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

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Etude APD d'une ligne ferroviaire à voie unique TISSEMSILT-BOUGHEZOUL Du PK 19+400 jusqu'au PK 35+000 avec la conception de la gare de COLONEL BOUGARA

Présenté par :

LACHEB SAMI
ZIDI ABDENOUR

Encadré par :

Mr. DAHMANE FARES
Mme. BELHADJ FATMA ZOHRA

Promotion 2024/2025

© ENSTP-FJ - Garidi - Vieux Kouba

SOMMAIRE

I CHAPITRE : INTRODUCTION GÉNÉRALE 1
II Chapitre : CHEMINS DE FER EN ALGERIE 2
II.1 Introduction 2
II.2 Les avantages de chemin de fer 2
II.3 Réseaux ferroviaire algérienne 2
II.4 Conclusion 4
III CHAPITRE : PRESENTATION DU PROJET 5
III.1 Introduction 5
III.2 Présentation du projet 5
III.3 Présentation de la zone d'étude 6
III.3.1 Présentation géographie de la zone 6
III.3.2 Relief 6
III.3.3 Climat 6
III.3.4 Sismicité 6
III.4 Objectif du projet 7
III.5 Caractéristiques du traçons projeté 7
III.6 Caractéristique de la voie 7
III.7 Conclusion 8
IV CHAPITRE : SUPERSTRECTURE DE LA VOIE 9
IV.1 Introduction 9
IV.2 Les composantes de la voie 9
IV.2.1 Les rails 9
IV.2.2 Les traverses 11
IV.2.3 Les attaches 12
IV.2.4 L'appareil de voie 12
IV.3 Conclusion 13
V CHAPITRE : TRACE EN PLAN 14
V.1 Introduction 14
V.2 Tracé en plan 14
V.2.1 Norme et paramètres de conception géométrique 14
V.2.2 Conditions et règles à respecter dans le tracé en plan 14

V.2.3 Les éléments de tracé en plan 15
V.2.4 Les paramètres géométriques.....17
V.2.5 Application sur le projet 18
V.3 Conclusion.....20
VI CHAPITRE : PROFIL EN LONG.....21
VI.1 Introduction 21
VI.2 Les éléments de composition de profil en long 21
VI.2.1 Déclivité maximale.....21
VI.2.2 Choix des cercles.....21
VI.2.3 Choix des alignements droits 22
VI.3 Application sur le projet 23
VI.4 Conclusion.....23
VII CHAPITRE : ÉTUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE.....24
VII.1 Introduction 24
VII.1.1 Végétation.....24
VII.1.2 Géologie.....24
VII.1.3 Objectifs.....24
VII.2 Étude hydrologique 24
VII.2.1 Présentation la zone hydraulique 24
VII.2.2 Caractéristiques climatiques et pluviométriques.....25
VII.2.3 Caractéristique de bassin versant 28
VII.3 ETUDE HYDRAULIQUE.....35
VII.3.1 Facteur influençant le choix des ouvrages hydrauliques 35
VII.3.2 Dimensionnement des ouvrages transversale 36
VII.3.3 Ouvrages d'assainissement longitudinaux.....39
VII.4 Conclusion.....40
VIII CHAPITRE : ETUDE GÉOLOGIQUE ET GÉOTECHNIQUE.....41
VIII.1 Introduction.....41
VIII.2 Étude géologique.....41
VIII.2.1 Introduction.....41
VIII.2.2 La géologie régionale 41
VIII.2.3 La géologie locale.....42
VIII.2.4 La sismicité de la zone d'étude 42

VIII.3 Étude géotechnique 43
VIII.3.1 Introduction 43
VIII.3.2 Programme d'investigation géotechnique 43
VIII.3.3 Essais in situ 43
VIII.3.4 Essais au laboratoire 46
VIII.3.5 Les résultats des essais 48
VIII.4 Conclusion 49
IX CHAPITRE: ASSISE FERROVIAIRE 50
IX.1 Introduction 50
IX.2 Couches d'assise 50
IX.2.1 Le ballast 50
IX.2.2 Sous couche 50
IX.2.3 La plateforme 50
IX.3 Conclusion 53
X CHAPITRES : PROFIL EN TRAVERS 54
X.1 Introduction 54
X.2 Les éléments de profil en travers 54
X.3 Etablissement de profil en travers type 54
X.3.1 Elément de l'infrastructure 54
X.3.2 Elément de la superstructure 54
X.3.3 Elément du talus 54
X.3.4 Elément d'assainissement 55
X.4 Le profil en travers du projet d'étude 55
X.5 Conclusion 55
XI CHAPITRE : TERRASSEMENT ET OUVRAGE D'ART 56
XI.1 Introduction 56
XI.2 Terrassement 56
XI.2.1 Stabilité des talus 56
XI.2.2 Compactage 57
XI.2.3 Calcule des terrassements 57
XI.3 Les ouvrages d'art 58
XI.3.1 Influence sur le choix du type d'ouvrage 58
XI.3.2 Les croisements avec la route 58

XI.3.3 Les ouvrages d'art du notre projet 58
XI.4 Conclusion 59
XII CHAPITRE : CONCEPTION DE LA GARE 60
XII.1 Introduction 60
XII.2 Conception générale des gares 60
XII.2.1 Condition de conception des gares 60
XII.3 Installation d'une gare a voyageurs 61
XII.4 Garage franc : 61
XII.5 Heurtoir 62
XII.6 Caractéristiques géométriques des gares 62
XII.6.1 Longueur utile d'une voie de stationnement 62
XII.6.2 Déclivité dans les gares 63
XII.6.3 Les quais 63
XII.6.4 Appareils de voie 64
XII.7 Application au projet 66
XII.7.1 Caractéristiques géométriques de la gare 66
XII.8 Assainissement de la gare 67
XII.8.1 Assainissement transversale 67
XII.8.2 Assainissement longitudinal 67
XIII CHAPITRE : SINGALISATION FERROVIAIRE 68
XIII.1 Introduction 68
XIII.2 Objectifs de la signalisation 68
XIII.3 Les risques des circulations ferroviaire 68
XIII.4 Les signaux 69
XIII.5 Implantation des signaux en Algérie 69
XIII.6 Les différents types de blocks 69
XIII.6.1 Block manuel (BM) 69
XIII.6.2 Le block automatique à permissivité restreinte (B.A.P.R) 69
XIII.6.3 Le block automatique lumineux (B.A.L) 69
XIII.7 Système de cantonnement 70
XIII.8 Les principaux signaux ferroviaires et leur indication : 70
XIII.9 Système de contrôle et de protection ERTMS : 73
XIII.9.1 Les fonctions D'ERTMS 74

XIII.10 Application sur notre projet 75
XIII.11 Conclusion 76
XIV CHAPITRE : L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT 77
XIV.1 Introduction 77
XIV.2 Analyse de l'état initial 77
XIV.2.1 Environnement physique 77
XIV.2.2 Environnement biologique 77
XIV.2.3 Environnement socioculturel 78
XIV.3 Identification et description des impacts 78
XIV.3.1 Les impacts positifs du projet 78
XIV.3.2 Les impacts négatifs du projet : 78
XIV.4 Les mesures prises pour minimiser les impacts 79
XIV.4.1 Impact sur la qualité de l'air : 79
XIV.4.1 Impact sur les eaux 80
XIV.4.2 Impact sur la flore 80
XIV.4.3 Impact sur la faune : 81
XIV.4.4 Impact sur les habitats 82
XIV.5 Conclusion 83
XV CHAPITRE : DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF 84
XVI CONCLUSION GÉNÉRALE 86

Liste des figures

FIGURE II-1:RÉSEAU FERROVIAIRE ALGÉRIEN À L'HORIZON 2015 3
FIGURE III-1 LOCALISATION DE PROJET 6
FIGURE IV-1:PROFILE DE RAIL UIC60 E1 10
FIGURE IV-2:TRAVERSE BI-BLOC 11
FIGURE IV-3:TRAVERSE EN BOIS 11
FIGURE IV-4: ATTACHE ÉLASTIQUE DE TYPE NABLA 12
FIGURE IV-5:APPAREIL DE VOIE (UIC-60 500-1 : 12) 13
FIGURE V-1: LES ÉLÉMENTS DE TRACÉ EN PLAN 15
FIGURE V-2:RACCORDEMENT DE DÉVERS 17
FIGURE VII-1 CARTE DE SITUATION DE LA RÉGION D'ÉTUDE 25
FIGURE VII-2 PLUVIOMÉTRIE DE LA ZONE 26
FIGURE VII-3 AJUSTEMENT STATISTIQUE À LA LOI DE GUMBEL 27
FIGURE VII-4 LA DÉLIMITATION DES BASSINS VERSANTS SUR LES CARTES D'ÉTAT-MAJOR 29
FIGURE VII-5 VALEUR DE K1 ET K2 DE MÉTHODE HAZAN LAZARAVIC 35
FIGURE VIII-1: CARTE GÉOLOGIQUE DU PROJET 41
FIGURE VIII-2:CARTE SISMIQUE DE L'ALGÉRIE 42
FIGURE XII-1: GARAGE FRANC 61
FIGURE XII-2: HEURTOIR 62
FIGURE XII-3: LONGUEUR UTILE 63
FIGURE XII-4:ELÉMENTS CONSTITUTIFS D'UN APPAREIL DE VOIE 64
FIGURE XII-5:IMPLANTATION D'UN APPAREIL DE VOIE SANS CONTRAINTES. 65
FIGURE XII-6:IMPLANTATION D'UN APPAREIL DE VOIE AVEC CONTRAINTES. 65
FIGURE XIII-1:SCHÉMA ILLUSTRATIF DE CANTON. 70
FIGURE XIII-2LES TROIS NIVEAUX ERTMS : 75

Liste des figures

FIGURE II-1:RÉSEAU FERROVIAIRE ALGÉRIEN À L'HORIZON 2015 3
FIGURE III-1 LOCALISATION DE PROJET 6
FIGURE IV-1:PROFILE DE RAIL UIC60 E1 10
FIGURE IV-2:TRAVERSE BI-BLOC 11
FIGURE IV-3:TRAVERSE EN BOIS 11
FIGURE IV-4: ATTACHE ÉLASTIQUE DE TYPE NABLA 12
FIGURE IV-5:APPAREIL DE VOIE (UIC-60 300-1:9) 13
FIGURE IV-6:APPAREIL DE VOIE (UIC-60 500-1 : 12) 13
FIGURE V-1: LES ÉLÉMENTS DE TRACÉ EN PLAN 15
FIGURE V-2:RACCORDEMENT DE DÉVERS 17
FIGURE VII-1 CARTE DE SITUATION DE LA RÉGION D'ÉTUDE 25
FIGURE VII-2 PLUVIOMÉTRIE DE LA ZONE 26
FIGURE VII-3 AJUSTEMENT STATISTIQUE À LA LOI DE GUMBEL 27
FIGURE VII-4 LA DÉLIMITATION DES BASSINS VERSANTS SUR LES CARTES D'ÉTAT-MAJOR 29
FIGURE VII-5 VALEUR DE K1 ET K2 DE MÉTHODE HAZAN LAZARAVIC 35
FIGURE VIII-1: CARTE GÉOLOGIQUE DU PROJET 41
FIGURE VIII-2:CARTE SISMIQUE DE L'ALGÉRIE 42
FIGURE XII-1: GARAGE FRANC 61
FIGURE XII-2: HEURTOIR 62
FIGURE XII-3: LONGUEUR UTILE 63
FIGURE XII-4:ELÉMENTS CONSTITUTIFS D'UN APPAREIL DE VOIE 64
FIGURE XII-5:IMPLANTATION D'UN APPAREIL DE VOIE SANS CONTRAINTES. 65
FIGURE XII-6:IMPLANTATION D'UN APPAREIL DE VOIE AVEC CONTRAINTES 65
FIGURE XIII-1:SCHÉMA ILLUSTRATIF DE CANTON. 70
FIGURE XIII-2LES TROIS NIVEAUX ERTMS : 75

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU V-1:LONGUEUR MINIMALE DES ÉLÉMENTS DE TRACÉ....16
TABLEAU V-2:PARAMÈTRE GÉOMÉTRIQUE DE TRACE EN PLAN (SNTF)....17
TABLEAU V-3: VITESSE DU PROJET 17
TABLEAU V-4:TABLEAU RÉCAPITULATIVE DES PARAMÈTRES DE TRACE....19
TABLEAU VI-1:PARAMÈTRES GÉOMÉTRIQUES DE PROFIL EN LONG 21
TABLEAU VI-2:VALEURS DE RAYON VERTICALE MINIMALE 22
TABLEAU VI-3:LONGUEUR MINIMALE DES DÉCLIVITÉS 22
TABLEAU VI-4 : PARAMÈTRES GÉOMÉTRIQUES DE PROFIL EN LONG (SNTF)....23
TABLEAU VII-1 LES PLUIES MAXIMALES JOURNALIÈRES....26
TABLEAU VII-2 VALEUR DU PARAMÈTRE DE MONTANA POUR LES DIFFÉRENTES PÉRIODES DE RETOUR 27
TABLEAU VII-3 VALEUR DES INTENSITÉS POUR LES DIFFÉRENTES PÉRIODES DE RETOUR....28
TABLEAU VII-4 LES CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES DES BASSINS VERSANTS....30
TABLEAU VII-5 VALEURS DE $\boldsymbol{C1}$ 30
TABLEAU VII-6 VALEURS DE $\boldsymbol{C}2$ 31
TABLEAU VII-7 VALEURS DE $\boldsymbol{C}3$ 31
TABLEAU VII-8 RÉSULTATS DE CALCUL DES TEMPS DE CONCENTRATION 32
TABLEAU VII-9 LES DÉBITS DE CRUE RETENUS POUR UNE PÉRIODE DE RETOUR 35
TABLEAU VII-10 VALEURS DE KS SELON SETRA 36
TABLEAU VII-11 LES RÉSULTATS DE MÉTHODE MANNING STRICKLER....37
TABLEAU VII-12 LES RÉSULTATS DE MÉTHODE MANNING STRICKLER POUR UN DÉBIT EXCEPTIONNELLE 37
TABLEAU VII-13 LISTE DES OUVRAGES 38
TABLEAU VII-14 LISTE DES BUSES D'ÉQUILIBRE 38
TABLEAU VIII-1:PROGRAMME D'INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE....43
TABLEAU VIII-2:RÉSULTATS DES PUIS DE RECONNAISSANCE 44
TABLEAU VIII-3:TABLEAU RÉCAPITULATIF DES RÉSULTATS DES ESSAIS D'IDENTIFICATION ET DE PROPRETÉ DES SOLS 46
TABLEAU VIII-4: TABLEAU RÉCAPITULATIF DES ESSAIS MÉCANIQUES....47
TABLEAU VIII-5:TABLEAU RÉCAPITULATIF DES ESSAIS CHIMIQUES....48
TABLEAU VIII-6: CLASSIFICATION DE SOL SELON GTR ET UIC....48
TABLEAU IX-1:A CLASSE LA PORTANCE DE LA PLATE-FORME (NORMES UIC 719R)....51
TABLEAU IX-2:DIMENSIONNEMENT DE LA COUCHE D'ASSISE.....52
TABLEAU IX-3:ÉPAISSEURS DES COMPOSANTS DE LA STRUCTURE D'ASSISE.....53
TABLEAU XI-1 RÉCAPITULATIF DES VOLUMES DES COUCHES D'ASSISE ET COUCHE DE FORME 57
TABLEAU XI-2 RÉCAPITULATIF DES VOLUMES DE TERRASSEMENT 57
TABLEAU XI-3 LES OUVRAGES D'ART PROJETÉS SUR NOTRE TRONÇON 59
TABLEAU XII-1:LES CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES DU QUAI (SNTF° 63
TABLEAU XII-2: LES LONGUEURS UTILES....66
TABLEAU XII-3:LES DIMENSIONS DES QUAIS. 66
TABLEAU XIII-1:LES PRINCIPAUX SIGNAUX FERROVIAIRES ET LEUR INDICATION....70
TABLEAU XIV-1 ENVIRONNEMENT PHYSIQUE DE LA RÉGION....77
TABLEAU XIV-2 LES MESURES PRISES POUR MINIMISER LES IMPACTS SUR LA QUALITÉ DE L'AIRE 79
TABLEAU XIV-3 LES MESURES PRISES POUR MINIMISER LES IMPACTS SUR LES EAUX....80
TABLEAU XIV-4 LES MESURES PRISES POUR MINIMISER LES IMPACTS SUR LA FLORE 80
TABLEAU XIV-5 LES MESURES PRISES POUR MINIMISER LES IMPACTS SUR LA FAUNE 81
TABLEAU XIV-6 LES PASSAGES SUPÉRIEURS 81
TABLEAU XIV-7 LES BUSES D'ÉQUILIBRE 82
TABLEAU XIV-8 LES MESURES PRISES POUR MINIMISER LES IMPACTS SUR LES HABITATS....82

TABLEAU XV-1 DEVIS ESTIMATIF QUANTITATIF 84

ABRÉVIATION

ANESRIF : Agence Nationale d'Étude et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires.
SNTF : Société Nationale des Transports Ferroviaires.
UIC : Union Internationale des Chemins de fer.
RPOA : Règlement Parasismique des Ouvrages d'Art.
ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.
A.P.D : Avant-Projet Détaillé.
NPHE : Niveau des Plus Haut Eaux.
PK : Point kilométrique.
TN : Terrain Naturel.
BV : Bassin versant.
IDF : Intensité - Durée – Fréquence.
H/V : Horizontal / Vertical.
VBS : Essai bleu de méthylène.
PU : Puit de reconnaissance.
B.V : Bâtiment Voyageurs.
ADV : Appareil De Voie.
GF : Garage Franc
Lu : Longueur Utile.
ERTMS : Européen Railways Traffic Management System.

REMERCÎMENTS :

Avant tout, nous exprimons notre gratitude envers Dieu pour le courage

etla volonté qu'il nous a accordés pour mener à bien ce travail.

Nos remerciements vont à :

Mr DAHMANE Fares et Mme BELHADJ, qui ont accepté de superviser nos travaux et nous ont prodigué leurs conseils avisés.

À mes professeurs et enseignants qui ont partagé leurs connaissances et m'ont inspiré tout au long de mon parcours académique.

Au groupe de GCB pour leur soutien et leurs commentaires tout au long dela période de stage, en particulier à Mr DAHMANE Fares, Mr MADANI Sami, Mr Haddadou Tarek et Mr GADINAROU Faycel.

À Mr MORSLI, Mr HAMADI et MR AMIEUR, ainsi qu'à tout le personnel de l'ENSTP,pour leurs précieux conseils et leurs efforts, notamment Mme MAKOUDI et Mme BOURBIA.

À l’ensemble du personnel de SETIRAIL Algérie, en particulier à Mr BOUNMOUCHIARA Salah et à Mme SERRIDJI Widad, pour leur accueil chaleureuxet leur partage généreux de leur expérience professionnelle.

Mes sincères remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'évaluer notre travail et en le enrichissant de leurs suggestions.

Dédicace

Nous dédions ce travail :

À Nos chers parents,
Nous sommes profondément reconnaissants pour tous les sacrifices consentis, l'amour indéfectible, la tendresse, le soutien inconditionnel et les prières qui nous ont accompagnés tout au long de notre parcours académique.

À Nos frères et sœurs,
Nous vous adressons toute notre gratitude pour votre soutien constant et vos encouragements qui ont été une source d'inspiration précieuse pour nous.

À Nos chers amis

Ali, Zinedine, Nadir, Hany, Chakib et Islem, mes amis de toujours.

À notre encadreur et à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.

À tous les collègues de la promotion 2025 de l’ENSTP.

RÉSUMÉ

Le présent projet consiste essentiellement à l'étude avant-projet détaillé (A.P.D) d'un tronçon de la nouvelle ligne ferroviaire Tissemsilt- Bougazoul (tronçon du Pk19+400 au Pk 35+000), avec conception de la gare de Colonel Bougara.

Les caractéristiques techniques les plus appropriées de la ligne ferroviaire proposée ont été déterminées sur la base des recommandations et des pratiques suivies par la Société Nationale de Transport Ferroviaire (SNTF) et conformément aux normes de l'Union Internationale des Chemins de Fer (UIC), la modélisation géométrique du projet a été réalisée à l'aide du logiciel Civil 3d.

ملخص

يتكون المشروع الحالي بشكل أساسي من دراسة التصميم الأولية التفصيلية (APD) لجزء من خط سكة حديد تيسمسيلت - بغزول الجديد (المقطع من Pk 19 + 400 إلى Pk 35 + 000)، مع تصميم محطة العقيد بوقارة.
تم تحديد أنسب الخصائص التقنية لخط السكك الحديدية المقترح على أساس التوصيات والممارسات التي تتبعها الشركة الوطنية للنقل بالسكك الحديدية (SNTF) ووفقا لمعايير الاتحاد الدولي للسكك الحديدية (UIC)، تم تنفيذ النمذجة الهندسية للمشروع باستخدام برنامج Civil 3D.

SUMMARY

This project is mainly to study detailed design (APD) of a section of the new railway line Tissemsilt- Bougazoul (the section from Pk 19+400 to Pk 35+000), with conception of the station Colonel Bougara.

The most appropriate technical characteristics of the proposed railway line were determined onthe basis of the recommendations and practices followed by the National Railway Transport Company (SNTF), and in accordance with the standards of the International Union of Railways (UIC). Geometric modelling of the project was carried out using Civil 3D software

I CHAPITRE : INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le développement des infrastructures de transport joue un rôle fondamental dans la croissance économique et la cohésion territoriale d'un pays. Parmi les différents modes de transport, le chemin de fer occupe une place stratégique grâce à sa capacité à transporter de grandes quantités de marchandises et de passagers de manière fiable, sécurisée et respectueuse de l'environnement.

En Algérie, l'espace ferroutier subit une dynamique de modernisation et d'extension ciblée pour renforcer l'enchevêtrement du territoire, créditer l'amélioration de la mobilité, et accompagner le développement des enclaves. Ainsi, le design et le développement de projet ferroutiers sont un objet majeur, à la fois sur les plans technique et économique.

Face à la vaste étendue du territoire algérien, le développement d'un réseau ferroviaire répondant aux besoins du pays était une nécessité impérieuse. Ainsi, l'Algérie a entrepris plusieurs programmes visant à construire de nouvelles lignes et à étendre celles existantes afin d'améliorer les capacités de transport. Bien que certaines régions demeurent encore isolées, le réseau ferroviaire algérien est aujourd'hui l'un des plus vastes du continent africain, avec une vision ambitieuse des autorités publiques visant à connecter toutes les villes du pays via le réseau ferroviaire. Actuellement, ce réseau s'étend sur plus de 4 700 km, avec des perspectives de développement et d'optimisation continues.

Dans le contexte de le national efforts à développer le réseau ferroviaire, Algérien autorités intention à réaliser nouvelle connexion, parmi eux le ligne Tissemsilt–Boughezoul, d'un total longueur de 130 km.

Notre présent projet de fin d'étude consiste à faire une étude avant-projet-détaille d'un tronçon appartenant à cette ligne situe dans la wilaya de Tissemsilt sur un linéaire de 15 km allant du PK 19+400 jusqu'au PK 35+000, incluant la conception de la gare de la colonel Bougara.

CHAPITRE II : CHEMIN DE FER EN ALGERIE

II CHAPITRE : CHEMINS DE FER EN ALGERIE

II.1 Introduction :

Le transport est un service nécessaire pour de nombreuses activités de la vie courante c'est un élément important dans le développement d'un pays donc l'être humain a toujours chercher de le développer il est même devenu de plus en plus sa préoccupation majeure, il essaie toujours d'exploiter la totalité de l'espace par le transport routier, chemins de fer, transport aérien et maritimes. Le chemin de fer est une invention spectaculaire qui se présente dans la civilisation humaine depuis la révolution industrielle en l'Europe dans le IX ème siècle. Il englobe le métro, le tramway et la voie ferrée. En Algérie le transport ferroviaire a fait ses débuts à la fin du XIXe durant la colonisation française de l'Algérie.

II.2 Les avantages de chemin de fer

Le chemin de fer présente plusieurs avantages par rapport aux autres moyens de transport on peut citer :

- Possibilité de remorquer des charges élevées car le contact métal sur métal limite à une faible valeur la résistance au roulement.
- Rapidité et sécurité vis-à-vis des accidents car le dépassement est impossible, absence des obstacles.
- Un débit supérieur à celui d'une autoroute à 4 voies.
- Coût de transport réduit par rapport au transport routier.

II.3 Réseaux ferroviaire algérienne

Le programme de développement du chemin de fer en Algérie a pour objectif de moderniser et d'élargir le réseau ferroviaire du pays, tout en renforçant ses performances opérationnelles et sa compétitivité dans le domaine des transports. Depuis 2009, des progrès significatifs ont été réalisés.

D'après SNTF on a eu les informations des réseaux ferroviaire algérienne suivante :

- La construction et la rénovation de 1 383 km de voies.
- La remise en service de 767 km de voies pour le transport de passagers.
- L'électrification de près de 400 km de voies.

Le réseau ferroviaire a été accompagné par l'acquisition et la mise en service de :

- 64 trains électriques automoteurs pour desservir la banlieue d'Alger, avec une fréquentation quotidienne atteignant déjà 100 000 passagers.
- 17 autorails desservant principalement les lignes du Nord de l'Algérie.
- 275 locomotives diesel-électrique.

En parallèle de la finalisation des 1 551,5 km de nouvelles lignes ferroviaires actuellement en construction, il est également prévu la création de 5 900 km de nouvelles voies, y compris deux boucles ferroviaires dans le Sud-Est et le Sud-Ouest de l'Algérie. Cela permettra ultimement d'établir un réseau ferroviaire algérien interconnecté, comme le montre la carte ci-dessous :

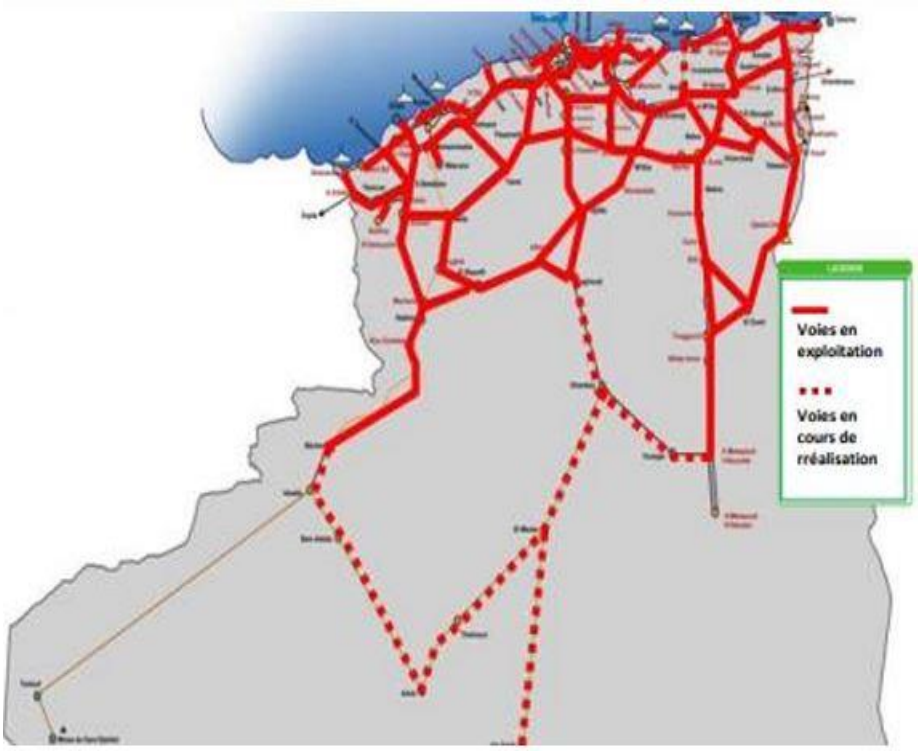


Figure II-1:Réseau ferroviaire algérien à l'horizon 2015

La longueur des lignes de chemin de fer en Algérie a connu un développement significatif entre 2023 et 2024. L'Algérie a investi activement dans l'expansion de son réseau ferroviaire. En 2023, plus de 700 km de lignes de chemin de fer ont été mises en service. De plus, l'Algérie a alloué 3,2 milliards de dollars à la construction de lignes de chemin de fer, visant à étendre la longueur totale de son réseau ferroviaire national à 15 000 km d'ici 2030, par rapport aux 4 722 km actuels. Cette expansion comprend des projets tels que le chemin de fer reliant Tindouf à Bechar, un corridor à voie unique de 950 km en cours de construction, prévu pour être achevé d'ici 2026. De plus, l'Algérie collabore avec la Chine pour développer un réseau ferroviaire qui desservira des zones désertiques reculées, renforçant l'activité économique et assurant la mobilité des citoyens.

II.4 Conclusion

Le réseau ferroviaire algérien est plus ou moins dense au niveau des grandes villes et les grands centres industriels, le trafic de passagers et de marchandises y est plus important, mais ce mode de transport reste très minoritaire par rapport au mode de transport routier. Actuellement un grand effort d'extension et de modernisation est consenti afin d'élever substantiellement la part de marché de ce mode de transport et de garantir une équité socioéconomique entre les différentes parties de la nation.

CHAPITRE III : PRESENTATION DU PROJET

III CHAPITRE : PRESENTATION DU PROJET

III.1 Introduction

La construction du chemin de fer revêt une importance stratégique pour de multiples raisons. Elle constitue avant tout une infrastructure clé, renforçant la connectivité entre les régions et assurant le transport rapide et efficace des personnes ainsi que des marchandises sur de longues distances. Ce projet s'inscrit pleinement dans une dynamique de promotion du transport durable.

Ainsi, notre projet de chemin de fer Tissemsilt-Boughezoul est considéré comme l'un des éléments essentiels du développement économique et social, offrant des avantages durables à la fois sur le plan environnemental et socio-économique

III.2 Présentation du projet

Dans le cadre de son programme pour le développement des transports ferroviaires inscrit au plan quinquennal du secteur du transport de l 'État Algérie en, la SNTF restructure le réseau ferroviaire national en modernisant la rocade ferroviaire est- ouest (Oran- Alger- Annaba), la rocade ferroviaire des Hauts Plateaux (Aïn Touta- M'Sila - Boughezoul–Tiaret– Saida - Moulay Slissen) et les interconnexions entre les deux rocades.

La ligne à réaliser au cours du présent projet est constituée du tronçon Tissemsilt – Boughezoul de longueur L = 131,065 km. Elle fera partie de la Rocade des Hauts Plateaux, avec **l'Objectif** : renforcer la mobilité économique et stimuler ces régions stratégiques.

La ligne se trouve dans l'ouest Algérien, au sud du Massif de l'Ouarsenis. Elle permet à Boughezoul le raccordement à la ligne projetée entre Boumedfaa et Djelfa.

Les agglomérations touchées sont Colonel Bougara, Hassi Fedoul, Sidi Ladjel et Chahbounia. La ligne nouvelle à voie unique sera construite selon les standards UIC, non électrifiée ; les ouvrages d'art seront dimensionnés pour deux voies. Une électrification ultérieure a été prise en considération.

Pour la grande ville de Tissemsilt et la nouvelle ville de Boughezoul, des gares principales, combinant les installations pour voyageurs et marchandises, sont prévues ; des gares voyageuses simples sont prévues à toutes les agglomérations mentionnées plus haut; des gares de croisement sur toute la ligne.

Le présent projet a pour objet l'étude d'APD (Avant-projet détaillé) de la nouvelle ligne ferroviaire Tissemsilt-Boughezoul entre les points kilométriques Pk 19+400 jusqu'à Pk 35+000, incluant la conception de la gare de colonel Bougara



Figure III-1 localisation de projet

III.3 Présentation de la zone d'étude

III.3.1 Présentation géographie de la zone

La zone d'étude se situe entre la willaya de Tissemsilt et la Wilaya de Médéa.

Situation Géographique de Tissemsilt

La wilaya de Tissemsilt se situe dans le nord-ouest de l'Algérie, au cœur des Hauts Plateaux. Elle couvre une superficie de **3152 km²** et compte une population de **400 000 habitants** . Elle est entourée au nord par les wilayas de **Chlef** , à l'est par **Médéa**,au sud par **Tiaret et Djelfa** , et à l'ouest par **Relizane.**

Situation Géographique de Médéa

La wilaya de Médéa se situe dans le centre-nord de l'Algérie, au cœur des Hauts Plateaux. Elle couvre une superficie de **8 866 km²** et compte une population de **1 100 000 habitants** . Elle est entourée au nord par les wilayas de **Blida** , à l'est par **Bouira , M'Sila** ,au sud par **Djelfa,** et à l'ouest par **Aïn Defla** et **Tissemsilt** .

III.3.2 Relief

La zone d'étude se situe dans région des hauts plateaux dont l'altitude moyenne est 825 m

III.3.3 Climat

La zone d'étude possède un climat méditerranéen chaud avec été sec selon la classification de Köppen-Geiger. Sur l'année, la température moyenne est de 15.9°C et les précipitations sont en moyenne de 293.8 mm.

III.3.4 Sismicité

D'après les règles parasismiques applicables au domaine des ouvrages d'art (RPA, 2024) le territoire national est subdivisé en sept (07) zones de sismicité.

D'après la carte des zones sismiques la zone d'étude est située dans la zone I, caractérisé par une sismicité faible **(VOIR CHAPITRE VIII)**

III.4 Objectif du projet

L'objectif de ce projet est de :

- Déterminer une trace ferroviaire optimisée entre les deux gares
- Éliminer les déséquilibres régionaux
- Libérer les régions bloquées
- Ouvrir et intégrer différentes régions
- Développer des zones industrielles et économiques
- Réduire le temps de déplacement et renforcer la sécurité des déplacements
- Fournir des unités industrielles et promouvoir le développement de villes telles que Tissemsilt et la nouvelle ville de Boughezoul.

III.5 Caractéristiques du traçons projeté

- Longueur 16 km
- Caractéristiques géométriques selon les standards UIC
- Ligne à voie unique posée sur plate-forme une voie
- Pont-rail et pont-route prévus pour double voie
- Trafic mixte voyageurs et marchandises
- Traction actuellement diesel

III.6 Caractéristique de la voie

ÉCARTEMENT :

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

GABARIT :

Le gabarit à dégager est celui des lignes à grande vitesse, c'est-à-dire le gabarit

GC de l'UIC (y compris future caténaire en 25 KV).

CHARGES À L'ESSIEU :

- Pleine voie 20 t

- Ouvrages d'art 25t

VITESSES :

- Vitesse maximale :160 km/h

- Vitesse marchandises : 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.

SUPERSTRUCTURE :

- **Rails :** En pleine voie et en gares, rail UIC60 E1.
- **Traverse :** Traverses bi-bloc en pleine voie et voie 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 40 km/h
- UIC-60 500-1:12 avec une vitesse de 60 km/h

III.7 Conclusion

En prenant en compte les objectifs de notre projet et la géographie qui reliant Tissemsilt à bougazoul, ce projet joue un rôle central parmi les projets des chemins de fer, contribuant ainsi à l'extension du réseau national. De plus, il promeut l'investissement industriel dans la région ouest du pays

CHAPITRE IV : SUPERSTRECTURE DE LA VOIE

IV CHAPITRE : SUPERSTRECTURE DE LA VOIE

IV.1 Introduction

La superstructure de la voie de chemin de fer est le compositeur clé du système ferroviaire et y jouant un rôle crucial exécuté dans sa performance et sa durée, reposant sur la couche de forme, elle rassembler plusieurs éléments essentiels à savoir, le ballast, les rails, les traverses ainsi que les outils de voie. L'harmonie établissement entre ces différents établissements garantit la symétrie, un château compact au seuil des accès, la solidarité et la sécurité de la voie en assurant une marche fluide des circulations ferrées tout en protégé l'ensemble de l'infrastructure ferroviaire.

IV.2 Les composantes de la voie

IV.2.1 Les rails

Les rails, composites de la superstructure, sont réalisés en acier profilé et répartis en 2 lignes parallèles fixées aux traverses pour former la voie ferrée. Ils reçoivent les charges transmises par les roues des trains, et permet un roulement agréable, sécurité complémentaire. Chaque rail se divise en trois composites principes : le champignon (sommet en contact avec les roues), l'âme constitutif de la pièce centrale naturelle rigide et le patin (bas reposant sur les traverses et permanente la stabilisation générale du système).

IV.2.1.1 Le rôle des rails

Le rôle du rail dans les transports est multiple :

- Il fait un intermédiaire de transmission et de répartition des charges verticales provenant des roues vers les traverses ce qui engendrent la stabilité de voie et sécurité du train.
- Il régule le déplacement du train sur le plan transversal, en absorbe les efforts, en les transmet aux traverses, et maintient l'alignement précis du train sur la voie.
- Il fournit une surface lisse pour le roulement des roues, répartissant les forces de freinage et d'accélération, ce qui contribue à un confort de voyage accru pour les passagers.
- Il conduit l'électricité des lignes électrifiées vers le train, alimentant les moteurs de traction et fournissant l'énergie nécessaire au mouvement du train.

IV.2.1.2 Le type de rail utiliser

Dans notre projet on utilise des rails de type Vignole UIC 60 E1.

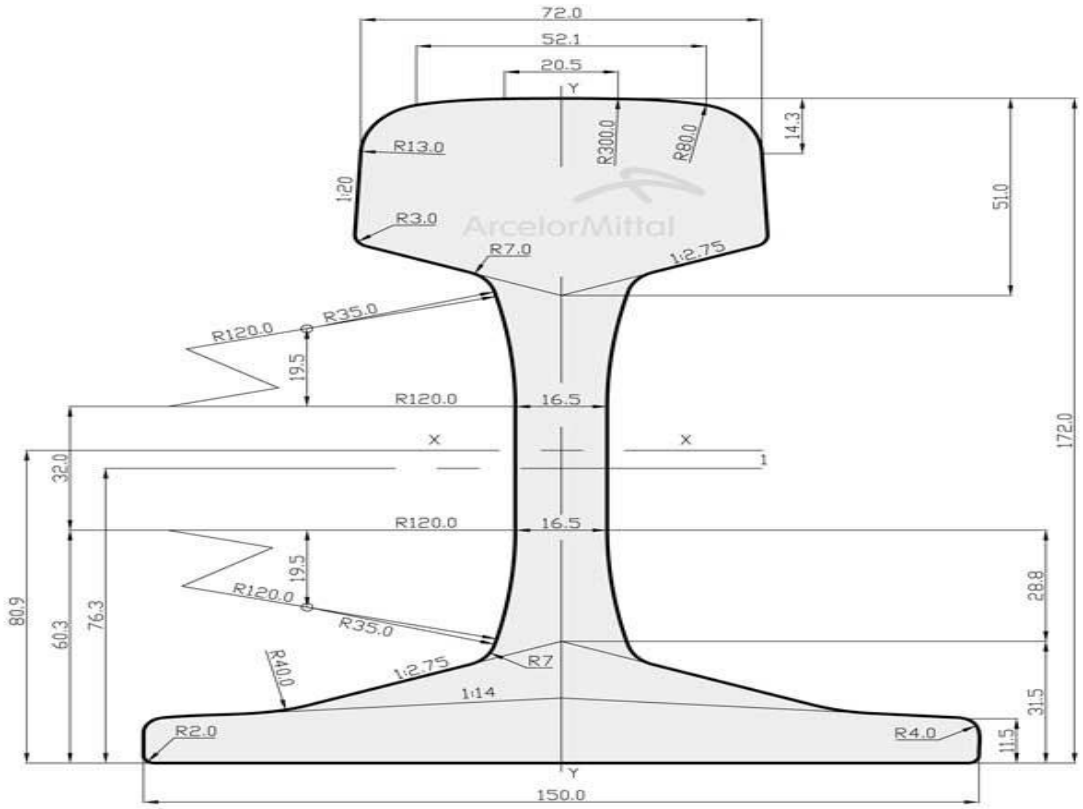


Figure IV-1:Profile de rail UIC60 E1

IV.2.1.3 Les caractéristiques de rail Vignole UIC 60 E1

- Masse : 60.21 kg/ml
- Surface de la section : 76.7 cm^2
- Hauteur de rail : 172 mm
- Largeur du patin : 150 mm
- Largeur du champignon : 72 mm
- Moment d'inertie (axe x-x) : 3038.3 cm^4
- Moment d'inertie (axe y-y) : 512.3 cm^4
- Allongement : R ≥ 10%
- Resistance à la traction : R ≥ 880 N/mm^2
- Dureté au milieu de la table de roulement : 260-300 HBW
- Épaisseur âme : 16.5 mm
- Dimension indicative B : 52.053 mm
- Dressage : classe A
- Nuance : 260 (carbone-manganèse)

IV.2.1.4 Assemblage des rails :

Il y a deux façons de joindre les rails, l'utilisation d'éclisses ou la soudure

- **Éclisse :**

Une éclisse, élément de la voie ferrée, est une pièce métallique fixée par des boulons sur les rails afin d'assurer la liaison entre deux rails adjacents

- **Soudures :**

Il y a deux types de soudures :

- La soudure électrique : utilisée soit en atelier soit sur le site, permettant de souder de longues barres
- La soudure aluminothermique : effectuée sur la voie, par une réaction chimique très exothermique, sur une charge de métal d'apport.

Dans notre projet on a utilisé la soudure en (LRS)

- Longs rails soudes (LRS) :

Les rails de notre projet seront fournis en barres de 18 mètres, qui seront soumises à une soudure électrique en atelier afin de former une barre continue d'une longueur totale de 288 mètres, appelée "LRS". Ces barres de 288 mètres seront ensuite transportées sur le site et assemblées par des soudures aluminothermiques réalisées directement sur la voie.

IV.2.2 Les traverses

Les traverses sont des pièces posées en travers de la voie, Pour maintenir l'écartement et l'inclinaison du rail et transmettre les charges au ballast. On utilise essentiellement des traverses en bois ou en béton.

IV.2.2.1 Le type des traverses utiliser dans notre projet

Les types des traverses utiliser sont du type bi bloc en pleine voie et voies de gare, et des traverses en bois pour les appareils de voie.

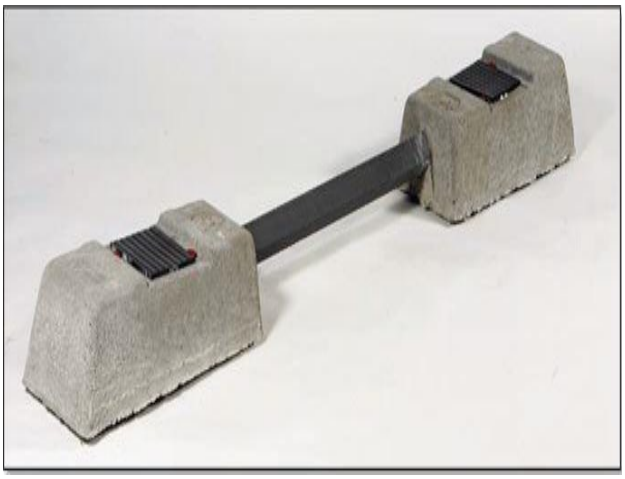


Figure IV-2:Traverse Bi-bloc



Figure IV-3:Traverse en bois

IV.2.3 Les attaches

Le système d'attaches permet de fixer le rail sur la traverse. Il existe plusieurs systèmes permettant la fixation du rail sur les traverses en béton armé, ils varient en fonction du type de traverses, du type de rail, du mode de pose de la voie (Longs Rails Soudés ou Barres Normales).

IV.2.3.1 Le rôle des attaches

Le rôle des attaches est d'assurer le serrage du rail sur les traverses, et d'absorber les vibrations dans les rails et les efforts longitudinaux et dynamique au passage des trains, garantissant ainsi le bon déroulement des opération ferroviaires

IV.2.3.2 Le type d'attache utiliser dans notre projet

Attaches élastiques de type nabla



Figure IV-4: Attache élastique de type NABLA

IV.2.4 L'appareil de voie

Un appareil de voie est un élément de la voie ferrée qui permet d'assurer le support et le guidage du matériel roulant ferroviaire sur un itinéraire donné, lorsque d'autres itinéraires en divergent où le traversent. Il permet entre autres d'assurer les bifurcations et les croisements d'itinéraires. Il peut être commandé automatiquement ou manuellement depuis un poste d'aiguillage ou bien à pied d'œuvre (sur le terrain) par une personne habilitée.

Il existe deux catégories d'aiguillages

- Les branchements
- Les traversées

- Les branchements
- Les traversées

IV.2.4.1 Les appareils de voie utilisés dans notre projet

- UIC-60 190-1 :9 avec une vitesse de 40km/h
- UIC-60 500-1 :12 avec une vitesse de 60km/h

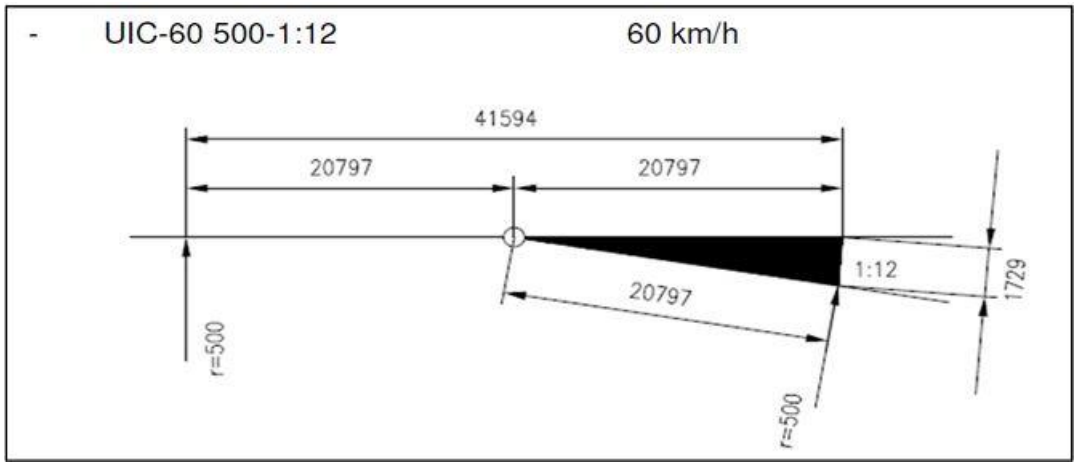


Figure IV-5:Appareil de voie (UIC-60 500-1 : 12)

IV.3 Conclusion

Le choix des différentes composantes de la voie ferrée est peut-être l'une des étapes les plus importantes, celui-ci affecte directement la réalisation finale en termes de sécurité, mais également de coût. Car la réussite économique de notre projet repose en grande partie sur la mise en place des équipements de la voie.

CHAPITRE V : TRACE EN PLAN

V CHAPITRE : TRACE EN PLAN

V.1 Introduction

La géométrie de l'étude d'une voie ferrée est une étape préliminaire dans la conception d'une ligne ferroviaire. Il facilite la définition du tracé optimal de la ligne en fonction des contraintes topographiques, techniques et économiques.

V.2 Tracé en plan

Le tracé en plan représente la projection de l'axe de la voie sur un plan horizontal est se composera de la succession judicieuse des éléments suivants : alignement droit, pleine courbe et courbe de transition.

Les caractéristiques de chaque élément du tracé en plan doivent garantir les conditions de confort et de stabilité pour les usages de la voie ferrée.

Le tracé en plan est défini par deux vitesse :

- La vitesse des trains voyageurs de 160km/h
- La vitesse des trains de marchandises de 100Km/h

V.2.1 Norme et paramètres de conception géométrique

Dans notre projet la ligne est conçue comme ligne de grande vitesse (LGV) sur voie normal, en respectant les caractéristiques géométriques selon les standards UIC 714 R

V.2.2 Conditions et règles à respecter dans le tracé en plan

Il y à des règles à respecter pour avoir un bon tracé économique, technique dans les normes ce sont :

- Éviter de passer sur les terrains agricoles, zones forestières et les sites archéologiques.
- Éviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Adapter le tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Éviter les propriétés privées pour des raisons morales et économiques (expropriations).
- Utiliser le plus possible des alignements droits et respecter la longueur minimale requise.
- Assurer la sécurité et le confort des usagers.

V.2.3 Les éléments de tracé en plan

Le tracé en plan est composé de 3 éléments :

- Des alignements droits
- Des arcs de cercle
- Des courbes de raccordement de courbures progressives

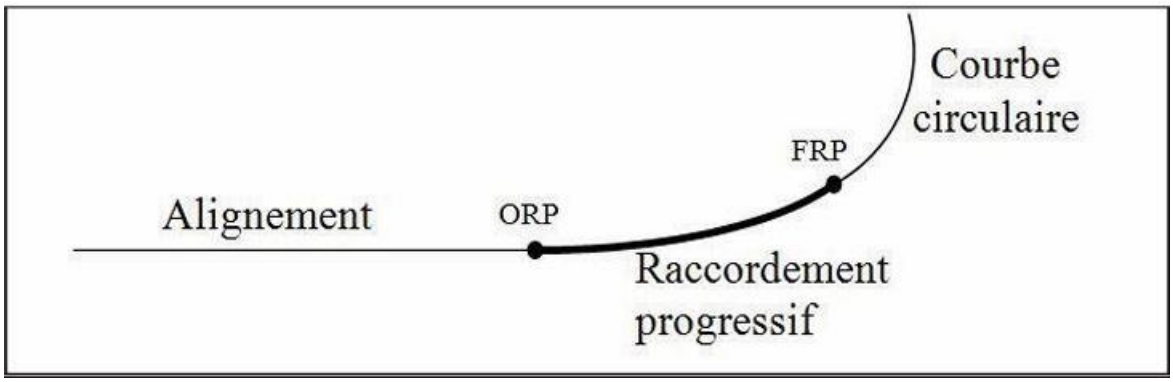


Figure V-1: Les éléments de tracé en plan

V.2.3.1 Les Alignements droits

Un alignement droit est une courbe de rayon infini (R=∞) (courbure nulle (ρ=0)) ; sur le plan technique c'est le meilleur tracé qui convient aux voies ferrées et offre le confort et la sécurité aux voyageurs.

V.2.3.2 Les courbes circulaires

Les courbes circulaires sont des segments de route dont le tracé suit une courbe de rayon constant reliant deux alignements droits dans le plan. Pour faciliter un passage fluide et sécurisé de train dans ces courbes, on accorde le dévers, qui consiste à hauteur faiblement soulever le rail extérieur par rapport au rail intérieur. Ce dispositif permet de contrebalancer la force centrifuge développée lors du passage du train, donc l'équilibre du convoi, le confort de façade et réduit l'usure des rails et de la roue. Le rayon de la courbe, associé à l'application de dévers, est déterminant dans sa contribution à assurer la sécurité de l'exploitation ferroviaire.

V.2.3.2.1 1 Dévers théorique

Pour que le véhicule, circulant en courbe, ne subisse aucune réaction transversale, la résultante 'R' doit être perpendiculaire au plan de roulement.

La valeur du dévers théorique sera donnée par la relation suivante :

$$\mathrm{Dth} = \frac{11.8 \times V^2}{R}$$

V.2.3.2.2 Dévers pratique

Le dévers réel est normalement limité à une valeur inférieure à la valeur théorique ce qui donne une insuffisance de dévers pour les trains les plus rapide, et un excès de dévers pour les

trains lents. C'est pour cela qu'on prévoit un dévers moyen (dévers normal) qui tient compte des grandes vitesses ainsi que des vitesses réduites. Sa valeur est comprise entre celle des trains rapides et celle des trains lents.

La valeur du dévers pratique sera donnée par la relation suivante :

$$\mathrm{Dp} = 1000 \times \frac{C}{R}$$

- C : coefficient de devers

  $C=0{,}006\times Vv^2$, doit être multiple de 15

Les valeurs limite du devers en voie autorisées par référentiel SNTF, sont donner dans le tableau suivant :

Tableau V-1:Longueur minimale des éléments de tracé

Paramètre	Valeur limite normal	Valeur limite exceptionnelle
Dévers maximum	160	180

V.2.3.2.3 Insuffisance de dévers

Le dévers pratique étant limité, il peut s'avérer dans certain cas insuffisant. Lorsque le dévers pratique dp installé est inférieur au dévers théorique dth nécessaire pour compenser l'accélération centrifuge, il subsiste une accélération résiduelle correspondant à la différence dth-dp. Cette différence est appelée insuffisance de dévers I. Sa valeur maximale se détermine en fonction des conditions de confort.

La limitation de l'insuffisance de dévers I est donnée par la formule ci-dessous :

$$\mathrm{I} = \mathrm{dth} - \mathrm{dp} = \frac{11.8\times Vv^2}{R} - dp < \mathrm{I_{MAX}}$$

V.2.3.2.4 Excès de dévers

Lorsqu'un de marchandise roule très lentement en courbe, il ressent le devers installe pour le train rapide comme un excès de dévers note "E". Ce type de train, pour lequel le devers théorique est inférieur au dévers pratique, exercent sur la voie des efforts transversaux diriges vers l'intérieur de la courbe.

L'excès de devers est exprimé par la relation suivante :

$$E = dp - dth = dp - \frac{11.8 \times Vm^2}{R} < E_{MAX}$$

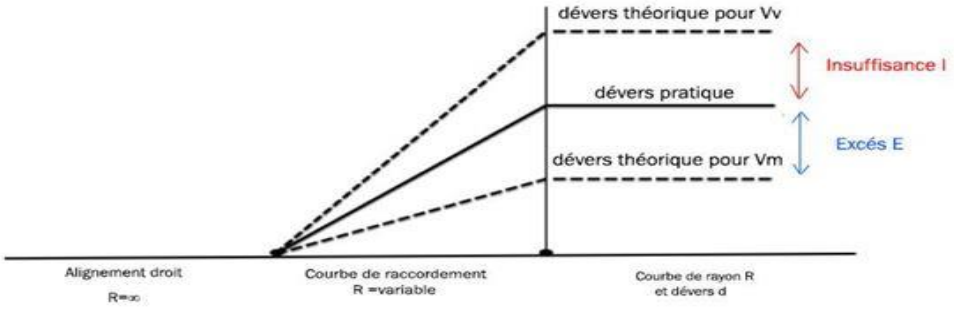


Figure V-2:raccordement de dévers

V.2.4 Les paramètres géométriques

Les paramètres géométriques sont établis selon SNTF, sont donner dans le tableau suivant :

Tableau V-2:Paramètre géométrique de trace en plan (SNTF)

		D_{max} (mm)	L_{min} (m)	I_{max} (mm)	E_{max} (mm)	R_{min} (m)	$(dd/dl)_{max}$ (mm/m)	$(dl/dt)_{max}$ (mm/s)
Formule	Normal	-	$\frac{Vmax}{2}$	-	-	$\frac{11.8 \times Vmax^2}{Dmax + Imax}$	$\frac{180}{Vmax}$	-
	Exceptionnel	-	$\frac{Vmax}{3}$	-	-	$\frac{11.8 \times Vmax^2}{Dmax + Imax}$	$\frac{216}{Vmax}$	-
Application	Normal	160	80	150	110	974	1.125	75
	Exceptionnel	180	53	160	130	888	1.35	90

Remarque : Dans notre projet on a deux vitesses

Tableau V-3: Vitesse du projet

Vitesse voyageurs Vv	160 Km/h
Vitesse marchandises Vm	100 Km/h

V.2.5 Application sur le projet

Selon SNTF pour une vitesse maximale de 160km/h le rayon minimum R_{min} = 975m, dans notre projet le tracé comporte deux courbes de rayon R=3000m

Pour illustrer le calcul des dévers et des paramètres associes, nous prenons l'exemple d'un rayon R=3000m

- Dévers théorique d_{th}

$$\text{Dth} = \frac{11.8 \times Vv^2}{R} = \frac{11.8 \times 160^2}{3000} = 100.69mm$$

- Le coefficient de dévers C

$$C=0.006\times Vv^2 = 0.006\times 160^2 = 153,6$$

La valeur de C doit être un multiple de 15 dans ce cas on prend C=165

- Dévers pratique

$$Dp = \frac{1000 \times C}{R} = \frac{1000 \times 165}{3000} = 55mm$$

On prend dp=60mm dp < dmax=160mm ⇨ Vérifier

- Insuffisance de dévers

$$I= \text{dth-dp} =100.69-60 = 40,69\text{mm}$$

$$I<Imax=150mm \Rightarrow \text{Vérifier}$$

- Excès de dévers

$$E = dp - \frac{11,8 \times Vm^2}{R} = 60 - 39.33 = 20,67$$

$$E<Emax=110mm \Rightarrow \text{Vérifier}$$

- La longueur de clothoïde

$$lrp = \frac{dp}{\frac{dd}{dl}} = \frac{dp}{\frac{180}{Vv}} = \frac{60}{\frac{180}{160}} = 53,33m$$

On prend lrp = 60m

- Limite de la variation de dévers par rapport a la longueur

$$\frac{dd}{dl} = \frac{dp}{lrp} = \frac{60}{60} = 1mm/m$$

$$\frac{dd}{dl} < \frac{180}{Vv} = 1.125 \Rightarrow \text{Vérifier}$$

- La variation d'insuffisance de dévers

$$\frac{dI}{dt} = \frac{dI}{lrp} \times \frac{Vv}{3{,}6} = \frac{40{,}69}{60} \times \frac{160}{3{,}6} = 30{,}14 mm/s$$

$$\frac{dI}{dt} < 75 mm/s \Rightarrow \text{Vérifier}$$

Tableau V-4:Tableau récapitulative des paramètres de trace

Rayon (m)	3000
Dth(mm)	100,69
C	153,6
C adopté	165
Dp(mm)	55
Dp adopté	60
I(mm)	40,69
E(mm)	20,67
Lrp(m)	53,33
Lrp adopté	60
Dd/dl(mm/m)	1
Di/dt(mm/s)	30,14

Nb1 : le tracé est réalisé à l'aide de logicielle Civil 3d et les tronçons de notre tracé en plan sont joints en plans format A0 et A3.

Nb2 : les éléments du tracé en plan sont représentés dans l'annexe A

V.3 Conclusion

On peut conclure que l'étude géométrique du tracé de la voie vise à garantir un roulement fluide des trains, capables d'atteindre une vitesse de 160 km/h. Cette étude s'appuie sur les paramètres géométriques et techniques préconisés par l'UIC et les règles de la SNTF.

CHAPITRE VI : PROFIL EN LONG

VI CHAPITRE : PROFIL EN LONG

VI.1 Introduction

Établir le profil en long du tracé est une étape fondamentale dans l'évaluation d'un projet ferroviaire, que ce soit du point de vue économique, en évaluant les travaux de terrassement, les déblais, les remblais, ainsi que la nécessité d'ouvrages d'art et de tunnels, ou du point de vue technique, en assurant la conformité aux réglementations en vigueur.

VI.2 Les éléments de composition de profil en long

VI.2.1 Déclivité maximale

Le profil en long d'une ligne ferroviaire est caractérisé par des pentes très faibles, afin de garantir des vitesses de circulation suffisantes, afin de garantir la sécurité au freinage en descente, et afin de faciliter le démarrage des trains en montée. La déclivité des tronçons droits ne doit donc pas dépasser une valeur maximale définie par la SNTF, en fonction des normes

Tableau VI-1:Paramètres géométriques de profil en long

		Normal	Exceptionnel
Déclivité Maximale	L<3000m	16‰	18‰
	3000<L<15000 m	16‰ à 13‰	18‰ à 15‰
	L>15000 m	13‰	15‰
	Gares	0	0

VI.2.2 Choix des cercles

La variation de déclivité peut engendrer une accélération verticale brusque aux extrémités du raccordement, ce qui risque d'altérer le confort des passagers en provoquant des oscillations au niveau de la suspension des véhicules.

La formule de l'accélération verticale est donnée :

$$Av = \frac{Vmax^2}{12{,}96 \times Rv}$$

Pour les vitesses inférieures à 220 km/h, l'accélération verticale maximale admissible est de 0,22 m/s² ($Av \leq 0{,}05g$). Toutefois, elle peut exceptionnellement atteindre 0,31 m/s², une valeur encore jugée acceptable du point de vue du confort des passagers.

En remplaçant les valeurs de Av dans la formule : $Rv = \frac{V^2}{3{,}6^2 \times Av}$ on obtient :

Tableau VI-2:Valeurs de rayon verticale minimale

Paramétré	Valeur limite normale	Valeur limite exceptionnelle
Rayon minimum verticale	$0.35V^2$	$0.25V^2$

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

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

VI.2.3 Choix des alignements droits

La manière dont on place les sections droites de la voie par rapport au terrain dépend de plusieurs choses : on essaie d'éviter les travaux de terrassement inutiles, de garder un bon équilibre entre remblais et déblais, et de faire en sorte que les appareils de voies ne soient pas posés sur des pentes

Quand un train enchaîne deux pentes opposées, il peut subir des secousses verticales soudaines, ce qui provoque des mouvements importants des véhicules. Cela peut gêner le confort des passagers et, à la longue, endommager les rails. C'est pour cela que les éléments du profil en long doivent respecter des longueurs minimales suivantes :

Tableau VI-3:Longueur minimale des déclivités

Paramétré	Valeurs maximale normal	Valeur maximale exceptionnelle
Longueurs minimales des déclivité	$\frac{V}{2}$	$\frac{V}{2.5}$

VI.3 Application sur le projet

Tableau VI-4 : Paramètres géométriques de profil en long (SNTF).

		Dmax				Rmin(m)	Lmin(m)
		L<3000 m	3000m<L<15000m	L>15000 m	Gare	-	-
Formule	Normal	-	-	-	-	$0.35V^2$	V/2
	Exceptionnel	-	-	-	-	$0.25V^2$	V/2.5
Application	Normal	16‰	16‰ à 13‰	13‰	0	8960	80
	Exceptionnel	18‰	18‰ à 15‰	15‰	0	6400	64

Nb1 : Des tronçons de notre profil en long sont joints en plans format A3.

Nb2 : le tracé est réalisé à l'aide de logiciel CIVIL 3D les éléments du tracé en plan sont représentés dans l'annexe B

VI.4 Conclusion

On peut dire que le profil en long joue un rôle clé dans l'étude d'un projet ferroviaire. Il permet d'avoir une vision claire des pentes, de vérifier l'harmonie entre le tracé au sol et les variations d'altitude, et d'identifier les meilleurs emplacements pour les gares, tout en tenant compte des aspects techniques et économiques

CHAPITRE VII : ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

VII CHAPITRE : ÉTUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

VII.1 Introduction

La construction d'une ligne ferroviaire entraîne des modifications du terrain, notamment par la réalisation de déblais et de remblais. Ces changements perturbent les écoulements naturels des eaux issus des précipitations ainsi que des affleurements d'eaux souterraines.

Pour garantir la stabilité de l'infrastructure et éviter tout risque d'inondation, il est essentiel de Réaliser une étude hydrologique. Cette étude comprend notamment la délimitation des bassins interceptés du projet et la description Leurs propriétés physiques, qui sont des éléments fondamentaux pour l'analyse des écoulements.

De plus, elle comprend une analyse statistique des données pluviométriques disponibles sur la zone d'étude. L'objectif est de dimensionner les ouvrages de drainage et de fournir les informations hydrauliques indispensables aux différentes disciplines impliquées dans le projet.

Du pk 19(Colonel Bougara) au pk 85(Chahbounia) le tracé se trouve en remblai et traverse des zones très évasées sans grands problèmes sur le plan de l'hydrologie.

Tissemsilt se trouve à une altitude de 866 m et Boughezoul à 660 m ce qui donne implicitement le sens des écoulements des oueds.

VII.1.1 Végétation

A l'exception de quelques broussailles la végétation est assez rare.

VII.1.2 Géologie

La majeure partie du tracé ne pose pas de difficulté d'ordre géologique ou géotechnique.

VII.1.3 Objectifs

Dans le cadre du projet de drainage de la Nouvelle Ligne à Voie Unique reliant Tissemsilt à Boughezoul, nous présentons notre étude réalisée entre les PK 19+400 et 35+000. Cette étude a été menée dans le but d'établir les bases nécessaires au développement des études de drainage pour notre projet.

VII.2 Étude hydrologique

VII.2.1 Présentation la zone hydraulique

Le tracé de la nouvelle voie ferrée se situe au Nord - Ouest de l'Algérie, Cette région se caractérise par un climat méditerranéen avec parfois des averses très importantes qui peuvent conduire à des catastrophes naturelles.

La desserte ferroviaire reliant la ville de Tissemsilt à celle de Boughezoul traverse le bassin versant du Chéliff.

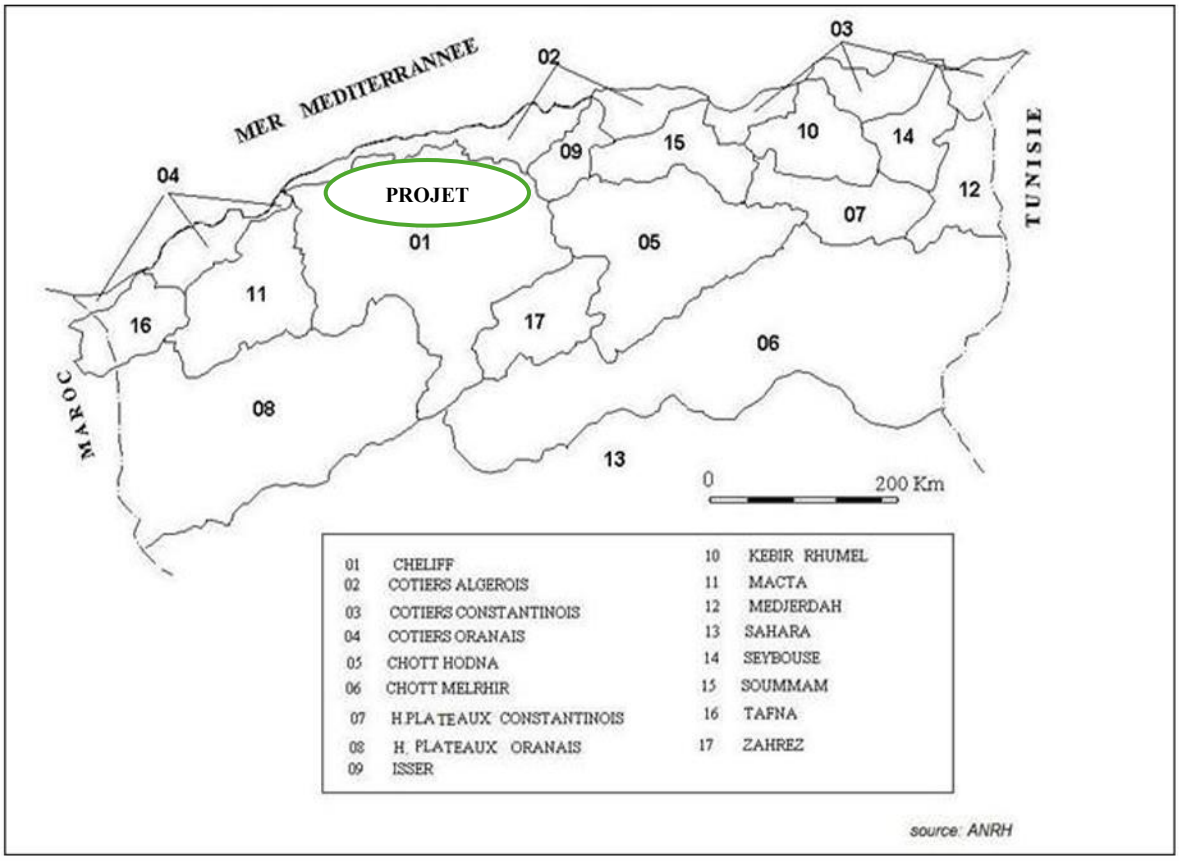


Figure VII-1 Carte de situation de la région d'étude

Le bassin du Chéliff codé (01) par l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydriques), est situé au Centre-Ouest du pays entre les bassins des Côtiers Algérois (02) au Nord, de l'Isser (09) et Chott Hodna (05) à l'Est, de Zahrez (17) et du Sahara (13) au Sud, des Côtiers Oranais (04), des Hautes Plaines Oranaises (08) et Macta (11) à l'Ouest.

VII.2.2 Caractéristiques climatiques et pluviométriques

VII.2.2.1 Les précipitations :

Sont dénommées précipitations, toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (pluie, averse) que sous forme solide (neige, grêle) et les précipitations déposées (rosée, givre).

Les données de la région d'étude ont été recueillies auprès de l'Agence Nationale des Ressources en eau (A.N.R.H) et de l'Office National de la Météorologie (O.N.M). Il s'agit d'observations journalières reportées sur des tableaux de cumuls mensuels (T.C.M). Dans cette partie on s'intéresse en particulier :

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

VII.2.2.2 Précipitions annuelle

La pluie annuelle moyenne dans la région est comprise entre 240 et 400 mm d'après la carte des pluies de l'Algérie du Nord de l'ANRH, nous prenons en considération la valeur de **Pmoy = 293.8 mm.**

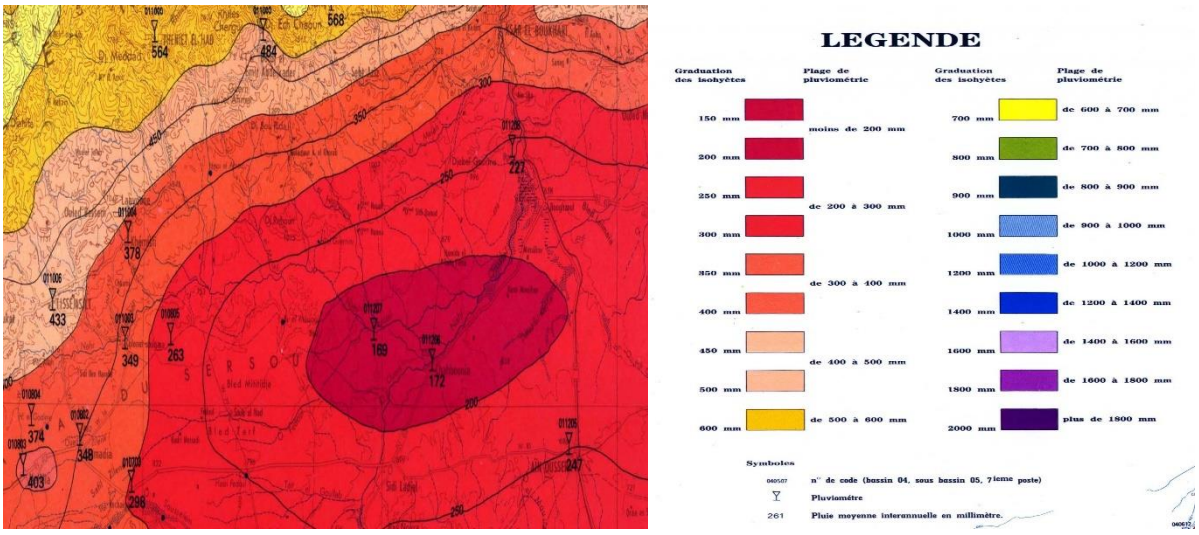


Figure VII-2 Pluviométrie de la zone

VII.2.2.3 Précipitations journalières

Les pluies maximales journalières de rares fréquences sont des pluies génératrices des crues d'importants débits, contre lesquels il faut protéger les différents ouvrages hydrauliques. Dans cette étude on cherche la plus grande hauteur de pluie précipitée dans une journée pendant l'année « x », on procède de la même façon pour les autres années. **(Voir l'annexe C)**

On ajuste l'échantillon des pluies maximales journalières à une loi des valeurs extrêmes pour déterminer les hauteurs maximales journalières correspondante à différentes fréquences. En Algérie, il est vérifié que les pluies journalières maximales annuelles s'ajustent bien à la loi de Gumbel.

Station de Hamadia

T : temps (ans)

F : fréquence

U : U. Gumbel

Pjmax : Précipitation journalière maximum

Tableau VII-1 Les pluies maximales journalières

T	F	u	Pjmax
10	0,9	2,25	44
20	0,95	2,97	51
50	0,98	3,90	59
100	0,99	4,60	66

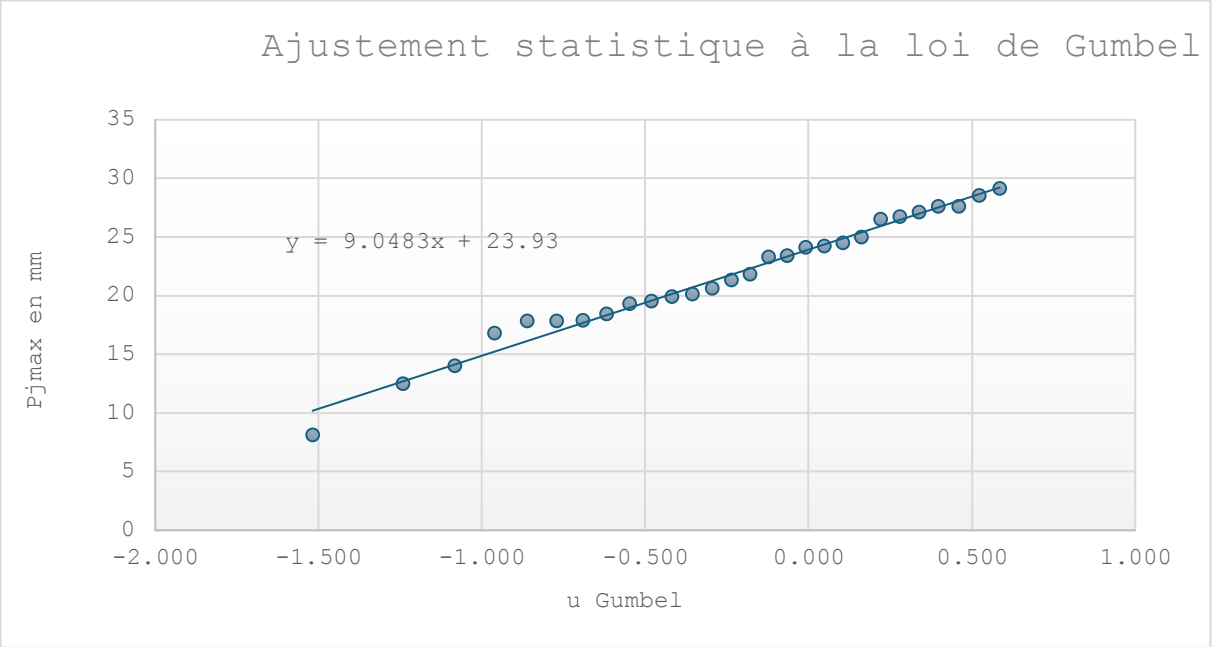


Figure VII-3 Ajustement statistique à la loi de Gumbel

VII.2.2.4 L'intensité

Les intensités de pluies seront calculées au droit de la station de Hamadia, dont les caractéristiques sont les suivants :

Tel que :

La relation Intensité - Durée – Fréquence (IDF) recherchée est de type :

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

- **I** : Intensité de pluie exprimée en en mm/h.
- **T** : Période de retour exprimé en ans.
- **t** : Temps exprimé en heures.
- **a** et **b** : sont des paramètres qui dépendent de la région (station hemadia) et de la fréquence.

Avec **b = 0,64.**

Tableau VII-2 Valeur du paramètre de Montana pour les différentes périodes de retour

T	10	100
a (T)	8,68	16,27

Tableau VII-3 Valeur des intensités pour les différentes périodes de retour

I (t, T)	10(ans)	100(ans)
1h	8.86	16.27
2h	5.57	10.44
3h	4.30	8.05
6h	2.76	5.17
12h	1.77	3.32
24h	1.14	2.13

VII.2.3 Caractéristique de bassin versant

Bassin versant

Il s'agit d'un domaine dans lequel tous les écoulements des eaux convergent vers un même point, exutoire de ce bassin. Ainsi toute goutte d'eau qui tombe dans ce territoire délimité par des frontières naturelles se dirige vers le cours d'eau ou ses affluents, puis vers l'aval et son exutoire.

Voici les étapes à suivre pour délimiter un bassin versant :

- Déterminer l'endroit où se trouvera l'exutoire du bassin de drainage concerné. Cet exutoire se situe à une section en travers d'un cours d'eau.
- À partir de l'exutoire et sur un côté du cours d'eau, on trace une ligne en se déplaçant toujours perpendiculairement aux lignes de niveau.
- Le traçage de cette ligne se poursuit jusqu'à ce que la tendance de sa direction se trouve dans le sens opposé à celui du départ. Ce point limite se trouve généralement au-dessus du niveau dans le cours d'eau.
- On répète l'opération de l'autre côté du cours d'eau. La ligne ainsi tracée rejoint la première.

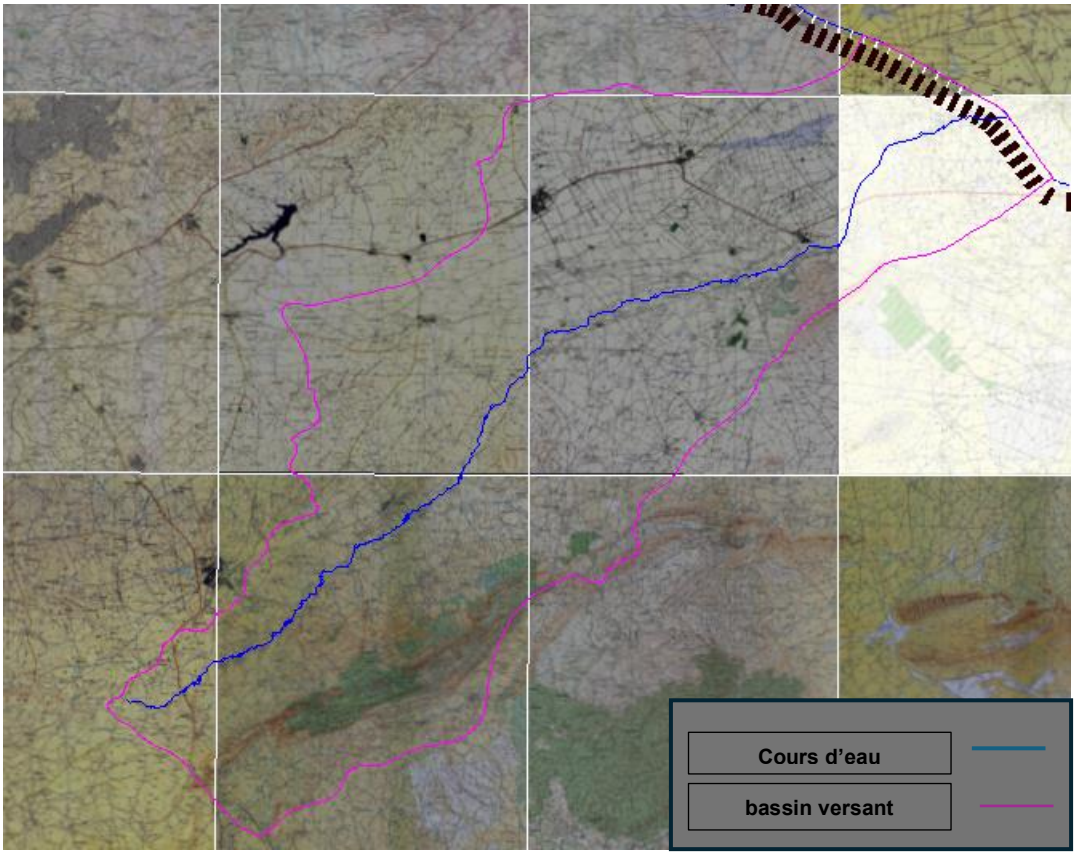


Figure VII-4 La délimitation des bassins versants sur les cartes d'état-major

Caractéristiques morphologiques des bassins versants

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

Les caractéristiques des paramètres de bassins versants des Oueds traversant la nouvelle voie ferrée sont données par le tableau récapitulatif.

Tel que :

S (km2): Surface.

P (km) : Périmètre.

L (km) : Longueur du cours d'eau principal.

Kc : Indice de compacité. $\frac{P}{2\sqrt{\pi S}}$

TC (h) : Temps de concentration en heures

Hmax(m) : Altitude max.

Hmin(m) : Altitude min.

Hmoy(m) : Altitude moyenne.

I(m/m) : pente du talweg principal en m/m.

C : coefficient de ruissellement.

Δh (m) : différence entre l'altitude maximale et minimale du bassin

Tableau VII-4 Les caractéristiques morphologiques des bassins versants

N° BV	PK	S (Km^2)	P (Km)	L (Km)	Hmax (m)	Hmin (m)	Hmoy (m)	Δh (m)	I (m/m)	kc
1	34+800	1559,87	208,98	50,8	1455	817	1136	638	0.012	1,49

VII.2.3.1 Le coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement Cr, est un paramètre exprimant la fonction de ruissellement d'eau sur un sol saturé d'eau par rapport aux précipitations totales tombées sur le bassin. Dans la méthode Kenessey le coefficient **Cr** est la somme des trois composantes (**C_1 ; C_2 et C_3**), détaillé comme suit :

$$Cr = C_1 + C_2 + C_3$$

C_1: Dépend de la pente du cours d'eau principal

Tableau VII-5 Valeurs de $C1$

La pente du cours d'eau	Coefficient C_1		
Pente < 3.5 %	0.01	0.03	0.05
3.5 % < Pente < 11 %	0.06	0.08	0.10
11 % < Pente < 35%	0.12	0.16	0.20
Pente >35%.	0.22	0.26	0.30

Les valeurs des pentes ont été incluses dans le tableau des caractéristiques morphologiques des bassins versants des écoulements superficiels qui sont traversés par le tracé du projet de ligne ferroviaire. Tissemsilt-Boughezoul (gare de colonel Bougara), **Pente< 3.5 %**

C1= 0,03.

C_2 : Dépend de la perméabilité du terrain

Tableau VII-6 Valeurs de C_2

La perméabilité du terrain	Coefficient C_2		
Les terrains imperméables.	0,22	0.26	0.30
Les terrains pas assez perméables.	0.10	0.15	0.20
Les terrains perméables.	0.06	0.08	0.10
Les terrains très perméables.	0.03	0.04	0.05

La majorité du sous-sol est constituée de **sol sablo limoneux** (**voir chapitre VII) ,** ce qui caractérise globalement le terrain comme terrains pas assez perméables.

C2= 0,15.

C_3 : Dépend de la couverture végétale du bassin versant

Tableau VII-7 Valeurs de C_3

La couverture végétale du bassin versant	Coefficient C_3		
Rocheux	0.22	0.26	0.28
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

C_3 : Est un coefficient dépendant de la couverture végétale du bassin versant. Comme la zones d'étude ne contient pas une couverture végétale riche la majorité de la région Tissemsilt-Boughezoul constituée de **Prairie**.

C3 = 0,21

Donc

$$Cr = 0.03 + 0.15 + 0.21$$

Cr = 0.39

VII.2.3.2 Temps de concentration

Le calcul du temps de concentration est crucial pour estimer les débits de crue, car cette caractéristique du bassin versant est influencée par sa taille, sa forme et sa pente. Ci-dessous, nous recommandons l'utilisation des formules conventionnelles en Algérie, adaptées pour les grands bassins versants.

➢ **Formule Californienne**

$$Tc = 60 \times 0.1452 \left(\frac{L}{P^{0.5}}\right)^{0.77}$$

Tel que :

Tc (Min) : temps de concentration.

L (Km) : longueur de l'oued principal.

P [m/m] : pente de talweg du bassin.

➢ **Formule Espagnole**

$$Tc = 60 \times 0.3 \left(\frac{L}{P^{0.25}}\right)^{0.77}$$

Tel que :

Tc (Min) : temps de concentration.

L (Km) : longueur de l'oued principal.

P (m/m) : pente de talweg du bassin.

S (km2) : surface du bassin versant.

➢ **Formule de Turazza**

$$Tc = 60 \times 0.108 \times (S \times L)^{0.333} \times P^{-0.5}$$

Tel que :

Tc (Min) : temps de concentration.

L (Km) : longueur de l'oued principal.

P (m/m) : pente de talweg du bassin.

S (km2) : surface du bassin versant.

Résultats de calcul des temps de concentration pour notre projet

Tableau VII-8 Résultats de calcul des temps de concentration

S	L	P	Tc(min)			
Km²	Km	m/m	Californienne	Espagnole	Turazza	MIN
1559,87	50,80	0,012	967,24	860,84	2474,27	**860,84**

On prend la valeur minimum de **Tc** pour augmenter la sécurité.

Alors

$$\mathbf{Tc=860,84\ min}$$

$$\mathbf{Tc=}\ \boldsymbol{14,34\ h}$$

VII.2.3.3 Estimation de débit

Dans le cadre de cette étude, nous avons opté pour l'utilisation de méthodes empiriques afin d'estimer le débit.

- **La méthode de TURAZZA :**

Pour les bassins versants dont la superficie dépasse 200km2, on a opté pour la méthode de Turazza, les résultats obtenus par cette formule sont relativement plus élevés, et cela par mesure de précaution.

$$\mathbf{Q_{max\ \%}=}\ \boldsymbol{P_{p\%,Tc}\times s\times C/(3,6\times Tc)}$$

Tel que :

Qmax % : débit de crue de période de retour T (en m3/s).

Tc : temps de concentration du bassin (en heures).

Pp%, tc : pluie de durée **tc** et de période de retour T en mm

C : coefficient de ruissellement du bassin.

S : superficie du BV en Km².

La pluie Pp%, tc peut être calculée par la formule de Montanari :

$$\mathbf{Pp\%,\ tc}=\boldsymbol{1.13\times P_{max,p\%}\left(\frac{t}{24}\right)^{b}}$$

$$\mathbf{Pp\%,\ tc_{100}=}\ \boldsymbol{53,63\ mm}$$

$$\mathbf{Pp\%,\ tc_{10}=}\ \boldsymbol{35,75\ mm}$$

Tel que :

Pmaxj,p% : pluies maximales journalières.

b : paramètre climatique de la station.

t : temps de concentration.

- **Formule MALLET-GAUTHIER :**

$$Q(t)=\left[2K\times log(1+aH)\frac{A}{\sqrt{L}}\right]\times\sqrt{1+4log(T)-log(A)}$$

Tal que :

Q : débit fréquentiel de pointe en m3/s

A : Surface B.V en Km^2

T : période de retour

H : hauteur moyenne annuelle des pluies (mm) **(voire l'annexe C)**

a : coefficient d'influence (pris égale 20 en Algérie)

K : coefficient variant de 0.5 à 6 (on retiendra K= 2)

L : Longueur d'oued.

- **Formule FULLER II**

$$Q_t = (1 + a \times log(T)) \times \left(S^{0.8} + \frac{8}{3}S^{0.5}\right) \times \frac{4}{3} \times \frac{N}{100}$$

Tel que :

Q(T) : Débit de pointe en m3/s de période de retour T.

S : Surface du BV.

a : Coefficient variant entre 0,7et 0,8.

- **a** = 0,8 régions humides.
- **a** = 2 régions arides.
- **a** = 3 à 3,5 oueds sahariens.

N : Coefficient régional, **N = 80**

- **N** = 80 en plaine.
- **N** = 85 en région accidentée.
- **N** = 100 en montagne.

- **Formule HAZAN LAZARAVIC**

$$Q_t = K_1 \times S^{K_2}$$

$$Q_T = \frac{1+(a \times log(T_1))}{1+(a \times log(T_2))} \times Q_{T2}$$

Tel que :

Q : débit fréquentiel de pointe en m3/s.

S : Surface du BV.

Q_T : débit fréquentiel de pointe en m3/s (T1$= 100\ ans$, T2$= 1000\ ans$ **).**

a : Coefficient variant entre 0,7et 0,8.

- **a** = 0,8 régions humides.
- **a** = 2 régions arides.
- **a** = 3 à 3,5 oueds sahariens.

K1, K2 : sont des coefficients variants dépend la région et la pluviométrie.

RÉGIONS	FORMULES (T=1000 ans) Q en m^3/s	PLUVIOMÉTRIE (mm/an)
Provinces du nord		
Rif central	$Q = 15,55*S^{0,776}$	1000-1300
Rif occidental	$Q = 9,78*S^{0,793}$	800-1000
Rif oriental	$Q = 7,58*S^{0,808}$	600-800
Moyen Atlas		
Moyen Atlas	$Q = 19,94*S^{0,..636}$	700-900
Moyen Atlas Karst	$Q = 13,47*S^{0,587}$	400-700
Haut Atlas saharien		
	$Q = 9,38*S^{0,742}$	200-400

Formules régionales de Hazan-Lazarevic

Figure VII-5 Valeur de K1 et K2 de méthode HAZAN LAZARAVIC

VII.2.3.3.1 Application sur notre projet

Tableau VII-9 Les débits de crue retenus pour une période de retour

BV	A (KM^2)	MALLET-GAUTHIER		TURAZZA		FULLER II		FORMULE DE HAZAN LAZARAVIC		DÉBIT ADOPTÉ	
1	1559.87	$Q_{(10)}$ m^3/s	$Q_{(100)}$ m^3/s	$Q_{(10)}$ m^3/s	$Q_{(100)}$ m^3/s	$Q_{(10)}$ m^3/s	$Q_{(100)}$ m^3/s	$Q_{(10)}$ m^3/s	$Q_{(100)}$ m^3/s	$Q_{(10)}$ m^3/s	$Q_{(100)}$ m^3/s
		726.06	1301.59	421.28	613.988	890.51	1 286,29	1162,17	1678,68	926,24	1422.18

VII.3 ETUDE HYDRAULIQUE

VII.3.1 Facteur influençant le choix des ouvrages hydrauliques

Le choix des ouvrages est guidé par le souci permanent de la pérennité de la route, de la sécurité des usagers, du coût d'investissement et des modalités d'entretien ultérieur de l'ouvrage. Les facteurs influençant le choix sont :

- l'importance du débit à évacuer qui fixe la section d'écoulement et le type de l'ouvrage.
- les caractéristiques hydrauliques de l'ouvrage : coefficient de rugosité (K).
- la largeur du lit.
- la hauteur disponible entre la cote du projet et le fond du talweg.
- les charges statiques et dynamiques qui sollicitent l'ouvrage hydraulique.
- la rapidité et la facilité de mise en œuvre.

VII.3.2 Dimensionnement des ouvrages transversale

Les dimensions retenues pour ces ouvrages sont celles qui répondent à la condition suivante :

$$Q_{(100)} \leq Q_S$$

Tel que **:**

$Q_{(100)}$: Débit de crue centennal (débit d'apport) en m³/s.

Qs : Débit de saturation de l'ouvrage en m³/s.

Ce prédimensionnement est vérifié par la suite en calculant Le débit de saturation (Qs) des ouvrages transversaux par l'utilisation de la formule de « Manning Strickler ».

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

Ks : Coefficient rugosité dépend de la nature des parois internes de l'ouvrage.

Dans notre cas **Ks = 30** (correspondant au terre).

I : pente longitudinale de l'ouvrage (m/m).

pour notre cas **I = 0.003 m/m**

V : la vitesse d'écoulement (m/s)

Sm : Section mouillée de l'ouvrage (m²)

Pm : Périmètre mouillée de l'ouvrage (m)

Rh : rayon hydraulique (m). $\mathbf{Rh} = \frac{Sm}{Pm}$

Tableau VII-10 valeurs de Ks selon SETRA

Ks	Valeurs
Terre	30
Buses métalliques	40
Maçonneries	50
Bétons (buses et dalots préfabriqués)	70

VII.3.2.1 Pré dimensionnement des ouvrages transversaux

Le calcul du NPHE (Niveau des Plus Hautes Eaux) de l'oued sera effectué à l'aide du logiciel AutoCAD, en exploitant les données topographiques et les profils en long, de manière à vérifier que :

$$Q_{(100)} \leq Q_S$$

$$V < 4 \text{ m/s}$$

Après plusieurs itérations, on a obtenu les résultats suivants :

Tableau VII-11 Les résultats de méthode Manning Strickler

Hauteur m	4,5
Surface mouillée Sm en m2	473,49
Périmètre mouillé en m	190,90
Rayon hydraulique en m	2,48
K (coefficient de Manning-Strickler)	30,00
Pente (m/m)	0,0030

Ce que donne :

$$\mathbf{Q_S} = 1425.59\ m^3/s \geq \mathbf{Q_{(100)}}$$

$$\mathbf{V} \quad 3.01\ m/s < 4\ m/s$$

Alors la hauteur d'eau est :

$$\mathbf{H = 4.5\ m}$$

VII.3.2.2 Débit exceptionnelle

Le débit exceptionnel est un très grand débit d'eau qui dépasse les valeurs normales, souvent causé par une crue ou un événement climatique extrême.

$$\boldsymbol{Q_{exp} = 1.5\ Q}$$

Dans notre cas

$$\boldsymbol{Q_{exp} = 1.5 \times 1422.18}$$

$$\boldsymbol{Q_{exp} = 2133.27\ m^3/s}$$

Après plusieurs itérations, on a obtenu les résultats suivants :

Tableau VII-12 Les résultats de méthode Manning Strickler pour un débit exceptionnelle

Hauteur m	5.3
Surface mouillée Sm en m	655,90
Périmètre mouillé en m	226,01
Rayon hydraulique en m	2,90
K (coefficient de Manning-Strickler)	30,00
Pente (m/m)	0,0030

Ce que donne :

$$\mathbf{Q_S} = 2192.77\ m^3/s \geq \mathbf{Q_{exp\ (100)}}$$

$$\mathbf{V} = 3.34\ m/s < 4\ m/s$$

Alors la hauteur d'eau est :

H = 5.3 m

La hauteur maximale d'eau est de 5,3 mètres, on ajoute facteur de sécurité **Fs** pour assure la sécurité de notre ouvrage

$$H_f = H + Fs$$

Tel que :

H_f **(m) :** la hauteur maximale d'eau + facteur de sécurité.

H (m) : la hauteur maximale d'eau.

Fs (m) : facteur de sécurité **Fs = 1 m**

Alors

$$H_f = 6.3\ m$$

Tableau VII-13 Liste des ouvrages

BV	Exutoire au PK	H_f	Hauteur de l'ouvrage	Description constructive
01	34+800	6.3 m	10.05 m	Pont rail

VII.3.2.3 Les buses d'équilibre

Lors de nos différentes visites sur le terrain, nous avons observé la présence des zones de stagnation d'eau. Pour remédier à ce problème, nous proposons l'installation de buses d'équilibre. Ces ouvrages permettront de faciliter le transfert de l'eau entre les deux côtés de la voie ferrée, y compris pour les faibles écoulements qui ne sont pas toujours détectables sur les cartes d'état-major.

Tableau VII-14 liste des buses d'équilibre

PK	Buse d'équilibre
21+300	1500
21+575	1500
27+275	1500
27+750	1500
31+350	1500
31+875	1500
32+350	1500
32+950	1500
33+775	1500
34+235	1500

VII.3.3 Ouvrages d'assainissement longitudinaux

Pour le dimensionnement du système d'assainissement, une période de retour de 10 ans a été retenue. Cela signifie que, durant la majorité de sa durée de vie, les débits seront bien inférieurs aux débits de calcul. Cette approche est essentielle, notamment dans les zones à faible pente, où le risque d'ensablement peut compromettre la sécurité des ouvrages, surtout lorsqu'il s'agit des éléments principaux du système. Les choix de conception ont été guidés par des critères de sécurité, d'économie et de bon fonctionnement, en tenant compte des contraintes du site.

Pour le dimensionnement des fossés, on utilise la formule de **Manning-Strickler :**

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

Les hypothèses suivantes ont été émises pour le dimensionnement :

- Coefficient de rugosité Strickler Ks = 70 (correspondant à des fossés consolidés, revêtement en béton grossier).
- Pente - La déclivité longitudinale des fossés en zone de déblai est identique au gradient du profil en long de la voie
- Le débit à évacuer qui est la somme des 3 débits La plate-forme, les bermes et les talus

$$\mathbf{Q_{apport} = Qpf + Qt}$$

- Le calcul des débits se fait dans le cas le plus défavorable, où il y a un remblai ou undéblai qui s'étend une grande longueur avec une hauteur importante.
- Chaque débit est déterminé en utilisant la méthode rationnelle :

$$\boldsymbol{Q = 0.278 \times C_r \times I \times A}$$

Tel que :

Q : Débit de crue correspondant au bassin versant, avec une période de retour T (m^3/s).

C : Coefficient de ruissellement.

I : Intensité de pluie (mm/h).

A : Surface du bassin versant considérer : la plate-forme / les talus, en (km^2).

Dans notre projet :

L'analyse du levé topographique a montré qu'aucun ouvrage de drainage complémentaire (fossés) n'était nécessaire. En effet, le tracé est intégralement situé en remblai, avec une hauteur ne dépassant pas 2.5 m, ce qui réduit considérablement les risques d'accumulation d'eau. Par ailleurs, la pente naturelle du terrain s'oriente à l'opposé de celle du bassin versant (en direction du terrain naturel), ce qui évite tout ruissellement vers la voie ferrée. Ces caractéristiques hydrauliques favorables nous ont conduit à écarter l'aménagement de fossés, tout en assurant la pérennité et la sécurité de l'infrastructure.

VII.4 Conclusion

Dans cette section, nous avons examiné l'étude hydrologique et hydraulique dans le cadre de notre projet, afin de garantir sa sécurité et sa stabilité. Nous avons analysé les bassins versants, calculé les débits d'eau et conçu les infrastructures hydrauliques pour réduire les risques d'inondation et assurer des opérations ferroviaires efficaces tout au long de l'année. Cette approcheméthodique renforce la durabilité et la fiabilité du projet ferroviaire, tout en préservant les ressources en eau et en atténuant son impact sur l'environnement environnant.

CHAPITRE VIII : ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

VIII CHAPITRE : ETUDE GÉOLOGIQUE ET GÉOTECHNIQUE

VIII.1 Introduction

Une étude géotechnique et géologique est essentielle dans la phase de conception et de réalisation d'un projet ferroviaire. Elle permet de bien comprendre la nature du sol et les caractéristiques géologiques du site d'implantation, afin de garantir la stabilité, la sécurité et la durabilité de l'infrastructure.

Ce chapitre présente les caractéristiques géologiques et géotechniques de la zone et des matériaux sur lesquels la ligne ferroviaire Tissemsilt-Boughezoul du PK19+400 au PK 35+000 sera réalisée.

VIII.2 Étude géologique

VIII.2.1 Introduction

L'étude géologique est une étape cruciale dans tout projet de construction. Elle permet aussi le repérage des zones à risque, de la nature du sol dans lequel on va construire. L'objectif, c'est de contourner les mauvaises surprises qui se produisent durant ou après le chantier, comme les glissements de terrain, les sols qui se déforment. Cela permet de concevoir un projet plus solide et durable.

VIII.2.2 La géologie régionale

La ligne projetée dans le présent tronçon s'intègre dans le domaine des Hauts Plateaux, à la limite de l'Atlas Tellien au nord et l'atlas saharien au sud, avec des altitudes variantes généralement entre 800m et 850m

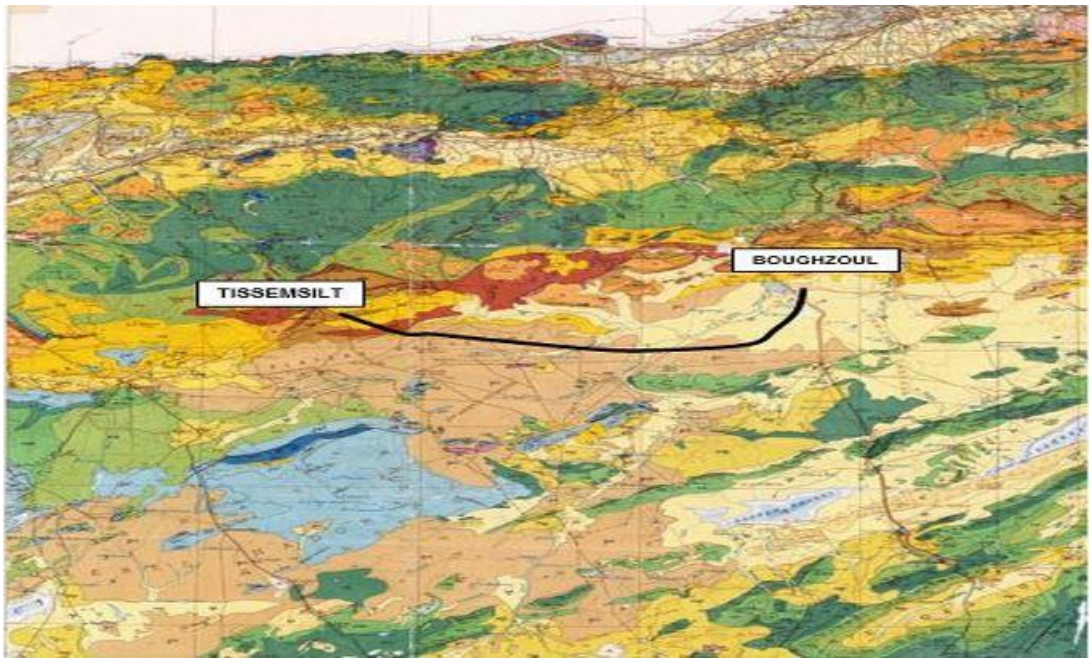


Figure VIII-1: Carte géologique du projet

VIII.2.3 La géologie locale

Sur le plan géologique le tracé s'étend généralement sur des roches cohérentes néogènes et PLIOCENE- EOCENE, les grès et les marnes argileuse du MIOCENE ainsi que les formations alluvionnaires du quaternaires.

VIII.2.4 La sismicité de la zone d'étude

D'après les règles parasismiques applicables au domaine des ouvrages d'art (RPA, 2024) le territoire national est subdivisé en sept (07) zones de sismicité :

- Zone 0 : sismicité très faible
- Zone I : sismicité faible.
- Zone II : sismicité faible à moyenne.
- Zone III : sismicité moyenne
- Zone IV : sismicité moyenne à élevée
- Zone V : sismicité élevée
- Zones VI : sismicité très élevée

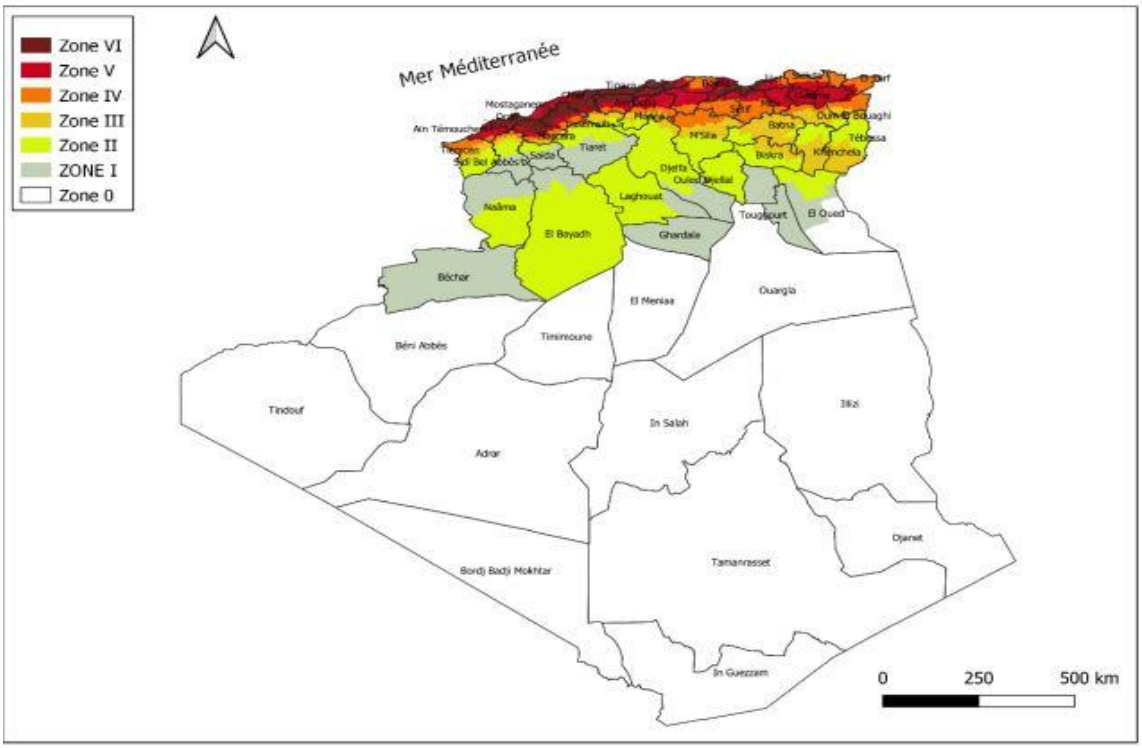


Figure VIII-2:carte sismique de l'Algérie et la disposition des zones

D'après la carte des zones sismiques la zone d'étude est située dans la zone I, caractérisé par une sismicité faible

VIII.3 Étude géotechnique

VIII.3.1 Introduction

L'étude géotechnique est un passage obligé dans la conception et la réalisation de l'ensemble des infrastructures, y compris ferroviaire. L'objectif est de connaître la nature du sol et sa réaction aux charges afin d'assurer la stabilité et la durabilité des ouvrages prévus. Avec des forages, des essais in situ et aussi en laboratoire, l'étude géotechnique concerne de repérer les risques et adapter les fondations à suivre en fonction des propriétés du terrain.

VIII.3.2 Programme d'investigation géotechnique

Après l'observation du tracé projeté de la voie ferré, nous proposons le plan d'investigation géotechnique de projet. Ce programme est divisé en deux lots : le tracé et l'ouvrage.

Tableau VIII-1:Programme d'investigation géotechnique

Programme d'investigation géotechnique	Type d'ouvrage en terre	Essais géotechnique	
		Essais in situ	Essais au laboratoire
Lot tracé	Remblais/Déblais	Puits de reconnaissance	-Essais d'identification -Analyses chimiques -Essais mécaniques
Lot ouvrage d'art	Remblais/Déblais	-Sondage carottés -Sondage pressiométriques	-Essais d'identification -Analyses chimiques -Essais mécaniques

VIII.3.3 Essais in situ

VIII.3.3.1 Les puits de reconnaissance

Une compagne de 11 puits de reconnaissance pour l'étude géotechnique du couloir

Tableau VIII-2:Résultats des puis de reconnaissance

Puits N°	PK	Profondeur (m)	Descriptions
1	20+000	0.00-0.30	Limons sableux, avec cailloux et galets en surface
		0.30-0.60	Tufs sableux, graveleux
		0.6-0.70	Refus sur dalle calcaire dure
2	21+500	0.00-0.20	Limons sableux, avec cailloux et galets en surface
		0.20-0.60	Croûte calcaire, assez dure
		0.60-2.50	Tufs sableux a graveleux, peux caillouteux, rosâtres (refus à 2,50m)
3	23+000	0.00-0.30	Limons sableux, avec cailloux et galets en surface
		0.30-0.70	Croûte calcaire, assez dure
		0.70-3.00	Tufs sableux à graveleux, par endroits caillouteux, marrons à rosâtres
4	24+500	0.00-0.30	Recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et bocs
		0.30-0.70	Croûte calcaire, assez dure
		0.70-3.00	Tufs sableux à graveleux, peu caillouteux, rosâtres
5	26+000	0.00-0.40	Recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et blocs
		0.40-0.80	Croûte calcaire, assez dure
		0.80-3.00	Tufs sablo-graveleux, par endroits, caillouteux, rosâtres
6	27+500	0.00-0.35	Recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et blocs
		0.35-0.80	Croûte calcaire, dure

		0.80-2.20	Tufs sableux, graveleux, rosâtres avec passages consolidés par endroits
7	29+000	0.00-0.20	Sable limoneux, graveleux avec galets en surface et racines végétales
		0.20-0.45	Sable gravelo-caillouteux avec galets
		0.45-1.00	Croûte calcaire assez dure
		1.00-3.00	Tufs sableux, graveleux, rosâtres
8	30+500	0.00-0.30	Sable graveleux, peu caillouteux avec racines végétales
		0.30-1.00	Croûte calcaire assez dure à dure en profondeur
9	32+000	0.00-0.30	Recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et blocs
		0.30-0.50	Croûte calcaire dure
10	33+500	0.00-0.30	Recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et blocs
		0.30-0.50	Croûte calcaire dure
11	35+000	0.00-0.40	Recouvrement gravelo-caillouteux avec galets et blocs
		0.40-0.80	Croûte calcaire dure
		0.80-2.30	Tufs sableux, peu graveleux à graveleux, rosâtres à blanchâtres (refus à 2,30m)

Synthèse lithologique :

Dans notre tronçon du PK 19+400 au PK 35+000 le tracé s'étend généralement sur des sol meuble sableux/graveleux en surface, évoluant rapidement en profondeur vers une croûte calcaire dure, puis vers des tufs graveleux et finalement du calcaire très dur. Cela donne un profil de sol typique de zones semi-arides à arides, avec des phases d'accumulation carbonatée.

VIII.3.4 Essais au laboratoire

Les échantillons prélevés lors de l'exécution des puits de reconnaissance ont été soumis à des essais d'identification physique, à des essais mécaniques ainsi qu'à des analyses chimiques afin de caractériser leurs propriétés.

VIII.3.4.1 Essais d'identification

Les résultats des essais d'identification et de propreté des sols traversés par la nouvelle ligne ferroviaire Tissemsilt-Boughezoul avec leur classification selon GTR (guide des terrassements routiers) sont donnés par le tableau récapitulatif si dessous :

Tableau VIII-3:tableau récapitulatif des résultats des essais d'identification et de propreté des sols

Puits N°	Teneur en eau	VBS	Limites d'Atterberg				Granulomètre(mm)			
	%	%	WL	WP	IP	Ic	<50	<2	<0.08	<0.02
2	10.73	0.55	44.27	25.52	18.75	1.78	100	77	56	20
3	12.88	0.78	55.38	28.62	26.76	1.58	100	73	55	15
4	17.25	0.78	49.58	26.60	22.98	1.40	95	70	44	20
5	12.32	0.59	47.78	27.74	20.04	1.76	94	67	45	14
6	10.80	0.57	55.31	31.37	23.94	1.85	89	64	37	10
7	10.72	0.23	36.32	18.85	17.47	1.46	88	67	31	7
11	9.31	0.38	45.90	31.21	14.69	2.49	70	50.83	25.33	8

Interprétation des résultats

L'analyse granulométrique montre un pourcentage de passants à 80µm compris entre 56% et 25.33 %, avec une moyenne de 40.66%, et le pourcentage de passants a 2µm compris entre 20% et 7% avec une moyenne de 13.5%. Ces résultats montrent qu'on est en présence d'un terrain à prédominance de sols fins et parfois grenus.

Les indices de plasticité (IP) varient dans l'intervalle 14.69<IP (%) <23.94, ces valeurs montre que le sol présente un état peu plastique

Les valeurs VBS sont comprises entre 0.23 et 0.78. Les résultats du VBS indiquent que le sol est de nature sablo-limoneuse, présentant une faible à modérée sensibilité à l'eau.

VIII.3.4.2 Les essais mécaniques

Les essais mécaniques du sol sont des tests réalisés pour évaluer les caractéristiques physiques et mécaniques d'un sol. Le programme d'essais comprendra à la fois

- Essai Proctor
- Essai Cbr

Tableau VIII-4: tableau récapitulatif Des Essais mécaniques

Puits N°	Proctor modifié		CBR
	γopm (t/m3)	Wopm (%)	ICBR 95% γ' opm
2	1.82	16.1	18.12
3	1.79	16.8	25.06
4	1.72	18.2	14.77
5	1.72	18.4	14.98
6	1.84	16.4	27.61
7	1.91	12.9	42.03
11	1.71	16.9	26.25

Interprétation des résultats

Les résultats des essais Proctor sur les échantillons ont révélé des valeurs de densité optimale (γdOPM) variant entre 1,72 t/m³ et 1,91 t/m³, ainsi que des teneurs en eau optimales (WOPM) variant entre 12,9 % et 18,4 %. Ces résultats indiquent que le matériau analysé présente une densité de compactage élevée.

VIII.3.4.3 Analyses chimiques

Ces essais ont pour but de détecter la présence d'éléments actifs dans les sols.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci dessous :

Tableau VIII-5:Tableau récapitulatif des essais chimiques

Puits N°	Carbonates CaCO3(%)	Anhydrides Carboniques (%)	Na Cl (%)	Sulfates (CaSo4,2h2o) (%)	Interprétation des résultats suivant la norme NF P18-011
2	69	30.36	0.58	5.46	Sol agressif
3	64.65	28.45	0.47	Trace	Sol non agressif
4	58	25.52	0.29	Trace	Sol non agressif
5	56	24.64	0.47	Trace	Sol non agressif
6	72	31.68	0.23	Trace	Sol non agressif
7	70.68	31.10	0.23	Trace	Sol non agressif
11	60.34	26.55	0.58	Trace	Sol non agressif

VIII.3.5 Les résultats des essais

Des prélèvements de sol, prélevés dans le cadre des puits de reconnaissance et des sondages carottés, ont été soumis à l'essai de laboratoire. Ces essais visaient à déterminer les caractéristiques physiques, chimiques et mécaniques des sols rencontrés le long du tracé. Les résultats obtenus ont permis de classer les sols conformément aux normes GTR et UIC, afin d'évaluer leur qualité et d'intégrer leurs propriétés dans la conception et la réalisation des ouvrages.

Tableau VIII-6: Classification de sol selon GTR et UIC

Puits N°	Classification GTR/NFP11-300	Classe de qualité de sol UIC719R
2	C1A1Ts	QS1
3	C1A1s	QS1
4	C1A1m	QS1
5	C1A1Ts	QS1
6	C1A1Ts	QS1
7	C1B5s	QS1
11	C1B5Ts	QS1

VIII.4 Conclusion

D'après les essais d'identification et de laboratoire nous avons pu classifier le sol selon guide GTR et d'obtenir la classe de qualité de sol selon UIC719R. La classe de qualité de sol est de classe QS1 le long de tracé.

CHAPITRE IX : ASSISE FERROVIAIRE

IX CHAPITRE : ASSISE FERROVIARE

IX.1 Introduction

L'assise ferroviaire joue un rôle très important dans la stabilité et la durabilité d'une voie ferrée. Elle se situe entre le sol en place et les éléments de la superstructure (comme le ballast et les traverses), et permet de bien répartir les charges issues du passage des trains. Une assise bien réalisée permet d'éviter les affaissements non uniformes et garantit un bon comportement de la voie dans le temps. C'est donc une étape clé à prendre en compte dès la phase de conception du projet.

IX.2 Couches d'assise

IX.2.1 Le ballast

Le ballast est un matériau granulaire, généralement constitué de pierres concassées, qui est disposé sous et autour des traverses de la voie ferrée. Il joue le rôle de :

- Il assure une bonne répartition des charges transmises par les rails vers l'assise.
- Il permet le drainage de l'eau pour éviter la stagnation sous la voie.
- Il maintient les traverses en place et assure la stabilité de la voie.
- Il facilite les réglages de la géométrie de la voie lors de la pose et de l'entretien.

IX.2.2 Sous couche

Les sous-couches sont les différentes couches situées entre le ballast et le sol naturel ou la plateforme. Elle est généralement composée de deux couches :

- La couche de sous-ballast.
- La couche de fondation.

La sous couche elle à des plusieurs rôle :

- Améliorer la portance de la plateforme supportant la voie.
- Répartir les charges transmises par le ballast vers le sol.
- Renforcer la stabilité globale de la structure ferroviaire.
- Assurer un bon drainage pour éviter la remontée d'eau
- La Protection contre l'érosion et le gel.

IX.2.3 La plateforme

Partie supérieure de l'ouvrage en terre supportant la sous-couche. La plate-forme est constituée de sol rapporté dans le cas d'un remblai ou du sol en place dans le cas d'un déblai.

IX.2.3.1 La classe de portance de plate forme

Le type de plateforme à mettre en œuvre dépend directement des propriétés des sols situés au sommet des remblais ou des terrains naturels en fond de déblai. Ces propriétés tiennent compte de la nature du sol, de son état hydrique ainsi que de son épaisseur. D'après la norme UIC 719R, ces éléments permettent de déterminer la qualité du sol et, par conséquent, la classe de portance de la plateforme.

On distingue ainsi 3 types de plates-formes auxquelles correspondent des structures d'assises différentes :

- P1 : plate-forme médiocre.
- P2 : plate-forme moyenne.
- P3 : plate-forme bonne.

Tableau IX-1:a classe la portance de la plate-forme (normes UIC 719R)

Qualité du sol support	Classe de la Plate-forme	Couche de forme	
		Qualité	Épaisseur min (m)
QS1	P1 P2 P2 P3	QS1 QS2 QS3 QS3	- 0.50 0.35 0.50
QS2	P2 P3	QS2 QS3	- 0.35
QS3	P3	QS3	-

Plate-forme proposée

En considérant que le sol présente une qualité de type QS1 et que la plateforme doit satisfaire à une capacité portante de classe P3, une épaisseur de 0,50 m pour la couche de forme est préconisée.

Ef=0.50m

IX.2.3.2 VII.2.4 Calcul des épaisseurs minimales des couches d'assise

Le calcul de l'épaisseur requise est déterminé à partir de la formule fournie dans le code UIC 719R, en utilisant les paramètres appropriés pour la section étudiée.

$$e=E+a+b+c+d+f+g \text{ (m)}$$

- E : facteur dépendant des classes de portance (P1, P2 ou P3).
- a : facteur dépendant de l'UIC groupes (groupe 1 à 6, UIC 714).
- b : facteur dépendant de type de traverse.
- c : facteur dépendant des conditions de travail.
- d : facteur dépendant de la charge maximale d'essieu des véhicules
- f : facteur dépendant de la vitesse
- g : facteur dépendant de l'installation de géotextiles

Les détails et les valeurs de ces paramètres sont fournis dans l'annexe du code UIC719R

Application du projet

Tableau IX-2:Dimensionnement de la couche d'assise.

Paramètre	Caractéristique de projet	Valeur(m)
E	Plateformes de classe de portance P3	0.45
a	Ligne de groupe UIC 5	-0.10
b	Longueur du travers 2,24 m	0.13
c	Nouvelle voie	0
d	Charge essieux 200kn	0
f	V≤160	0
g	Couche de forme qualité QS3	0
e		0.48
$e_{Adopté}$		0.50

Pour la couche de ballast on a une vitesse de 160km/h compris entre 120km/h et 180 km/h on prend une épaisseur de 30 cm pour la couche de ballast

Tableau IX-3:Épaisseurs des composants de la structure d'assise.

Couche	Épaisseur (cm)
Ballast	30
Sous ballast	20
Couche de forme type QS3	50

IX.3 Conclusion

La couche d'assise joue un rôle important dans la stabilité de la voie ferré. Elles permettent de répartir les charges, de limiter les tassements et d'assurer une bonne tenue dans le temps de l'infrastructure. À travers l'analyse du sol réalisé, il a été possible de définir une structure adaptée, notamment avec une plateforme de type P3 reposant sur un sol de classe QS1. Ce choix garantit un bon comportement mécanique et une meilleure durabilité de la voie, répondant ainsi aux exigences des normes en vigueur et aux contraintes du trafic prévu.

CHAPITRE X : PROFIL EN TRAVERS

X CHAPITRE : PROFIL EN TRAVERS

X.1 Introduction

C'est la projection de la voie sur un plan transversal perpendiculaire au plan de tracer. Le profil en travers définie ce qu'on appelle l'ouvrage en terre entre autres sa forme dépend essentiellement de type de profil en travers adopter. Comme pour les routes le profil en travers peut être en remblai, en déblai ou mixte.

X.2 Les éléments de profil en travers

- **Emprise :** C'est la surface du terrain naturel affectée à la voie limitée par le domaine public.
- **Assiette :** C'est la surface de la voie délimitée par les terrassements.
- **Plateforme** : Elle se situe entre les fossés ou crêtes de talus de remblais comprenant la voie et les accotements.
- **La voie** : C'est la partie de la voie ferrée affectée à la circulation des trains
- **La berme :** Elle supporte les équipements (barrières de sécurité, signalisations ...) Sa largeur dépend de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.
- **Le fossé :** C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la voie et talus et les eaux de pluie

X.3 Établissement de profil en travers type

Le profil en travers type doit indiquer les éléments suivants :

X.3.1 Élément de l'infrastructure

- La dénomination et l'épaisseur de chaque couche.
- La pente transversale de chaque couche.
- La pente latérale de la plateforme.

X.3.2 Élément de la superstructure

- Le type de rail utilisé et la valeur de l'écartement de chaque voie.
- Le type de traverse utilisé.
- L'épaisseur de la couche de ballast.
- La valeur du dévers maximum en courbe.

X.3.3 Élément du talus

- La pente de chaque talus.

- Les ouvrages de consolidation éventuels.

X.3.4 Élément d'assainissement

- Le type et dimension du fossé ou des drains.

X.4 Le profil en travers du projet d'étude

En résumé le profil en travers type caractérisé comme suit

- Type de ligne : voie unique
- Écartement de la voie : 1.435m
- Largeurs de la plateforme :8m
- Pente latérale de la plateforme : 4%
- Épaisseur du ballast : 30cm
- Épaisseur de la sous-couche : 20cm
- Épaisseur de la couche de forme : 50cm
- Pente Talus (remblai 2/3)

NB : Pour les profils type de notre projet sont joints en plan format A3

X.5 Conclusion

Le bon dimensionnement du profil en travers et la couche d'assise tout en respectant les normes permettre à la voie de supporter et transmettre la charge provoquée par le matériel roulant, et garantir une longue durée de vie.

CHAPITRE XI : TERRASSEMENT ET OUVRAGE D'ART

XI CHAPITRE : TERRASSEMENT ET OUVRAGE D'ART

XI.1 Introduction

Les travaux de terrassement et les ouvrages d'Art essentiels au développement de projets ferroviaires. Leurs fonctions vont au-delà du modelage de terrain et de la construction d'infrastructures ; elles assurent l'équilibre et la continuité du système ferroviaire. Cela inclut des ponts, des tranchées et d'autres caractéristiques qui aident à adapter l'alignement à la topographie ainsi qu'à franchir divers obstacles naturels et artificiels. Tous doivent être conçus en tenant compte de multiples facteurs technologiques, géotechniques et écologiques pour garantir la sécurité, la stabilité et la proximité harmonieuse du réseau dans la zone.

XI.2 Terrassement

Les terrassements modifient le relief d'un terrain pour créer une plate-forme ferroviaire. Ils incluent des déblais (enlèvement de terres) et des remblais (ajout de terres), parfois de grande hauteur. Des déblais et remblais excessifs peuvent provoquer des ruptures, souvent des glissements de talus. Les talus en construction sont des pentes formées pendant les travaux de terrassement pour une voie ferrée.

XI.2.1 Stabilité des talus

La stabilité d'un talus fait référence à sa capacité à résister à l'effondrement ou au glissement.

Le calcul de stabilité concerne les grands ouvrages (remblais-déblais) avec des hauteurs importantes ($h \geq 6$ m pour déblai et $h \geq 8$ pour remblai).

Plusieurs facteurs peuvent influencer la stabilité d'un talus, notamment :

- Angle de pente.
- Cohésion du matériau.
- Friction interne (angle de Frottement).
- Le poids volumique de sol.

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

- $Fs \geq 1.5$ à long terme.

XI.2.1.1 Cas de déblais

Dans notre traçons étudié ne présente aucun déblai.

Les pentes de talus (pour les déblais) généralement utilisées et exprimées en fraction base (V) sur hauteur (H)sont les suivantes : 1V/2H, 2V/3H.

XI.2.1.2 Cas de remblais

Les remblais de hauteur inférieure à 8,0 m sont généralement considérés comme stables, en raison de leur faible hauteur. Les pentes couramment utilisées pour les talus en remblai sont

de l'ordre de **2V/3H** ou **1V/2H**. Toutefois, dans le cas de terrains rocheux, des pentes plus raides telles que **1V/1H** ou **1V/1,25H** peuvent être envisagées.

Dans le cadre de notre projet, les paramètres suivants justifient la pente du talus ainsi que la hauteur du remblai.

- La hauteur de remblais entre 0 m et 2,5 m avec $\gamma = 1,7\ t/m^3$ selon la formule de pression $P = \gamma\ g\ h$ **on** trouve que la pression **P = 0,4 Bar.**
- Vu que le sol sablo limoneux et faible hauteur de remblai on adopte une pente de **1V/2H**

XI.2.2 Compactage

L'assurance de la qualité des ouvrages en terre repose sur un compactage efficace. Les taux decompactage varient en fonction de la nature du sol, du type de compacteur utilisé et de l'humiditédu sol. Il est primordial de déterminer l'épaisseur des couches et l'énergie de compactage nécessaire. Des méthodes spécifiques, comme l'arrosage ou l'essorage du sol, peuvent êtrerecommandées pour optimiser ce processus. En respectant ces paramètres et en appliquant les techniques appropriées, on garantit un compactage optimal, contribuant ainsi à la qualité et à la pérennité des ouvrages en terre.

XI.2.3 Calcule des terrassements

Les volumes des terrassements sont calculés après avoir défini la ligne rouge du projet et les différentes altitudes du terrain naturel à partir du tracé en plan, du profil en long et du profil en travers. Le calcul des cubatures des terrassements a été effectué à l'aide du logiciel **CIVIL 3D 2025** Les tableaux ci-dessous résument les résultats obtenus :

Tableau XI-1 Récapitulatif des volumes des couches d'assise et couche de forme

Matériaux	Volume (m^3)
COUCHE DE FORME	**59 271,96**
SOUS COUCHE	**22 487,98**
BALLAST	**32 718,26**

Tableau XI-2 Récapitulatif des volumes de terrassement

Terrassements	Volume (m^3)
REMBLAIS	**145 961,26**
DEBLAIS	**0**
DECAPAGE	**75 598,08**

XI.3 Les ouvrages d'art

Un ouvrage d'art est une structure qui permet à une voie de circulation de franchir un obstacle naturel ou une autre voie de circulation terrestre. Pour concevoir un tracé optimal qui satisfait aux exigences techniques et économiques, tout en garantissant la perméabilité transversale de la ligne ferroviaire projetée et le franchissement des différentes infrastructures existantes ainsi que des cours d'eau, il est nécessaire de prévoir les ouvrages suivants :

- Ponts routiers.
- Ponts rail.
- Passage inférieure (pont cadre).
- Les ouvrages hydrauliques.

XI.3.1 Influence sur le choix du type d'ouvrage

Le choix du type d'ouvrage est influencé par diverses contraintes imposées, qui peuvent être regroupées en deux catégories principales :

- **Contraintes liées aux données naturelles :** Ces contraintes concernent des éléments tels que l'écoulement des eaux, la nature du sol, etc. Elles peuvent impacter le choix du type d'ouvrage afin d'assurer sa stabilité, sa durabilité et sa résistance face aux conditions naturelles spécifiques du site.
- **Contraintes techniques :** Elles englobent des aspects comme la portée, le programme decharge, le gabarit, etc. Ces exigences techniques doivent être prises en compte pour garantir la fonctionnalité et la sécurité de l'ouvrage.

XI.3.2 Les croisements avec la route

En général, lorsqu'il s'agit de problèmes de croisements, il est important de prendre en compte la nature et le débit de la voie, ainsi que d'analyser chaque type de croisement en fonction de la vitesse maximale. Plusieurs solutions peuvent être envisagées :

- Passage supérieur : pour un Vitesse des trains est important ≥ 100 km/h
- Passage à niveau : pour les routes de faibles débits.
- Passage inférieur : c'est lorsque la topographie l'exige.

XI.3.3 Les ouvrages d'art du notre projet

Le tracé de la ligne Tissemsilt–bougazoul du Pk 19+400 au Pk 35+000 traverses des pistes, et un oued dans PK 34+800. De de fait, des ouvrages d'art de franchissement et des ouvrages hydrauliques sont projetés compte tenu des croisements avec ces obstacles.

Tableau XI-3 les ouvrages d'art projetés sur notre tronçon

Rétablissements routiers	Localisation	Ouvrage d'art
Piste	PK 21+625	Passage supérieure
Piste	PK 24+144	Passage supérieur
Piste	PK 25+297	Passage supérieur
Piste	PK 27+160	Passage supérieur
Piste	PK 29+656	Passage supérieur
Piste	PK 31+461	Passage supérieur
Piste	PK 33+532	Passage supérieur
Oued	PK 34+800	Pont rail

XI.3.3.1 Piste à supprimer

Il y a 6 pistes à supprimer dans les PK suivants :

PK 22+830, PK 24+635, PK 26+223, PK 27+544, PK 28+652, PK 33+538.

XI.4 Conclusion

En résumé, ces travaux ne se limitent pas à une simple phase préparatoire : ils constituent le socle sur lequel repose tout le projet ferroviaire. Leur bonne conception et leur réalisation soignée sont donc indispensables pour assurer la réussite de l'ensemble du réseau, tant sur le plan technique qu'en termes d'intégration dans l'environnement

CHAPITRE XII : CONCEPTION DE LA GARE

XII CHAPITRE : CONCEPTION DE LA GARE

XII.1 Introduction

La conception d'une gare ferroviaire est une étape cruciale dans le développement d'un réseau de transport efficace et durable. Une gare ferroviaire bien conçue ne se limite pas à être un simple point d'embarquement et de débarquement pour les passagers, mais elle joue également un rôle clé dans la promotion de la mobilité, de l'accessibilité et du développement économique d'une région.

Il existe plusieurs types de gare :

- Gare de voyageurs
- Gare de marchandise
- Gare mixte
- Gare de croisements

XII.2 Conception générale des gares

Dans une gare ferroviaire, on retrouve diverses installations et aménagements, dont la nature varie en fonction du type, de la conception et de la catégorie de la gare. À ce stade, trois éléments essentiels doivent être pris en compte pour l'élaboration du plan de masse :

- **Catégorie de la gare** : Pour déterminer le rôle et les éléments de constitutifs de la gare.
- **Le trafic** : Pour évaluer l'importance de la gare afin de la concevoir et l'aménager de manière appropriée.
- **L'emplacement de la gare** : C'est l'élément qui définit et détermine les deux éléments précédents.

XII.2.1 Condition de conception des gares

Les critères de conception des gares reposent sur plusieurs aspects importants :

- L'insertion urbaine et la conception architecturale du bâtiment des voyageurs ont pour objectif de favoriser une adéquation entre le complexe et son environnement tout en comportant des conditions liées au fonctionnement, à l'accueil, aux besoins des usagers.
- Le plan de la gare doit être conçu de manière pour répondre de manière optimale à tous les besoins de transport de voyageurs, de marchandises. Pour cela il faut contourner les conditions géologiques de l'emplacement la connectivité avec les axes déjà existants les possibilités d'aménagement urbain au futur.
- Le choix du terrain dédié à la construction de la gare doit donner la priorité à l'espace nécessaire aux installations actuelles, mais aussi la possibilité d'extension future.

XII.3 Installation d'une gare a voyageurs

Dans une gare ferroviaire, on peut trouver différentes installations et constructions qui varient en fonction du type, de la conception et de la catégorie de la gare :

- **Le bâtiment voyageur :** c'est un espace pensé pour accueillir les voyageurs, avec divers services comme une salle d'attente, des guichets pour l'achat des billets, un poste de sécurité, ainsi que des commerces et autres équipements utiles.
- **Les bâtiments à usages divers (B.U.D)** : Ces espaces de service sont destinés au personnel ferroviaire.
- **Les quais :** Ce sont des bandes parallèles à la voie de la gare, procédées afin de faciliter et sécuriser l'accueil des voyageurs des trains.
- **Les abris de quais :** Il s'agit d'une installation située sur le quai, conçue pour abriter les voyageurs et les protéger des intempéries.
- **Les passages sous terrain et les passerelles :** c'est une structure aménagée pour permettre aux voyageurs de traverser les voies et de rejoindre un autre quai en toute sécurité.

XII.4 Garage franc :

Le garage franc marque la limite de la partie de voie à occuper par les wagons garés. Sur la position du garage franc théorique l'entraxe entre la voie principale et la voie déviée est de 3,57 m. En raison de la sécurité, le garage franc sera installé à 1,0 m de distance du garage franc théorique.

Le garage franc est calculé selon la formule suivante :

$$GF=(3.57\times N)+1$$

- $N=\frac{1}{\tan \alpha}$
- **Alpha : varie selon le type de l'appareil de voie**

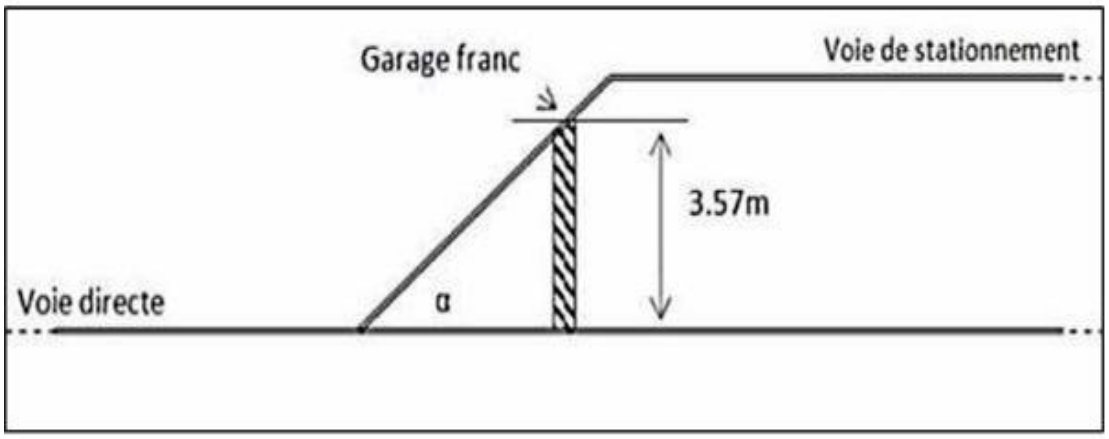


Figure XII-1: Garage franc

XII.5 Heurtoir

Les heurtoirs sont des équipements placés à l'extrémité des voies en impasse, comme celles des garages ou des voies de sécurité. Leur fonction principale est de stopper les trains ou les engins ferroviaires en fin de course, évitant ainsi tout dépassement ou sortie de voie.



Figure XII-2: Heurtoir

XII.6 Caractéristiques géométriques des gares

XII.6.1 Longueur utile d'une voie de stationnement

La longueur utile, ou longueur de stationnement, correspond à la distance minimale requise pour qu'un train puisse s'arrêter sur une voie de dépassement sans gêner la circulation sur la voie principale ni sur les autres voies adjacentes. Cette longueur utile représente la distance entre deux garages francs.

Selon SNTF, la longueur utile Lu est définie comme suit :

- Pour les trains voyageurs, la longueur utile minimale est de 426 mètres.
- Pour les trains de marchandises, la longueur utile minimale est de 870 mètres pour la voie principale et la voie de service.

- La longueur utile des voies d'évitement est de 1200 mètres.

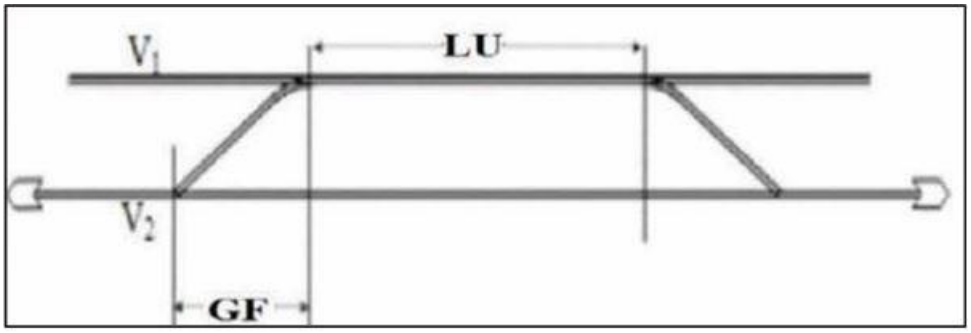


Figure XII-3: Longueur utile

XII.6.2 Déclivité dans les gares

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

XII.6.3 Les quais

XII.6.3.1 Caractéristiques géométriques des quais

Selon les normes de SNTF les caractéristiques géométriques des quais sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau XII-1:Les caractéristiques géométriques du quai (SNTF°

Quai	Référentielles SNTF
Longueur	Grande ligne 450 m
	Service régionale 350m
	Banlieue 225m
Largeur	Quai intermédiaire ≥ 8m
	Quai extérieure ≥ 6m
Hauteur	Quai bas h= 35 cm.
	Quai mi- haute h= 55 cm.
	Quai haute 76 ≤ h ≤ 100 cm.
Entraxe des quais	e normal > 11.3.
	e minimal > 9.3.

XII.6.3.2 Distance par rapport à l'axe de voie

La distance nominale à l'axe de voie est déterminée à :

L(m)=1650+S

La valeur de **S** est donnée par la formule suivante :

$$S = \frac{3750}{R} + \frac{I - 1435}{2}$$

R : le rayon de la voie (m)

I : l'écartement de la voie (mm)

XII.6.4 Appareils de voie

XII.6.4.1 Composition de l'appareil de voie

L'appareil de voie se compose de trois parties :

- Une partie d'aiguillage
- Une partie intermédiaire
- Une partie de croisement

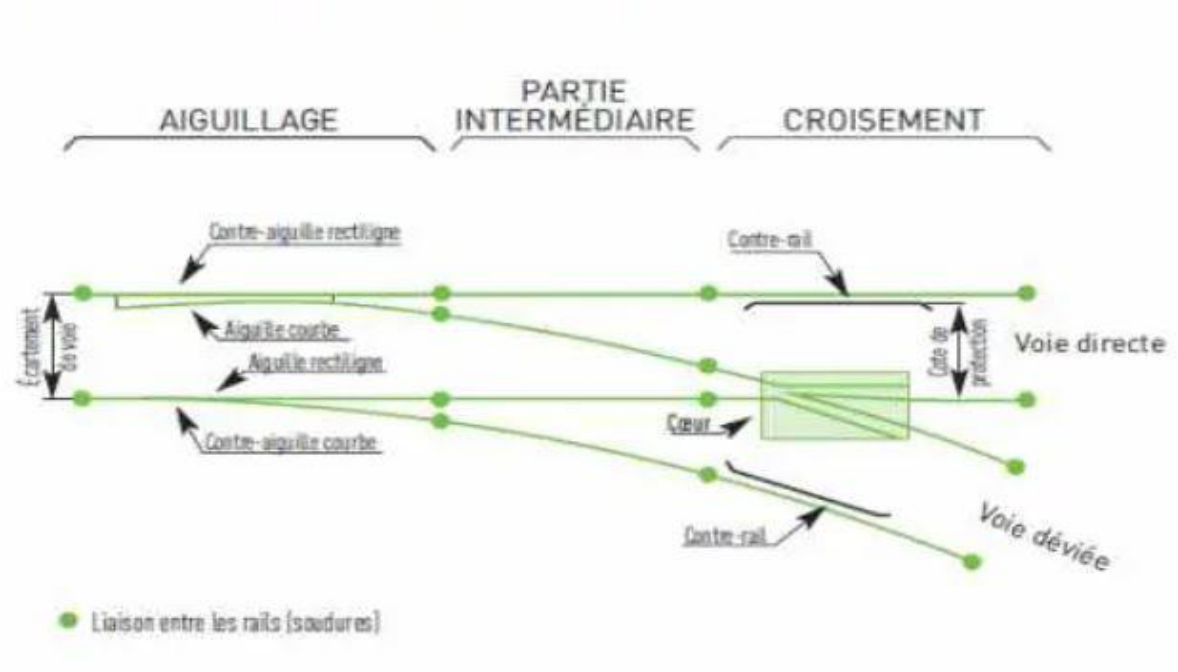


Figure XII-4:Eléments constitutifs d'un appareil de voie

XII.6.4.2 Implantation des appareils de voies

Ce système d'implantation d'appareils de voies est utilisé dans la ligne THENIA-TIZIOUZOU et pas utile dans tous les cas

Cas normal sans contrainte :

- Distance entre fin de quai et garage franc ≥ 130 m
- Location en alignement droit, suivant la courbure de l'alignement horizontal

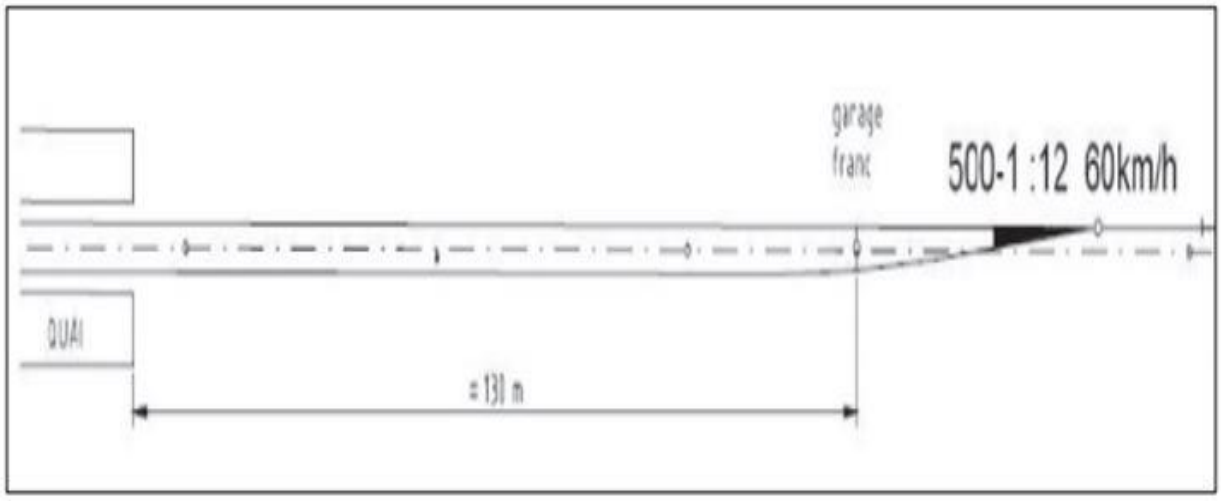


Figure XII-5:implantation d'un appareil de voie sans contraintes.

Cas avec contrainte

- Disposition d'un appareil de protection avec une distance entre fin de quai et appareil qui est ≥80 m
- Distance entre appareil de voie et courbe ≥ 6 m il est prévu des rampes de dévers droit sans doucine

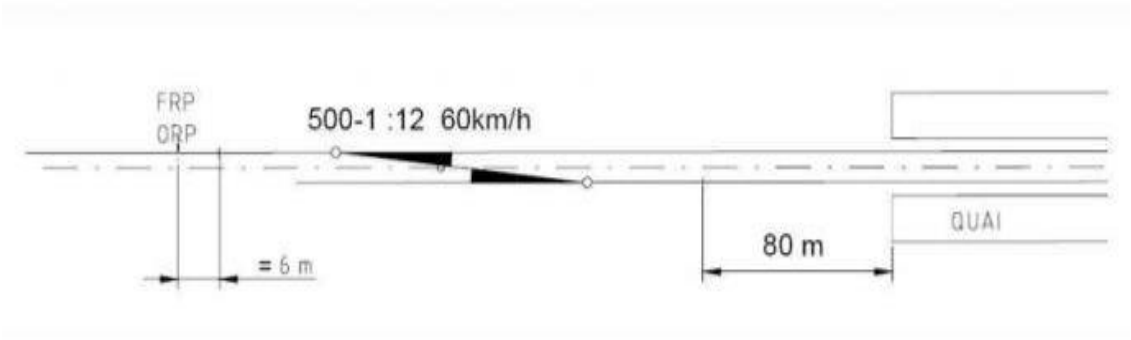


Figure XII-6:implantation d'un appareil de voie avec contraintes.

XII.7 Application au projet

La nouvelle gare COLONEL BOUGARA située au début de mon projet exactement de PK19+400 au PK20+800 dans un linéaire de 1440 m. Le bâtiment voyageur étant situé au PK 20+175.

XII.7.1 Caractéristiques géométriques de la gare

- **Les longueurs utiles**

Les longueurs utiles des voies de la gare dans le tableau ci-dessous :

Tableau XII-2: Les longueurs utiles

Voie	Longueurs utile (m)
A	1200
B	1316
3	1150

- **Les quais**

Tableau XII-3:Les dimensions des Quais.

Quais	Longueurs	Largeur	Hauteur	entraxe
Quai a	300	6	0.55m	15.3m
Quai b	300	8		

- **La distance par rapport à l'axe de la voie Selon UIC741**

$$L(mm) = 1650 + (\frac{3750}{R}) + (\frac{1435 - 1435}{2}) = 1650mm$$

Tel que :

R : rayon de la voie (le tracé dans la gare est droit R =∞).

I : écartement de la voie (dans notre projet I = 1435 mm).

- **Appareil de voie**

On a deux types d'appareil de voie :

-UIC 60 500 1/12.

-UIC 60 190 1 /9.

- **Longueur de garage franc**

  Calcul la distance de garage franc :

  - UIC 60 500 1/12: GF = (3.57×N) + 1= (3.57×12) +1 = 43.84m.

  - UIC 60 190 1 /9: GF = (3.57×N) + 1= (3.57× 9) +1 = 33.13m.

- **Passage souterrain**

  Dans notre gare, un passage souterrain est conçu pour faciliter la circulation des voyageurs entre les différents quais. Étant donné que les trains peuvent arriver et partir de plusieurs quais, ce passage permet aux voyageurs de se déplacer facilement d'un quai à l'autre sans avoir à traverser les voies de chemin de fer.

  On conclusion, le passage souterrain dans une gare est un élément essentiel pour assurer la sécurité.

XII.8 Assainissement de la gare

XII.8.1 Assainissement transversale

Pour garantir une évacuation efficace des eaux pluviales dans les gares, les quais doivent être inclinés à 2% selon leur configuration. Cette inclinaison permet de diriger l'eau vers les voies, lesquelles sont ensuite dotées de pentes transversales sur les plates-formes pour faciliter l'évacuation ultérieure.

XII.8.2 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 de les évacuer vers le réseau d’assainissement via les regards de visite.

CHAPITRE XIII : SINGALISATION FERROVIAIRE

XIII CHAPITRE : SINGALISATION FERROVIAIRE

XIII.1 Introduction

De l'origine du chemin circulant, la signalisation ferroviaire n'avait déjà cessé d'évoluer. Ce qui représentait à l'origine des simples dispositif visuels ou manuels est devenu, au fil du temps, un ensemble de systèmes techniques très avancés. La signalisation occupe un rôle crucial aujourd'hui dans la gestion du trafic ferroviaire : elle permet de gérer les déplacements des véhicules, de prévenir les accidents et garantir la bonne circulation sur tout le réseau en condition normale.

Dans ce chapitre, nous plongerons dans les principes essentiels de la signalisation ferroviaire, où la sécurité et la fluidité des opérations occupent une place centrale. Nous examinerons les divers types de signaux utilisés ainsi que les systèmes de contrôle associés, mettant en lumière leur fonctionnement et leur importance dans le bon fonctionnement des réseaux ferroviaires modernes.

XIII.2 Objectifs de la signalisation

La signalisation ferroviaire est un outil essentiel dans l'envoi des consignes à la légèreté du conducteur, ce qui permet de garantir une traversée en toute sécurité des trains. Les équipements de signalisation sont conçus avec attention pour résoudre les problèmes de circulation et mettre en œuvre des mesures pour enrayer les risques majeurs liés à la circulation ferroviaire.

XIII.3 Les risques des circulations ferroviaire

- **Le rattrapage** : C'est le risque de collision quand le train suiveur rattrape celui qui le précède. Ce risque est pris en charge par les cantonnements.
- **Le nez à nez** : C'est le risque de collision frontale entre deux trains quand ils se retrouvent face à face sur la même voie. Ce risque est pris en charge par les enclenchements.
- **La prise en écharpe** : C'est le risque de collision latérale de trains quand l'un arrive sur un aiguillage déjà occupé par un autre train venant d'une autre direction. Ce risque est pris en charge par les enclenchements internes au poste d'aiguillage (enclenchement d'itinéraires, enclenchement de transit…).
- **Le déraillement** : C'est le risque de sortie de voie (due à un excès de vitesse, à la manœuvre d'un appareil de voie au passage du train ou au mauvais état de la voie ou du matériel roulant). Ce risque est pris en charge par la limitation de vitesse, par des systèmes de surveillance des chargements et de la température des boîtes d'essieux.
- **Les heurts avec obstacle :** C'est le risque de rencontre avec un obstacle non ferroviaire (rocher, animal, véhicule…). Par exemple : le risque de collision sur un passage à niveau entre un train et une voiture. Ce risque est pris en charge par des dispositifs d'annonce des trains. Il ne peut malheureusement pas être entièrement évité par sa nature aléatoire.

XIII.4 Les signaux

Les signaux sont utilisés pour communique aux conducteurs des ordres et des informations concernant la sécurité des circulations. Ils remplissent principalement les fonctions suivantes :

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

XIII.5 Implantation des signaux en Algérie

Les signaux ferroviaires se divisent en deux : les feux et les panneaux. En général, les panneaux sont placés sur le côté gauche de la voie, conformément au sens de circulation des trains qui se fait à gauche, sauf lorsque cette installation n'est pas possible.

XIII.6 Les différents types de blocks

Les différents systèmes utilisés pour gérer les signaux, appelés blocks, varient selon la catégorie de la ligne. Les principaux sont les suivants :

XIII.6.1 Block manuel (BM)

Utilisé sur les lignes à faible trafic, ce système nécessite qu'un agent ouvre manuellement le signal de block pour permettre l'entrée d'un train sur la voie.

XIII.6.2 Le block automatique à permissivité restreinte (B.A.P.R)

Ce système est utilisé sur des lignes à trafic modéré. Il s'agit d'un système d'espacement des trains qui peut être partiellement ou entièrement automatisé grâce à des signaux.

XIII.6.3 Le block automatique lumineux (B.A.L)

Est utilisé principalement sur les lignes à fort trafic. Il se caractérise par l'utilisation de cantons courts, ce qui implique un nombre plus élevé de signaux, ce qui peut être plus coûteux. Cependant, il offre une grande souplesse dans la régulation des circulations ferroviaires. Grâce aux cantons courts, l'espacement entre les trains est réduit.

XIII.7 Système de cantonnement

Le canton est une portion de voie ferrée alimentée électriquement, servant de base au système d'espacement des trains. Son rôle principal est d'assurer qu'un seul train circule dans un canton donné à un moment précis, garantissant ainsi une distance de sécurité entre les convois et évitant tout risque de rattrapage ou de collision.

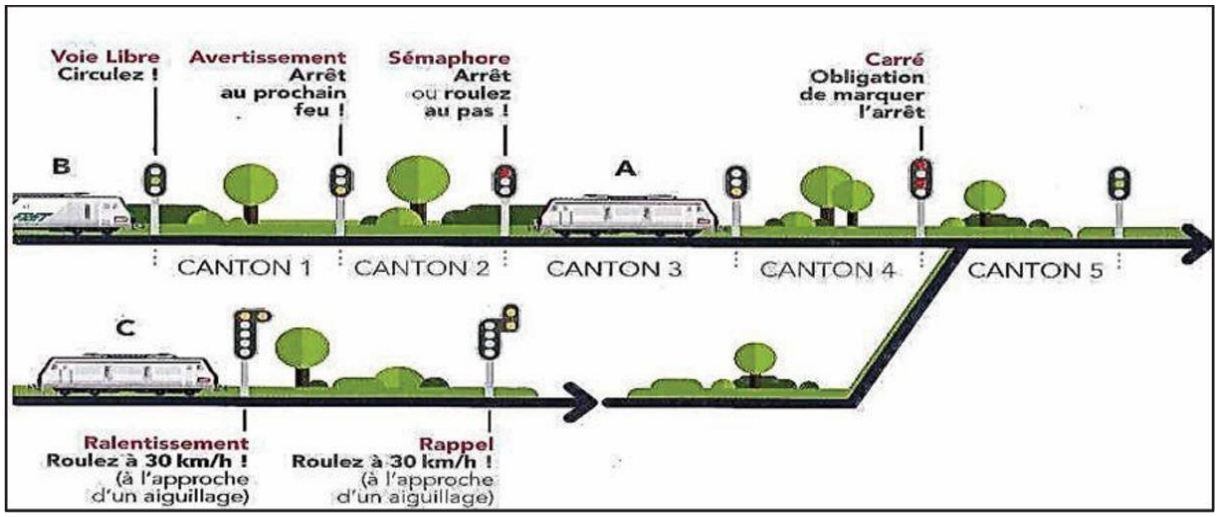


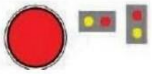
Figure XIII-1:Schéma illustratif de canton.

XIII.8 Les principaux signaux ferroviaires et leur indication :

Tableau XIII-1:Les principaux signaux ferroviaires et leur indication

SIGNAL	INDICATION	SIGNALISATION LUMINEUSE	SIGNALISATION MECANIQUE
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 /Feux 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		

Feu blanc	Il commande ou confirme au conducteur l'observa- tion de la marche en ma- nœuvre		
Feu blanc cli- gnotant	Il interdit dans tous les casle départ en ligne d'un train		
Les feux de heurtoir	Ils servent à repérer de nuit, ou en gare, les heur- toirs de fin de voie		
L'avertisse- ment/feu jaune	"Il commande au mécani- cien de pouvoir s'arrêter avant les signaux suivants : carré, sémaphore, carré violet, un rouge clignо- tant."		
Le feu jaune Clignotant(A)	Il commande au mécani- cien d'être en mesure de s'arrêter avant le signal an- noncé à distance réduite par le signal suivant.		
Le disque D	Il commande au mécani- cien de marquer l'arrêt au premier signal ou aiguil- lage rencontré		
Le ralentisse- ment 60	Le ralentissement 60 pour annonce une aiguille (ou plusieurs) en position "voie déviée" à passer à		

Le rappel de ralentissement60	une vitesse maximale de 60 km/h.		

Plaque d'identification	Indication
	La pancarte indique une zone à vitesse limitée (Zone d'action).
	Le TIV fixe indique la vitesse à respecter à distance.
	La pancarte indique la sortie de la zone à vitesse limitée (Reprise de vitesse).
	La pancarte indique le point d'arrêt des trains sur le quai concerné (Tête de Train).
	Cette pancarte pour annonce une zone à gabarit limité (pont, tunnel).
	Le tableau indique que le train est dirigé vers un dépôt.

XIII.9 Système de contrôle et de protection ERTMS :

L'ERTMS, ou European Rail Traffic Management System, est le dispositif de signalisation ferroviaire commun à l'ensemble des pays européens. Une technologie qui permet de faire circuler plus de trains, en toute sécurité, sans changer de système à la frontière. Il s'agit d'une des briques majeures de la signalisation digitale de demain.

L'ERTMS est composé de deux éléments majeurs et d'un troisième optionnel :

- **L'ETCS (European Train Control System)** est le système européen de signalisation et de contrôle des trains. Il permet un passage optimisé des frontières tout en garantissant la sécurité des installations.
- **Le GSM-R** est le système radio utilisé pour échanger des informations entre le sol et le bord. Il est basé sur le standard GSM mais utilise des fréquences propres au rail. Dans le futur, le FRMCS (Future Railway Mobile Communication System), basé sur la 5G, succèdera au GSM-R.

- **L'ATO (Automatic Train Operation)** : ce dispositif optionnel est un système permettant la traction et le freinage automatique du train. Quatre niveaux d'automatisme sont définis.

XIII.9.1 Les fonctions D'ERTMS

- Contrôle de la signalisation latérale par la balise standard pour communiquer avec un système à bord du train.
- Autorisation de déplacement jusqu'au prochain point de signalisation latérale en utilisant le principe de blocage fixe
- Transmission des informations de signalisation latérale via l'Unité de Contrôle Latéral (LEU) à bord du train.
- Transmission continue de la position et de la vitesse du train via une antenne à tout moment.
- Protection des trains grâce à une communication intermittente entre la voie et le train via les balises.

ERTMS est divisé en trois niveaux, comme le montre la figure ci-dessous :

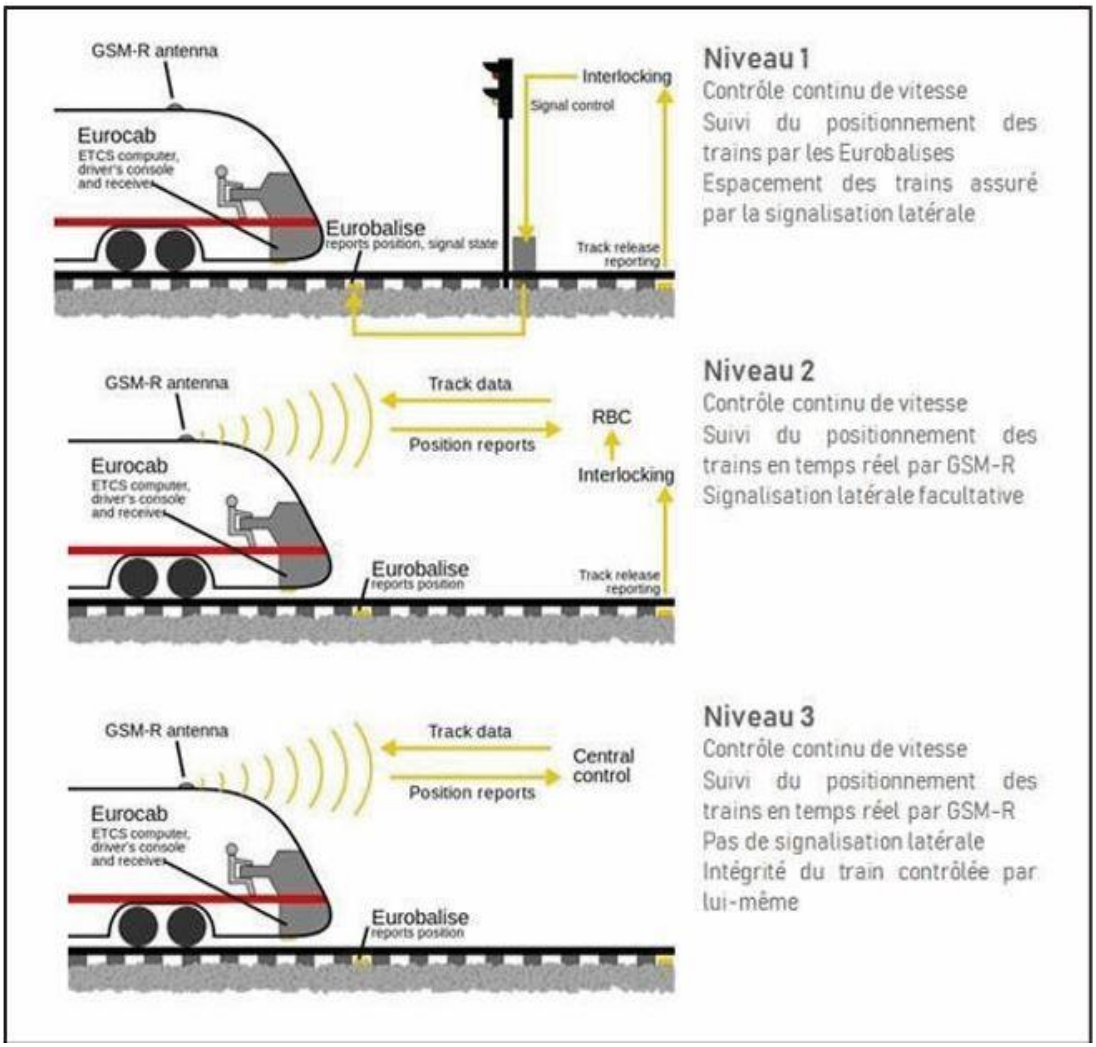


Figure XIII-2les trois niveaux ERTMS :

XIII.10 Application sur notre projet

Dans la nouvelle ligne Tissemsilt-Boughezoul, le type de système de signalisation choisi par le maitre d'ouvrage est ERTMS/ETCS Niveau 1 (Européen Rail Traffic Management System/Européen Train Control System) pour contrôler et surveiller la sécurité de la circulation des trains. Les composants ETCS viendront en complément du système de signalisation lumineuse classique, dont la fonctionnalité est entièrement maintenue.

Le niveau 1 d'ERTMS : lequel le conducteur reçoit les informations et consignes directement en cabine grâce à un outil d'échange des informations en temps réel constitué par des balises placées le long de la voie qui recopient l'état des signaux.

XIII.11 Conclusion

Avec l'avènement d'outils informatiques de plus en plus performants, le domaine de la signalisation ferroviaire a connu un développement notable ces dernières années, contribuant de manière significative à la réduction des accidents et à la fluidité de la circulation du matériel roulant. Ces avancées technologiques permettent une gestion plus précise et sécurisée des réseaux ferroviaires, améliorant ainsi l'efficacité et la sécurité du transport ferroviaire.

CHAPITRE XIV : L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIV CHAPITRE : L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIV.1 Introduction

Dans cette partie, on présente une analyse des impacts directs et indirects du projet de la desserte ferroviaire à voie unique Tissemsilt-Boughezoul sur l'environnement social et naturel, tout en identifiant les zones sensibles et à protégé contre ces impacts. Afin d'assurer Intégration de notre projet dans le milieu récepteur et de réduire ses répercussions environnementales.

De manière générale, une étude d'impact sur l'environnement s'articule autour de trois axes principaux :

- Une présentation du projet et de l'état initial de la zone concernée.
- Une évaluation des impacts potentiels qu'il pourrait engendrer.
- la proposition de mesures à mettre en œuvre pour protéger l'environnement.

XIV.2 Analyse de l'état initial

XIV.2.1 Environnement physique

L'environnement physique regroupe l'ensemble des éléments (Climat, relief, insolation ...) qui entourent un individu ou une espèce et dont certains contribuent directement à satisfaire ses besoins.

Tableau XIV-1 Environnement physique de la région

Température	T max (°C) : 36° T min (°C) : 4°
Climat	La zone d'étude appartient à la zone climatique II
Sismologie	La région étudiée a une Sismicité faible. Classée dans la zone sismique I
Relief	Notre traçons traverse un relief moyennement plat « Un mélange entre les hauts plateaux et les steppes »

XIV.2.2 Environnement biologique

Végétation Et Flore

La végétation caractérisée la région de Tissemsilt est des forêts de chêne pins d'Alep et d'Alfa. Dans certains coins de la région on constate une désertification de la Nature et la végétation n'est représentée que par des restes de plantes d'Alpha.

La Faune

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

XIV.2.3 Environnement socioculturel

Population et habitat

Il a une population de 294 476 habitants. (2008) personnes sur une superficie de 3 152 km². La densité de population est de 93 habitants par Kilomètres carrés.

Agriculture

Dans la région d'étude, les terres agricoles se répartissent en terres labourables, cultures permanentes et pacages.

XIV.3 Identification et description des impacts

XIV.3.1 Les impacts positifs du projet

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

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

XIV.3.2 Les impacts négatifs du projet :

Les ressources naturelles concernées par les effets du tracé sont :

Impacts sur la population

Les impacts négatifs du projet sur la population en phase de travaux portent sur l'expropriation des biens (bâtis, équipements et terrains agricoles), ainsi que des nuisances (émanations atmosphériques et bruits) générées par les travaux (terrassements, transports de matériaux, installation des équipements…etc.)

L'air

Le chantier peut avoir différents impacts sur la qualité de l'air, liés à :

- Des émanations de gaz par les installations de combustion, gaz d'échappement des engins et des camions, dont les principaux gaz échappés sont les CO, HC, CH4, CO2, NOx, SO2.

- Des émissions de poussières dues au transport de matériaux par les camions ;

- Une dispersion accidentelle de produits chimiques gazeux.

L'eau

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

La faune et la flore

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

la population

Les impacts négatifs du projet sur la population en phase de travaux portent sur l'expropriation des biens (bâtis, équipements et terrains agricoles), ainsi que des nuisances (émanations atmosphériques et bruits) générées par les travaux (terrassements, transports de matériaux, installation des équipements…etc.).

XIV.4 Les mesures prises pour minimiser les impacts

XIV.4.1 Impact sur la qualité de l'air :

Tableau XIV-2 Les mesures prises pour minimiser les impacts sur la qualité de l'aire

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

XIV.4.1 Impact sur les eaux

Tableau XIV-3 Les mesures prises pour minimiser les impacts sur les eaux

Impact	Mesure
Les eaux superficielles - La redirection des flux d'écoulement pendant la construction de l'ouvrage. - La pollution des eaux.	- La mise en place d'un système de drainage et de collecte des eaux de ruissellement provenant des terrassements, avec leur traitement dans des bassins de décantation. - Le stockage du carburant, la mise en place de mesures de confinement et la maintenance du matériel seront effectués sur des aires spécialement aménagées à cet effet
Les eaux souterraines - Risques de pollution par rejets directs d'eaux de lavage, d'eaux usées. - Risque de pollution par une mauvaise gestion des déchets.	- La mise en végétation immédiate des talus, des fossés et berges de cours d'eau, en saison favorable. - Le traitement des eaux de chantier dans des bassins de décantation/ filtration provisoires avant rejet dans les cours d'eau sensibles.

XIV.4.2 Impact sur la flore

Tableau XIV-4 Les mesures prises pour minimiser les impacts sur la flore

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

XIV.4.3 Impact sur la faune :

Tableau XIV-5 Les mesures prises pour minimiser les impacts sur la faune

Impact	Mesure
– Implantation d'une infrastructure étrangère dans une zone de colonisation faunistiques **– Risque de perturbation liée au bruit et à la vibration**	– La pose des barrières pour la faune le long des passages des forêts ou des zones de colonisation faunistiques – Impact de vibration sera modéré dans le temps. – Création des passages pour animaux par des dalots surdimensionner

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

Tableau XIV-6 les passages supérieurs

Localisation	Ouvrage d'art
PK 21+625	**Passage supérieure**
PK 24+144	**Passage supérieur**
PK 25+297	**Passage supérieur**
PK 27+160	**Passage supérieur**
PK 29+656	**Passage supérieur**
PK 31+461	**Passage supérieur**
PK 33+532	**Passage supérieur**

Tableau XIV-7 les buses d'équilibre

PK	Buse étude d'équilibré
21+350	1500
21+575	1500
27+275	1500
27+750	1500
31+350	1500
31+875	1500
32+350	1500
32+950	1000
33+775	1500
34+235	1500

XIV.4.4 Impact sur les habitats

L'expropriation des habitants doit être effectuée selon la réglementation Algérienne en vigueur, notamment la « Loi nº 91-11 fixant les règles relatives à l'expropriation pour cause d'utilité publique », qui indique que toute personne déplacée doit être indemnisé et avoir un bien être équivalent ou meilleur que celui d'avant.

Conception des mures acoustiques et/ou des merlons afin de minimiser l'impact du bruit dans la phase exploitation.

Des signalisations claires des chantiers et pistes d'accès seront mises en place afin de li miter les risques d'accident.

Informer régulièrement les agriculteurs sur les perturbations afin qu'ils puissent s'organiser en conséquence

Engager une concertation avec les agriculteurs et installer des passages dédiés pour leurs activités agricoles.

Tableau XIV-8 Les mesures prises pour minimiser les impacts sur les habitats

Impact	Localisation	Mesure
Suppression une partie d'une ferme	**PK 27+340**	Compensation financière aux habitants touchée
Suppression une partie d'une ferme	**PK 33+250**	Compensation financière aux habitants touchée

XIV.5 Conclusion

L'objectif principal est d'intégrer l'équipement dans le paysage traversé avec un minimum de nuisances économiques, environnementales et écologiques. Afin d'atteindre cet objectif, il est recommandé de mettre en place un programme de surveillance qui supervisera la phase de construction et d'exploitation de la voie ferrée et des infrastructures associées. Ce programme permettra de suivre et de surveiller les mesures de préservation et de récupération mise en place pour minimiser les impacts négatifs sur l'environnement.

CHAPITRE XV : DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF

XV CHAPITRE : DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF

Tableau XV-1 Devis estimatif quantitatif

Lot.N°	Désignations	Unité	Prix unitaire	Quantité	Montant
1. ETUDE D'EXECUTION ET INSTALLATION DE CHANTIER :					
1-1	Étude d'exécution	F	130 000 000,00	1,00	130 000 000,00
1-2	Installation générale de chantier	F	488 146 705,37	1,00	488 146 705,37
Coût total installation de chantier et études d'exécution (DZD)					618 146 705,37
2. TERRASSEMENT :					
2-1	Décapage de terre végétale	M^3	390,00	75 598,08	29 483 251,20
2-2	Déblais	M^3	500,00	0	0
2-3	Remblais	M^3	600,00	145 961,26	87 576 756,00
Coût total des terrassements (DZD)					117 060 007,20
3. TRAVAUX DE LA VOIE :					
3-1	Fourniture des rails UIC 60 E	T	173 250,00	1 883,00	326 229 750,00
3-2	Pose de voie	ML	1 988,00	15 600,00	31 012 800,00
3-3	Fourniture des traverses bi-bloc en béton armé (VAX U31)	U	9 256,00	26 021,00	240 850 376,00
3-4	Fourniture des attaches (Type NABLA)	U	1 200,00	52 042,00	62 450 400,00
3-5	Soudures aluminothermiques et électriques	U	20 806,00	867,00	18 038 802,00
Coût total de la voie (DZD)					678 582 128,00
4. COUCHE D'ASSISE FERROVIAIRE :					
4-1	F/P couche de forme	M^3	1 100,00	59 271,96	65 199 156,00
4-2	F/P couche de sous ballast	M^3	3 000,00	22 487,98	67 463 940,00
4-3	F/P couche de ballast	M^3	3 880,00	32 718,26	126 946 848,80
Coût total d'assise ferroviaire (DZD)					259 609 944,80
5. DRAINAGE ET ASSAINISSEMENT :					
5-5	Buse en béton armé (1500mm)	U	36 224,00	10,00	362 240,00
Coût total de drainage et assainissement (DZD)					362 240,00
6. TRAVAUX DE LA GARE :					
6-1	Fourniture des rails UIC 60 E	T	173 250,00	298,00	51 628 500,00
6-2	Fourniture des traverses bi-bloc en béton armé (VAX U31)	U	9 256,00	4 114,00	38 079 184,00
6-3	Fourniture des attaches (Type NABLA)	U	1 200,00	8 228,00	9 873 600,00
6-4	Pose de voie	ML	1 988,00	2 526,00	5 021 688,00

6-5	Soudures aluminothermiques et électriques	U	20 806,00	141,00	2 933 646,00
6-6	Fourniture des adv UIC 60-500-1/12	U	15 899 976,16	3,00	47 699 928,48
6-7	Fourniture des adv UIC 60-300-1/9	U	7 841 980,00	3,00	23 525 940,00
6-8	Pose des adv UIC 60-500-1/12	U	412 933,00	3,00	1 238 799,00
6-9	Pose des adv UIC 60-300-1/9	U	206 216,00	3,00	618 648,00
6-10	Heurtoir	U	936 686,00	2,00	1 873 372,00
6-11	Traverses de garage franc	U	40 891,56	6,00	245 349,36
6-12	Bâtiment voyageurs	F	18 022 510,20	1,00	18 022 510,20
6-13	F/P des quais avec ces installations	U	19 417 281,00	2,00	38 834 562,00
6-14	Passage souterrain	F	10 417 281,00	1,00	10 417 281,00
6-15	Réalisation des travaux d'aménagement extérieur de la gare	F	83 803 927,00	1,00	83 803 927,00
Coût total des travaux de la gare (DZD)					333 816 935,04
7. INSTALLATION ERTMS :					
7-1	Étude	F	1 862 121,60	1,00	1 862 121,60
7-2	Fourniture	F	53 201 753,34	1,00	53 201 753,34
7-3	Travaux	F	58 609 732,88	1,00	58 609 732,88
7-4	Génie civil	F	46 463 315,34	1,00	46 463 315,34
Coût total de signalisation (DZD)					160 136 923,16
8. OUVRAGES D'ART :					
8-1	Passage supérieure	U	45 000 000,00	7,00	315 000 000,00
8-2	Pont rail	U	200 000 000,00	1,00	200 000 000,00
Coût total des ouvrages d'art (DZD)					515 000 000,00
Montant total du projet (Hors Tax) (DZD)					2 682 714 884
Montant de TVA (DZD)					509 715 828
Montant total du projet (TTC) (DZD)					3 192 430 712

MONTANT TOTAL EN TTC (EN LERTTRES) :

Trois milliards cent quatre-vingt-douze millions quatre cent trente mille sept cent douze DINNARE ALGERIENNE

CHAPITRE XVI : CONCLUSION GENERALE

XVI CONCLUSION GÉNÉRALE

Le secteur ferroviaire est un pilier essentiel du développement économique et social en Algérie. Dans ce contexte, le projet TISSEMSILT-BOUGHEZOUL du PK 19+400 au PK 35+000 et incluant la conception d'une gare de colonel Bougara, revêt une importance stratégique majeure. Ce mémoire présente une étude APD (Avant-Projet Détaillé) sur une distance de 15,600 kilomètres.

Cette étude a impliqué des analyses géométriques pour définir précisément le tracé du projet, ainsi que des études géologiques et géotechniques pour évaluer les caractéristiques mécaniques du sol. Des études hydrauliques ont également été menées pour déterminer les ouvrages nécessaires à l'évacuation des eaux pluviales. De plus, la conception des fondations et des terrassements a permis de définir les volumes nécessaires et d'estimer les coûts d'investissement du projet.

L'utilisation de logiciels spécialisés tels que CIVIL 3D 2025, AUTOCAD a été essentielle pour réaliser ces études avec précision et efficacité. L'application rigoureuse des normes de l'UIC (Union Internationale des Chemins de fer) et de la SNTF (Société Nationale des Transports Ferroviaires) a également été fondamentale pour garantir la qualité et la conformité du projet.

En conclusion, ce projet de Tissemsilt-Boughezoul renforce non seulement les infrastructures ferroviaires du pays, mais contribue également de manière significative au développement économique régional, à la création d'emplois et à l'amélioration des transports.

BIBLIOGRAPHIE

[1] SETIRAIL, « Rapport de l'étude géologique et géotechnique ».

[2] les normes UIC (741). Quais des gares à voyageurs-Règles pour l'implantation des borduresdes quais par rapport à la voie.

[3] UIC 719 R, Ouvrages en terre et couches d'assise ferroviaire.

[4] SNTF, Référentiel technique, version 02, chapitre 6 : Géométrie de la voie, 2005.

[5] Cours voie ferrée de Mr. Morsli ENSTP.

[6] Cours voie ferrée Dr N. Ferhoune / université Oum bouaghi.

[7] SETIRAIL Avant-Projet Sommaire Mission SIGNALISATION .

[8] SETIRAIL, « Rapport de l'étude hydrologique et hydraulique ».

[9] SNTF, chapitre 10, signalisation et télécommunication, version 2 .

[10] Mémoires de voie ferrée école nationale des travaux publics.

[11] Cours hydraulique appliquée Mr D. RAHMANI. "enseignent à ENSTP ".

[12] Cours hydraulique appliquée Mr A. LEFKIR. "enseignent à ENSTP ".

Annexe

Annexe A : Listing axe en plan

Listing de la géométrie de l'axe en plan

Client:	**Prepared by:**
Client	Preparer
Client	Your Company
Company	Name
Address 1	123 Main Street

Date: 13/06/2025 16:30:10 PM

Axe en plan: Axe_-_(5)

Description:

Plage d'abscisse : Début: 19400.00, Fin: 35354.65

Elem	**Caractéristiques**	**Longueur**	**Abscisse**	**X**	**Y**
			19400.00	407933.1766	3934339.4812
DR1	ANG=123.5657 (g)	4706.937			
			24106.94	412321.2952	3932636.6400
ARC2	XC=411235.9772				
	YC=3929839.8410				
	R=3000.000	439.523			
			24546.46	412717.9568	3932448.2383
DR3	ANG=132.8926 (g)	9177.463			
			33723.92	420697.4467	3927914.6340
ARC4	XC=419215.4671				
	YC=3925306.2367				
	R=3000.000	1203.941			
			34927.86	421598.6143	3927128.4906
DR5	ANG=158.4411 (g)	426.787			
			35354.65	421857.8526	3926789.4583

Annexe B: Listing profil en long

Profil : Abscisse Sommets et Raccordements

Client:	**Prepared by:**
Client	Preparer
Client Company	Your Company Name
Address 1	123 Main Street

Date: 13/06/2025 16:30:46 PM

Profil en long : Axe - (5) - Profil en long - 2

Description:

Plage d'abscisse : Début: 19400.01, Fin: 35000.05

LONGUEUR DE L'AXE : 15600.040m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			19400.01	848.419
D1	PENTE= 0.00‰	1892.265		
			21292.28	848.419
ARC1	S= 21300.00 Z=848.419			
	R= -10000.000	15.446		
			21307.72	848.431
D2	PENTE= 1.5‰	801.542		
			22109.26	849.669
ARC2	S= 22110.44 Z=849.671			
	R= -10000.000	2.355		
			22111.62	849.673
D3	PENTE= 1.3‰	208.800		
			22320.42	849.946
ARC3	S= 22325.00 Z=849.952			
	R= -10000.000	9.161		
			22329.58	849.954
D4	PENTE= 0.4‰	962.406		
			23291.99	850.332
ARC4	S= 23300.00 Z=850.335			
	R= -10000.000	16.027		
			23308.01	850.325
D5	PENTE= -1.2‰	2907.909		
			26215.92	846.808
ARC5	S= 26239.86 Z=846.779			
	R= -10000.000	47.885		
			26263.81	846.635
D6	PENTE= -0.60%	590.372		
			26854.18	843.094

ARC6	S= 26874.99 Z=842.969			
	R= -10000.000	41.629		
			26895.81	842.758
D7	PENTE= -10.2‰	516.361		
			27412.17	837.511
ARC7	S= 27449.59 Z=837.130			
	R= -10000.000	74.836		
			27487.01	837.030
D8	PENTE= -2.7‰	1233.492		
			28720.50	833.728
ARC8	S= 28724.11 Z=833.718			
	R= -10000.000	7.225		
			28727.72	833.706
D9	PENTE= -3.4‰	1119.788		
			29847.51	829.898
ARC9	S= 29854.24 Z=829.875			
	R= -10000.000	13.466		
			29860.98	829.862
D10	PENTE= -2.1‰	1785.289		
			31646.26	826.196
ARC10	S= 31650.00 Z=826.188			
	R= -10000.000	7.466		
			31653.73	826.178
D11	PENTE= -2.8‰	1687.249		
			33340.98	821.453
ARC11	S= 33341.08 Z=821.453			
	R= -10000.000	0.203		
			33341.18	821.453
D12	PENTE= -2.8‰	1658.872		
			35000.05	816.774

ANNEXE C

Annexe C1 *:* Pluies maximales journalières mensuelles de station Hamadia

Année	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	fév	Mar	avril	May	Jun	juil	Aout
1913	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,1	0	2,5
1914	0	2,6	8,5	10,6	29,6	5,5	7,7	16,5	12,5	15,7	0	0
1915	0	7.4	5.7	6.3	3.4	22.8	46	7.4	15.6	0,2	1,1	0
1916	10,3	3,1	34	15,3	13,4	7,6	9,7	3,2	17,1	29,8	12,7	0
1917	6,1	10,1	14,8	14,5	8,3	0	13,4	7,6	13,7	16,8	0	0
1918	10,1	4,2	23,4	8,9	20,4	9,3	9,2	3,6	7,4	5	0	0
1919	2,1	7,5	10,7	6,2	13	5,7	17,5	5,7	12	35,5	4,3	0
1920	1,1	6,5	23,6	6,9	8,4	11,5	14,5	13,2	29,7	5,5	0	0,6
1921	3,2	4,9	14,3	36,5	19,1	7,9	0,3	0	8,2	15,4	0	0,3
1922	1,3	19,3	4,4	8,6	15,4	12,5	12,5	18,8	17,6	12,8	0	0,3
1923	12,5	9,1	11,7	5	13,8	19,3	14,6	6,4	34,7	12,1	0	4,1
1924	6,4	14,3	11,3	9,1	2,3	10,1	18,4	11,6	5,7	16,3	14,3	14,5
1925	25,6	14,2	18,6	5,6	5,9	11,8	7,2	34,6	9,8	6,3	5,3	10,3
1926	6,5	4,1	23	21,3	18,5	8,8	24,1	8,3	17,6	2,1	0	0,4
1927	29,6	12,2	9,6	16,2	13,4	11,5	19,9	4,2	23,2	0,6	0,8	6,2
1928	12,2	20,6	4	10,7	18,4	51,1	6,2	5	59,7	5	0	0
1929	23,5	4,5	6,8	11,5	14	27,2	5	27,2	65,9	0,4	0	5,2
1930	5,1	3	0	38	12,5	29,2	5	13,5	2	5,5	5,5	17,5
1931	13	10	10	28	11	11	5	13	37,8	5	10,3	0
1932	10	15,3	10,6	21,3	8,5	7	8,3	6	4,8	7	5,2	0
1933	16,5	4,8	13,4	38,6	13,2	12,5	21,2	17,3	17	3	3	10
1934	9	7,1	16,2	20	10,2	4,8	9	29,1	26,2	7	2,1	18,6
1935	0	13,2	10,5	10	16,5	25	19	7,3	23,7	10,5	2	6,6
1936	0	0	0	0	0	0	0	3,6	31	8,1	0	0
1937	0	9,5	0,8	6,6	6,7	24,8	8,8	22,6	26,7	5,4	0	0
1938	0,8	0	10,7	24	34,7	13,1	48,9	17,9	7,2	4	5,7	17,7
1939	27,6	6,9	3,9	22,7	25,1	18,5	24,7	0,2	16,5	2,6	11,5	2,4
1940	6	21.2	20,8	10.8	13.6	4.2	9	15.6	35.6	3.3	3	0
1941	0	0	0	0	17,9	3,3	12,8	4,6	2	11,5	0	0
1942	10,6	17	17,5	13	9	6,7	15,3	6,2	13,8	20,6	0	11,5
1943	27,6	13,1	10,8	21,7	23,2	4,1	21,7	17,3	14	22,4	0	0
1944	0	5,2	5,4	22,7	26,5	0	13,2	9,8	3,7	5,2	17,4	1,9
1945	1,9	5,8	16,7	8,6	7,7	12,6	18,2	37,8	32,8	48,5	4	12,5
1946	0	0	0	0	0	0	0	0	4	12,5	0	0
1947	11,5	10,5	4,5	14	1	1,5	8,2	6,5	12	0	0	0
1948	22	4	6	3	2,5	9	2,5	8	7	23,3	0	0,8
1949	21,8	19,8	16	15	14,1	7,7	20	6	8,6	2	0	2,1
1950	0	0	10,6	22,3	27,1	17,3	12,6	18	17,3	8	4,7	0,9
1951	17,2	19,5	13	16,5	17	11,9	14,2	16,3	6,4	5	0	1,9
1952	11	4,2	1,2	10,3	17	9,9	7,2	11,3	28,5	1,9	16,2	0

1953	16.7	7	15	7.5	23.4	17	20.5	2.3	24.5	2.8	0	0
1954	9.5	35.3	58.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1955	0	0	0	29,5	2	11,6	9,8	12,9	3,2	10,5	7,3	0
1956	16	9.2	11.5	0,2	5.3	10.6	9.8	12.5	17.8	0	0	6.9
1957	11,8	0,4	11,7	4,5	5,6	19,9	7,1	15,9	11,1	0,4	4,1	0
1958	15,1	15,1	4,3	9,4	17,8	10,5	5,8	11	7,3	10,8	0	0
1959	0	4,7	24,2	14	21,2	5,8	19,7	6,7	15,1	3,8	0	0
1960	0	20,1	9,2	3,5	8,9	9,1	5,2	5,7	0,6	4,1	0	0

ND: valeur **NON DISPONIBLE**

Annexe C 2 : Pluies mensuelles de station hamadia .

Année	Sep	Oct	Nov.	Déc	Jan	Fer	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
1913	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	8.6	0.0	3.5	ND
1914	0.0	2.8	16.8	32.1	130.3	25.5	23.5	36.8	25.3	15.7	ND	ND
1915	ND	9.5	12.8	11.8	7.5	63.8	89.4	28.7	25.0	0.2	1.1	0.0
1916	14.0	5.0	85.6	32.6	91.8	30.2	53.7	6.9	38.5	77.9	12.7	0.0
1917	8.4	21.1	37.9	63.5	28.4	0.0	43.7	45.7	28.7	46.1	0.0	0.0
1918	20.2	9.9	106.4	23.3	61.1	30.9	17.6	8.1	11.5	11.0	0.0	0.0
1919	3.5	18.8	25.3	17.2	18.9	24.2	22.4	10.9	38.9	55.7	4.3	0.0
1920	3.3	12.8	72.1	26.7	19.4	25.9	40.6	49.8	68.2	7.7	0.0	0.6
1921	13.5	13.4	45.3	43.7	60.5	29.6	1.0	0.0	15.7	30.2	0.0	0.3
1922	1.3	53.4	17.9	34.5	45.4	63.9	41.7	80.2	34.5	38.9	0.0	0.3
1923	26.1	27.9	22.8	13.8	49.0	40.5	29.9	12.0	53.5	36.1	0.0	4.1
1924	12.8	41.1	36.5	41.4	4.2	27.0	53.2	28.0	15.4	24.9	19.6	18.7
1925	64.6	59.0	64.1	19.8	8.5	23.2	24.2	49.1	23.0	13.6	11.3	10.3
1926	16.1	16.2	50.1	57.6	110.2	31.0	32.3	12.8	54.3	3.0	0.0	0.4
1927	38.0	46.1	44.9	44.9	104.0	36.1	97.6	17.7	73.8	0.6	0.8	8.5
1928	33.5	71.0	13.8	31.3	58.4	157.7	15.6	8.7	109.2	5.4	0.0	0.0
1929	72.9	10.4	24.3	20.9	80.8	83.4	17.6	58.6	66.5	0.6	0.0	5.3
1930	9.9	4.2	0	86.9	28.6	89.7	19.7	21.1	3.6	11.0	5.5	19.7
1931	28.7	10.0	24.4	69.5	12.0	49.1	23.2	34.3	45.1	8.0	10.3	0.0
1932	19.0	21.0	28.8	56.1	32.3	21.7	31.7	17.9	9.2	7.6	6.7	0.0
1933	55.8	7.9	69.3	97.9	24.8	30.0	102.6	36.1	67.1	7.3	3.0	19.5
1934	30.9	14.5	44.1	76.2	15.9	13.8	20.2	45.0	70.3	10.0	2.1	40.3
1935	0.0	71.4	30.9	20.0	44.3	66.6	65.5	15.2	93.9	21.9	2.0	6.6
1936	4.1	86	9.4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1937	0.0	50.4	2.0	19.2	11.9	54.4	29.8	78.8	71.9	5.8	0.0	0.0
1938	1.5	0.0	48.4	54.8	84.3	41.2	75.0	50.4	25.0	5.3	5.7	21.8
1939	114.1	23.2	7.8	109.9	87.6	44.3	50.6	0.2	45.6	2.6	23.4	4.8
1940	12.0	74.2	59.6	37.2	41.2	13.1	23.5	62.9	71.0	7.0	6.1	ND
1941	ND	ND	ND	ND	73.7	4.2	29.1	15.0	2.0	21.0	0.0	0.0
1942	11.7	37.1	38.5	37.4	26.1	28.2	53.4	14.7	31.9	29.0	0.0	11.5
1943	76.5	45.5	21.6	65.2	37.3	17.0	72.1	22.7	29.0	25.3	0.0	0.0
1944	0.0	5.2	19.4	91.5	77.8	0.0	13.7	17.2	5.7	13.2	21.1	1.9

1945	2.3	19.1	36.1	21.8	19.3	33.5	54.8	56.2	44.5	55.0	8.9	16.2
1946	ND	ND	ND	ND	ND	0.0	0.0	0.0	0.0	ND	8.9	16.2
1947	31.9	33.3	15.5	36.1	2.0	1.5	27.8	14.7	27.1	0.0	0.0	0.0
1948	54.3	13.5	12.0	9.6	4.5	20.6	4.0	40.7	9.4	27.8	0.0	0.8
1949	37.5	24.7	31.2	34.0	22.7	28.2	36.1	15.2	12.5	2.1	0.0	2.1
1950	0.0	0.0	36.5	61.1	47.0	50.9	60.5	20.8	18.2	14.9	7.0	2.1
1951	20.6	69.4	25.4	52.4	43.5	12.1	41.4	29.1	16.0	9.5	0.0	1.9
1952	11.0	5.8	1.2	26.5	87.1	9.9	21.7	50.5	48.1	1.9	29.1	0.0
1953	26.1	23.3	81.4	32.4	64.0	49.3	63.1	5.6	52.6	11.3	0.0	ND
1954	25.7	97.2	89.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1955	ND	ND	ND	56.5	2.0	67.1	42.8	36.8	3.2	37.1	7.6	0.0
1956	27.4	16.7	25.1	0.2	16.7	39.4	52.1	31.0	47.2	ND	0.0	16.9
1957	18.4	0.6	30.3	11.1	13.0	54.6	19.9	51.4	15.9	0.4	4.1	0.0
1958	34.4	30.0	11.6	24.1	42.8	19.9	58.0	20.9	26.6	10.8	0.0	0.0
1959	0.0	7.1	50.2	21.1	71.7	15.6	27.6	26.1	30.2	3.8	0.0	0.0
1960	0.0	68.7	25.7	10.3	43.2	43.8	12.6	14.7	0.6	4.1	0.0	0.0

ND: valeur **NON DISPONIBLE**

Annexe D classification des sols selon UIC

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

Annexe E: Les épaisseurs minimales de la couche d'assise.

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

(e en mètres)

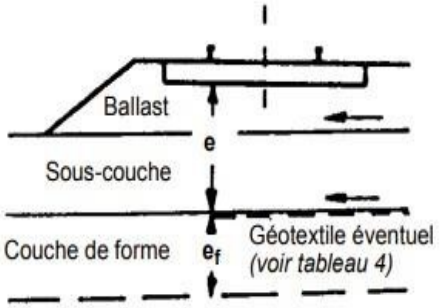
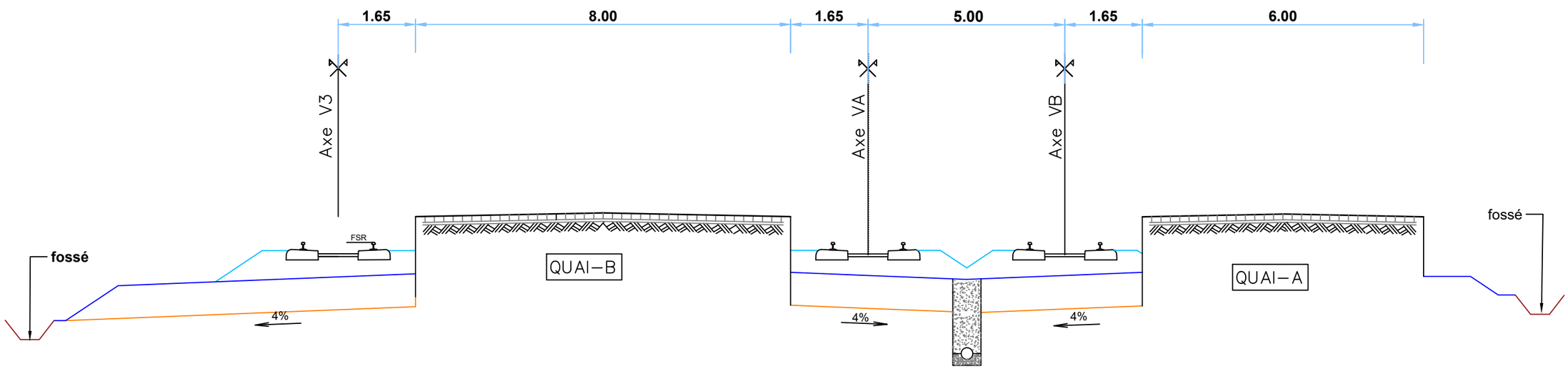


Fig. 9 - Calcul de l'épaisseur minimale "e" des couches d'assise

E	= 0,70 m	pour les plates-formes de classe de portance P1[a]
E	= 0,55 m	pour les plates-formes de classe de portance P2[a]
E	= 0,45 m	pour les plates-formes de classe de portance P3[a]
a	= 0	pour les groupes UIC 1 et 2 (ou lignes à V > 160 km/h, quel que soit le groupe UIC)[b]
a	= - 0,05 m	pour les groupes UIC 3 et 4[b]
a	= - 0,10 m	pour les groupes UIC 5 et 6[b]
b	= 0	pour les traverses bois de longueur 2,60 m
b	$= \frac{2,50 - L}{2}$	pour les traverses béton de longueur L (b en m, L en m, b peut être négatif si L > 2,50 m)
c	= 0	pour un dimensionnement normal
c	= - 0,10 m	à titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC autres que "7, 8, 9 sans voyageur"[b]
d	= 0	lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas 200 kN
d	= + 0,05 m	lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas 225 kN
d	= + 0,12 m	lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas 250 kN
f	= 0	pour toutes les lignes parcourues à V ≤ 160 km/h et pour les plates-formes de portance P3 des lignes parcourues à grande vitesse[a]
f	= + 0,05 m	pour les plates-formes de classe de portance P2 des lignes parcourues à grande vitesse[a]
f	= + 0,10 m	pour les plates-formes de classe de portance P1 des lignes parcourues à grande vitesse[a]
g	= +	géotextile lorsque la couche de forme est en sol QS1 ou QS2[c]
g	= 0	(pas de géotextile) lorsque la couche de forme est en sol QS3[c]

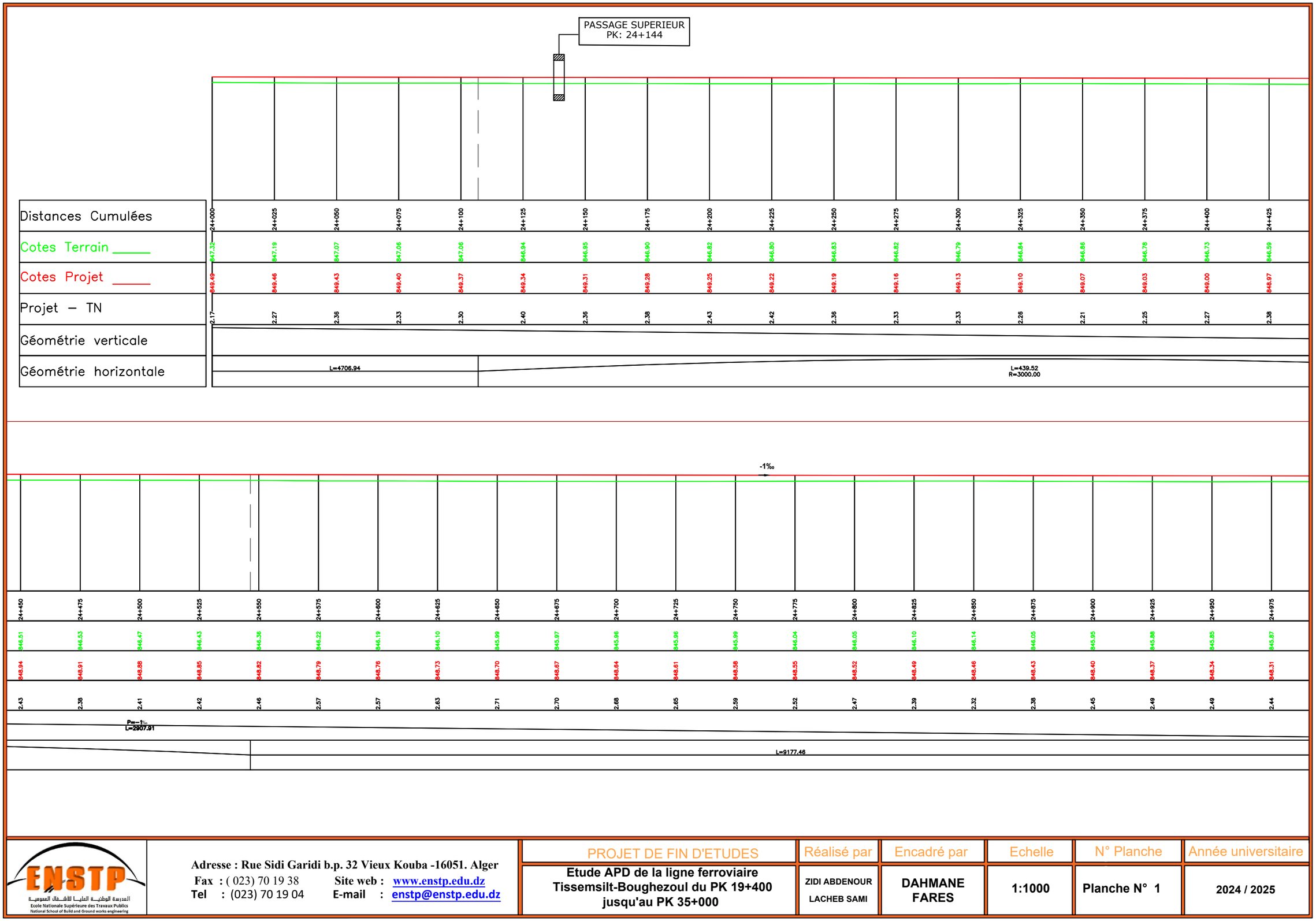
a. Les classes de portance des plates-formes sont définies au tableau 4.
b. Les groupes UIC sont définis dans la fiche n° 714 (édition du 01.01.89) (v oir Bibliographie).
c. Les classes de qualité des sols sont définies au tableau 3.

Annexe F : Profil en travers type de la gare colonel Bougara



ENSTP – العدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية – Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics – National School of Build and Ground works engineering	Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger Fax : (023) 70 19 38 Site web : www.enstp.edu.dz Tel : (023) 70 19 04 E-mail : enstp@enstp.edu.dz	PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
		Etude APD de la ligne ferroviaire Tissemsilt-Boughezoul du PK 19+400 jusqu'au PK 35+000	ZIDI ABDENOUR LACHEB SAMI	DAHMANE FARES	1:100	Planche N° 1	2024 / 2025

Annexe G : Profil en long du PK 24+000 au PK 24+975

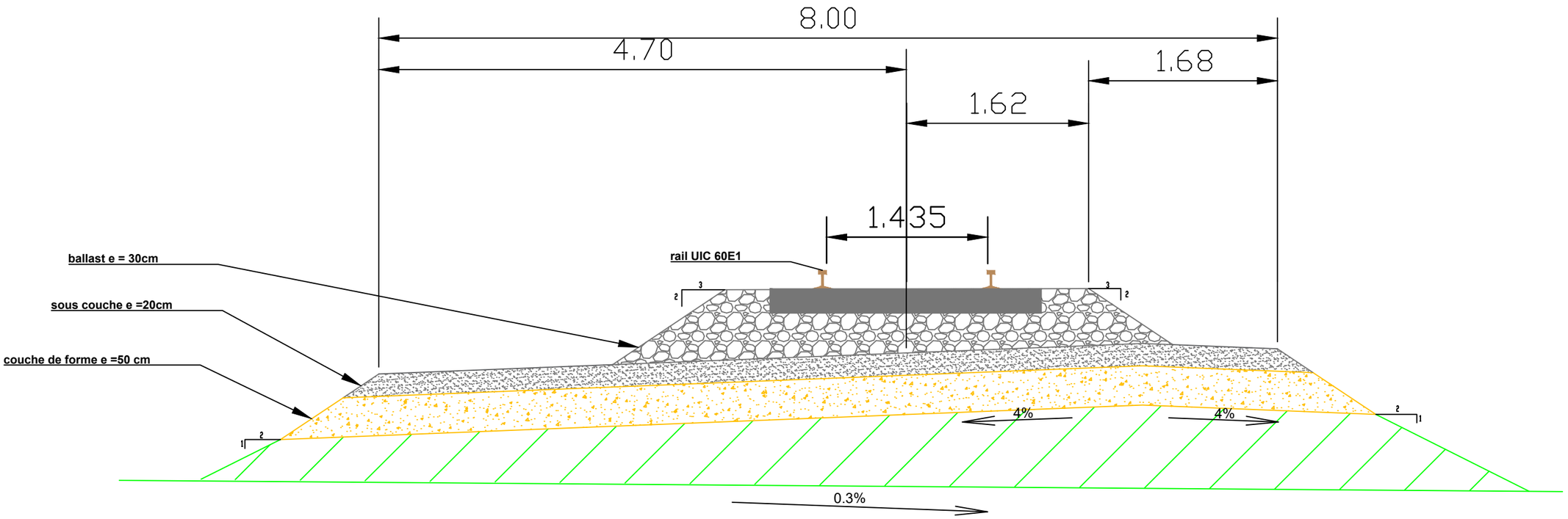


ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Build and Ground works engineering

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

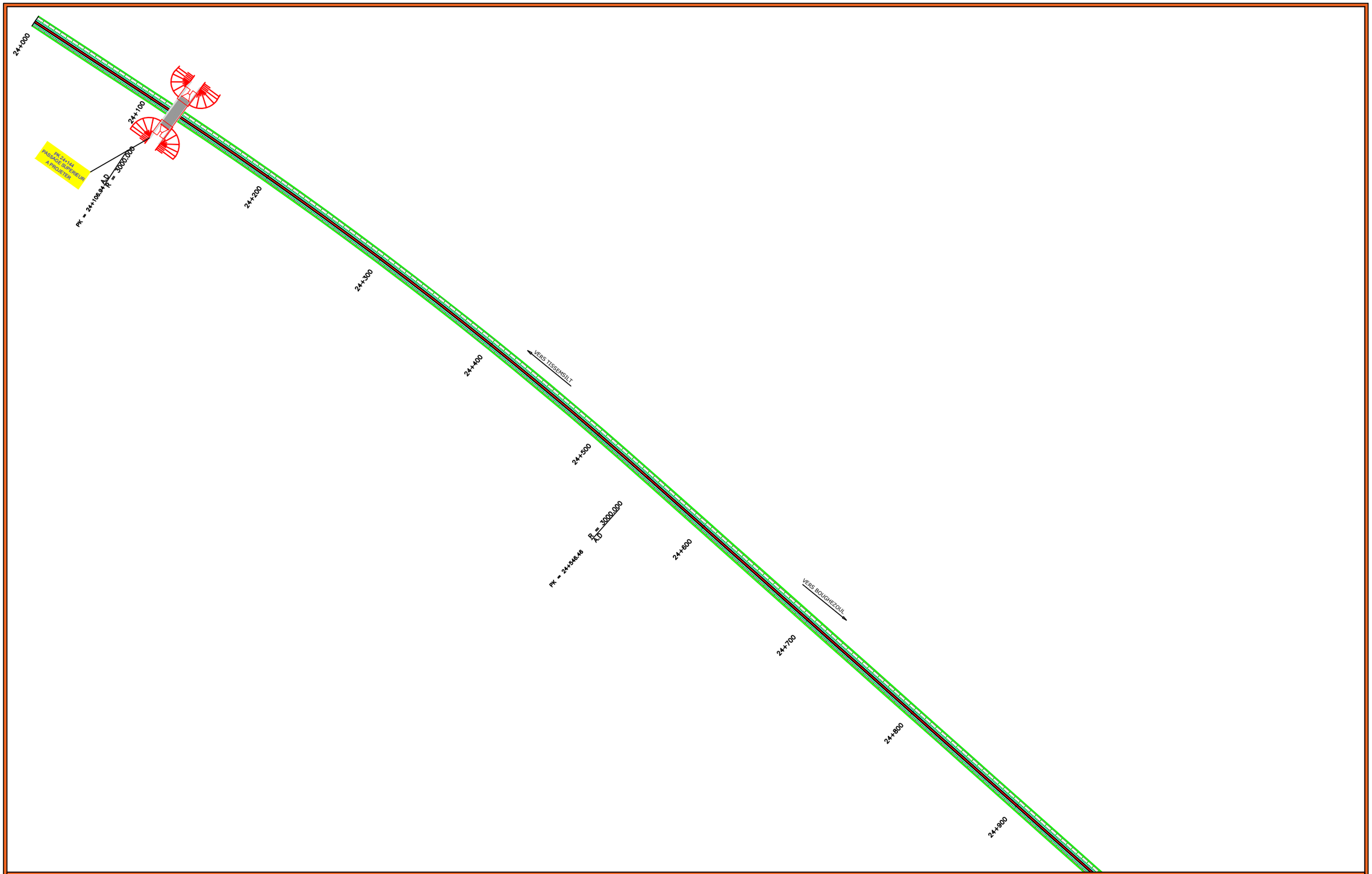
PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Etude APD de la ligne ferroviaire Tissemsilt-Boughezoul du PK 19+400 jusqu'au PK 35+000	ZIDI ABDENOUR LACHEB SAMI	DAHMANE FARES	1:1000	Planche N° 1	2024 / 2025

Annexe H : Profil en travers courant N° 303



Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger Fax : (023) 70 19 38 Site web : www.enstp.edu.dz Tel : (023) 70 19 04 E-mail : enstp@enstp.edu.dz	PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
	Etude APD de la ligne ferroviaire Tissemsilt-Boughezoul du PK 19+400 jusqu'au PK 35+000	ZIDI ABDENOUR LACHEB SAMI	DAHMANE FARES	1:50	Planche N° 303	2024 / 2025

Annexe I : Tracé en plan du Pk 24+000 au PK 24+900

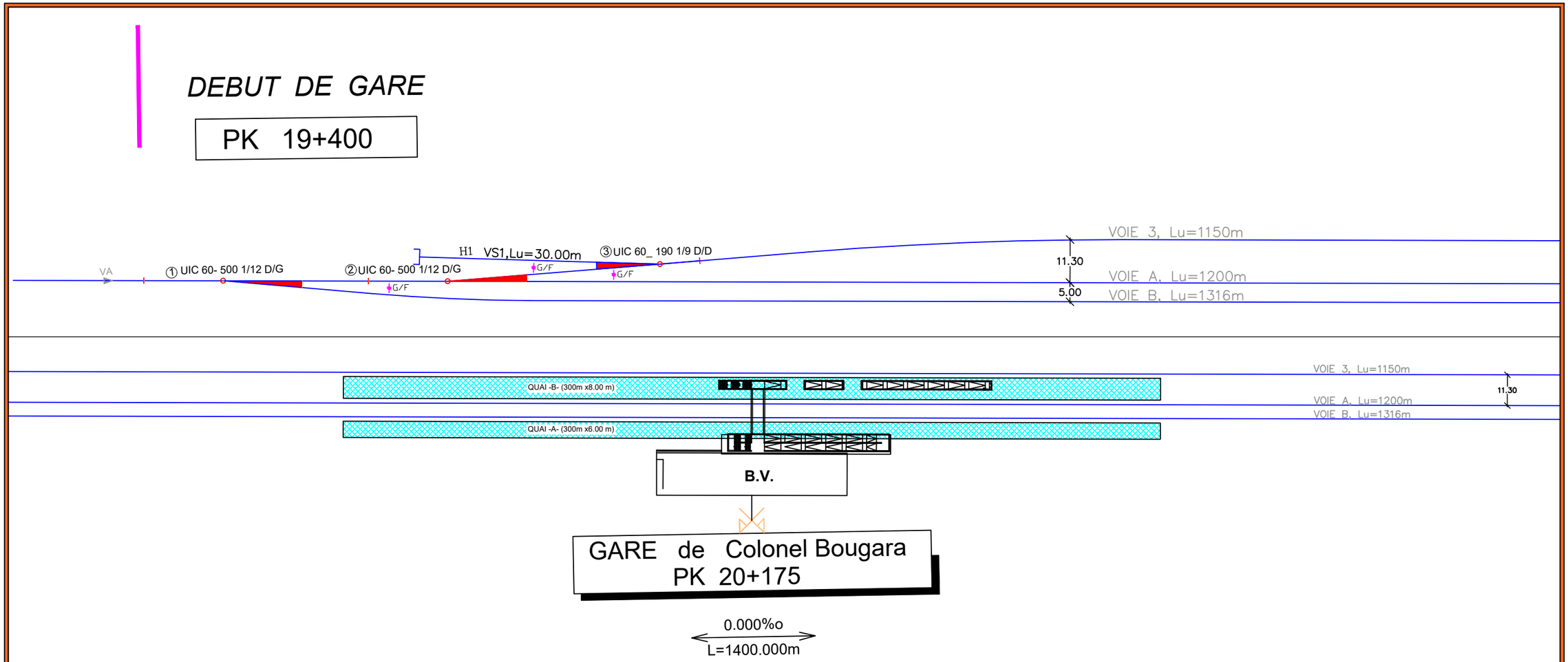


ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Build and Ground works engineering

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

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Etude APD de la ligne ferroviaire Tissemsilt-Boughezoul du PK 19+400 jusqu'au PK 35+000	ZIDI ABDENOUR LACHEB SAMI	DAHMANE FARES	1:1000	Planche N° 1	2024 / 2025

Annexe J : Tracé en plan de la gare de colonel Bougara du PK 19+400 au PK 20+800



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

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

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Etude APD de la ligne ferroviaire Tissemsilt-Boughezoul du PK 19+400 jusqu'au PK 35+000	ZIDI ABDENOUR LACHEB SAMI	DAHMANE FARES	1:1000	Planche N° 1	2024 / 2025