République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة
فرنســيس جانســون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics
Francis Jeanson

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État
Filière : Travaux Publics
Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

ETUDE EN APD DE LA VOIE UNIQUE DE LA LIGNE FERROVIAIRE TISSEMSILT - BOUGHEZOUL TRONCON HASSI FEDOUL - SIDI LADJEL DU PK55+000 AU PK73+700 AVEC LA CONCEPTION ET L'AMENAGEMENT DE LA GARE SIDI LADJEL

Présenté par :

BOUHADJA Ilhem
SMIRA Houssem Eddine

Encadré par :

Mr DERRADJI Ayachi
Mme MEHIAOUI Mahdia Yasmina

Promotion 2022 /2023

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

Remerciement

Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux,

Nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail. Ce geste n'est pas simplement une obligation traditionnelle, mais une reconnaissance sincère envers ceux qui méritent nos remerciements.

En premier lieu, nous tenons à remercier chaleureusement Monsieur MORSLI pour avoir su éveiller en nous un véritable amour pour le sujet de ce module, "la voie ferrée". Sa présence, son soutien constant et son aide précieuse tout au long de l'année nous ont été d'une grande valeur.

Nos remerciements vont également à nos encadreurs, M. DERRADJI Ayachi et Mme MAHIAOUI Mahdia Yasmina , pour leur disponibilité sans faille à chaque étape de ce mémoire. Nous leur sommes reconnaissants pour l'énergie et le temps qu'ils ont consacrés lors de nos réunions.

Nous exprimons notre gratitude envers les membres du jury qui ont accepté de présider et d'évaluer ce projet de fin d'études.

Nous souhaitons exprimer notre sincère reconnaissance envers toute l'équipe de la INFRAFER , en particulier M. SADAOUI , notre maître de stage, qui a organisé de manière exemplaire le déroulement de notre stage, nous permettant ainsi d'atteindre nos objectifs.

Nous tenons à remercier chaleureusement tous les enseignants de l'École Nationale Supérieure des Travaux Publics qui ont contribué à notre formation, de la première à la cinquième année.

Nos remerciements vont également au personnel administratif du Département Infrastructures de Base, notamment Mme MAKOUDI et Mme BOUREBIA. Nous n'oublions pas non plus les responsables de la bibliothèque, qui ont grandement facilité nos recherches bibliographiques.

Nous exprimons notre gratitude envers nos parents qui ont pris le temps de relire notre travail et nous ont soutenus tout au long de sa rédaction.

Enfin, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers tous ceux qui nous ont soutenus et aidés tout au long de ce travail. Votre contribution a été précieuse et nous en sommes extrêmement reconnaissants.

Dédicace

Du fond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers.

À mes chers parents, je vous remercie d'être toujours à mes côtés, d'avoir prié pour moi et de ne jamais avoir cessé de me soutenir et de m'encourager.

Vous veillez sur mon succès, me rendez heureuse et m'avez donné confiance en moi, ce qui m'a permis de réaliser mes objectifs. Je vous dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain.

Je prie Dieu de rester votre fierté éternellement et de ne jamais vous décevoir. Que Dieu vous protège de tout mal, vous garde en bonne santé, vous comble de bonheur et vous préserve pour nous.

Je voudrais rendre hommage à ceux qui nous ont quittés,

À ma deuxième mère ma chère tante mon exemple idéal TéTéa dont la présence me manque chaque jour, mes deux grands-mères, mon grand-père paternelle, mon chère oncle tonton Mamin . Je garde en moi les précieux souvenirs que nous avons partagés, et je prie pour que Dieu l'accueille dans son vaste paradis.

À mon grand-père maternelle, qu'Allah prolonge sa vie et lui accorde la santé.

À mes chères sœurs Firdaws, Malak et Rihab , qui sont toujours là pour moi.

À mes chers cousins et cousines que je l'aime beaucoup

À mes tantes et leurs époux, à tous mes oncles et leurs épouses et à toute la famille.

À mes chers compagnons et meilleures amis, ainsi qu'à tous mes camarades sans exception son oublier mon binôme Houssem .

À tous ceux qui m'ont accompagné tout au long de ce parcours.

À tous ceux que j'aime.

Bouhadja ILhem

Dédicace

Au nom d'Allah, le Tout Clément et Miséricordieux, je suis reconnaissant envers Allah, le Tout-Puissant, de m'avoir inspiré à accomplir cet humble travail. J'ai l'immense honneur de dédier ce modeste travail à :

Je dédie ce travail à ma chère mère qui a tout sacrifié et qui continue de consacrer chaque once de son être à mon bien-être et ma réussite. Tu as été, tu es et tu resteras la première femme de ma vie, ma raison d'être. Que Dieu puisse me prendre tout le reste, mais me laisse seulement la douceur de tes caresses.

À mon cher père bien-aimé, mon modèle éternel et ma source d'inspiration, tu as consacré toute une vie brillante et prestigieuse à mon bien-être et à mon avenir. Que Dieu me permette de devenir la moitié de l'homme exceptionnel que tu es. Je n'aurais jamais accompli quoi que ce soit sans toi

A mes frères ma sœurs et mais amis fidèles, à mes camarades de ENSTP

Sans oublier mon binôme ILHEM

A toutes ma famille et tous mes amis sans exception.

Smira Houssem Eddine

ملخص

تتعلق هذه المذكرة بدراسة تفصيلية أولية لما قبل المشروع (**A.P.D**) لجزء من خط السكة الحديدية الجديد الرابط بين بوغزول و تيسمسيلت (18.700 كيلومتر) ,مع تهيئة محطة سيدي لعجال .

و سيعتمد تحديد الخصائص التقنية لخط السكة الحديدية المقترح على التوصيات و كذلك الممارسات التي يتبعها الشركة الوطنية للنقل بالسكك الحديدية **(SNTF)**و غيرها من أنظمة للسكك الحديدية الاكثر تطورا معايير الاتحاد الدولي للسكك الحديدية (**UIC**) و قد تمت النمذجة الهندسية للمشروع بواسطة **(COVADIS2017)**.

Résumé

Le présent projet vise principalement à réaliser une étude avant-projet détaillé **(A.P.D**) pour un tronçon de (18.700 km) de la nouvelle ligne ferroviaire reliant Tissemsilt à Boughezoul, comprenant également l'aménagement de la gare de SIDI LADJEL.

L'identification des caractéristiques techniques les plus adaptées pour la ligne ferroviaire proposée sera basée sur les recommandations et les pratiques en vigueur à la (**SNTF)** ainsi que sur les normes de l'Union Internationale des Chemins de Fer (**UIC**), qui sont suivies par des systèmes ferroviaires plus avancés. La modélisation géométrique du projet a été réalisée à l'aide du logiciel (**COVADIS 2017).**

Summary

The present project aims primarily to conduct a detailed pre-project study (**A.P.D**) for a (18.700 km) section of the new railway line connecting Tissemsilt to Boughezoul, including the development of SIDI LADJEL station.

The identification of the most suitable technical characteristics for the proposed railway line will be based on recommendations and practices in place at (**SNTF**) as well as the standards of the International Union of Railways (**UIC**), which are followed by more advanced railway systems. The geometric modeling of the project has been carried out using (**COVADIS 2017**) software.

Sommaire

Introduction générale

I Généralité

I.1 Introduction 2
I.2 La naissance du chemin de fer 2
I.3 Histoire de chemin de fer en Algérie : 3
I.3.1 Période coloniale 3
I.3.2 Après l'indépendance de l'Algérie 4
I.4 Conclusion : 4

II Présentation de projet

II.1 Introduction 5
II.2 Présentation du site : 5
II.2.1 Relief : 5
II.2.2 Climat : 6
II.2.3 Sismicité : 6
II.3 Infrastructure de base de la wilaya de Djelfa 7
II.4 Présentation du projet : 7
II.4.1 L'objectif du projet : 8
II.4.2 Les caractéristiques du tronçon projeté 8
II.4.3 Superstructure 9
II.4.3 Acteurs du projet 9
II.5 Conclusion 10

III Superstructure de la voie

III.1 Introduction 11
III.2 Les couches d'assise : 11
III.2.1 Les rails : 11
III.2.3 Les attaches travers-rail 13
III.2.4 L'appareil de voie 14
III.3 Conclusion 16

IV Tracé en plan

IV.1 Introduction : 17
IV.2 Règles à respecter dans tracé en plan pour une voie ferrée 17
IV.3 Les éléments de tracé en plan 17
IV.3.1 Alignement : 18

IV.3.2 Arc de cercle : 18
IV.3.3 Courbe de raccordement : 20
IV.4 Application au projet 22
IV.5 Conclusion 25

V Profil en long

V.1 Introduction 26
V.2 Les éléments géométriques du profil en long 26
V.2.1 Les déclivités droites : 26
V.2.2 Les cercles 27
V.3 Règles à respecter dans le tracé du profil en long 28
V.4 Conclusion 28

VI Etude hydrologique et hydraulique

VI.1 Introduction 29
VI.2 Les objectifs de l'étude hydrologique 29
VI.3 Présentation générale 29
VI.3.1 Situation géographique de la zone d'étude 29
VI.3.2 Précipitations journalières 32
VI.3.3 Climat 32
VI.4 Les Caractéristiques morphologiques des bassins versants 33
VI.5 Calcul hydraulique 34
VI.5.1 Le temps de concentration 34
VI.5.2 Calcul de l'intensité de pluie : 35
VI.5.3 Coefficient de ruissellement 35
VI.5.4 Calcul des débits maximaux dans les bassins : 36
VI.6 Exemple de calcul : 37
VI.7 Ouvrage hydraulique : 39
VI.7.1 Critères de dimensionnement à respecter 40
VI.7.2 Application au projet 40
VI.7.3 Vérification des conditions d'auto curage 43
VI.8 Les ouvrages longitudinaux 44
VI.9 Conclusion 46

VII Etude géologique et géotechnique

VII.1 L'étude géologiques 45
VII.1.1 Introductions : 45
VII.1.2 La géologie de l'Algérie 45
VII.1.3 Contexte géologique du site de projet 46
VII.1.4 Risques géologiques : 46

VII.2 Etude géotechnique : 47
VII.2.1 Introduction 47
VII.2.2 Programme d'investigations géotechniques 48
VII.3 Conclusion 52
VIII Assise ferroviaire
VIII.1 Introduction : 53
VIII.2 Caractéristique et rôles des diverses couches d'assise : 53
VIII.2.1 La couche de ballast : 53
VIII.2.2 Sous couche : 54
VIII.2.3 La plate-forme 54
VIII.3 Les classes de portance des plateformes : 54
VIII.4 Calcul des épaisseurs minimales des couches d'assise 55
VIII.5 Application pour notre projet : 56
VIII.6 Conclusion 57
IX Profil en travers
IX.1 Introduction 58
IX.2 Profil en travers 58
IX.3 Profile en travers type de notre projet : 58
IX.3.1 Résumé des caractéristiques de notre profile en travers 58
IX.4 Calcul des cubatures 58
IX.5 Conclusion 59
X Etude des contraintes
X.1 Introduction 60
X.2 La liste des contrainte rencontré 60
X.3 Solution proposée 60
X.4 Conclusion 61
XI Les ouvrage d'art
XI.1 Introduction 62
XI.2 Influence sur le choix du type d'ouvrage 62
XI.3 Croisement avec une route ou une piste 62
XI.4 Les ouvrages d'art de notre projet 62
XI.5 Conclusion 63
XII Conception de la gare SIDI LAJEL
XII.1 Introduction : 64
XII.2 Etude du plan masse de la gare : 64
XII.3 Aménagement de la gare : 65
XII.3.1 Installations d'une gare à voyageur 65

XII.3.2 Le garage franc : 65
XII.3.3 L'heurtoir 66
XII.4 Caractéristiques géométriques des gares 66
XII.4.1 Quai 66
XII.4.2 L'appareil de voie : 67
XII.4.3 La longueur utile d'une voie de stationnement 68
XII.5 Application pour notre projet : 68
XII.6 Assainissement dans les gares 70
XII.6.1 Assainissement transversale : 70
XII.6.2 Assainissement longitudinal : 70
XII.7 Conclusion 70
XIII Signalisation ferroviaire
XIII.1 Introduction : 71
XIII.2 Les principaux risques ferroviaires 71
XIII.3 Implantation des signaux en Algérie : 72
XIII.4 Types de signalisation ferroviaire 72
XIII.4.1 La signalisation classique 72
XIII.4.2 Le cantonnement et son principe 72
XIII.5 Les principaux signaux ferroviaires et leur indication 73
XIII.5.1 Définition du système ERTMS : 74
XIII.6 Conclusion 74
XIV Etude d'impact sur l'environnement
XIV.1 Introduction 75
XIV.2 Analyse De L'état initial : 75
XIV.2.1 Environnement physique : 75
XIV.2.2 Ressources et potentialités 76
XIV.2.3 Habitats et biodiversité 76
XIV.2.4 Indicateurs Socio-économiques 77
XIV.3 Identification et description des impacts 77
XIV.3.1 Les impacts positifs du projet : 77
XIV.3.2 Les impacts négatifs : 78
XIV.4 Les mesures prises pour minimiser les impacts : 79
XIV.5 Conclusion 81
XV Devis estimatif quantitatif
XV.1 Introduction 82
XV.2 Montant total en TTC : 84
XVI Planification de projet

XVI.1 Introduction 85
XVI.2 L'objectif de la planification 85
XVI.3 MS Project..... 85
XVI.4 Mode de calcul MS Project..... 85
XVI.5 Le schéma explicatif de programme proposé 85
XVI.6 Conclusion..... 85
Conclusion générale

Liste des figures

Figure II.1 Plan de situation de la zone d'étude 5
Figure II.2 Carte topographique de la zone d'étude 6
Figure II.3 Graphique climatique -DJELFA- 6
Figure II.4 Carte de zone sismique 7
Figure II.5 Localisation du projet 8
Figure III.1 Les constituent de la section transversale de rail Vignole 11
Figure III.2 Profil rail du type UIC60 E15 12
Figure III.3 Traverses en bois 13
Figure III.4 Traverses bibloc 13
Figure III.5 Attache type nabla 14
Figure III.6 les composantes d'attache type nabla 14
Figure III.7 Les trois parties d'appareil de voie 15
Figure III.8 Schéma illustrative de l'appareil de voie 16
Figure III.9 Une des appareils de voie de notre projet 16
Figure IV.1 Les éléments de tracé en plan. 18
Figure IV.2 Schéma du dévers 18
Figure V.1 Les éléments géométriques de profil en long 26
Figure VI.1 carte de situation de la région d'étude 30
Figure VI.2 Carte hydrogéologique de la daïra de SIDI LADJEL 31
Figure VI.3 Délimitation des bassins versants 33
Figure VI.4 Les dimensions de dalot 41
Figure VI.5 La section transversale d'une buse 42
Figure VI.6 Le fossé adopté pour la gare 46
Figure VII.1 Les chaines montagneuses en Algérie 46
Figure VII.2 Situation de la zone d'étude sur la carte géologique internationale de l'Afrique (feuille n°2), ... 47
Figure VIII.1 Profil en travers de l'assise ferroviaire 53
Figure VIII.2 Le ballast 54
Figure VIII.3 Les épaisseurs des différentes couches d'assise d notre projet 57
Figure XII.1 Garage franc. 65
Figure XII.2 Photo représentative d'un heurtoir. 66
Figure XII.3 La hauteur du quai et la distance par rapport à l'axe de la voie. 66
Figure XII.4 Longueur utile 68
Figure XIII.1 Le canton 73
Figure XIII.2 le système de contrôle des trains ERTMS 74
Figure XIV.1 Répartition de la population active selon les secteurs économique dans la région 77

Liste des tableaux

Tableau III-1 Caractéristiques de rails du type UIC 60 E1 12
Tableau III-2 Les caractéristiques d'appareils de voie de projet 15
Tableau IV-1 Valeurs limites du dévers 19
Tableau IV-2 Valeurs limites de l'excès de dévers 19
Tableau IV-3 Valeurs limites de l'insuffisance de dévers 20
Tableau IV-4 Les valeurs de la courbure 21
Tableau IV-5 Limitation de la courbure 21
Tableau IV-6 Limite de la variation de devers par rapport à la longueur 21
Tableau IV-7 Limite de la variation de devers par rapport au temps 21
Tableau IV-8 Limite de variation de divers en fonction de rayon et devers de la courbe 22
Tableau IV-9 Limite de variation de l'insuffisance de devers dans les raccordements 22
Tableau IV-10 Paramètres géométriques du tracé 23
Tableau V-1 les longueurs minimales des éléments de profile en long 27
Tableau V-2 Valeurs de Rayon vertical minimale 28
Tableau VI-1 Les pluies journaliere (en mm) 32
Tableau VI-2 Caractéristiques climatiques de la station de Ksar Chellala 32
Tableau VI-3Tableau récapitulatif des caractéristiques des bassins versants 34
Tableau VI-4 Les valeurs de coefficients de ruissellements en fonction la pente/nature de sol /couverture végétal 35
Tableau VI-5 résultats de l'intensité de pluie 39
Tableau VI-6 résultats de débit 39
Tableau VI-7 Les valeurs du coefficient KS 40
Tableau VI-8 Liste globale des ouvrages à projeter 43
Tableau VI-9 la vérification des condition d'auto curage de notre projet 43
Tableau VI-10 débit apport cas remblai/déblai 45
Tableau VI-11 Tableau récapitulatif des caractéristiques de faussé 46
Tableau VII-1 Résultats des puits de reconnaissance 48
Tableau VII-2 Tableau récapitulatif des résultats des essais d'identification et de propreté des sols et leur classification GTR et selon le code UIC R719 50
Tableau VII-3 Tableau récapitulatif des résultats d'analyse chimique 52
Tableau VIII-1 La classe la portance de la plate-forme (normes UIC 719R p.34) 55
Tableau VIII-2 les valeurs de notre projet 56
Tableau IX-1Les quantités de déblai et remblai de projet 59
Tableau X-1 La liste des contrainte dans le projet 60
Tableau XI-1 Liste des ouvrages d'art pour notre projet 63
Tableau XII-1 Longueurs minimal de tracé 67
Tableau XII-2 Quantité d'appareil de notre projet 70
Tableau XV-1 Devis estimatif quantitatif 82

Introduction générale

Introduction générale

Le développement des pays repose en grande partie sur leurs infrastructures de transport. En effet, l'économie d'un pays dépend de sa capacité à faciliter le déplacement des idées, des matériels et des ressources, ce qui améliore la productivité de la population et contribue grandement au le produit intérieur brut (PIB) national.

Au fil du temps, l'homme a fait preuve d'imagination et de créativité dans le domaine du transport, commençant par le transport par animaux et des chaussées simples en pierre et chaux. Avec l'évolution des véhicules, des chaussées plus robustes ont été nécessaires pour supporter les machines lourdes et rapides. Toutefois, la véritable révolution dans le domaine du transport est venue avec l'invention de la voie ferrée, qui a permis aux États-Unis de devenir une puissance économique. À ce jour, c'est toujours le moyen de transport le plus rentable pour les marchandises.

L'Algérie, avec sa grande superficie, a entrepris d'importants projets d'infrastructure de transport, notamment avec son réseau routier dense de 108 302 km, le plus dense d'Afrique. Le projet le plus célèbre est l'autoroute Est-Ouest.

Le chemin de fer, en particulier, représente un enjeu écologique, économique et social majeur pour l'Algérie, en raison de ses nombreux avantages. Le réseau ferroviaire algérien est d'ailleurs le plus développé d'Afrique, mais une modernisation est nécessaire pour répondre aux défis économiques et sociaux de notre époque.

Le chemin de fer reliant Tissemsilt à Boughezoul est l'un des projets les plus importants du secteur des transports en Algérie il contribuera grandement à la relance de la mobilité économique dans les zones des hauts plateaux, en améliorant l'accessibilité et la connectivité entre ces régions.

Dans le cadre de ce travail, nous allons réaliser une étude d'Avant-Projet Détaillé (APD) pour le tronçon HASSI FEDOUL SIDI LADJEL d'une longueur de 18.8 km. Cette étude nous a été confiée par SETIRAIL Algérie.

Chapitre I

Généralité

I Généralité

Historique sur la voie ferrée

I.1 Introduction

Dans le cadre de son processus de développement global, l'Algérie a déployé tous les moyens nécessaires pour améliorer son réseau de transport ferroviaire. Des initiatives telles que le dédoublement, la modernisation, l'électrification et la construction de nouvelles lignes ferroviaires ont été engagées à travers tout le territoire national. Des gares modernes ont également été construites pour accueillir les passagers et les marchandises.

L'un des objectifs stratégiques de l'État est de mettre en œuvre un plan national visant à connecter toutes les régions de l'Algérie au réseau ferré, dans le but de stimuler l'économie du pays.

I.2 La naissance du chemin de fer

Les deux principales composantes du chemin de fer, à savoir les voies et les locomotives, ont connu leur développement majeur pendant la révolution industrielle (1750-1840). Cette expansion a été motivée par des considérations politiques et économiques, visant à relier des régions isolées et à renforcer l'unité politique.

Le premier système ferroviaire au monde a été mis en service en 1825 au Royaume-Uni par l'ingénieur George Stephenson. Cette ligne reliait les villes de Stockton et Darlington par des rails, permettant le transport de charbon. Les wagons étaient alors tirés par des locomotives à vapeur.

En 1830, la première ligne de chemin de fer destinée spécifiquement aux voyageurs a été construite entre Manchester et Liverpool. Cette ligne, dotée de deux voies, était exclusivement empruntée par des locomotives à vapeur. C'est sur cette ligne qu'a été inauguré le premier service régulier de transport de voyageurs.[1]

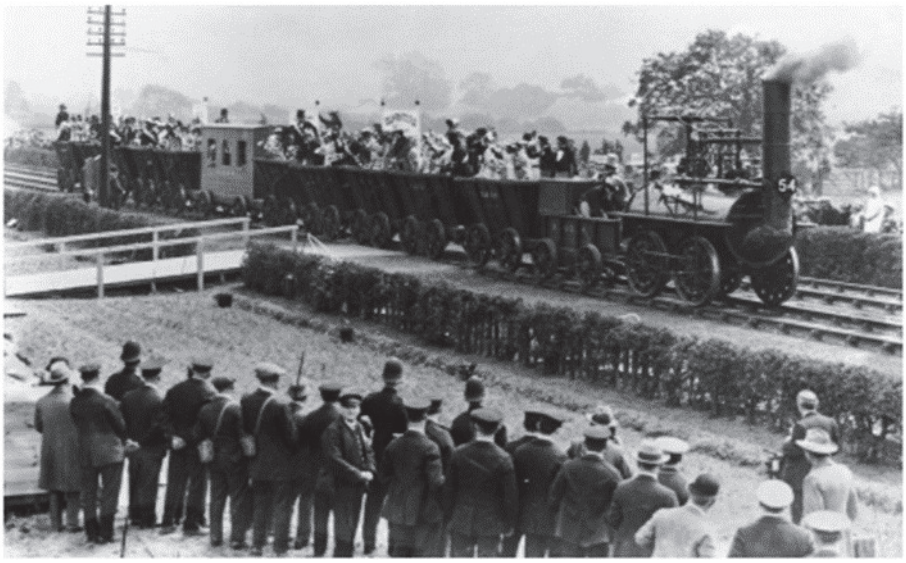


Figure I.1 La journée d'ouverture de la ligne ferroviaire Stockton et Darlington

I.3 Histoire de chemin de fer en Algérie :

I.3.1 Période coloniale

La construction du chemin de fer en Algérie à l'époque coloniale se fait en trois planes de développements :

I.3.1.1 Premier plan de développement

L'histoire des chemins de fer d'Algérie commence le 8 avril 1857, avec un décret du gouvernement français qui autorise la construction de 1 357 km de chemins de fer dans la colonie d'Algérie.

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

Ce plan est établit pour Construire une ligne principale relie Oran-Alger-Constantine sur 881 km et 6 lignes de raccordement aux principaux ports (Philippeville, Bougie, Bône, Ténès, Arzew**).**

L'objectif des 1 357 km est atteint et même dépassé, avec des tronçons construits représentant 1365 km de voie et touchant presque toutes les villes importantes d'Algérie.[2]

I.3.1.2 Deuxième plan de développement.

Le 18 juillet 1879 une nouvelle campagne d'investissement est lancée à l'échelon national pour renforcer les lignes "d'intérêt général" avec comme objectif d'ajouter 1747 km au réseau existant. La construction de ces lignes dites "d'intérêt local" est laissée à la charge des investisseurs privés et des collectivités locales.

Dans les 30 ans qui suivirent, 2 035 km de lignes de chemin de fer vont s'ajouter au réseau, constituant l'armature du futur réseau ferroviaire algérien.[2]

I.3.1.3 Troisième plan de développement.

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

- Au début de l'année 1925 on comptait 4724 km de chemins de fer auxquels il faut ajouter 127 km de tramways

- En 1941 le Transsaharien relie l'Afrique noire à la Méditerranée.

- A la fin de la Seconde Guerre Mondiale le réseau ferroviaire algérien s'étend sur plus de 5 000 km.[2]

Remarque : Au cours des dernières années, le réseau s'est entièrement modernisé grâce surtout à l'emploi systématique de la traction diesel. Les voies ont été renforcées, la signalisation transformée, la vitesse et le confort des trains considérablement améliorés.)



Figure I.2 Les réseaux ferroviaires algériens

I.3.2 Après l'indépendance de l'Algérie

Après l'indépendance du pays et par Décret no 63-183 du 16 mai 1963, la Société nationale des chemins de fer français en Algérie change de statut et de nom, et devient la Société nationale des chemins de fer algériens (SNCFA). Elle disparait le 25 mars 1976 et remplacée notamment par la Société nationale des transports ferroviaires (SNTF)

En 1986, la crise financière poussera à la dissolution de la SNERIF et de la SIF dont les prérogatives sont reprises par la SNTF qui changera de statut en 1990 pour devenir un EPIC. À la fin des années 1990, la SNTF exploite un réseau de 3 500 km.

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

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

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

Le 13 octobre 2019, mise en service d'une nouvelle ligne reliant Alger à Touggourt. Elle est desservie par un train de longues distances offrant des compartiments couchettes de 1ère et 2ème classe. [3]

I.4 Conclusion :

Un grand pays d'une superficie énorme comme l'Algérie doit avoir un réseau densifié 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
Présentation de projet

II Présentation de projet

II.1 Introduction

Le chemin de fer reliant Tissemsilt à Boughezoul est l'un des projets les plus importants du secteur des transports en Algérie. Ce projet contribuera grandement à la relance de la mobilité économique dans les zones des hauts plateaux, en améliorant l'accessibilité et la connectivité entre ces régions.

II.2 Présentation du site :

La zone d'étude se situe entre la commune de Hassi Fedoul et celle de Sidi Ladjel exactement au nord-ouest de la ville de Djelfa.

La wilaya de Djelfa se compose de 12 daïras et 36 communes, et ses limites :

-au nord les wilayas de Tissemsilt et Médéa

-à l'est, les wilayas de M'Sila et Biskra

-à l'ouest les wilayas de Laghouat et Tiaret

- au Sud les wilayas de Ouargla et Ghardaïa



Figure II.1 Plan de situation de la zone d'étude

II.2.1 Relief :

La zone d'étude se situe dans région des hauts plateaux et d'après la carte topographique de la région :

Altitude moyenne : 740 m

Altitude minimum : 665 m

Altitude maximum : 1 117 m

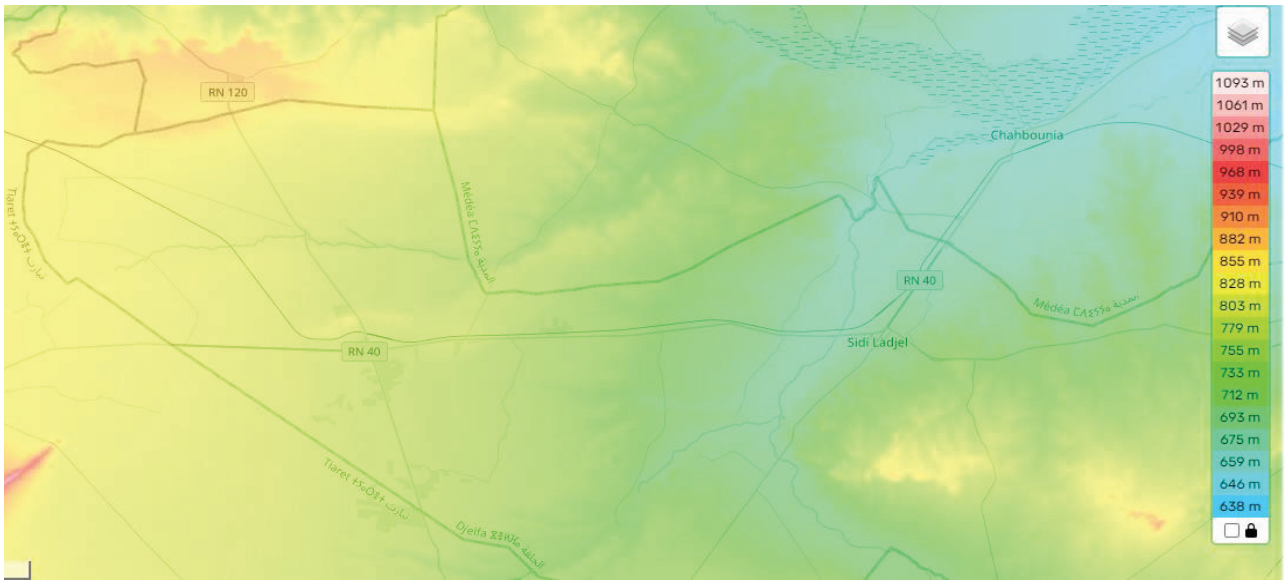


Figure II.2 Carte topographique de la zone d'étude

II.2.2 Climat :

Le climat de la région d'étude est de type méditerranéen. Avec un été chaud et sec et un hiver froid. Les températures annuelles varient de 10° à 35°. Les précipitations atmosphériques sont de 16 à 120mm en hiver et de 0 à 55mm en été.

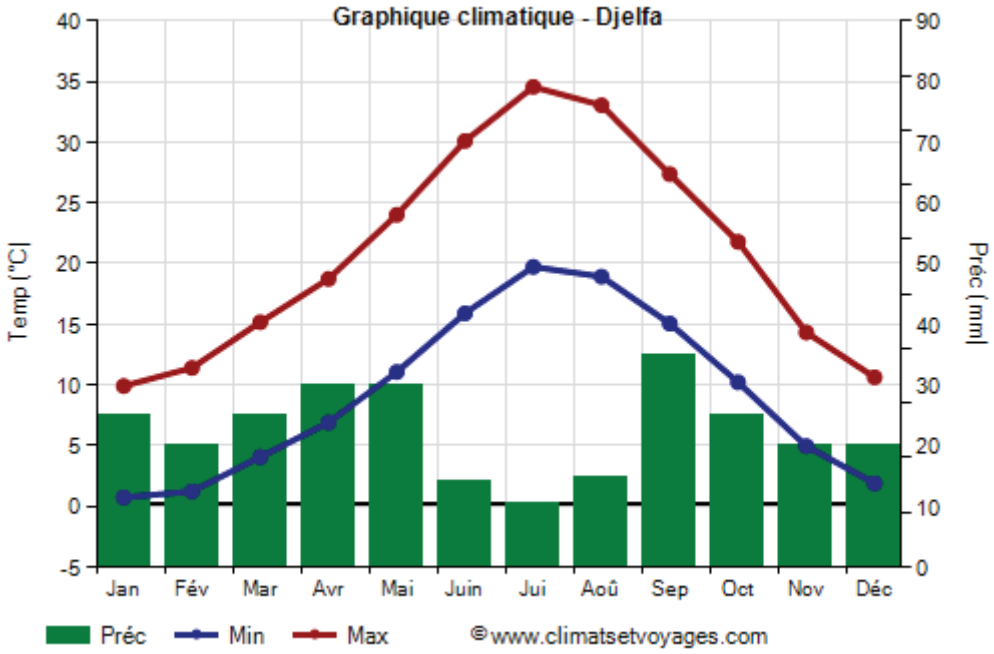


Figure II.3 Graphique climatique -DJELFA-

II.2.3 Sismicité :

Le classement des Hauts Plateaux en une zone d'activités sismiques oblige impérativement à considérer le facteur sismique. D'après le Règlement parasismique Algérien « RPA99/version 2003 »,le territoire national est divisé en cinq (05) zones, la zone d'étude se situer dans zone sismique « zone I » qui indique une sismicité faible.

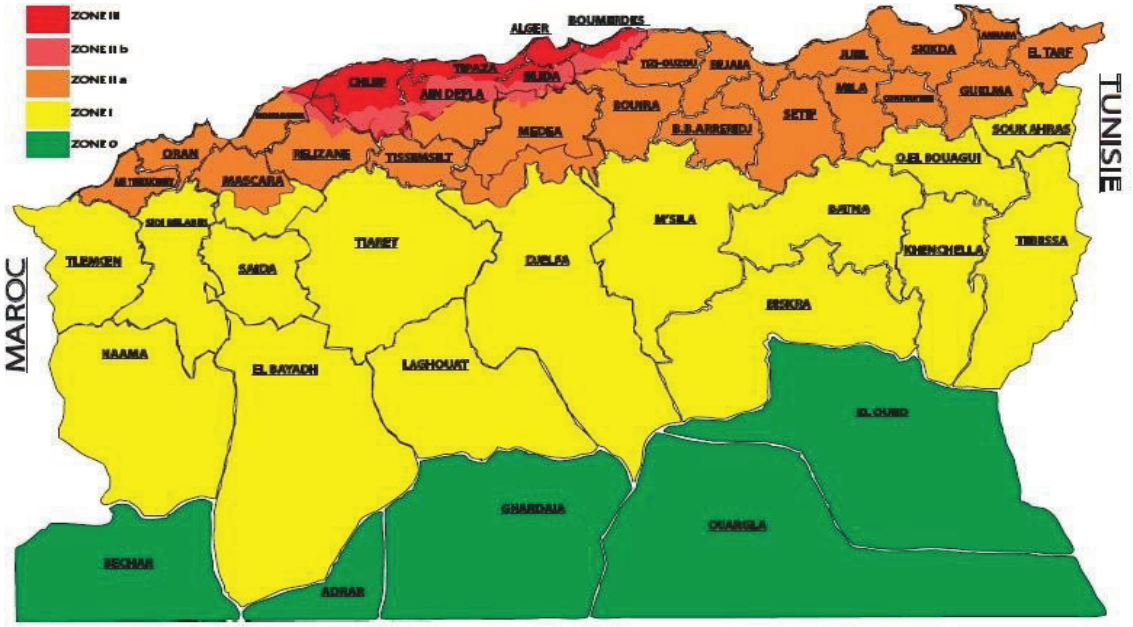


Figure II.4 Carte de zone sismique [3]

II.3 Infrastructure de base de la wilaya de Djelfa

La wilaya de DJELFA dispose d'atouts importants dans les domaines des infrastructures économiques et des équipements-logistiques la mettant en position idéale pour un véritable essor économique.

Infrastructures routières

1. **Routes nationales :** La wilaya de Djelfa est traversée par plusieurs routes nationales importantes **608 km**, notamment la **RN1** qui relie Alger à Tamanrasset, la **RN46** qui relie Djelfa à Laghouat, et la **RN1b** qui relie Djelfa à El Bayadh.
2. **Autoroutes** : La wilaya de Djelfa est également desservie par l'autoroute Est-Ouest (RN4)
3. **688 km chemin de wilaya**
4. **580 km routes communales**

Infrastructure ferroviaire

La wilaya enregistre trois grands projets totalisant **327 km** de lignes ferroviaires,il s'agit du projet de **la voie Djelfa/Laghouat**, sur une distance de **110 km**, **Boughezoul /Djelfa 140 km** et de la voie traversant le nord de Djelfa, reliant M'sila à Tissemssilet, en passant par El Birine et **Sidi Laadjel.**

II.4 Présentation du projet :

La ligne ferroviaire Tissemsilt-Bouguezoul a une longueur totale de 131,065 km, s'étendant du

PK (-[1+165,172]) à PK 129+900. Cette nouvelle ligne prolonge la ligne Tiaret-Tissemsilt et traverse les villes de Colonel Bougara, Hassi Fedoul, Sidi Ladjel et Chahbounia avant de rejoindre Bouguezoul. Elle relie ainsi les quatre wilayas de Tissemsilt, Tiaret, Djelfa et Médéa.

La section du PK 55+000 au PK 73+700 inclut la conception de la gare de la ville de Sidi Ladjel, qui s'étend du PK 72+250 au PK 73+690. La ligne est conçue comme une ligne de grande vitesse (LGV) sur voie normale, avec des caractéristiques géométriques conformes aux normes UIC, selon les termes du Dossier Technique.



Figure II.5 Localisation du projet

II.4.1 L'objectif du projet :

Ce projet a pour objectif de :

- Déterminer le tracé le plus optimal pour la création d'une liaison ferroviaire entre les gares de Tissemsilt et Boughezoul afin de corriger les déséquilibres régionaux.

- Désenclaver certaines régions

-Ouvrir les régions les unes aux autres

-Adapter et développer les zones industrielles et économiques

- Réduire le temps de transport et d'améliorer la sécurité

En outre, ce projet vise à alimenter les unités industrielles et stimuler le développement de villes telles que Tissemsilt et la nouvelle ville de Boughezoul.

II.4.2 Les caractéristiques du tronçon projeté

- **Condition de base :**

Le tracé a été conçu pour une ligne de chemin de fer à voie unique, mais tous les ouvrages d'art tels que les ponts rails et les ponts routes ont été dimensionnés pour permettre une extension future avec l'ajout d'une deuxième voie et une électrification ultérieure. Cela a été fait pour éviter les problèmes d'élargissement de ces ouvrages et pour éviter la fermeture de la voie lors de l'extension ultérieure

- **Caractéristiques de base :**

- Longueur du trace 18+700km

- Caractéristiques géométriques selon les standard UIC
- Ligne à voie unique posé sur une plateforme de 8m
- Trafique mixte voyageurs et marchandises
- Ligne sans passage à niveau
- Traction actuel diesel

- **Caractéristique de la voie**

  - **Ecartement :**

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

  - **Gabarit :**

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

  - **Charges d'essieu :**

- Pleine voie 20 t
- Ouvrages d'art 25t

  - **Vitesses :**

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

  - **Entraxes des voies :**

- L'entraxe des voies est de 4,20m (sans obstacles dans l'entrevoie), la voie unique étant réalisée à son emplacement définitif l'axe de la deuxième voie sera placé ultérieurement à 4,20 m de l'axe de la voie unique.

II.4.3 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-60 190-1 :9 avec une vitesse de 50 km/h
- UIC-60 500-1 :12 avec une vitesse de 60 km/h

II.4.3 Acteurs du projet

Les différents intervenants qui participent à l'élaboration et à la réalisation de ce projet sont :

▪ Maître d'ouvrage : **Ministère de Transport.**

▪ Maître d'ouvrage délégué : Agence Nationale d'Etude et de Suivi de la Réalisation des Investissement Ferroviaires « **ANESRIF** »

▪ Maître d'œuvre : « **SETI- RAIL** »

▪ Entreprise de réalisation :

- « **INFRAFER** » pose de voie,
- « **GCB** La Société Nationale de Génie Civil et Bâtiment » les travaux de terrassement et la réalisation des gares,
- « **ENGA /SABTA** » la réalisation des ouvrages d'art,
- « **ESTEL** » La signalisation

II.5 Conclusion

Ce projet vise à répondre aux besoins économiques et sociaux de la région en résolvant les problèmes de transport de personnes et de marchandises entre Tissmsilet et Boughezoul. Il a pour objectif de réduire les temps de trajet pour les voyageurs, tout en respectant les normes environnementales. En améliorant l'accessibilité et la connectivité de la région, ce projet contribuera à stimuler la croissance économique et à renforcer la cohésion sociale.

Chapitre III

Superstructure de la voie

III Superstructure de la voie

III.1 Introduction

La superstructure d'une voie ferrée désigne l'ensemble des éléments situés au-dessus de la plateforme et qui assurent la circulation des trains, tels que les rails, les traverses, les fixations, le ballast et le revêtement. Elle est donc un élément essentiel de tout système ferroviaire, car elle assure la sécurité et la stabilité de la circulation des trains.

La qualité et l'efficacité de la superstructure déterminent la capacité de la ligne ferroviaire à supporter le trafic et à garantir des performances optimales pour les trains. Dans ce chapitre, nous allons examiner les composants de la superstructure de la voie ferrée et leur fonctionnement, ainsi que les considérations essentielles dans la conception et l'entretien de la superstructure pour assurer un fonctionnement optimal de la ligne ferroviaire.

III.2 Les couches d'assise :

Les couches d'assise sont un ensemble d'éléments qui soutiennent la voie ferrée. Elles sont constituées de plusieurs éléments

III.2.1 Les rails :

Ce sont des poutres en acier posées sur des traverses en deux lignes parallèles pour former la voie ferrée. Pour garantir le centrage des roues du train, ils sont généralement inclinés par rapport au plan de roulement avec une pente de 1/20.

Les rails jouent un rôle crucial dans le fonctionnement de la voie ferrée. Ils doivent assurer plusieurs fonctions, notamment :

1. Supporter les charges verticales (poids) et horizontales (force centrifuge) transmises par le train. La voie doit également résister aux forces longitudinales générées par la dilation ou la rétraction des rails, ainsi qu'à l'effet d'accélération et de freinage du train.
2. Assurer le guidage des roues et leur mouvement le long de la voie ferrée.
3. Transmettre le courant électrique nécessaire pour la signalisation et la traction des trains sur les lignes électrifiées.

Les caractéristiques mécaniques et géométriques de la section transversale des rails sont spécialement conçues pour remplir ces fonctions.

Pour cela on présente le profil de rail utilisé (rail VIGNOLE)

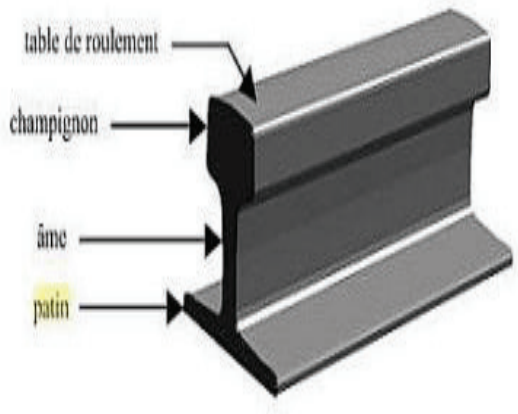


Figure III.1 Les constituent de la section transversale de rail Vignole

Dans une section transversale d'un rail Vignole, il est possible de distinguer plusieurs parties distinctes.

Tout d'abord, le patin qui assure l'appui sur la traverse, puis le champignon qui constitue la partie supérieure du rail et sert de surface de roulement pour les trains. Enfin, l'âme est la partie verticale reliant le champignon et le patin.

Dans le cadre de notre projet, nous avons opté pour l'utilisation du rail Vignole de type 60 E1.

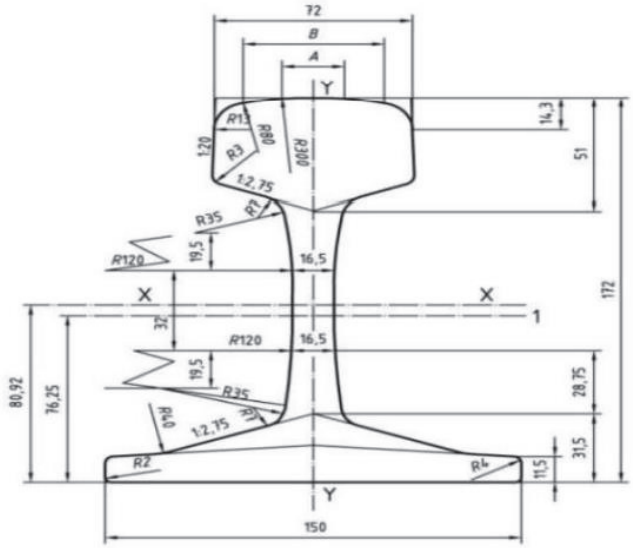


Figure III.2 Profil rail du type UIC60 E15

Tableau III-1 Caractéristiques de rails du type UIC 60 E1 [4]

Caractéristiques	Valeurs
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 y-y)	3038.3 cm^4
Moment d'inertie (axe x-x)	512.3 cm^4
Résistance à la traction	R ≥ 880 N/mm^2
Allongement	R ≥ 10%
Dureté au milieu de la table de roulement	260-300 HBW

III.2.1.1 L'assemblage des rails

C'est une étape cruciale dans la construction d'une voie ferrée. Les rails sont fabriqués en longueurs comprises entre 18 et 36 mètres. Afin d'assurer la solidarité des barres qui forment la voie, il est nécessaire de les relier solidement à leur extrémité. Pour ce faire, deux méthodes sont couramment utilisées : les éclisses et les soudures.

- **Les éclisses** sont des composants de la voie ferrée. Elles sont fixées par des boulons sur les rails et permettent de faire la liaison entre deux rails consécutifs. Elles sont souvent utilisées à proximité des aiguillages.
- **Les soudures**, quant à elles, sont réalisées après la fabrication des rails. Cette méthode permet de réaliser des longues barres soudées "LRS" **Les traverses**

Les traverses jouent un rôle crucial dans la sécurité et la stabilité des voies ferrées. Elles répartissent le poids des trains de manière égale sur le ballast, le matériau granulaire qui se trouve en dessous des traverses. Cela permet de maintenir l'intégrité de la voie et d'éviter les déformations ou les affaissements

Le choix des traverses dépend du niveau de trafic et de la résistance nécessaire pour assurer une voie ferrée sûre et fiable et dans notre projet on va utiliser des traverses bi-bloc en pleine voie et voies de gare et des traverses en bois pour les appareils de voie.



Figure III.3 Traverses en bois



Figure III.4 Traverses bibloc

III.2.3 Les attaches travers-rail

L'objectif principal des attaches est de maintenir les rails en place, tout en permettant une certaine flexibilité pour absorber les contraintes et les vibrations générées par le passage des trains. Elles doivent garantir une fixation solide et durable, tout en permettant des mouvements longitudinaux et latéraux des rails pour accommoder les variations de température, les charges de trafic et les déformations du sol.

Pour notre projet on a utilisé des attaches élastiques de type nabla.



Figure III.5 Attache type nabla

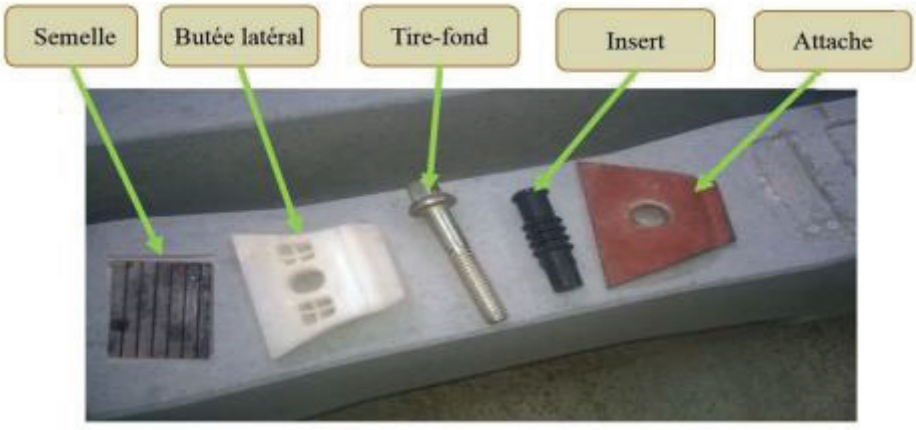


Figure III.6 les composantes d'attache type nabla

III.2.4 L'appareil de voie

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

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

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 :

1-Aiguillage (la partie mobile)

2- Une partie intermédiaire

3-Le croisement proprement dit (qui comprend essentiellement le cœur de croisement)

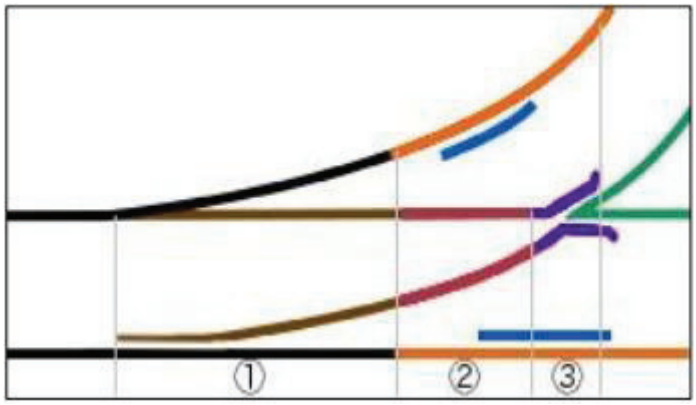


Figure III.7 Les trois parties d'appareil de voie

Pour notre projet on va utiliser :

- UIC-60 190-1 :9 avec une vitesse de 40 km/h

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

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	60
1/9	300	16.616	17.922	19.922	50
	190	10.523	17.805	17.805	40

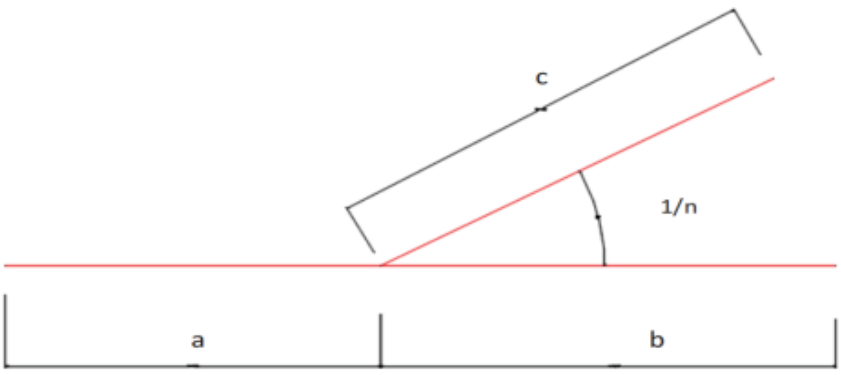


Figure III.8 Schéma illustrative de l'appareil de voie



Figure III.9 Une des appareils de voie de notre projet

Remarque : Dans le chapitre consacré à la structure de l'assise, nous allons examiner les éléments qui la composent, à savoir la plateforme, la sous-couche, la couche de fondation et le ballast.

III.3 Conclusion

Les couches d'assise ferroviaire sont constituées de plusieurs éléments, le rail qui est le premier élément de contact entre le véhicule et la voie, joue un rôle crucial dans la répartition des contraintes, la géométrie de sa section est conçue pour guider le train et répartir la charge sur plusieurs traverses. La traverse, quant à elle, transmet les efforts entre le rail et le ballast, permettant ainsi de maintenir la stabilité de la voie ferrée.

Chapitre IV

Tracé en plan

IV Tracé en plan

IV.1 Introduction :

Le tracé en plan est l'une des étapes fondamentales de la conception de tout projet de construction, qu'il s'agisse d'une route, d'une autoroute, d'une voie ferrée ou de tout autre type d'infrastructure linéaire. Le tracé en plan est la représentation graphique de l'emplacement de l'infrastructure sur le terrain, en tenant compte des contraintes topographiques, environnementales et réglementaires. Il est conçu pour optimiser les performances de l'infrastructure en termes d'accessibilité, de sécurité, de durabilité et d'efficacité.

IV.2 Règles à respecter dans tracé en plan pour une voie ferrée

Le tracé en plan pour une voie ferrée est une tâche complexe qui nécessite une planification minutieuse pour garantir la sécurité, l'efficacité et la durabilité de la voie ferrée. Voici quelques règles importantes à respecter dans la conception d'un tracé en plan pour une voie ferrée :

1. Respecter les normes de sécurité : le tracé en plan doit respecter les normes de sécurité ferroviaire, y compris les exigences en matière de distances de visibilité, de rayon de courbure minimum et de pentes maximales.

2. Optimiser les courbes : les courbes doivent être conçues pour minimiser la force centrifuge, en veillant à ce que le rayon de courbure soit suffisant pour permettre la circulation des trains à des vitesses sûres.

3. Considérer la topographie : le tracé en plan doit tenir compte des contraintes topographiques, y compris les montagnes, les vallées, les rivières et les zones urbaines.

4. Prévoir les connexions : le tracé en plan doit prévoir les connexions avec d'autres voies ferrées, les gares, les centres logistiques et les zones industrielles.

5. Éviter les conflits : le tracé en plan doit éviter les conflits avec d'autres infrastructures, tels que les routes, les pipelines, les câbles électriques et les canalisations.

6. Considérer les besoins futurs : le tracé en plan doit tenir compte des besoins futurs de la région, tels que la croissance de la population, le développement économique et les changements dans les modes de transport.

En respectant ces règles dans la conception du tracé en plan pour une voie ferrée, on peut garantir la sécurité, l'efficacité et la durabilité de la voie ferrée tout en répondant aux besoins actuels et futurs de la région.

IV.3 Les éléments de tracé en plan

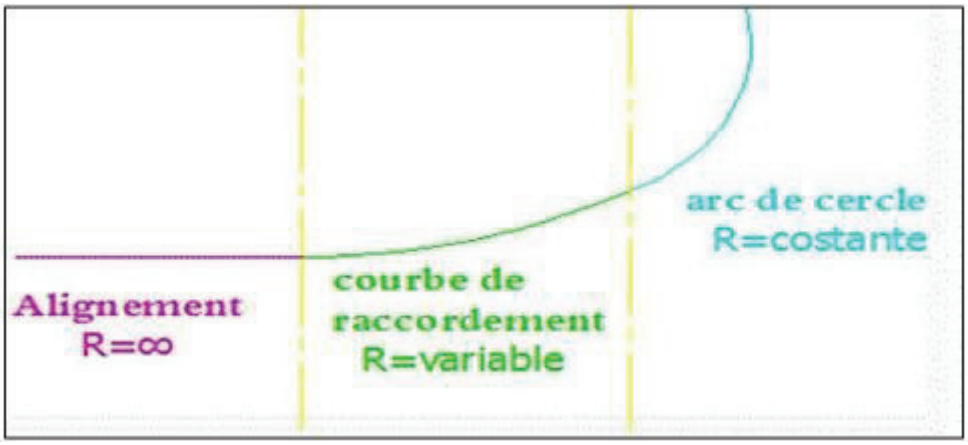


Figure IV.1 Les éléments de tracé en plan.

IV.3.1 Alignement :

Un alignement droit est une courbe de rayon infini (R=∞) ; sur le plan technique c'est le meilleur tracé qui convient aux voie ferrées (la force centrifuge est nul)

IV.3.2 Arc de cercle :

Comme tout objet en mouvement à une certaine vitesse, un train et ses passagers subissent les effets de la force centrifuge dans les courbes

$$Fc = \boldsymbol{mv^2/R} \quad \text{.....IV.1}$$

avec

$\boldsymbol{m}$=masse

$\boldsymbol{v}$=vitesse angulaire

$\boldsymbol{R}$ =la distance à partir de l'origine

Cette force peut entraîner le déraillement du train et une usure accrue de la voie. Pour compenser cette attraction vers l'extérieur de la courbe, il est nécessaire d'incliner la voie vers l'extérieur. La différence de niveau entre le rail extérieur et le rail intérieur d'une même voie est appelée le dévers.

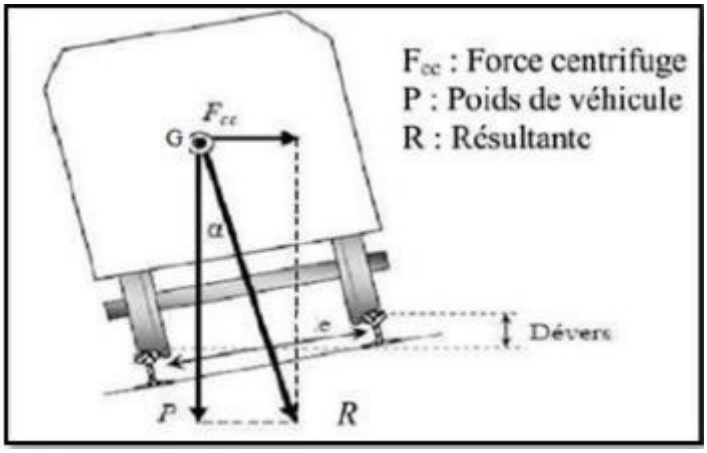


Figure IV.2 Schéma du dévers

IV.3.2.1 Dévers Théorique :

La valeur théorique du dévers qui compense entièrement la force centrifuge est égale à **$11{,}8V^2/R$ (mm)** pour une voie normale. Dans cette formule, 'V' représente la vitesse du train en km/h et 'R' est le rayon de la courbe en mètres.

IV.3.2.2 Dévers réel ou pratique :

L'influence du trafic mixte (voyageurs et marchandises) sur la valeur du dévers est importante. En pratique, il est impossible de rouler en **dévers théorique** car les trains ont des vitesses minimales différentes selon leur nature, qu'ils soient lents ou rapides. Pour y remédier, il a été convenu de définir un **dévers réel**.

La fixation du dévers réel se fait en suivant une première approche, selon laquelle 0,5 fois la valeur théorique du dévers est inférieure à la différence de pente entre le rail extérieur et le rail intérieur (dp), qui elle-même est inférieure à 0,7 fois la valeur théorique du dévers.

$$0,5dth<dp<0,7dth \qquad \text{.....IV.2}$$

La seconde formule pour fixer le dévers réel prend en considération le coefficient de dévers (C). La différence de pente (dp) entre le rail extérieur et le rail intérieur ne doit pas dépasser dp(max), qui est donné par la formule :

$$dp(max) = 1000C/R \qquad \text{.....IV.3}$$

Si C=0, alors dp =$0{,}006V^2$.

Il est important de noter que C doit être un multiple de 15. Pour les vitesses inférieures ou égales à 220 km/h, la SNTF a retenu une valeur maximale de divers en pleine courbe (dp(max)) qui doit satisfaire la condition suivante **:**

Tableau IV-1 Valeurs limites du dévers [5]

Valeur recommandée en [mm]	**160**
Valeur maximale en [mm]	**180**

IV.3.2.3 Excès de dévers

Le dévers théorique qui assure l'équilibre d'un train lent est inférieur aux dévers pratiques, ce qui donne des efforts transversaux non compensés qui poussent le véhicule vers l'intérieur de la voie. Pour limiter la valeur de ces efforts, on limite la valeur de la différence de dévers.

Cette limitation est exprimée par la valeur maximale de l'excès de dévers (E). L'excès de dévers est donné par la formule

$$E = dp - dth = dp - (11{,}8V^2/R) \qquad \text{.....IV.4}$$

Où dp est la différence de pente entre le rail extérieur et le rail intérieur de la voie, dth est le dévers théorique et V est la vitesse en km/h. L'excès de dévers ne doit pas dépasser Emax. Pour une vitesse V inférieure ou égale à 220 km/h, la SNTF a retenu une valeur maximale de l'excès de dévers (Emax).

Tableau IV-2 Valeurs limites de l'excès de dévers [5]

Valeur recommandée en [mm]	**110**
Valeur maximale en [mm]	**130**

IV.3.2.4 Insuffisance de divers

Le dévers théorique qui permet d'assurer l'équilibre d'un train rapide est généralement supérieur aux dévers pratiques, ce qui peut engendrer des efforts transversaux non compensés qui présentent un danger au-delà d'une certaine vitesse, tels que le déplacement ou la dégradation de la voie ou encore le déraillement du train. Ainsi, afin de limiter ces efforts, il est nécessaire de limiter la différence entre les dévers pratiques et théoriques. Cette limitation est appelée l'insuffisance de dévers I.

L'insuffisance de dévers est exprimée par la formule suivante :

$$\mathbf{I = dth - dp = 11{,}8 * V^2/R - dp < Imax.} \qquad \textbf{……IV.5}$$

Il s'agit de la différence entre le dévers théorique dth et le dévers pratique dp, qui ne doit pas dépasser la valeur maximale Imax.

Pour une vitesse inférieure ou égale à 220 km/h, la SNTF a retenu ces valeurs pour l'insuffisance de dévers.

Tableau IV-3 Valeurs limites de l'insuffisance de dévers [5]

Valeur recommandée en [mm]	**150**
Valeur maximale en [mm]	**160**

IV.3.2.5 Rayon minimum de l'arc de cercle :

Afin de limiter l'effet de la force centrifuge sur la voie et d'assurer le confort des passagers tout en évitant l'usure du rail, une valeur minimale doit être respectée pour le rayon de courbure. Cette valeur peut être calculée à partir de la formule suivante :

$$d(Rmin) = \boldsymbol{Emax}.Vvoy^2+Imax.Vmar^2\ Vvoy^2 - Vmar^2 < dpmax \qquad \textbf{…IV.6}$$

Le rayon minimal doit être le maximum entre les deux valeurs suivantes :

$$Rmin = 11.8 * Vm^2 / (Imax + dp) \text{ en fonction de I et Dp (vitesse des voyageurs)} \qquad \textbf{…. IV.7}$$

$$Rmin = 11.8 * (Vvoy^2 - Vmar^2) / (Imax + Emax) \text{ en fonction de Emax et Imax.} \qquad \textbf{…..IV.8}$$

En utilisant cette formule, on peut déterminer la valeur minimale du rayon de courbure pour garantir un confort optimal des passagers tout en préservant la voie et le rail.

IV.3.3 Courbe de raccordement :

Lorsqu'un alignement rencontre un arc de cercle, la discontinuité de la courbure à leur point de contact entraîne une accélération transversale instantanée. Ce changement brutal d'accélération n'est pas souhaitable pour le confort des voyageurs et la stabilité transversale du véhicule. Il est donc nécessaire d'introduire un raccordement entre l'alignement et la courbe circulaire pour permettre une variation graduelle de l'accélération.

La courbe mathématique choisie pour ce raccordement est la clothoïde, qui satisfait à la condition d'une variation continue de la courbure. Les courbes de raccordement sont construites entre :

- Un alignement et une courbe ;
- Deux courbes de même sens ayant des rayons différents ;

- Une courbe et une contre-courbe.

L'utilisation de ces courbes de raccordement est justifiée par le calcul de la courbure Δc. Grâce à ces raccordements, la transition entre l'alignement et la courbe circulaire peut être effectuée en douceur, assurant ainsi un voyage confortable et une stabilité transversale optimale du véhicule.

Tableau IV-4 Les valeurs de la courbure

Alignement-courbe	Δc=1000 /R
Deux Courbe de même sens avecR1≠R2	Δc=1000/R1-1000/R2
Une courbe et contre courbe	Δc=1000/R1+1000/R2

Les courbes de raccordement sont recommandés si

$$\Delta c \geq 2000/Vmax^2 \quad \text{.....IV.8}$$

Les courbe de raccordement sont obligatoires si

Tableau IV-5 Limitation de la courbure

V<100km/h	$\Delta c \geq 9000/Vmax^2$
V≥100km/h	$\Delta c \geq 7000/Vmax^2$

IV.3.2.1 Variation de dévers dans le raccordement :

Lorsqu'un véhicule se déplace sur un raccordement, il subit une rotation progressive autour d'un axe parallèle à celui de la voie et un gauchissement limité par les ressorts de suspension. Pour assurer un roulement régulier sur ces raccordements, le gauchissement et la vitesse de rotation doivent être contrôlés et limités.

Dans le cas du raccordement parabolique, la variation du dévers doit être progressive, allant de 0 à dp, et la variation Δd sur la distance Δl est exprimée en millimètres par mètre (mm/m).

Il est important de respecter deux conditions pour limiter la variation de dévers :

1. La torsion ne doit pas dépasser certaines valeurs en fonction de la vitesse de déplacement la plus rapide ;

Tableau IV-6 Limite de la variation de devers par rapport à la longueur [5]

Valeur maximal normal	180/Vmax (mm/m)=1.125 mm/m
Valeur maximal exceptionnelle	216/Vmax(mm/m)=1.3125 mm/m

Tableau IV-7 Limite de la variation de devers par rapport au temps [5]

Valeur maximal normal	50 (mm/s)
Valeur maximal exceptionnelle	60(mm/s)

2. Pour limiter la variation de dévers concerne les valeurs de dévers et le rayon de la courbe pleine adjacente aux raccordements considérés.

Tableau IV-8 Limite de variation de divers en fonction de rayon et devers de la courbe

Valeur du dévers en plein courbe	Valeur limites de la variation du dévers
$(R-100)/2\ dp \geq (R-150)/2$	$\Delta d/\Delta l \leq 2\ mm/m$
$(R-150)/2\ dp \geq (R-250)/3$	$\Delta d/\Delta l \leq 3\ mm/m$
$(R-250)/3\ dp$	$\Delta d/\Delta l \leq 4\ mm/m$

La longueur minimale du raccordement est déterminée par la valeur de dp, qui est la variation maximale du dévers, et la vitesse maximale autorisée Vmax. Elle est exprimée par la formule suivante :

$$L_{min} = (dp \times V_{max}) / 180 \quad \text{.....IV.9}$$

Dans des cas exceptionnels, la formule peut être modifiée en utilisant le coefficient 216 au lieu de 180 :

$$L_{min} = (dp \times V_{max}) / 216 \quad \text{.....IV.10}$$

Lorsque la vitesse du train dépasse la vitesse d'équilibre, les passagers sont soumis à la force centrifuge non compensée en raison d'un dévers insuffisant. Dans le cas d'un raccordement parabolique, cette force augmente progressivement et les passagers doivent s'adapter progressivement, de préférence de manière inconsciente, à l'insuffisance constante de la courbe.

La variation de l'insuffisance ΔI est exprimée en millimètres par seconde (mm/s) par rapport à la distance parcourue ΔL, ou en fonction du temps Δt. Elle est donnée par la formule suivante

$$\Delta I/\Delta t = \Delta I/\Delta L / v \qquad v \text{ en m/s} \quad \text{.....IV.11}$$

$$V = v/3.6 \qquad V \text{ en km/h} \quad \text{.....IV.12}$$

D'où

$$\Delta I/\Delta t = \Delta I/\Delta L * V/3.6 \quad \text{.....IV.13}$$

Tableau IV-9 Limite de variation de l'insuffisance de devers dans les raccordements [5]

Valeur limite normale	75 mm/s
Valeur limite exceptionnel	90 m/s

IV.4 Application au projet

Notre tracé d'étude est développé à partir des données topographiques et des visites faites sur le site

Tableau IV-10 Paramètres géométriques du tracé

Les valeurs limite géométrique de trace		Normal	Exceptionnel
Vitesse maximal (vitesse voyageurs)	Vv (km/h)	160	
Vitesse minimal (vitesse marchandise)	Vm (km/h)	100	
Insuffisance de devers admissible	I (mm)	150	160
Excès de divers admissible	E (mm)	110	130
Devers maximal	$d_{max}(mm)$	160	180
Limite de la variation de dévers par rapport a la longueur	dd/dl (mm/m)	$\frac{180}{V_{max}} = \frac{180}{160} = 1.125$	$\frac{216}{V_{max}} = \frac{216}{160} = 1.35$
Limite de la variation de dévers par rapport aux temps	dd/dt (mm/s)	50	60
Limite de la variation de l'insuffisance de devers	dI/dt (mm/s)	75	90

- **Calcul du rayon minimal :**

  Calcul de rayon minimale avec la formule qui dépend de l'insuffisance de dévers ;

$$R_{min} \geq \frac{11{,}8 \times V_{max}^2}{D_{max} + I_{max}} \qquad \text{D'ou } R_{min} \geq \frac{11{,}8 \times 160^2}{160+150} = \mathbf{974.45m}$$

D'où **Rmin = 1000m**

Pour une vitesse de 160 Km/h, le rayon minimal normal est de 1000 m, correspondant à un dévers max de 160 mm

- **Calcul du dévers théorique des trains rapides** (avec Vmax = 160km/h) :

$$d_{th(r)} \frac{11.8 \times V_{max}^2}{R_{min}} = \frac{11.8 \times 160^2}{1000} = \mathbf{302.08mm}$$

$$\boldsymbol{d_{th(r)} = 302.08 \approx 302mm}$$

- **Calcul du dévers théorique des trains lentes** (avec Vmin = 100 km/h) :

$$d_{th(l)} \frac{11.8 \times V_{min}^2}{R_{min}} = \frac{11.8 \times 100^2}{1000} = \mathbf{118mm}$$

- **Calcul de l'excès de dévers E** :
  E=$d_p - d_{th(l)} = 160 - 118 = 42mm < E_{max} = \mathbf{110mm}$ **condition vérifie**
- **Calcul de l'insuffisance de dévers I** :
  I = dth(r) - dp = 302- 160 = 142mm < Imax = **150 mm** **condition Vérifié.**

- **Calcul de la longueur minimale et le paramètre de raccordement progressif :**

$$\mathbf{Lmin}=\frac{d_p}{\frac{\Delta d}{\Delta l}}$$

Avec la variation de dévers en fonction de la longueur :

$$\frac{\Delta d}{\Delta l} = \mathbf{Rp} = \frac{180}{Vmax} = \frac{180}{160} = \mathbf{1.125 mm/m}$$

$$\mathbf{Lmin} = \frac{\mathbf{dp}}{\mathbf{Rp}} = \frac{\mathbf{160}}{\mathbf{1.125}} = \mathbf{142.22\ m}$$

$$\mathbf{Lmin = 142.22 \approx 150\ m.}$$

D'où on opte pour une longueur minimale de **Lmin = 150 m.**

- **Paramètre de la clothoïde A :**
  A = $\sqrt{R \times L\ adopté} = \sqrt{1000 \times 150}$ **= 387.2983m.**
  A = 387.2983
- **Variation de dévers :**
  - En fonction du temps :

$$\frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{dp \times Vmax}{3.6 \times Ladopté} = \frac{160 \times 160}{3.6 \times 150} = \mathbf{47.407 mm/S < 50\ mm/s.}$$

- En fonction de la longueur :

$$\frac{\Delta d}{\Delta l} = \frac{dp}{Ladopté} = \frac{160}{150} = \mathbf{1.066\ mm/m < 1.125 mm/m}$$

- **Variation de l'insuffisance de dévers :**

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{I \times Vmax}{3.6 \times Ladopté} = \frac{142 \times 160}{3.6 \times 150} = \mathbf{42.074 mm/s < 75 mm/s}$$

D'où $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \mathbf{42.074\ mm/s}$

IV.5 Conclusion

La géométrie du tracé de la voie est essentielle pour garantir un roulement optimal des trains, notamment à des vitesses élevées pouvant atteindre jusqu'à 160 km/h. Les calculs reposent sur les paramètres géométriques et techniques recommandés par l'UIC ainsi que les règles de la SNTF.

Chapitre V

Profil en long

V Profil en long

V.1 Introduction

Le profil en long d'une voie ferrée est une représentation graphique de l'élévation de la voie le long de son axe longitudinal. Il permet de visualiser les variations d'altitude du terrain naturel et les déclivités de la voie, ainsi que les ouvrages d'art tels que les ponts et les tunnels. Il est essentiel pour évaluer les aspects techniques et économiques du projet, notamment la quantité de déblais et de remblais nécessaires, la coordination entre le tracé en plan et le profil en long, ainsi que l'emplacement des gares et des stations. Le profil en long est composé de segments de droites raccordés par des courbes de rayon donné, et les pentes et rampes qui composent le profil en long permettent de déterminer la hauteur des ouvrages d'art nécessaires pour maintenir la voie à la bonne altitude.

V.2 Les éléments géométriques du profil en long

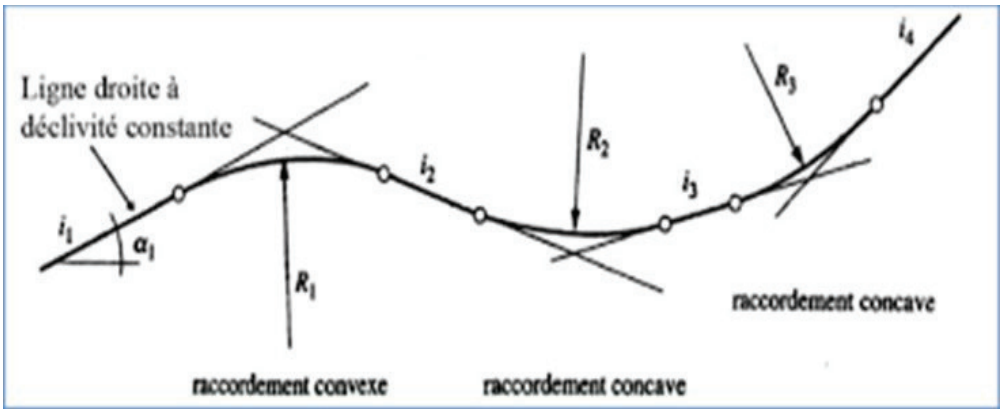


Figure V.1 Les éléments géométriques de profil en long

Les éléments géométriques du profile en long sont :

V.2.1 Les déclivités droites :

La déclivité est une mesure de l'inclinaison du profil en long de la voie ferrée par rapport à l'horizontale. Elle est calculée comme étant la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontale.

- **Pente :** déclivité négative, pour un tronçon de voie où l'altitude est décroissante dans la direction de circulation.
- **Rampe :** déclivité positive, pour une section où la hauteur augmente dans la direction de circulation.
- **Palier :** déclivité nulle, c'est la section où la hauteur est constante, typiquement présente dans les gares.

V.2.1.1 Raccordement des déclivités :

L'utilisation de courbes circulaires ou paraboliques pour connecter les pentes et les rampes est exigé car elle permet de maintenir une accélération verticale douce et uniforme, évitant ainsi toute oscillation de la suspension du véhicule et assurant un confort maximal aux passagers. Les courbes circulaires sont souvent préférées pour les vitesses de conception plus élevées, tandis que les courbes paraboliques sont davantage utilisées pour les vitesses plus basses ou

pour les raccordements plus courts. Le choix de la courbe dépend de plusieurs facteurs tels que la vitesse de conception, la géométrie de la route, les contraintes de l'environnement et les exigences de sécurité.

V.2.1.2 Les déclivités maximales

Le profil en long de la voie ferrée doit respecter des déclivités maximales pour garantir la sécurité et le confort des passagers lors des freinages en pente ou au démarrage en rampe. Selon les normes de la SNTF, la déclivité des droites ne peut pas dépasser un certain maximum.

Les déclivités maximales sont les suivantes :

- La déclivité de longueur inférieure à 3000 m ne doit pas dépasser 16‰, exceptionnellement 18‰ ;
- La déclivité de longueur comprise entre 3000 m et 15000 m diminue graduellement pour passer de 16‰ à 13‰, exceptionnellement de 18‰ à 15‰
- La déclivité de longueur supérieure à 15000 m, la déclivité ne doit pas dépasser 13‰, exceptionnellement 15‰.

Lors de l'implantation de la gare, un palier de longueur supérieure à 800m est utilisé.

Longueur minimale des éléments du profil en long

Le tableau suivant présente les valeurs de la longueur minimale des déclivités en profil, conformément à la norme SNTF chapitre "06", afin d'éviter les oscillations des véhicules :

Tableau V-1 les longueurs minimales des éléments de profile en long [5]

VALEUR MAXIMAL NORMAL	$\frac{V}{2} = \frac{160}{2} = 80$
VALEUR MAXIMAL EXCEPTIONNELLE	$\frac{V}{2.5} = \frac{160}{2.5} = 64$

V.2.2 Les cercles

Le confort et la sécurité des passagers sont primordiaux lorsqu'il s'agit de concevoir un profil en long pour une voie ferrée. Ainsi, pour éviter les oscillations des véhicules, il est important de prévoir une longueur minimale de déclivité constante. Cependant, lorsqu'il y a une succession de deux déclivités en profil en long, il est nécessaire d'utiliser un raccordement circulaire pour assurer le confort et la sécurité des passagers.

Les rayons minimaux admissibles pour les raccordements circulaires sont limités en fonction de la vitesse de circulation et de l'accélération centrifuge subie par les véhicules lors du passage sur le raccordement. Cette accélération peut être calculée à l'aide de la formule suivante :

$$Av = \frac{V^2}{3.62 \times Rv} \quad \text{.....V.1}$$

V : représente la vitesse du véhicule.

Rv : le rayon vertical de la courbe.

Pour garantir le confort des passagers, la valeur maximale de cette accélération doit être inférieure à 0,22 m/s^2 (ou Av ≤ 0,05g) pour une vitesse inférieure à 220 km/h. Dans des conditions exceptionnelles, cette valeur peut être augmentée jusqu'à 0,31 m/s^2.

En utilisant la formule :

$$Rv = \frac{V^2}{3.62 \times Av} \qquad \text{.....V.2}$$

Il est possible de déterminer la valeur du rayon vertical de la courbe pour une accélération verticale donnée :

Tableau V-2 Valeurs de Rayon vertical minimale [5]

Valeur normal	$0.35\ V^2 = 0.35\ 160^2 = 8960m$
Valeur exceptionnel	$0.25\ V^2 = 0.25\ 160^2 = 6400m$

L'application de ces formules permet de limiter l'accélération verticale subie par les voyageurs à respectivement 0,22 et 0,31 m/s^2

V.3 Règles à respecter dans le tracé du profil en long

La norme SNTF établit des règles et des recommandations à suivre pour élaborer un profil en long conforme, assurant ainsi la stabilité, la sécurité, le confort et l'évacuation des eaux. Parmi ces règles figurent les suivantes :

- Respecter les valeurs géométriques (rayons et déclivités) préconisées par les règlements.
- Rechercher un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des déblais.
- Dans les zones inondables, il est obligatoire de passer avec un profil en remblais dont la hauteur est supérieure à NPHE + 0.5m.
- Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Eviter les hauteurs excessives des remblais.
- Un profil en long en léger remblai est préférable qu'un profil en long en léger déblai qui complique l'évacuation des eaux et isole la voie ferrée du paysage.
- Assurer un bon écoulement des eaux. On place les zones des dévers nuls en tracé en plan avec une pente en profil en long.
- Suivre le terrain en léger remblai, en évitant les dunes.
- Adapter la ligne rouge au terrain naturel pour minimiser les travaux de terrassement.
- Eviter la coïncidence entre les rayons en profil en long et les rayons en tracé en plan ; assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- Concevoir un tracé en plan et un profil en long collant au terrain naturel, ce qui permet de réduire fortement les risques d'ensablement.
- Remplacer plusieurs lignes brisées par un cercle unique.

V.4 Conclusion

L'étude géométrique du tracé de la voie est essentielle pour garantir un roulement optimal des trains, notamment pour ceux atteignant des vitesses élevées telles que 160 km/h. Cette étude repose sur les paramètres géométriques et techniques recommandés par l'UIC et les règles de la SNTF.

Chapitre VI

Etude hydrologique et hydraulique

VI Etude hydrologique et hydraulique

VI.1 Introduction

L'eau peut avoir des effets néfastes sur le projet, car elle menace l'intégrité de la voie ferrée. Le tracé ferroviaire prévu perturbe les flux d'eau naturels, il est donc essentiel de ne pas les bloquer et de les diriger vers un exutoire situé en dehors de l'emprise de la voie.

Avant de concevoir le profil en long, il est nécessaire d'étudier la restauration des flux d'eau. Cela implique une étude hydraulique approfondie et la conception d'ouvrages hydrauliques appropriés. Cette étude nécessite des connaissances spécifiques sur l'hydraulique de la région.

Le dimensionnement des ouvrages hydrauliques repose sur les critères suivants :

- Préserver la géométrie naturelle des cours d'eau en évitant de la modifier.
- Gérer efficacement les eaux de ruissellement pour limiter les problèmes d'érosion sur les talus.
- Protéger la voie ferrée contre les crues centennales.

VI.2 Les objectifs de l'étude hydrologique

Les études hydrologiques pour la ligne projetée dans le cadre de cette étude d'avant-projet détaillé (APD) ont pour objectif :

- Réaliser une étude climatologique afin d'établir une base pour le calcul hydrologique ultérieur dans la zone du projet.
- Identifier les bassins versants traversés par le tracé ferroviaire et délimiter leur étendue.
- Calculer le débit maximal des crues pour différentes périodes de retour.
- Assurer une évacuation rapide des eaux pluviales.
- Dimensionner et déterminer l'emplacement des ouvrages de drainage transversaux et longitudinaux nécessaires pour gérer les débits calculés le long de l'ensemble du tracé.

VI.3 Présentation générale

VI.3.1 Situation géographique de la zone d'étude

Les bassins versants hydrologiques interceptés appartiennent aux Bassin versant du CHELLIF

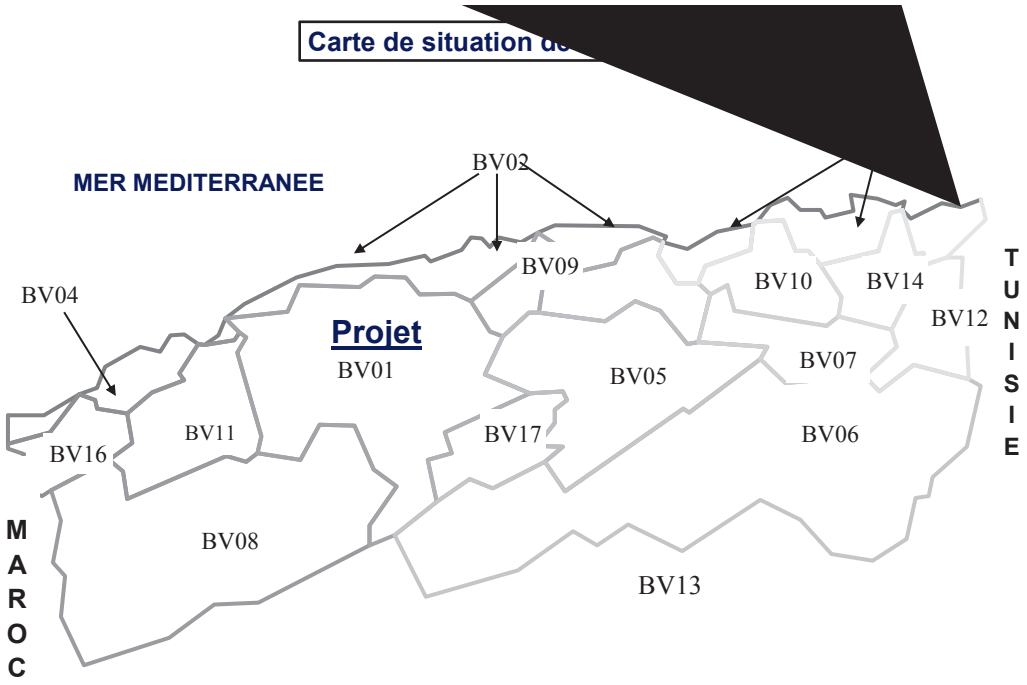


Figure VI.1 carte de situation de la région d'étude

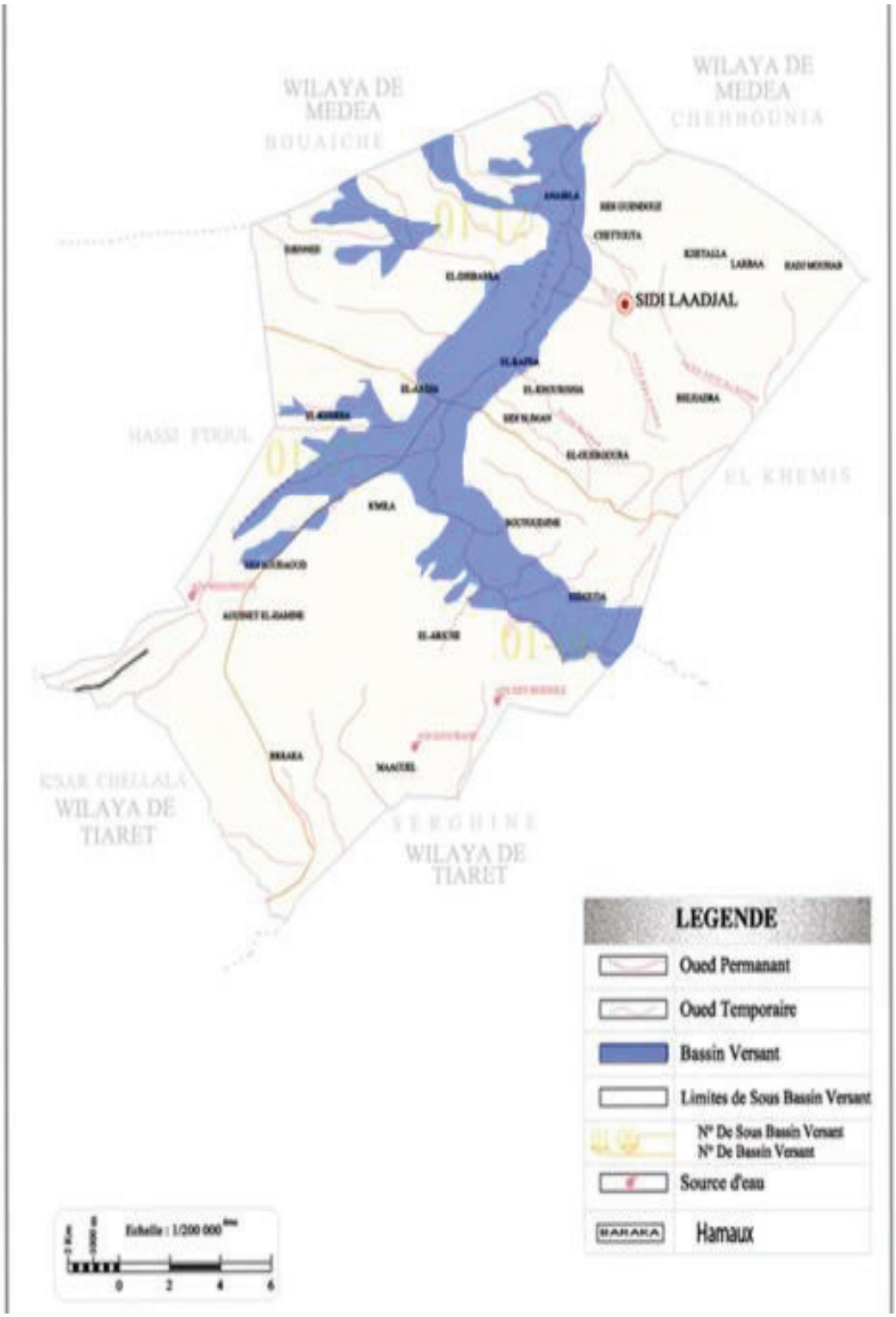


Figure VI.2 Carte hydrogéologique de la daïra de SIDI LADJEL

La zone d'étude se situe au Sud-est de l'Algérie, et fait partie du bassin versant du CHELLIF codé (01) d'après le classement de l'ANRH

VI.3.2 Précipitations journalières

Les fortes précipitations journalières sont sources de crues à débits importants. Il est important de prendre en compte ces pluies rares et de les utiliser pour dimensionner les ouvrages hydrauliques.

Nous avons travaillé sur la station la plus proches et représentative du tracé à savoir celle de KSAR CHLALA. Les pluies annuelles pour des fréquences humides et sèches de la région d'étude, sont présentés sur le tableau si dessous

Tableau VI-1 Les pluies journaliere (en mm)

Période de retour	Fréquence	Ksar Chellala
10ans	0,9	36,4
20ans	0,95	46,2
50ans	0,98	58,8
100ans	0,99	68,3

VI.3.3 Climat

- Cette région se caractérise par un climat méditerranéen semi-aride avec des températures élevées en été et des hivers relativement froids avec parfois des averses très importantes qui peuvent conduire à des catastrophes naturelles.
- La température moyenne annuelle de la zone est d'environ 18°C.
- Les températures maximales en été peuvent atteindre 40°C, tandis que les températures minimales en hiver peuvent descendre jusqu'à 0°C.
- Les précipitations annuelles moyennes dans notre région de d'etude sont d'environ 300 mm, avec une saison des pluies qui s'étend de novembre à mars.
- Les vents dominants dans la région des vents de direction nord-ouest, nord et nord-est.

Tableau VI-2 Caractéristiques climatiques de la station de Ksar Chellala

KW	b	$Pj_{max\,(10)}$	a (10)	$Pj_{max\,(100)}$	a (100)
1.14	0.75	36.4	18.7	68.3	35.2

VI.4 Les Caractéristiques morphologiques des bassins versants

La détermination des caractéristiques des bassins versants est essentielle pour évaluer les débits de crues et prévoir les aménagements hydrauliques nécessaires pour protéger la voie ferrée. Pour ce faire, il est important de délimiter les lignes de partage des eaux à partir des cartes d'état-major ou bien à l'aide des différents logiciels tel que GLOBEL MAPPER / GOOGEL EARTH

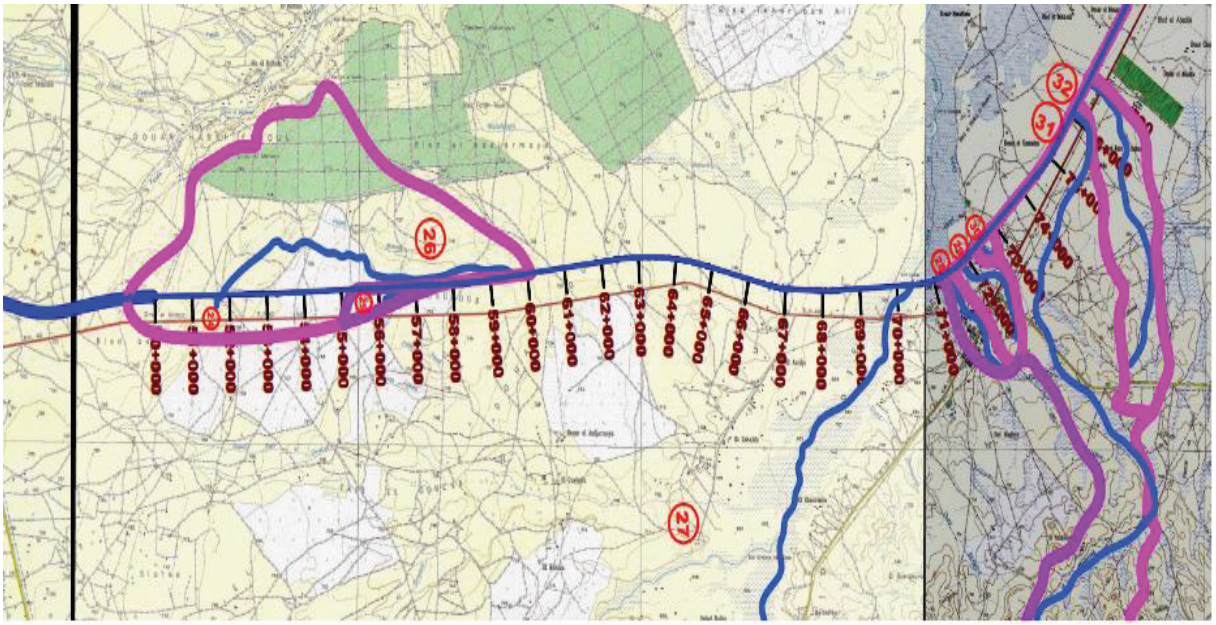


Figure VI.3 Délimitation des bassins versants

En ce qui concerne les Oueds traversant la nouvelle voie ferrée, les caractéristiques des paramètres des bassins versants sont données dans un tableau récapitulatif comprenant des données telles que :

- **La surface(A)** : c'est l'air de réception des précipitations et d'alimentation des cours d'eau.
- **La longueur de talweg principale L** : c'est la longueur de cours d'eau principale de bassin versant.
- **L'altitude maximale (Hmax)** : elle représente la hauteur du point le plus élevé du bassin versant.
- **L'altitude de la section intéressée** : elle représente la hauteur du point d'intersection entre le talweg principal et le tracé.

- **Altitude moyen(m)** : $Hmax+Hmin/2$ **VI.1**

- **Hauteur(m)** Δh =Hmax-Hmin **VI.2**

- **Pente moyenne (m/m)** P=$Hmax-Hmin$/L **VI.3**

▪ **Le coefficient de ruissellement (cr)**:

C'est le pourcentage des eaux écoulés sur la terre saturé de pluie par rapport à la quantité totale des eaux courantes.

▪**Kc Indice de compacité.**

Tableau VI-3Tableau récapitulatif des caractéristiques des bassins versants

BV	Pk	Surface (km^2)	Périmètre (km)	L (km)	Kc	H_{max}	H_{min}	H_{moy}	Δh	P(%)	cr
1	60+350	29,19	27,65	8,07	1,43	791	726	758,5	65	0,01	0,40
2	71+350	1,433	6,17	2,492	1,44	722	682	702	40	1,61	0,23
3	71+600	2,064	6,391	2,555	1,25	722	682	702	40	1,57	0,23
4	72+350	0,275	2,163	0,304	1,15	692	682	687	10	3,29	0,23

VI.5 Calcul hydraulique

VI.5.1 Le temps de concentration

Le temps de concentration est une mesure clé dans l'évaluation des débits de crues et la planification des aménagements hydrauliques pour protéger la voie ferrée. Il correspond au temps nécessaire pour qu'une goutte d'eau non évaporée et non infiltrée parcourt la distance du sommet du bassin versant jusqu'à l'exutoire.

Pour calculer les temps de concentration des bassins versants, trois formules sont généralement utilisées. Le choix de la formule dépend de la superficie du bassin versant. Ces formules sont les suivantes :

- Formule de Ventura : utilisée pour les bassins versants de petite superficie (moins de 5 km²).[7]

$$Tc=0.127\sqrt{\frac{S}{P}} \quad \text{.....VI.4}$$

- Formule de Passini : utilisée pour les bassins versants de superficie moyenne (entre 5 et 25 km²).[7]

$$Tc = 0.11\sqrt[3]{\frac{S\times L}{P}} \quad \text{.....VI.5}$$

- Formule de Giandotti : utilisée pour les bassins versants de grande superficie (entre 25 et 200 km²).[7]

$$Tc = \frac{4\sqrt{S}+1.5L}{0.8\sqrt{H}} \quad \text{..... ....VI.6}$$

Le temps de concentration est un paramètre important dans la modélisation hydrologique des bassins versants et permet de mieux comprendre le comportement des cours d'eau en cas de crue. Il est donc essentiel de bien le calculer en fonction de la superficie du bassin versant

pour garantir la précision des prévisions de débits de crues et planifier les mesures de protection nécessaires pour la voie ferrée.

VI.5.2 Calcul de l'intensité de pluie :

$$I = \frac{P(t)}{Tc} \text{ [7]} \qquad \text{.....V.7}$$

- I: Intensité de la pluie (mm/h).
- Tc : Temps de concentration(h)
- P(t): Hauteur de la pluie de durée Tc, (mm).

VI.5.3 Coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement est un paramètre clé dans l'évaluation des débits de crues et la planification des aménagements hydrauliques pour protéger la voie ferrée. Il représente la proportion des précipitations qui s'écoule à la surface du bassin versant et alimente les cours d'eau.

Pour estimer le coefficient de ruissellement, la méthode préconisée de Kenessey est souvent utilisée. Cette méthode repose sur la somme de trois coefficients partiels :

Le coefficient de ruissellement de base (C1) : qui représente la proportion de la pluie qui s'infiltre dans le sol et ne contribue pas au ruissellement de surface.

Le coefficient de ruissellement de surface (C2) : qui représente la proportion de la pluie qui ruisselle à la surface du bassin versant sans s'infiltrer dans le sol.

Le coefficient de ruissellement intermédiaire (C3) : qui représente la proportion de la pluie qui s'infiltre dans le sol puis ressort plus tard sous forme de ruissellement de surface.

Tableau VI-4 Les valeurs de coefficients de ruissellements en fonction la pente/nature de sol /couverture végétal [7]

Coefficient partiel C1	**Pente**	**Valeur**		
	≤ 3.5%	0.01	0.03	0.05
	Entre 3.5% et 11%	0.06	0.08	0.10
	Entre 11% et 35%	0.12	0.16	0.20
	< 35%	0.22	0.26	0.30
Coefficient partiel C2	**Nature de sol**	**Valeur**		
	Imperméable	0.22	0.26	0.30
	Peu perméable	0,10	0,15	0,20
	Perméable	0,06	0,08	0,10

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

- Le coefficient de ruissellement global (Cr) est alors obtenu en sommant ces trois coefficients partiels :

$$Cr = C1 + C2 + C3 \text{ [7]} \qquad \text{.....VI.8}$$

VI.5.4 Calcul des débits maximaux dans les bassins :

Il existe de nombreuses formules empiriques qui peuvent être utilisées pour estimer les débits maximaux dans les bassins versants aux sites de franchissement. Ces formules prennent en compte à la fois les précipitations et les caractéristiques physiques des bassins versants. Il est important de noter que ces méthodes ne fournissent qu'une estimation relative de la taille de la crue et non une prédiction exacte.[7]

VI.5.4.1 Méthode rationnelle

Le calcul du débit de crue pour les bassins versants de superficie inférieure à 5 km² utilise la méthode rationnelle, qui se présente sous la forme suivante :

$$Q = 0{,}278 \times C \times i \times S \qquad \text{.....VI.9}$$

Q : représente le débit de crue de fréquence déterminée en mètres cubes par seconde (m3/s),

C : est le coefficient de ruissellement,

S : est la surface du bassin versant en kilomètres carrés (km²)

i : est l'intensité de pluie de fréquence déterminée pour le temps de concentration en millimètres par heure (mm/h).

La valeur de i est calculée à partir de la formule i = P(t) / tc, où (P(t) est la hauteur de pluie cumulée pour une période de temps donnée t et tc est le temps de concentration en heures).[7]

VI.5.4.2 Formule mollet-Gauthier

Le calcul du débit pour les bassins versants de superficie supérieur à 20 km^2

$$Q_T = 2 \cdot K \cdot \log(1 + a \cdot h) \cdot \frac{A}{\sqrt{L}} \cdot \sqrt{1 + 4 \cdot \log T - \log A} \qquad \text{.....VI.10}$$

QT= débit en m^3/s

h=hauteur moyenne annuelle de pluie en m

A=superficie de B.V en km^2

L= longueur de drain principal en km

T=période de retour

K=coefficient de ruissellement (k=2) en Algérie

a=coefficient variant de 20 a 30 (a=20) en Algérie

VI.5.4.3 Formule turaza

$$Q = C.H.A/3.6.TC \quad \text{.....VI.11}$$

Q =Débit maximal de la crue de fréquence f en m^3/s

C =Coefficient d'écoulement

H= Hauteur totale maximale des précipitations correspondant au Tc pour une fréquence f donnée

en mm/h

S =Surface de B.V en km2

TC =Temps de concentration en heures

VI.6 Exemple de calcul :

a) Bassin versant 2

- **Calcul de Tc**

La surface de bassin versant 2 égale a 1.433 km^2<5 km^2donc pour le calcul de temp de concentration on utilise **la formule de Ventura :**

Tc = 0.127× $\sqrt{\frac{S}{P}}$=0.127× $\sqrt{\frac{1.433}{0.0161}}$ = 1.198157≈**1.2 heures**

- **Calcul de l'intensité de pluie I**

I= $\frac{\mathbf{a(t)}}{\mathbf{T}^b}$

I_{10}= $\frac{\mathbf{a(10)}}{T^b}$ (a(10) = 18.7 et b = 0.75) selon le tableau x)

I_{10}= $\frac{18.7}{1.2^{0.75}} = \mathbf{16.31\ mm/h}$

I_{100}= $\frac{\mathbf{a(100)}}{T^b}$ (a(100) = 35.2 et b = 0.75) selon le tableau x)

I_{100}= $\frac{35.2}{1.2^{0.75}} = \mathbf{30.70\ mm/h}$

- **Calcul de débit de projet par la Méthode rationnelle**

Q = 0,278 x C x i x S

Q_{10} = 0,278 x 0.23 x 16.31 x 1.433 = **1.494 M^3/S**

Q_{100} = 0,278 x 0.23 x 30.70 x 1.433 = **2.813 M^3/S**

b) Bassin versant 1

- **Calcule de Tc**

La surface de bassin versant 1 égale a 25 km^2 < 29.19 km^2 <100 km^2donc pour le calcul de temp de concentration on utilise **la formule de Giandotti :**

Tc = $\frac{4\sqrt{S}+1.5L}{0.8\sqrt{H}}$ ou (H = $H_{moy_}H_{min}$ = 758.5 − 726 = 32.5 m)

Tc = $\frac{4\sqrt{29.19}+1.5\times 8.07}{0.8\sqrt{32.5}}$ = **7.392 heures**

- **Calcul de l'intensité de pluie I**

$$I=\frac{a(t)}{T^b}$$

I_{10}= $\frac{a(10)}{T^b}$ (a(10) = 18.7 et b = 0.75) selon le tableau x)

I_{10}= $\frac{18.7}{7.39^{0.75}}$ = **4.17 mm/h**

I_{100}= $\frac{a(100)}{T^b}$ (a(100) = 35.2 et b = 0.75) selon le tableau x)

I_{100}= $\frac{35.2}{7.39^{0.75}}$ = **7.853 mm/h**

- **Calcul de débit de projet**

1. **Méthode rationnelle**

Q = 0,278 x C x i x S

Q_{100} = 0,278 x 0.40 x7.853 x 29.19= **25.4902 m³/s**

2. **Méthode Mollet-gauthier**

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

$$Q_{100} = 2.2.log(1+20.0.05804).\frac{29.19}{\sqrt{8.07}}.\sqrt{1+4.log100-log29.19}$$

=37.75m³/s

3. **Methode turaza**

$$Q=\frac{C.H.A}{3.6.TC}$$

$$Q_{100}=\frac{0.40.68,3.29.19}{3,6.7,932}=30.22\ m^3/s$$

Tableau VI-5 résultats de l'intensité de pluie

BV	Pk	S (KM^2)	L (KM^2)	C	P	TC			It(mm /h)	
						Ventura	Passini	Giandotti	10	100
1	60+350	29,19	8,07	0,40		-	-	7.39	4.17	7.853
2	71+350	1,433	2,492	0,23	1.61	1.2	-	-	16.31	30.70
3	71+600	2,064	2,555	0,23	1.57	1.5	-	-	13.79	25.97
4	72+350	0,275	0,304	0,23	3.29	0.37	-	-	39.41	74.197

Tableau VI-6 résultats de débit

BV	S (KM^2)	Formule RATIONNELLE		Formule de Mollet-gauthier	Formule de Turaza	DEBIT RETENU M^3/S	
		10	100	100	100	10	100
1	29,19	7 .783	25.4902	37.75	30.22	7.783	27.855
2	1,433	1.4944	2.813	-	-	1.4944	2.813
3	2,064	1.8198	3.4273	-	-	1.8198	3.427
4	0,275	0.6929	1.304	-	-	0.6929	1.304

VI.7 Ouvrage hydraulique :

Les ouvrages hydrauliques sont des éléments essentiels pour assurer la circulation des eaux de ruissellement le long ou à travers les chemins de fer. Ils sont conçus pour permettre l'écoulement des eaux tout en maintenant la stabilité et la sécurité du chemin de fer.

Il existe deux types d'ouvrages d'assainissement : les ouvrages transversaux et longitudinaux.

- Les ouvrages transversaux, tels que les buses, les dalots ou les ponts ferroviaires, sont destinés à permettre aux eaux de traverser le chemin de fer.
- Les ouvrages longitudinaux, tels que les fossés, sont conçus pour recueillir et évacuer les eaux de ruissellement le long du chemin de fer.

VI.7.1 Critères de dimensionnement à respecter

Pour le dimensionnement des différents ouvrages les critères suivants ont été tenus en compte :

- La vitesse d'écoulement ne doit pas excéder 4 m/s pour les ouvrages en béton.[8]
- La hauteur d'eau correspondante à ce débit ne doit pas dépasser 75 % de la hauteur de l'ouvrage. [8]
- Les conditions d'auto curage consistent à vérifier les vitesses d'écoulement pour les taux de remplissages de 1% et 10% des débits, afin d'assurer la durabilité des ouvrages (en vue de l'érosion des parois et la stagnation des eaux) :[8]

  - **o** Condition N°1 : pour Qa /Qps=0.1 il faut V écoulement >0.6 m/s.
  - **o** Condition N°2 : pour Qa /Qps=0.01 il faut V écoulement >0.3 m/s.

Remarque

Pour notre cas on a utilisé des débits centennaux au lieu des débits de crue cinquantennales dans le dimensionnement des buses et des dalots par maque de données.

VI.7.2 Application au projet

❖ **Méthode de MANNING STRICKLER pour le dimensionnement des dalots**

Les écoulements superficiels interceptés par l'infrastructure ferroviaire seront rétablis par la mise en place d'ouvrages hydrauliques adaptés et réalisés dans les règles de l'art. Ces ouvrages seront dimensionnés pour un événement pluvieux d'occurrence centennale. Le calcul de débit de saturation est déterminé par la formule de MANNING-STRICKLER

$$Qs = Ks * Sm * Rh^{(2/3)} * I^{(1/2)} \quad \text{.....VI.12}$$

Qs : Débit de saturation de l'ouvrage (m/s).
Sm : section mouillée (m²)
Rh : Rayon hydraulique (m) avec $Rh = \frac{Sm}{Pm} = \frac{\text{Sectionmouillée}}{\text{Périmètremouillé}}$ VI.13

I : Pente de pose de l'ouvrage qui vérifie la condition de limitation de la vitesse maximale d'écoulement à 4m /s.

Ks : Coefficient de rugosité Strickler qui dépend de la nature des parois internes del'ouvrage Les valeurs du coefficient Ks sont organisées dans le tableau :

Tableau VI-7 Les valeurs du coefficient KS

Ks	Valeur
Terre	30
Buse métallique	40
Maçonnerie	50
Béton(Dalot)	70

Béton (Buse préfabriqué)	80

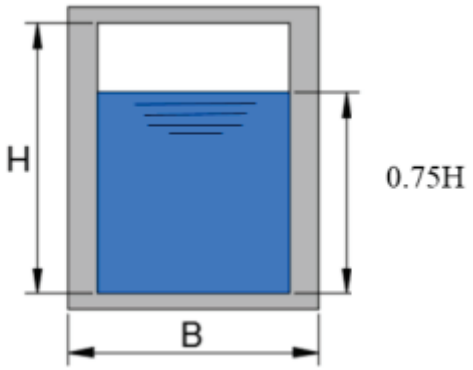


Figure VI.4 Les dimensions de dalot

Hr = 0.75H hauteur de remplissage

Périmètre mouillé : Pm = 2×0.75×h+b
Section mouillée : Sm = 0.75×h×b
Rayon hydraulique : Rh = $\frac{0.75\times h\times b}{2\times 0.75\times h+b}$ Alors Q=K x (0.75×h×L) x ($\frac{0.75\times h\times b}{2\times 0.75\times h+b}$) 2/3 x $I^{\frac{1}{2}}$

- On prend l'écoulement au Pk **60+350** qui corresponde à BV 01, dont le débit $\mathbf{Q_{100}}$ = **27.885m³/s.**

Soit deux dalots de $(2 \times 2.5 \times 2.5)m$

• B : La largeur de dalot, B=2m

• la hauteur de remplissage hr = 0.75H, hr =0.75×2.5 = 1.875m

• Coefficient de rugosité Strickler Ks= 70dans notre projet, les dalots sont en béton.

• La pente de l'ouvrage est la pente de pose qui vérifie la condition de limitation de la vitesse maximale d'écoulement à 4m/s.

Pour la vérification de ce dalot on varie la pente de pose de l'ouvrage jusqu'à ce qu'on trouve Qs supérieur ou égal au débit calculé en utilisant la formule de Manning-Strickler tout en prenant en considération les conditions d'auto curage ; donc la résolution de cette équation se fait par le calcul suivant :

- Sm = 9.375 m^2
- Pm=17.5m^2
- Une pente de I = 0.5 %.
- Dalot en béton : Kst = 70.

$$Qs = KS\ \sqrt{I}\ \ [Rh)^{(2/3)}Sm = 70 \times \sqrt{0.005} \times 0.53^{(2/3)} \times 9.375$$

= 30.60m3/s > Q100 = 27.885m3/s.

❖ **Dimensionnement d'une buse**

Ouvrages de sections circulaires, disposés sous le tracé, identifiés par le diamètre Ø

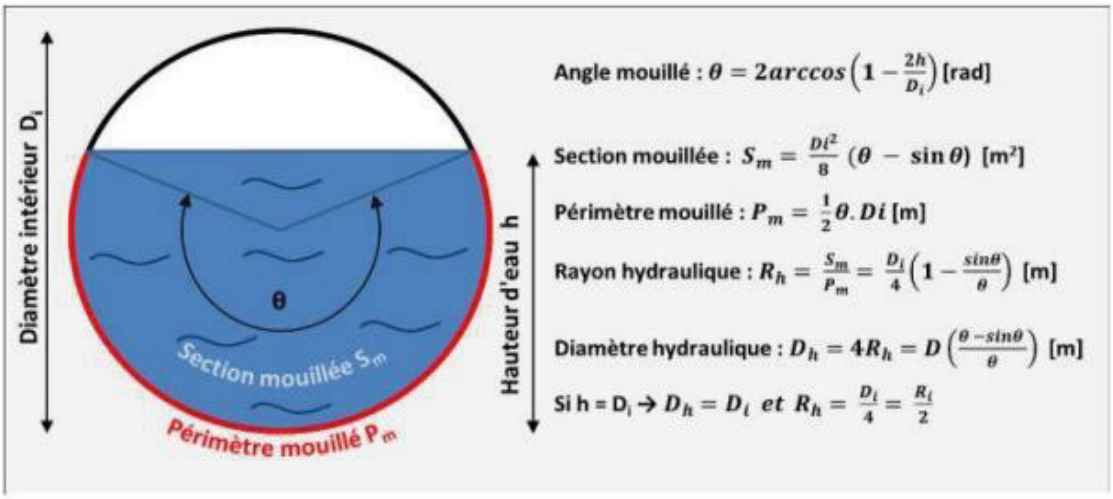


Figure VI.5 La section transversale d'une buse

Soit l'écoulement au Pk71+600, le débit de transit est Q100= 3.427 m^3/s, l'ouvrage choisit est une buse de Ø1500

Avec

- Ø : le diamètre de la buse = 1.5m.
- Ks= 80 (Buse préfabriqué en béton).
- hr= 0.75×1.5=1.13m.
- θ=4.19rad.
- Sm =1.42m².
- Pm= 3.14m.
- Rh= 0.45m
- Soit I=0.005.

D'où $Qs = 80\times 1.42 \times 0.45^{(2/3)} \times 0.005^{0.5} = \mathbf{4.71 m^3/s}$

$Qs > Q100 = 3.427\ m^3/s.$

$$\boxed{Qps = ksxSx(S/P)^{(2/3)}\ x\sqrt{I}} \quad \text{.....VI.14}$$

Avec :

Qps : débit plain section (m^3/s)

S : section complète (m^2)

P : périmètre (m)

Tableau VI-8 Liste globale des ouvrages à projeter

BV	Pk	Débit (Q_{100})	Ouvrage projeté		Pente I (%)	Su	pu	Rh	Qs	QPS
			Buse	dallot						
			Dimensions ∅	Dimensions (b× h)						
1	60+350	27.855m3/s	_	2× (2 × 2)	1	6	10	0.6	30.66	45.22
2	71+350	2.813 m3/s	1500	_	0.5	1.42	3.14	0.45	4.71	5.13
3	71+600	3.427m3/s	1500	_	0.5	1.42	3.14	0.45	4.71	5.13
4	72+350	1.304 m3/s	1200	_	0.5	0.91	2.51	0.36	2.60	2.86

VI.7.3 Vérification des conditions d'auto curage

- V= Qs/Sm <4m/s
- Vps= Qps/S la vitesse en plain sections <4m/s
- Pour **Qa**/**Qps** =0.1, V/Vps=0.64, V=Vps×0.64
- Pour **Qa**/**Qps** =0.01, V/Vps=0.32, V=Vps×0.32

Tableau VI-9 la vérification des condition d'auto curage de notre projet

Vérification de vitesse pour $Q/Q_{ps} = 0.1$			
BV	VPS< $4m/s$	V< $4m/s$	Vérification (V>0.6m/s)
BV1	3.61	2.31	vérifier
BV2	3.31	2.11	vérifier
BV3	3.31	2.11	vérifier
BV4	2.85	1.82	vérifier
Vérification de vitesse pour $Q/Q_{ps} = 0.01$			
BV	VPS	V	Vérification (V>0.3m/s)

BV1	**3.61**	**1.15**	**vérifier**
BV2	**3.31**	**1.06**	**vérifier**
BV3	**3.31**	**1.06**	**vérifier**
BV4	**2.85**	**0.91**	**vérifier**

VI.8 Les ouvrages longitudinaux

Les ouvrages longitudinaux sont conçus pour collecter et évacuer les eaux de pluie qui s'écoulent sur les talus et la plateforme ferroviaire, ainsi que les eaux internes provenant des infiltrations dans les structures d'assise ou de la nappe phréatique. Leur but est de garantir la durabilité de la voie. Pour dimensionner ces ouvrages, il est nécessaire de respecter certains principes :

- L'utilisation d'un fossé à section trapézoïdale dans les zones de déblai, situé au niveau des accotements de la plate-forme.
- L'écoulement des eaux de drainage longitudinal doit toujours se faire par gravité.
- Dans les zones de déblai de grande hauteur, des fossés de crête doivent être utilisés pour éviter l'érosion des talus et l'accès des eaux de surface à la plate-forme, en raison de l'inclinaison du terrain adjacent.
- Lorsqu'un ouvrage d'assainissement déverse des débits dans un endroit 0. Où l'érosion du terrain par l'action des eaux est constatée, ce lieu doit être protégé par un dissipateur d'énergie.

Dimensionnement des fosses :

La conception des fossés doit prendre en compte les caractéristiques spécifiques du projet, notamment les contraintes géométriques, hydrologiques et environnementales, pour garantir leur efficacité dans des conditions hydrologiques extrêmes. Pour ce faire, on utilise la formule de Manning Strickler pour calculer le débit de saturation de chaque type de fossé.

On va calculé le débit avec la formule de Manning Strickler :

$$\mathbf{Qs} = Ks \times Sm \times Rh^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \quad \text{.....VI.15}$$

Avec :

La surface mouillée : $Sm=(b+z.h).h$; (z : la pente du talus z =1/n) VI.16

Le périmètre mouillé : $Pm = b + 2h\sqrt{1 + z}$ VI.17

Le rayon hydraulique : $Rh = \frac{Sm}{Pm}$ **…….VI.18**

Le choix du type de fossé à utiliser dépend du débit à évacuer, qui est déterminé en prenant en compte les débits générés par la plate-forme, les bermes et les talus. Dans le cas où la hauteur des déblais et des remblais est inférieure à 8 mètres, il n'y aura pas de bermes et le débit sera calculé en se basant uniquement sur la plate-forme et les talus, soit

$$Qapport = Qpf + Qt. \quad \text{.....VI.19}$$

Les débits sont calculés en utilisant la méthode rationnelle dans le cas le plus défavorable, avec un retour périodique de 50 ans. Le débit maximal ainsi déterminé est ensuite utilisé pour dimensionner les fossés de manière à garantir leur capacité à évacuer l'eau dans des conditions hydrologiques extrêmes.

Remarque

Le temps de concentration du bassin versant considérer est calculé à l'aide de la formule de Ventura

Tableau VI-10 débit apport cas remblai/déblai

		Cas remblais Le cas le plus defavorable : Longueur :5010.31 m Hmax : 8.7 m	Cas deblais Le cas le plus defavorable : Longueur :590.23m Hmax : 2 m
Plateforme	**Cr**	**0.7**	**0.7**
	P	**0.04**	**0.04**
	Tc	**0.117**	**0.04**
	I	**112.86**	**209.07**
	A	**0.0341**	**0.00401**
	Qpf	**0.749**	**0.163**
Talus	**Cr**	**0.5**	**0.5**
	P	**1/2**	**2/3**
	Tc	**0.033**	**0.00654**
	I	**241.52**	**591.345**
	A	**0.0872**	**0.001770**
	Qt	**2.93**	**0.145**
Total	**Qa**	**3,68**	**0.308**

Les hypothèses suivantes ont été émises pour le dimensionnement :

- Coefficient de rugosité Strickler Ks = 70 (correspondant à des fossés en béton).
- Pente - La déclivité longitudinale des fossés en zone de déblai est identique au gradient du profil en long de la voie.
- Forme de construction - Profil trapézoïdal avec déclivité du talus 2:3.

Cas de remblais

Qa = 3.68 m^3/s , On prend :

- Ks = 70.
- P = 0.0037 m/m, représente la pente de la ligne rouge sur le profil en long.

- b = 50 cm.

Avec le calcul itératif on trouve les dimensions suivantes : h = 50 cm avec z = 1.5

Pour l'intégralité du tracé on opte pour un seul type de fossé suivant :

- Fossé trapézoïdal (b=0.5m, h=0.5 m) en béton armé.

Tableau VI-11 Tableau récapitulatif des caractéristiques de faussé

B	H	z	Sm	Pm	Rh	Ks	I	Q
0.5	**0.5**	**1.5**	**0.625**	**2.08**	**0.3**	**70**	**0.037**	**3.77**

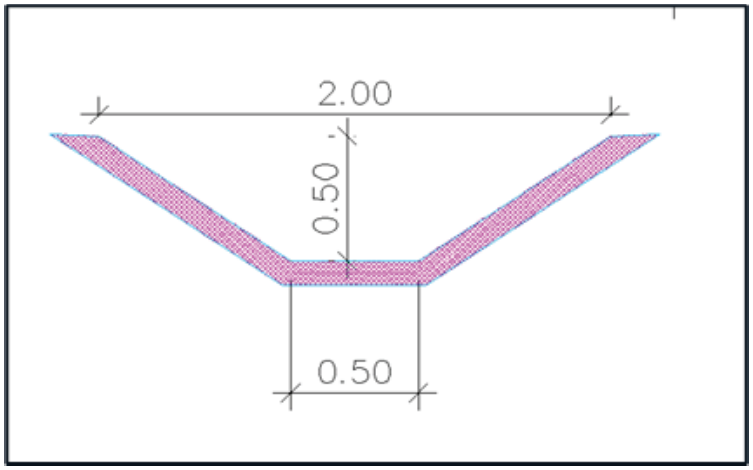


Figure VI.6 Le fossé adopté pour la gare

VI.9 Conclusion

Dans un projet linaire tel qu'une ligne ferroviaire, l'étude hydrologique et hydraulique est primordiale et obligatoire, elle permet d'assurer la pérennité de la voie. D'après l'étude précédente présentée dans ce chapitre avec les spécifications de la région on obtient les ouvrages de drainages longitudinaux et transversaux à réaliser le long de la ligne

- Un dalot de (2.5 ×2.5) avec deux cellules

- Trois buses deux (Ø =1500) et une (Ø =1200).

- Fossé de forme trapézoïdal (b=0.5m, h=0.5 m) en béton armé.

Chapitre VII

Etude géologique et géotechnique

VII Etude géologique et géotechnique

VII.1 L'étude géologiques

VII.1.1 Introductions :

L'objectif de l'étude géologique est de prévenir tous les risques naturels pouvant déstabiliser l'ouvrage, tels que la chute de blocs, les glissements de terrain, les inondations, la sismicité, les phénomènes de retrait-gonflement des argiles, la remontée de la nappe phréatique ou encore le tassement de sol compressible. Une grande partie de ce travail se concentre sur l'interaction entre le sol de fondation et la structure, afin de garantir la stabilité de l'ouvrage. L'étude doit se conclure par le dimensionnement d'ouvrages assurant une résistance optimale aux différents aléas géologiques identifiés.

VII.1.2 La géologie de l'Algérie

L'Algérie est un pays riche en ressources géologiques très variée, allant des montagnes du nord, en passant par les plaines du centre et les vastes étendues désertiques du sud.

La région est le résultat d'une histoire géologique complexe, marquée par des événements tectoniques majeurs et des changements climatiques qui ont influencé l'évolution de la terre au fil du temps.

Le nord de l'Algérie est caractérisé par les montagnes de l'Atlas, qui s'étendent sur plus de

2 500 km, de la Tunisie à la côte atlantique du Maroc. Ces montagnes sont le résultat de mouvements tectoniques qui ont commencé il y a plus de 60 millions d'années. La chaîne de montagnes est constituée de plusieurs formations géologiques différentes, notamment des roches métamorphiques, sédimentaires et volcaniques. Cette région est également riche en minéraux, tels que l'or, l'argent, le cuivre, le plomb, le zinc et le fer.

Les plaines du **centre de l'Algérie** sont une vaste étendue plate qui s'étend sur environ 1 200 km. La région est caractérisée par des dépôts sédimentaires qui se sont accumulés au fil du temps, formant des couches de roches sédimentaires, comme le grès, le calcaire et le gypse. Cette région est également riche en hydrocarbures, notamment en gaz naturel et en pétrole, qui sont extraits de gisements souterrains.

Le **sud de l'Algérie** est dominé par le désert du Sahara, qui couvre environ 80% du territoire national. Cette région est caractérisée par des formations géologiques telles que des roches sédimentaires, des dépôts de sel, des dunes de sable et des roches volcaniques. Les formations géologiques du sud de l'Algérie ont été formées au fil du temps par des processus tectoniques et climatiques. Cette région est également riche en minéraux, notamment en phosphate, en uranium, en cuivre et en plomb.

En résumé, la géologie de l'Algérie est complexe et variée, offrant une richesse géologique qui a attiré l'attention des géologues et des scientifiques du monde entier. Les montagnes de l'Atlas, les plaines du centre et le désert du Sahara offrent une variété de formations géologiques, de minéraux et d'hydrocarbures qui ont joué un rôle important dans l'histoire et l'économie du pays.[9]

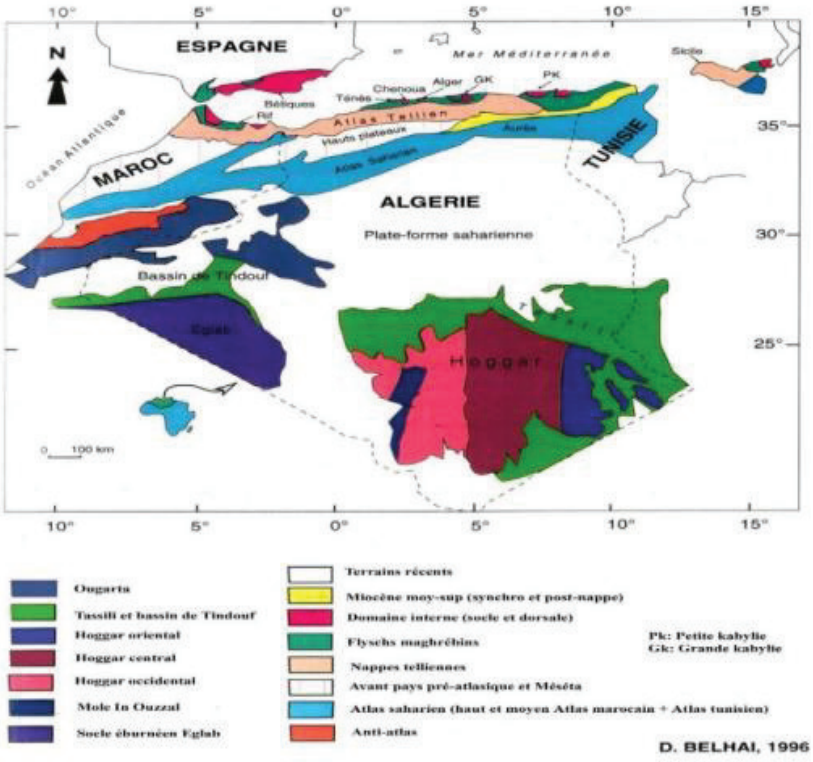


Figure VII.1 Les chaines montagneuses en Algérie

VII.1.3 Contexte géologique du site de projet

Le tronçon routier HASSI FEDOUL-SIDI LADJEL , situé en Algérie exactement la willaya de DJELFA , s'étend sur une distance de 18,7 km, du PK 55+000 au PK 73+700. Le contexte géologique de cette zone est résumé comme suite :

Le quaternaire imprègne toute la zone d'étude sous forme de croûte calcaire, d'alluviaux, d'argiles et des galets calcaires. La partie extrême sud quant à elle est marqué par lejurassico-crétacé et présentant les mêmes caractères des reliefs atlasiques. La lithologie de la majeure partie de cette unité est marquée par l'abondance des terrains continentaux qui assurent le remplissage de cette zone déprimée. L'épaisseur de ces formations, essentiellement continentaux, est très importante, elle dépasse largement les 50 m et peut atteindre par endroits plus de 100 m. Les faciès présentent en gros les mêmes caractéristiques que ceux constatées au niveau de la plateforme saharienne (Sud de l'Atlas saharien), les seules différences relèvent de la présence d'un plus grand nombre de sols typiques des régions arides (Chernozem, sol calcaire et sols halomorphes, etc.…). Cette zone est également marquée par l'abondance de croûtes et d'encroûtements calcaires et gypseux et par la présence, par endroits, de champs de sable (Nebkas et cordons dunaires). [10]

VII.1.4 Risques géologiques :

La région de Hassi Fedoul et Sidi Ladjel ne pose pas une grande difficulté d'ordre géologique. Les pratiques agricoles inappropriées peuvent entraîner une dégradation des sols et une érosion en outre, le projet en question est situé dans la zone de sismicité moyenne. La conception et la réalisation du projet devront tenir compte de la sismicité de la région et se référer à la réglementation. En effet, pour le calcul dynamique des ouvrages projetés, il y ' a lieu de se référer au règlement parasismique algérien en vigueur.

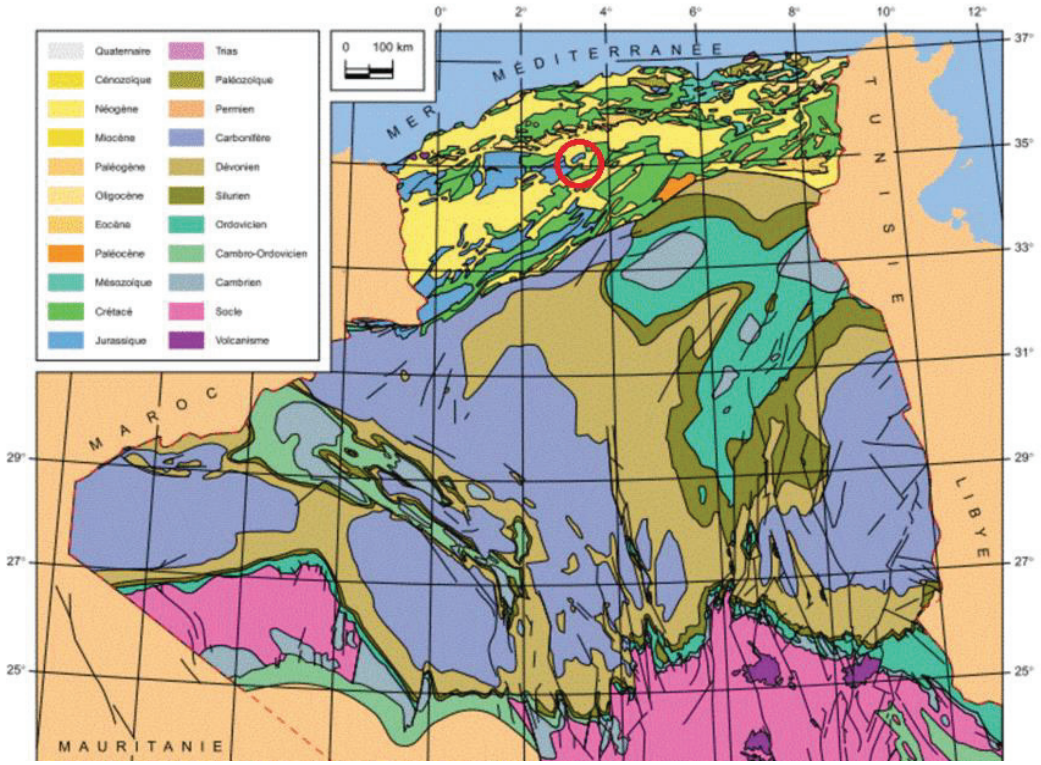


Figure VII.2 Situation de la zone d'étude sur la carte géologique internationale de l'Afrique (feuille n°2),

Remarque : la partie encerclée en rouge c'est la zone d'étude

VII.2 Etude géotechnique :

VII.2.1 Introduction

L'étude géotechnique est une étape cruciale dans la planification et la construction de projets de génie civil ou bien travaux publics. Pour évaluer la capacité d'un sol à supporter les charges imposées par les infrastructures, les éléments géologiques recueillis doivent être complétés par des éléments géotechniques précis, tels que la granulométrie, la sédimentométrie, les limites d'Atterberg, la teneur en eau naturel et les essais chimiques.

Ces données servent à classer les sols et à déterminer la classe de la plateforme nécessaire au dimensionnement de la structure d'assise. En plus des essais d'identification, des essais de compression simple, de cisaillement, de compression triaxiale et d'œdométrie sont réalisés pour évaluer la stabilité des ouvrages en terre, les tassements des terrains sous les remblais et les pentes à donner aux talus de déblais et de remblais.

Enfin, des essais in situ sont effectués pour déterminer la portance des ouvrages. L'ensemble de ces données est utilisé pour concevoir les fondations et les structures souterraines et pour déterminer les paramètres de stabilité des pentes et des talus. Ainsi, l'étude géotechnique permet de garantir la sécurité et la durabilité des projets de construction.

- **Description du projet**

La ligne de projet projetée par rapport au relief du terrain naturel de notre voie ferré présente généralement les terrassements faibles (Déblais/Remblais inférieur à 6m) .

VII.2.2 Programme d'investigations géotechniques

Après avoir examiné le tracé en plan et le profil en long de la voie ferrée reliant HASSI FEDOUL et SIDI LADJEL, un programme de reconnaissance géotechnique a été élaboré . Ce programme vise à atteindre plusieurs objectifs, tels que déterminer les conditions de fondation des remblais, identifier les matériaux pouvant être réutilisés pour le corps des remblais, la partie supérieure des terrassements et la couche de forme, évaluer la portance des remblais et de l'arase, ainsi que réaliser des études de sol pour la construction d'ouvrages et définir les fondations nécessaires.

VII.2.2.1 Puits de reconnaissance (essais in situ) :

Les puits de reconnaissance sont des forages dans le sol qui permettent d'observer directement la nature des formations géologiques présentes en profondeur. Ils sont utiles pour évaluer l'épaisseur de la couche de terre végétale à enlever lors des travaux de décapage et pour prélever des échantillons remaniés destinés à l'identification et à la caractérisation géotechnique en laboratoire.

Ces échantillons prélevés permettent d'obtenir des informations précises sur les propriétés mécaniques et physiques du sol, telles que la densité, la porosité, la perméabilité et la résistance. Les données collectées lors des puits de reconnaissance sont essentielles pour la conception et la réalisation de projets de construction, car elles permettent de déterminer les méthodes de fondation, de terrassement et de consolidation les plus appropriées en fonction des caractéristiques géologiques du site.

Tableau VII-1 Résultats des puits de reconnaissance [6]

Puit	Localisation (PK)	Objectif	Profondeur	Lithologie
1	54 + 500	Déblais <5m	0,00 -0,30m 0,30 -0,40m	Recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et blocs Refus sur croûte calcaire dure
2	56 + 000	Déblais <5m	0,00 -0,30m 0,30 -0,40m	Recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et blocs Refus sur croûte calcaire dure
3	57 + 500	Déblais <5m	0,00 -1,10m 1,10 -1,30m 1,30-3,00m	Sable limoneux, peu argileux, finement graveleux, rougeâtre Croûte calcaire assez dure Sable peu graveleux, jaunâtre
4	59 + 000	Déblais <5m	0,00-0,30 m 0,30-0,40m	Recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et blocs Refus sur croûte calcaire dure
5	60 + 500	Déblais <5m	0,00-0,40 m 0,40-0,90m 0,90-1,10m 1,10-3,00m	Sable limoneux, marron Tufs sablo-graveleux, peu caillouteux, marrons Croûte calcaire, assez dure Tufs sablo-graveleux, avec un peu de cailloux et rares galets, rouge
6	62 + 000	Déblais <5m	0,00-0,30 m 0,30-0,40m	Recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et blocs Refus sur croûte calcaire dure

7	63 + 500	Déblais <5m	0,00-0,30 m 0,30-0,40m	Recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et blocs Refus sur croûte calcaire dure
8	65 + 000	Déblais <5m	0,00-0,20 m 0,20-0,30m	Recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et blocs Refus sur croûte calcaire dure
9	66 + 500	Déblais <5m	0,00-0,30 m 0,30-0,35m	Recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et blocs Refus sur croûte calcaire dure
10	68 + 000	Déblais <5m	0,00-0,80 m 0,80- 2,60m 2,60-3,00m	Sable limoneux, peu argileux, rougeâtres Argiles sablo-limoneuses, rougeâtres Sable graveleux, peu argileux, par endroits caillouteux, jaunâtre
11	69+500	Déblais <5m	0,00-0,30 m 0,30-0,40m	Sable limoneux, peu argileux, rougeâtre Sable limono-argileux, verdâtre saturé
12	71+000	Déblais <5m	0,00-4,00m	Sable limoneux argileux, saturé
13	72+500	Déblais <5m	0,00-0,30 m 0,30-0,40m	Recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et blocs Refus sur croûte calcaire dure
14	74+000	Déblais <5m	0,00-0,30 m 0,30-0,40m	Recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et blocs Refus sur croûte calcaire dure

Généralement le sol occupé par des refus sur croûte calcaire dure surmontés par des recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et blocs située en général de 0.30m en outre il existe des couches des sables limono-argileux verdâtre saturé, des tufs sablo-graveleux et des sables peu graveleux surmontés par des sables limoneux peu argileux rougeâtre, des tufs sablo-graveleux, peu caillouteux, marrons et des sables limoneux, peu argileux, finement graveleux, rougeâtre.

VII.2.2.2 Analyse du laboratoire :

Tous les échantillons collectés à partir des puits de reconnaissance ont été rigoureusement soumis à des analyses en laboratoire conformes aux normes en vigueur. Le programme d'essai en laboratoire était complet et comprenait une série d'essais permettant de caractériser les propriétés du sol de manière précise et exhaustive.

Les essais d'identification, tels que la granulométrie, la sédimentométrie, les limites d'Atterberg, la teneur en eau naturelle et le poids spécifique γd ont été effectués pour déterminer la composition et les caractéristiques physiques du sol.

Des tests de propreté ont également été réalisés pour évaluer la qualité du sol, notamment l'équivalent de sable et l'essai au Bleu Méthylène VBS.

En outre, des essais mécaniques, tels que les essais Proctor modifié et CBR imbibé, ont été effectués pour évaluer la résistance et la stabilité du sol.

Enfin, des analyses chimiques ont été réalisées pour déterminer la présence de matière organique, de sulfates SO4-2 et de carbonates CaCO3.

L'ensemble de ces analyses en laboratoire a permis de fournir une caractérisation complète et détaillée du sol prélevé, offrant ainsi une base solide pour la suite des travaux.

VII.2.2.2.1 Essai d'Identification :

- **Analyse granulométrique**
- **Teneur en eau**
- **Limites d'Atterberg**
- **Essais de propreté :**
- **Essai au Bleu Méthylène VBS :**

Tableau VII-2 Tableau récapitulatif des résultats des essais d'identification et de propreté des sols et leur classification GTR et selon le code UIC R719

puits n°	Profondeur (m)	Teneur en eau	VBS	Limites d'Atterberg				Granulométrie				Classification NFP 11 – 300	Classification selon le code UIC R719
		%	%	WL	WP	IP	Ic	<50 mm	<2mm	<80µ	<2µ		
PU5	1.30 – 2.20	8.00	0.41	40.16	28.92	11.24	2.86	89	63.89	27.95	06.02	**C1A1m,s**	**QS1**
PU10	1.00 – 1.90	13.36	0.49	43.86	22.30	21.56	1.41	100	83.92	50.93	43.86	**C1A1m,s**	**QS1**
PU11	0.60 – 1.80	8.89	1.02	50.59	30.83	19.76	2.11	100	88.17	37.49	50.59	**C1A1m,s**	**QS1**
PU12	2.60 – 3.40	24.69	-	32.43	17.24	15.19	0.51	100	93.69	42.79	32.43	**C1A1m,s**	**QS1**

Interprétation des résultats :

- L'analyse granulométrique montre un pourcentage de passants à 80µ compris entre 27.95% et 42.79%, ces résultats montrent d'un sol comportant en prédominances des fines et de gros éléments.
- Les résultats des limites d'Atterberg réalisés sur les échantillons ont donné des indices de plasticité « IP » variables entre 11.24% et 21.24% et des limites de liquidité entre 32.43 % et 50.59 %, ces résultats montrent que les sols sont non plastiques à peu plastique.
- Selon la fiche UIC 719R, la classe de qualité du sol correspond à **QS1**, sols médiocres acceptables tels quels, dont on doit toujours se préoccuper du bon drainage. Ces sols peuvent, éventuellement, être transformés en sols de meilleure qualité par un traitement approprié, (traitement aux liants).

VII.2.2.2.2 Essais mécaniques :

- **Proctor modifié :**
- **Essai CBR imbibé :**

Tableau VII 3 Tableau récapitulatif des résultats des essais mécaniques [6]

Puits N°	Profondeur (m)	Proctor Modifié		CBR imbibé						Indice CBR à 95 % de l'OPM
				56C/C		25C/C		10C/C		
		γ_d (t/m^3)	W (%)	γ_d (t/m^3)	I_{CBR}	γ_d (t/m^3)	I_{CBR}	γ_d (t/m^3)	I_{CBR}	
PU 5	1.30-2.20	2.02	6.10	2.00	4.49	1.93	3.66	1.88	2.90	3.49
PU 10	1.00-1.90	1.86	6.40	1.83	3.07	1.73	2.36	1.66	1.90	2.59
PU 11	0.60-1.80	1.83	13.20	1.80	3.73	1.72	3.19	1.69	2.80	3.29

Interprétation des résultats

Les résultats des limites d'essai Proctor sur les échantillons ont donné les valeurs de densités optimale (γdOPM) varient entre 1.83 t/m^3 et 2.02 t/m^3 , et des teneurs en eaux optimales (WOPM) varient entre 6.10 % et 13.2%, ces résultats montrent que le matériau analysé, présente une forte densité au compactage, Les essais de portance CBR ont donné des valeurs d'indices CBR à 95% de compacité, les valeurs obtenus varient entre 2.59% et 3.49%

Remarque : Un matériau dont I CBR ≤ 20 recommandé pour la couche de fondation

VII.2.2.2.3 Analyse chimique

Les résultats des essais d'analyse chimique sur les sols traversés sont présentés dans le tableau récapitulatif ci-dessous

Tableau VII-3 Tableau récapitulatif des résultats d'analyse chimique [6]

Puits N°	Profondeur (m)	Carbonates CaCO3 (%)	Anhydrides carboniques (%)	Chlorures (NaCl) (%)	Sulfates (CaSo4,2H2o) (%)	Interprétation des résultats suivant la norme NF P18-011
PU 05	1.30-2.20	40	17.60	0.23	Traces	Sol non agressif
PU 10	1.00-1.90	21.55	9.48	16.72	Traces	Sol non agressif
PU 11	0.60-1.80	38.00	0.47	0.29	Traces	Sol non agressif

Interprétation des résultats

Le taux de carbonates varie de 21,55% à 40 %. Cela indique que le sol n'est pas carbonaté. L'analyse de l'échantillon de sol montre qu'il présente une légère agressivité vis-à-vis du béton, ce qui le rend inorganique, sensible à l'eau et agressif. Il est déconseillé d'utiliser du ciment ordinaire pour fabriquer du béton en contact avec ce sol.

VII.3 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'essentiel de l'étude géologique et géotechnique. Dans ce qui suit, nous abordons la partie consacrée au dimensionnement de l'assise ferroviaire.

Chapitre VIII
Assise ferroviaire

VIII Assise ferroviaire

VIII.1 Introduction :

Les couches d'assise sont essentielles pour assurer le bon comportement de la voie ferrée en termes de rigidité, de nivellement et de drainage. Elles se composent de la couche de ballast et de la sous-couche.

Dans le chapitre III, nous avons défini la couche d'assise de la voie ferrée. Dans ce chapitre, nous allons compléter cette définition en présentant le ballast, la sous-couche et la plateforme. Ces éléments sont tous indispensables pour assurer la stabilité et la durabilité de la voie ferrée.



Figure VIII.1 Profil en travers de l'assise ferroviaire

VIII.2 Caractéristique et rôles des diverses couches d'assise :

VIII.2.1 La couche de ballast :

Est une des composantes de la voie ferrée qui se trouve juste en dessous des rails. Elle est constituée de pierres concassées, de gravier fin de 10 mm à 35 mm ou d'autres matériaux granulaires, qui sont posés sur la sous-couche et compactés pour former une surface ferme et stable.

Le ballast joue un rôle crucial dans la stabilité, la résistance et le drainage d'une voie ferrée. Il répartit les charges, stabilise la voie, amortit les vibrations et permet un drainage efficace, contribuant ainsi à assurer le bon fonctionnement et la durabilité de l'infrastructure ferroviaire.

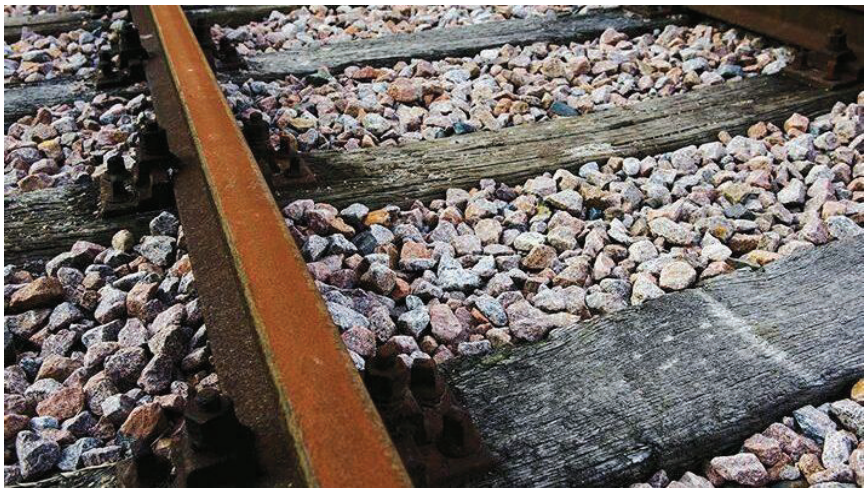


Figure VIII.2 Le ballast

VIII.2.2 Sous couche :

La sous-couche est la couche qui assure la transition entre le ballast et la plateforme de la voie ferrée ,le rôle principal de la sous-couche est d'offrir un support structurel supplémentaire et de renforcer la stabilité de la voie en répartissant les charges de manière plus uniforme.

Elle est également inclinée en pente transversale de 4% de chaque côté pour permettre l'écoulement des eaux vers des dispositifs d'assainissement longitudinal

VIII.2.3 La plate-forme

C'est la partie supérieure de l'ouvrage en terre qui soutient la sous-couche de la voie ferrée son rôle une répartition uniforme des charges transmises par la voie ferrée, ce qui contribue à prévenir les déformations et les affaissements de la voie

On a déjà mentionné dans le chapitre précédent que notre sol et de classe QS**1**

VIII.3 Les classes de portance des plateformes :

La portance d'une plateforme dépend de la qualité du sol constituant le corps de remblais ou du sol en place du fond du déblai, ainsi que de la qualité et de l'épaisseur de la couche de forme (lorsque cette dernière existe). En fonction de ces paramètres, on peut distinguer les trois classes de portance de plateforme suivantes :

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 ef(m)
QS1	P1	QS1	-
	P2	QS2	0.50
	P2	QS3	0.35
	P3	QS3	0.50
QS2	P2	QS2	-
	P3	QS3	0.35
QS3	P3	QS3	-

- **Plateforme recommandée :**

Compte tenu de ce qui précède, notamment la classe de qualité du sol support QS1 ainsi que les prescriptions données par les UIC, nous conseillons d'opter pour une plateforme de type P3 (bonne plateforme) dimensionnée préalablement pour un tel type de sol (QS3). Les résultats des travaux sur le terrain montrent que, pour une classe C, une bonne plateforme de classe P3 nécessite une couche de forme d'une épaisseur spécifique.

En conséquence, l'épaisseur de la couche de forme dépendra du type de qualité de sol support et de la classe de portance envisagée pour la plateforme (d'après la norme UIC 719R). Selon les caractéristiques géologiques et géotechniques, et étant donné que la capacité portante requise pour la plateforme est de classe P3, il en résulte une épaisseur de 0,50 m de **Tuf** pour la couche de forme. Ainsi, ef = **0,50 m = 50 cm**.

VIII.4 Calcul des épaisseurs minimales des couches d'assise

Ces épaisseurs minimales calculées sont valables pour un espacement de traverses de 0.6 m
Et de la charge maximale d'essieu de 25 t (**UIC 719R p57**) :
L'épaisseur de la couche d'assise (e = épaisseur du ballast + épaisseur du sous couche) est donnée par la formule suivante :

$$e = E + a + b + c + d + f + g \quad \text{.....VII.1}$$

« **E** » - des classes de portance (P1, P2 ou P3).
« **a** » - de l'UIC groupes (groupes 1 à 6, UIC 714).
« **b** » - de la type de traverses.
« **c** » - des conditions de travail.
« **d** » - de la charge maximale d'essieu des véhicules.
« **f** » - de la vitesse.

« **g** » - de installation de géotextiles

Les Valeurs de E :
E=0.70m pour les plateformes de classe de portance P1.
E=0.55m pour les plateformes de classe de portance P2.
E=0.45m pour les plateformes de classe de portance P3.
Les Valeurs de 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.
Les Valeurs de 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).

Pour notre projet les traverses utilisées sont les **traverses en béton** de **L = 2.245m**
Les Valeurs de 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’’.
0.05 m : à titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC ‘’7, 8 et 9 sans voyageurs''.
Valeurs de d :
0 m lorsque la charge nominale maximale d’essieu des véhicules remorques est inférieur ou égale à 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.
Valeurs de f :
0 m 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 à grande vitesse.
0,10 m pour les plates-formes de classe de portance P1 des lignes parcourues à grande vitesse.
Valeurs de g :
+ 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.5 Application pour notre projet :

Tableau VIII-2 les valeurs de notre projet

	Valeur (m)	Justification
E	**0,45**	**Plateforme de classe de portance P3.**
a	**- 0,10**	**Pour ligne UIC 5**
b	$\mathbf{B = \frac{2.5-L}{2} = \frac{2.5-2.245}{2} \approx 0.13}$	**Pour notre projet les traverses utilisées sont les traverses en béton de L = 2.245m**
c	**0**	**Un dimensionnement normal (nouvelle ligne)**
d	**0**	**La charge nominale maximale d’essieu des véhicules remorques égale a 20 tonne/essieu.**

f	**0**	**V =160 Km/h / le plate-forme est de portance P3.**
g	**0**	**Couche de forme QS3**

Par conséquent l'épaisseur de la couche d'assise e = épaisseur du ballast+ épaisseur de la sous couche donnera :

$$e = E + a + b + c + d + f + g = 0.45 - 0.10 + 0.13 + 0 + 0 + 0 + 0$$

$$e = 0.48\ m$$

Donc on aura approximativement une épaisseur la couche d'assise de 0.5m, soit 0.3m de couche de ballast et 0.2m de sous-couche.

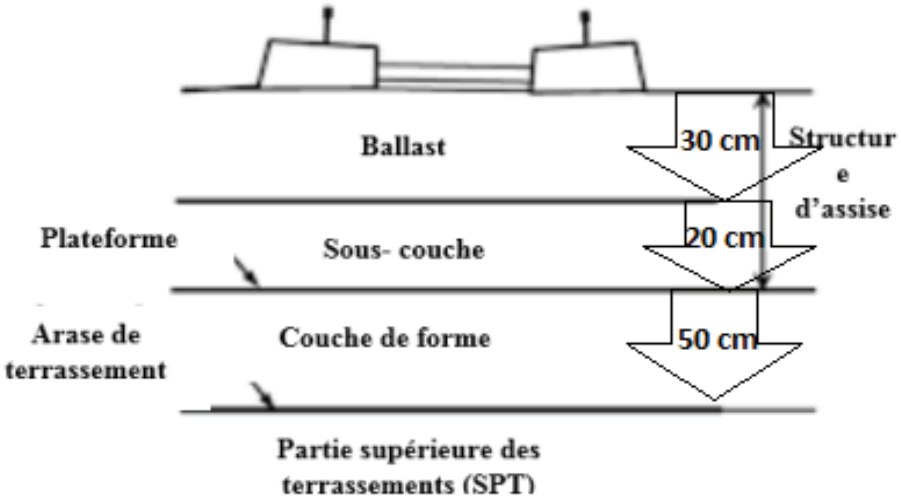


Figure VIII.3 Les épaisseurs des différentes couches d'assise d notre projet

VIII.6 Conclusion

Le dimensionnement nous a permis de mettre en évidence les épaisseurs des différents couches devant être présentes pour supporter et diffuser la charge transmise par le matériel roulant.

Nous avons respecté les normes de l'UIC en vigueur en Algérie.

Chapitre IX

Profil en travers

IX Profil en travers

IX.1 Introduction

Après avoir examiné attentivement le plan et le profil en long, nous sommes en mesure de suivre la trajectoire de l'axe de la voie. Cependant, il est maintenant temps de définir le troisième élément clé d'un projet ferroviaire :

IX.2 Profil en travers

Le profil en travers est une coupe transversale de la voie projetée, qui permet de visualiser les différents éléments de la superstructure, de l'infrastructure et d'assainissement, ainsi que les dévers appliqués à la voie. Il permet également de calculer la position des points théoriques d'entrée en terre des terrassements, l'assiette du projet et les volumes de déblais et de remblais. Un profil en travers type est établi pour éviter de répéter les dimensions générales et les détails constructifs communs sur chaque profil en travers individuel. On distingue ainsi deux types de profil en travers.

IX.3 Profile en travers type de notre projet :

Le profil en travers de la voie unique comprend une plateforme de 8,00 m de largeur, surélevée au-dessus du fond de déblai ou de la surface supérieure de remblai nivelé. La fondation de la voie comprend une couche de fondation et de sous-ballast, avec la superstructure posée sur le sous-ballast. Chaque couche présente un dévers de 4 % vers l'extérieur de la voie. L'arête se trouve à droite (dans le sens du kilométrage) de l'axe de la voie, à une distance de 2,10 m pour permettre une éventuelle expansion à une voie double.

La superstructure est composée de rails UIC-60 espacés de 1,435 m et de traverses bi-bloc sur ballast. Du côté gauche de la voie (dans le sens du kilométrage), une bande latérale est réservée pour l'installation des poteaux d'une caténaire prévue ainsi que pour une conduite de télécommunication.

IX.3.1 Résumé des caractéristiques de notre profile en travers

• Ecartement de la voie : 1.435 m

• Largeurs de la plate-forme : 8 m.

• Pente latérale de la plate-forme : 4%.

• Pente latérale de la couche du ballast : 3/2.

• Épaisseur du ballast : 30cm.

• Épaisseur du sous-ballast :20 cm.

• Épaisseur de couche de forme : Sur les matériaux QS1, une couche de forme dont la qualité de sol est QS3 et cela sur une épaisseur de 50 cm.

• Pente (déblai : 1.5H/1V et remblai : 2H/1V).

• Fossé trapézoïdal (b= 0.50 m ; h= 0.50 m ; pente=1.5H/1V)

IX.4 Calcul des cubatures

Les cubatures de terrassement font référence aux volumes des déblais et des remblais impliqués dans un projet, afin d'obtenir une surface uniforme qui est simultanément adjacente à la ligne du projet. Les éléments clés contribuant à cette évolution comprennent les profils en long, les

profils en travers et les distances entre les profils. Dans le cadre de notre projet, les calculs des cubatures de terrassement ont été effectués à l'aide du logiciel Covadis.

Tableau suivant représente les résultats de calcul automatique :

Tableau IX-1Les quantités de déblai et remblai de projet

Volume de déblai m^3	Volume de remblai m^3
83405	**676092**

IX.5 Conclusion

Grâce au profil en travers, les ingénieurs et les planificateurs peuvent prendre des décisions éclairées quant au tracé des voies ferrées, à la conception des canaux ou à l'implantation de structures telles que des ponts ou des tunnels

Chapitre X

Etude des contraintes

X Etude des contraintes

X.1 Introduction

Avant d'installer un chantier ou de commencer des travaux dans n'importe quel projet, il est essentiel d'effectuer une inspection du site afin d'identifier les obstacles liés aux voiries et aux réseaux divers (VRD). Ces obstacles doivent être évités ou contournés, si nécessaire, pour garantir le bon déroulement des travaux.

Dans notre projet plusieurs réseaux sont présents le long du parcours. Il s'agit notamment des éléments suivants :

- Lignes électriques (MT/BT)
- Routes et piste
- Conduite gaz
- Oued

Il est primordial de prendre en compte ces réseaux affectés lors de la planification des travaux afin d'assurer leur intégrité et d'éviter tout incident potentiel.

X.2 La liste des contrainte rencontré

Tableau X-1 La liste des contrainte dans le projet

Les contraintes	La localisation
Piste	Pk 55+240
Ligne électrique MT	Pk 56+544
Ligne électrique MT	Pk 62+350
Piste	Pk 62+373
Merlon de terre de la conduite gaz	Pk 63+365
Conduite gaz HP	Pk 63+379
Ligne électrique BT	Pk 67+190
Ligne électrique BT	Pk 67+778
Ligne électrique MT	Pk 68+000
Ligne électrique BT	Pk 68+300
Ligne électrique BT	Pk 68+388
Ligne électrique MT	Pk 68+525
Oued	Pk 70+218
Ligne électrique MT	Pk 70+567
Ligne électrique BT	Pk 70+595
Route	Pk 70+600
Gazoduc HP	Pk 73+177
Ligne électrique MT	Pk 73+350

X.3 Solution proposée

Les protections des conduites de gaz que présente une ouverture 1.50x1.50m avec une section transversale en béton armé à cadre qui est sujet à toutes les charges soit des remblais, soit de

l'exploitation ferroviaire ainsi que des protection des lignes électriques, des passages supérieurs et des ponts rails pour les autres contraintes ainsi des buses et des dalots pour les cours d'eau.

X.4 Conclusion

Les contraintes les plus fréquemment rencontrées pour ce projet sont les lignes électriques. Dans le prochain chapitre, nous examinerons les différents ouvrages d'art du projet et leur emplacement.

Chapitre XI

Les ouvrage d’art

XI Les ouvrage d'art

XI.1 Introduction

Afin de concevoir un tracé optimal qui respecte les critères techniques et économiques tout en assurant la perméabilité transversale de la ligne ferroviaire projetée et en permettant le franchissement des différentes infrastructures existantes ainsi que des cours d'eau, il est essentiel de prévoir les ouvrages d'art suivants :

- Ponts ferroviaires pour le passage de la ligne.
- Ponts routiers pour le passage des routes.
- Passages inférieurs (ponts-cadre) pour permettre aux voies de circuler sous les infrastructures existantes.
- Ouvrages hydrauliques tels que les buses et les dalots pour assurer la circulation des eaux.

XI.2 Influence sur le choix du type d'ouvrage

Dans tous les cas, le choix du type d'ouvrage dépend des contraintes imposées, qui peuvent être de deux types :

- **Les données naturelles** : incluant l'écoulement des eaux, la nature du sol, etc.
- **Les exigences techniques** : telles que le programme de charge et le gabarit, entre autres.

Cependant, les contraintes dimensionnelles et fonctionnelles sont également importantes, notamment :

- L'obstacle à franchir.
- Le gabarit à respecter.
- Le tirant d'eau.
- L'adaptation architecturale à la région.

En prenant en compte toutes ces contraintes, il est possible de sélectionner les ouvrages d'art les plus adaptés pour permettre la construction de la nouvelle ligne ferroviaire de manière optimale et en respectant l'environnement.

XI.3 Croisement avec une route ou une piste

Pour assurer une traversée sûre et fluide de la voie ferrée avec une route, il est essentiel de prendre en compte la nature et le débit de chaque voie. Le choix de la solution de croisement appropriée dépend de la vitesse maximale des trains et de la topographie de la région. Il existe trois solutions possibles pour les croisements :

- **Passage supérieur** : lorsque la vitesse des trains est élevée (≥ 100 km/h) et que la topographie ne permet pas un passage à niveau.
- **Passage inférieur de la route** : cette solution est rarement envisagée car elle est plus coûteuse et nécessite une topographie spécifique (niveau de roulement de train élevé).

XI.4 Les ouvrages d'art de notre projet

Voici la listes des ouvrages d'art de notre tronçon

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

Type de passage	Localisation
Passage supérieur	PK 56+358
Dalot	PK 60+350
Passage supérieur	PK 62+391
Passage supérieur	PK 64+667
Passage supérieur	PK 67+140
Pont rail	PK 69+780
Pont rail	PK 70+196
Pont rail	PK 70+613
Buse	PK 71+350
Buse	PK 71+600
Pont rail	PK 72+045
Buse	PK 72+350

XI.5 Conclusion

Les ouvrages les plus couramment utilisés pour ce projet sont les ponts rails et les passages supérieurs.

Dans le prochain chapitre, nous abordons la conception de la gare SIDI LADJEL.

Chapitre XII

Conception de la gare SIDI LADJEL

XII Conception de la gare SIDI LAJEL

XII.1 Introduction :

Tout projet de transport ferroviaire doit prévoir l'aménagement d'une ou plusieurs gares. La gare ferroviaire est le lieu d'arrêt des trains et comprend plusieurs installations essentielles pour le bon fonctionnement du transport ferroviaire.

La gare ferroviaire a une double fonctionnalité :

- Permet la montée et la descente des voyageurs.
- Permet chargement et le déchargement des marchandises.

Elle assure également des fonctions de sécurité dans la circulation des trains, telles que la signalisation, les dispositifs de sécurité et les systèmes de communication.

Dans le cadre de ce chapitre, nous allons fournir une description détaillée de la fonctionnalité de la gare ferroviaire, ainsi qu'une conception des voies et des quais de la nouvelle gare de SIDI LADJEL. Cette gare sera équipée de systèmes sophistiqués de signalisation et de communication pour garantir une performance optimale et une sécurité maximale.

XII.2 Etude du plan masse de la gare :

La conception d'une gare ferroviaire nécessite une planification minutieuse de l'ensemble des installations qui la composent. Le concepteur de la gare doit établir un plan de masse en tenant compte de plusieurs facteurs. Au stade initial de cette étude, trois éléments clés doivent être pris en compte :

- **Les catégories de voies** : Les différentes catégories de voies, telles que les voies de transit, les voies de service ou les voies de triage, déterminent le rôle de la voie et ses constituants. La catégorie de la voie influence également la conception de la gare, en définissant les exigences en matière d'espace et de disposition.

- **Le trafic de la gare** : Le trafic de la gare est un autre élément important à considérer. En évaluant le nombre de passagers et de marchandises qui traversent la gare, on peut déterminer l'importance de la gare et l'aménager de manière appropriée.

- **L'emplacement de la gare** : L'emplacement de la gare ferroviaire et crucial pour déterminer les exigences en matière de sécurité, de connectivité et d'espace disponible. Selon la localisation géographique de la gare, ces exigences peuvent varier considérablement, par conséquent il est important de prendre en compte l'emplacement de la gare pour définir les catégories de voies, les équipements et la conception de la gare

  .

En prenant en compte ces éléments clés dès le début de la conception de la gare, le concepteur peut établir un plan de masse efficace qui répond aux besoins spécifiques de la gare et garantit un fonctionnement fluide et efficace.

XII.3 Aménagement de la gare :

Une gare ferroviaire comprend diverses installations et constructions en fonction de son type, de sa conception et de sa catégorie. Voici quelques-unes des installations les plus courantes :

XII.3.1 Installations d'une gare à voyageur

- **Le bâtiment de voyageurs (B.V) :** Il s'agit de l'installation principale de la gare où les voyageurs peuvent acheter des billets, se renseigner sur les horaires et les destinations, et attendre leur train dans un espace confortable.
- **Les bâtiments à usages divers (B.U.D) :** Ces espaces de service sont réservés aux agents de chemins de fer, où ils peuvent effectuer diverses tâches telles que la maintenance du matériel, le nettoyage et la gestion des opérations ferroviaires.
- **Les quais :** Il s'agit d'une bande parallèle à la voie ferrée qui permet aux voyageurs d'accéder aux trains. Les quais peuvent varier en longueur et en hauteur en fonction du type de train desservi par la gare.
- **Les abris de quai :** Ces installations sont conçues pour protéger les voyageurs des intempéries telles que la pluie, le vent et le soleil.
- **Les passages souterrains et les passerelles :** Ils sont construits dans les gares pour permettre aux voyageurs de traverser la voie et de changer de quai en toute sécurité. Les passages souterrains sont généralement situés sous les voies ferrées, tandis que les passerelles sont construites au-dessus des voies. Ces installations sont équipées d'escaliers, d'ascenseurs et parfois de tapis roulants pour faciliter le déplacement des voyageurs.

XII.3.2 Le garage franc :

Le garage franc est une zone délimitant la partie de la voie ferrée qui peut être occupée par les trains en gare. Il permet d'assurer qu'il n'y aura pas de collision ou de risque d'accident entre le train dévié et le train sur la voie principale. La valeur théorique du garage franc est de 3,57 mètres entre l'entraxe de la voie directe et la voie déviée (voie de stationnement), comme indiqué sur la Figure.

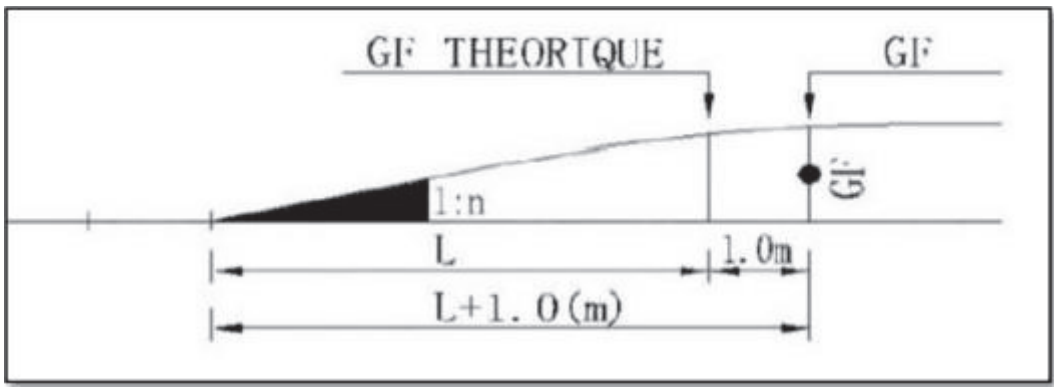


Figure XII.1 Garage franc.

Pour des raisons de sécurité, le garage franc est généralement installé à une distance de 1,0 mètre de la distance de garage franc théorique. Pour calculer la longueur du garage franc nécessaire, on utilise la formule suivante :

$$GF = (3{,}57 \times N) + 1 \text{ en mètres.} \qquad \text{.....XII.1}$$

La valeur de N dépend du type d'appareil de voie et est calculée comme suit :

$$N = 1 / \tan(\alpha). \qquad \text{.....XII.2}$$

XII.3.3 L'heurtoir

- Une installation située à l'extrémité d'une voie de garage ou de sécurité dans une gare ferroviaire. Il est également présent sur les voies tiroirs ou en cul-de-sac pour empêcher les véhicules en mouvement de continuer leur chemin en dehors de la voie.
- Conçu pour absorber l'énergie cinétique des trains qui les heurtent en utilisant les tampons situés à la même hauteur que l'attelage des trains.
- Permet de protéger les installations ferroviaires contre les dommages causés par les trains en mouvement et assure la sécurité des passagers et des agents de chemin de fer.



Figure XII.2 Photo représentative d'un heurtoir.

XII.4 Caractéristiques géométriques des gares

XII.4.1 Quai

1. La hauteur du quai (H) :

D'après la fiche UIC 741OR :

Selon le type de matériel roulant susceptible de s'arrêter sur ce quai, la hauteur du bord du quai devra être de 350, 550 ou 760 mm au-dessus de la surface de roulement.

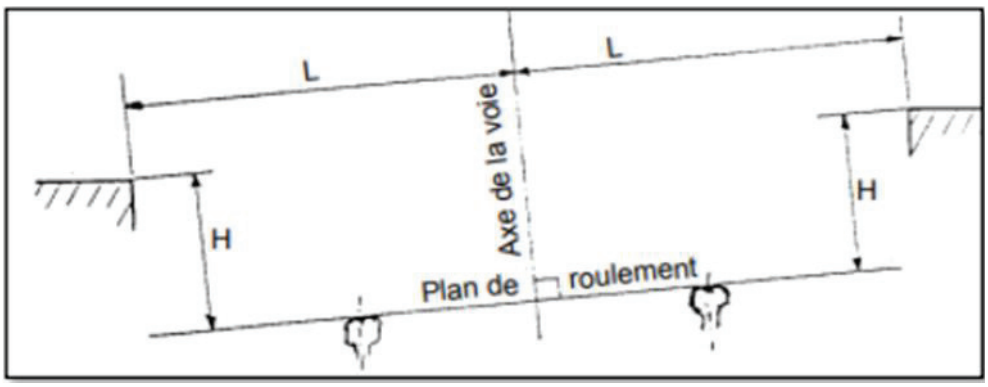


Figure XII.3 La hauteur du quai et la distance par rapport à l'axe de la voie.

Remarque :
Il est important de respecter les normes de hauteur des quais pour permettre aux voyageurs de monter et descendre des trains en toute sécurité et de faciliter l'accessibilité des personnes à mobilité réduite.

2. **La largeur de quai :**
   La SNTF recommande pour une telle gare
   - Quai intermédiaire B > 8 m
   - Quai extérieur B ≥ 6m
3. **La distance à l'axe de la voie (Selon la norme UIC 741) :**

Pour les bordures de quai implantées à la hauteur nominale de 550 mm et 760 mm, la distance nominale à l'axe de la voie est déterminée selon la formule suivante :

$$L\ (mm) = 1650 + S \qquad \text{.....XII.1}$$

La valeur de S est calculée comme suit :

$$S\ (mm) = (3750/R) + ((I-1435)/2) \qquad \text{.....XII.2}$$

Où :

R représente le rayon de la voie en mètres.
I correspond à l'écartement de la voie en millimètres.

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

XII.4.2 L'appareil de voie :

Les conditions d'implantation selon SNTF sont données comme suit :

- **Conditions générales** :

Les appareils de voie ainsi que les communications seront implantés en déclivité constante. De plus, dans les zones proches d'un ouvrage d'art, les appareils de voie devront être positionnés à des distances minimales dépendantes de la longueur L de cet ouvrage.

Tableau XII-1 Longueurs minimal de tracé

L min	Longueur de l'appareil
≥20m	L≤30m
≥50m	30m≤L≤90m
≥50m	L>90 m depuis le côté opposé à l'appareil de dilatation

Si la longueur L de l'ouvrage d'art nécessite la présence d'un appareil de dilatation, l'appareil de voie devra être implanté à une distance minimale de 100 mètres à partir de l'extrémité de cet ouvrage.

- **Règles d'implantation**

L'implantation des appareils de voie doit être réalisée en respectant certaines règles et contraintes pour garantir la sécurité et la fluidité du trafic ferroviaire :

Dans le cas normal sans contraintes,

-la distance minimale recommandée entre la fin de quai et le garage franc est de 130 mètres.

-L'appareil de voie doit être implanté en alignement droit, en suivant la courbure de l'alignement horizontal.

Dans le cas où il y a des contraintes, telles que la nécessité de disposer d'un appareil de protection,

-La distance minimale entre la fin de quai et l'appareil doit être supérieure ou égale à 80 mètres.

-La distance entre l'appareil de voie et une courbe doit être d'au moins 6 mètres.

-Des rampes de dévers droit sans doucine doivent être prévues pour garantir la sécurité du trafic ferroviaire.

XII.4.3 La longueur utile d'une voie de stationnement

C'est la longueur nécessaire permettant au train de se stationner sur la voie de dépassement sans gêner la circulation sur la voie principale ou les autres voies de dépassement voisines. (Longueur entre deux garage Franc)

Selon les instructions de SNTF – ANESRIF La longueur utile minimale pour gare voyageurs est de :

- Longueur utile des quais Grande Ligne 350 m.

- Longueur utile des quais navettes 225 m.

- Longueur utile des voies d'évitement 1200 m.

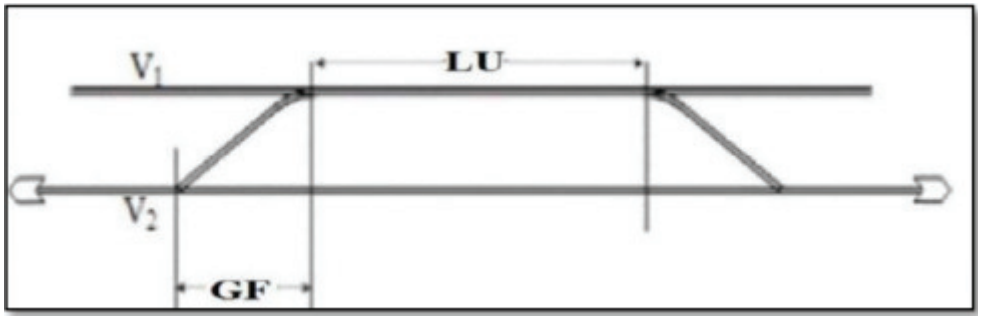


Figure XII.4 Longueur utile

XII.5 Application pour notre projet :

La nouvelle gare de SIDI LADJEL située à la fin du projet, est en effet une gare intermédiaire conçue comme gare voyageurs composée de trois voies de quai. Les voies A (voie principale), B et C sont destinées à recevoir des trains d'une longueur maximale de 750m.

1. **Longueur des quais :**

Les quais des voyageurs A et B sont localisés en alignement droit et possèdent une longueur de 300m.

2. **La largeur des quais** :

Selon les instructions recommandées par la SNTF

- Pour le quai intermédiaire B on prend une largeur de **8m.**
- Pour le quai extérieur A on prend une largeur de **6m.**

3. **La hauteur des quais** :

La hauteur nominale des quais on préconise une hauteur de **0.55m.**

4. **Distance des quais par rapport à l'axe de la voie :**

La distance de la bordure de quai par rapport à l'axe de la voie est **L= 1650mm.**

5. **Entraxe entre les quais A et B** :

Dans notre projet on a opté pour l'entraxe de 15.3 m entre les quais A, B

6. **Passage souterrain (PS) :**

L'exécution du passage souterrain de gare de SIDI LADJEL par :

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

7. **Les abris de quai :**

Soit dans un quai de 300, trois abris de hauteur 3m.

8. **La distance du garage franc :**

Pour UIC 60 500 1/12

GF = (3.57× 12)+1 = 43.84m.

Pour UIC 60 300 1/9

GF = (3.57× 9)+1 = 33.13 m.

D'où la distance de garage franc est de 43.84m à partir le croisement de l'appareil de voie.

9. **Longueur utile** : 1200 m.

10. **Entraxe**

Entre-axes dans la présente gare SIDI EL ADJEL a été considéré les entre-axes suivants :

VA-VB : 5m

VB-V3 : 11.3 m

Tableau XII-2 Quantité d'appareil de notre projet

Nbr	TYPE D'APPAREIL
02	60 500 1/12 DD
02	60 500 1/12 DG
01	60 190 1/9 DD
01	60 190 1/9 DG

XII.6 Assainissement dans les gares

XII.6.1 Assainissement transversale :

Pour faciliter le ruissellement des eaux pluviales dans les gares, les quais doivent avoir une pente de 2% en toit ou en V selon le cas, de telle sorte à évacuer ces eaux vers les voies ensuite ceseaux sont évacuées grâce aux pentes transversales des plates-formes.

XII.6.2 Assainissement longitudinal :

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

XII.7 Conclusion

L'aménagement de la Gare de SIDI LADJEL a été fait de manière à satisfaire les besoins socio-économiques de la région.

Chapitre XIII
Signalisation ferroviaire

XIII Signalisation ferroviaire

XIII.1 Introduction :

La signalisation ferroviaire est un système complexe de signaux et de dispositifs de sécurité utilisé pour assurer la sécurité des trains sur les voies ferrées. Ce système permet de guider les trains en toute sécurité, en leur indiquant quand ils peuvent avancer et à quelle vitesse. La signalisation ferroviaire comprend une variété d'équipements, tels que des signaux lumineux, des panneaux d'indication, des détecteurs de train, des systèmes de contrôle de vitesse et des systèmes de commande centralisée. Dans ce chapitre, nous allons explorer les différents types de signalisation ferroviaire, leur fonctionnement et leur importance dans la sécurité des transports ferroviaires.

XIII.2 Les principaux risques ferroviaires

Les risques ferroviaires peuvent être nombreux et varier en fonction des situations et des contextes. Cependant, voici une liste des principaux risques ferroviaires :

1. **Les collisions** : les accidents de trains, tels que les collisions entre deux trains ou avec des véhicules routiers, sont l'un des risques les plus graves dans le transport ferroviaire.
    - Collision nez à nez : ce type d'accident se produit lorsque deux trains se retrouvent face à face sur la même voie et entrent en collision frontale. Cette situation peut survenir lorsque des erreurs de signalisation, de conduite ou de contrôle des trains se produisent.
    - La collision par rattrapage : c'est le risque de collision arrière, lorsque le train de derrière percute celui de devant. Ce risque peut survenir lorsque les trains circulent à des vitesses différentes ou que des erreurs de communication entre les conducteurs ou les systèmes de signalisation se produisent.
2. **Le déraillement** : lorsque les roues d'un train sortent de la voie ferrée, cela peut entraîner un déraillement. Les déraillements peuvent être causés par des problèmes de voie, des problèmes de freinage ou une vitesse excessive.
3. **Les incendies** : les incendies peuvent se produire dans les trains ou à proximité des voies ferrées, causant des dégâts importants et des risques pour la sécurité des personnes.
4. **Les accidents de personnes** : les personnes peuvent être heurtées par des trains lorsqu'elles traversent les voies ferrées ou se trouvent sur les quais de gare.
5. **Les risques liés aux marchandises transportées** : les marchandises transportées par train peuvent être dangereuses, telles que des matières inflammables ou toxiques, et peuvent présenter un risque en cas de fuite ou d'accident.
6. **Les actes de malveillance** : les actes de vandalisme ou de sabotage peuvent avoir des conséquences graves sur la sécurité ferroviaire, en causant des déraillements ou des accidents.

Il est important de prendre des mesures de prévention tel que la signalisation pour minimiser les risques ferroviaires et assurer la sécurité des passagers, du personnel et des communautés environnantes.

XIII.3 Implantation des signaux en Algérie :

Les signaux ferroviaires sont généralement implantés le long des voies ferrées à des intervalles réguliers pour permettre aux conducteurs de train de recevoir des informations sur la situation de la voie ferrée à venir, y compris les limitations de vitesse, les changements de direction et les intersections. Les signaux sont généralement conçus pour être facilement reconnaissables et compréhensibles, avec des formes et des couleurs spécifiques qui indiquent différents types d'informations.

En Algérie, l'Agence Nationale d'Études et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires (ANESRIF) est responsable de la planification et de la mise en œuvre des projets ferroviaires, y compris l'implantation des signaux.

XIII.4 Types de signalisation ferroviaire

XIII.4.1 La signalisation classique

La signalisation classique permet une communication efficace entre les conducteurs de train et les centres de contrôle pour garantir la sécurité et l'efficacité de la circulation ferroviaire. Les signaux classiques sont généralement de trois types : les signaux lumineux, les signaux mécaniques et les signaux sonores.

- **Les signaux lumineux**, sont les plus courants et sont utilisés pour indiquer les limitations de vitesse, les changements de direction, les intersections et les sections de voie occupées par d'autres trains. Les signaux lumineux sont généralement constitués de feux rouges, jaunes et verts, qui indiquent respectivement l'arrêt, la prudence et la poursuite de la marche.
- **Les signaux mécaniques**, quant à eux, sont généralement utilisés pour indiquer les changements de direction et les intersections. Ils peuvent être actionnés manuellement ou automatiquement par des équipements de détection placés sur la voie ferrée.
- **Les signaux sonores**, tels que les sifflets de train, sont utilisés pour communiquer avec les autres membres du personnel ferroviaire et pour avertir les passagers et les autres usagers de la voie ferrée de l'approche du train.

XIII.4.2 Le cantonnement et son principe

Le cantonnement est un système de signalisation ferroviaire qui permet de gérer le trafic ferroviaire en garantissant que deux trains ne se trouvent jamais sur la même section de voie en même temps.

Le principe de base du cantonnement est de diviser la voie ferrée en sections appelées cantons, qui sont séparées par des signaux de cantonnement qui indiquent si le canton suivant est libre ou occupé par un train. Lorsqu'un train entre dans un canton, le signal du canton suivant passe au rouge pour empêcher un autre train d'y entrer.

Le signal du canton occupé passe également au rouge pour indiquer au conducteur du train qu'il doit ralentir ou s'arrêter avant d'entrer dans le canton occupé. Ce qui réduit considérablement les risques de collision

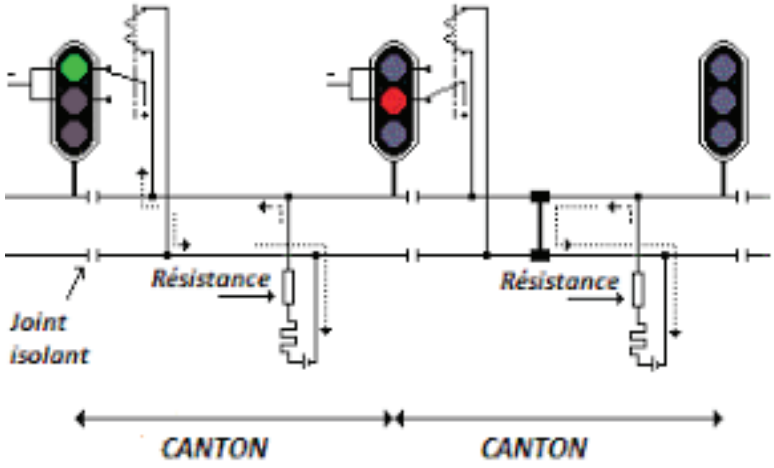


Figure XIII.1 Le canton

La gestion des signaux ferroviaires se fait à travers différents systèmes appelés "blocks". Selon la catégorie de la ligne, on utilise l'un des trois types de blocks suivants :

1. **Le block manuel (B.M.)** : Il est utilisé sur les lignes peu fréquentées, dont l'exploitation est assurée manuellement. Le nombre de signaux installés sur les voies est limité, et les installations de commande sont simples. Cependant, ce type de block ne permet pas un gros débit sur les lignes.

2. **Le block automatique à permissivité restreinte (B.A.P.R.)** : Il est utilisé sur les lignes à trafic moyen. Il s'agit d'un système automatique, mais la longueur des cantons est relativement importante (plusieurs kilomètres). Ce système présente l'avantage d'une sécurité accrue par rapport au block manuel (le risque d'erreur humaine est diminué), tout en restant économique car le nombre de signaux implantés reste limité. Toutefois, ce type de block ne permet pas des débits élevés sur une ligne.

3. **Le block automatique lumineux (B.A.L.)** : Il est utilisé sur les lignes principales. Ce système est automatique et permet un débit maximal sur une ligne. De plus, il autorise un espacement réduit des circulations car le franchissement des signaux d'espacement fermés en marche à vue est autorisé. C'est pourquoi ce type de block est idéal pour les lignes principales.

XIII.5 Les principaux signaux ferroviaires et leur indication

-Signaux d'indication de marche.

- Signalisation d'arrêt.

- Signalisation d'annonce d'arrêt.

- Signalisation de limitation de vitesse.

En complément des signaux d'arrêt, de limitation de vitesse et des signaux qui les annoncent à distance, pour plus des précisions, il existe :

- Des signaux indicateurs de direction.

- Des signaux de départ des trains.

- Des pancartes et tableaux à inscriptions diverses.

- Des signaux de sortie de certains faisceaux ou groupes de voies convergentes

Tableau des principaux signaux ferroviaires et leur indication dans l'annexe de présent chapitre.

Les systèmes de signalisation classique ont été révolutionnaires et adaptés aux besoins de leur époque il y a 80 ans. Toutefois, avec l'augmentation du trafic et de la demande, il est nécessaire de faire circuler beaucoup plus de trains qu'auparavant. Par conséquent, la SNTF doit installer l'ERTMS pour améliorer les performances et augmenter les capacités de circulation du réseau existant**.**

XIII.5.1 Définition du système ERTMS :

(European Railways Traffic Management System signifie en Français système européen de la gestion de la circulation ferroviaire) est un système de signalisation ferroviaire numérique qui a été mis en place pour harmoniser et standardiser les systèmes de signalisation et de contrôle des trains à travers l'Europe



Figure XIII.2 le système de contrôle des trains ERTMS

- **Fonctionnement d'ERTMS :**

Le système ERTMS repose sur des balises au sol qui communiquent avec un autre système embarqué à bord des trains. Contrairement aux anciennes versions, l'ERTMS permet une transmission continue de la position et de la vitesse du train via une antenne. Grâce à ce système, les informations relatives à l'accélération, au freinage et à l'arrêt sont transmises de manière directe et continue au conducteur du train, qui peut ainsi ajuster sa conduite à tout moment. Cette technologie permet d'augmenter la vitesse et la densité des trains circulant sur la voie, offrant ainsi la possibilité de faire passer plus de trains par heure et d'améliorer la fluidité du trafic ferroviaire.

Dans notre projet de la nouvelle ligne Tissemsilt –Boughezoul Le type de système de signalisation choisi par le maitre d'ouvrage est ERTMS.

XIII.6 Conclusion

Avec l'avènement des outils informatiques de plus en plus performants, le domaine de la signalisation ferroviaire a connu un développement important ces dernières années. Cela a grandement contribué à la diminution des accidents et à la facilité de circulation du matériel roulant sur les rails.

Chapitre XIV
Etude d'impact sur l'environnement

XIV Etude d'impact sur l'environnement

XIV.1 Introduction

Pour réaliser une étude d'impact sur l'environnement d'un projet ferroviaire dans la région de HASSI FEDOUL et celle de SIDI LADJEL, il est nécessaire de mener une analyse approfondie des différents aspects environnementaux qui pourraient être affectés par ce projet. Voici quelques éléments qui pourraient être pris en compte dans une telle étude :

1. **Impacts sur la biodiversité** : La construction d'une voie ferrée peut affecter la faune et la flore de la région. Il faudra donc étudier les différentes espèces présentes dans la zone et déterminer les impacts potentiels sur leur habitat, leur migration et leur reproduction.
2. **Impacts sur les ressources en eau** : La construction d'une voie ferrée peut nécessiter l'utilisation de grandes quantités d'eau. Il sera donc important d'évaluer les besoins en eau du projet et de s'assurer que cela n'aura pas d'impact négatif sur les ressources en eau de la région.
3. **Impacts sur les sols** : La construction d'une voie ferrée peut entraîner la perturbation des sols, notamment en raison de la création de tranchées et de la mise en place de remblais. Il faudra donc évaluer les impacts potentiels sur la qualité des sols et la stabilité des pentes.
4. **Impacts sur l'air** : La construction et l'exploitation d'une voie ferrée peuvent entraîner des émissions de poussières, de gaz d'échappement et de bruit. Il sera donc important de mesurer ces impacts potentiels sur la qualité de l'air de la région.
5. **Impacts sur les communautés locales** : La construction et l'exploitation d'une voie ferrée peuvent avoir des impacts sociaux et économiques sur les communautés locales. Il faudra donc évaluer ces impacts potentiels et proposer des mesures pour minimiser les impacts négatifs et maximiser les avantages pour les communautés locales.

Une fois que toutes les informations pertinentes auront été collectées et analysées, il sera possible de déterminer les impacts potentiels du projet ferroviaire sur l'environnement de la région de HASSI FEDOUL et de SIDI LADJEL.

XIV.2 Analyse De L'état initial :

XIV.2.1 Environnement physique :

XIV.2.1.1 Situation

La zone d'étude fait partie de Daïra de SIDI LADJEL exactement au nord-ouest de la ville de Djelfa avec une distance de 136,2 km.

XIV.2.1.2 Climat

Le climat de la région d'étude est de type méditerranéen. Avec un été chaud et sec et un hiver froid. Les températures annuelles varient de 10° à 35°, les précipitations atmosphériques sont de 16 à 120mm en hiver et de 0 à 55mm en été

XIV.2.1.3 Relief

La zone d'étude se situe dans région des hauts plateaux dont l'altitude moyenne est 740 m

XIV.2.2 Ressources et potentialités

XIV.2.2.1 Ressource en eau

XIV.2.2.1.1 Ressource en eaux de surfaces

Les ressources en eaux de surface de la région sont limitées en raison du faible taux de précipitation annuel et de l'évaporation rapide de l'eau. Néanmoins, la région dispose de quelques ressources en eaux de surface :

1. **Les Oueds** : Les oueds de la région sont caractérisés par un réseau hydrographique, bien hiérarchisé, développé autour de l'oued Touil, qui provient de l'Atlas saharien et se dirige vers le Nord pour atteindre la retenue de régulation de Boughzoul, cet oued est le seul exoréique de la wilaya de Djelfa , les autres principaux Oueds sont Oued Belhadra et Feid EL Botma.

2. **Les sources** : La région dispose également de quelques sources, en particulier dans les zones montagneuses, qui fournissent de l'eau pour les habitants locaux et pour l'irrigation.

XIV.2.2.1.2 Ressource en eaux souterraines

Les ressources en eau souterraines sont représentées par une nappe profonde de l'albien dont la profondeur varie de 150 à 300 mètres. Il s'agit d'une nappe dont les capacités sont méconnues par manquer d'une couverture hydrogéologique sur la zone d'étude. Il est à signaler que les eaux de cette nappe sont chargées en sel, ce qui a poussé les services de l'hydraulique à procéder à une amenée d'eau potable à partir d'EI Khemis.

XIV.2.3 Habitats et biodiversité

XIV.2.3.1 Végétation Et Flore :

Les espèces végétales les plus courantes dans la région sont des arbustes, des herbes et des plantes adaptées aux conditions arides. Parmi les espèces végétales courantes dans la région, on trouve notamment l'alfa (Stipa tenacissima), une plante herbacée utilisée comme fourrage pour le bétail, ainsi que des arbustes tels que le genévrier (Juniperus phoenicea), le pistachier (Pistacia atlantica) et le tamaris (Tamarix spp.).

En dehors de ces espèces, il y a d'autres types de végétation qui se trouvent dans les oasis et les zones autour des cours d'eau, tels que les palmiers dattiers, les oliviers et les amandiers ainsi que des terres agricoles dédiées aux pommiers et au nectariniers .

XIV.2.3.2 La Faune :

La faune dans la région est constituée d'animaux adaptés aux conditions de vie difficiles, tels que les animaux qui ont une faible demande en eau et qui sont capables de supporter des températures élevées. Voici quelques

1. **Les reptiles** : Les reptiles tels que les lézards, les serpents et les tortues sont communs dans la région. Les espèces rencontrées sont notamment le lézard ocellé, le lézard des murailles et la vipère de l'Atlas.

2. **Les oiseaux** : Les oiseaux de proie sont particulièrement présents dans la région, notamment l'aigle de Bonelli, le faucon crécerelle, les pigeons, le milan noir et l'autour des palombes.

3. **Les mammifères** : Les mammifères sauvages les plus courants dans la région sont les chacals, les renards, les lapins et les lièvres. Il y a également des hyènes, des sangliers

et des gazelles, mais leur présence est plus rare, ainsi Les moutons et les vaches élevés par les habitants de la région.

4. **Insectes** : Les régions semi-arides sont également riches en insectes adaptés à ces environnements tel que des papillons, des sauterelles, des scarabées et une variété d'autres insectes.

XIV.2.4 Indicateurs Socio-économiques

Selon le recensement de la population effectué en 2008, la population de la Daïra de Sidi Ladjel était d'environ 54 000 habitants sur une surface de 3 300 km² on peut dire 16 habitants par Kilomètres carrés. Depuis lors, la population a probablement augmenté, mais il n'y a pas de chiffres officiels plus récents disponibles.

XIV.2.4.1 Agriculture

L'agriculture dans cette région une activité économique importante est principalement axée sur la culture des céréales, notamment le blé et l'orge, ainsi que sur l'élevage de bovins, ovins et caprins. Produit également des légumineuses, des olives, des dattes, et des fruits secs tels que les amandes et les figues ainsi que des pommes et des nectarines. L'élevage est également une activité importante dans la région, les éleveurs locaux produisent du lait, de la viande et des peaux d'animaux pour la vente.

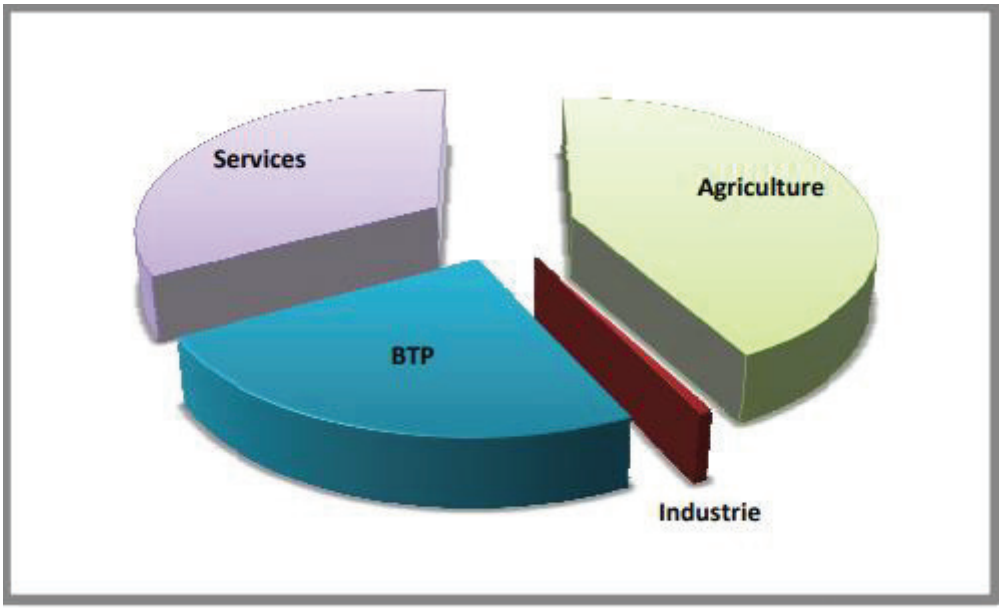


Figure XIV.1 Répartition de la population active selon les secteurs économique dans la région

XIV.3 Identification et description des impacts

XIV.3.1 Les impacts positifs du projet :

Le projet de construction d'une nouvelle ligne de chemin de fer aura un impact significatif sur la wilaya de Djelfa, en contribuant au développement sécuritaire, économique et touristique de la région. Les avantages potentiels de cette nouvelle voie sont nombreux :

- Renforcement du réseau ferroviaire local, permettant une meilleure connectivité entre les villes et les villages environnants ;
- Réponse aux besoins croissants en termes de confort et de sécurité pour les déplacements ;

- Contribution à la croissance du secteur touristique en permettant aux visiteurs de se déplacer plus facilement dans la région ;
- Stimulus pour le développement économique de la région en ouvrant de nouvelles opportunités pour les entreprises locales ;
- Création d'emplois temporaires pendant la construction de la ligne, ainsi que des emplois durables pour l'entretien et l'exploitation de la ligne.

XIV.3.2 Les impacts négatifs :

XIV.3.2.1 Effets sur les ressources naturelles et sur les écosystèmes :

Les ressources naturelles concernées par les effets du tracé sont :

- L'air.

- L'eau

- La faune et la flore.

XIV.3.2.1.1 L'air :

Le fonctionnement des moteurs à combustion interne diesel entraîne des émissions de polluants gazeux ainsi que l'évaporation d'hydrocarbures, ce qui contribue à la pollution de l'air. Les effets de cette pollution sur la santé humaine sont multiples, allant des nuisances sensorielles telles que le bruit et les odeurs, à l'irritation des voies respiratoires et des yeux, ainsi que d'autres effets toxiques. En ce qui concerne l'environnement, les effets de la pollution diesel se manifestent principalement par une altération de la végétation et du patrimoine.

XIV.3.2.1.2 L'eau

Le risque sur les chantiers peut provenir de divers engins tels que les excavatrices, les bulldozers, les camions et autres véhicules utilisés sur le chantier. Ces engins peuvent causer des fuites de gasoil, d'huile, et même des vidanges sauvages, entraînant une pollution de l'environnement. En outre, les équipements lourds tels que les centrales à béton utilisées pour la fabrication des travers et des bâtiments pour les gares peuvent également être sources de risques. Par conséquent, il est essentiel de mettre en place des mesures préventives pour réduire les risques sur les chantiers et minimiser leur impact sur l'environnement.

XIV.3.2.1.3 La faune et la flore :

Parmi les différents types d'atteintes au patrimoine, nous allons nous concentrer sur l'impact des nouvelles infrastructures ferroviaires sur la faune sauvage. Les animaux ont des itinéraires précis reliant les zones où ils se nourrissent et trouvent de l'eau à des endroits où ils peuvent se réfugier et se reproduire. Lorsque de nouvelles infrastructures ferroviaires perturbent ces itinéraires, les animaux cherchent à les rétablir et sont souvent amenés à traverser les voies, ce qui peut entraîner des accidents graves. C'est pourquoi il est important de prendre en compte les besoins des animaux lors de la conception et de la construction de nouvelles infrastructures ferroviaires, en prenant des mesures pour minimiser l'impact sur la faune sauvage et prévenir les accidents.

XIV.3.2.1.4 Effets sur les activités humaines :

La nouvelle ligne ferroviaire HADDI FEDOUL SIDI LADJEL a des effets sur l'occupation des sols et les déplacements des personnes permet ces effets on cite :

- Une perte de l'espace agricole

- Une coupure de l'espace agricole environ Cinque terrain agricoles

- Une déstructuration du parcellaire

- Une interruption des circulations agricoles

- Une coupure des réseaux de drainage et d'irrigation

-Une coupure d'électricité pour une maison à côté de la voie ferrée exactement au niveau de PK 56.

XIV.4 Les mesures prises pour minimiser les impacts :

1. L'impact sur la qualité de l'air

Impact	Mesure
Travaux de terrassement entraînent l'émission de poussières et de particules de différentes tailles.	-Pour éviter la dispersion de poussières, il est nécessaire d'arroser les pistes en période de vent fort et de temps sec. -Il est conseillé de ne pas effectuer les opérations de chargement et de déchargement de matériaux pendant les périodes de vent fort. -La vitesse de circulation des engins doit être réduite à 30 km/h dans les zones où la poussière est un problème. -Les stockages temporaires de matériaux pulvérulents doivent être couverts ou protégés contre le vent.
D'épandage et le malaxage liants hydrauliques	-Il est interdit d'épandre lorsque le vent dépasse 40 km/h. -Il ne faut pas circuler sur des surfaces qui viennent d'être traitées. -Les épandeurs doivent être étanches pour éviter les fuites lors du transport des produits.

2. Impacts sur les eaux superficielles et les eaux souterraines :

Impact	Mesure
Impacts sur les eaux souterraines -Il existe un risque de pollution dû aux rejets directs d'eaux de lavage et d'eaux usées. -Une mauvaise gestion des déchets peut entraîner des risques de pollution. -Le rabattement des nappes phréatiques par pompage peut entraîner une baisse du niveau de celles-ci et modifier le régime d'écoulement des eaux souterraines.	-Il est recommandé de végétaliser rapidement les talus, fossés et berges de cours d'eau pendant la saison favorable. -Les eaux de chantier doivent être traitées dans des bassins de décantation/filtration temporaires avant d'être rejetées dans les cours d'eau sensibles. -Après décantation, les rejets provenant des captages doivent être évacués en aval de leur aire d'alimentation. -En cas de dépôt de fines après un orage, il est important de nettoyer immédiatement le chantier.
Impacts sur les eaux superficielles -Les dérivations des écoulements sont à surveiller durant la construction de l'ouvrage. -La pollution des eaux. -L'érosion des talus en cours de création.	-Les eaux de ruissellement issues des terrassements doivent être collectées et drainées vers des bassins de décantation avant d'être rejetées dans le cours d'eau. -Le stockage du carburant, la maintenance et le confinement du matériel doivent se faire sur des aires aménagées à cet effet. -Il est recommandé de mettre en place une toile ou grille de protection dans les secteurs sensibles à l'érosion.

3. Impacts sur la flore :

Impact	Mesure
- Les déboisements pendant les travaux. -La circulation des engins le long du projet en construction donne des impacts environnementaux. -Le dépôt temporaire de matériaux	-Plutôt que de déboiser, il convient de déplacer les arbres si nécessaire. -Les dépôts de matériaux doivent être évités dans les zones humides. -Pour limiter la propagation de la poussière, il est recommandé d'arroser les voies de circulation sur le chantier par temps sec.

4. Impacts sur la faune :

Impact	Mesure
-L'installation d'une infrastructure étrangère peut avoir lieu dans une	-Mise en place de barrières pour protéger la faune le long des passages

zone habitée par des espèces animales protégées. -Il y a un risque de perturbation lié au bruit et aux vibrations qui peuvent être engendrés par les travaux**.**	forestiers ou des zones de colonisation faunistique. -Réduction modérée de l'impact des vibrations au fil du temps. -Création de passages pour les animaux.

5. Impacts sur les habitants :

Impact	Localisation	Mesure
-Une difficulté de reliée des câbles d'électricité pour alimenter une maison en cours de construction	PK 56	-pas de solution pour l'instant
-Travers des terrains agricoles	Le long de tracé	-Crée des ponts routiers pour permettre aux agriculteurs de déplacé des deux côtes de rail

Remarque : Dans notre zone, il n'y a actuellement aucune habitation, ce qui signifie qu'il n'y a aucun impact de nuisance sonore pendant la phase de construction ou d'exécution.

XIV.5 Conclusion

Une étude d'impact sur l'environnement bien menée pour un projet de voie ferrée permet de minimiser les impacts négatifs sur l'environnement et de garantir la durabilité du projet tout en assurant la protection de l'environnement.

Chapitre XV

Devis estimatif quantitatif

XV Devis estimatif quantitatif

XV.1 Introduction

Un devis estimatif quantitatif est un document utilisé dans le domaine de la construction et des travaux publics pour évaluer les coûts d'un projet. Il fournit une estimation détaillée des quantités de matériaux, de la main-d'œuvre et des équipements nécessaires pour mener à bien les travaux.

Tableau XV-1 Devis estimatif quantitatif

N°DES PRIX	DESIGNATIONS	UNITE	PRIX UNITAIRE	QUANTITÉ	MONTANT
1 - INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER					
1-1	Amenée du matériel et installation général du chantier	F	685 106 900,00	1	685 106 900,00
1-2	Repli du matériel et des installations du chantier	F	27 280 700,00	1	27 280 700,00
1-3	Encadrement de chantier	F	60 363 900,00	1	60 363 900,00
TOTAL INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER					772 751 500.00
2 - ETUDES D'EXECTION					
2-1	Études d'exécution des terrassements généraux	F	98 915 584,00	1	98 915 584,00
	Études d'exécution des travaux de voie	F	83704285,00	1	83 704 285,00
2-2	Études d'assainissement	F	22 329 545,00	1	22 329 545,00
2-3	Études d'exécution des Bâtiments voyageurs et aménagement extérieur	F	9 500 000,00	1	9 500 000,00
TOTAL ETUDES D'EXECTION					214 449 414,00
3 - TERRASSEMENT GENEREAUX					
3-1	Décapage de terre végétale sur épaisseur de 0.2 m	M3	450,00	169517,5	76 282 875,00
3-2	Remblais d'apport en matériaux sélectionné	M3	850,00	676092	547 678 200,00
3-3	Déblais mise en dépôt	M3	700,00	83405	57 172 570,00
3-7	Couche de forme	M3	1 500,00	98811,4	148 217 100,00
3-8	Sous ballast	M3	4 500,00	31464	141 588 000,00

TOTAL TERRASSEMENT GENEREAUX					970 938 745
4 - DRAINAGE ET ASSAINISSEMENT					
4-1	Buses de tuyaux en béton armé diamètre 1500mm	ML	63 000,00	27.2	1 713 600,00
4-2	Buses de tuyaux en béton armé diamètre 1200mm	ML	50 000,00	13.6	680 000,00
4-3	Fossé de plateforme en béton armé	ML	16 500,00	37 400,00	617 100 000,00
4-4	Dalot en béton armé type 1; coupe transversale 2,50 X 2,50 m/2 cellule	M3	147 000,00	32.5	4 777 500,00
TOTAL DRAINAGE ET ASSAINISSEMENT					624 271 100,00
5 - TRAVAUX DE VOIE					
5-1	Ballastage voie nouvelle	M3	8 000,00	36327,4	290 979 200,00
5-2	Fourniture des traverses bi-bloc	U	13 500,00	29167	393 754 500,00
5-3	Fourniture des rails NEUFS UIC 60 (60,34 kg/m)	Tonne	241 400,00	2111,900	509 812 660,00
5-4	Fourniture des attachés pour rails UIC 60	U	1 200,00	58334	70 000 800,00
5-5	Pose de la voie	ML	8 200,00	17500	143 500 000,00
5-6	Fourniture semelle cannellée (200x165x9)	U	243,00	58334	14 175 162,00
5-7	Libération des contraintes du LRS	ML	2 100,00	17500	36 750 000,00
5-8	Soudage aluminothermique	U	19 200,00	1945	37 344 000,00
5-9	Soudage électrique	U	17 980,00	122	2 193 560,00
5-10	Fourniture d'un ADV UIC 60-500-1:12 DD	U	25 000 000,00	2	50 000 000,00
5-11	Fourniture d'un ADV UIC 60-500-1:12 DG	U	25 000 000,00	2	50 000 000,00
5-12	Fourniture d'un ADV UIC 60-190-1:9 DD	U	22 000 000,00	1	22 000 000,00
5-13	Fourniture d'un ADV UIC 60-190-1:9 DG	U	22 000 000,00	1	22 000 000,00
5-14	pose d'un ADV UIC 60-500-1:12 DD	U	1 000 000,00	2	2 000 000,00
5-15	pose d'un ADV UIC 60-500-1:12 DG	U	1 000 000,00	2	2 000 000,00
5-16	pose d'un ADV UIC 60-190-1:9 DD	U	800 000,00	1	800 000,00
5-17	pose d'un ADV UIC 60-190-1:9 DG	U	800 000,00	1	800 000,00
TOTAL TRAVAUX DE VOIE					1 648 109 882
6 – BATIMENTS AMENAGEMENT ET TRAVEAUX DE VOIE (GARE)					

6-1	Réalisation du bâtiment Voyageurs de la gare de SIDI LADJEL	U	7 703 800,00	1	7 703 800,00
6-2	Réalisation des travaux d'aménagement extérieur de la gare de SIDI LADJEL	U	198 417 950,00	1	198 417 950,00
6-3	Réalisation des travaux de voie pour la gare	F	154 014 000,00	-	154 014 000,00
6-4	Heurtoir	U	940 680,00	2	1 881 360,00
6-5	Les quais	M3	22 700,00	8442	191 633 400,00
TOTAL BATIMENTS AMENAGEMENT ET TRAVEAUX DE VOIE (GARE)					553 650 510
7-LES OUVRAGES D'ART					
7-1	Passage supérieure	U	210 544 828,00	4	842 179 312,00
TOTAL DES OUVRAGE D'ART					842 179 312,00
8-LA SIGNALISATION					
8-1	Signalisation				484 037 500,00
TOTAL DE SIGNALISATION					484 037 500,00
TOTAL GENERAL (DA) HT					6 110 387 963,00
TOTAL AVEC TVA (19%)					7 271 361 676,000

XV.2 Montant total en TTC :

Sept milliards deux cent soixante et onze millions trois cent soixante et un mille six cent soixante-seize.virgule zéro.Dinars .

Chapitre XVI

Planification de notre projet

XVI Planification de projet

XVI.1 Introduction

La planification d'un projet est une étape essentielle pour assurer sa réussite. Cela implique l'organisation méthodique des différentes tâches, ressources et délais nécessaires à la réalisation du projet. Que vous planifiiez un projet de grande envergure ou une simple tâche, une planification efficace permet de maximiser les chances de succès et de minimiser les risques.

XVI.2 L'objectif de la planification

L'objectif principal de la planification d'un projet est de définir clairement les étapes nécessaires à sa réalisation, d'établir un calendrier réaliste et de déterminer les ressources requises. Cela implique souvent la création d'un plan de projet détaillé qui identifie les objectifs, les livrables attendus, les dépendances entre les différentes tâches, les ressources nécessaires et les échéanciers.

Pour notre projet on a utilisé un logiciel de planification 'MS PROJECT'

XVI.3 MS Project

Microsoft Project (ou MS Project ou MSP) est un logiciel de gestion de projets édité par Microsoft.

L'un des principaux avantages de MS Project est sa capacité à créer un diagramme de Gantt, qui offre une visualisation claire et structurée de toutes les tâches du projet, de leur séquence et de leur durée. Cela permet aux responsables de projet et aux membres de l'équipe de comprendre rapidement l'enchaînement des tâches et de planifier les ressources en conséquence.

XVI.4 Mode de calcul MS Project

Calcule le travail chronologique sur une tâche en tant que somme du travail pour toutes les ressources affectées. Cela est basé sur l'étendue d'affectation, le nombre de ressources affectées et les unités d'affectation pour les ressources affectées.

XVI.5 Le schéma explicatif de programme proposé (planche N^0 6)

XVI.6 Conclusion

L'utilisation du logiciel MS Project dans la planification d'un projet offre de nombreux avantages. Ce logiciel puissant et polyvalent permet de gérer efficacement toutes les phases d'un projet, de la définition des tâches à la gestion des ressources et des délais.

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce projet de fin d'études a été une excellente occasion pour nous d'appliquer les connaissances que nous avons acquises tout au long de notre cursus afin de résoudre des problèmes concrets. En Algérie, avec le lancement de grands projets d'infrastructures de transport visant à stimuler l'économie et développer les différents réseaux tels que l'autoroute Est-Ouest, les voies ferrées et le métro d'Alger, il est indéniable que ces projets auront des répercussions positives sur le développement du pays.

Notre étude porte sur le tracé et les installations ferroviaires, en raison de leur position stratégique. Dans notre approche, nous avons veillé à respecter toutes les normes existantes, car il est crucial de ne pas les négliger. Nous avons également pris en compte le confort et la sécurité des utilisateurs, ainsi que les aspects économiques et environnementaux, afin de réaliser un travail de qualité.

Ce projet de fin d'études nous a permis d'approfondir nos connaissances et de comprendre tous les problèmes techniques pouvant se présenter dans un projet ferroviaire. De plus, il nous a permis de développer nos compétences en informatique grâce à l'utilisation de logiciels tels que AutoCAD, Covadis , Global Mapper, Google Earth , MS Project … etc.

Référence bibliographique

[1] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire_des_chemins_de_fer

[2] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire_des_chemins_de_fer_alg%C3%A9riens

[3] : Centre de recherche appliquée en génie parasismique, RPOA 2003

[4] : Etude APD de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique avec une vitesse 220 Km/h entre Boughezoul - Djelfa sur un tronçon du PK136+00au PK141+00 avec conception de la gare intermodale d'Ain Oussera – Kouah Med Amin Walid © ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba.

[5] : Référentiels techniques SNTF

[6] : Rapport géotechnique (SETI- RAIL)

[7] : Cours hydraulique et assainissement de Mr. Rhmani ENSTP

[8] : Selon le guide d'assainissement routier Stéra

[9] : Cour géologie de l'Algérie université farhat abbes 'SETIF'

[10] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Transport_ferroviaire_en_Alg%C3%A9rie

[11] : Rapport géologique (SETI-RAIL)

Annexes

Annexe 1. Listing de la géométrie Axe en plan

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	88.00°	2753,248	55+000.000	438963,926	3922261,939
Clothoïde 1	Paramètre	800,000	80,000	57+753.248	441715,492	3922358,149
Arc 1	Rayon	8000.000 m	602,953	57+833.248	441795,439	3922361,078
	Centre X	441475.912 m				
	Centre Y	3930354.694 m				
Clothoïde 2	Paramètre	-800,000	80,000	58+436.201	442396,433	3922407,831
Droite 2	Gisement	83.11°	4000,373	58+516.201	442475,871	3922417,301
Clothoïde 3	Paramètre	-721,110	80,000	62+516.574	446447,322	3922897,468
Arc 2	Rayon	-6500.000 m	2212,778	62+596.574	446526,763	3922906,907
	Centre X	447267.236 m				
	Centre Y	3916449.222 m				
Clothoïde 4	Paramètre	721,110	80,000	64+809.352	448725,414	3922783,550
Droite 3	Gisement	103.32°	1564,347	64+889.352	448803,300	3922765,284
Clothoïde 5	Paramètre	632,456	80,000	66+453.699	450325,587	3922404,972
Arc 3	Rayon	5000.000 m	1274,139	66+533.699	450403,484	3922386,753
	Centre X	451516.162 m				
	Centre Y	3927261.376 m				
Clothoïde 6	Paramètre	-632,456	80,000	67+807.838	451668,205	3922263,688
Droite 4	Gisement	87.80°	2558,796	67+887.838	451748,154	3922266,547
Clothoïde 7	Paramètre	479,583	100,000	70+446.635	454305,063	3922364,815
Arc 4	Rayon	2300.000 m	1448,165	70+546.635	454404,957	3922369,379
	Centre X	454266.689 m				
	Centre Y	3924665.219 m				
Clothoïde 8	Paramètre	-479,583	100,000	71+994.799	455730,351	3922891,045
Droite 5	Gisement	49.23°	1905,130	72+094.799	455806,557	3922955,793
				73+999.929	457249,435	3924199,827
Longueur totale de l'axe 18999.929 mètre(s)						

ANNEXE 2. Listing de la géométrie de profil en long

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	-0.30 %	1494,197	55+000.249	761,561
Cercle 1	Rayon	-160000.000 m	480,078	56+494.446	757,078
	Sommet Absc.	56+014.450 m			
	Sommet Alt.	757.798 m			
Pente 2	Pente	-0.60 %	491,200	56+974.525	754,918
Cercle 2	Rayon	90000.000 m	199,029	57+465.725	751,970
	Sommet Absc.	58+005.767 m			
	Sommet Alt.	750.350 m			
Pente 3	Pente	-0.38 %	1077,018	57+664.754	750,996
Cercle 3	Rayon	-150000.000 m	993,998	58+741.772	746,915
	Sommet Absc.	58+173.417 m			
	Sommet Alt.	747.992 m			
Pente 4	Pente	-1.04 %	701,146	59+735.770	739,855
Cercle 4	Rayon	90000.000 m	525,046	60+436.916	732,552
	Sommet Absc.	61+374.328 m			
	Sommet Alt.	727.670 m			
Pente 5	Pente	-0.46 %	4847,093	60+961.962	728,615
Cercle 5	Rayon	-150000.000 m	956,379	65+809.055	706,406
	Sommet Absc.	65+121.778 m			
	Sommet Alt.	707.980 m			
Pente 6	Pente	-1.10 %	1038,459	66+765.433	698,975
Cercle 6	Rayon	20000.000 m	211,761	67+803.893	687,595
	Sommet Absc.	68+023.047 m			
	Sommet Alt.	686.394 m			
Pente 7	Pente	-0.04 %	1221,592	68+015.654	686,395
Cercle 7	Rayon	100000.000 m	268,480	69+237.246	685,944
	Sommet Absc.	69+274.212 m			
	Sommet Alt.	685.937 m			
Pente 8	Pente	0.23 %	619,591	69+505.726	686,205
Cercle 8	Rayon	-10000.000 m	72,308	70+125.318	687,639
	Sommet Absc.	70+148.469 m			
	Sommet Alt.	687.666 m			
Pente 9	Pente	-0.49 %	238,037	70+197.626	687,545
Cercle 9	Rayon	10000.000 m	84,551	70+435.663	686,375
	Sommet Absc.	70+484.819 m			
	Sommet Alt.	686.255 m			
Pente 10	Pente	0.35 %	1589,543	70+520.213	686,317
Cercle 10	Rayon	-20000.000 m	71,508	72+109.756	691,943
	Sommet Absc.	72+180.544 m			
	Sommet Alt.	692.068 m			
Pente 11	Pente	-0.00 %	1772,046	72+181.264	692,068
				73+953.310	692,005
Longueur totale de l'axe 18953.061 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 18953.335 mètre(s)					

ANNEXE 3. Etude géologique et géotechnique

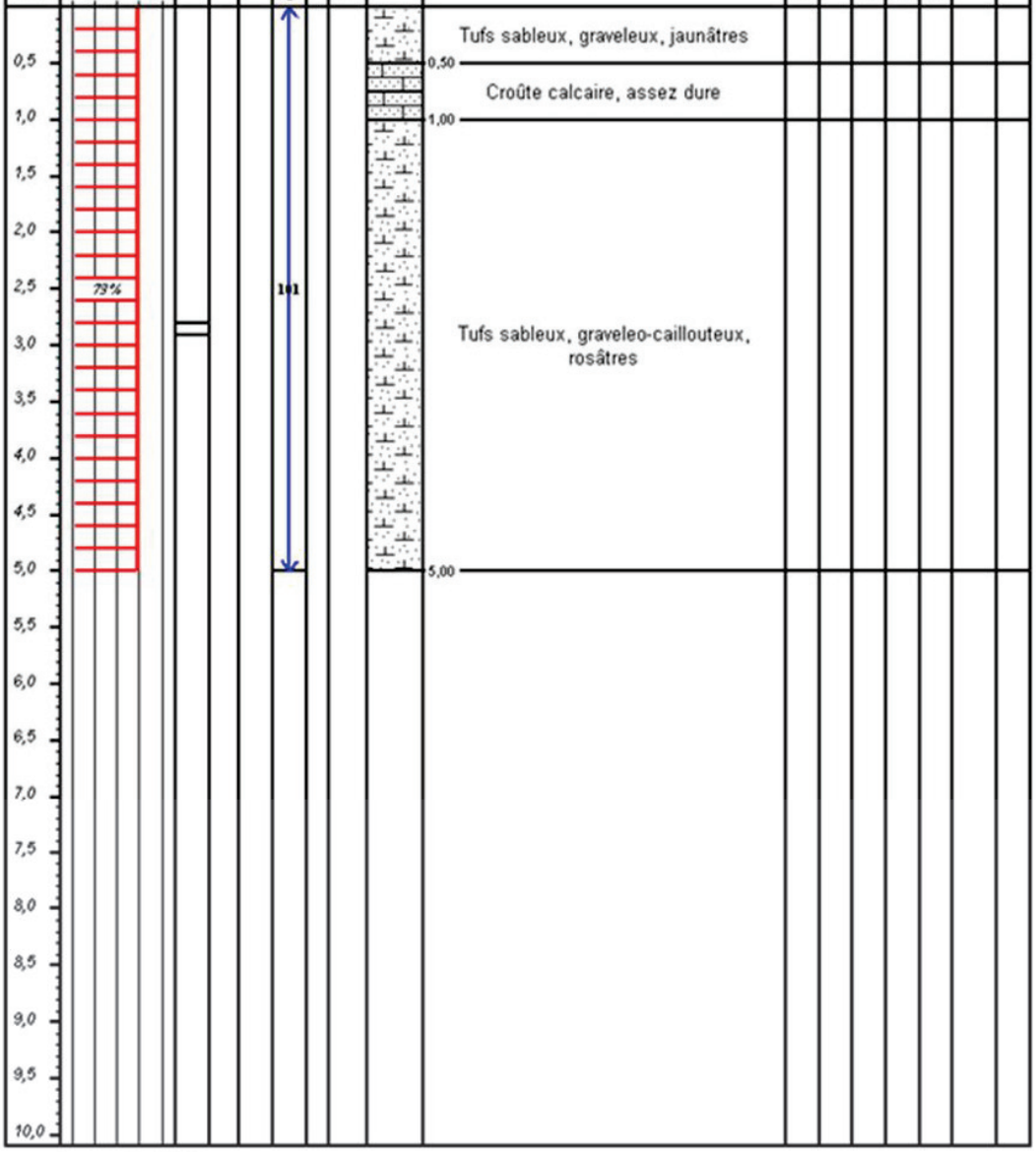
Un sondage de puit

المخبر المركزي للأشغال العمومية
LABORATOIRE CENTRAL DES TRAVAUX PUBLICS

RAPPORT DE FORAGE Sondage N°: TB2425

ETUDE : Investigation géotechnique pour les travaux de réalisation de la ligne ferroviaire à voie unique
LIEU : Boughezoul - Tessemsilt
CLIENT : ENGOA

DATE DEBUT : 03.01.2012 PROFONDEUR TOTALE : 5 ML BOUE DE FORAGE : Eau
DATE FIN : 03.01.2012 COORDONNEES : X = 457 370.841 Y = 3 924 342.371 TYPE FORAGE : Carotté
NIVEAU NAPPE : m Z = TYPE DE MACHINE : Teredo



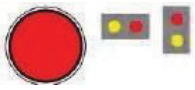
Programme : Soltest 2007 ©

ANNEXE 4. Signalisation ferroviaire

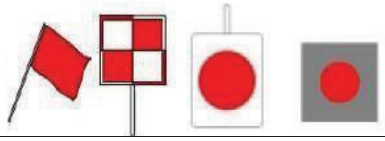
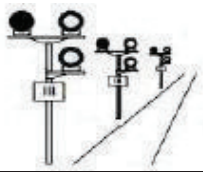
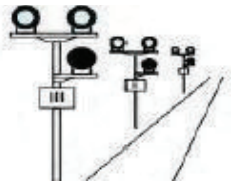
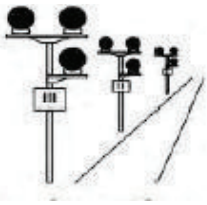
Les principaux signaux ferroviaires et leur indication dans BAPR.

Signal	Indication	Signalisation Lumineuse	Signalisation mécanique
Signal ouvert Voie libre	Le Voie Libre indique au conducteur que la circulation en marche normale est autorisée		
Le feu vert Clignotant (VL)	Il commande au Mécanicien de réduire la vitesse à 160 km/h		
Carré fermé + feux De nuit	Le carré commande l'arrêt et ne doit en aucun cas être franchi.		
Feu violet ou Carré Violet fermé + feu de Nuit	Commande l'arrêt, il est installé sur les voies de service, son ouverture seule.		
Guidon d'arrêt			
Sémaphore/feu Rouge	Il commande au mécanicien de s'arrêter avant le signal		
Feu rouge clignotant	Marche sans dépasser la vitesse de 15 km/h au franchissement de ce signal		

ANNEXE 4. Signalisation ferroviaire

Feu blanc	**Il commande ou confirme au conducteur l'observation de la marche en manœuvre**		
Feu blanc clignotant	**Il interdit dans tous les cas le départ en ligne d'un train**		
Les feux de heurtoir	**Ils servent à repérer de nuit, ou en gare, les heurtoirs de fin de voie**		
L'avertissement/feu jaune	**Il commande au mécanicien de pouvoir s'arrêter avant les signaux suivants :** **Carré, sémaphore, carré violet, un rouge clignotant**		
Le feu jaune Clignotant(A)	**Il commande au mécanicien d'être en mesure de s'arrêter avant le signal annoncé à distance réduite par le signal suivant.**		
Le disque D	**Il commande au mécanicien de marquer l'arrêt au premier signal ou aiguillage rencontré**		
La bande lumineuse **Jaune horizontale**	**Il commande au conducteur d'être en mesure de s'arrêter à quai sur une distance réduite**		

ANNEXE 4. Signalisation ferroviaire

Le ralentissement 30 Fermé	**Limiter la vitesse à 30 km/h Pour franchir une aiguille**		
Le rappel 30 fermé			
Le ralentissement et rappel 60 km/h	**Limiter la vitesse à 60 km/h Pour franchir une aiguille**		
Signal	**Indication**	**Signalisation**	
Le signal d'arrêt à main	**Il commande l'arrêt immédiat**		
Signal lumineux de manœuvre type S.N.C. F	**L'allumage alterné de deux feux blancs sur une ligne Verticale**		
	Refouler par l'allumage alterné de deux feux blancs sur une ligne horizontale		
	Arrêter par l'extinction complète des feux présentés.		
Le signal fin de caténaire	**Fin de caténaire**		

ANNEXE 4. Signalisation ferroviaire

Tableau de signalisation moderne

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