les débits de crue) : 32
VI.3 ETUDE HYDRAULIQUE : 35
VI.3.1 Introduction : 35
VI.3.2 Dimensionnement des ouvrages transversaux : 35
VI.3.3 Ouvrages d'assainissement longitudinaux : 37
VI.3.4 Dimensionnement des fossés 38
VI.4 CONCLUSION 40

CHAPITRE VII : ETUDE GEOTECHNIQUE ET GEOLOGIQUE

VII.1 INTRODUCTION : 41
VII.2 L'ETUDE GEOLOGIQUES 41
VII.2.1 Introductions : 41
VII.2.2 Aperçu géologique régionale : 41
VII.2.3 Contexte géologique de ce tronçon 41
VII.2.4 Risques géologiques : 43
VII.3 ETUDE GEOTECHNIQUE : 43
VII.3.1 Introduction : 43
VII.3.2 Programme d'investigation géotechnique : 43
VII.3.3 Campagne De Reconnaissance Géotechnique : 49
VII.4 REUTILISATION DES MATERIAUX EXCAVES : 56
VII.4.1 Classification des matériaux en vue de leur réutilisation : 56
VII.5 CONCLUSION 57

CHAPITRE VIII : ASSISE FERROVIAIRE

VIII.1 INTRODUCTION : 58
VIII.2 LE BALLASTE : 58
VIII.2.1 Rôle de ballaste : 58
VIII.2.2 Matériau : 58
VIII.3 SOUS COUCHE : 59
VIII.3.1 Rôle de la sous couche : 59
VIII.4 LA PLATE-FORME : 59
VIII.4.1 Définition : 59

VIII.4.2 Classification des sols pour la plateforme 59
VIII.4.3 La classe de portance de la plateforme : 61
VIII.5 CALCUL DES EPAISSEURS MINIMALES DES COUCHES D'ASSISE : 62
VIII.6 APPLICATION AU PROJET 63
VIII.7 CONCLUSION : 63

CHAPITRE IX : PROFILE EN TRAVERS

IX.1 INTRODUCTION : 64
IX.2 PROFILE EN TRAVERS : 64
IX.2.1 Les éléments du profil en travers 64
IX.2.2 Profile en travers type de mon projet : 65
IX.3 CALCUL DES CUBATURES 66

CHAPITRE X : TERRASSEMENT ET OUVRAGE

X.1 LES TERRASSEMENTS : 67
X.1.1 Pente de talus : 67
X.1.2 Calcule la stabilité de talus : 67
X.2 LES OUVRAGES : 69
X.2.1 Influence sur le choix du type d'ouvrage 70
X.2.2 Croisement avec une route : 70
X.3 LES OUVRAGES DE NOTRE PROJET : 70
X.3.1 Rétablissements routiers : 70
X.3.2 Ouvrage Hydrauliques : 72
X.3.3 Protections des conduites de gaz : 72
X.4 CONCLUSION 73

CHAPITRE XI : CONCEPTION ET AMENAGEMENT DE LA GARE

XI.1 INTRODUCTION : 74
XI.2 TYPE DE GARE : 74
XI.3 ETUDE DU PLAN DE MASSE D'UNE GARE : 74
XI.4 AMENAGEMENT DE LA GARE 74
XI.4.1 Installations d'une gare à voyageur : 74
XI.4.2 Marge de glissement à l'aval des signaux : 75
XI.4.3 Garage franc : 76
XI.4.4 La longueur utile d'une voie de stationnement : 76
XI.4.5 Heurtoir : 76
XI.5 CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES GARES : 77
XI.5.1 Déclivité dans les gares : 77
XI.5.2 Quai : 77
XI.5.3 Les appareils de voie 78
XI.6 CONDITIONS DE CONCEPTION DES GARES : 79
XI.7 APPLICATION AU PROJET : 79
XI.7.1 Les Caractéristique de la ligne Boughezoul-Djelfa : 79
XI.7.2 Les Caractéristique de la gare Ain oussera : 79
XI.7.3 Justification de la gare proposée : 80
XI.7.4 Application pour notre projet : 81
XI.7.5 Gare de Croisement : 82

XI.7.6 Assainissement transversale : 82
XI.7.7 Assainissement longitudinal : 82
XI.8 PROFILE EN TRAVERS TYPE ET LE SCHEMA DE LA GARE PROPOSE : VOIR PLANCHE N^{0}4 82

CHAPITR XII : SIGNALISATION FERROVIAIRE

XII.1 INTRODUCTION :.....83
XII.2 OBJET DE LA SIGNALISATION FERROVIAIRE.....83
XII.3 IMPLANTATION DES SIGNAUX EN ALGERIE :.....84
XII.4 PRINCIPE DE SIGNALISATION FERROVIAIRE :.....84
XII.5 LES DIFFERENTS TYPES DE BLOCKS :.....84
XII.5.1 Système de contrôle et de protection ERTMS 88
XII.6 APPLICATION SUR NOTRE PROJET 89

CHAPITRE XIII : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIII.1 INTRODUCTION :.....90
XIII.2 DELIMITATION DE LA ZONE D'ETUDE : 90
XIII.2.1 Aperçu général : 90
XIII.2.2 Situation de la zone d'étude : 90
XIII.3 DESCRIPTION DE L'ETAT INITIAL DE LA ZONE D'ETUDE : 90
XIII.3.1 Milieu naturel 90
XIII.3.2 Milieu humain 91
XIII.4 IDENTIFICATION ET DESCRIPTION DES IMPACTS 91
XIII.4.1 Les impacts positifs du projet : 91
XIII.4.2 Les impacts négatifs : 92
XIII.5 LES MESURES PRISES POUR REDUIRE OU COMPENSER LES IMPACTS :.....93

CHAPITRE XIV : DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF

CHAPITRE XV : PLANIFICATION DE PROJET

XV.1 INTRODUCTION :.....98
XV.2 PLANIFICATION :.....98
XV.2.1 Définition : 98
XV.2.2 Objectifs de la planification : 98
XV.3 LE DIAGRAMME DE GANTT :.....98
XV.4 APPLICATION SUR NOTRE PROJET :.....99
XV.5 LE SCHEMA EXPLICATIF DE PROGRAMME PROPOSE (PLANCHEE N^0 5) :.....99
CONCLUSION GENERALE……...……100

مـــلخـــــص

تتعلق هذه المذكرة بدراسة تفصيلية أولية لما قبل المشروع (A.P.D)لجزء من خط السكة الحديدية الجديد الرابط بين بوغزول_ الجلفة (المقطع من Pk122+700إلى PK139+600) . مع تهيئة محطة عين وسارة.

وسيعتمد تحديد الخصائص التقنية لخط السكة الحديدية المقترح على التوصيات وكذلك الممارسات التي يتبعها (SNTF الشركة الوطنية للنقل بالسكك الحديدية) وغيرها من أنظمة السكك الحديدية الأكثر تطوراً UIC معايير(الاتحاد الدولي للسكك الحديدية)، وقد تم تنفيذ النمذجة الهندسية للمشروع تحت برنامج COVADIS 17.0f

RESUME

Le présent projet consiste essentiellement à l'étude avant-projet détaillé (A.P.D) d'un tronçon de la nouvelle ligne ferroviaire Boughezoul–Djelfa (tronçon du Pk122+700 au Pk 139+600), avec aménagement de la gare de Ain-oussera.

L'identification des caractéristiques techniques les plus appropriées pour la ligne ferroviaire projetée sera basée sur les recommandations ainsi que les pratiques qui sont suivies par la SNTF et les autres systèmes ferroviaires plus développés normes UIC (union internationale de chemin de fer), la modélisation géométrique du projet a été exécutée sous logiciel COVADIS 17.0f.

Summary

This project is mainly to study detailed design (ODA) of a section of the new railway line Boughezoul–Djelfa (the section from Pk122+700 to Pk 139+600), with development of the station Ain-oussera.

The identification of the most appropriate specifications for the proposed railway line will be based on the recommendations and practices which are followed by SNTF (National Railway Transport Company) and other more developed rail systems UIC standards (International Federation of Railways), geometric modeling of the project was carried out under COVADIS 17.0f software

LISTE DES FIGURES

FIGURE II-1 PLAN DE SITUATION DE LA ZONE D'ETUDE 6
FIGURE II-2 LOCALISATION DE LA WILAYA DE DJELFA 7
FIGURE II-3 LOCALISATION DU PROJET 8
FIGURE III-1 LES CONSTITUANT DE LA SECTION TRANSVERSAL DE RAIL 12
FIGURE III-2 PROFIL RAIL DU TYPE UIC60 E1 12
FIGURE III-3 TRAVERSE BIBLOC 14
FIGURE III-4 LES COMPOSANTES D'ATTACHE TYPE NABLA 14
FIGURE III-5 UN BRANCHEMENT ET SES ELEMENTS CONSTITUTIFS. 15
FIGURE III-6 SCHEMA ILLUSTRATIVE DE L'APPAREIL DE VOIE 16
FIGURE IV-1 LES ELEMENTS DE TRACE EN PLAN 17
FIGURE V-1 PROFIL EN LONG 25
FIGURE VI-1 CARTE DE SITUATION DE LA REGION D'ETUDE 28
FIGURE VI-2 LA DELIMITATION DES BASSINS VERSANTS 29
FIGURE VII-1 LES CHAINES MONTAGNEUSES EN ALGERIE 41
FIGURE VII-2 PORTION CARTE GEOLOGIQUE DE LA ZONE D'ETUDE 42
FIGURE X-1 ANALYSE DE LA STABILITE POUR LA GEOMETRIE DE 1/2 (V/H). SITUATION STATIQUE 68
FIGURE X-2 ANALYSE DE LA STABILITE POUR LA GEOMETRIE DE 1/2 (V/H). SITUATION PSEUDOSTATIQUE (KH = 0.08; KV = +0.02) 69
FIGURE X-3 COUPE TRANSVERSALE DE PROTECTION DES CONDUITES DE GAZ 72
FIGURE XI-1 SCHEMATISATION DE LA MARGE DE GLISSEMENT 75
FIGURE XI-2 SCHEMA ILLUSTRATIF DE GARAGE FRANC 76
FIGURE XI-3 LONGUEUR UTILE 76
FIGURE XI-4 LA HAUTEUR DU QUAI ET LA DISTANCE ENTRE LE BOUT DU QUAI ET L'AXE DE LA VOIE (SOURCE UIC741 OR) 77
FIGURE XII-1 LE SYSTEME DE CONTROLE DES TRAINS ERTMS 88

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU III-1 LES CARACTERISTIQUES D'APPAREILS DE VOIE QUI J'UTILISE POUR MON PROJET 15
TABLEAU IV-1 VITESSE DES TRAINS MAXIMALE 18
TABLEAU IV-2 PARAMETRES GEOMETRIQUES DE TRACE EN PLAN (SNTF) 19
TABLEAU IV-3 TABLEAU RECAPITULATIF DES PARAMETRES DU TRACE 21
TABLEAU V-1 LES LONGUEURS MINIMALES DES ELEMENTS DE PROFILE EN LONG 23
TABLEAU V-2 VALEURS DE RAYON VERTICAL MINIMALE 24
TABLEAU V-3 VALEURS DES PARAMETRES DE PROFIL EN LONG (SNTF) 25
TABLEAU VI-1 CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES DES BASSINS VERSANTS 30
TABLEAU VI-2 PLUIES ANNUELLES (MM) 31
TABLEAU VI-3 PLUIES MAXIMALES JOURNALIERES (MM) 31
TABLEAU VI-4 PARAMETRES A ET B DES COURBES IDF POUR LA REGION DE L'ETUDE 32
TABLEAU VI-5 VALEUR DE COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT 33
TABLEAU VI-6 RESULTATS DE CALCUL DES DEBITS PAR LA METHODE RATIONNELLE 34
TABLEAU VI-7 LISTE GLOBALE DES OUVRAGES A PROJETER 37
TABLEAU VI-8 CALCUL DES DEBITS A EVACUER DANS LE CAS DE REMBLAI ET DEBLAI. 39
TABLEAU VI-9 DIMENSIONNEMENT DU FOSSE PROPOSE 40
TABLEAU VII-1 LA GEOLOGIE TRAVERSEE PAR LA VOIE DE PK 122+750 AU PK 139+600. 42
TABLEAU VII-2 PROGRAMME D'INVESTIGATION DE LOT TRACE 44
TABLEAU VII-3 PROGRAMME D'INVESTIGATION DE LOT OUVRAGE 48
TABLEAU VII-4 LES RESULTATS DES PUITS (PR) EFFECTUES 50
TABLEAU VII-5 RESUME DES ESSAIS DE PENETRATION DYNAMIQUE EFFECTUES 52
TABLEAU VII-6 RESUME DES SONDAGES CAROTTES EFFECTUES 53
TABLEAU VII-7 RESUME DES RESULTATS DES ESSAIS DE LABORATOIRE SUR ECHANTILLONS DE SOLS REMANIES 54
TABLEAU VII-8 QUALIFICATIF DE LA FRACTION DU SOL CONSTITUEE D'ELEMENTS INFERIEURS A 400 UM EN FONCTION DE L'INDICE DE PLASTICITE 55
TABLEAU VII-9 TABLEAU RECAPITULATIF DES ESSAIS MECANIQUES 56
TABLEAU VII-10 ESTIMATION DU % DE REUTILISATION DES MATERIAUX EXCAVES 57
TABLEAU VIII-1 LA CLASSIFICATION DE SOL SELON UIC 60

TABLEAU VIII-2 LA CLASSE LA PORTANCE DE LA PLATE-FORME (NORMES UIC 719R P.34) 61
TABLEAU VIII-3 LES VALEURS DES DIFFERENTS PARAMETRES POUR LE CALCUL DE L'EPAISSEUR 62
TABLEAU VIII-4 DIMENSIONNEMENT DE LA COUCHE COUCHES D'ASSISE 63
TABLEAU VIII-5 STRUCTURE DE LA VOIE 63
TABLEAU IX-1 LES CUBATURES DE TERRASSEMENT 66
TABLEAU X-1 LISTE DES OUVRAGES D'ART POUR MON PROJET 71
TABLEAU X-2 PISTES A SUPPRIMER 71
TABLEAU XII-1 LES PRINCIPAUX SIGNAUX FERROVIAIRES ET LEUR INDICATION 85

INTRODUCTION GENERALE :

Dans le cadre de l'amélioration de sa vie, l'homme a toujours cherché à enrichir son environnement par des infrastructures nécessaires pour son quotidien. Parmi Les infrastructures les plus répandues, on trouve la grande famille des infrastructures de transport dans laquelle le secteur de transport occupe une place indispensable.

Le transport est un secteur clé pour le développement d'un territoire donné. En effet, dans une économie moderne, le transport joue un rôle prépondérant, non seulement il facilite les échanges entre les agents économiques, mais également améliore la circulation des personnes et des biens, des idées et des services, ainsi que le raffermissement des liens d'amitié et de fraternité entre les peuples.

En Algérie, le secteur du transport connaît une véritable mutation. Un grand nombre de projets ont été réalisés où sont en phase de réalisation, afin de rendre ce secteur plus performant et plus efficace dans sa contribution dans le développement économique du pays.

Il existe plusieurs modes de transports, parmi lesquels on cite :

- **Le transport routier :**

Le transport routier apparu en premier, il s'est intensifié dans les pays industrialisés grâce à l'amélioration des véhicules, la disponibilité des carburants, la forte mobilité des gens et l'importance des échanges commerciaux.

- **Transport maritime :**

Le transport maritime est indispensable pour le commerce international (produit chimique, Hydrocarbures, …etc), il est considéré comme le mode le plus économique.

- **Transport aérien :**

Le dernier mode de transport apparu, il est devenu réellement un transport de tonnage avec l'apparition des avions gros porteurs et les compagnies aériennes à bas prix.

- **Le transport ferroviaire :**

Il sert à transporter les personnes et les marchandises pour minimiser la congestion des zones urbaines, c'est le mode de transport terrestre qui domine dans plusieurs pays.
Pour ces modes des transports. Les raisons de coût, de rapidité et de sécurité guident le choix des modes de transport qui seront mis en œuvre.

Vu le développement et l'énorme mouvement économique dans le pays, donc on a besoin d'améliorer le réseau ferroviaire afin de couvrir la demande du marché qui s'augmente d'une façon quotidienne.

Pour cela l'Algérie procéder au lancement des nouvelles projet afin de développer son réseau des chemins de fer suivant des programmes de développement bien étudiés.

Parmi ses programmes, L'état prévoir la réalisation de la ligne ferroviaire liant le nord avec le sud dont l'objet de notre étude se fait sur la ligne entre Boughezoul et Djelfa qui représente le deuxième tronçon de la ligne ferroviaire reliant nord avec le sud du pays qui va prochainement assure la jonction avec le réseau littoral des hauts plateaux sur une linéaire de 140 km de la voie principale et 20 km de service avec deux gares, la première se situé dans la ville de Ain-oussera et l'autre Hassi Bahbah à ainsi que trois gares de croisement .

STRUCTURE DE PROJET DE FIN D'ETUDES :

Le présent projet a pour objet l'étude préliminaire et d'APD du tronçon Boughezoul–Djelfa (du Pk122+700 au Pk 139+600), dans le cadre de la réalisation de la rocade qui reliant le nord avec le sud du pays. Après l'introduction générale. Une présentation de projet tel que relief, climatologie, sismicité...etc. On a fait une étude préliminaire à travers laquelle nous choisissons le couloir d'étude. Ensuite nous définissons les différents composants de la voie, Puis on est passé à la conception géométrique du tracé après on a présenté l'étude géotechnique et géologique et le dimensionnement de la structure d'assise, puis on détermine et on dimensionne les installations de drainage, après cela vient le chapitre des ouvrages.

En fin, dans le chapitre de la gare on a fait une aménagement et conception de la gare, en suite on a fait un devis estimatif quantitatif, finalisant notre travail avec une planification du projet et une conclusion générale.

CHAPITRE I : CONTEXTE GENERALE

I. Recherche bibliographique

I.1 Introduction :

Dans le cadre de la relance du développement du secteur des transports, les pouvoirs publics ont dégagé une enveloppe financière importante consacrée au programme d'investissements ferroviaires.

Parmi ces programmes de développement intègre la construction d'une ligne nouvelle mixte à 220 Km/h entre les villes de Boumedfaa et Djelfa d'une longueur de 266 km, destinée à desservir les villes de Ksar El Boukhari, Boughezoul, Ain Oussera, Hassi Bahbah et Djelfa.

Cette nouvelle ligne permettra d'établir la liaison ferroviaire Nord-Sud et ses interconnexions avec la rocade Est-Ouest, et la rocade des Hauts Plateaux.

La ligne nouvelle contribuerait à donner un autre souffle pour les activités socio-économiques de la région , il tend à cet effet atteindre les objectifs suivants :

- Fournir aux utilisateurs un moyen de transport plus rapide et moderne.
- Augmenter la part du transport ferroviaire dans cette région.

I.2 Le réseau des chemins de fer en Algérie :

Le réseau des chemins de fer algérien a fait son apparition au milieu du XIXème siècle (19 -ème siècle). Il commence en 1857 durant la colonisation française de l'Algérie avec la construction de 5 014 km de voies ferrées qui sert à transporter les personnes et les marchandises. Depuis l'indépendance du pays, ce réseau a beaucoup évolué l'ambition des pouvoirs publics est de connecter toutes les villes d'Algérie entre elles par le réseau ferroviaire. Actuellement ce réseau national est de plus de 4 576 km et sera porté à une longueur de 6.500 km après la réception des projets en cours de réalisation.

Au total, 1116 kilomètres de chemins de fer sont actuellement au cours de réalisation dans le cadre du programme de densification et de modernisation du réseau. Certains sont déjà achevés.

I.3 Histoire de chemin de fer en Algérie :

L'histoire des chemins de fer d'Algérie commence en 1857 durant Période coloniale, avec un décret du gouvernement français qui autorise la construction de 1357 km. Le premier chantier a démarré en 1859, porte sur la construction de la ligne Alger – Blida, qui a été ouverte en1862.

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

Entre 1907 et 1946 une troisième campagne d'investissement ajoute 1 614 km au réseau ferroviaire algérien.

Le 30 juin 1959 l'état français signe une convention pour crée la compagnie des chemins de fer français en Algérie (CCFA) qui devient après l'indépendance de l'Algérie en 1963 la SNCFA (Société Nationale des Chemins de Fer Algériens), 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 SNTF qui assure l'exploitation du réseau ferré algérien.
- La SNERIF chargé de la maintenance et de la construction des lignes ferroviaires.
- La SIF pour le développement du réseau ferré algérien.

En 1986, la crise financière poussera à la dissolution de la SNERIF et de la SIF dont les prérogatives sont reprises par la SNTF.

I.4 Avantage des chemins de fer :

Le transport ferroviaire possède un impact indéniable sur la croissance de la demande de transport. Il est le complément essentiel aux autres modes, Peu polluant, plus sûr, plus économique en termes d'énergie, il s'intègre parfaitement dans l'environnement, il joue un rôle indiscutable dans l'aménagement du territoire et le désenclavement des zones déshéritées. Dans la compétition des divers moyens de transport, le chemin de fer garde des atouts nombreux et importants et notamment ceux relatifs à :

- La régularité et la ponctualité.
- La rapidité et le confort, La sécurité, etc.…

Il est également reconnu comme un moyen de transport économique et quasi idéal ; à titre illustratif un train céréalier complet équivaut à 55 semi-remorques. A cela vient s'ajouter la préoccupation de la protection de l'environnement liée :

- À la congestion (routière/autoroutière).
- À la pollution (émission de CO2 à effet de serre).
- Aux dommages corporels et matériels (coûts élevés des accidents de la route).

La congestion des routes accroît la consommation d'énergie, amplifie les nuisances sur l'environnement et affecte l'efficacité économique des systèmes de transport.

A titre d'exemple, la proportion d'émissions totales de CO2, en Europe, en 1994, se décompose par sous-secteur de transport, comme suit : Route : 79 % ; Avion : 11 % ; Chemin de Fer : 4 % ; Autres moyens : 6 %.

En outre, le transport des marchandises dangereuses avec toutes les conséquences impliquées par route et par voie aérienne, trouve dans le rail le mode le plus approprié.

I.5 Conclusion :

Un grand pays avec une superficie immense comme l'Algérie doit avoir un réseau dense de chemins de fer malheureusement ce n'est pas le cas, donc l'amélioration de ce secteur est plus que nécessaire pour les investissements et l'augmentation des échanges entre les différentes régions du pays.

CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET

II. Présentation du projet

II.1 Introduction :

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

II.2 Présentation du site :

La zone d'étude se situe entre la commune de Boughezoul et celle de Ain-ouassara exactement à 88 km au nord de la ville de Djelfa. La ville de Djelfa, chef-lieu de wilaya est située dans les hauts-plateaux à environ 300 km au Sud d'Alger. Elle est considérée comme un point de transit reliant le nord au sud et l'est à l'ouest du pays.



Figure II-1 Plan de situation de la zone d'étude[1]

II.2.1 Situation géographique :

La wilayat de Djelfa considérée comme la porte du Sahara, elle occupe une place stratégique dans la relation entre le Nord et le Sud ; et s'étale sur les vastes plaines steppiques qui rattrapent le piémont sud de l'Atlas tellien et ses limités sont les wilayas suivantes :

- Médéa et Tissemsilt au Nord.
- Laghouat et Tiaret à l'Ouest.
- M'Sila et Ouled-djellal à l'Est.
- Ghardaïa et Ouargla au Sud.

[1] https://fr.wikipedia.org/wiki/A%C3%AFn_Oussara#/media/Fichier:Dz_-_17_-_A%C3%AFn_Oussara.svg

Dans ses limites administratives, La wilaya de Djelfa s'étend sur 32 256,35 km^2, elle comprend 12 Daïra, qui se décomposant en 36 communes avec une population de 1 491 370 habitants.

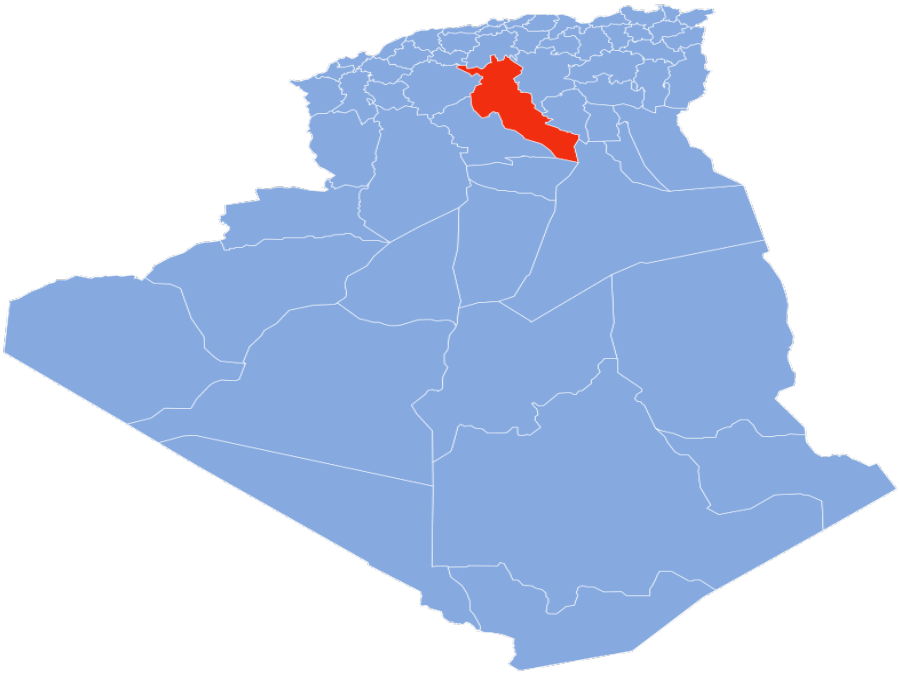


Figure II-2 Localisation de la Wilaya de Djelfa [2]

II.2.2 Relief :

La zone d'étude se situe dans la limite nord de la zone des hauts-plateaux, à une altitude moyenne de 690 mètres. Le relief de site étudie est globalement plate.

II.2.3 Climat :

Le climat de la wilaya de Djelfa est nettement semi-aride à aride. En effet, le climat est semi-aride dans les zones situées dans les parties du centre et du nord de la wilaya avec une moyenne de 200 mm à 350 mm d'eau de pluie par ans et aride dans toute la zone située dans la partie sud de la wilaya et qui reçoit moins de 200 mm d'eau de pluie en moyenne par ans.

II.2.4 Sismicité :

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

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

[2]https://fr.wikipedia.org/wiki/Wilaya_de_Djelfa#/media/Fichier:DZ-17_(2019).svg

II.3 Présentation du projet :

Le présent projet a pour objet l'étude d'APD (Avant-projet détaillé) de la ligne de chemin de fer Boughezoul– Djelfa exactement entre les points kilométriques (Pk122+700 et Pk 139+600) dans le cadre de la réalisation de la ligne ferroviaire Nord-Sud.

Le tracé constitue une nouvelle liaison ferroviaire entre Boughezoul et Djelfa avec une longueur d'environ 140 km, cette ligne est conçue comme ligne de Grande vitesse (LGV) sur voie normale, avec des caractéristiques géométriques selon les standards UIC.

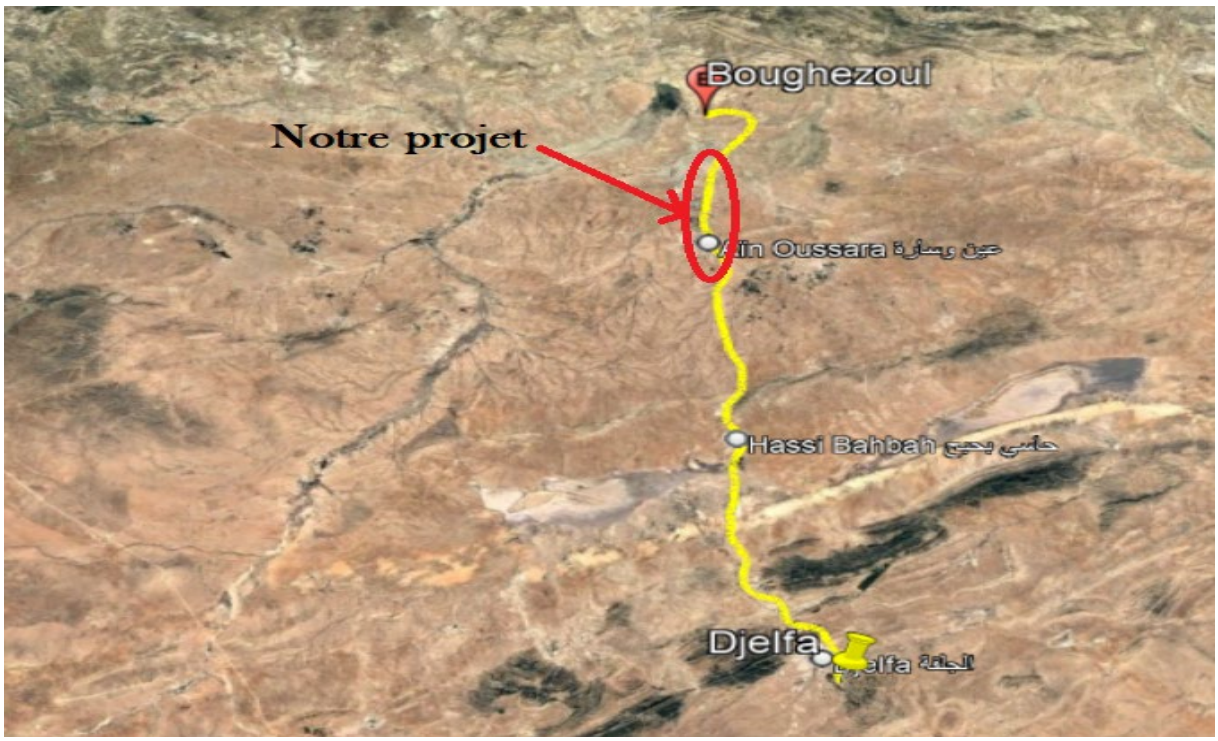


Figure II-3 Localisation du projet

Notre étude est définie du Pk122+700 au Pk 139+600, avec l'aménagement de la gare d'Ain-oussera.

II.3.1 Les caractéristiques du projet

- **Conditions de Base :**

Le tracé est conçu pour une ligne de chemin de fer à voie unique avec la possibilité de duplication dans le futur. Cependant, tous les ouvrages d'art comme les ponts rails, les ponts routes...etc. ont été dimensionnés pour une extension par une deuxième voie et une électrification ultérieure, pour éviter les problèmes d'élargissement de ces ouvrages et pour ne pas fermer la voie ultérieurement lors de l'extension.

- **Caractéristiques de Base :**

- Longueur 16+900km.

- Caractéristiques géométriques selon les recommandations de la SNTF et les standards UIC.
- Pont-rail et pont-route prévus pour double voie.
- Trafic mixte voyageurs et marchandises.
- Traction actuellement diesel, avec possibilité de future électrification.
- Gares de croisement conçues pour garer des trains dans le moment de croisement et des cas d'urgence.

II.3.1.1 Caractéristiques de la Voie

- **Ecartement :**

La voie normale sera construite à écartement normal e = 1435 mm sans sur écartement dans les courbes.

- **Gabarit :**

Le gabarit à dégager est celui des lignes à grande vitesse, c'est-à-dire le gabarit GC de l'UIC (Y compris future caténaire en 25 KV).

- **Charges à l'essieu :**

- Pleine voie 22.5 t.
- Ouvrages d'art 25t.

- **Vitesses :**

- Vitesse maximale 220 km/h.
- Trafic marchandises en plaine et en zone montagneuse : 100 km/h.

- **Plate-forme de voie :**

- La voie unique étant réalisée à son emplacement définitif avec une largeur de plate-forme en voie simple est fixée à 8m soit en déblais ou remblais et dans la gare de croisement est fixée à 13,8m.
- L'axe de la deuxième voie sera placé ultérieurement à 4,20 m de l'axe de la voie unique.

- **Gare de croisement :**

- La longueur utile de la ligne détournée est de 1200 m, tel qu'elle recommander par la SNTF.
- L'entraxe des voies est maintenu 4,20 m afin de faciliter la duplication de la voie dans le futur.

II.3.2 Superstructure

- **Rails :**

En pleine voie et en gares, rail UIC 60 E1 (60,21 kg/m).

- **Traverse :**

- Traverses monobloc M450NP en pleine voie et dans voies principale de gare.
- Traverses bi-bloc dans les voies de services.
- Traverses en bois pour les appareils de voie.

- **Attache :**

Attaches élastiques de type NABLA.

- **Semelle :**

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

- **Appareils de voie :**

Choisis dans la gamme ci-après :

- UIC-60 190-1 :7 avec une vitesse de 40 km/h.
- UIC-60 300-1 :9 avec une vitesse de 50 km/h.
- UIC-60 500-1 :12 avec une vitesse de 65 km/h.

II.4 Conclusion :

Le pays réalise actuellement un investissement majeur pour la relance de ce secteur, ce projet de ligne ferroviaire entraineront, par ailleurs, un renforcement des infrastructures de base qui est permettent également de désenclaver toutes les régions traversées par ces lignes, du nord au sud du pays et de l'est à l'ouest, tout en assurant leur développement.

CHAPITRE III : SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

III. Superstructure de la voie

III.1 Introduction :

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

Cet assemblage est nommée l'armement de la voie.

III.2 L'armement de la voie :

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

III.2.1 Le rail :

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

Pour favoriser le centrage des roues de train, les rails sont généralement inclinés par rapport au plan de roulement avec une pente de 1/20.

Le rail doit assurer les fonctions suivantes :

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

Le type de rail utilisé dans le projet entre « Boughezoul–Djelfa » est de type **Vignole UIC 60 E1.**

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

- Le patin qui s'appuie sur la traverse.
- Le champignon qui constitue la table de roulement.

- L'âme : c'est la partie verticale qui relie le champignon au patin.
- Table de roulement.

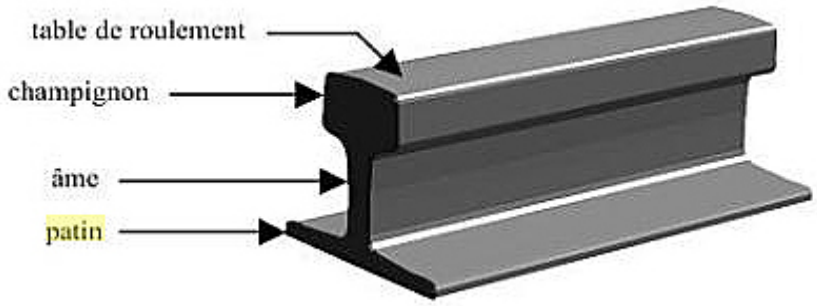


Figure III-1 les constituant de la section transversal de rail[3]

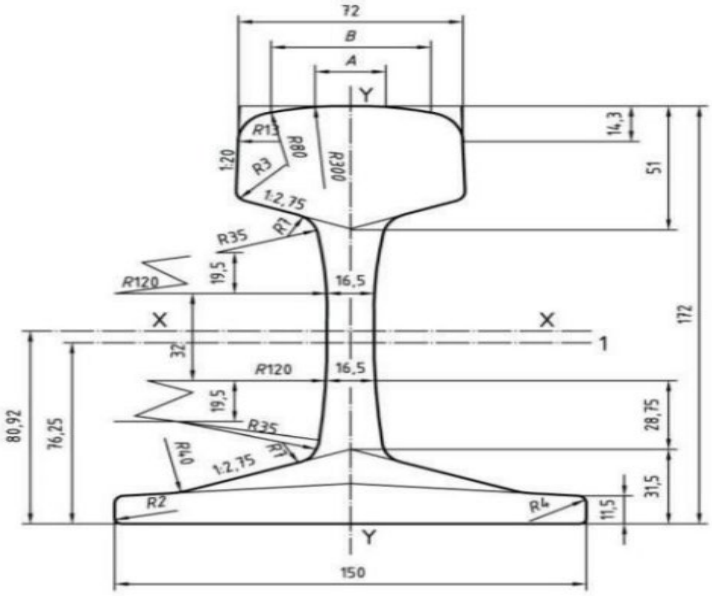


Figure III-2 Profil rail du type UIC60 E1[4]

III.2.1.1 Caractéristiques de rails du type UIC 60 E1

- Surface de la section : 76.70 cm².
- Masse par mètre : 60.34 Kg/m.
- Moment d'inertie, axe xx : 3038.3 cm^4.
- Module d'inertie champignon : 333.6 cm^3
- Module d'inertie patin : 375.5 cm^3
- Moment d'inertie axe yy : 375.5 cm^4.
- Module d'inertie axe yy : 512.3 cm^3.
- Hauteur totale : 172 mm.

[3] Construction de la LGV V.2 - FreeLUG
[4] 1: Vignole-rail profile (60 E1) [www.voestalpine.com] | Download Scientific Diagram (researchgate.net)

- Épaisseur Champignon : 72 mm.
- Épaisseur patin : 150 mm.
- Épaisseur âme : 16.5 mm.
- Dimension indicative B : 52.053 mm.
- Dressage : classe A.
- Nuance : 260 (carbone-manganèse).
- Dureté au milieu de la table de roulement entre 260 et 300 HBW.
- Résistance à la traction ≥ 880N/mm².
- Allongement : A ≥ 10%.

III.2.1.2 Assemblage des rails :

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

III.2.1.2.1 Eclisse :

Une éclisse est un composant de la voie ferrée, il s'agit d'une pièce métallique fixée par des boulons sur les rails, elle permet de faire la liaison entre deux rails consécutifs. Elles sont souvent utilisées à proximité des aiguillages.

III.2.1.2.2 Soudures :

Il y a deux types de soudures à savoir :

- La soudure électrique utilisée en atelier ou bien sur place aux niveaux de chantier qui permet de réaliser des longues barres soudées.
- La soudure aluminothermique réalisé en voie par réaction chimique très exothermique sur une charge de métal d'apport.

Les rails de notre projet sera fourni en barres de 18 m, lesquelles seront soudées électriquement en atelier pour permettre l'obtention d'une barre continue de longueur de 288 m (dites « LRS »).

Les barres avec 288 m seront transportées et seront liées entre elles par des soudures aluminothermiques en voie.

III.2.2 Les traverses :

En voie ferrées, les rails reposent sur un plancher constituer par les traverses, cette dernière pièce est posée en travers de la voie.

Il ne sera question que des traverses les plus utilisées en Algérie :

1. Les traverses en bois : utilise généralement au niveau des appareils de voie
2. Les traverses en béton :
   - **Bibloc** : deux blocs sont reliés par une entretoise en acier pour maintenir l'écartement.
   - **Monobloc** : poutre en béton précontrainte elle offre une meilleure résistance à la flexion que la traverse bibloc et une meilleure répartition des charges verticales (pas de poinçonnages).

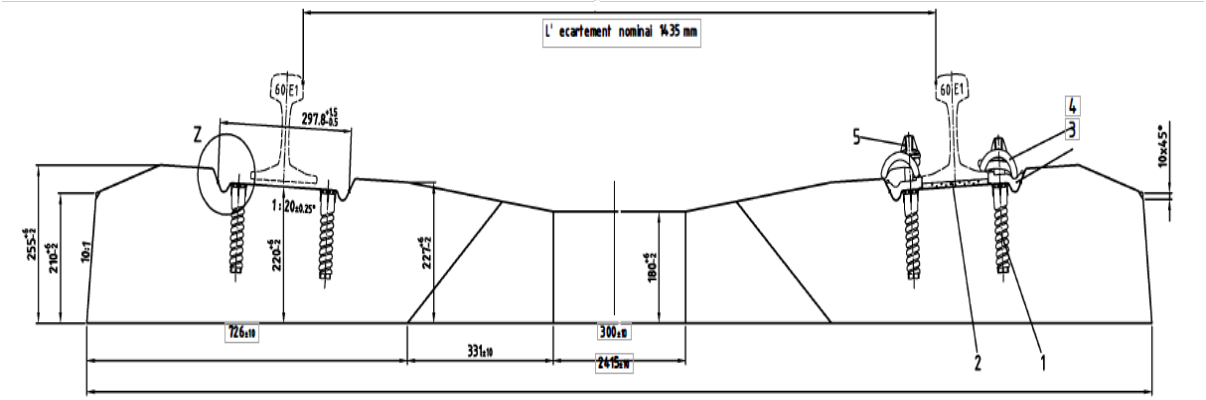


Figure III-3 **Traverse bibloc**

III.2.2.1 Rôle de traverse :

La transmission des efforts entre le rail et le ballast se fait par cette pièce qu'assure en même temps le maintien de l'écartement et l'inclinaison du rail 1/20.

III.2.3 Les attaches travers-rail :

Elles permettent la fixation du rail sur la traverse par l'intermédiaire du tire-fond, elles assurent à la fois une élasticité dans les sens verticale et horizontal, une semelle d élastomère cannelée de 9 mm d'épaisseur est posée entre le rail et la traverse afin d'assurer l'absorption des vibrations dans les rails.

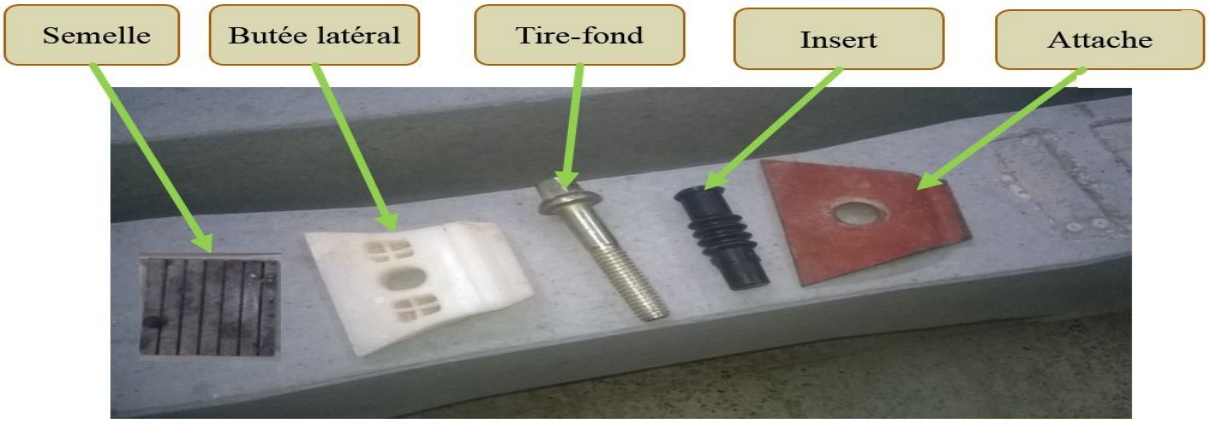


Figure III-4 **les composantes d'attache type nabla**

III.2.4 L'appareil de voie :

Pour passer d'une voie à l'autre, il faut implanter des branchements à commande électrique ou manuelle ; ils sont caractérisés par leur angle de déviation au cœur. L'appareil de voie ne pouvant pas être posés en dévers et aucune courbe de raccordement n'étant possible pour la voie déviée, leur rayon minimum doit être déterminé en fonction de la vitesse souhaitée, ce dernier est constitué de rails spéciaux (croissement de rail) et d'élément mobiles (aiguille). Les appareils de voie sont appelés aiguillage dans le langage courant :

Il existe trois catégories d'aiguilles :

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

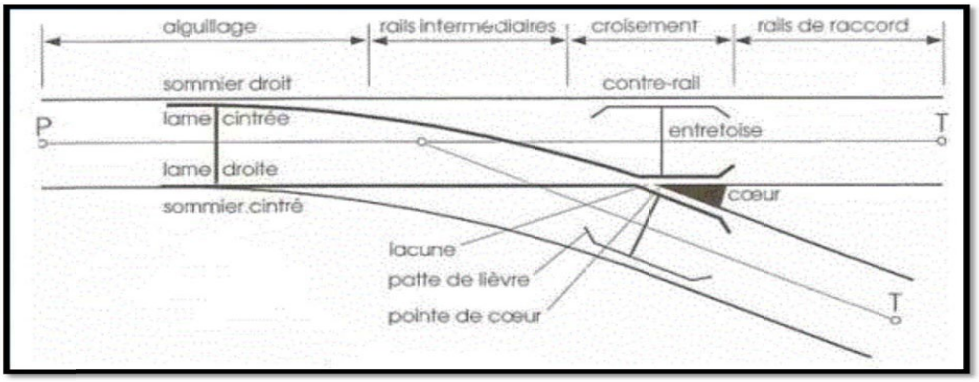


Figure III-5 Un branchement et ses éléments constitutifs.[5]

En général, les appareils de voie sont construits en atelier avant d'être installées à leur emplacement définitif, trois éléments constitutifs permettent de construire tous ces appareils :

- Aiguillage (la partie mobile).
- Le croisement proprement dit (qui comprend essentiellement le cœur de croisement).
- Une partie intermédiaire.

Tableau III-1 les caractéristiques d'appareils de voie qui j'utilise pour mon projet

Appareil de voie (1/n)	R (m)	a(m)	b(m)	C(m)	V (km/h)
1/12	500	20.797	22.684	22.684	**65**
1/9	300	16.616	17.922	19.922	**50**

[5] SNCF 2003, IN2915

	190	10.523	17.805	17.805	**40**
1/7	190	13.503	13.503	13.503	**40**

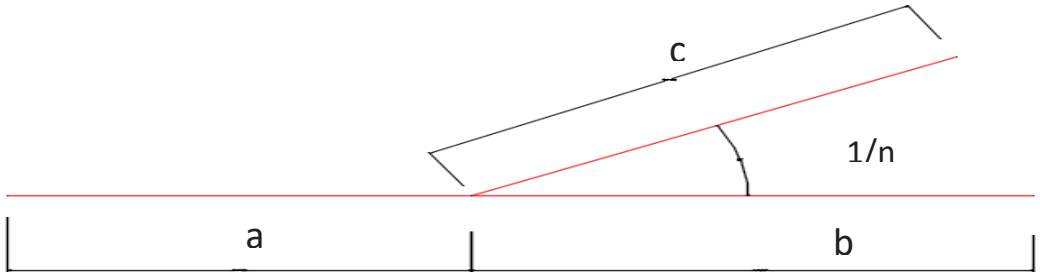


Figure III-6 schéma illustrative de l'appareil de voie

Remarque : dans le chapitre structure d'assise. Nous allons voire la plateforme, la sous couche, la couche de fondation et le ballast.

III.3 Conclusion :

Les couches d'assise sont constituées de plusieurs élément : le rail constituer le premier élément de contact entre le véhicule et la voie, la géométrie de sa section est justifiée pour permettre une bonne répartition des contraintes son rôle est de guidé le train et de repartir la charge sur plusieurs traverses .la traverse transmete les efforts entre le rail et le ballast.

CHAPITRE IV : TRACE EN PLAN

IV. Tracé en plan

IV.1 Introduction :

L'étude géométrique du tracé de la voie a pour but l'obtention d'un bon roulement des véhicules, il est donc indispensable de rechercher la meilleure forme géométrique de la voie et du tracé adopté, avec un choix du tracé le plus économique, et qui répond aux conditions et recommandations exigées par les normes internationales ferroviaires.

La surface de roulement de la voie est une conception dans l'espace, définie géométriquement par trois groupes d'éléments qui sont :

- L'axe en plan du tracé.
- Profil en long du tracé.
- Profil en travers du tracé.

IV.2 Normes et paramètres de conception géométrique :

Dans notre projet, la ligne est conçue comme ligne de grande vitesse (LGV) sur voie normale, avec des caractéristiques géométriques selon les normes techniques ferroviaires de l'UIC et les recommandations de la SNTF.

IV.3 Tracé en plan :

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

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

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

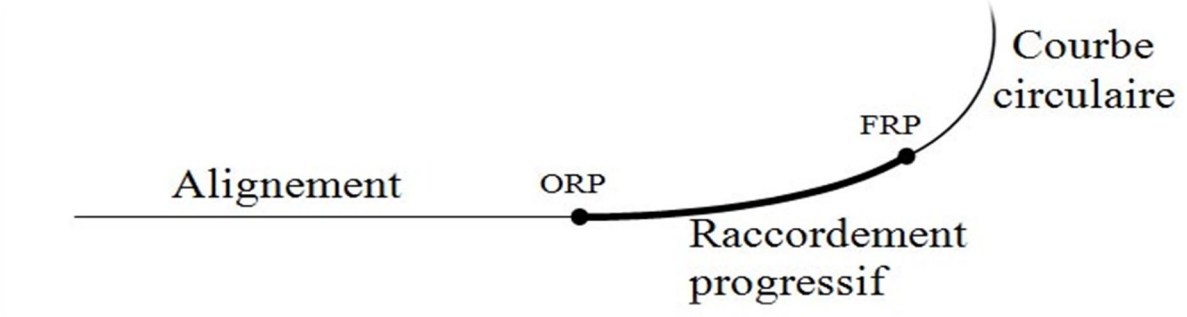


Figure IV-1 Les éléments de tracé en plan

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

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

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

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

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

-Terrains plastiques.

-Présence de roches fissurées.

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

- Sol très compressible.

IV.3.2 Caractéristiques géométriques :

Le but d'étude le chemin de fer est d'identifier un tracé le plus optimiser.

Tableau IV-1 vitesse des trains maximale

Vitesse voyageurs V_v	220 km/h
Vitesse marchandises V_m	100km/h

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

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

	Formule		Application	
	Normal	**Exceptionnel**	**Normal**	**Exceptionnel**
Dévers maximal d(mm)	-	-	**160**	**180**
Rmin= $\frac{11.8 \times Vmax^2}{dmax+Imax}$ (m)	$\frac{11,8 \times V_{max}^2}{dmax+I_{max}}$	$\frac{11,8 \times V_{max}^2}{dmax+I_{max}}$	**1842**	**1680**
Longueurs minimales des alignements (m)	$\frac{Vmax}{2}$	$\frac{Vmax}{3}$	**110**	**73**
Longueurs minimales des pleines courbes (m)	$\frac{Vmax}{2}$	$\frac{Vmax}{3}$	**110**	**73**
Insuffisance de dévers admissible I (mm)	-	-	**150**	**160**
Excès de dévers admissible E (mm)	-	-	**110**	**130**
Limite de la variation de dévers par rapport à la longueur dd/dl (mm/m)	$\frac{180}{Vmax}$	$\frac{216}{Vmax}$	**0,818**	**0,982**
Limite de la variation d'insuffisance de dévers dI/dl (mm/s)	-	-	**75**	**90**

IV.4 Application au projet :

Notre projet qui relie Boughezoul-Djelfa débute au Pk122+700 jusqu'au Pk 139+600 avec une longueur d'environ de 17 km.

Le tracé commence en alignement droite et se termine par une courbe de 4000m et une ligne droite à l'entrée de la gare de Ain-oussera, il se développe dans une extension de 16900 mètres et comprend 3 courbes horizontales avec des rayons entre 3000m et 5000m.

Selon la SNTF et pour une vitesse de 220km/h, le rayon minimal normale est de 1842m, donc tous les rayons du notre tracé doivent être supérieure au R_{min}=1842m.

On prend un exemple de calcul pour un rayon de 3000m pour juste illustrer les différentes étapes de calcul pour la détermination des divers et les différents paramètres du tracé en plan, et on va faire ensuite un tableau récapitulatif englobant toutes les caractéristiques géométriques de notre tracé.

IV.4.1 Application au projet pour R = 3000 m :

- **Dévers théorique:** $dth = \frac{11.8*Vmax^2}{R} = \frac{11.8*220^2}{3000} = 190.37$ mm.
- **Le coefficient de dévers:** $C = 0.006 \times V^2_{max} = 290.40$

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

$$0.5 < \frac{C}{0.0118 \times V^2 max} \leq 0.7$$, alors dans ce cas on prend c = 300.

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

$$dp = 1000 \times \frac{C}{R} = 1000 \times \frac{300}{3000} = 100 \text{ mm.}$$

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

- **Insuffisance de dévers :** $I = dth - dp = 190.37 - 100 = 90.37\ mm.$
- **Excès de dévers :** $E = dp - \frac{11.8*V^2 mar}{R} = 100 - \frac{11.8*100^2}{3000} = 60{,}67\ mm.$
- **La longueur de clothoïde :** $Lrp = \frac{dp}{\frac{dd}{dl}} = \frac{dp}{\frac{180}{Vmax}} = \frac{100}{0{,}818} = 122.22$mm.

On prend $L_{rp} = 130$mm.

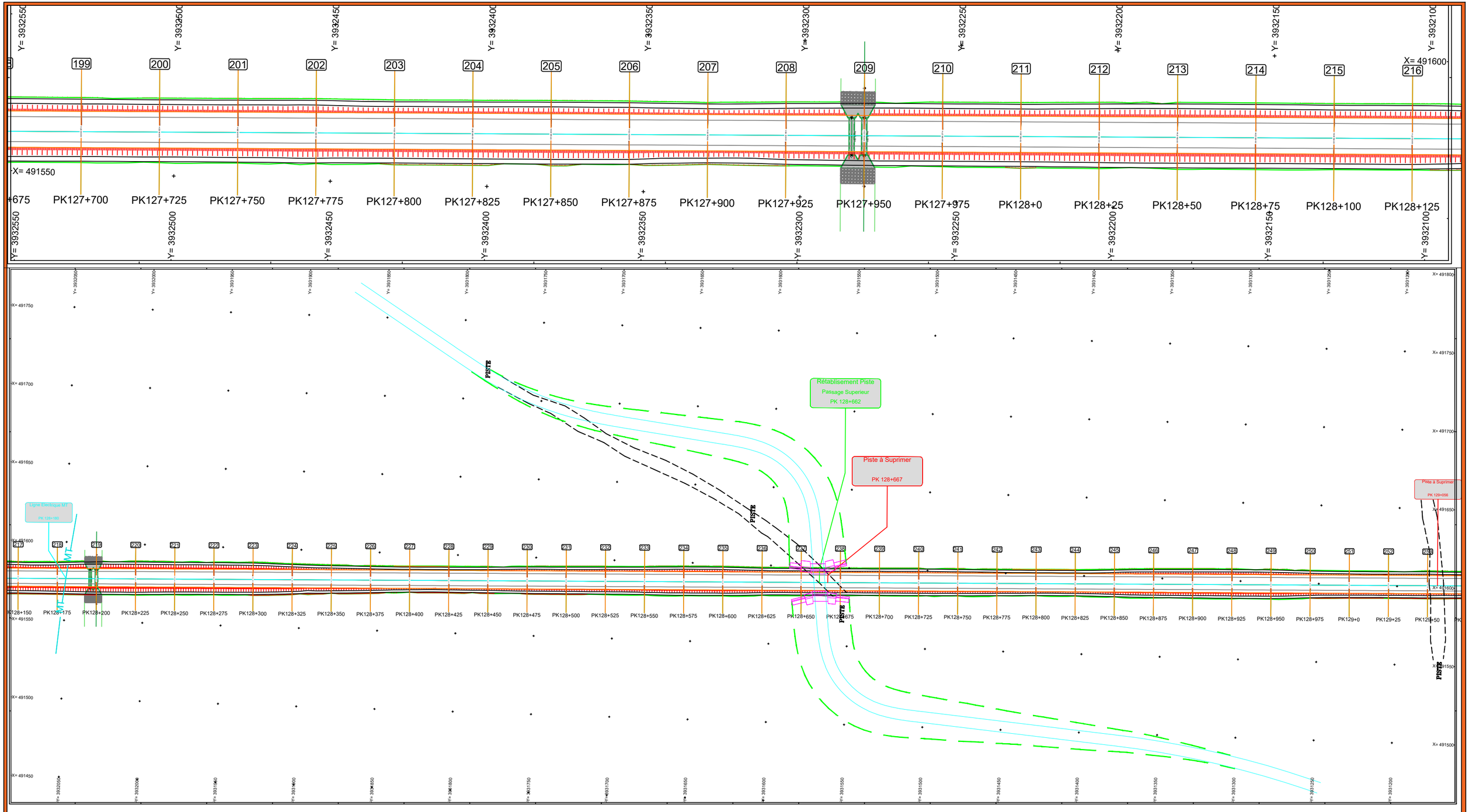
- **Limite de la variation de dévers par rapport à la longueur** : $\frac{dd}{dl} = \frac{100}{130} = 0{,}77$ mm/m.
- **La variation d'insuffisance de dévers** : $\frac{dI}{dt} = \frac{dI}{Lrp} \times \frac{Vmax}{3{,}6} = \frac{70{,}37 \times 220}{130 \times 3{,}6} = 42{,}48$ mm/s.

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

Tableau IV-3 Tableau récapitulatif des paramètres du tracé

Rayon (m)	Vitesse KM/H		dth (mm)	dp (mm)	dp adopté	I (mm)	E (mm)	Lrp (m)	Lrp adopté	dd/dL (mm/m)	dI/dt (mm/s)
	Voy	Mar									
-	-	-	$\frac{11.8 * Vmax^2}{R}$	$1000\times \frac{C}{R}$	-	dth-dp	$dp - \frac{11.8 * V^2 mar}{R}$	$\frac{dp}{\frac{dd}{dL}}$	-	$\frac{dp}{Lrp}$	$\frac{I * Vmax}{Lrp * 3,6}$
3000	220	100	190,37	100,00	100	90,37	60,67	122,22	130	0,77	42,48
5000	220	100	114,22	60,00	70	44,22	46,40	85,56	150	0,47	18,02
4000	220	100	142,78	75,00	80	62,78	50,50	97,78	150	0,54	25,58

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



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

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

PROJET DE FIN D'ETUDES	Titre	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N°Planche	Année universitaire
Étude en APD de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique BOUGHEZOUL-DJELFA sur le tronçon du PK 122+750 au PK139+600 avec aménagement de la gare de AIN-OUASSARA.	Tracé en Plan Du PK 127+675 au PK 129+075	HAMMADI Imam	KHELIF Aissa	1/1000 1/2000	1	2021 / 2022

CHAPITRE V : PROFIL EN LONG

V. Profil en long

V.1 Introduction :

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

V.2 Définition :

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

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

- **Profil en long du Projet :**

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

- **Déclivité :**

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

V.3 Eléments de composition du profil en long :

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

V.3.1 Choix des alignements droits :

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

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

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

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

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

- Eviter les terrassements inutiles.
- Equilibrer les remblais-déblais.
- Minimiser le mouvement des terres.
- Eviter d'introduire une pointe bas du profile en long dans une partie de déblais, qui risque de crées de contraintes à savoir :

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

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

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

Tableau V-1 les longueurs minimales des éléments de profile en long[6]

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

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

[6] REFERENTIELS TECHNIQUES SNTF

V.3.2 Choix des cercles :

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

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

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

Tableau V-2 Valeurs de Rayon vertical minimale[7]

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

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

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

Remarque :

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

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

V.4 Application au projet :

Le profil en long est pour sa plupart ascendant (dans le sens Boughezoul – Djelfa), (Figure V-1) avec une pente maximale de 16 ‰ à l'entrée de la gare d'Ain-oussera et une pente minimale de 0 ‰ dans la gare de croisement et dans la gare d'Ain-oussera.

[7] REFERENTIELS TECHNIQUES SNTF

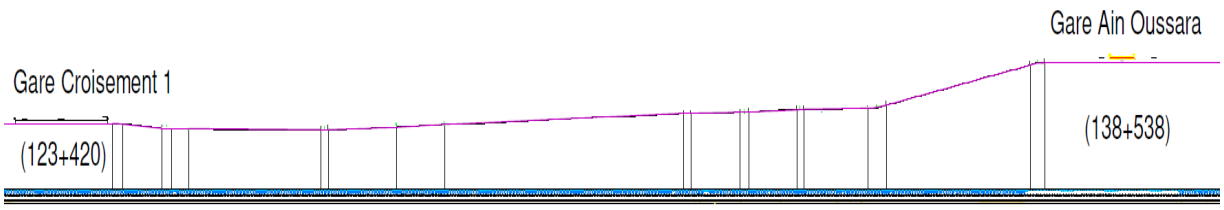


Figure V-1 Profil en long

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

Tableau V-3 Valeurs des paramètres de profil en long (SNTF)

		Formule		*Application*	
		Normal	***Exceptionnel***	***Normal***	***Exceptionnel***
Déclivité maximale	**L < 3000 m**	**-**	**-**	**16 ‰**	**18 ‰**
	3000 < L < 15000 m	**-**	**-**	**16 ‰ à 13 ‰**	**18 ‰ à 15 ‰**
	L > 15000 m	**-**	**-**	**13 ‰**	**15 ‰**
	Gares	**-**	**-**	**0**	**0**
Rayon minimal en raccordements verticaux (m)	**-**	**0.35V²**	**0.25V²**	**16940**	**12100**
La longueur minimale des pentes uniformes et des raccordements en profil en long (m)	**-**	**V/2**	**V/2,5**	**110**	**88**

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

1) Remarque :

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

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

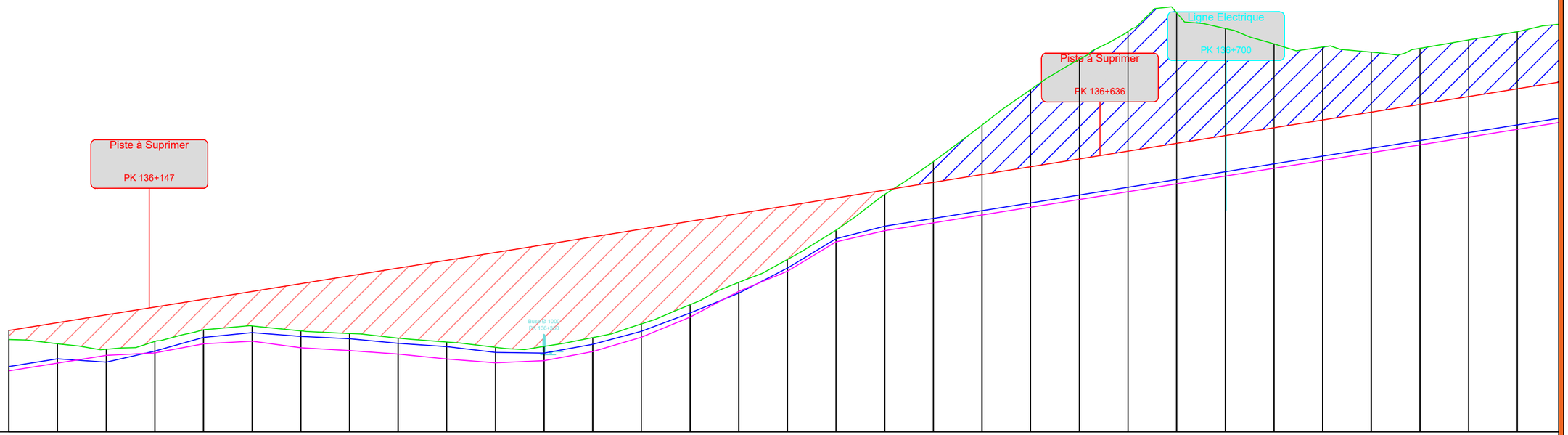
V.5 Les contraintes le long du tracé :

- Lignes d'électricités de moyen tension (MT) au PK 124+016 et PK 128+180 et PK 133+447 et PK 134+317 et PK 136+700 et PK 139+065.
- Rétablissements piste passage supérieur PK 125+055 et PK128+661 et PK 134+592.
- Intersection avec CW140 au PK 137+367 (passage inférieur) Ain Oussera vers birine.
- Conduites de gaz au PK 134+436 et PK 137+269.

V.6 Conclusion :

On peut conclure que la constitution du profil en long est la tâche la plus importante par laquelle on peut évaluer un projet ferroviaire, soit sur le plan économique, soit sur le plan technique en voyant les déclivités, la coordination entre le tracé en plan et le profil en long et l'emplacement des gares.

Dans le chapitre suivant, nous parlons dans le prochain chapitre à propos de l'étude hydraulique et hydrologique.


Piste à Suprimer
PK 136+147
Piste à Suprimer
PK 136+636
Ligne Electrique
PK 136+700
Buse Ø 1000
PK 136+320

PC : 675.00 m

| | | |

CHAPITRE VII : ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE

VI. Etude hydrologique et hydraulique

VI.1 Introduction :

La création d'une nouvelle ligne a perturbé le flux hydraulique. Alors, il faut assurer la continuité des débits des cours d'eau en dimensionnant suffisamment les ouvrages hydrauliques. D'autre part, la protection de la plate-forme nécessite un bon drainage.

L'approche méthodologique préconisée pour la mission hydrologie et hydraulique du projet de la nouvelle ligne de chemin de fer reliant Boughezoul– Djelfa sur Pk122+700 et Pk 139+600 a pour objectif la détermination des débits de crues, avec un période de retour de 10, 20, 50 et 100 ans, de tous les oueds et affluents croisant la ligne projetée de chemin de fer, ainsi que la détermination des ouvrages hydrauliques appropriés pour contenir ces débits d'apport par rapport à la saturation de ces équipements hydrauliques.

Les étapes suivies pour l'exécution de cette mission sont résumées comme suit :

1- Collecte et analyse des documents et études hydrologiques de la région

2- Collecte et analyse des cartes topographiques qui couvrent la zone du projet.

3- Collecte auprès de l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH) des données de base de la zone du projet :

Pluviométrie : - pluies journalières maximale.

- lois intensité-durée-fréquence (IDF), représentatives des régimes pluviométriques de la région de l'étude.

4- Utilisation des cartes topographiques pour l'identification des tracés des oueds traversant la ligne ferroviaire et délimitation des bassins versants.

5- Calcul des paramètres physiques et géomorphologiques des bassins versants : surface, périmètre, indices de pente, indice de compacité, longueur du thalweg, temps de concentration.

6- Évaluation des débits de crues avec un période de retour de 10, 20, 50 et 100 ans, en se basant sur l'application de la méthode rationnelle, nécessaires au dimensionnement des ouvrages hydrauliques, ponts et ponceaux.

7- Évaluation des débits de saturation pour chaque type d'ouvrage hydraulique en se basant sur

la section mouillée, la vitesse d'écoulement et la rugosité de l'ouvrage.

8- Le dimensionnement les ouvrages hydrauliques longitudinale et transversale.

VI.2 Etude hydrologique :

D'une façon très générale, l'hydrologie peut se définir comme l'étude du cycle de l'eau et l'estimation de ses différents flux.

La région d'étude est située au centre - nord de l'Algérie. Le tracé de la ligne de chemin de fer Boughezoul – Djelfa traverse le long de son parcours de nord au sud, les sous bassins hydrographiques :

- Sous bassin versant de l'oued Cheliff (BV 01).
- Sous bassin versant de l'oued Zahrez (BV 17).

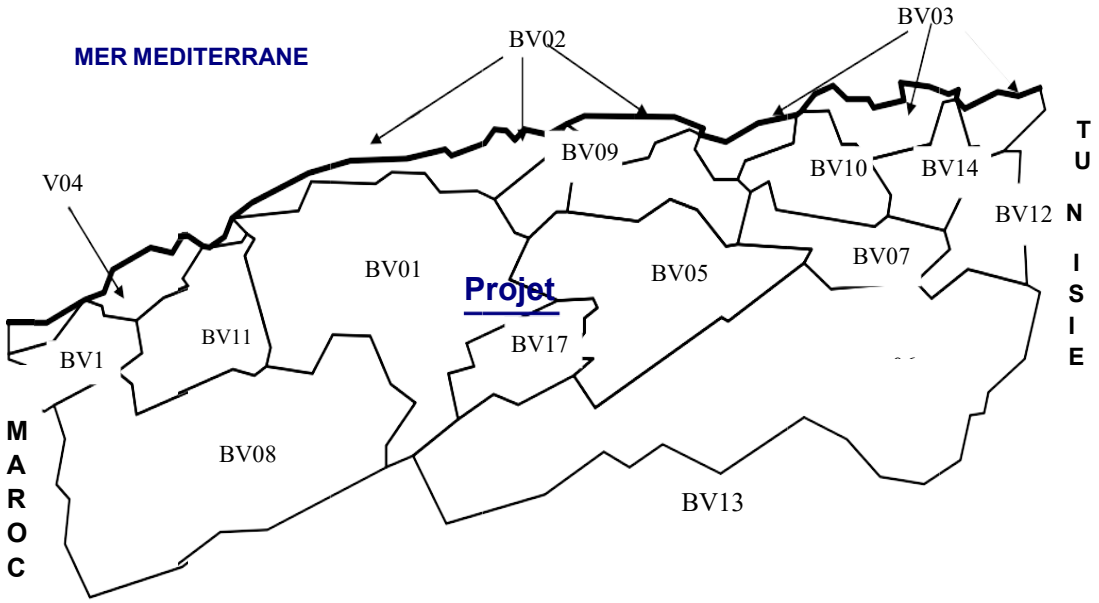


Figure VI-1 Carte de situation de la région d'étude

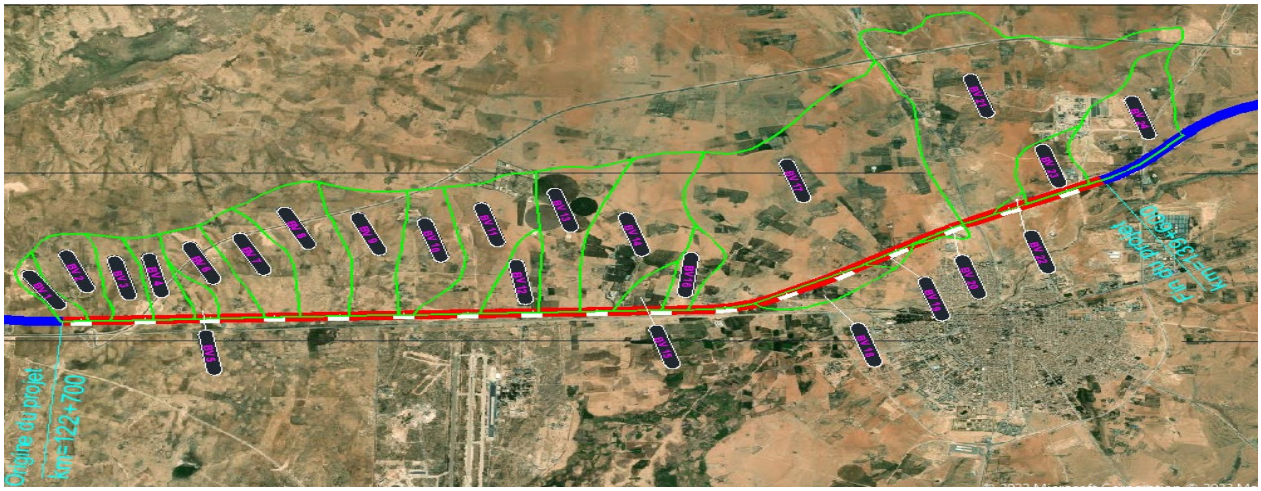


Figure VI-2 La délimitation des bassins versants

VI.2.1 Caractéristiques morphologiques des bassins versants :

La détermination des caractéristiques des bassins versants consiste à calculer, ou évaluer, les paramètres explicatifs, indispensables à l'évaluation des débits de crues. Les paramètres physiques peuvent être calculés, sans grandes difficultés, avec une précision satisfaisante.

La superficie (S) des bassins, exprimées en km2, est déterminée avec une précision acceptable, la délimitation des lignes de partage des eaux est faite sur les cartes d'état-major au 1/25 000.

- Les caractéristiques des paramètres de bassins versants des oueds traversant la nouvelle voie ferrée sont données par le tableau récapitulatif si dessous :

Avec :

- S (km2) : Surface.
- P (km) : Périmètre.
- L (km) : Longueur du cours d'eau principal.
- Kc : Indice de compacité.
- TC (h) : Temps de concentration en heures.
- Hmax(m) : Altitude max.
- Hmin(m) : Altitude min.
- Hmoy(m) : Altitude moyenne.
- Dh [m] : différence entre l'altitude maximale et minimale du bassin.
- P [m/m] : pente du talweg principal → P [m/m] = $\frac{\text{Dh [m]}}{\text{L [m]}}$.

Tableau VI-1 Caractéristiques morphologiques des bassins versants

N, ° du BV	PK	S [km2]	P [km]	L [km]	Kc	H,max [m]	H,min [m]	H,moy [m]	Dh [m]	P [m/m]
1	122+950	0,61	4,25	1,43	0,08	670,00	653,00	661,50	17,00	0,012
2	123+325	1,56	5,41	1,91	0,19	675,00	653,00	664,00	22,00	0,012
3	123+550	1,22	5,38	1,55	0,15	675,00	653,00	664,00	22,00	0,014
4	124+575	1,07	5,32	1,70	0,13	675,00	651,00	663,00	24,00	0,014
5	124+975	0,41	3,53	0,79	0,06	655,00	651,00	653,00	4,00	0,005
6	125+750	1,56	6,12	2,23	0,18	670,00	649,00	659,50	21,00	0,009
7	126+325	2,07	6,55	2,26	0,23	665,00	649,00	657,00	16,00	0,007
8	126+500	3,11	8,47	2,50	0,30	670,00	648,00	659,00	22,00	0,009
9	127+275	2,78	8,43	2,65	0,27	670,00	648,00	659,00	22,00	0,008
10	127+950	2,29	7,11	2,16	0,24	670,00	649,00	659,50	21,00	0,010
11	128+200	3,21	9,57	2,20	0,29	670,00	649,50	659,75	20,50	0,009
12	129+625	1,16	5,21	1,09	0,14	670,00	652,00	661,00	18,00	0,017
13	130+225	2,88	9,35	2,09	0,26	660,00	653,00	656,50	7,00	0,003
14	130+800	4,47	9,75	3,24	0,40	675,00	654,00	664,50	21,00	0,006
15	131+325	0,60	3,51	0,76	0,09	660,00	657,00	658,50	3,00	0,004
16	132+275	0,93	4,81	1,78	0,12	668,00	656,50	662,25	11,50	0,006
17	132+750	15,44	17,39	6,24	1,04	710,00	657,00	683,50	53,00	0,008
18	133+650	0,78	4,62	1,20	0,10	663,00	660,00	661,50	3,00	0,003
19	135+425	0,22	2,23	0,50	0,04	670,00	664,00	667,00	6,00	0,012
20	136+350	0,13	2,17	0,50	0,02	700,00	680,00	690,00	20,00	0,040
21	137+550	11,30	17,05	7,68	0,77	740,00	680,00	710,00	60,00	0,008
22	137+808	0,11	1,55	0,43	0,02	710,00	690,00	700,00	20,00	0,047
23	138+900	1,23	4,92	1,26	0,16	711,00	699,00	705,00	12,00	0,010
24	139+575	3,14	7,97	3,30	0,31	741,00	701,00	721,00	40,00	0,012

VI.2.2 Caractéristiques climatiques et pluviométriques :

VI.2.2.1 Climat :

Le climat de la région est de type méditerranéen, avec des étés très chaud et secs, et des hivers humides et froid, règne dans cette région.

VI.2.2.2 Les précipitations :

Les données de la région d'étude ont été recueillies auprès de l'agence nationale des ressources en eau (A N R H) et de l'office national de la météorologie (O N M).

Dans cette partie on s'intéresse en particulier :

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

VI.2.2.2.1 Pluies annuelles :

La pluie annuelle moyenne dans la région est comprise entre 200 et 300 mm d'après la carte des pluies de l'Algérie du Nord de l'ANRH.

Dans le tableau suivant nous présentons les pluies annuelles des stations disponibles dans la région pour différentes fréquences.

Tableau VI-2 pluies annuelles (mm)

Période de retour	Fréquence	Ain Oussera
10ans	0,9	361,57
20ans	0,95	400,41
50ans	0,98	400,41
100ans	0,99	484,86

VI.2.2.2.2 Précipitations journalières :

Les pluies maximales journalières de rares fréquences sont des pluies génératrices des crues d'importants débits, contre lesquels il faut protéger les différents ouvrages hydrauliques.

La protection contre les dégâts des eaux nécessite de s'intéresser aux pluies journalières maximales annuelles. Dans le tableau suivant nous présentons les pluies maximales journalières des stations de la région pour différentes fréquences.

Tableau VI-3 pluies maximales journalières (mm)

Période de retour-T (ans)	Fréquence	Ain Oussera
10	0.9	48,27
20	0,95	55,45
50	0,98	64,74
100	0,99	71,70

VI.2.3 Le temps de concentration « tc » :

Le calcul du temps de concentration a une grande influence sur l'évaluation des débits des crues, ce temps caractéristique d'un bassin versant dépend de l'étendue, de la forme et de la pente

du bassin versant. Pour le calcul des temps de concentration des bassins versants on a utilisé la formule Temez.

La formule de Temez : $T_c = 0.3 \left(\frac{L}{I^{0.25}}\right)^{0.76}$.

- T_c : Temps de concentration en heure.
- I (%) : Pente moyenne du bassin versant en (m/m).
- L : Longueur du cours d'eau principal en km.

VI.2.4 Calcul de l'intensité de pluie :

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

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

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

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

Période de Retour – T (ans)	$I = a T_c^{\,b}$	
	a	b
10	727,37	-0,810
20	835,53	-0,810
50	975,54	-0,810
100	1080,47	-0,810

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

L'intérêt de la détermination du débit maximal d'un cours d'eau est évident en raison des effets destructeurs bien connus de ces événements hydrologiques.

Le calcul des débits de pointe de crue (de période de retour de 10, 20, 50 et 100 ans) est effectué à travers l'utilisation de la méthode rationnelle, se basant sur les données pluviométriques. Cette méthode est utilisée pour les superficie inférieures à 25 km^2.

A. La méthode rationnelle :

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

Autrement dit, le temps mis par une crue pour atteindre son débit maximal, sous une pluie d'intensité constante est le temps mis par une goutte d'eau tombant sur le point le plus éloigné de l'exutoire du bassin versant pour atteindre celui-ci.

La formule rationnelle permet de calculer le débit maximal associé à une certaine période de retour. L'application de la formule Rationnelle présuppose que soient admis des rapports linéaires entre le débit maximal et la zone drainante, et entre le débit maximal et l'intensité de la pluie avec durée [D], égale au temps de concentration [tc], intensité de la pluie constante dans l'intervalle de temps D = tc et que la précipitation et le débit aient la même fréquence ou période de retour.

Ainsi, le débit de pointe d'un bassin versant est calculé par la relation suivante :

$$Q_A = \frac{C.I.A}{3.6}$$

Dans laquelle :

- Q_A: Débit de crue de fréquence déterminée en m^3/s.
- C : Coefficient de ruissellement.
- I : Intensité de pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration en (mm/h).
- A : Surface du bassin versant en (km^2).

- **Le coefficient de ruissellement :**

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

- La nature du sol.
- L'état de végétalisation sur la terre écoulée.
- Dépendant de la pente du bassin versant.

$$C=\frac{\text{hauteur d'eau ruisselée en mm}}{\textit{hauteur d'eau précipité en mm}}*100$$

- **Choix du coefficient de ruissellement :**

Tableau VI-5 valeur de coefficient de ruissellement

Nature du BV	Cr
Bois	0,1
Prés, champs cultivés	0,2
Terrains nus	0,5

Rochers	0,7
Routes sans revêtement	0,7
Routes avec revêtement	0,9
Villages, toitures	0,9

La valeur adoptée de notre projet associé à la période de retour centennal est : C = 0,38.

VI.2.5.1 Résultats de calcul des débits par la méthode rationnelle :

Les débits de pointes calculés par la méthode rationnelle pour une période de retour centennale, et cela pour les bassins versants dont la superficie est inférieure ou égale à 25Km² sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau VI-6 Résultats de calcul des débits par la méthode rationnelle

BV	AIRE [Km2]	Coefficient de Ruissellement	L [Km]	Dh [m]	P [m/m]	tc [h] Temez	I100 [mm/h]	Q100 [m3/s]
1	0,61	0,38	1,43	17,00	0,012	0,91	42,31	2,67
2	1,56	0,38	1,91	22,00	0,012	1,14	35,25	5,73
3	1,22	0,38	1,55	22,00	0,014	0,94	41,22	5,24
4	1,07	0,38	1,70	24,00	0,014	1,01	38,89	4,33
5	0,41	0,38	0,79	4,00	0,005	0,69	52,95	2,26
6	1,56	0,38	2,23	21,00	0,009	1,35	30,74	5,00
7	2,07	0,38	2,26	16,00	0,007	1,43	29,34	6,33
8	3,11	0,38	2,50	22,00	0,009	1,47	28,69	9,30
9	2,78	0,38	2,65	22,00	0,008	1,57	27,20	7,88
10	2,29	0,38	2,16	21,00	0,010	1,29	31,90	7,61
11	3,21	0,38	2,20	20,50	0,009	1,34	30,93	10,34
12	1,16	0,38	1,09	18,00	0,017	0,69	52,95	6,40
13	2,88	0,38	2,09	7,00	0,003	1,58	27,06	8,12
14	4,47	0,38	3,24	21,00	0,006	1,94	22,92	10,67
15	0,60	0,38	0,76	3,00	0,004	0,70	52,33	3,27
16	0,93	0,38	1,78	11,50	0,006	1,23	33,15	3,21
17	15,44	0,38	6,24	53,00	0,008	3.02	16.01	25.76
18	0,78	0,38	1,20	3,00	0,003	1.04	37.98	3.09
19	0,22	0,38	0,50	6,00	0,012	0.41	80.71	1.85
20	0,13	0,38	0,50	20,00	0,040	0.33	96.23	1.30
21	11,30	0,38	7,68	60,00	0,008	3.54	14.08	16.57
22	0,11	0,38	0,43	20,00	0,047	0.28	109.93	1.26
23	1,23	0,38	1,26	12,00	0,010	0.86	44.30	5.68
24	3,14	0,38	3,30	40,00	0,012	1.72	25.27	8.26

VI.3 Etude Hydraulique :

VI.3.1 Introduction :

L'eau est un élément qui peut avoir des effets dégradables sur le projet, car il menace le comportement et la vie de la voie ferrée donc le tracé ferroviaire projeté perturbe les écoulements naturels d'eau.

Il est nécessaire pour cela de ne pas leur faire barrage, et de les évacuer vers un exutoire en dehors de l'emprise de la voie.

VI.3.2 Dimensionnement des ouvrages transversaux :

VI.3.2.1 Méthode de MANNING STRICKLER

Le principe général consiste à vérifier que le débit à évacuer correspondant à une pluie centennale est inférieur au débit maximal supporté par de l'ouvrage choisi, tout au long de l'écoulement. Ce critère permet d'assurer que la voie reste en bon état lors d'un événement pluvieux centennale. D'autre part, le dimensionnement doit assurer que les vitesses soient inférieures à 4 m/s dans les ouvrages bétonnés.

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

$$Qs = K_s \, S_m \, Rh^{2/3} \, I^{1/2}$$

- I : Pente longitudinale de l'ouvrage (m/m).
- Rh : Rayon hydraulique = $\frac{section \text{ mouillé}}{\text{Périmètre mouillé}}$.
- S_m : Section mouillée de l'ouvrage b x Hu (m^2).
- b : Largeur de l'ouvrage (m).
- Hu : Hauteur utile (m).
- H_t : Hauteur totale (m).
- Ks : Coefficient de rugosité ; Pour le béton Ks=70**.**

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

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

➢ **Pré dimensionnement du dalot :**

1. $\mathbf{R_h} == \frac{\mathbf{Sm}}{\mathbf{Pm}} = \frac{0.8Ht \times b}{1.6Ht+b}$ → $\mathbf{Q_a = Q_s} = K_s * I^{\frac{1}{2}} * 0.8H_t * b * (\frac{0.8Ht \times b}{1.6Ht+b})^{\frac{2}{3}}$.

Après calcul itérative. On tire H_t → $Ht_{i+1} = (\frac{Qa}{Ks \times I^{\frac{1}{2}} \times b})^{\frac{3}{5}} * (\frac{1+1.6 \times \frac{Ht_i}{b}}{0.8})^{\frac{2}{5}}$.

2. Le critère d'arrêt $Ht_{i+1} - Ht_i < 10^{-3}$.

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

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

Pour vérifier ces conditions il faut vérifier :

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

➢ **Exemple de calcul pour Buse Ø1200 :**

- $\boldsymbol{Vps} = \frac{\mathbf{Qps}}{\mathbf{Sps}} = \frac{4,356}{1,13} = 3,84 m/s$ **< 4 m/s.**

- Pour $\frac{\mathbf{Qa}}{\mathbf{Qps}}$ **= 0.1** on a $\frac{\mathbf{V}}{\mathbf{Vps}} = 0.64$ → V = Vps × 0.638 = **2,45 m/s > 0.6 m/s.**

- Pour $\frac{\mathbf{Qa}}{\mathbf{Qps}}$ **= 0.01** on a $\frac{\mathbf{V}}{\mathbf{Vps}} = 0.32$ → V = Vps × 0.0945 = **0,363 m/s > 0.3 m/s.**

Tableau VI-7 Liste globale des ouvrages à projeter

Exutoire au PK	Ouvrage	Sm (m^2)	Pm (m)	Rh (m)	I (m/m)	Q $_{projet}$(100) m^3/s	Qs m^3/s	Vps (m/s)	Si Q=0.1Qp alors V > 0.6m/s	Si Q=0.01Qps Alors V > 0.3 m/s
122+950	Buse Ø1200	1,13	3,77	0,30	0,015	2,67	4,35	3,84	2,45	0,363
123+325	Buse Ø1500	1,77	4,71	0,38	0,01	5,73	6,43	3,64	2,32	0,344
123+550	Buse Ø1500	1,77	4,71	0,38	0,01	5,24	6,43	3,64	2,32	0,344
124+575	Buse Ø1500	1,77	4,71	0,38	0,01	4,33	6,43	3,64	2,32	0,344
124+975	Buse Ø1500	1,77	4,71	0,38	0,01	2,26	6,43	3,64	2,32	0,344
125+750	Buse Ø1500	1,77	4,71	0,38	0,01	5	6,43	3,64	2,32	0,344
126+325	Buse Ø1500	1,77	4,71	0,38	0,01	6,33	6,43	3,64	2,32	0,344
126+500	2 Buse Ø1500	1,77	4,71	0,38	0,01	9,3	12,87	3,64	2,32	0,344
127+275	3 Buse Ø1200	1,13	3,77	0,30	0,015	7,88	13,04	3,84	2,45	0,363
127+950	2 Buse Ø1500	1,77	4,71	0,38	0,01	7,61	12,87	3,64	2,32	0,344
128+200	2 Buse Ø1500	1,77	4,71	0,38	0,01	10,34	12,87	3,64	2,32	0,344
129+625	2 Buse Ø1200	1,13	3,77	0,30	0,015	6,4	8,69	3,84	2,45	0,363
130+225	2 Buse Ø1500	1,77	4,71	0,38	0,01	8,12	12,87	3,64	2,32	0,344
130+800	3 Buse Ø1200	1,13	3,77	0,30	0,015	10,67	13,04	3,84	2,45	0,363
131+325	Buse Ø1500	1,77	4,71	0,38	0,01	3,27	6,43	3,64	2,32	0,344
132+275	Buse Ø1200	1,13	3,77	0,30	0,015	3,21	4,35	3,84	2,45	0,363
132+750	2 DALOT 2.5 X 2	4,10	5,70	0,72	0,005	25.76	32,58	3,97	2,54	0,376
133+650	Buse Ø1500	1,77	4,71	0,38	0,01	3.09	6,43	3,64	2,32	0,344
135+425	Buse Ø1200	1,13	3,77	0,25	0,015	1.85	4,35	3,84	2,45	0,363
136+350	Buse Ø1000	0,79	3,14	0,38	0,015	1.30	2,67	3,40	2,17	0,322
137+550	DALOT 2.5X 3	5,00	7,00	0,71	0,005	16.57	19,78	3,96	2,52	0,374
137+808	Buse Ø1200	1,13	3,77	0,30	0,015	1.26	4,35	3,84	2,45	0,363
138+900	Buse Ø1200	1,13	3,77	0,38	0,01	5.68	8,69	3,84	2,45	0,363
139+575	Buse Ø1500	1,77	4,71	0,25	0,01	8.26	12,87	3,64	2,32	0,344

Remarque : les conditions d'auto curages sont vérifiées.

VI.3.3 Ouvrages d'assainissement longitudinaux :

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

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

VI.3.4 Dimensionnement des fossés

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

$$Qs = Ks \times R_h^{2/3} \times S_m \times I^{1/2}$$

Où

- La surface mouillée : $Am = (b + z \times h) \times h$.
- Le rayon hydraulique : $Rh = Sm/Pm$
- Le périmètre mouillé $Pm = b + 2h.\sqrt{1 + z^2}$.
- Z la pente des berges.

Les hypothèses suivantes ont été émises pour le dimensionnement :

- Coefficient de rugosité Strickler Ks = 75 (correspondant à des fossés consolidés, revêtement en béton grossier).
- La déclivité longitudinale des fossés en zone de déblai est identique à celle du profil en long de la voie.
- Forme de construction.
- Profil trapézoïdal avec une pente du talus (H/V) 3/2.
- Le débit à évacuer qui est la somme des 3 débits La plate-forme, les bermes et les talus : Qa=Qpf+Qb+Qt.
- Le calcul des débits se fait dans le cas le plus défavorable, où il y a un remblai ou un déblai qui s'étend une grande longueur avec une hauteur importante.

Chaque débit est déterminé en utilisant la méthode rationnelle :

$$\mathbf{Q_A = \frac{C \,.I \,.A}{3.6}}$$

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

VI.3.4.1 Application de notre projet :

Le système de drainage longitudinal a été dimensionné pour une période de retour de 20 ans (a=835.526, b=-0.81).

Tableau VI-8 Calcul des débits à évacuer dans le cas de remblai et déblai.

		CAS REMBLAI	CAS DEBLAI
		Le cas plus défavorable : Longueur= 3275 m Htalus= 8 m Berme = 0.7 m Largeur de la plateforme= 6.8 m	**Le cas plus défavorable : Longueur= 1719 m Htalus= 16 m Berme = 0.6 m Largeur de la plateforme= 6.8 m**
Plateforme	**Cr**	0.7	0.7
	P(m/m)	0.04	0.04
	A(Km²)	0.02227	0.011684
	Tc(h)	0.09476	0.068639
	I (mm/h)	177.622	230.136
	Qpf (m^3/s)	**0.759**	**0.523**
Talus	**Cr**	0.5	0.5
	P(m/m)	1/2	3/2
	A(Km²)	0.04723	0.0614711
	Tc(h)	0.03903	0.038564
	I (mm/h)	365.106	365.33
	QT (m^3/s)	**2.395**	**3.119**
Bermes	**Cr**	0.5	0.5
	P(m/m)	0.04	0.04
	A(Km²)	0.00229	0.001203
	Tc(h)	0.03039	0.022025
	I (mm/h)	447.137	580.351
	QT (m^3/s)	**0.142**	**0.097**
Q_a (m^3/s) (totale)		**Qpf+QB+QT= 3.296**	**Qpf+QB+QT= 3.739**

Remarque : notre plateforme est disposée sous forme de chapeau chinois avec une largeur à gauche de 6.8m et 1.2m à droite. Donc nous devons faire le dimensionnement de fossé gauche puisque représente le cas plus défavorable.

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

Tableau VI-9 dimensionnement du fossé proposé

B	H	z	$S_m(m^2)$	$P_m(m)$	R_h	K_s	I(m/m)	$Q_s(m^3/s)$
0.6	0.6	1.5	0.90	2.76	0.33	65	0.02	3.951

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

$$Qa < Qs$$

En conclusion, les types des fossés adoptés pour notre projet de forme trapézoïdal (b=0.6m, h=0.6 m, pente=3/2 H/V).

VI.4 Conclusion

Une bonne étude hydraulique est primordiale dans un projet ferroviaire car elle assure la pérennité de la voie.

En matière d'assainissement, les ouvrages hydrauliques ont été surdimensionnés pour assurer la pérennité des ouvrages et faire face au manque d'entretien de notre pays.

CHAPITRE VII : ETUDE GEOTECHNIQUE ET GEOLOGIQUE

VII. Etude géotechnique et géologique

VII.1 Introduction :

Après avoir choisi le couloir traversé par la voie ferrée, l'ingénieur est chargé d'étudier en détail la géologie locale pour prévenir tous les risques naturels, y compris les problèmes d'instabilité tels que le mouvement des pentes, affaissement et effondrement.

Ensuite, nous compléterons l'étude géologique par une étude géotechnique, afin d'interpréter les mouvements gravitationnels pour garantir la stabilité et la durabilité à long terme.

VII.2 L'étude géologiques

VII.2.1 Introductions :

Science qui a pour objet de décrire et d'expliquer la nature, l'origine et la situation des roches, des terrains, etc., et plus particulièrement la lithosphère.

VII.2.2 Aperçu géologique régionale :

Le tracé étudié est localisé, entre deux unités géomorphologiques différentes, au long de surfaces aplaties des haut plateaux entourée au nord par la chaîne montagneuse de l'Atlas tellien et au sud par l´Atlas Saharien, voir la figure suivante :

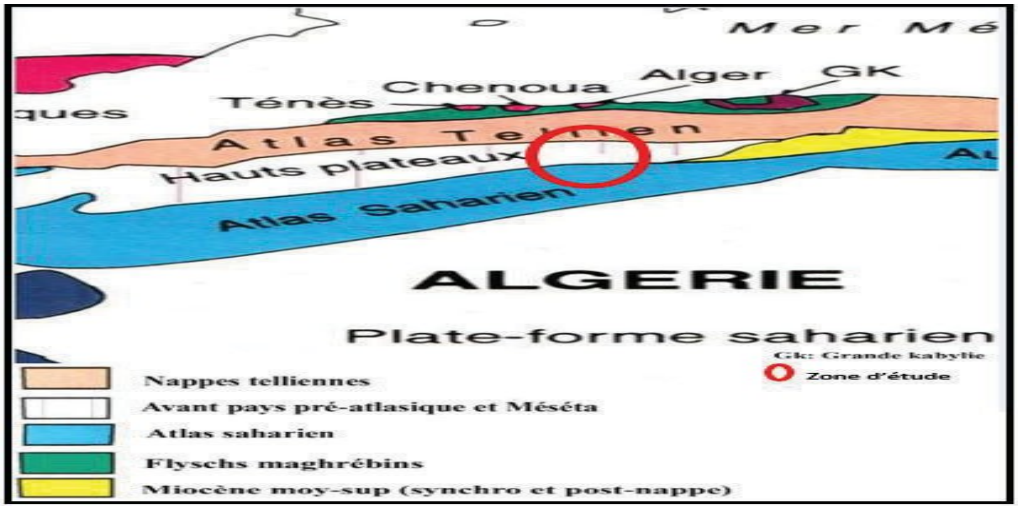


Figure VII-1 Les chaines montagneuses en Algérie

VII.2.3 Contexte géologique de ce tronçon

D'après la carte géologique 1/500000 de la wilaya de DJELFA, on peut signaler que la zone d'étude est caractérisée par une géologie hétérogène.

Notre tracé traverse trois (3) formation géologique, selon les points kilométriques (PK) on présente la géologie traversée par la voie dans le tableau ci-dessous :

Tableau VII-1 la géologie traversée par la voie de PK 122+750 au PK 139+600

Localisation (Pk de Projet)	Extension (m)	L'âge	Périodes	Unité Géologique	Désignation/ description
122+750-130+150	7400	CENOZOIQUE	QUATERNAIRE	Qt	Alluvions anciennes et terrasses -pléistocène
130+150-135+700	5550	CENOZOIQUE	TERTIAIRE	Pc	Complexe pliocène
135+700-139+600	3900	MESOIQUE	CRETACE	Cn	Calcaires marnes et marnes sableux, crétacé moyenne

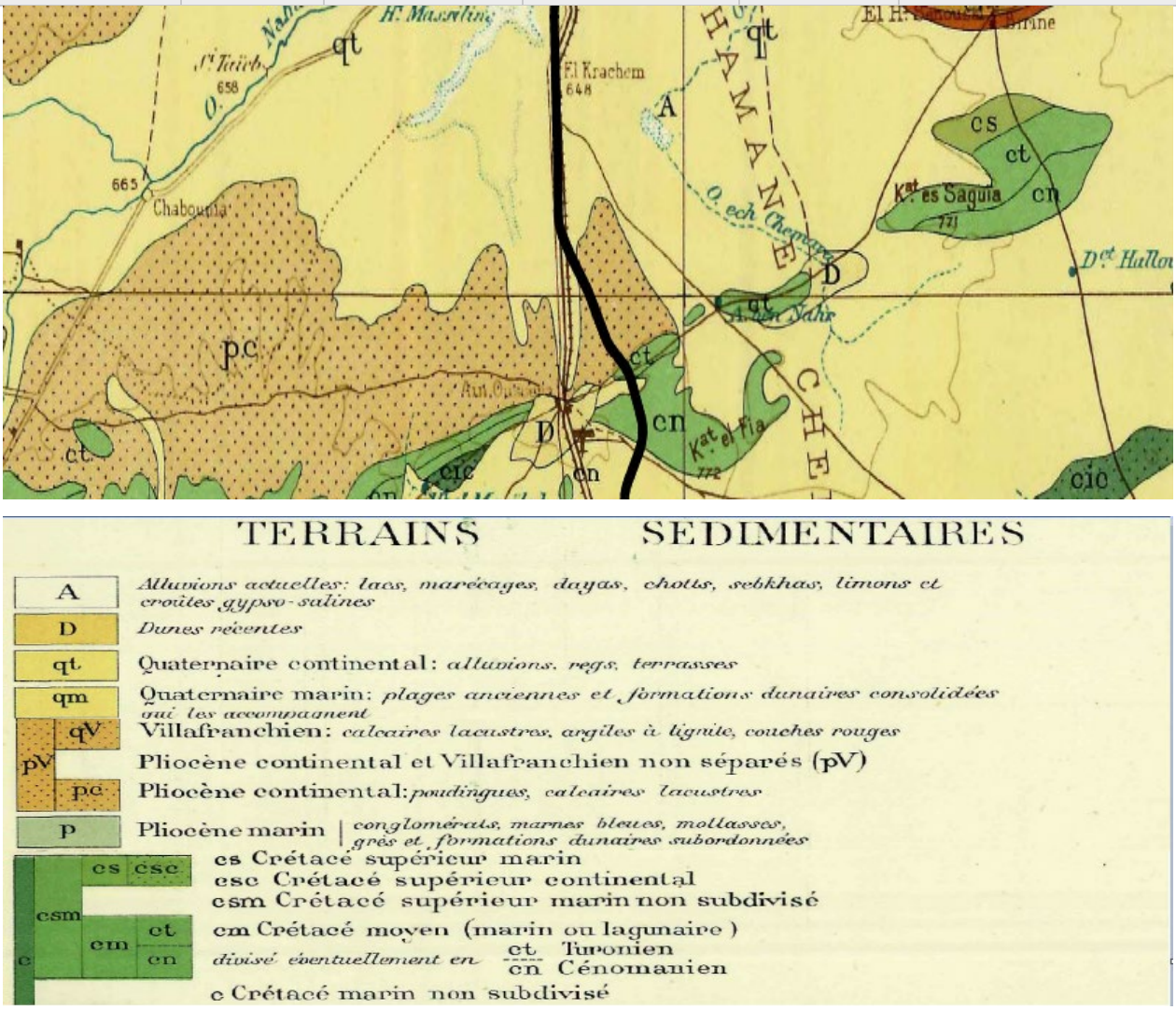


Figure VII-2 **Portion Carte géologique de la zone d'étude**

VII.2.4 Risques géologiques :

Séisme : La carte sismique de l'Algérie montre la distribution des différentes zones sismiques en fonction de l'intensité des tremblements de terre enregistres. Pour toute la zone d'étude, le risque des tremblements de terre est faible (zone I), avec des accélérations sismiques basiques comprises entre une valeur minimale de 0,10g m/s^2 et maximale de 0,25g m/s^2.

VII.3 ETUDE GEOTECHNIQUE :

VII.3.1 Introduction :

La géotechnique est une science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols.

Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de sol, donc l'exécution d'un projet ferroviaire nécessite une bonne connaissance des terrains traversés ce qui exige des reconnaissances géotechniques.

VII.3.2 Programme d'investigation géotechnique :

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

Lot Tracé :

La connaissance du sol et de ses caractéristiques géotechniques et morphologiques pour chaque déblais et remblais, est une étape primordiale dans le choix d'une structure d'assise. Donc il s'agit de déterminer les caractéristiques physico-chimiques et mécaniques en place afin de :

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

Lot Ouvrage :

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

VII.3.2.1 Lot Tracé :

VII.3.2.1.1 Reconnaissance de portance de la plate-forme :

-Puits de reconnaissance :

Les puits de reconnaissance représentent un forage dans la terre permettre d'observer directement en profondeur la nature des formations présentes, d'évaluer l'épaisseur de la terre végétale pour le décapage et de procéder au prélèvement d'échantillons remaniés pour l'identification et la caractérisation géotechnique en laboratoire.

Les puits seront exécutés à la pelle mécanique sur une profondeur de 06m sur la section de déblais ou remblais le long de mon tracé.

-Essai au laboratoire

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

- Essais d'identification (Granulométrie, Sédimentométrie, Limites d'Atterberg, teneur en eau naturelle, densité spécifique, essai d bleu VBS) ;
- Analyses chimiques (Sulfates, Carbonates) ;
- Essais mécaniques (Proctor modifié, Cisaillement rectiligne et l'essai œdométriques).

Tableau VII-2 programme d'investigation de Lot tracé

Localisation	Hauteur du déblai	Essais géotechniques		
		Essais in situ	**Prof**	**Essais au laboratoire**
En section déblais				
135+975	**0.95**	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
136+675	3.43	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne

137+000	5.99	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
137+225	3.75	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
138+275	5.09	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
138+700	1.08	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
En section remblais				
122+875	3.30	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
124+00	1.11	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
124.550	3.51	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
126+950	2.26	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
130+225	2.93	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
130+825	3.40	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne

131+700	3.71	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
132+925	1.98	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
133+250	1.09	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
133+800	2.42	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
134+425	1.55	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
135+200	2.13	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
135+425	4.35	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
135+800	3.99	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
135+875	1.82	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
136+150	1.77	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
136+350	5.22	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques

		échantillon paraffiné par couche		-Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
136+475	2.76	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
136+525	0.22	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
137+250	1.73	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
137+325	8.04	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
137+375	10.04	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
137+625	16.24	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
137+650	15.89	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
137+725	12.52	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
137+825	14.36	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
137+950	10.50	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne

138+750	4.32	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
138+925	6.50	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
139+250	3.00	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
139+575	3.80	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	6m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne

VII.3.2.2 Lot Ouvrage

Afin de fournir les données nécessaires pour construite les futur ouvrage d'art, un programme géotechnique sera établi et donné dans le tableau au-dessous, pour cela on prévoit la réalisation des essais suivants :

Tableau VII-3 programme d'investigation de Lot ouvrage

Localisation	Type d'ouvrage	Essai géotechnique		
		Essais in situ	**Prof**	**Essais au laboratoire**
125+055	Passage supérieur (pont routier)	-Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact. -Essai au pénétromètre statique SPT	10m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
128+661	Passage supérieur (pont routier)	-Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact. -Essai au pénétromètre statique SPT	10m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
134+592	Passage supérieur (pont routier)	-Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact. -Essai au pénétromètre statique SPT	10m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne

132+440	Passage inférieur (Passage Faune)	-Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact. -Essai au pénétromètre statique SPT	10m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
137+367	Passage inférieur (Pont rail)	-Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact. -Essai au pénétromètre statique SPT	10m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne

Remarque :

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

VII.3.3 Campagne de reconnaissance géotechnique :

Dans cette partie sont énumérés les différents travaux réalisés dans la campagne géotechnique et les essais de laboratoire proposés :

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

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

Dans le tableau suivant, les travaux de reconnaissance réalisés, abrégés comme suit :

- Puits de reconnaissance : (PR).
- Pénétromètre dynamique : (PD).
- Sondage mécaniques : (S).

VII.3.3.1 Reconnaissance de surface

Un parcours détaillé du tracé a été réalisé, ce qui a permis de prendre une information systématique des points d'intérêt géotechnique.

VII.3.3.2 Puits de reconnaissance

L'exécution des puits a permis la définition de l'épaisseur de la « terre végétale » à décaper, et la détermination de la position du niveau des eaux souterraines dans le cas où elles existent, l'observation visuelle des formations et des classifications lithologiques.

Dans la plupart des puits réalisés ont été faites des prélèvements des échantillons intact, pour la réalisation d'essais de laboratoire.

Dans la section étudiée, on a 22 puits (PR) exécutée à des profondeurs varient entre 0.40m et 3.50m. toute la section est recouverte par une couche de terre végétale égale à 0.2m.

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

Désignation Puit	Pk	Objectif	Profondeur (m)	Prof. d´échantillon (m)
PR 1	124+000	**Fondation de remblai**	2,8	0,50-2,80
PR 2	125+095	**Remblai / Retabl.**	2,2	0,0-1,40
PR 4	126+000	**Fondation de remblai**	1,7	-
PR 3	127+550	**Fondation de remblai**	1,2	0,0-0,40
PR 5	128+275	**Fondation de remblai**	1	-
PR 6	129+985	**Fondation de remblai**	0,8	0,20-0,80
P 8b	131+880	**Remblai / Fondation buse**	0,6	-
PR 7	132+100	**Fondation de remblai**	0,5	-
PR 8	133+250	**Remblai / déblai**	0,4	-
PR 9	133+745	**Fondation de remblai**	0,5	0,30-0,50
PR 10	135+075	**Fondation de remblai**	0,6	-
P 9a	136+300	**Zone de déblais**	0,6	0,05-0,35
P 9	136+650	**Zone de déblais**	0,3	0,10-0,30
PR 11	137+050	**Zone de déblais**	0,9	0,10-0,90
PR 12	137+370	**Fondation de remblai**	3,5	-
P 10	137+550	**Fondation des remblais / Dalot**	2,5	0,70-1,60
P 10a	137+825	**Zone de déblais (Gare Ain Oussera)**	2,7	-
P 13	138+250	**Zone de déblais (Gare Ain Oussera)**	3,5	0,10-3,50
P 11	138+525	**Zone de déblais (Gare Ain Oussera)**	2	0,60-2,00

P 14	138+770	**Zone des remblais (Gare Ain Oussera)**	1,4	-
P 15	139+250	**Zone des remblais**	2	0,20-2,00
P 12	139+700	**Zone de déblais (Sortie de gare Ain Oussera)**	1,1	0,35-1,10

VII.3.3.3 Essai de pénétration dynamique

L'essai de pénétration dynamique consiste à enfoncer dans le sol un train de tiges à l'extrémité duquel est placée une pointe conique de 20.0 cm². L'ensemble est battu dans le terrain sous l'action de chocs répétés, exercés sur la tête du train de tiges par un mouton pesant 63.50 kg tombant en chute libre d'une hauteur constante de 75 centimètres. Le nombre de coups nécessaires pour enfoncer le train de tiges sur une profondeur de 20.0 cm est enregistrée. A partir de ces données, le profil de résistance du sol en fonction de la profondeur atteinte par la pointe est tracé. Les résultats des essais de pénétration dynamique sont présentés sous forme de pénetrogrames indiquant en abscisse la résistance dynamique à la rupture du sol en bas, calculée à partir de la formule des hollandais, et en ordonnée la profondeur correspondante exprimée en mètres, les pénetrogrames obtenus doivent être interprété sur base des connaissances de la géologie du site et d'essais géotechniques (sondages) réalisés.

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

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

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

Étant :

- M = Masse du mouton (63,5 kg).
- H =Hauteur de chute (50cm ou 75cm).
- S =Section de la pointe (15cm² ou 20 cm²).
- P =Poids total du train de tiges.
- e =Pénétration (chaque 20cm).
- Nd =Nombre de coups.

Tableau VII-5 Résume des essais de pénétration dynamique effectués

Designation DPSH / PDL	Pk	Objectif	Profondeur (m)	Résistance dynamique	
				Prof. (m)	qd (MPa)
PDL 7	122+935	Fondation de remblai / Buse	2,4	0,1 - 0,4	7,0 – 23,0
				0,4 – 1,2	22,0 –21,0
				1,2 – 2,4	21,0 – 30,0
DPSH 3a	126+260	Fondation de remblai / Buse	1,2	0,1 – 1,2	12,0 - 30,0
DPSH 4a	132+400	Fondation structure de passage à faune	4,6	0,1 – 0,6	6,0 – 12,0
				0,6 – 4,0	12,0 –5,0
				4,0 – 4,6	9,0 – 30,0
DPSH 4b	134+450	Fondation structure de protection de gazoduc	8,2	0,1 – 0,4	6,0 – 11,0
				0,4 – 3,4	7,0 – 3,5
				3,4 – 6,0	6,0 – 11,0
				6,0 – 7,0	6,5 – 3,5
				7,0 – 8,2	5,0 – 30,0
PD 6*	134+750	Fondation de remblais	0,8	0,1 – 0,8	5,0 – 75,0
DPSH 4c	137+275	Fondation structure de protection de	4	0,1 – 0,6	6,0 – 21,0
				0,6 – 3,2	14,0 – 3,0
				3,2 – 4,0	7,0 – 30,0
PD 8	137+375	Fondation de remblai	12	0,1 – 0,4	10,0 – 15,0
				0,4 – 8,0	13,0 – 4,0
				8,0 – 11,8	5,0 – 8,0
				11,8 - 12	8,0 – 45,0
DPSH 4	137+550	Fondation de remblai en zone avec des dépôts alluvionnaires / Dalot	3,4	0,1 – 1,4	2,5 – 15,0
				1,4 – 2,4	10,0 – 4,0
				2,4 – 3,4	12 - 30,0
PDL 8	138+900	Fondation des remblais (Gare Ain Ouassara) / Buse	2,8	0,1 – 0,6	1
				0,6 – 1,6	6,0 – 20,5
				1,6 – 2,4	15,0 – 20,0
				2,4 – 2,8	21 – 30,0
DPSH 4d	139+760	Fondation structure de protection de gazoduc	0,8	0,1 – 0,8	9,0 - 30,0
PD 9	140+260	Fondation de remblai	1	0,1 – 1,0	8,0 – 70,0
DPSH 4e	140+655	Fondation structure de protection de gazoduc	2	0,1 – 0,8	3,5 – 2,5
				0,8 – 2,0	6,0 - 30,0

VII.3.3.4 Sondages mécaniques :

Le principe des sondages carottés est de venir découper un cylindre de terrain le plus intact possible afin de réaliser des observations et des essais représentatifs des formations en place. Le découpage des terrains peut être fait par fonçage ou battage (carottier poinçonneur) ou par rotation (carottier rotatif), Les sondages carottés permettent de visualiser les terrains traversés, pour se renseigner sur les caractéristiques des matériaux excaves et leur réutilisation, et fournir ainsi tous les éléments nécessaires pour le calcul définitif des inclinaisons des talus.

Tableau VII-6 Résume des sondages carottés effectués

Designation Sondage	Pk	Objectif	Profondeur (m)
SC 2*	137+110	Déblais	20,3
SC 3*	137+380	Remblais / Gare Ain oussera	15,35
S 1a	137+545	Remblais / Gare Ain oussera	10

VII.3.3.5 Analyse du laboratoire :

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

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

VII.3.3.5.1 Essai d'Identification :

Analyse granulométrique : L'analyse granulométrique permet de détecter les pourcentages des différentes familles de grains constituant l'échantillon, Elle s'effectue par tamisage pour les grains d'un diamètre supérieur à 80 µm et par Sédimentométrie pour les grains les plus fins.

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

Limites d'Atterberg : Les limites d'Atterberg permettent de détecter les teneurs en eau (exprimées en %) correspondant aux limites des différents états (limite de liquidité, limite de plasticité).

Essais de propreté : L'équivalent de sable est un indicateur caractérisant la propreté d'un sable ou une grave. Il indique la teneur en éléments fins.

Essai au bleu méthylène VBS : L'essai au bleu de méthylène, ou « essai au bleu », est Utilisé pour déterminer l'argilosité d'un sable d'un granulat et plus généralement d'un sol.

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

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

Puit nº	Granulométrie (% qui passe sur le tamis)			Limites d´ Atterberg (%)		ES	VBS	Teneur d´eau naturel (%)	CLASSIFICATIONS	
	2 mm	0,4 mm	0,08 mm	LL	IP				GTR (LCPC)	UIC 719R
PR 1	97	83	49	33	11	-	-	5,1	A1ts	QS1(a)
P 8	93	66	24	52	30	1,13	1,9	8,8	$B6_h$	QS1(b)
P 8a	93	66	24	40	19	1,01	2,01	7,3	B6m	QS1(b)
PR 1	97	95	86	36	9	-	-	17,6	$A1_m$	QS1(a)
PR 2	97	95	86	36	9	-	-	9,1	$A1_{ts}$	QS1(a)
PR 3	91	87	64	34	10	-	-	-	$A1_{ts}$	QS1(a)
PR 6	39	32	22	25	5	-	-	-	B5	QS1(b)
PR 9	100	99	91	34	10	-	-	-	A1	QS1(a)
P 9	23	18	8	-	-	16,23	0,04	5	D3	QS2
PR 11	90	83	65	44	19	-	-	-	A2	QS1(a)
SC 3	99	95	35	26	10	-	-	-	B5	QS1(b)
SC 3*	100	100	100	77	49	-	-	-	A4	QS0
P 10	95	82	55	64	32	-	1,74	6,2	A3	QS0
P 13	76	65	47	52	9	-	-	-	A1	QS0
P 11	54	41	20	-	-	10,47	0,15	8,5	C1B5	QS1(b)
P 15	67	57	28	40	9	-	-	8,9	$B6_{ts}$	QS1(b)
SC 6	52	40	26	35	12	-	-	-	B5	QS1(b)
P 12	40	31	17	35	10	12,25	0,27	5,5	C1B5	QS2

Interprétation des résultats :

- Selon la classification GTR (LCPC), les sols de la classe **A1** sont prédominants (limons peu plastiques) avec un pourcentage de **57%**, les autres sols sont classés **B6** (sables très argileux) avec pourcentage **29%** et **B5** (sables très limoneux) avec pourcentage **14%**.
- Selon la classification UIC 719R le sol traversé par la ligne ferroviaire est classé dans sa totalité (100%) dans la classe **QS1**, c'est-à-dire des sols « médiocres ».
- Les résultats des limites d'Atterberg réalisés sur les échantillons ont donné des indices de plasticité « IP » variables entre **5%** et **49%** et des limites de liquidité (LL) entre 26 % et 77 %, Ces résultats montrent que les sols sont **non plastiques à très plastique**.

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

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

- Degré de pollution du sol par la phase argileuse ou limoneuse présente. Donc la valeur obtenue varie entre **1,01** et **1,13** %. Ce qui signifie que ce sont des sols très argileux et impropre.
- Les valeurs obtenues de bleu de méthylène (VBS) varient entre les 1,90 et 2,01 donc il s'agit de sols avec plasticité moyenne.

VII.3.3.5.2 Essais mécaniques :

1. **Proctor modifié :**

L'essai Proctor modifié est un essai qui permet de déterminer la teneur en eau nécessaire pour obtenir la densité sèche optimale d'un sol par compactage.

2. **Essais CBR imbibés :**

Est un essai de portance qui donne l'aptitude des matériaux à supporter les charges des remblais et des couches de forme, il permet d'évaluer la traficabilité des engins des terrassements.

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

Tableau VII-9 tableau récapitulatif des essais mécaniques

Puit n°	CLASSIFICATIONS		Teneur d´eau naturelle (%)	Proctor modifié		Indice CBR %
	GTR (LCPC)	UIC 719R		Wopt (%)	y_{dmax} (KN/m^3)	
PR 171	A1ts	QS1	5,1	15,2	18,2	11,4
P 8	$B6_h$	QS1	8,8	7,4	18,8	
P 8a	$B6_m$	QS1	7,3	7,1	19,2	-
PR 1	A1m	QS1	17,6	16,6	15,7	53,3
PR 2	A1ts	QS1	9,1	16,6	15,7	53,9
PR 11	A2	QS1	-	20,5	16,6	19,6
PR 13	A1	QS0	-	22,2	15,8	27,7
P 11	C1B5	QS1	8,5	5,9	19,1	-
P 15	B6ts	QS1	8,9	21,3	15,9	16,9
P 12*	$C1B5_S$	QS2	5,5	7,6	19,8	-

Interprétation des résultats :

En ce qui concerne les valeurs de la masse volumique sèche maximale γdmax se situent entre 15,7 et 19,8 KN/m3, avec une valeur moyenne 17,48 KN/m3, tandis que la teneur en eau optimale Wopt., varie entre 5,5% et 22,2%, avec une valeur moyenne de 14,04%.

Les essais de portance CBR ont donné bonne valeur d'indices CBR à 100% de compacité, les valeurs obtenus varient entre 11,4% et 53,9%.

VII.4 Réutilisation des matériaux excavés :

VII.4.1 Classification des matériaux en vue de leur réutilisation :

La classification des matériaux excavés en vue de leur réutilisation basée sur ce qui est défini par l'union internationale des chemins de fer au code UIC 719R pour les ouvrages en terre et couches d´assises ferroviaires.

Tel qu'est établi dans le code UIC 719R les matériaux sont classifies selon les classes de qualité des sols indiquées dans l'**ANNEXE D**.

Tableau VII-10 Estimation du % de réutilisation des matériaux excavés

Localisation déblai (Pk de projet d´exécution)	Type de matériaux excavés	Classifications de matériaux basées sur les résultats des essais de laboratoire		% De le matériaux réutilisables	% pour Dépôt
		UIC 719R	GTR (LCPC)		
122+000-122+125	Sols	QS1(a) ; QS1 (b)*	A1 ; B6	80	20
123+825-124+175	Sols	QS1(a)	A1	80	20
125+075-125+350	Sols	QS1(a)	A1	80	20
128+350-129+350	Sols	QS1(a) ; QS1 (b)*	A1 ; B5	80	20
132+975-133+150	Sols et sols-roche	QS1(a)	A1	75	25
134+400-134+600	Sols et sols-roche	QS1(a)	A1	75	25
134+800-134+900	Sols et sols-roche	QS1(a)	A1	75	25
135+900-136+100	Sols et sols-roche	QS1(a) ; QS2	A2 ; D3	100	-

Selon le code UIC 719R les matériaux de la classe QS1(a) qui présentent une plasticité élevée (LL > 50% et Ip >20%) et des teneurs en eaux naturelle classifient avec état hydrique d'humide a très humide sont éliminé de la réutilisation en remblais.

Dans le tronçon étudie les matériaux excavés présentent des caractéristiques permettent la réutilisation en remblais. C'est le cas des sols QS1(a) qui présentent une baisse plasticité (LL <50% et Ip< 20%), et des sols QS1(b) qui présente un pourcentage des fins varie entre 15% à 40%.

VII.5 Conclusion

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

CHAPITRE VIII : ASSISE FERROVIAIRE

VIII. Assise ferroviaire

VIII.1 Introduction :

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

- L'amortissement des vibrations importantes provenant la contacte rails-roue.
- La répartition des charges provenant des traverses d'une manière presque uniforme sur la plate-forme.
- La contribution à la stabilité longitudinale et transversale de la voie ferrée.
- L'évacuation des eaux de ruissellement par le drainage.

VIII.2 Le ballaste :

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

VIII.2.1 Rôle de ballaste :

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

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

VIII.2.2 Matériau :

On utilise généralement de la pierre concassée, de granulométrie variante entre 31.5 mm et 50 mm. Les carrières où l'on extrait et transforme ces matériaux sont les ballastières.

Les éléments du ballast doivent s'imbriquer, de façon à former une masse compacte, mais perméable.

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

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

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

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

VIII.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 de séparation.

VIII.3.1 Rôle de la sous couche :

Elle a des rôles multiples :

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

VIII.4 La plate-forme :

VIII.4.1 Définition :

La plate-forme de la voie constitue l'élément support de la superstructure de la voie ferrée.

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.

VIII.4.2 Classification des sols pour la plateforme

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

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

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

On distingue, selon que les conditions ci-dessus soient bonnes ou mauvaises et selon les modalités de tableau, les quatre classes de **qualité QSi de sols** ci-après :

- **QS0 : Sols "impropres"** à la réalisation d'une plateforme correcte et nécessitant certaines mesures confortatives, (remplacement du matériau sur une certaine épaisseur, traitement aux liants, utilisation de géotextiles, renforcement par pieux, etc.)
- **QS1 : Sols médiocres** acceptables tels quels, dont on doit toujours se préoccuper du bon drainage. Ces sols peuvent, éventuellement, être transformés en sols de meilleure qualité par un traitement approprié, (traitement aux liants).
- **QS2 : Sols moyens.**
- **QS3 : Bons sols.**

Le tableau suivant donne la classification du sol **UIC**, pour tous les puits de reconnaissance réalisés :

Tableau VIII-1 la classification de sol selon UIC

PK	Longueur	Classification terrain naturel
122+125au 123+000	0,88	QS1
123+000 au 123+775	0,78	QS1
123+775 au 130+175	6,40	QS1
130+175 au 133+025	2,85	QS1
133+025 au 135+600	2,58	QS1
135+600 au 135+900	0,30	QS1
135+900 au 136+100	0,20	QS1
136+100 au 136+550	0,45	QS1
136+550 au 137+225	0,68	QS1/QS2
137+225 au 137+450	0,23	QS1/QS2
137+450 au 137+675	0,23	QS1
137+675 au 137+975	0,30	QS1

137+975 au 138+125	0,15	QS1
138+125 au 138+700	0,58	QS1
138+700 au 142+000	3,30	QS1

Selon la fiche UIC 719R, la classe de qualité du sol de la plateforme, la classe prépondérante dans cette zone est de **classe QS1.**

VIII.4.3 La classe de portance de la plateforme :

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

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

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

Tableau VIII-2 la classe la portance de la plate-forme (normes UIC 719R p.34)

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

Plate-forme proposée :

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

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

Couche de forme :

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

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

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

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

Tableau VIII-3 les valeurs des différents paramètres pour le calcul de l'épaisseur

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

VIII.6 Application au projet

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

Tableau VIII-4 Dimensionnement de la couche couches d'assise

Paramètre	En pleine voie	En gare	Description
Ballast (m)	**0.30**	**0.30**	
Traverses L	**2.41 m**	**2.25 m**	
e	0,45	0,45	**Pour une plateforme P3**
a	0.00	0.00	**Pour les lignes des groupes UIC 1 et 2**
b	0.05	0.13	**Traverses**
c	0,00	0,00	**Pour voie nouvelle**
d	0,05	0,05	**Pour une charge de 22 ,5 tonne/essieu**
f	0,00	0,00	**Pour une ligne de grande vitesse et une plate-forme de portance P3.**
g	0	0	**Sans géotextile en sol QS3**
Epaisseur de e (m)	**0.55**	**0.63**	

Tableau VIII-5 structure de la voie

Couche	Epaisseur(m)	
	En pleine voie	En gare
Ballast	0.30	0.30
Sous-ballast	0.25	0.33
Couche de forme	0.5	0.5

VIII.7 Conclusion :

Le dimensionnement permet de mettre en évidence l'épaisseur des différentes couches qui doivent être présentes pour supporter et disperser les charges transmises par le matériel roulant. Nous avons respecté les normes de l'UIC en vigueur, et nous aborderons le profil en traverse dans le prochain chapitre après ce chapitre.

CHAPITRE IX : PROFILE EN TRAVERS

IX. Profile en Travers

IX.1 Introduction :

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

IX.2 Profile en travers :

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

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

IX.2.1 Les éléments du profil en travers

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

Eléments de superstructure :

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

Eléments de l'infrastructure :

- Les épaisseurs et la nomination des chaque couche.

- Les pentes transversales de chaque couche.
- La pente latérale de la plate-forme.

. **Eléments du talus :**

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

Eléments d'assainissement :

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

IX.2.2 Profile en travers type de mon projet :

Le profil en travers type en pleine voie, correspondant à un profil pour voie unique, présente une largeur de plateforme de 8,0 m soit en déblais soit en remblai.

Le profil en travers présente une forme asymétrique, avec une largeur gauche de 4,70 m et une largeur droite de 3,30m mesurés à partir de l'axe de la voie.

La superstructure est formée par des rails UIC-60 espacé de 1435 mm et des traverses monobloc, sur ballast dont l'épaisseur minimal est de 0,30 m.

La plateforme et couche de forme et sous-ballast de la voie sont formées en chapeau de chinois décentre pour le côté droit (déjà préparée pour la possibilité de duplication de la voie) avec des inclinaisons transversales de 4%.

Les épaisseurs des couches sous-ballast et de couche de forme sont définies dans le chapitre IX : ASSISE FERROVIAIRE.

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

Dans les zones de remblai les talus ont été définis avec l'inclinaison de 1/2 (V/H), avec la construction de fosses longitudinaux au pied de talus.

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

IX.3 Calcul des cubatures

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

- Les profils en long.

- Les profils en travers.

- Les distances entre les profils.

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

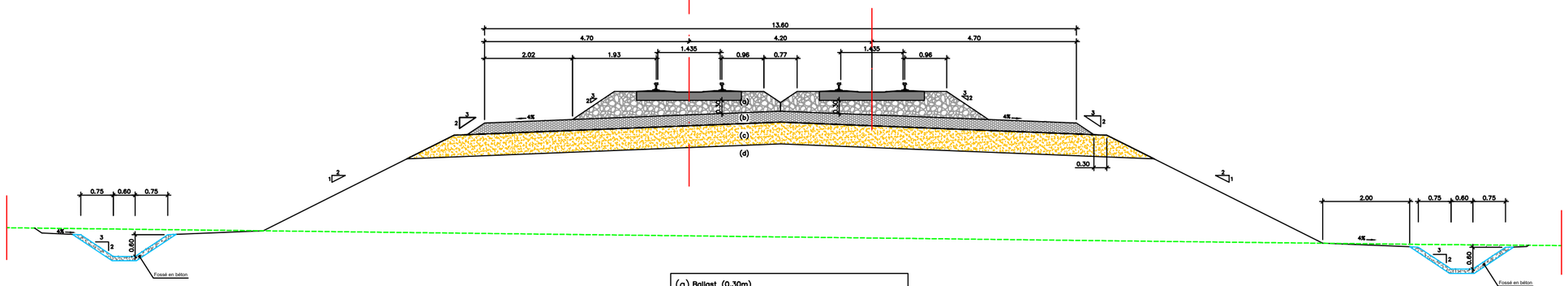
Tableau suivant représente les résultats de calcul automatique :

Tableau IX-1 Les cubatures de terrassement

Volume déblais (m^3)	Volume remblais (m^3)
164146,4	695493,9

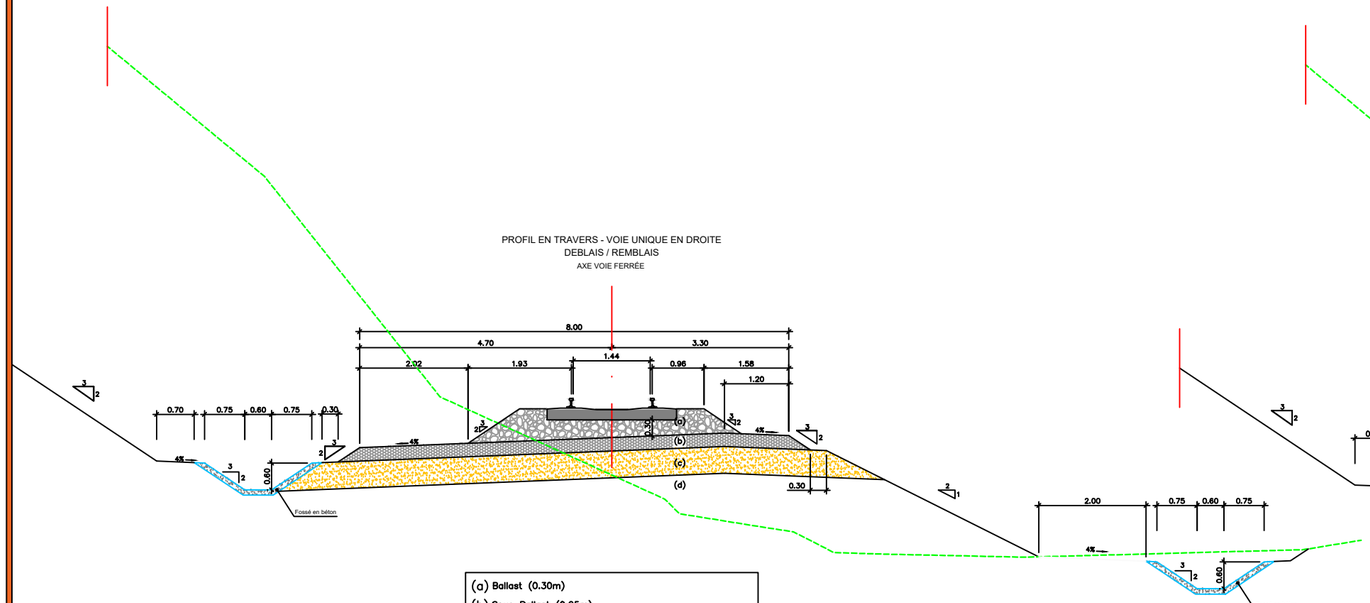
Les résultats obtenus seront utilisés pour l'estimation du cout de projet.

PROFIL EN TRAVERS - GARE DE CROISEMENT
REMBLAIS
AXE VOIE FERRÉE



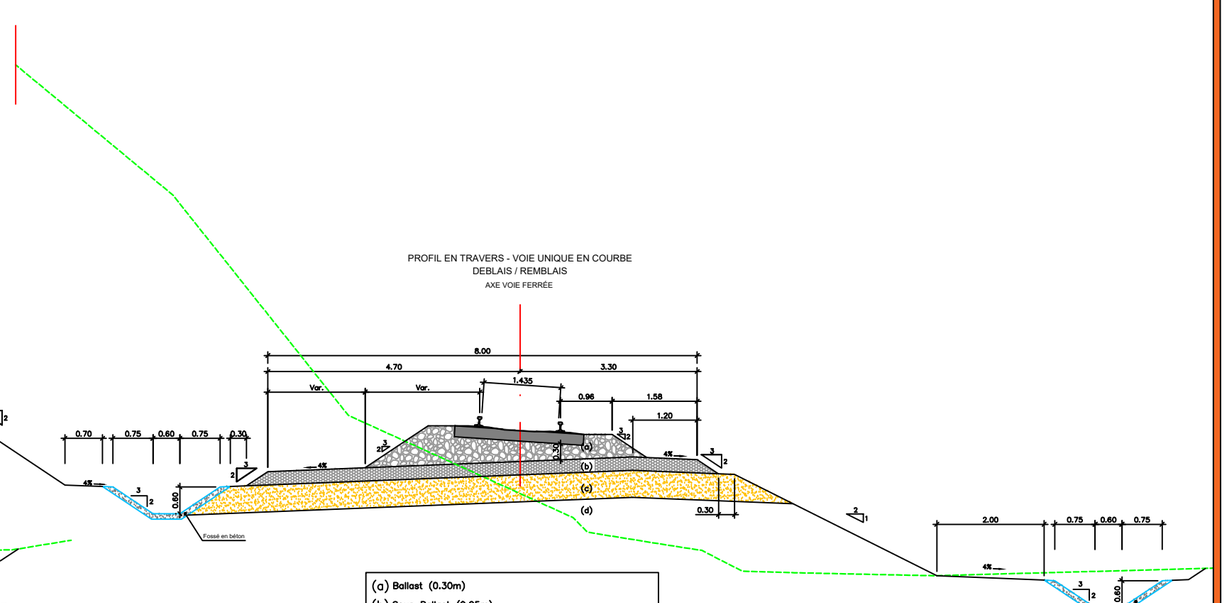
(a) Ballast (0.30m)
(b) Sous Ballast (0.25m)
(c) Couche De Forme (0.50m) en materiaux QS3
(d) Partie supérieure des terrasements (PST) – remblais

PROFIL EN TRAVERS - VOIE UNIQUE EN DROITE
DEBLAIS / REMBLAIS
AXE VOIE FERRÉE



(a) Ballast (0.30m)
(b) Sous Ballast (0.25m)
(c) Couche De Forme (0.50m) en materiaux QS3
(d) Partie supérieure des terrasements (PST) – remblais

PROFIL EN TRAVERS - VOIE UNIQUE EN COURBE
DEBLAIS / REMBLAIS
AXE VOIE FERRÉE



(a) Ballast (0.30m)
(b) Sous Ballast (0.25m)
(c) Couche De Forme (0.50m) en materiaux QS3
(d) Partie supérieure des terrasements (PST) – remblais

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

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

PROJET DE FIN D'ETUDES	Titre	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N°Planche	Année universitaire
Étude en APD de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique BOUGHEZOUL-DJELFA sur le tronçon du PK 122+750 au PK139+600 avec aménagement de la gare de AIN-OUASSARA.	Profil en travers type le long du tracé	HAMMADI Imam	KHELIF Aissa	1/100	3	2021 / 2022

CHAPITRE X : TERRASSEMENTS ET OUVRAGES

X. Terrassement et ouvrage

X.1 Les terrassements :

Les terrassements sont les travaux qui se rapportent à la modification du relief d'un terrain pour la création d'une plate-forme ferroviaire. Cette modification du sol est réalisée par l'exécution de déblais et de remblais avec parfois de grande hauteur.

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

Au-delà d'une certaine hauteur limite de déblais et de remblais, il y'a risque de rupture, se présentant généralement sous forme de glissement de talus.

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

X.1.1 Pente de talus :

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

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

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

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

X.1.2 Calcule la stabilité de talus :

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

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

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

- Fs ≥ 1.5 à long terme.
- Fs ≥ 1.1 situation accidentel (séisme).

Après l'analyse de profil en long et profil en travers du tronçon étudié, on a pu localiser les différentes zones de remblais et déblais à caractérisé par des hauteurs pouvant être importantes qui sont sujets de cette action et pour cela la vérification de stabilité des talus en déblais et remblais on a utilisé le logiciel « Slide 6.0 », et on a choisi la méthode de Bishop simplifié pour les ruptures circulaires.

X.1.2.1 Vérification de la stabilité des talus :

Le calcul de stabilité concerne les grands ouvrages (remblais-déblais) avec des hauteurs importantes (h ≥ 8 m).

Outre le poids propre du remblai et l'application d'une surcharge uniformément distribuée de 30kPa qui vise à simuler l'action provoquée par le trafic ferroviaire dans le cas le plus défavorable (le profil au Pk 137+600).

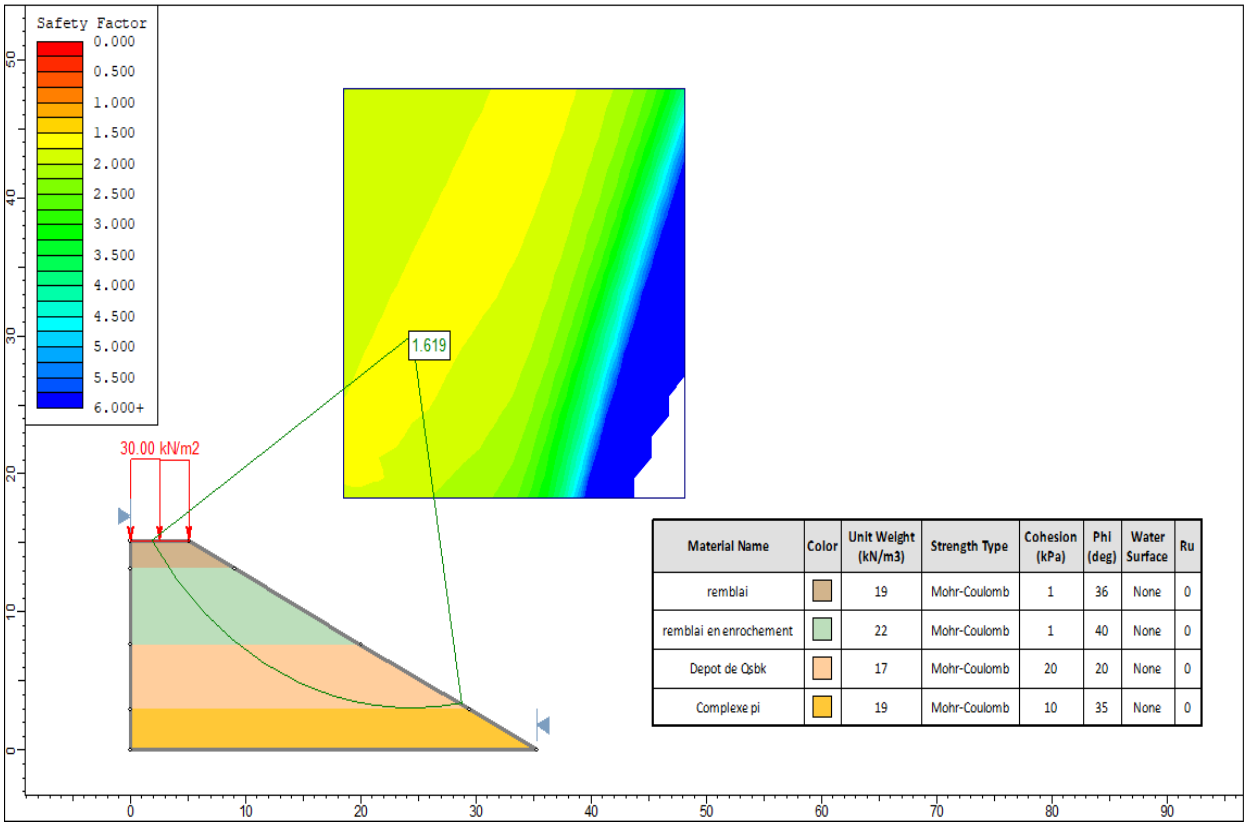


Figure X-1 Analyse de la stabilité pour la géométrie de 1/2 (V/H). Situation statique

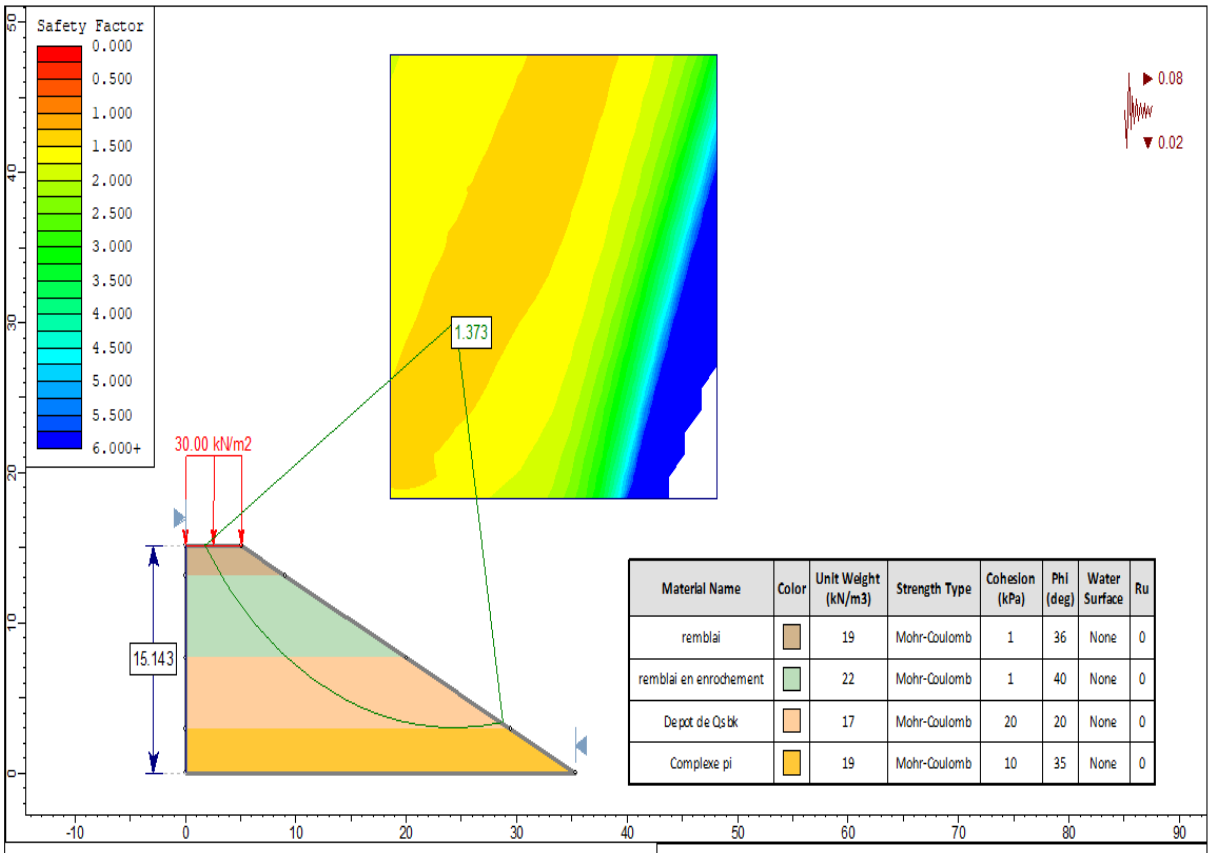


Figure X-2 Analyse de la stabilité pour la géométrie de 1/2 (V/H). Situation pseudostatique (kh = 0.08; kv = +0.02)

Dans les deux figures sont présentée les sorties graphiques qui résultent des analyses de stabilité, statique et pseudostatique, faites pour le profil au Pk 137+600, avec la représentation de la surface de rupture pour laquelle a été obtenu le facteur mineur de sécurité.

X.2 Les ouvrages :

Pour concevoir un meilleur tracé qui répond aux exigences techniques et économiques tout en assurant la perméabilité transversale de la ligne ferroviaire a projeté et le franchissement des différentes infrastructures existantes et aussi les cours d'eau, on doit doter cette nouvelle ligne des ouvrages suivants :

- Ponts Rail.
- Ponts routiers.
- Passages inferieures (Ponts cadre).
- Les ouvrages hydrauliques (buses, Dalots).
- Les structures de protections.

X.2.1 Influence sur le choix du type d'ouvrage

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

- **Données naturelles :**

Ecoulement des eaux nature du sol, etc….

- **Exigences techniques :**

Elles sont portées, programme de charge gabarit, etc….

Toutefois, les contraintes dimensionnelles et fonctionnelles sont :

- l'obstacle franchi.
- Gabarit.
- Tirait d'eau.
- Adaptation architecturale à la région.
- protection des structures existante.

X.2.2 Croisement avec une route :

En général, les problèmes de croisement doivent prendre en considération la nature et le débit de chaque voie traversée afin d'analyser cas par cas tous les types de croisements en fonction de la vitesse de base maximale.

On prévoit en effet, trois solutions possibles :

- **Passage supérieur :** Si la vitesse des trains est importante $\geq$ 100 km/h et si la topographie ne le permet pas.
- **Passage à niveau :** pour les routes de faibles débits.
- **Passage inférieur :** c'est lorsque la topographie l'exige.

X.3 Les ouvrages de notre projet :

Liste des ouvrages pour mon projet

X.3.1 Rétablissements routiers :

La future liaison entre Boughezoul et Djelfa ne considère pas l'existence des passages à niveau et donc pour notre tracé on a obligé de construire cinq passage (supérieur - inferieur), pour permettre le rétablissement des pistes à supprimer et voies intersectées et passage à faune.

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

Rétablissements routiers	Localisation	Ouvrage d'art
Rétablissement Piste	125+055	Passage supérieur
Rétablissement Piste	128+661	Passage supérieur
Passage Faune	132+440	Passage inférieur
Rétablissement Piste	134+592	Passage supérieur
Route CW140	137+367	Passage inférieur

X.3.2 Piste à supprimer :

Dans le tableau suivant on liste les pistes à supprimer dans ce tronçon :

Tableau X-2 pistes à supprimer

PK	PK	PK	PK
125+075	129+715	135+546	137+378
125+330	131+258	135+734	138+253
128+667	132+986	135+896	138+895
129+056	134+022	136+147	139+777
129+115	134+432	136+636	140+035
129+167	134+577	137+111	140+662

X.3.2.1 Conception de passage à faune :

Les passages à faune sont des ouvrages construits dans un milieu aménagé, pour permettre aux espèces animales de traverser la ligne ferroviaire.

Le passage à faune au PK 132+440 c'est un passage inferieur présente une ouverture 2.00x2.00m avec une section transversale en béton armé à cadre qui est subi à toutes les charges soit des remblais, soit de l'exploitation ferroviaire.

La semelle présente une épaisseur de 0.30m, les murs ont une épaisseur de 0.30m et la dalle épaisse de 0.40m. La longueur de la passage faune est égale à 14.70m.

X.3.3 Ouvrages hydrauliques :

Pour traverser des cours d'eau on envisage la construction de trois ouvrages (Pont hydraulique, buse, Dalot) suivant l'importance du cours d'eau franchi.

Entre le 122+700 et PK139+600 il a été nécessaire de considérer 24 ouvrages hydrauliques, tel que détaillé dans l'étude hydraulique (CHAPITRE VII ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE) en ce qui concerne les buses et les dalots.

X.3.4 Protections des conduites de gaz :

Les ouvrages de la protection gazoduc est utilisé pour protéger les conduites de gaz contre les sollicitations induits par les charges et les vibrations ferroviaires.

Les protections des conduites de gaz au PK 134+436 et PK 137+269, pour la future liaison entre Boughezoul (Pk 122+700) et Djelfa (Pk 139+600) présente une ouverture 1.50x1.50m avec une section transversale en béton armé à cadre qui est sujet à toutes les charges soit des remblais, soit de l'exploitation ferroviaire.

La semelle présente une épaisseur de 0.25m, les murs ont une épaisseur de 0.25m et la dalle épaisse 0.30m. La longueur des protections des conduites de gaz sont égales à :

-PK.134+436 - 22.75m.

-PK.137+269 – 17.65m.

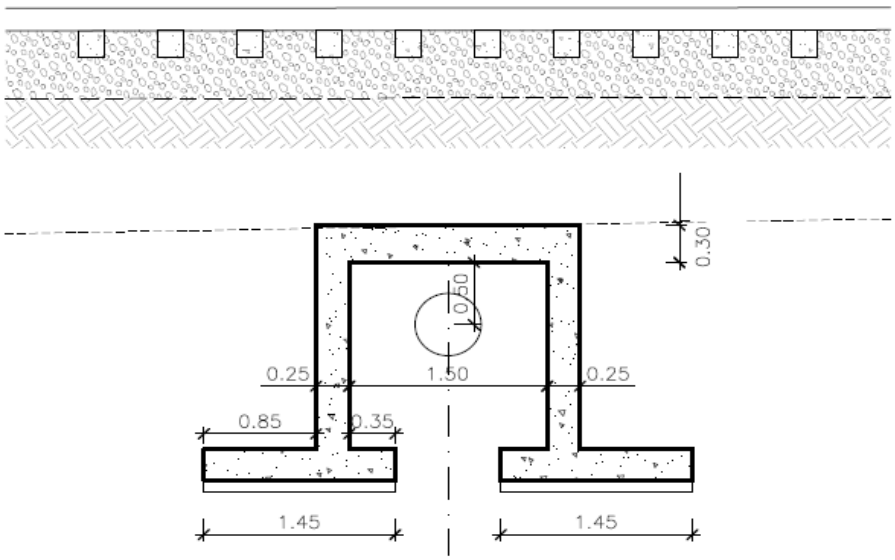


Figure X-3 coupe transversale de protection des conduites de GAZ

X.4 Conclusion

On peut conclure que dans notre projet les ouvrages d'art plus utilisé sont des ouvrages d’ arts de type simple passage inférieur (rétablissement routier ; passage faune) ou passage supérieur (rétablissement routier).

Les oueds ont été modifiés par des buses et des dalots.

CHAPITRE XI : CONCEPTION DE LA GARE AIN OUSSERA

XI. Conception et aménagement de la gare

XI.1 Introduction :

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

XI.2 Type de gare :

On distingue plusieurs types des gares :

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

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

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

- **Catégories de la voie :** C'est en fonction de cet élément que l'on peut déterminer son rôle et ses constituants.
- **Son trafic :** C'est par lui, que l'on estime et on évalue l'importance de la gare pour l'aménager d'une façon convenable.
- **Son emplacement :** généralement, c'est l'élément qui définit et détermine les deux éléments précédents.

XI.4 Aménagement de la gare

XI.4.1 Installations d'une gare à voyageur :

Dans une gare ferroviaire, on peut trouver plusieurs installations et constructions selon le type, la conception et la catégorie de la gare.

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

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

La marge de glissement est la section de voie située dans le prolongement d'un parcours du train à l'aval d'un signal fermé, sur laquelle aucune autre circulation de train n'est autorisée. Elle a pour but de minimiser les conséquences d'un accident et même, en cas d'interdiction d'occupation d'éviter une collision lorsqu'un train n'a pas pu être arrêté avant cette marge.

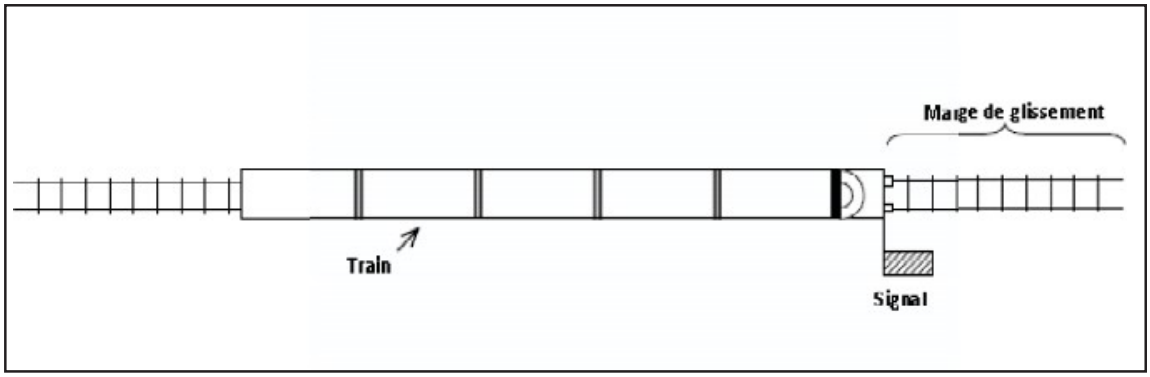


Figure XI-1 Schématisation de la marge de glissement

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

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

$LG = 200m$ pour $V \geq 60$ km/h.

$LG = 100m$ pour $40km/h \leq V \leq 60$ km/h.

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

XI.4.3 Garage franc :

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

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

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

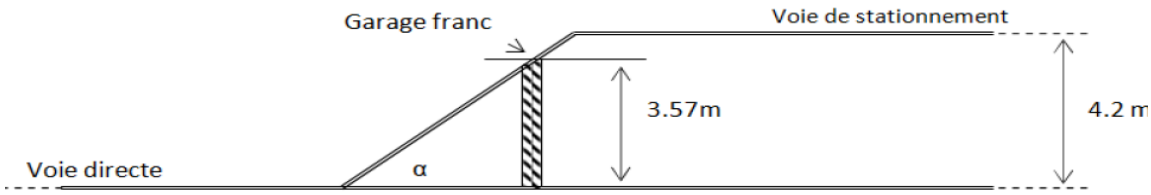


Figure XI-2 Schéma illustratif de garage franc

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

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

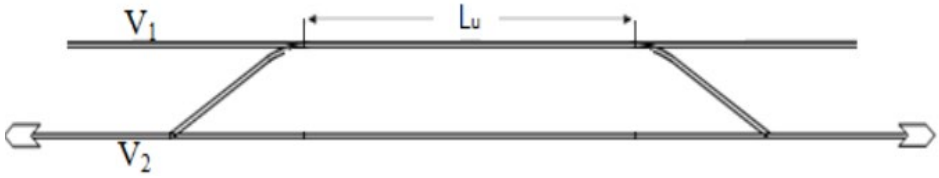


Figure XI-3 longueur utile

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

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

XI.4.5 Heurtoir :

Matérialise la fin d'une voie de garage ou de sécurité. Les heurtoirs sont placés aux extrémités des voies pour éviter que les véhicules en mouvement continuent leur chemin en dehors

de la voie, conçue pour absorber l'énergie cinétique des trains qui les heurtent par l'intermédiaire des tampons.

XI.5 Caractéristiques géométriques des gares :

XI.5.1 Déclivité dans les gares :

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

XI.5.2 Quai :

1. **La longueur de quai (normes SNTF) :**

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

- La largeur des quais :

La SNTF recommande pour une telle gar.e

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

2. **Hauteur des quais :**

La hauteur nominale des bordures des quais au-dessus du plan de roulement est fixée à 550mm.

La hauteur du quai dépend du type du matériel roulant qui est susceptible de s'arrêter dans ce quai.

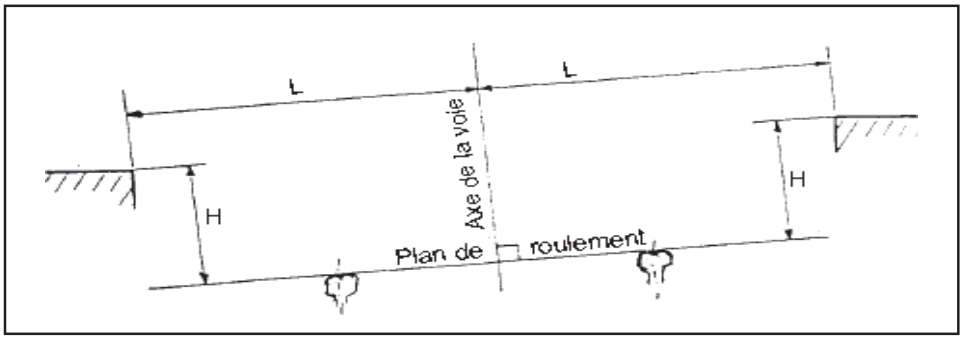


Figure XI-4 la hauteur du quai et la distance entre le bout du quai et l'axe de la voie (source UIC741 OR)

Avec :

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

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

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

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

- R : le rayon de la voie (m).

- I : l'écartement de la voie (mm).

4. **L'entre axe des quais :**

- e normal > 11.3 m.

- e minimal > 9.3 m.

XI.5.3 Les appareils de voie

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

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

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

Les appareils de voie comprennent :

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

XI.5.3.1 Désignation des appareils de voie

Les appareils de voie se distinguent par :

- ✓ Leur type : aiguillage simple, branchement double, (T.J.S), (T.J.D).
- ✓ Le type de rail.
- ✓ Le rayon.
- ✓ La tangente : c'est-à-dire l'angle forme par la tangente dans l'axe de la courbe, au talon d'aiguille et l'axe de la voie directe, exprime par le rapport d'inclinaison des deux axes l'un par rapport a l'autre (1:9, 1:12, 1:18.5,…. Etc).

- ✓ Le type de lame (articulé, élastique ou flexible).
- ✓ Le type de traverses (en bois, acier ou béton).
- ✓ Le type de cœur de croisement (pointe élastique).

XI.6 Conditions de conception des gares :

Les gares doivent répondre à un certain nombre de conditions :

- L'étude de bâtiment de voyageurs (B.V) doit être coordonnée avec l'intérieur du plan d'urbanisme.
- Il faut élaborer le plan de gare de sorte à maximaliser le traitement des besoins du transport des voyageurs et des marchandises, en tenant compte des conditions géologiques alentours, de l'accessibilité aux routes existantes, des plans d'urbanisme futurs.
- Le terrain doit disposer de l'espace nécessaire, mais également tenir compte d'éventuelles extensions futures de la ville.

XI.7 Application Au Projet :

La nouvelle gare située au côté d'Ain Oussera et à la fin de mon projet, entre pk 137+409 et Pk 139+554 avec une longueur de 2145 mètres, le futur bâtiment de voyageurs étant situé au Pk 138+766. Du côté de la RN1.

XI.7.1 Les Caractéristique de la ligne Boughezoul-Djelfa :

- ✓ Vitesse maximale de 220 Km/h pour voyageurs et 100 Km/h pour marchandises.
- ✓ Voie unique, avec possibilité de future duplication.
- ✓ Traction diesel, avec possibilité de future électrification.
- ✓ Quatre gares (Boughezoul et Ain Oussera et Assi Bahbah, Djelfa).
- ✓ Trois gares de croisement.
- ✓ Charge par essieu de 22.5 Tn (25 Tn dans les ouvrages d'art).
- ✓ La longueur maximale du train de marchandise : 800 m.

XI.7.2 Les Caractéristique de la gare Ain oussera :

- ✓ La gare d'Ain Oussera est conçue pour un trafic mixte voyageur et marchandise.
- ✓ La gare d'Ain oussera contient 18 lignes comprendra les zones suivantes :
  - **Zone A** : avec 4 lignes (lignes 4G, V2, V1 (voie principale) et 3G) pour service de voyageurs et passage/dépassements de trains sans arrêt.

- **Zone B** : avec 4 lignes (lignes V5, V7, V9 et V11) pour l'arrivée et départ de trains de marchandises.
- **Zone C** : avec 4 lignes (lignes V13, V15, V17 et V19) pour charger et décharger des marchandises.
- **Zone D** : avec 2 lignes (lignes V5B et V5C) pour charger et décharger des conteneurs.

Outre les lignes identifiées précédemment, cette gare comprend aussi 4 lignes de bout, plus exactement :

- **Ligne V5A** pour des manœuvres entre la zone de charge (C) et la zone d'arrivée et départ des trains de marchandises (B).
- **Ligne V2A** pour garder le matériel circulant. Cette ligne donnera une continuité à la future duplication.
- **Ligne 3GA** pour des manœuvres et garder le matériel circulant.
- **Ligne V2B** Couchant pour garder le matériel circulant. Cette ligne donnera continuité à la future duplication.

XI.7.3 Justification de la gare proposée :

La ligne ferroviaire Boughezoul-Djelfa conçu pour un trafic mixte avec une vitesse max de 220km/h à voie unique, elle comporte quatre gares mixtes dont :

- La gare Boughezoul.
- La gare d'Ain Oussera.
- La gare de Hassi Bahbah.
- La gare de Djelfa.

Les raisons principales qui m'ont décidé à changer l'aménagement de la gare d'Ain Oussera sont :

-L'élevage ovin et l'agriculture représente les principales activités dans la zone d'étude et celle-ci caractérisée par son faible rendement pour la région de Ain-oussera donc on n'a pas besoin des train marchandise.

- La crise économique actuelle du pays et l'arrêt des grands projets économiques.

- L'approximité des gares de la lignes ferroviaires Boughezoul-Djelfa ainsi que leurs grandes capacités.

Dans mon projet, j'opterai une conception de gare uniquement pour voyageur afin d'éviter la détérioration des équipements et les constructions destinées pour les marchandises (Hall de stockage et aire de conteneurs) déjà prévue en gardant l'implantation de site de pour de futurs projets d'agrandissement.

XI.7.4 Application pour notre projet :

La nouvelle gare d'Ain-oussera proposé par moi-même est une gare voyageurs composée de quatre voies. Pour V1 est une voie principale et V2 pour futur dédoublement, V3 et V4 destinée au stationnement des trains voyageurs.

- **Quais voyageurs :**

- Quai A : a une longueur de 350 m et une largeur de 6 mètres, localisé entre le bâtiment voyageur et la voie V4.

- Quai B : a une longueur de 350 m et une largeur de 8 mètres.

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

-Entre–axe des quais : Pour notre projet entraxe entre les deux quais A et B est eAB = 22.9 m.

-**Hauteur des quais :** quai mi-haut H= 55 cm.

- **Entraxe entre les voies**

Entraxe entre les voies est de 4.2 m (entraxe minimal selon SNTF (aménagement et gare-tracé des voies).

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

Selon la SNTF pour les voies de gare voyageurs : la longueur minimale est 1200 m

• Voie V1 est de 1577 m (voie principale).

• Voie V2 et V4 : Lu=1200 m.

• Voie V3 : Lu=1412 m.

- **Vitesses des lignes :**

-La linge principale V1 permet la vitesse maximale de 220 km/h (Trains de voyageurs).

-V2 etV3, V4 sont conditionnés par une vitesse maximale à pratiquer de 65 km/h puisqu'elles détournés par des appareils de changement de voie.

- **Appareils de la voie :**

Tous les appareils de voie de la Gare sont du type UIC 60 E1-500-1/12.

- **Longueur de garage de franc** :

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

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

Comme V ≥ 60 km/h alors LG = 200m.

- **Passage souterrain (PS) :**

L'exécution du passage souterrain de gare de Ain Oussera par :

- Deux voiles et radier et la dalle avec l'épaisseur (50cm, 60cm, 60cm).
- Hauteur totale : 4.2m.
- Largeur : 5m.
- Longueur : 20.90m.

XI.7.5 Gare de Croisement :

Ce tronçon contient une gare de croisement entre PK 122+755 et PK 124+095 pour permettre le passage de trains. Afin de réaliser cette gare de croisement, il est nécessaire d'installé deux appareils voie (GC1-01 et GC1-02) dans la ligne principale, aux dimensions géométriques est UIC60-500 - 1 :12 (béton).

La longueur utile de la ligne de croisement est de 1200 m. l'entraxe est maintenu à 4,20 m pour faciliter le dédoublement de la voie dans le futur et des traverses monobloc de béton dans la voie de déviation3 (service).

XI.7.6 Assainissement transversale :

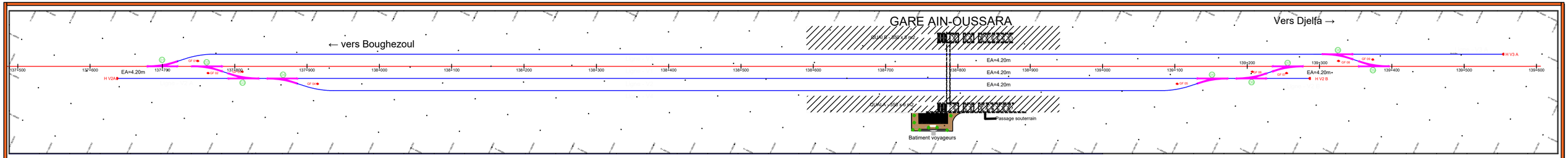
Pour assurer un bon drainage des eaux pluviales dans la gare, les quais doivent avoir une pente de 2% en toit, avec inclinaison transversale des plates-formes de 4%.

XI.7.7 Assainissement longitudinal :

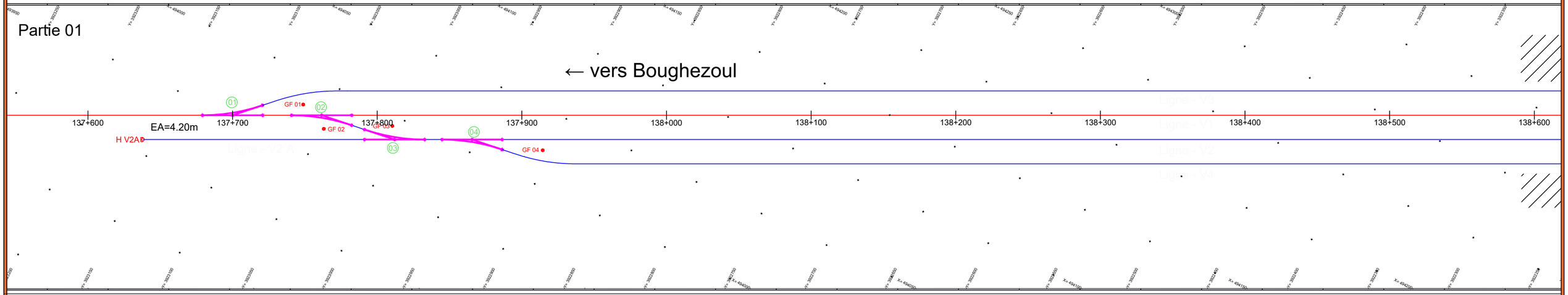
Les drains disposés longitudinalement avec des pentes de 4‰ permettent de recueillir les eaux de ruissellement qui s'infiltrent dans le ballast et la plate-forme et les évacuer vers le réseau d'assainissement via les regards de visite.

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

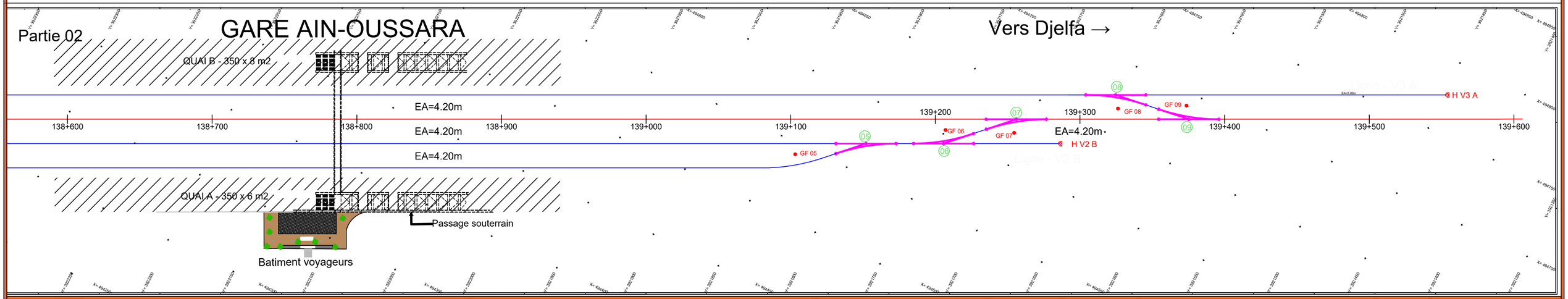
XI.8 Profile en travers type et le schéma de la gare proposé : voir planche N^{0}4.



Partie 01



Partie 02

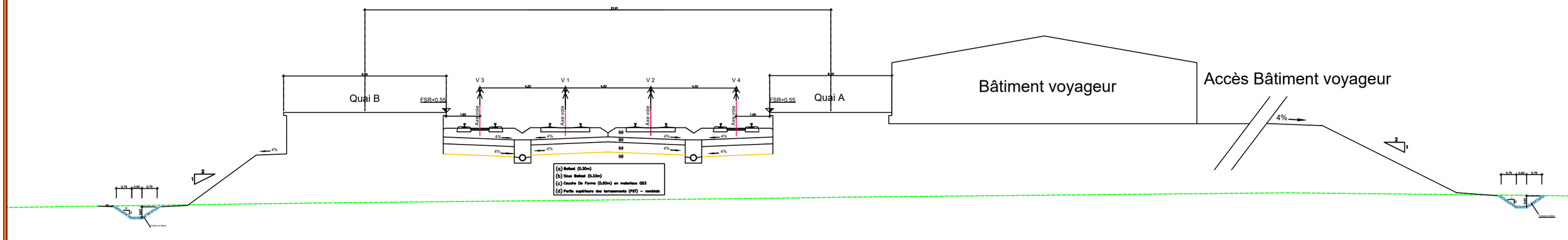


ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Build and Ground works engineering

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

PROJET DE FIN D'ETUDES	Titre	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N°Planche	Année universitaire
Étude en APD de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique BOUGHEZOUL-DJELFA sur le tronçon du PK 122+750 au PK139+600 avec aménagement de la gare de AIN-OUASSARA.	vue en plan de la gare Ain-oussara	HAMMADI Imam	KHELIF Aissa	1/4000 1/2000	5	2021/2022

Gare Ain Oussara



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

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

PROJET DE FIN D'ETUDES	Titre	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N°Planche	Année universitaire
Étude en APD de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique BOUGHEZOUL-DJELFA sur le tronçon du PK 122+750 au PK139+600 avec aménagement de la gare de AIN-OUASSARA.	Profil en travers type le long du tracé	HAMMADI Imam	KHELIF Aissa	3/500	4	2021 / 2022

CHAPITRE XII : SIGNALISATION FERROVIAIRE

XII. Signalisation ferroviaire

XII.1 Introduction :

La signalisation ferroviaire est l'ensemble des signaux conventionnels, destinés à assurer la sécurité des usagers du rail.

XII.2 Objet de la signalisation ferroviaire

La signalisation ferroviaire est un moyen de donner des ordres au conducteur d'un véhicule et a pour objectif d'éviter :

- Les risques inhérents à la circulation ferroviaire :
  - Le « nez à nez », quand deux trains se retrouvent face à face sur la même voie.
  - Le « rattrapage », quand le train suiveur rattrape celui qui le précède.
  - La « prise en écharpe », quand un train arrive sur un aiguillage déjà occupé par un train venant d'une autre direction.
- Les risques de déraillement (limitation de vitesse dans les courbes, les zones d'aiguillage et de travaux).
- Les risques inhérents aux passages à niveau, intersections avec le réseau routier.

Le risque de nez-à-nez est pris en charge par les enclenchements de sens.

Le risque de rattrapage est pris en charge par le cantonnement.

Le risque de prise en écharpe est pris en charge par les enclenchements internes au poste d'aiguillage (enclenchement d'itinéraires, enclenchement de transit…).

Les risques de déraillement sont pris en charge par les limitations de vitesse, des systèmes de surveillance des chargements, de chutes de rochers, de chutes de véhicules routiers et de la température des boîtes d'essieux.

Les risques aux passages à niveau sont pris en charge par des dispositifs d'annonce des trains.

XII.3 Implantation des signaux en Algérie :

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

XII.4 Principe de signalisation ferroviaire :

Les signaux ont appelé à remplir les rôles et les fonctions suivantes :

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

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

XII.5 Les différents types de blocks :

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

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

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

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

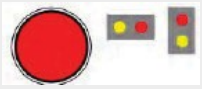
Les lignes à voie multiple sont habituellement divisées en plusieurs secteur que l'on appelle des cantons, ce qui permet d'envoyer plusieurs trains sur le même block. Chaque canton est précédé d'un signal de cantonnement, entièrement automatique, commandant l'entrée sur le canton suivant et assurer l'espacement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

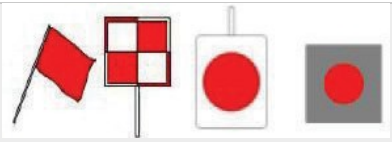
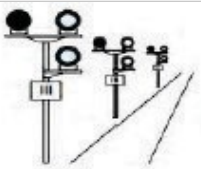
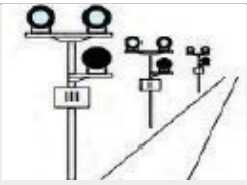
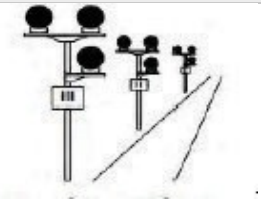
Le canton est une portion de voie ferrée alimente par une énergie électrique qui est la base du système permettant l'espacement des trains, ce qui permet d'éviter les rattrapages.

Tableau XII-1 Les principaux signaux ferroviaires et leur indication[8]

Signal	Indication	Signalisation Lumineuse	Signalisation mécanique
Signal ouvert Voie libre	Le Voie Libre indiqueau conducteur que la circulation en marchenormale est autorisée		
Le feu vert Clignotant (VL)	Il commande au Mécanicien de réduirela vitesse à 160 km/h		
Carré fermé + Feux de nuit	Le carré commande l'arrêt et ne doit en aucun cas être franchi.		
Feu violet ou CarréViolet fermé + Feux de nuit	Commande l'arrêt, ilest installé sur les voies de service, sonouverture seule.		
Guidon d'arrêt			
Sémaphore / Feux rouge	Il commande au mécanicien de s'arrêteravant le signal		
Feu rouge clignotant	Marche sans dépasserla vitesse de 15 km/hau franchissement de ce signal		

[8] Etude APD de la nouvelle ligne ferroviaire TISSEMSILT –BOUGHEZOUL Du PK 86+000 au PK 108+500, Avec la conception de la gare CHAHBOUNIA - KHELIFI Ayyoub

Feu blanc	Il commande ou confirme au conducteur l'observation de la marche en manœuvre		
Feu blanc clignotant	Il interdit dans tous lescas le départ en ligne d'un train		
Les feux de heurtoir	Ils servent à repérer denuit, ou en gare, les heurtoirs de fin de voie		
L'avertissement/ feux jaune	Il commande au mécanicien de pouvoir s'arrêter avant les signaux suivants : Carré, sémaphore, carré violet, un rouge clignotant		
Le feu jaune Clignotant (A)	Il commande au mécanicien d'être enmesure de s'arrêter avant le signal annoncé à distance réduite par le signal suivant.		
Le disque D	Il commande au mécanicien de marquer l'arrêt aupremier signal ou aiguillage rencontré		
La bande lumineuse Jaune horizontale	Il commande au conducteur d'être enmesure de s'arrêter à quai sur une distance réduite		
Le ralentissement30 Fermé	Limiter la vitesse à 30km/h Pour franchir uneaiguille		
Le rappel 30 fermé			
Le ralentissementet rappel 60 km/h	Limiter la vitesse à 60km/h Pour franchir une aiguille		

Signal	Indication	Signalisation
Le signal d'arrêt à main	Il commande l'arrêt immédiat	
Signal lumineux de manœuvre type S.N.C. F	L'allumage alterné de deux feux blancs sur uneligne Verticale	
	Refouler par l'allumagealterné de deux feux blancs sur une ligne horizontale	
	Arrêter par l'extinction complète des feux présentés.	
Le signal fin de caténaire	**Fin de caténaire**	

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

XII.5.1 Système de contrôle et de protection ERTMS

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

Les fonctions d'ERTMS :

ERTMS assure les fonctions suivantes :

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

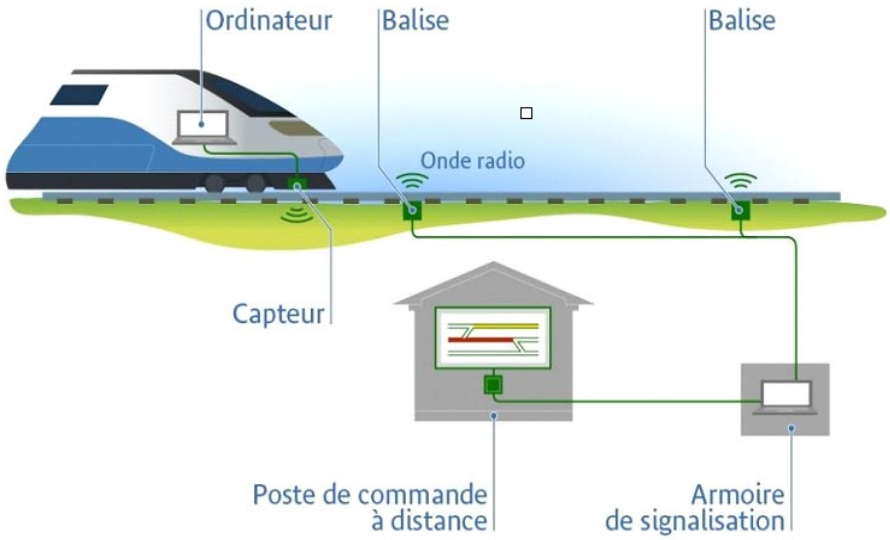


Figure XII-1 le système de contrôle des trains ERTMS

XII.6 Application sur notre projet

La ligne ferroviaire Boughezoul-Djelfa est une nouvelle ligne à grande vitesse V=220 km/h pour désaturer le réseau existant et faire circuler plus passagers ou augmenter les capacités de circulation extrêmement sûr et précis on a choisi de combiner entre la signalisation latérale établi par le système BAL et la signalisation en cabine établi par le système ERTMS.

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

CHAPITRE XIII : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIII. Impact sur l'environnement

XIII.1 Introduction :

L'impact sur environnement est l'ensemble des changements qualitatifs, quantitatifs et fonctionnels de l'environnement (négatifs ou positifs) engendrés par un projet.

Une étude d'impact sur l'environnement a été faite pour essaies d'intégrer mon projet dans le paysage initial sans nuire à l'environnement.

XIII.2 Délimitation de la zone d'étude :

XIII.2.1 Aperçu général :

La wilaya de Djelfa est située dans la partie centrale de l'Algérie du nord au-delà des piémonts sud de l'Atlas Tellien en venant du nord dont le chef-lieu de wilaya est à 300 kilomètres au sud de la capitale, elle est comprise entre 2° et 5° de longitude Est et entre 33° et 35° de latitude nord.

XIII.2.2 Situation de la zone d'étude :

Elle est située à 200 km au sud d'Alger et 88 km au nord de Djelfa, 155 km à l'est de Tiaret et 120 km à l'ouest de Boussaâda et de 130 km au sud de Médéa.

XIII.3 Description de l'état initial de la zone d'étude :

XIII.3.1 Milieu naturel :

Les éléments décrits ci-après sont regroupés en deux sections traitant respectivement des composantes physiques et biologiques du milieu récepteur.

XIII.3.1.1 Environnements physiques :

Dans cette section, on décrit les caractéristiques principales de la zone d'étude.

XIII.3.1.1.1 Le relief :

La ville de Aïn oussera se trouve dans la limite nord de la zone des hauts-plateaux, à une altitude moyenne de 690 mètres. La topographie de la ville est globalement plate.

XIII.3.1.1.2 Hydrologie :

Le climat de la Wilaya de Djelfa est nettement semi-aride à aride avec une nuance continentale. En effet, le climat est semi-aride dans les zones situées dans les parties du Centre et du nord de la wilaya avec une moyenne de 200 mm à 350 mm d'eau de pluie par ans et aride dans toute la zone située dans la parties de la wilaya et qui reçoit moins de 200 mm d'eau de pluie en moyenne par ans.

XIII.3.1.2 Environnements biologiques :

XIII.3.1.2.1 Espèces faunistiques :

La faune est variée. Elle est typique des zones sahariennes et des hauts plateaux : oiseaux, lézard, vipères, renards, Grand corbeau.

XIII.3.1.2.2 Espèces floristiques :

la région d'Ain oussera est caractérisée par deux espèces végétal l'Alfa (Stipa tenacissima) et l'Armoise (Artemisia herba alba).

XIII.3.2 Milieu humain :

XIII.3.2.1 Population :

Il a une population de 105 833 habitants sur une superficie de 1 333 km². La densité de population du daïra d'Aïn Oussera est donc de 79,4 habitants par km².

XIII.3.2.2 Agriculture :

La zone d'étude une région agricole. Parmi les activités agricoles rencontrées dans le territoire d'Ain oussera, on observe principalement la céréaliculture. Les autres activités se répartissent notamment dans l'élevage de moutons, de chèvres ainsi que dans la culture des légumes et de fruits aux voisinages des maisons.

XIII.3.2.3 Profil socio-économique :

En raison de la présence de la RN° 1 qui agit à titre d'axe interrégional, ce qui fait qu'Ain oussera est l'une des portes principales de liaison entre le nord du pays et le sud. Cette situation fait d'Ain oussera un lieu d'escales qui permet le développement des activités commerciales de la région.

À la sortie sud de la ville, se trouve une vaste zone d'activités ou se sont implantées quelques industries de transformation : une minoterie, une usine de polystyrène, une verrerie, et une fabrique de boissons Badr très répandues dans la ville et ses environs, ainsi qu'une fabrique de tuyauteries, une laiterie et une grande usine d'habillement.

XIII.4 Identification et description des impacts :

XIII.4.1 Les impacts positifs du projet :

La réalisation de cette nouvelle ligne, emmènera à la wilaya de Djelfa un développement sur le plan sécuritaire, économique, et touristique. Les retombées de cette voie :

- Le développement du réseau ferroviaire de la wilaya.
- Une réponse aux besoins de confort, et de la sécurité dans le déplacement.
- Une contribution au développement touristique de la wilaya.
- Le développement et la croissance économiques des régions traversées par le projet.
- Des emplois seront créés de façon temporaire pendant les travaux de construction et durablement après leur achèvement.

XIII.4.2 Les impacts négatifs :

XIII.4.2.1 Effets sur les ressources naturelles et sur les écosystèmes :

Les ressources naturelles concernées par les effets du tracé sont :

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

XIII.4.2.1.1 L'air :

La pollution résultant du fonctionnement des moteurs à combustion interne diesel est caractérisée par des émissions de polluant gazeux et l'évaporation d'hydrocarbures.

- **Effets sur la santé** : Il s'agit de nuisances sensorielles (bruit, odeurs) de l'irritation des voies respiratoires, des yeux et de tous les effets toxiques.
- **Effets sur l'environnement** : Ils concernent principalement.
  - L'effet sur la végétation.
  - L'effet sur le patrimoine.

XIII.4.2.1.2 L'eau :

Le risque peut provenir de tous les engins utilisés sur les chantiers (fuites de gasoil, d'huile, sans parler de vidanges sauvages), mais aussi d'équipements comme les centrales à béton utilisées pour la fabrication des travers, bâtiments pour la gare …etc.

XIII.4.2.1.3 La faune et la flore :

Parmi les nombreux types d'atteintes au patrimoine, nous n'aborderons que celui de la faune sauvage. Les animaux utilisent des cheminements bien précis reliant des zones où ils trouvent de la nourriture et de l'eau à des endroits où ils peuvent se réfugier et se reproduire. Lorsqu'une nouvelle infrastructure ferroviaire vient perturber ces cheminements, les animaux cherchent à les rétablir et n'hésitent pas à traverser la voie ce qui occasionne des accidents.

XIII.4.2.2 Effets sur les activités humaines :

La nouvelle ligne ferroviaire Boughezoul-Djelfa a des effets sur l'occupation des sols et les déplacements des personnes permet ces effets on cite :

- Une perte de l'espace agricole.
- Une coupure de l'espace agricole.
- Une déstructuration du parcellaire.
- Une interruption des circulations agricoles.
- Une coupure des réseaux de drainage et d'irrigation.

XIII.5 Les mesures prises pour réduire ou compenser les impacts :

Les mesures compensatoires se définissent comme l'ensemble des moyens envisagés pour prévenir ou réduire l'importance des impacts sur l'environnement. Cette étude fournie une liste d'actions, dispositifs et modes de gestions alternatifs qui peuvent être appliqués pour prévenir, atténuer ou éliminer les impacts négatifs issus des phases de réalisation et d'exploitation de la nouvelle ligne ferroviaire.

- **Impacts sur la qualité de l'air :**

Impact	Mesure
L'émission de poussières et de particules de taille variable Lors des terrassements	▪ Arrosage des pistes, notamment par vent fort et temps sec pour limiter les envols de poussières. ▪ Eviter les opérations de chargement et de déchargement de matériaux par vent fort. ▪ Vitesse de circulation des engins limitée à 30 km/h dans les zones sensibles à la poussière. ▪ Couverture ou protection contre le vent des stockages temporaires de matériaux pulvérulents.
D'épandage et le malaxage liants hydrauliques	▪ Pas d'épandage par vent supérieur à 40 km/h. ▪ Pas de circulation sur des surfaces venant d'être traitées. ▪ Etanchéité des épandeurs, afin d'éviter toute fuite lors du transport des produits.

➢ **Impacts sur les eaux superficielles et les eaux souterraines :**

Impact	Mesure
Impacts sur les eaux souterraines ▪ **Risques de pollution par rejets directs d'eaux de lavage, d'eaux usées.** ▪ **Risque de pollution par une mauvaise gestion des déchets.** ▪ **Le rabattement des nappes par pompage qui conduit à un abaissement du niveau des nappes phréatiques ainsi qu'une modification du régime d'écoulement des eaux souterraines.**	▪ La mise en végétation immédiate des talus, des fossés et berges de cours d'eau, en saison favorable ▪ Le traitement des eaux de chantier dans des bassins de décantation/ filtration provisoires avant rejet dans les cours d'eau sensibles. ▪ Le rejet à l'aval des captages, au-delà de leur aire d'alimentation après décantation. ▪ En cas de dépôts de fines après un orage, le nettoyage immédiat du chantier
Impact sur les eaux superficielles ▪ **Dérivations des écoulements durant la construction de l'ouvrage.** ▪ **La pollution des eaux.** ▪ **L'érosion des talus en cours de création**	▪ Drainage et collecte des eaux de ruissellement issues des terrassements dans des bassins de décantation avant rejet dans le cours d'eau. ▪ Stockage du carburant, confinement et maintenance du matériel sur des aires aménagées à cet effet. ▪ Mise en œuvre d'une toile ou grille de protection dans les secteurs sensibles à l'érosion.

➢ **Impacts sur la flore :**

Impact	Mesure
▪ **Les déboisements** ▪ **La circulation des engins le long du projet en construction** ▪ **Le dépôt temporaire de matériaux (matériaux extraits lors des terrassements, ou nécessaires à la construction du canal…),**	▪ Les arbres doivent être déplacé et non pas déboisé. ▪ Eviter les dépôts de matériaux dans la Zone humides. ▪ La propagation de la poussière sera limitée par l'arrosage des voies de circulation sur le chantier par temps sec.

- **Impacts sur la faune :**

Impact	Mesure
▪ **Implantation d'une infrastructure étrangère dans une zone de colonisation faunistiques** ▪ **Risque de perturbation liée au bruit et à la vibration**	▪ La pose des barrières pour la faune le long des passages des forêts ou des zones de colonisation faunistiques ▪ Impact de vibration sera modéré dans le temps. ▪ Création des passages pour animaux (Passage a Faune) au PK 132+440

Remarque : on peut utiliser les ponts routiers comme des passages Supérieur (les rétablissement routiers) pour les animaux car le trafic est trop faible dans la zone d'étude.

Rétablissements routiers	Localisation	Ouvrage d'art
Rétablissement Piste	125+055	Passage supérieur
Rétablissement Piste	128+661	Passage supérieur
Rétablissement Piste	134+592	Passage supérieur

- **Impacts sur les habitants :**

Le tracé de la voie ferrée retenu passe à l'Est de cette ville et il est éloigné de l'ensemble des habitations. Le choix de la variante du projet a pris en charge l'aspect de passage loin des habitations.

Toutefois, on recense quelques habitations éparses qui se situent près du tracé, notamment aux environs du PK127. Ce sont des maisons agricoles utilisées principalement pour l'élevage.

La ligne de chemin de fer Boughezoul-Djelfa traverse des terrains agricoles, piste, route ...etc le long de tracé. A cet effet, on a essayé d'intégrer mon projet dans le paysage initial sans nuire à l'environnement. Par la création des ponts routier pour permettre aux agriculteurs de déplacé des deux côtés de la voie et de construire des pistes parallèles a la voie ferrée.

CHAPITRE XIV. DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF

XIV. Devis estimatif et quantitatif

N° DES PRIX	DESIGNATIONS	UNITE	PRIX UNITAIRE	QUANTITÉ	MONTANT
1 - INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER					
1-1	Amenée du matériel et installation général du chantier	F	244 543 997,57	1,00	244 543 997,57
1-2	Repli du matériel et des installations du chantier	F	25 008 497,85	1,00	25 008 497,85
1-3	Encadrement de chantier	F	60 363 956,24	1,00	60 363 956,24
TOTAL INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER					**329 916 451,66**
2 - ETUDES D'EXECTION					
2-1	Études d'exécution des terrassements généraux	F	117 997 426,82	1,00	117 997 426,82
2-2	Études d'assainissement	F	6 443 928,00	1,00	6 443 928,00
2-3	Études d'exécution des Bâtiments voyageurs et aménagement extérieur	F	12 857 791,68	1,00	12 857 791,68
TOTAL ETUDES D'EXECTION					**137 299 146,50**
3 - TERRASSEMENT GENEREAUX					
3-1	Décapage de terre végétale	M3	455,95	83 167,40	37 920 176,03
3-2	Déblais mise en remblai	M3	469,13	131 317,12	61 604 800,51
3-3	Déblais mise en dépôt	M3	486,18	32 829,28	15 960 939,35
3-4	Préparation des surfaces d'assise des remblais	M2	294,00	415 837,16	122 256 125,04
3-5	Mise en remblai des matériaux issus des déblais	M3	309,19	131 317,12	40 601 940,33
3-6	Mise en remblai de terrain meuble issu de lieux d'emprunt	M3	676,20	564 176,78	381 496 338,64
3-7	Couche de forme	M3	778,32	91 822,90	71 467 599,53
3-8	Sous ballast	M3	3 341,80	37 121,10	124 051 291,98
TOTAL TERRASSEMENT GENEREAUX					**855 359 211,40**
4 - DRAINAGE ET ASSAINISSEMENT					
3-0	Buses de tuyaux en béton armé diamètre 1000mm	ML	150 000,00	24,65	3 697 500,00
3-1	Buses de tuyaux en béton armé diamètre 1200mm	ML	152 877,77	195,39	29 870 787,48
3-2	Buses de tuyaux en béton armé diamètre 1500mm	ML	156 800,00	255,30	40 031 040,00
3-3	Fossé de plateforme en béton armé	ML	11 400,00	1 332,36	15 188 904,00
3-4	Fossé de crête en béton armé	ML	11 400,00	1 332,36	15 188 904,00
3-5	Fossé au pied de talus en béton armé	ML	11 400,00	15 567,64	177 471 096,00
3-6	Dalot en béton armé type 1 ; coupe transversale 2,50 X 2,00 m/2 cellule	M3	147 000,00	144,19	21 195 694,80
3-7	Dalot en béton armé type 2 ; coupe transversale 2,50 X 3,00 m	M3	117 000,00	158,62	18 558 300,15
TOTAL DRAINAGE ET ASSAINISSEMENT					**321 202 226,43**
5 - TRAVAUX DE VOIE					
5-1	Ballastage voie nouvelle	M3	6 305,00	30 814,30	194 284 161,50
5-2	Fourniture des traverses bi-bloc VAX U 31	U	8 245,00	5 676,00	46 798 620,00
5-3	Fourniture des rails NEUFS UIC 60 (60,34 kg/m)	Tonne	121 250,00	2 763,78	335 108 515,71
5-4	Fourniture des attachés pour rails UIC 60	U	523,80	141 027,13	73 870 008,75
5-5	Pose de la voie	ML	5 626,00	45 803,47	257 690 340,22
5-6	Fourniture des traverses mono-bloc	U	10 185,00	32 493,00	330 941 205,00
5-7	Fourniture d'un branchement simple UIC 60-500-1 :12	U	15 899 976,16	9,00	143 099 785,44
5-8	Pose d'un appareil de voie simple UIC 60-500 1 :12	U	553 627,50	9,00	4 982 647,50
5-9	Traverses de Garage Franc	U	40 891,56	9,00	368 024,04
5-10	Heurtoir	U	936 686,56	3,00	2 810 059,68

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

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

Montant total en DA HT :

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

CHAPITRE XV. PLANIFICATION DE PROJET

XV. Planification de projet

XV.1 Introduction :

Un chantier est défini par une installation permanente dans un lieu généralement ouvert. Il dure le temps de construction d'un projet, c'est-à-dire au maximum quelques années. Les entreprises du travaux publics sont les seules dont le rendement est soumis aux intempéries (pluie, gel, …).

L'organisation d'un chantier consiste à déterminer et à coordonner la mise en œuvre des moyens nécessaires pour accomplir dans les meilleures conditions possibles les travaux à exécuter.

Avant d'aller sur chantier et commencer la réalisation des travaux, il faut toujours commencer par une étude théorique c'est ce qu'on appelle une planification.

XV.2 Planification :

XV.2.1 Définition :

La planification consiste à rechercher constamment la meilleure façon d'utiliser avec économie la main d'œuvre et autres moyens de mise en œuvre pour assurer l'efficacité de l'action entreprise.

Le planning est un des seuls documents de chantier qui concerne absolument tout le monde du client à l'entreprise de réalisation.

XV.2.2 Objectifs de la planification :

Son objectif est d'assurer que tout le travail se fait :

- Dans un ordre correct (bonne succession des opérations du réseau).
- A temps (sans retard).
- Aussi économique que possible (avoir un bénéfice).

XV.3 Le diagramme de GANTT :

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

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

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

1. La suite logique des travaux en fonction de leurs interdépendances.
2. Le nombre d'heures total prévues pour l'exécution à partir du devis quantitatif.
3. Le rendement du matériel mis à votre disposition sur le chantier.
4. Le délai d'exécution.

XV.4 Application sur notre projet :

Sur notre projet nous avons réalisé le diagramme de GANTT en utilisent le logiciel **Primavera.**

Le délai d'exécution du présent projet est arrêté à **415 Jours** reparti conformément au planning et qui se résume comme suit :

Le délai d'exécution de la section INSTALATION GENERALE DE CHANTI : **quatre-cent-quinze (415) jours**.

Le délai d'exécution de la section ETUDE D'EXECUTION **cinquante-cinq (55) jours**.

Le délai d'exécution de la section TERRASSEMENT GENERAUX **deux cents vingt-neuf (229) jours**.

Le délai d'exécution de la section DRAINAGE ASSAINISEMNT **cent quarante-cinq (145) jours**.

Le délai d'exécution de la section TRAVAUXX DE VOIE **cent soixante-un (161) jours**.

Le délai d'exécution de la section BATIMENT GARE ET AMENAGEMENT **trois cents quatre-vingts (380) jours**.

XV.5 Le schéma explicatif de programme proposé (planchée N^0 5) :

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

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

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

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

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

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

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

De plus, Ce travail nous a permis de développer notre côté informatique, par l'utilisation des logiciels comme AUTOCAD, COVADIS 17.0f, GLABALE MAPPER, Primavera, INFRAWORKS.

Annexe

Annexe A

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

Client : ENSTP **Préparé par : HAMMADI Imam**

LOGICIEL: COVADIS 17.0f Date: 21/04/2022 à 09:49:29

Axe en plan: la ligne ferroviaire Boughezoul – Djelfa

Description : étude APD de la ligne de chemin de fer Boughezoul – Djelfa
Plage d'abscisse : Début : 122+700, Fin : 139+600

Axe En Plan						
Date du listing		21/04/2022 à 09:49:29				
Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	198.21gr	9738,312	122+750.000	491424,292	3937478,068
Clothoïde 1	Paramètre	600,000	130,000	132+488.312	491697,515	3927743,590
Arc 1	Rayon	3000.000 m	1279,525	132+608.312	491701,681	3927623,664
	Centre X	494698.217 m				
	Centre Y	3927767.789 m				
Clothoïde 2	Paramètre	-600,000	130,000	133+887.837	492029,747	3926396,925
Droite 2	Gisement	168.51gr	571,175	134+007.837	492085,999	3926290,929
Clothoïde 3	Paramètre	866,025	150,000	134+579.011	492357,108	3925788,196
Arc 2	Rayon	5000.000 m	217,665	134+729.011	492428,964	3925656,529
	Centre X	496793.739 m				
	Centre Y	3928095.532 m				
Clothoïde 4	Paramètre	-866,025	150,000	134+946.676	492539,243	3925468,888
Droite 3	Gisement	163.83gr	1616,502	135+096.676	492619,314	3925342,049
Clothoïde 5	Paramètre	-774,597	150,000	136+713.178	493489,045	3923979,460
Arc 3	Rayon	-4000.000 m	314,339	136+863.178	493568,956	3923852,522
	Centre X	490157.503 m				
	Centre Y	3921763.985 m				
Clothoïde 6	Paramètre	774,597	150,000	137+177.518	493722,386	3923578,263
Droite 4	Gisement	171.22gr	2268,340	137+327.518	493788,744	3923443,742
				139+595.858	494779,511	3921403,216
Longueur totale de l'axe 16845.858 mètre(s)						

Annexe B

Annexe B1 : Listing de la géométrie de profil en long

Client : ENSTP **Préparé par : HAMMADI Imam**

LOGICIEL: COVADIS 17.0f Date: 21/04/2022 à 09:49:29

Profil en long : la ligne ferroviaire Boughezoul – Djelfa

Description : étude APD de la ligne de chemin de fer Boughezoul – Djelfa

Plage d'abscisse : Début : 122+700, Fin : 139+600

LONGUEUR DE L'AXE : 16845.858 m

Profil En Long Projet

Date du listing		21/04/2022 à 09:49:29			
Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	0.00 %	1393,664	122+750.000	653,665
Cercle 1	Rayon	-30000.000 m	178,443	124+143.664	653,665
	Sommet Absc.	124+143.664 m			
	Sommet Alt.	653.665 m			
Pente 2	Pente	-0.59 %	530,566	124+322.107	653,134
Cercle 2	Rayon	35000.000 m	186,065	124+852.673	649,978
	Sommet Absc.	125+060.857 m			
	Sommet Alt.	649.359 m			
Pente 3	Pente	-0.06 %	223,695	125+038.738	649,366
Pente 4	Pente	-0.05 %	1902,347	125+262.434	649,225
Cercle 3	Rayon	45000.000 m	138,237	127+164.780	648,366
	Sommet Absc.	127+185.082 m			
	Sommet Alt.	648.362 m			
Pente 5	Pente	0.26 %	5124,844	127+303.017	648,516
Cercle 4	Rayon	-55000.000 m	104,279	132+427.861	661,947
	Sommet Absc.	132+572.004 m			
	Sommet Alt.	662.136 m			
Pente 6	Pente	0.07 %	667,232	132+532.140	662,122
Cercle 5	Rayon	80000.000 m	196,254	133+199.373	662,605
	Sommet Absc.	133+141.389 m			
	Sommet Alt.	662.584 m			
Pente 7	Pente	0.32 %	652,870	133+395.627	662,988

Cercle 6	Rayon	-60000.000 m	122,611	134+048.496	665,063
	Sommet Absc.	134+239.174 m			
	Sommet Alt.	665.366 m			
Pente 8	Pente	0.11 %	750,654	134+171.107	665,328
Cercle 7	Rayon	40000.000 m	594,527	134+921.761	666,179
	Sommet Absc.	134+876.383 m			
	Sommet Alt.	666.153 m			
Pente 9	Pente	1.60 %	1705,598	135+516.288	671,272
Cercle 8	Rayon	-40000.000 m	639,905	137+221.886	698,561
	Sommet Absc.	137+861.792 m			
	Sommet Alt.	703.680 m			
Pente 10	Pente	-0.00 %	1734,066	137+861.792	703,680
				139+595.858	703,680
Longueur totale de l'axe 16845.858 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 16846.165 mètre(s)					

Annexe C : Canalisation circulaires partiellement remplie

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

Annexe D : Classifications des sols selon UIC.

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

Annexe D : Classes de qualité des sols selon le code UIC 719R.

Type de sol (Classification géotechnique)	Classe de qualité des sols
- Sols organiques ; - Sols avec plus de 15% de fins, expansifs, humides, de haute plasticité et pas compactables ; - Sols contaminés avec déchets, matière organique ou résidus ; - Sols avec matériaux solubles (sel-gemme ou plâtre).	QS0
- Sols avec plus de 40% de fins (pas classifiables comme QS0); - Roches évolutives.	QS1 (a)
- Sols avec 15% à 40% de fins (pas classifiables comme QS0); - Roches friables ; - Roches peu dures (MDE > 40 et LA >40%).	QS1 (b)*
- Sols avec 5% à 15% de fins ; - Sols avec moins de 5% de fins mais uniformes (Cu ≤ 6); - Roches moyennement dures (25% < MDE ≤ 40% et 30% < LA ≤ 40%)	QS2
- Sols avec moins de 5% de fins; - Roches dures (MDE ≤ 25% et LA ≤ 30%)	QS3

Annexe C : Conditions générales de réutilisation des matériaux en œuvre ayant pour base le code UIC 719R

Description de les matériaux		classe du sol (code UIC 719R)	Dépôt	Remblais				Couche de forme	Éperons, masques et couches drainants	Bétons	Sous-ballast
				Noyau			Partie inférieur du remblai (ciment) et partie supérieur du remblai (couronnement)				
				Remblai on sols	Sol - enrochement	Enrochement					
Sols avec plus de 15% de fins, contaminés, de comportement hétérogène, haute plasticité, expansifs et / ou saturée (sols impropres)		QS0	X								
Sols avec plus de 15% de fins et roches d'évolutives à très évolutives (sols médiocres)	fins >40%	QS1 (a)	X	X							
	15% < fins <40%	QS1 (b)*		X	X		X				
Sols avec peu de fins (5% < fins <15%) et roches dures 25%< MDE ≤40% et 30%< LA ≤40% (sols moyens)		QS2		X	X	X	X				
Sols sans fins (<5%) et roches très dures (sols bons)	19%≤ MDE≤25% et 26%≤ LA ≤30%	QS3 (a)		X	X	X	X	X	X	X	
	MDE≤18% et LA≤25%	QS3 (b)		X	X	X	X	X	X	X	X

Annexe F

Annexe F1 : LONGUEUR DES LIGNES

Ligne	Fonction	Du	Au	Longueur utile (m)
V 4	Arrivé / départ trains voyageurs	GF-4	GF-5	1188
V 2A	Manouvre et dédoublement futur	H V2 A	GF-04	125
V2	Croisement / doublement futur	GF-4	GF-5	1188
V 2B	Manouvre et dédoublement futur	GF-6	H V2 B	31
V1	Ligne Général	GF-1	GF-9	1577
V1	Ligne Général	GF-2	GF-7	1396
V3	Arrivé / départ trains voyageurs	GF-1	GF-8	1412
V 3A	Manouvre	GF-8	H V3 A	180

Annexe F2 : APPAREILS DE CHANGEMENT DE VOIE

N.º	Ligne	Géom	Tangent	Rayon (m)	Direction	Vmax. Voie Déviée (km/h)	Matériel	
							Rail	Travers
ADV-1	V1	UIC	1/12	500	Gauche	65	60E1	Béton
ADV-2	V1	UIC	1/12	500	Droit	65	60E1	Béton
ADV-3	V2A	UIC	1/12	500	Droit	65	60E1	Béton
ADV-4	V2A	UIC	1/12	500	Droit	65	60E1	Béton
ADV-5	V2	UIC	1/12	500	Gauche	65	60E1	Béton
ADV-6	V2	UIC	1/12	500	Gauche	65	60E1	Béton
ADV-7	V1	UIC	1/12	500	Gauche	65	60E1	Béton
ADV-8	3GA	UIC	1/12	500	Droit	65	60E1	Béton
ADV-9	V1	UIC	1/12	500	Droit	65	60E1	Béton

Annexe E

Client : ENSTP **Préparé par : HAMMADI Imam**

LOGICIEL: COVADIS 17.0f Date: 21/04/2022 à 09:49:29

Récapitulatif des Cubatures des Matériaux

Description : étude APD de la ligne de chemin de fer Boughezoul – Djelfa

Récapitulatif des Cubatures des Matériaux (Gulden)	
Matériau	Volume cumulé
SOUS BALLASTE	37121,1
BALLAST	30814,3
TOUT_VENANT	91822,9