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

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Etude en APD de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique AIN BEIDA - KHENCHELA du PK41+675 au PK51+675 avec l'aménagement et la conception de la gare de Baghai

Présenté par :
CHERGUI Mohamed Lamine

Encadré par :
Mr GOUMETTRE Ahmed

Promotion 2022/2023

© 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. GOUMETTRE Ahmed
Et mon co-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 pour leurs soutiens, ses remarques pertinentes et leurs encouragements, tout le long de ce projet

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. Bourbia et Mme. Makuodi 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 et Ma chère sœur Pour leur appui et leur encouragement

A toute ma famille,

A mes coussins

A mes collegues

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I. Recherche bibliographique

I.1Introduction ……3

I.2Recherche bibliographique.……3

I.3 Histoire de chemin de fer en Algérie …….…….3

1. 4Avantage des chemins de fer ……....4

I.5 Conclusion……5

CHAPITRE II. PRESENTATION DU PROJET

II.1INTRODUCTION

II.2 Présentation du site……....6

II.2.1 Situation du site ……...6

II.2 2Relief ……..6

II.2.3Climat ……6

II.2.4 Sismicité……7

II.3. Présentation du projet ……..7

II.3.1. Les caractéristiques du projet……7

II.3.1.2. Caractéristiques de la Voie……..8

II.4. Conclusion ……....9

CHAPITRE III. SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

III.1. INTRODUCTION……10

III.2. LES COUCHES D'ASSISE……10

III2.1. LE RAIL……10

III2.1.1. Assemblage des rails……12

III2.2. Les travers……12

III.2.2.1. Rôle de travers……12

III2.3. Les attaches travers-rail……12

III.2.4. L'appareil de voie……13

III.3. CONCLUSION ……15

CHAPITRE IV. TRACE EN PLAN

IV.1. INTRODUCTION……16

IV.2. Normes et paramètres de conception géométrique……16

IV.3. Trace en plan……..16

IV3.1. Condition et règles de tracé selon la SNTF……17

IV3.2. Caractéristiques géométriques……..17

IV.4. Application au projet……...18

CHAPITRE V. PROFIL EN LONG

V.1. Introduction……...21

V.2. Application au projet……..21

V.3. Les contraintes le long du tracé……22

V.4. Conclusion……..22

CHAPITRE VI. ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

VI.1. Introduction…….23

VI.2. Etude hydrologique ……...23

VI.2.1. Caractéristiques morphologiques des bassins versants……...24

VI2.2. Précipitations journalières……..25

VI.2.3. Le temps de concentration « tc ……...25

VI.2.4. Calcul de l'intensité de pluie……...26

VI.2.5. Calcul du débit maximal dans les bassins (les débits de crue……26

VI.2.5.1. Résultats de calcul des débits par la méthode rationnelle……27

VI.3. Etude Hydraulique……28

VI.3.1. Introduction……28

VI.3.2 Dimensionnement des ouvrages transversaux……29

VI.3.3. Ouvrages d'assainissement longitudinaux……31

VI.3.4. Dimensionnement des fossés……31

VI.3.4.1 Application de notre projet……32

4 Conclusion……33

CHAPITRE VII. ETUDE GEOTECHNIQUE ET GEOLOGIQUE

VII.1. Introduction……34

VII.2 L'étude géologiques……34

VII.2.1 Introductions……34

VII.2.2 Situation du site……34

VII.2.3 Aperçu géologique local……34

VII.2.4. Contexte géologique de ce tronçon……35

VII.2.5. Risques géologiques……..…..35

VII.3. ETUDE GEOTECHNIQUE……..…..35

VII3.1. Introduction……..……..35

VII.3.2.1. Lot Tracé……..36

VII.3.2.1. Reconnaissance de portance de la plate-forme……36

VII.3.2.Lot Ouvrage……42

VII.3.Campagne De Reconnaissance Géotechnique……43

VII.4. Réutilisation des matériaux excavés……..49

VII.5. Conclusion……50

CHAPITRE VIII. ASSISE FERROVIAIRE

VIII.1. Introduction……..……..51

VIII.2. Le ballaste……..……51

VIII.3. Sous couche……...51

VIII.4. La plate-forme……..…51

VIII. 5. Calcul des épaisseurs minimales des couches d'assise ……..…..53

VIII.6. Application au projet……..…..53

VIII.7. Conclusion……54

CHAPITRE IX. PROFILE EN TRAVERS

IX.1. Introduction……55

IX.2 Profile en travers……55

IX.3 Profile en travers type de mon projet……55

CHAPITRE X. Terrassement et ouvrages

X.1Les terrassements……57

X.1.1 Pente de talus……57

X.1.2Calcule la stabilité de talus…….. 57

X.1.2.1Vérification de la stabilité des talus ……58

X.2 Les ouvrages ……60

X.3 Les ouvrages de notre projet ……62

X.4 Conclusion……63

CHAPITRE XI. CONCEPTION DE LA GARE

XI.1 Introduction …….. 64

XI.2 Aménagement de la gare ……..….. 64

XI.3 Caractéristiques géométriques des gares ……..……. 66

XI.4 Conditions de conception des gares ……..…..…68

XI.5 Application Au Projet……..….. 68

CHAPITRE XII. Signalisation ferroviaire

XIII.**Introduction……..72**

XIII.Objet de la signalisation ferroviaire……72

XIII. Implantation des signaux en Algérie ……73

XIII. Principe de signalisation ferroviaire ……73

XIII. les différents types de blocks ……..73

XIII.Application sur notre projet……78

CHAPITRE XIII. Impact sur l'environnement

XIII.1 Introduction……79

X.III.2 Délimitation de la zone d'étude ……79

XIII.3 Description de l'état initial de la zone d'étude ……,….79

XIII.4 Identification et description des impacts ……,,,80

XIII.5 Les mesures prises pour réduire ou compenser les impacts……82

CHAPITRE XIV. Devis estimatif et quantitatif

RESUME

Le présent projet consiste essentiellement à l'étude avant-projet détaillé (A.P.D) d'un tronçon de la nouvelle ligne ferroviaire AIN Beida–Khenchela (tronçon du Pk41+675 au Pk 51+675), avec aménagement de la gare de Baghai.

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.

مـــلخـــــص

تتعلق هذه المذكرة بدراسة تفصيلية أولية لما قبل المشروع (A.P.D)لجزء من خط السكة الحديدية الجديد الرابط بين عين بيضة_ خنشلة (المقطع من Pk51+675إلى PK41+675) . مع تهيئة محطة باغايا.

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 معايير UIC (الاتحاد الدولي للسكك الحديدية)، وقد تم تنفيذ النمذجة الهندسية للمشروع تحت برنامج 17.0f COVADIS

Summary

This project is mainly to study detailed design (ODA) of a section of the new railway line AIN Beida–Khenchela (the section from Pk41+675 to Pk 51+675), with development of the station baghai.

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 15

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 73

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) 7

7

Figure XII-1 le systeme de controle des trains ERTMS 89

LISTE DES FIGURES

FIGURE II-1 PLAN DE SITUATION DE LA ZONE D'ETUDE.....6

FIGURE II-2 PLAN SYNOPYIQUE DE LA SECTION D'ETUDE.....7

Figure III-1 les constituant de la section transversal de rail.....10

Figure III-2 Profil rail du type UIC60 E1 11

Figure III-3 Traverse bibloc 12

FIGURE III-4 ATTACHE TYPE NABLA……..13

Figure III-5 Un branchement et ses elements constitutifs.....14

FIGURE III-6 SCHEMA ILLUSTRATIVE DE L'APPAREIL DE VOIE.....15

FIGURE IV-1 LES ELEMENTS DE TRACE EN PLAN.....16

FIGURE VI-1 CARTE DES BASSINS VERSANTS DE LA ZONE D'ETUDE 24

FIGURE VI-1 SCHEMA REPRESRNTE UNE FOSSE.....33

Figure VII-1 Carte geologique de la zone d'etude.....34

FIGURE X-1 ANALYSE DE LA STABILITE POUR LA GEOMETRIE DE 1/2 (V/H). SITUATION STATIQUE. 58

FIGURE X-2 ANALYSE DE LA STABILITE POUR LA GEOMETRIE DE 1/2 (V/H). SITUATION PSEUDOSTATIQUE (KH = 0.0225; KV = +0.3) 59

FIGURE X-3 IDENTIFICATION DU SOL 59

FIGURE XI-1 SCHEMATISATION DE LA MARGE DE LAGLISSEMENT 65

FIGURE XI-2 SCHEMA ILLUSTRATIF DE GARAGE FRANC 65

FIGURE XI-3 LONGUEUR UTILE.....66

FIGURE XI-4 LA HAUTEUR DU QUAI ET LA DISTANCE ENTRE LE BOUT DU QUAI ET L'AXE DE LA VOIE (SOURCE UIC741 OR) 6

7

Figure XII-1 le systeme de controle des trains ERTMS 78

LISTE DES TABLEAUX

Tableau IV-1 vitesse des trains maximale..... 17
Tableau IV-2 Parametres geometriques de trace en plan (SNTF) 18
Tableau IV-3 Tableau recapitulatif des parametres du trace..... 20
Tableau V-1 Valeurs des parametres de profil en long (SNTF) 21
Tableau VI-1 Caracteristiques morphologiques des bassins versants..... 24
TABLEAU VI-2 PARAMETRES A ET B DES COURBES IDF POUR LA REGION DE L'ETUDE..... 26
TABLEAU VI-3 RESULTATS DE CALCUL DES DEBITS PAR LA METHODE RATIONNELLE 28
Tableau VI-4 Liste globale des ouvrages a projeter..... 31
Tableau VI-5 Calcul des debits a evacuer dans le cas de deblai 32
Tableau VI-6 dimensionnement du fosse propose 32
TABLEAU VII-1 PROGRAMME D'INVESTIGATION DE LOT TRACE 36
Tableau VII-2 programme d'investigation de Lot ouvrage 42
Tableau VII-3 Les resultats des puits (PR) effectues..... 43
TABLEAU VII-4 RESUME DES ESSAIS DE PENETRATION DYNAMIQUE EFFECTUES 45
TABLEAU VII-5 RESUME DES SONDAGES CAROTTES EFFECTUES 46
E LABORATOIRE SUR ECHANTILLONS
de sols remanies…….47
Tableau VII-6 tableau recapitulatif des essais mecaniques..... 48
Tableau VII-7 Risque de dissolution …….48
Tableau VII-8 Estimation du % de reutilisation des materiaux excaves..... 49

TABLEAU VIII-1 LA CLASSE LA PORTANCE DE LA PLATE-FORME (NORMES UIC 719R P.34)……52

TABLEAU VIII-2 LES VALEURS DES DIFFERENTS PARAMETRES POUR LE CALCUL DE l'epaisseur…….53

TABLEAU IX-1 LES CUBATURES DE TERRASSEMENT 56

TABLEAU X-1 LISTE DES OUVRAGES D'ART POUR MON PROJET 62

TABLEAU X-2 PISTES A SUPPRIMER 62

Tableau XII-1 Les principaux signaux ferroviaires et leur indication 74

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 nouveaux projets afin de développer son réseau des chemins de fer suivant des programmes de développement bien étudiés.

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 160 Km/h entre les villes de Ain Beida et Khenchela d'une longueur de 51 km.

Cette nouvelle ligne permettra d'établir la liaison ferroviaire Nord-Sud 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 XIX^{ème} 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 .1. INTRODUCTION

Dans le secteur des transports, le chemin de fer Ain Beida–Khenchela 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 :

II.2.1 Situation du site :

La zone d'étude se trouve dans la partie Est de l'Algérie. Administrativement le tracé traverse les wilayas de Oum El Bouaghi et Khenchela.

Géographiquement, le secteur d'étude est limité :

- Au Nord par la wilaya d'Oum Bouagui.
- Au Sud par la wilaya d'El Oued.
- À l'Ouest par la wilaya de Batna et Biskra.
- À l'Est par la wilaya de Tébessa.

Le tracé retenu pour cette ligne, traverse les communes figurant ci-dessous :

WILAYAS	LOCALITES
OUM EL BOUAGHI	Ain Beida, F'kirina
KHENCHELA	El Hamma, Baghai, M'toussa

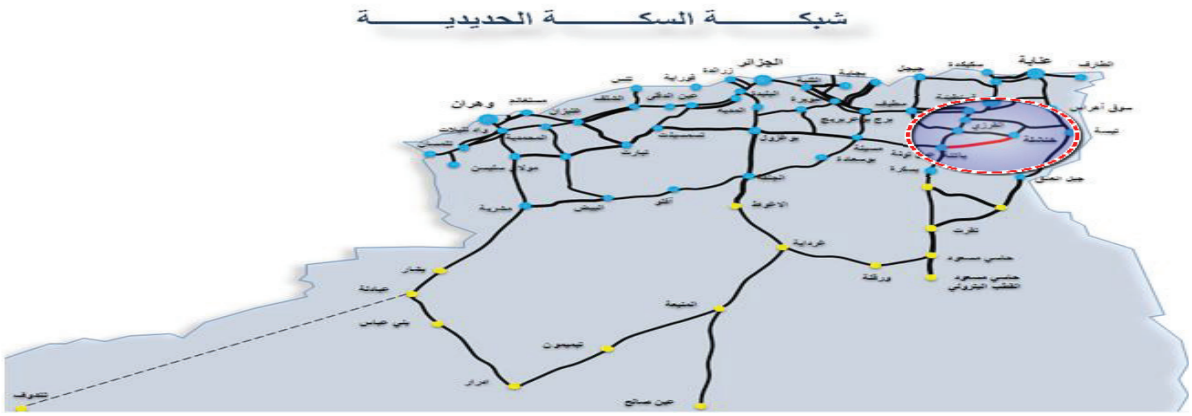


Figure N°01 : Plan de situation de la zone d'étude

II.2.2. Relief :

La zone d'étude se situe dans région des hauts plateaux dont l'altitude moyenne 1116 m.

II.2.3 Climat :

La région se caractérise par trois climats : climat très rude en hiver, modéré en été dans les régions montagneuses centrales, climat modéré

en hiver, chaud et sec en été.

II.2.4 Sismicité :

D'après le Règlement parasismique Algérien « RPA 99/version 2003 » Le territoire national est divisé en cinq (05) zones, la zone d'étude ce situer dans zone sismique «I» (sismicité faible).

II.3. Présentation du projet :

Le présent projet a pour objet l'étude dans les phases (étude de faisabilité et Avant-projet détaillé) la ligne de chemin de fer Ain Beida–Khenchela exactement entre les points kilométriques (Pk 41+675 et Pk 51+675) dans le cadre de la réalisation de la Rocade des Hauts Plateaux et ses interconnexions avec (Ain Beida/Khenchela/Batna/Sétif).

Le tracé constitue une nouvelle liaison ferroviaire entre Ain Beida et Khenchela Sur L = 50km, cette ligne est conçue comme ligne de Grande vitesse (LGV) sur voie normale, avec des caractéristiques géométriques selon les Standards UIC.

Figure N°02 : Plan synoptique de la section du Pk 441+675 au Pk 51+675



II.3.1. Les caractéristiques du projet

Condition de Basse :

Le tracé est conçu pour une ligne de chemin de fer à voie unique. 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 Basse :

Longueur 10km

Caractéristiques géométriques selon les standards UIC

Pont-rail et pont-route prévus pour double voie

Trafic mixte voyageurs et marchandises

Traction actuellement diesel

Gares de croisement conçues pour garer des trains de1200 m

II.3.1.1. Caractéristiques de la Voie

Ecartement :

La voie normale sera construite à écartement normal e = 1435 mm sans surécartement 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

Vitesse :

- Vitesse maximale 160 km/h
- Trafic marchandises en plaine et en zone montagneuse : 100 km/h

Entraxes des voies :

L'axe de la deuxième voie sera placé ultérieurement à 4,20 m de l'axe de la voie .

II.3.2. Superstructure

Rails :

En pleine voie et en gares, rail UIC 60 E1

Traverse :

Traverses bi-bloc en pleine voie et voies de gare, Traverses en bois pour les appareils de voie.

Attache :

Attaches élastiques de type NABLA

Appareils de voie :

Choisis dans la gamme ci – après :
UIC-60 300-1 : 9 avec une vitesse de 50 km/h
UIC-60 500-1 : 12 avec une vitesse de 60 km/h

II.4. Conclusion :

Le pays consent actuellement un grand investissement pour la relance de ce secteur, ceci va permettra l'émancipation de nombreuse région qui va sortir en mémé temps de leur isolement géographique.

CHAPITRE III : SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

III.1. INTRODUCTION

Une structure de voie ferrée est conçue pour fournir un transport sécurise s'inscrivant dans une démarche de développement durable. Ceci exige que la voie supporte la masse roulante et sa répartition sur le sol en plus d'assurer le guidage des roues des véhicules par les deux files de rails, Pour obtenir ce résultat, les différents composants du système doivent assurer des fonctions spécifiques dans la structure de la voie. Celle-ci se divise en deux sous-structures : les couches d'assise et la plate-forme.

III.2. LES COUCHES D'ASSISE

Les couches d'assise sont constituées de plusieurs éléments

III.2.1. LE RAIL

Les rails sont des poutres en acier mises bout à bout et posées sur les travers en deux lignes parallèles afin de constituer la voie ferrée,

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

Le rail doit assurer les fonctions suivantes :

1. Supporter les efforts provoqués par la charge roulante.
2. Réaliser le guidage des roues et ces mouvements.
3. Transmet le courant électrique, pour assurer la signalisation et pour la traction des traines sur les lignes électrifier.

Pour cela en présente le profil de rail utilisé actuellement (rail VIGNOLE)

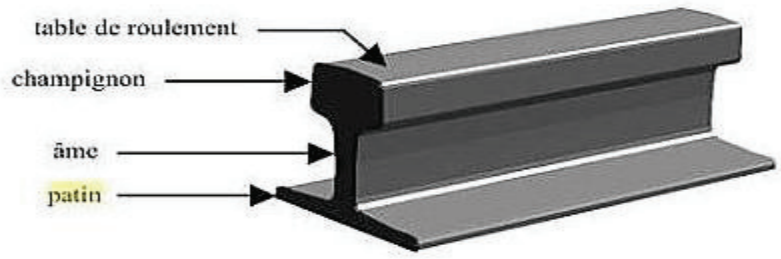


Figure N°01 : les constituant de la section transversale de rail

Dans notre projet on utilise le rail Vignole du type 60 E1

Figure N°02 : Profil rail du type UIC60 E15

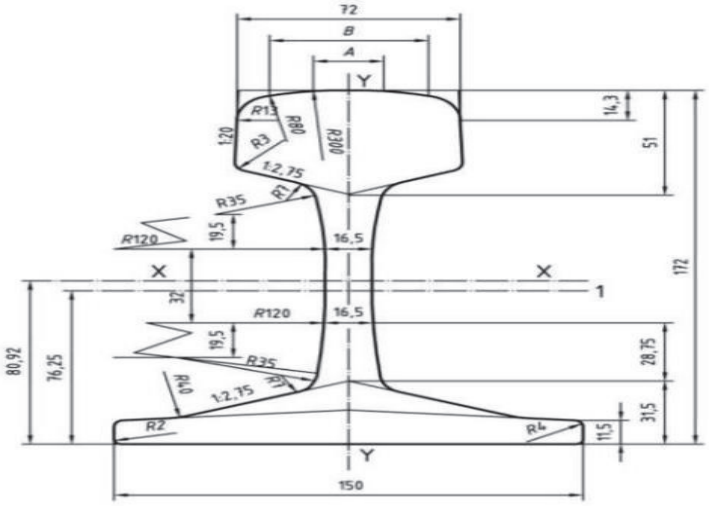


Tableau III-1 Caractéristiques de rails du type UIC 60 E1

Caractéristique	Valeur
Masse	60.21 kg/ml
Surface de la section	76.7 cm^2
Hauteur du rail	172 mm
Largeur du champignon	72 mm
Largeur du patin	150 mm
Moment d'inertie (axe x-x)	3038.3 cm^4
Moment d'inertie (axe y-y)	512.3 cm^4
Resistance à la traction	$R \geq 880$ N/mm^2
Allongement	$R \geq 10\%$
durté au milieu de la table de roulement	260-300 HBW

III.2.1.1. 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 relier solidement à leur extrémité, pour effectuer cette liaison on emploie des éclisses et des soudures :

III.2.2. Les travers

En voie ferrées, les rails reposent sur un plancher constituer par les travers,

Cette dernière pièce est posée en travers de la voie.

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

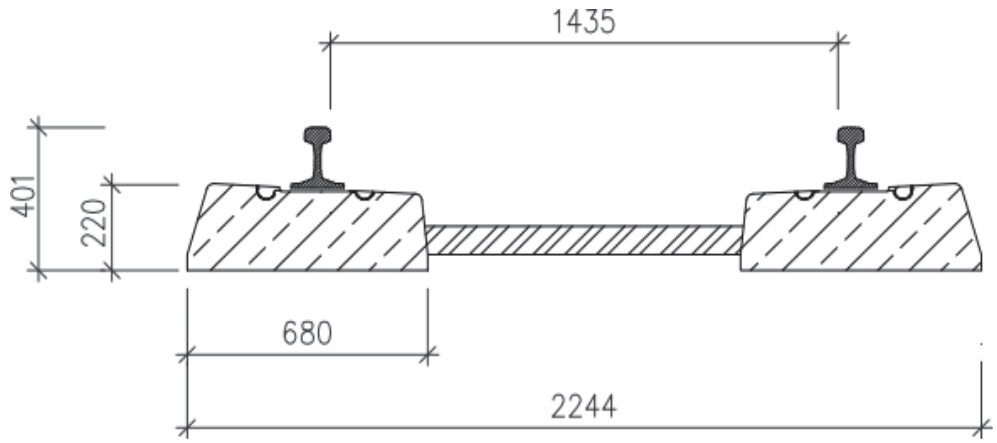
1.les traverses en bois : utilise généralement au niveau des appareils de voie

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 N°03 : travers bibloc



III.2.2.1. Rôle de travers

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 le travers 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 N°04 : 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.

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.

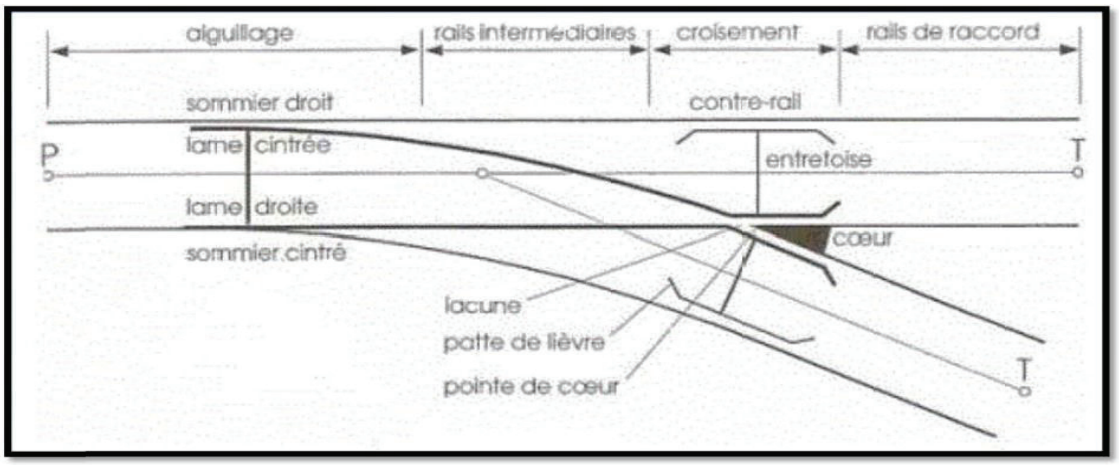


Figure N°05: Un branchement et ses éléments constitutifs

Pour mon projet j'utilise :

-UIC-60 300-1 :9 avec une vitesse de 50 km/h

-UIC-60 500-1 :12 avec une vitesse de 70 km/h

Tableau III-2 les caractéristiques d'appareils de voie de 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	70
1/9	300	16.616	17.922	19.922	50
	190	10.523	17.805	17.805	40

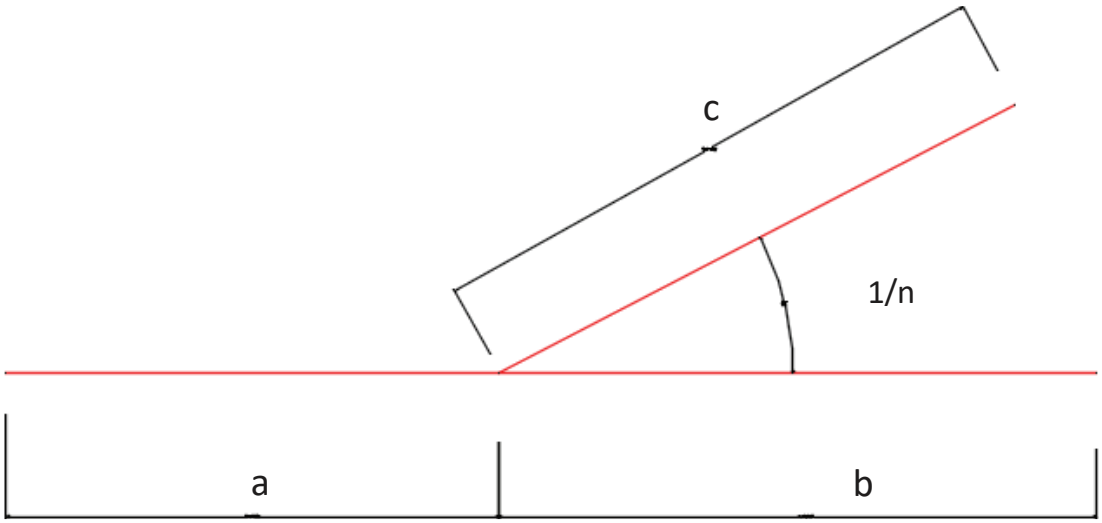


Figure N°06 : schéma illustrative de l'appareil de voie

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 la traine et de repartir la charge sur plusieurs traverses. Le travers transmet les efforts entre le rail et le ballast.

CHAPITRE IV : TRACE 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. Trace en plan

Le tracée en plan de la voie ferrée est une projection orthogonale de tous les points sur un plan horizontal, 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).

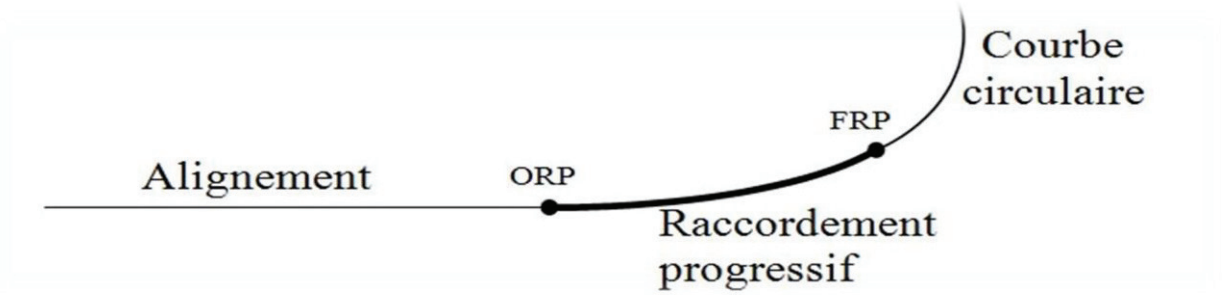


Figure IV-1 Les éléments de tracé en plan

- ✓ 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 80m.
- Respecté Le rayon et les longueurs minimum recommandé par la SNTF.
- Suivre les courbes de niveau afin de diminuer les terrassements..
- Eviter les problèmes des talus :

1-Talus en déblais

2-Talus en remblais

.

V.3.2. Caractéristiques géométriques

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

V.3.2.1 Vitesse du projet :

La desserte ferroviaire Ain El-Beida/Khenchela est circulée par des trains voyageurs et marchandises à des vitesses respectivement de **160 Km/h** et **100 Km/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)

Vitesse (Km/h) 100/160	Formule		Application	
	Normal	**Exceptionnel**	**Normal**	**Exceptionnel**
Dévers maximal d(mm)	-	-	**150**	**160**
Rmin= $\frac{11.8xVmax2}{dmax+Imax}$ **(m)**	$\frac{11,8\times V_{max}^{\ 2}}{dmax+I_{max}}$	$\frac{11,8\times V_{max}^{2}}{dmax+I_{max}}$	1118	1007
Longueurs minimales des alignements (m)	$\frac{Vmax}{2}$	$\frac{Vmax}{3}$	**80**	**53**
Longueurs minimales des pleines courbes (m)	$\frac{Vmax}{2}$	$\frac{Vmax}{3}$	**80**	**53**
Insuffisance de dévers admissible I (mm)	-	-	**120**	**150**
Excès de dévers admissible E (mm)	-	-	**90**	**110**
Limite de la variation de dévers par rapport à la longueur dd/dl (mm/m)	$\frac{180}{Vmax}$	$\frac{216}{Vmax}$	**1,125**	**1,350**
Limite de la variation d'insuffisance de dévers dI/dl (mm/s)		-	**75**	**90**

Pour une circulation à 160 Km/h, le rayon minimum calculé $\mathbf{R_{min}}$ = 1118m qui sera arrondi à **1200 m,** correspondant au dévers maximal normal de 140 mm et à une insuffisance de dévers exceptionnel de 120 mm.

IV.4. Application au projet

IV.4.1. Application au projet pour R= 1400m

Dévers théorique: $d_{th}= \frac{11.8\cdot V_m^2}{R} = \frac{11.8\times 160\text{^}2}{1400}$

$d_{th}=215.77mm$

- **Coefficient de dévers ou dévers prescrit dp:**

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

- ✓ Dévers.
- ✓ Insuffisance de dévers.
- ✓ Excès de dévers.

- ✓ Variation de dévers.
- ✓ Variation de l'insuffisance de dévers.

La valeur optimale du coefficient de dévers étant de l'ordre de **C=0,006 x V²** =153.6

La valeur de C doit être multiple de 15

C=165

Le dévers pratique : Sa valeur est comprise entre des trains rapides et des train lent donnée par :

$$dp = \frac{1000 \times c}{R}$$

dp=117.8mm

on prend dp=120mm

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

Pour avoir un devers pratique compris entre

$$0.5 d_{th} \leq d_P \leq 0.7 d_{th}$$

$$107.8 \leq d_P \leq 151.01$$

Insuffisance de dévers :

$$I = dth - dp = 215.77 - 120 = 95.77mm$$

Excès de dévers :

$$\boldsymbol{E = dp - \frac{11.8 \times V_m^2}{R}}$$

$$\boldsymbol{E = dp - \frac{11.8 \times 160\text{^}2}{1400}}$$

$$\boldsymbol{E} = \textbf{35.71mm}$$

La longueur de clothoïde :

$$\boldsymbol{L_{rp} = \frac{dp}{\frac{dd}{dl}}}$$

$$\boldsymbol{L_{rp} = \frac{120}{\frac{180}{Vmax}}} = \textbf{106.66mm, on prend } \boldsymbol{L_{rp} = 110mm}$$

Limite de la variation de dévers par rapport à la longueur : $\frac{dd}{dL} = \frac{120}{110} = 1.01mm\backslash m$

La variation d'insuffisance de dévers :

$$\frac{dl}{dt} = \frac{dI}{Lrp} \times \frac{Vmax}{3.6} = \frac{95.77 \times 160}{110 \times 3.6}$$

$$\frac{dl}{dt} = 38.6$$

Tableau IV-3 Tableau récapitulatif des paramètres du tracé

R(m)	Vmax=160km/h Vmar=100km/h	C	C adobte	Verification c	dth(mm)	dp(mm)	dp adobte	I(mm)	E(mm
R = 1400	-	153.6	165	0.55	215.77	117.86	120	95.77	35.7
R = 1500	-	153.6	165	0.55	201.39	110	120	81.39	41.3
R = 320	-	38.4	45	0.6	236	140.63	150	86	-218.

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.

Remarque :

à la proximité de la gare de khenchela à la fin du projet entre le Pk 49+370 et le Pk 49+800, la conception géométrique a été faite par une vitesse plus réduite que celle du projet (160 Km/h) afin de mettre des rayons plus moins que le rayon recommandé, afin d'assurer la bonne jonction avec la future gare de Khenchela.

A cet effet, le rayon projeté sur l'axe en plan dans ce tronçon est de $300<R_{min}=1200$ m correspond à une vitesse Max de 80 Km/h.

CHAPITRE 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. Application au projet

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

Tableau V-1 Valeurs des paramètres de profil en long (SNTF)

		Formule		*Application*	
		Normal	*Exceptionnel*	*Normal*	*Exceptionnel*
Déclivité maximale	**L<3000 m**	**-**	**-**	**16 ‰**	**18 ‰**
	3000<L>15000m	**-**	**-**	**16 ‰ à 13 ‰**	**18 ‰ à 15 ‰**
	L>15000 m	**-**	**-**	**13 ‰**	**15 ‰**
	Gares	**-**	**-**	**0**	**0**
V=160km/h Rayon minimal en raccordements verticaux (m)	**-**	**$0.35V^2$**	**$0.25V^2$**	**8960**	**6400**
V=160km/h La longueur minimale des pentes uniformes et des raccordements en profil en long (m)	**-**	**V/2**	**V/2,5**	**80**	**64**
V=80km/h Rayon minimal en raccordements verticaux (m)	**-**	**$0.35V^2$**	**$0.25V^2$**	**2240**	**1600**
V=80km/h La longueur minimale des pentes uniformes et des raccordements en profil en long (m)	**-**	**V/2**	**V/2,5**	**40**	**32**

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

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.3. Les contraintes le long du tracé

- Rétablissements piste au pk 43+100 et pk 43+875 et pk 43++925 et pk45+975 et pk 48+425 et pk49+225 et pk 49+400 et pk 49+500 et pk 49+550 et pk 50+75.

- Lignes d'électricités tension (LMT) au pk 42+324 et PK 43+375 et PK 43+546 et43+850 et pk 44+600 et pk 44+899 et pk48+655 et pk 49+950 et pk51+591.

- Lignes d'électricités tension (LHT) au pk 41+957 et pk42+185 et pk48+394.

- Lignes d'électricités tension (LMT) au pk44+525 et pk44+465 et pk46+825.

- Rétablissements les routes au pk 44+525 et pk 49+117.

V.4. Conclusion

On peut conclure que la constitution du profil en long est la tâche 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.

CHAPITRES 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 Aine Beida– khenchela sur Pk 41+675et Pk51+675 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.

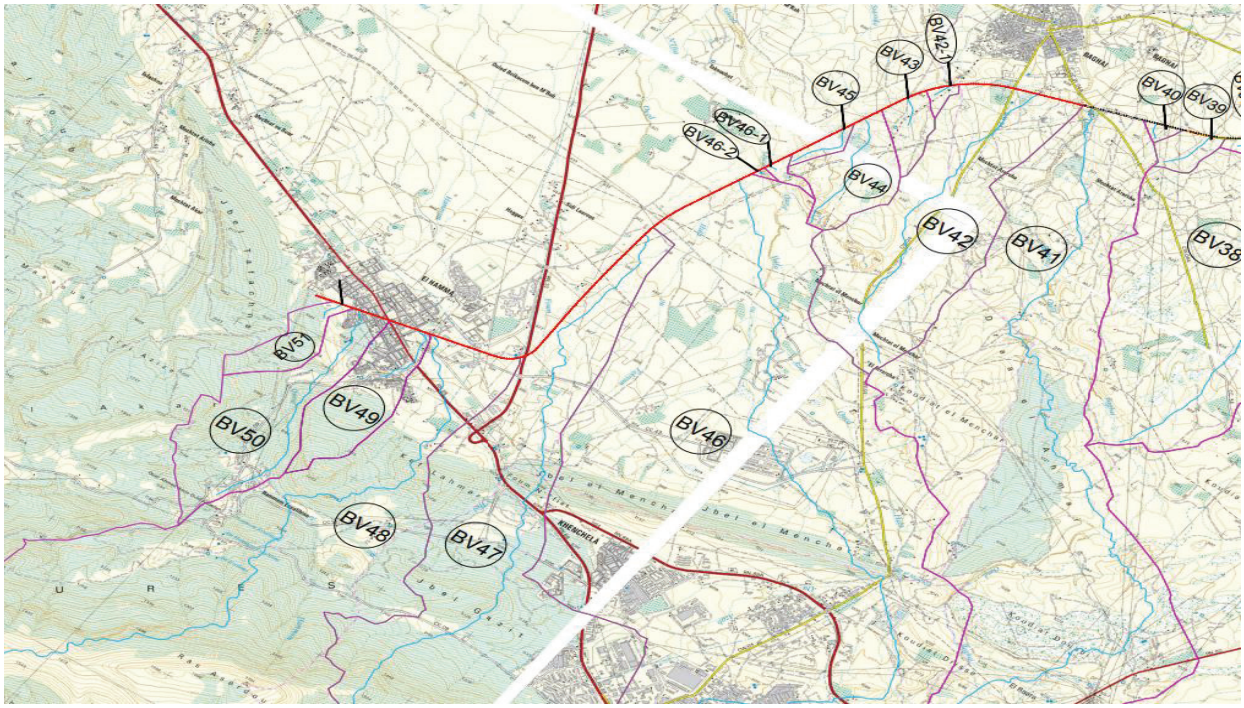


Figure VI-1 Carte des basins versant de pk 41+804 au pk 51+ 45

VI.2.1. Caractéristiques morphologiques des bassins versants

Les caractéristiques morphologiques des bassins versants sont les suivants :

- S (km^2) : 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]= $\frac{Dh(m)}{L(m)}$

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]	pente [m/m]	pente (%)
1	41+804	0.258732	2.15346	0.486	1.2	895,9	878	886.95	17.9	0.037	3.7
2	42+678	0.173408	1.74467	0.435	1.2	893.9	883.12	887.51	10.78	0.029	2.9
3	42+948	91.834	67.5824	25.322	2	1836.6	877	1356.8	959.6	0.038	3.8
4	43+571	4.12	9.41758	4.049	1.3	962.1	877	919.55	85.1	0.021	2.1
5	44+661	0.448846	2.73646	0.594	1.1	901.8	882.5	892.15	19.3	0.033	3.3

6	45+160	0.766989	4.29806	1.281	1.4	938.1	885.84	911.97	52.26	0.041	4.1
7	45+435	0.228457	2.25986	0.310	1.3	914.5	893	903.75	10.75	0.069	6.9
8	46+584	22.0518	26.4588	9.913	1.6	1458.2	900	1179.1	558.2	0,056	5.6
9	47+854	9.09167	19.4188	8.296	1.8	1460	924.2	1192.1	535.8	0,065	6.5
10	50+562	24.1529	31.6916	15.646	1.8	1902.9	948.54	1425.7	954.36	0,061	6.1
11	51+258	2.5485	7.65219	3.042	1.3	1244.3	945.62	1094.9	298.68	0,098	9.8
12	51+454	0.15494	1.70141	0.257	1.2	979.1	949	964.05	30.1	0,117	11.7

VI.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.

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 versant de la superficie d'un bassin versant.

Sur notre trancon on travaille par les formules suivant :

A. Superficie inférieure à 5km^2 :

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

$$T_C = 0.127\sqrt{\frac{S}{p}}$$

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

B. Superficie comprise entre 5 et 25 km^2 :

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

$$T_C = 0{,}11\frac{\sqrt[3]{S.L}}{\sqrt{P}}$$

- L : Longueur du cours d'eau principal en km
- S : Surface du bassin versant en km²
- P : Pente moyenne du bassin versant en (m/m).

C. Superficie Supérieur à 200 Km^2 :

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

$$T_C = \frac{4\sqrt{5}+1.5L}{0.8\sqrt{H}}$$

- L : Longueur du cours d'eau principal en km
- S : Surface du bassin versant en km²
- H = hmoy-hmin
- Tc : 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-2 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	30.2	-0.76
20	33.1	-0.76
50	36.9	-0.76
100	39,8	-0.76

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.

La formule rationnelle permet de calculer le débit maximal associé à une certaine période de retour. 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 :

- QA : 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.

Les valeurs de coefficient de ruissellement dans l'annexe.

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 200Km sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau VI-3 Résultats de calcul des débits par la méthode rationnelle

N, ° du BV	PK	S [km2]	Cr	L [km]	Dh [m]	P [m/m]	Tc [h]	I100 [mm/ h]	Q100 [m^3/s]
1	41+804	0.258732	0.23	0.486	17.9	0.037	0.34	93.3	1.54
2	42+678	0.173408	0.18	0.435	10.78	0.029	0.31	99.7	0,87
3	42+948	91.834	0.23	25.322	959.6	0.038	4.355	13.3	78.31
4	43+771	4.12	0,18	4.049	85.1	0.021	1.78	26.3	5.43
5	44+661	0.448846	0.18	0.594	19.3	0.033	0.47	72.2	1.62
6	45+106	0.766989	0.23	1.281	52.26	0.041	0.55	64.2	3.15
7	45+435	0.228457	0.23	0.310	10.75	0.069	0.23	124.4	1.82
8	46+584	22.0518	0.23	9.913	558.2	0.056	2.79	18.7	26.36
9	47+854	9.09167	0.23	8.296	535.8	0.065	1.83	25.8	14.99
10	50+462	24.1529	0.17	15.646	954.36	0.061	3.22	16.8	19.15
11	51+248	2.5485	0.23	3.042	298.68	0.098	0.65	56.8	9.26
12	51+454	0.15494	0.29	0.257	30.1	0.117	0.15	175.9	2.20

-Exemple de calcule d'un débit par la méthode rationnelle :

- bassin versant 04 de pk 43+771 :

Pour une periode de retoure 100 ans :a =39.8 et b= -0.76

Cr=0.18

$tc=0.127\sqrt{\frac{4.12}{0.021}}$

tc=1.77h

I(100)=39.8×1.77^-0.76

I(100)=25.69mm/h

$$Q_A(100) = \frac{0.18 \times 25.69 \times 4.12}{3.6}$$

$$Q_A(100) = 5.29 m^3/s$$

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.3.2.1Méthode 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** :

$$Q_s = k_S S_m R_h^{2/3} I^{1/2}$$

- I : Pente longitudinale de l'ouvrage (m/m).
- Rh :Rayon hydraulique, $R_h = \frac{section\ mouillé}{périmetre\ mouillé}$
- 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=7**0.**

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 :

$$R_h = \frac{S_m}{Pm} = \frac{0.8H_t \times L}{1.6H_t + L}$$

$$Q_a = Q_J = k_s \times I^{1/2} \times 0.8H_t \times L \times \left(\frac{0.8H_t \times L}{1.6H_t + L}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$k_s = 70$ *Pour le béton*

Après calcul itérative on tire H_t

$$H_{ti+1} = \left(\frac{Q_a}{k_S \times I^{1/2} \times L}\right)^{\frac{3}{5}} \left(\frac{1+1.6 \times \frac{H_{ti}}{L}}{0.8}\right)^{\frac{2}{5}}$$

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

Vérification du régime d'écoulement :

Hu=0.8Ht > $\boldsymbol{hc}=\left(\frac{Q_a}{g\ 4m/sb^2}\right)^{\frac{1}{3}}$, g=9.81

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 DALOT C2 :

$-V_{Ps} = \frac{Q_s}{Sm} = \frac{15.11}{5.43} = 2.78\,m/s < 4\,m/s$

$-pour\ \frac{Q}{Qps} = 0.1\,m/s\ \ on\ a\ \ \ \frac{V}{Vps} =\ \ 0.64\ \ m/s.$

$$\rightarrow V = V_{Ps} \times 0.64 = 1.77\,m/s >\ \ 0.6\,m/s.$$

$-pour\ \frac{Q}{Qps} = 0.01\,m/s$ on a $\frac{V}{Vps}$ =0.32m/s.

$$\rightarrow V = V_{Ps} \times 0.32 = 0.88m/s > 0.3\,m/s.$$

Tableau VI.4 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
PK41+804	Buse Ø1500	1.42	3.14	0.45	0.005	1.54	4.15	2.92	1.86	0.93
PK 42+678	Buse Ø1500	1.42	3.14	0.45	0.005	0,87	4.15	2.92	1.86	0.93
PK 42+948		OA	OA	OA	OA	78.31	OA	OA		
PK 43+771	DALOT C2	4	6	0.67	0.005	5.43	15.11	3.78	1.77	0.88
PK 44+661	Buse Ø1500	1.42	3.14	0.45	0.005	1.62	4.15	2.92	1.86	0.93
PK 45+160	Buse Ø1500	1.42	3.14	0.45	0.005	3.15	4.15	2.92	1.86	0.93
PK 45+435	Buse Ø1500	1.42	3.14	0.45	0.005	1.82	4.15	2.92	1.86	0.93
PK 46+584		OA	OA	OA	OA	26.36	OA	OA		
PK 47+854	DALOT C3	7.5	8	0.94	0.003	14.99	27.54	3.67	2.3	1.17
PK 50+562	DALOT C3	7.5	8	0.94	0.005	19.15	35.56	4.74	3.03	1.51
PK 51+258	DALOT C2	4	6	0.67	0.005	9.26	15.11	3.78	1.77	0.88
PK 51+454	Buse Ø1500	1.42	3.14	0.45	0.005	2.20	4.15	2.92	1.86	0.93

Remarque : les conditions d'auto curages sont vérifiées. Annexe C

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 :

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

La surface mouillée : $Sm = (b + z \times h) \times h$

Le périmètre mouillé : $Pm = b + 2h.\sqrt{1 + z^2}$

Le rayon hydraulique : $R_h = S_m / P$

I pente longitudinale de fossé.

Z la pente des berges.

Les hypothèses suivantes ont été émises pour le dimensionnement :

Ks Coefficient de rugosité ; Pour le béton Ks=70

-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 déblai qui s'étend sur une grande longueur avec une hauteur importante.

VI.3.4.1. Application de notre projet

Le système de drainage longitudinal a été dimensionné pour une période de retour de 10 ans

(a=30.2, b=-0.76).

Le cas plus defavorabl de deblai : La longueur = 1000 m, Htalus =16 m,

Berme = 0.3m,

Largeur de la plateforme=6.8m.

Tableau VI-5 Calcul des débits à évacuer dans le cas déblai

	Plateforme	Talus	Bermes
C_r	0.7	0.5	0.5
P(m/m)	0.04	0.67	0.04
A (km^2)	0.0068	0.016	0.0003
Tc(h)	0.052	0.02	0.01
I(mm/h)	286	591	1000
Qt(m^3/s)	0.4	1.32	0.042

Q_a (m^3/s) (totale)= Qpf+QB+QT

Q_a (m^3/s) (totale)=1.8 m^3 / s

Le choix de type du fossé est en fonction du débit à évacuer qui est rapporté par la plateforme, les bermes et les talus : $Q_A = Q_{pf} + Q_b + Q_t$.

Tableau VI.6 dimensionnements du fossé proposé :

B (m)	H(m)	z	S_m(m^2)	P_m(m)	R_h	K_s	I(m/m)	Q_s(m^3/s)
0.5	0.5	1	1.25	3.41	0.36	70	0.02	5.34

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

$$Q_a < Q_s$$

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

(b=0.5, h=0.5m, pente= H/V).

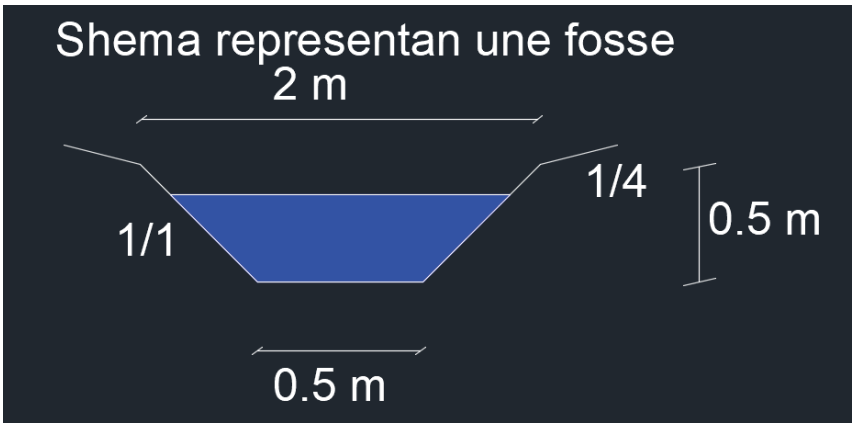


Figure VI-1 Schéma représenté une fosse

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.

CHAPITRES VII :

ETUDE GEOTECHNIQUE ET GEOLOGIQUE

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 Situation du site

La willaya de Khenchela a fait l'objet de vastes opérations de recherches géologiques ; ces travaux ont permis la réalisation de cartes 1/50.000 au Nord et 1/50.000 au Sud. La formation géologique mise en place dans cette région a des âges variés du Mésozoïque au Quaternaire structurées différemment par la tectonique.

VII.2.3 Aperçu géologique local:

Les terrains traversés par le tracé dans son tronçon 2 du PK 40+000 au PK 50+000 sont des terrains Quaternaire appartenant pour la plupart à la partie Nord de la willaya de Khenchela.

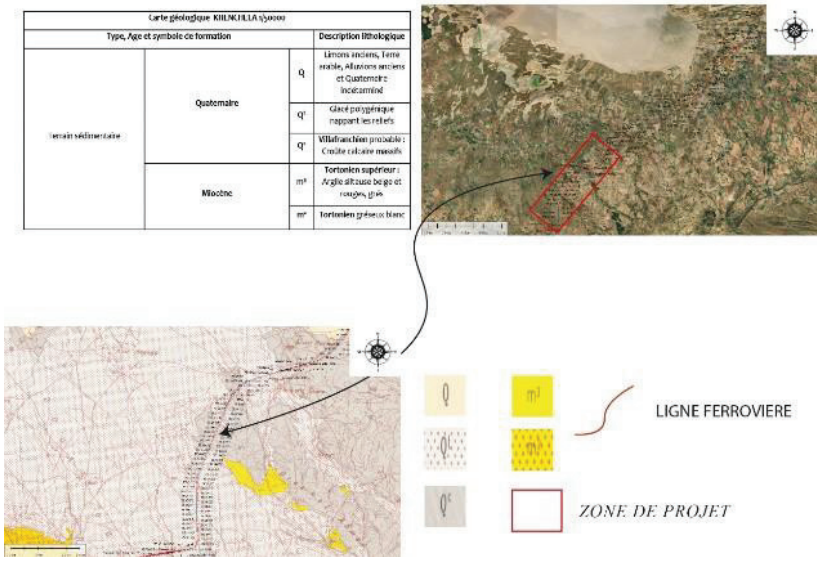


Figure VII-1 Carte géologique de la zone d'étude

VII.2.4. Contexte géologique de ce tronçon

La willaya de Khenchela a fait l'objet de vastes opérations de recherches géologiques ; ces travaux ont permis la réalisation de cartes 1/50.000 au Nord et 1/50.000 au Sud

VII.2.5. 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 le coefficient d'accélération $\boldsymbol{A = 0.15}$

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.

Après analyse du tracé projeté de la voie ferrée, nous proposons notre plan d'investigation géotechnique le long de la ligne ferroviaire Baghai-khenchela 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. Reconnaissance de portance de la plate-forme

Essai au laboratoire :

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

- Essais d'identification (Granulométrie, Sédimentmétrie, 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.1 programme d'investigation de Lot tracé

0	PK	Type d'ouvrage en terre	Profondeur m	Essai géotechnique Essais in situ	Prof	Essais au laboratoire
PR33C	42+350	deblais	0.03m	1 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	3à 4m	-Essais d'identification CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne.
PU-08	42+377	Remblais	0.28m	1 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	3à 4m	Essais d'identification CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne.

PU-OB-36-14	43+525	Remblais	6m	01 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	3à 4m	Essais d'identification CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne.
PR 14C	44+750	Remblais	5.433m	01 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	3à 4m	Essais d'identification CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne.
PU-OB-37-14	45+182	Remblais	0.76m	01 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	3à 4m	Essais d'identification CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne.

PU-09	45+451	Remblais	9.05m	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	3à 4m	Essais d'identification CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne.
PR 38C	46+200	Remblais	2.8m	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	3à 4m	Essais d'identification CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne.
PR 39C	46+500	Remblais	2.8m	1 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	3à 4m	Essais d'identification CBR Analyses chimiques Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne.

PU-OB-39-14	46+592	Remblais	2.23m	01 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	3à 4m	Essais d'identification CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne.
PU-10	46+910	Remblais	2.23m	01 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	3à4m	Essais d'identification CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne.
PR 15C	47+350	Remblais	0.53m	01 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	3à4m	Essais d'identification CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne..

PR40 C	47+600	Remblais	0.6m	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	3à 4m	Essais d'identification CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne.
PU-OB-41-14	47+685	Remblais	1.2 m	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	3à 4m	Essais d'identification CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne.
PR 41C	48+000	deblais	5.9m	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	3à 4m	Essais d'identification CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne.
PR44C	49+000	deblais	5.9m	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	3à 4m	Essais d'identification CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne.

PR 46C	49+650	deblais	5.9m	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	3à 4m	- 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 futurs ouvrages 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-2 programme d'investigation de Lot ouvrage

	Essai géotechnique		
N° forages Et pk	**Essais in situ**	**Prof**	**Essais au laboratoire**
SC 15C 42+720	-Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact. -Essai au pénétromètre statique SPT	15m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
SC-OB-17-14 42+971	-Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact. -Essai au pénétromètre statique SPT	15m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
SC 16C 43+525	-Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact. -Essai au pénétromètre statique SPT	15m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
SC-OB-18-14 44+602	-Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact. -Essai au pénétromètre statique SPT	15m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
SC 07 44+639	-Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact. -Essai au pénétromètre statique SPT	15m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
SC 17C 44+700	-Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact. -Essai au pénétromètre statique SPT	15m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne

SC-OB-19-14 46+029	-Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact. -Essai au pénétromètre statique SPT	15m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
SC 18C 46+100	-Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact. -Essai au pénétromètre statique SPT	15m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
SC-OB-21-14 49+189	-Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact. -Essai au pénétromètre statique SPT	15m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne
SC-25 49+950	Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact. -Essai au pénétromètre statique SPT	15m	-Essais d'identification -CBR -Analyses chimiques -Essais œdométriques -Essais cisaillement rectiligne

Remerque :

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 Campagne De Reconnaissance Géotechnique

L'échantillonnage des puits de reconnaissance a été fait à partir des pelles mécaniques pour des profondeurs qui peuvent atteindre les 4m pour chaque puits, La terre végétale couvre aussi une grande partie des terrains par une épaisseur allant jusqu'au 0.3m.

Tableau VII.3 Les résultats des puits reconnaissance effectués

Désignation Puit	Pk	Objectif	Profondeur (m)	Prof. d´échantillon (m)
PR 33C	42+350	**deblai**	0.03	**0-3.00**
PU-08	42+377	**Fondation de remblai**	0.26	**0-4.00**
PU-OB-37-14	43+525	**Fondation de remblai**	8.4	**1.50-3**
PR 14C	44+750	**Fondation de remblai**	5.3	**0-3.00**
PU-OB-37-14	45+182	**Fondation de remblai**	5.49	**0-3.00**

PU -09	45+451	Remblai / Fondation buse	0,75	0-4.00
PR 38C	46+200	Fondation de remblai	14	0-3.00
PR 39C	46+501	Fondation de remblai	3.9	0-3.00
PU-OB-39-14	46+592	Fondation de remblai	2.8	0.2-2.5
PR -10	46+910	Fondation de remblai	2.21	0.2-2.0
PR 15C	47+350	Fondation de remblai	1.7	0-4.00
PR 40C	47+600	Fondation de remblai	2.6	0.2-3
PU OB 41 -14	47+685	Fondation de remblai	0.52	0.2-3.0
PR 41C	48+000	Fondation de remblai	1.7	0-3.00
PR 44C	49+000	déblai	6	0-3.00
PR 46C	49+650	déblai	6	0-3.00

VII.3.3.3 Essai de pénétration dynamique

Les essais PDL ont pour objectif de calculer la résistance des terrains (résistance dynamique de pointe) permettant, en conjugaison avec les moyens de prospection directs, d'évaluer la capacité portante des couches les plus superficielles du terrain et en même temps de permettre la définition du contact avec les formations plus compétentes de base ou appartenant à la même formation supérieure, ou appartenant à différentes formations géologiques.

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 :

$$q_d = \frac{M^2 \times H}{s^2 \times (M+p)} \times \frac{N_d}{e}$$

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.4 Résume des essais de pénétration dynamique effectués

Désignation PDL	Pk	Objectif	Profondeur max (m)	Q_d *moyenne (Bar)*
PDL-30	42+925	CC	03	70
PDL-31	42+948	OH	3.6	90
PDL-32	46+584	OH	2,8	90
PDL-33	46+894	CC	2,6	130
PDL-34	49+117	RN32	2.2	400

Les résultats pénétrométriques montrons des résistances moyennes de pointe a élevées $(90bar < R_P < 130bar)$avec un refus superficie

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.

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.5 Résume des sondages carottés effectués

Designation Sondage	Pk	Objectif	Profondeur (m)	Profondeur déchantillon (m)
SC 15C	42+720	Remblais	0.35	1.7-1.9 9.3-9.85 11-11.5 13.5-14
SC 16C	43+525	Remblais	3.77	1.3-1.7 3.6-3.8 8.5-8.9 9.5-9.9 11.5-12 14-715
SC-OB-19-14	46+029	Déblais	15.2	5.2-5.3 7.1-7.4
SC-OB-21-14	49+189	Déblais	0.6	9-9.4
SC-25	49+950	Déblais	2.89	0.5-1 1.5-3 6-7.5

VII.3.3.5.1 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).

'est 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.6 Résume des résultats des essais de laboratoire sur échantillons de sols remaniés

	Granulométrie (% qui passe sur le tamis)			Limites d´ Atterberg (%)				Teneur d´eau	CLASSIFICATIONS	
Puit n°	Dmax mm	2 mm	0,08 mm	WL	IP	ES	VBS	naturel (%)	GTR (LCPC)	UIC 719R
PU-OB-34-14	4	89	76	36	18	-	3.01	10.08	A2	QS1
PU-OB-35-14	4	90	67	35	17	-	1.67	12.2	A2	QS1
PU-08	50	84	69	40	20	12	2	12.62	A2	QS1
PU-OB-36-14	0.4	97	73	36	17	-	3.1	10.5	A2	QS1
PR 14C	10	88.6	62.0	39.3	17.9	-	2.7	-	A2	QS1
PU-OB-37-14	7	84	58	32	16	0.8	3.06	9.6	A2	QS1
PU-09	50	88	57	36	17	-	2.83	10.17	A2	QS1
PU-OB-38-14	<0.08	100	100	54	27	-	2.38	18.2	A3	QS0
PU-OB-39-14	7	87	45	35	17	-	2.7	8.1	A2	QS2
PU-OB-40-14	0.7	97	69	33	15	1.06	3.71	10.5	A2	QS1
PR 15C	20	66	34.7	33.3	5.72	-	1.26	-	B1	QS1
PU-OB-41-14	2	95	24	24	11	-	1.7	4.3	A1	QS1
PR 42C	2	57	33	32	11		1.5	-	B6	QS2
PR 46C	1.5	47	32	35	7		1.1	-	B5	QS2

-Interprétation des résultats :

-Les résultats des limites d'Atterberg réalisés sur les échantillons ont donné des indices de plasticité « IP » variables entre **5%** et **28%** et des limites de liquidité (WL) entre 24
% et 54 %, Ces résultats montrent que les sols sont **non plastiques à peu plastique**.

-Selon la Classification GTR (LCPC), les sols de la classe **A2** sont prédominants (limons peu plastiques) 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 valeurs obtenues de bleu de méthylène (VBS) varient entre les 1,5 et 3 donc il s'agit de sols avec plasticité moyenne

VII.3.3.5.2 Essais mécaniques :

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

Tableau VII-7 tableau récapitulatif des essais mécaniques

CLASSIFICATIONS			Proctor modifié			
Puit n°	GTR (LCPC)	UIC 719R	d´eau naturelle (%)	Wopt (%)	y_{dmax} (KN/m^3)	Indice CBR %
PU-08	A2	QS1	12.6	19.8	15.5	11.51
PU-OB-36-14	A2	QS1	10.5	10.38	17.5	12.91
PR 14C	A2	QS1	-	**12,82**	19.2	-
PU-OB-37-14	A2	QS1	9.6	9.46	17.7	5.44
PU-OB-38-14	A3	QS1	18.2	15.86	16.4	20.23
PU-OB-39-14	A2	QS0	8.1	9.44	19.7	4.81
PU-OB-40-14	A2	QS1	10.5	13.36	17.8	5.32
PR 15C	B1	QS1	-	14.6	18.2	13.19
PU-OB-41-14	A1	QS1	4.3	9.95	19.8	7.22

Essais de Proctor :

La densité Proctor obtenus entre 15.5 et 19.8 kn/m^3, avec des teneurs en eau Wopm variant entre 09.5 et16.5 %.

Essais de CBR :

Les essais de CBR ont été réalisés dans le but de vérifier la portance du sol. CBR à 95% OPM variant entre 2,05 à 12,24

Selon les résultats obtenus à partir des essais au laboratoire sur les différents puits de reconnaissance, Selon la Classification GTR (LCPC) nous sommes en face à des sols fins de classe A essentiellement A2

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).

VII.3.3.6 Analyse chimique

Tableau VII-8 Risque de dissolution des gypses

SONDAGE N°	*PK*	*PROF (m)*	*Gypses %*	*INTERPRITATION*
SC-07	44+639	2.60-2.80	51.37	Elevé
SC 18C	46+100	1.70-2.00	12.7	Faible
SC-08	46+573	4.50-5.00	5.90	

Remarque :

Les zones avec un taux de gypses élevé peuvent poser des problèmes géotechniques tel que les affaissements dûs à la dissolution du gypse.

Il est recommandé de protéger ces sols sensibles à l'eau par les méthodes

appropriées tel que la pose d'une géomembrane pour protéger la plateforme des actions des eaux de pluies, de ruissèlement ou de percolation naturelles.

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-9 Estimation du % de réutilisation des matériaux excavés

Localisation déblai (Pk de projet d´exécution)	Lithologie	Classifications de matériaux basées sur les résultats des essais de laboratoire		Hmax (m)	Pente du talus (H/V)	% De le matériaux réutilisables	% pour Dépôt
		UIC 719R	GTR (LCPC)				
PK42+25 Pk 42+600	Argile limoneuse peu graveleuse Tuf compact blanchâtre	QS1(a)	A1ts	2.7	3\2	0	100
PK 43+900 PK 44+125	Argile marneuse peu graveleuse et limons argileux peu graveleux	QS1(a)	A3	2.2	3\2	60	40
PK 45+500 PK 46+425	Tuf peu compact	QS0	A2	15.2	2\1	40	60
PK 49+100 PK 50+325	Argile limoneuse marneuse jaunâtre£ Formation alluvionnaire cailloux graviers	QS1 (b)	A1ts	4	3\2	60	60
PK 50+725 PK 51+100	Argile limoneuse marneuse jaunâtre£ Formation alluvionnaire cailloux graviers	QS1(a)	A3	4.7	3\2	50	50
PK 51+500 PK 51+620	Argile limoneuse marneuse jaunâtre£ Formation alluvionnaire cailloux graviers	QS1(a)	A3	5,1	3\2	50	50

VII.5. Conclusion

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

Dans les sols classifiés comme QS1, considérant le pourcentage de fins de ces sols, leur plasticité et leur sensibilité aux variations de la teneur en humidité, on constate que la majorité se classifient dans la sous-classe QS1(a), ces sols présentant un risque significatif de pouvoir passer à des sols QS0 à cause des conditions hydrologiques défavorables dans les périodes de pluviosité élevée.

CHAPIRTE 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 voie ferrée et dont 100% de la surface des grains est entièrement concassée.

On utilise généralement de la pierre concassée, de granulométrie variante entre 31.5 mm et 50 mm.

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.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.

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.

Les quatre classes de **qualité QSi de sols** :

QS0 : Sols "impropres".

QS1 : Sols médiocres acceptables.

QS2 : Sols moyens.

QS3 : Bons sols.

Selon la fiche **UIC 719R**, la classe de qualité du sol de la plateforme, correspond globalement au **QS1** et parfois **QS0**.

VIII.4.3. La classe de portance de la plateforme

La portance d'une plate-forme dépend :

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

On peut distinguer, en fonction des paramètres ci-dessus les trois classes de portance de plate-forme suivante :

- **P3 :** bonne plateforme
- **P2 :** plateforme moyenne.
- **P1 :** plateforme mauvaise.

Tableau VIII.1. 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 **P2** (plateforme moyenne) dimensionnée préalablement pour un tel type de sol **(QS3)**.

Couche de forme :

Concernant le besoin d'obtention d'une plate-forme de qualité de support du type **P2**, Sur les matériaux **QS1** on a adopté une couche de forme dont la qualité de sol est **QS3** et cela sur une épaisseur de **0.35 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.

Tableau VIII-2 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

Dimensionnement de la couche couches d'assise :

Conformément à la fiche **UIC 719R** relative au dimensionnement des couches d'assise, l'épaisseur de la couche de ballast et des sous couches est calculée suivant la formule ci-dessous :

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

- e : étant l'épaisseur de la couche du ballast et des souscouche ;
- E = 0.55 m pour une plate-forme de classe de portance **P2**.
- a = -0.05 Pour les groupes UIC 3 et 4.
- b = 0,13 cm pour les traverses en béton de longueur L = 2,24 m.
- c = 00 pour un dimensionnement normal.
- d = 0,12 m (pour la charge nominal d'essieu de 25 ton/axe).
- f = 00 m pour toutes les lignes parcourues à V≤ 160km/h et pour les plates-formes de portance **P3**.
- g = 00 pas de géotextile lorsque la couche de forme est en sol **QS3**

L'épaisseur des couches d'assise (e) est de :

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

e = 0,55-0,05+0,13+0,12+0+0= 0.75 m

Nous proposons les épaisseurs des couches d'assise pour une portance P2 comme ci-dessous :

- Epaisseur de la couche de ballast : 0.30 m
- Epaisseur de la couche de sous ballast : 0.25 m
- Epaisseur de la couche de fondation : 0.20m
- Epaisseur de la couche de forme : 0.35 m

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.

CHAPIRTE IX : PROFILE EN TRAVERS

IX.1. Introduction

Après avoir étudié le tracé en plan et le profil en long, grâce à eux, nous pouvons suivre l'évolution de l'axe de la voie, il s'agit maintenant de définir le 3ème élément d'un projet ferroviaire.

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, sur les valeurs des pentes des talus sur le mode d'assainissement et sur les systèmes éventuels de protection de la voie (ensablement et éboulement).

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.3 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 bi-bloc en béton armé , 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.

X.3 Calcul des cubatures :

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

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

Tableau suivant représente les résultats de calcul automatique :

Tableau IX-1 Les cubatures de terrassement

Volume déblais (m^3)	Volume remblais (m^3)
462596,9	**125716,6**

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

CHAPITRE X : TERRASSEMENTS ET OUVRAGES

II. 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 « G05 », 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 déblais avec des hauteurs importantes (h ≥ 6 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 46+000).

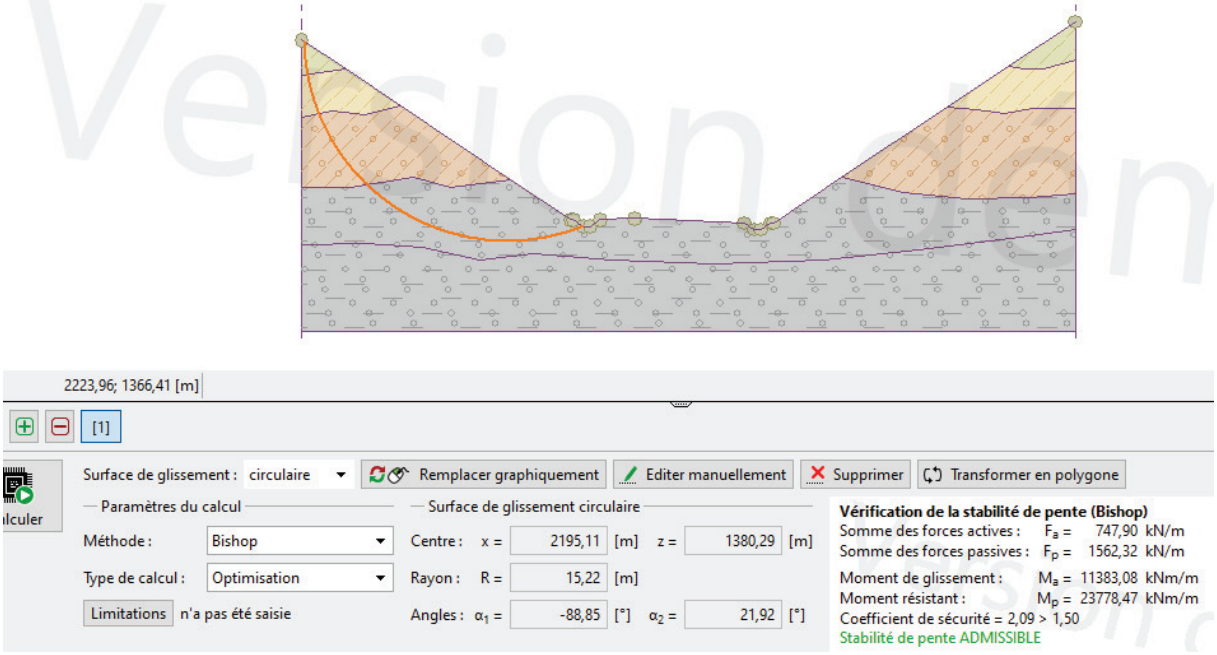


Figure X-1 Analyse de la stabilité pour la géométrie de 1/2 (V/H). Situation statique

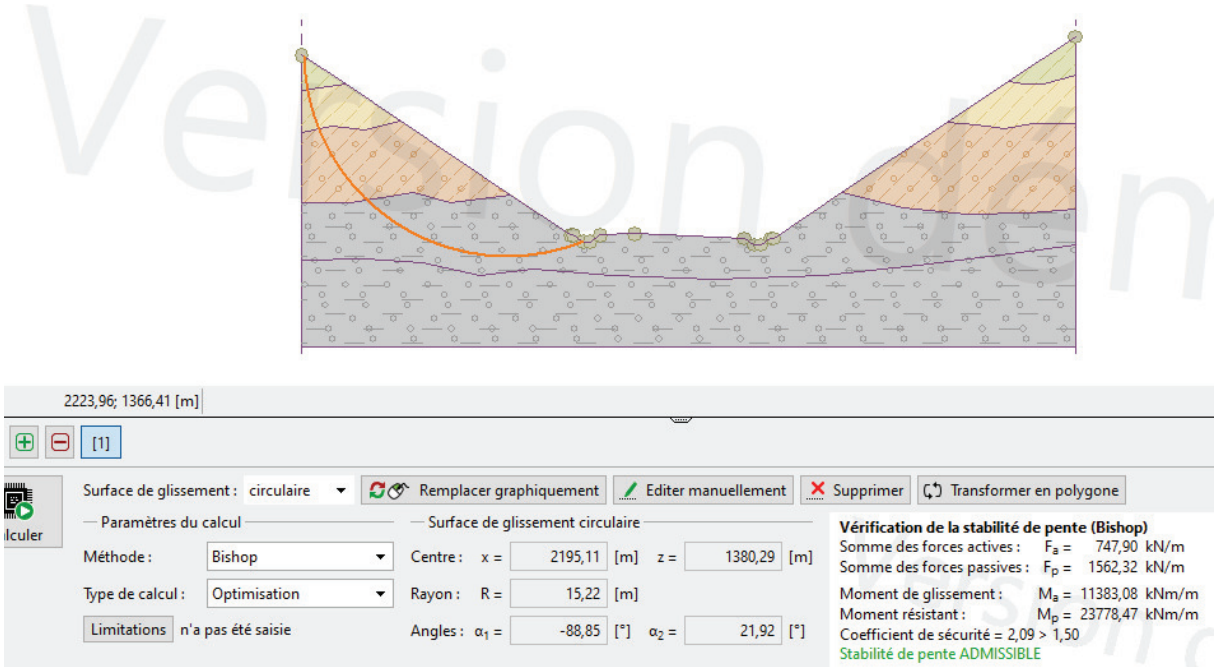
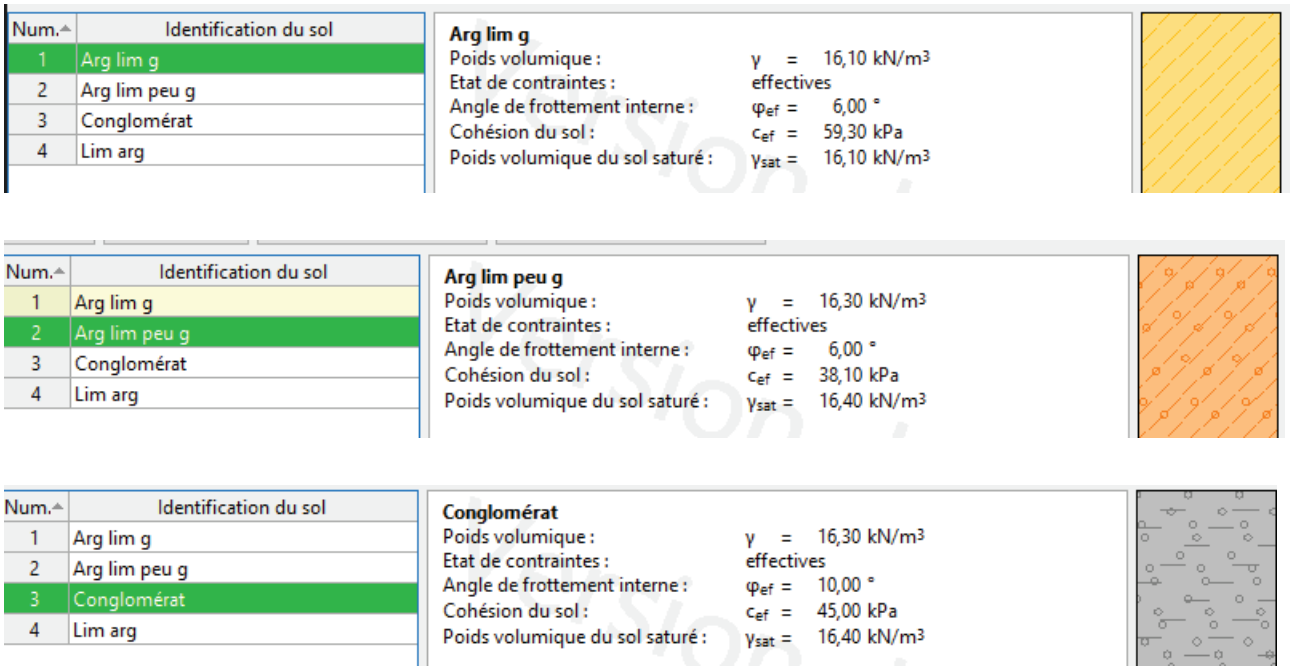
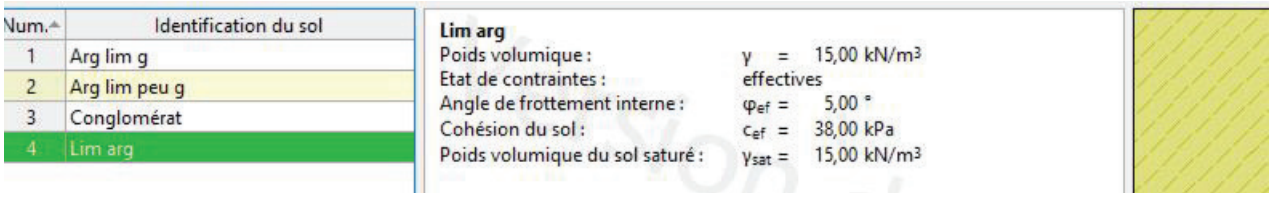


Figure X-2 Analyse de la stabilité pour la géométrie de 1/2 (V/H). Situation pseudostatique (Kv = ± 0.3 Kh=0.0225)

Figure X-3 Identification du sol





Dans les deux figures sont présentée les sorties graphiques qui résultent des analyses de stabilité, statique et pseudostatique, faites pour le profil au Pk 46+000, 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

Ouvrage d'art	Localisation	Type d'ouvrage
Rétablissement route(CC)	42+317	Pont a poutre
Pont rail (oued)	42+925	Pont a poutre
Pont rail (CC)	44+675	Pont a poutre
Pont rail (oued)	46+525	Pont a poutre
Pont rail (CC)	46+925	Pont a poutre
Rétablissement route(autoroute)	48+475	Pont a poutre
Rétablissement route(RN32)	49+175	Pont a poutre
Pont rail (oued)	50+462	Pont a poutre

X.3.1.1 Piste à supprimer :

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

Tableau X-2 pistes à supprimer

PK	PK
43+100	45+975
43+875	49+400
43+925	50+75

X.3.2 Ouvrage 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 PK 41+675et PK 51+675 il a été nécessaire de considérer 12 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.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 et des ponts rail

CHAPITRE XI :

CONCEPTION 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. Aménagement de la gare

XI.2.1 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.2.2 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.

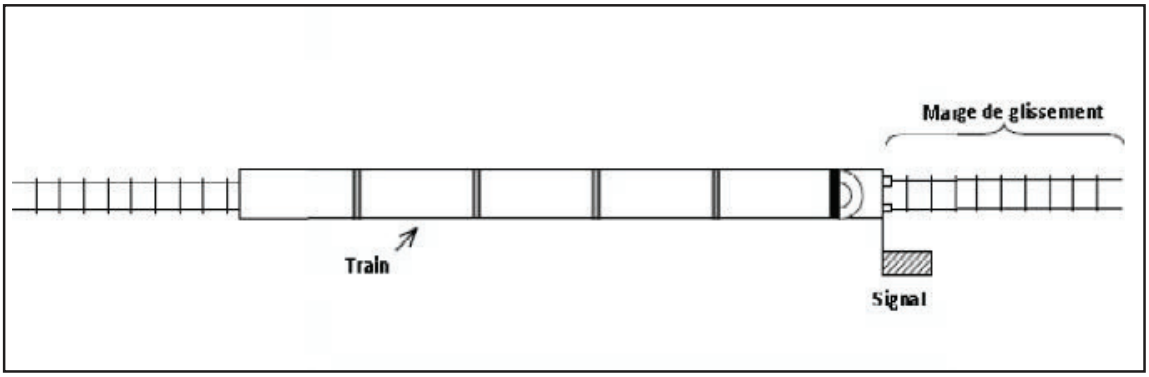


Figure XI.1 Schématisation de la marge de glissement

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

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

LG = 200m pour : V ≥ 60 km/h.

LG = 100m pour :40km/h ≤ V ≤ 60 km/h.

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

XI.2.3 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

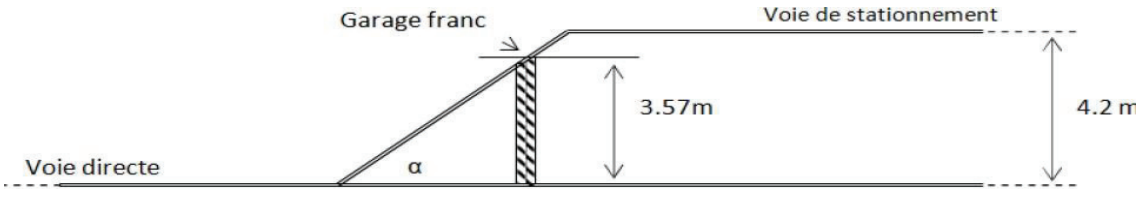


Figure XI.2 Schéma illustratif de garage franc

XI.2.4 La longueur utile d'une voie de stationnement

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

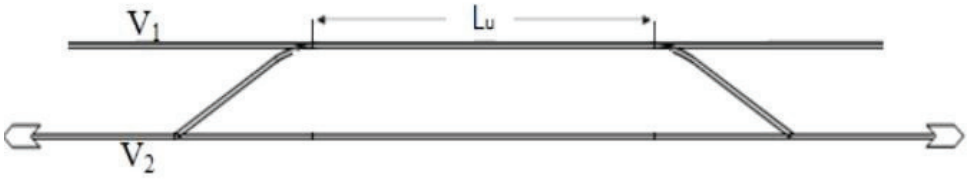


Figure XI-3 longueur utile

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 :1200 m

XI.2.5 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.3 Caractéristiques géométriques des gares

XI.3.1 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.3.2 Quai

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

-Grande ligne 450 m.

-Service régional 350 m.

2. La largeur des quais :

La SNTF recommande pour une telle gare

-Quai intermédiaire B > 8 m.

-Quai extérieur B ≥ 6m.

3. 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.

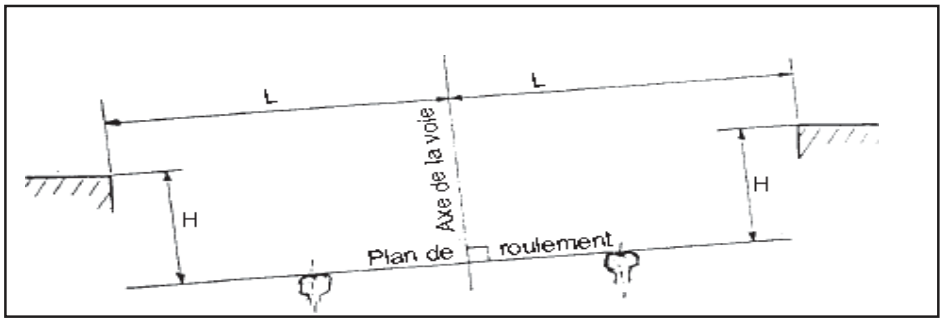


Figure XI.4 la hauteur du quai et la distance entre le bout du quai et l'axe de la voie (Source UIC741 OR)

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.

4. 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+ (3750/∞) + ((1435-1435)/2)=1650mm

5. L'entre axe des quais :
-e normal > 11.3 m.
-e minimal > 9.3 m.

XI.3.3 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.3.3.1 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

XI.4 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.

-Le terrain doit disposer de l'espace nécessaire, mais également tenir compte d'éventuelles extensions futures de la ville.

XI.5 Application Au Projet

XI.5.1 Les Caractéristique de la ligne Aine Beida et khenchela

-Vitesse maximale de 160 Km/h pour voyageurs et 100 Km/h pour marchandises.

-Voie unique, avec possibilité de future duplication.

-Traction mixt.

-Cinque gares (Ain Beiad, Fekrina,Metoussa, Baghai,Khenchela).

- gares de croisement.

-Charge par essieu de 22.5 Tn (25 Tn dans les ouvrages d'art).

-La longueur du train de marchandise est variable.

XI.5.2 Les Caractéristique de la gare de Baghai

Quais pour voyageurs :

- **Quai A :** a une longueur de 225 m et une largeur de 6 mètres, localisé entre le bâtiment voyageur et la voie V1.

- **Quai B :** a une longueur de 225 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 e = 14.5 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).

Les longueurs utiles :

- Voie V1 - V2 de 895 m (voie principale).

-Voie V2 et V4 : Lu=786 m.

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 = 44 m.

Longueurs de la marge de glissement

Comme V ≥ 60 km/h alors LG = 200m.

XI.5.3 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.5.4Assainissement 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.