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

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة
فرنســيس جانســون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics
Francis Jeanson

Mémoire

Pour l'obtention des diplômes d'Ingénieur d'État

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

ETUDE EN AVANT PROJET DETTAILLE DE LA NOUVELLE LIGNE FERROVAIRE A VOIE UNIQUE DJELFA-LAGHOUAT DU PK 00+000 AU PK 09+881 AVEC LA CONCEPTION DE LA GARE MIXTE DE DJELFA.

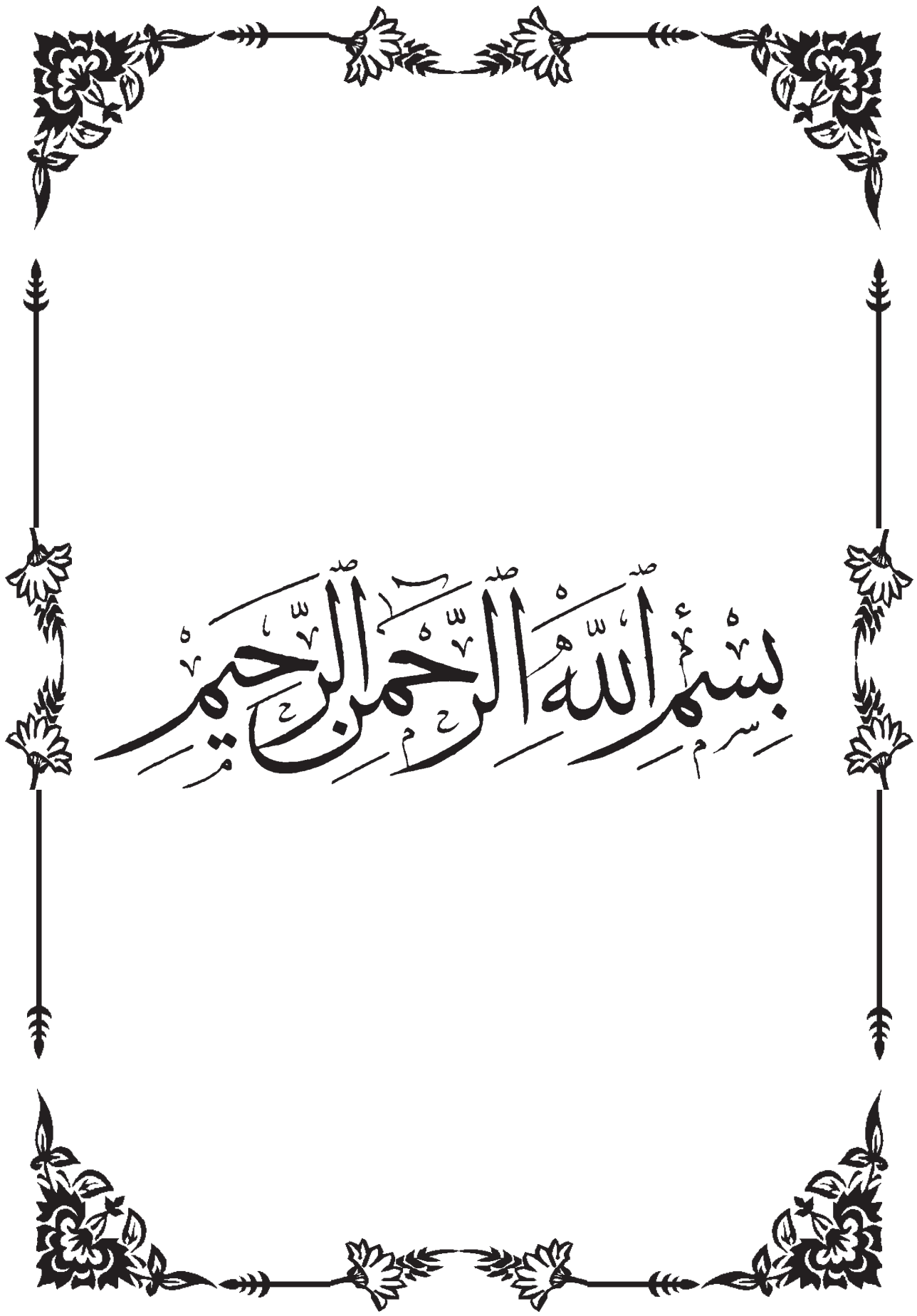
Présenté par :

Mr. OUALI ali

Encadré par :

Mr. KHELIF Aissa
Mr. HAMADI Kamel

Promotion 2021/2022


بسم الله الرحمن الرحيم

Résumé

Le présent mémoire synthétise L'étude en avant-projet détaillé (APD) d'un tronçon de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique reliant deux villes Djelfa et Laghouat sur un tronçon de PK 00+000 au PK09+881 km, avec la conception de la gare mixte de Djelfa.

Le projet a suivant les normes international UIC (union internationale de chemin fer) de et les recommandations Algériennes de la SNTF (Société nationale de transport ferroviaire) et des différentes disciplines techniques ont été consultées et appliquées, pour les calcules et pendant l'étude on a utilisé le logiciel de conception « Auto CAD, Covadis, un système information géographique le Global mapper ».

Mots clé : voie ferrée, UIC, conception, APD

ملخص

تلخص هذه الرسالة الدراسة في التصميم الأولي التفصيلي (APD) لقسم من خط السكة الحديدية الجديدة أحادية المسار الذي يربط مدينتين الجلفة والأغواط على مقطع طوله 10 كيلومترات، مع تصميم محطة الجلفة المختلطة.

المشروع وفقًا للمعايير الدولية UIC (الاتحاد الدولي للسكك الحديدية) والتوصيات الجزائرية من SNTF (الشركة الوطنية للنقل بالسكك الحديدية) وتم استشارة وتطبيق التخصصات الفنية المختلفة، للحسابات وأثناء الدراسة استخدمنا التصميم برنامجAutoCAD, Covadis، نظام معلومات جغرافي مصمم الخرائط العالمي".

الكلمات الرئيسية: السكة الحديدية، الاتحاد الدولي للسكك الحديدية، التصميم، التصميم الأولي التفصيلي

Abstract

This report summarizes the study in detailed preliminary design (APD) of a section of the new single-track railway line linking two cities Djelfa and Laghouat on a section of 10 km, With the design of the mixed station of Djelfa.

The Project has according to the international standards UIC (international railway union) of and the Algerian recommendations of the SNTF (National company of railway transport) and the various technical disciplines were consulted and applied, For the calculations and during the study we used the design software "AutoCAD, Covadis, a geographic information system the Global mapper".

Keywords : rail way, design, international railway union, detailed preliminary design

REMERCIEMENT

Je tiens à remercier en premier lieu ALLAH

Le tout puissant qui m'a guidé et ma donnée la force et la patience d'accomplir ce modeste travail. Et sans lui je n'aurais jamais été sur la bonne voie

Je tiens à remercier mes encadreur Mr. AISSA KHELIF et

Mr. KAMEL HAMADI pour l'orientation, la confiance, la patience qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Pour tout son aide et pour m'avoir accompagné tout au long de ce travail.

Je tenu aussi à remercier toute l'équipe de l'organisme COSIDER Djelfa et INFRAFER El Eulma, et tous les ingénieurs qui m'accompagné notamment Mr. MILOUD et Mr. ADNANE pour leurs encadrement exceptionnel, à sa confiance, à leurs soutiens incessants et à son encouragement permanent.

Mes remerciements s'adressent également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils Ont porté à mon travail, qui m'ont fait l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail

Je tiens aussi à remercier l'ensembles des enseignants de l'ENSTP pour toutes les informations qu'ils ma donnés durant notre formation.

A tous ceux que m'aidés de près ou de loin dans la réalisation de ce projet de fin d'étude.

Dédicace

Au nom D'ALLAH, le tout miséricordieux, le très miséricordieux

Je dédie ce modeste travail

À la lumière de ma vie ceux qui ont beaucoup sacrifié de leur temps pour mon bonheur et ma réussite. Aux êtres les plus chers et les plus proches au monde et qui symbolisent le courage et la tendresse,

A ma mère "Zahia " et mon père "Taher"

Que dieu leurs protégés

Mes frères Abdelhak, Abdel Nour, Abdel Aziz, Abdel Fatah et Rabie

Mes sœurs Soumia, Oumniya et Amira

Mes nièces JANA et NIBRASSE

Tous les membres de ma famille

Tous mes amis de L'ENSTP et qui connais OUALI ALI.

LISTE DES ABREVIATION

SNTF : Société Algérienne des transports ferroviaire.

SNCF : Société nationale des chemins de fer français.

SIF : Société d'infrastructure ferroviaire.

ANASRIF : agence nationale d'études et de suivi de la réalisation des investissements ferroviaire.

UIC : Union internationale des chemins de fer.

GTR : Guide de terrassement Routier.

CW : Chemin de wilaya

CC: Chemin comminaux

RN : Route Nationale.

TGV : Train à grande vitesse.

LRS : longs rails soudés

RP : Raccordement progressif.

ORP : Origine du raccordement Progressif

FRP : Fin du raccordement Progressif.

RPA99 : Régle de parasismique Algérien 99.

LCTP : Laboratoire central des travaux publics.

NPHE : Niveau des plus hautes eaux.

EIE : Etude d'impact sur l'environnement.

LA : Los Angeles.

MD : Micro-Deval.

R : Rayon de la courbe (m).

dth :Devers théorique (mm)..

dp :Devers pratique (mm).

C : Coefficient de devers (mm/s).

I : Insuffisance de devers (mm).

E : Excès de devers (mm).

A : Constante de raccordement progressif.

Δd/Δl Variation de devers (mm/m).

Δl/Δt : Variation d'insuffisance de devers (mm/s).

V : Vitesse (km/h).

Vmax : Vitesse maximale de train(km/h).

Vmin : Vitesse minimale de train(km/h).

Φ : Angle de frottement (degré).

C: Cohésion (kn/m^2).

Yh: Densité(kn/m^3).

Pj : Pluie journalière (m/s).

Tmoyen : Température moyenne(°C).

Tc : Temps de concentration (m/s^2).

Q : Débit (m^3/s^2).

Cr : Coefficient de ruissèlement.

I : Intensité de pluies (mm/h).

I(t) : Intensité de Pluie de temps Egale au temps de concentration (mm/h).

PTC : Coefficient climatique (%).

Kst : Coefficient de Strickler.

Rh : Rayon hydraulique (m).

Sm : Surface mouille (m^2).

Pm : Périmètre mouillé (m).

Qa : Débit d'apport (m^3).

Qps : Débit plein section (m^3).

BV : bâtiment de service.

BS : bâtiment voyageur.

TVA : taxes sur la valeur ajoutée

LISTE DES FIGURES

Figure II. 1 : Les infrastructures de transport 3
Figure II. 2 Le système ferroviaire. 4
Figure II.3 : les trois programmes de chemin de fer ont la période coloniale. 7
Figure III. 1 Le réseau ferré algérien et ses perspectives de développement. 10
Figure III. 2 Plan de localisation du projet el Djelfa _Laghouat 11
Figure III. 3 Plan synoptique de projet Djelfa Laghouat 12
Figure III.4 Localisation de projet 13
Figure III.5 : Localisation de la wilaya d'el Djelfa. 14
Figure III.6 : Réseau Routier de la Wilaya d'el Djelfa 15
Figure III.7 : Localisation de la Wilaya de Laghouat. 16
Figure III.8 : Réseau Routier de la Wilaya de Laghouat. 17
Figure IV. 1 La voie avec dévers 20
Figure IV.2 Le raccordement progressif. 23
Figure IV. 3 : Profil en travers type cas d'un déblai avec un talus de 1H/1V 31
Figure IV. 4: Profil en travers cas d'un remblai avec un talus de 1H/1V 32
Figure V : 1: Géographie de l´Algérie (carte création LR/GÉOGRAPH, 1994, carré rouge : tracé) 34
Figure V 2: Carte géologique d´Algérie du Nord ; (vert : crétacé ; bleu : jurassique ; jaune : quaternaire/tertiaire ; rouge : failles tectoniques, référence : carte géologique d´Algérie 1 :500.000, (1951). 34
Figure V 3: Carte géologique de l'Algérie (référence : carte géologique d´Algérie1 :500.000, 1951) 37
Figure V 4:Des encroûtements calcaire (a) 38
Figure V 5: Des alluvions récentes (b) 38
Figure V 6 : Alternance entre des calcaires et des marne. 38
Figure V 3: Carte géologique de l'Algérie (référence : carte géologique d´Algérie1 :500.000, 1951) 38
Figure V 7 : la carte des zones sismiques de l'Algérie et le zonage. 39
Figure V 8 :STRATIGRAPHIE SYMBOLIQUE 45
Figure VI. 1: Les déférentes couches de la plateforme 54
Figure VI.2 : La structure d'assise de projet 56
Figure VII. 1: Rail à gorge. 57
FigureVII.2: Rail à double champignon 57
Figure VII.3: Rail Vignole. 57
Figure VII. 4: Le rail Vignole (UIC 60). 58
Figure VII. 5 Profil rail du type UIC60 E1. 59
Figure VII. 6: Ecartement des rails. 59
Figure VII. 7: Le soudage électrique 60
Figure VII. 8: Soudage aluminothermique 61

Figure VII. 9: Assemblage des rails par éclissage. 61
Figure VII .10:Assemblage du rail par soudure des LRS....62
Figure VII.11:Traverse en bois. 63
Figure VII. 12 : Traverses en béton bi-bloc 63
Figure VII. 13 Traverses en béton monobloc....64
Figure VII. 14: les semelles....65
Figure VII. 15:Attache élastique Nabla....65
Figure VII. 16:Attache élastique E-Clip. 65
Figure VII. 17:Liaison rail-traverse....66
Figure VII. 18:Eléments de branchement. 66
Figure VII.19:Élément traversée oblique. 67
Figure VIII.1 : les bassins versant ……71
Figure VIII 2: Schéma d'une buse 75
Figure VIII 3: Schéma d'un dalot. 76
Figure VIII 4: Schémas des fossés 79
Figure IX 1 : L'emplacement du garage franc GF. 82
Figure IX 2 : Un heurtoir....82
Figure IX 3: Longueur utile d'une voie. 83
Figure IX 4: Appareil de voie uic60-500-1 :12....85
Figure IX 5: Appareil de voie uic60-500-1 :12....85
Figure IX 6 : La réalisation de bâtiment voyageur....87
Figure X 1: Ouvrage hydraulique provisoire 93
Figure X 2: mise en place d'un filtre dans....93
Figure X 3: Passage à grande faune. 94
Figure X 4: Passage hydraulique et passage petite faune....94
Figure X 5:Protection par écran antibruit....95
Figure X 6:Protection par butte de terre....95

LISTE DES TABLEAUX

Tableau IV 1 : Longueur minimale des éléments de tracé Lmin 19
Tableau IV 2 : Les paramètres de conception de la voie 20
Tableau IV 3: Paramètres géométriques de trace en plan (SNTF) 24
Tableau IV 4: Paramètres fonctionnels de trace en plan (SNTF) 24
Tableau IV.5 : Application sur les rayons de projet 26
Tableau IV 6: Paramètres géométriques de profil en long (SNTF) 29
Tableau IV 7: Cubatures des terrassements 33
Tableau IV 8: Cubatures des couches d'assises 33
Tableau V. 1: La répartition de sismicité par chaque zone. 38
Tableau V. 3: le coefficient d'accélération 39
Tableau V. 4 : Les résultats de l'essai pressiométrique 40
Tableau V. 5: Classements du sol (UIC 719R). 42
Tableau V. 6 : Définitions de la classe de la qualité des sols (NFP113005). 43
Tableau V. 7: La classification des sols selon GTR et UIC 719R à partir des sondages carottiers 45
Tableau V. 8: La classification des sols selon GTR et UIC 719R à partir des puits de reconnaissance 46
Tableau VI 1: localisation des zones de déblai. 47
Tableau VI 2: Localisation des zones de remblai. 48
Tableau VI 3 Caractéristique mécanique des remblais (pas Vérifie) 49
Tableau VI 4 Caractéristique mécanique des déblais (PasVérifie)……..……49
Tableau VI 5 : Les zones d'emprunts utilisées 50
Tableau VI 6: Les résultats des zones d'emprunt 50
Tableau VI 7: Classes de portance de la plateforme (UIC719R). 53
Tableau VI 8: les paramètres de dimensionnements et leurs valeurs (UIC 719R). 55
Tableau VII. 1: les caractéristiques de la voie 56
Tableau VII.2: les Caractéristiques du rail UIC 60 selon (EN13674-1). 58
Tableau VII. 3: Caractéristique des traverse monobloc en béton armé. 64
Tableau VII.4: Caractéristiques des composantes adoptées 67
Tableau VIII 1: Température moyenne annuelle 69
Tableau VIII 2 : Évolution des pluviosité moyennes annuelles (mm) 70
Tableau VIII 3: Les données pluviométriques 70
Tableau VIII 4: Les caractéristiques des bassins versants 71
Tableau VIII 5 : Les formule de calcule de temp de concentration 72
Tableau VIII 6 : Les formule de calcul des débits 72
Tableau VIII 7: Calcule des débits 74

Tableau VIII 8 : Résultats de calcule des buses. 76
Tableau VIII 9 : Résultats de calcule des dalots 77
Tableau VIII 10 : Vérifications des conditions d'auto courage 77
Tableau VIII 11 : Calcule des débits à évacuer dans le cas déblai et remblai..... 79
Tableau IX 1 : Les caractéristiques géométriques du quai..... 84
Tableau IX 2 : Appareils de Changement de Voie..... 86
Tableau X 1: Contexte juridique 88
Tableau X 2 : Grille d'identification des impacts sur les milieux biophysique et humain 91
Tableau XI 1 : devis quantitatif et estimatif..... 96

SOMMAIRE

CHAPITRE I: INTRODUCTION GENERALE

Inroduction générale……..……1

CHAPITRE II: RECHERCHE BEBLIOGRAPHIQUE SUR LE CHEMIN DE FER

II.1 Introduction : 2
II.2 Les infrastructures de transport : 3
II.3 Chemin de fer : 3
II.4 Importance de chemin de fer : 4
II.5 Les avantage de transport ferroviaire : 4
II.6 Histoire de chemin de fer en Algérie : 5
II.6.1 Avant l'indépendance : 5
II.6.2 Période postindépendance : 7
II.6.3 Réseau actuel : 8
II.7 Conclusion : 8

CHAPITRE III : PRESENTATION DE PROJET

III.1 INTRODUCTION: 9
III.2 CONTEXTE GÉNÉRALE 10
III.3 PRESENTATION DU PROJET DE FIN D'ETUDES 11
III.4 OBJECTIF DU PROJET 12
III.5 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ETUDE 12
III.5.1 DJELFA 12
- Relief: 13
- Climat: 14
- Infrastructure de base: 14

III.5.2 Laghouat: 15
- Démographie: 15
- Climat: 15
- Relief: 15
- Infrastructure de Base: 16

III.6 CARCTÉRISTIQUES DE BASE DU PROJET 17

III.7 CONCLUSION 17

CHAPITRE IV : GEOMETRIE DE LA VOIE

IV.1. INTRODUCTION 18
IV.2. TRACE EN PLAN 18
IV.2.1. Les règles à respecter dans la trace en plan : 18
IV.2.2. Eléments de trace en plan : 18
IV.2.3. Les conditions de raccordement : 19
IV.2.4. Paramètres de conception de la voie : 19
Les paramètres géométriques : 20
IV.2.5. Application au projet : 24
IV.3. PROFIL EN LONG 26
Eléments géométriques du profil en long : 27
IV.4. PROFIL EN TRAVERS : 28
IV.4.1. Définition : 28
IV.4.2. Profil en travers type : 29
IV.4.3. Profil en travers courant : 29
IV.4.4. Les éléments du profil en travers : 29
IV.5. DETERMINATION DES CUBATURES 32
Définition des cubatures de projet : 32
IV.6. Conclusion : 32

CHAPITRE V :ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

V.1 INTRODUCTION 34
V.2 CONTEXTE GEOLOGIQUE: 34
V.2.1 Contexte Géologique de l'Algérie : 34
 Cadre géomorphologique et géologique détaillé : 35
V.2.2 Contexte géologique de la région : 36
V.3 CADRE SISMIQUE :. 39
V.4 ESSAIS IN SITU 40
 Sondage carotté : 40
 L'essai pressiométriques (réalise dans un sondage) : 40
 Puits de reconnaissance : 41
Les puits de reconnaissances effectuer pour : 41

V.5 ESSAIS AU LABORATOIRE 41
- Analyses granulométriques du sol : 41
- Essai teneur en eau : 41
- Essai au bleu méthylène : 41
- Essais limites d'Atterberg : 41
- Analyses chimiques des sols : 42
- Essai Proctor : 42
- Essai CBR : 42
- Essai de cisaillement uni axial : 42
- Essai de compressibilité à l'odomètre : 42

V.6 CLASSIFICATION DES SOLS SUR LE LONG DU TRACE 42
V.7 CONCLUSION 47

CHAPITRE VI : LES TERRASSEMENTS ET LA COUCHE D'ASSSISE

VI 1. INTRODUCTION 47
VI 2. TERASSEMENTS: 47
VI 3. PENTES DES TALUS: 47
VI.3. 1. Déblais 48
VI.3. 2. Remblai 48
VI 4. Vérification Stabilité des remblais : 49
VI 5. Gites d'emprunts et carriers 50
VI 6. LA STRUCTURE D'ASSISSE 52
La Couche de Ballast : 53
Sous-couche 53
VI 7. LA PLATE FORME 54
Couche de forme 54
Classe de portance de la plateforme 54
Epaisseur minimal des couches d'assisse : 55
VI 8. APPLICATION AU PROJET 56
Calcul de l'épaisseur minimale de la couche d'assise : 56
VI 9. CONCLUSION : 57

CHAPITRE VII :LA SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

VII.1. INTRODUCTION : 56
VII.2. CATEGORIE DE LA VOIE 56
VII.3. LES CARACTÉRISTIQUES DE LA VOIE 56
 LES CONSTITUANTS DE LA VOIE FERRÉE 56
VII.3.1. Les rails: 56
VII.3.2. Les traverses: 62
VII.3.3. Les Accessoires de poses : 64
VII.4. LES APPAREILS DE VOIE 65
 Types des appareils de voie : 65
VII.5. CONCLUSION 67

CHAPITRE VIII : ETUDE HYDROLOGIQUE ET ASSAINISSEMENT DE LAVOIE

VIII.1 INTRODUCTION : 68
VIII.2 Présentation hydrologique de la zone d'étude : 68
VIII.2.1 Présentation générale : 68
VIII.2.2 Le climat : 69
VIII.2.3 Les températures : 69
VIII.2.4 Les Précipitation : 70
VIII.2.5 Pluies journalières maximale : 70
VIII.3 Les caractéristiques des bassins versant : 71
VIII.4 Etude hydraulique de la zone : 71
VIII.4.1 Temps de concentration 71
VIII.4.2 Estimation de débit d'apport : 72
VIII.4.3 Le coefficient de ruissellement : 74
VIII.4.4 Calcul de la fréquence de pluie de courte durée : 74
VIII.4.5 Intensité de pluie I(t) : 74
VIII.5 Dimensionnement des ouvrages hydrauliques (dimensionnement des buses et des dalots) : 75
VII 6. CONCLUSION : 80

CHAPITRE IX : CONCEPTION DE LA GARE

VIII.1 INTRODUCTION 81
VIII.2 INSTALLATIONS D'UNE GARE VOYAGEURS 81

VIII.3 INSTALLATIONS D'UNE GARE MARCHANDISES 81
VIII.4 RESEAU DE VOIE 81
VIII.4.1 Garage Franc: 81
VIII.4.2 Le heurtoir: 82
VIII.4.3 La longueur utile d'une voie de stationnement : 83
VIII.5 LA GARE DE DJELFA: 83
VIII.5.1 Localisation de la gare: 83
VIII.5.2 Caractéristique géométrique de la gare : 84
VIII.6 ASSAINISSEMENT DE LA GARE 87
VIII.6 1 Assainissement transversal: 87
VIII.6.2 Assainissement longitudinal ..... :87
VIII.7 Conclusion: 87

CHAPITRE X : ETUDE D'IMPACTE ENVIRONNEMENTAL

X-1 INTRODUCTION: 88
X-2 CONTEXTE JURIDIQUE 88
X-3 OBJECTIFS D'UNE ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT 90
X-4 IDENTIFICATION DES SOURCES D'IMPACT 91
X.5.2 Milieu physique : 93
X.5.3 Milieu biologique 93
X.5.4 Milieu humain 94
X.5.5 Passage et patrimoine 94
X.5.6 Milieu ambiant 94
X-6 CONCLUSION: 95

CHAPITRE XI : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

XI.1 DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF ……97

CHAPITRE XI : CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE……98

Chapitre I

Introduction générale

Introduction générale

Le transport est l'un des aspects les plus importants de la mesure du développement des pays, et nous voyons ce rôle dans le renforcement et le soutien de l'économie du pays, et pour cela nous considérons que le développement des infrastructures de transport est la pierre angulaire de toute politique d'aménagement du territoire. en effet, cette dernière, qui est par définition la meilleure répartition dans un cadre géographique des activités économiques en fonction des ressources naturelles et humaines, ne peut atteindre son objectif sans un développement harmonieux et précis des infrastructures de base.

Le chemin de fer est l'un des ouvrages de base aptes au transport de masse (marchandises et voyageurs), et réduit la congestion urbaine qu'il engendre, ce qui en fait un moyen de choix pour répondre au développement massif du transport suburbain de voyageurs, du transport interurbain de voyageurs et du transport de marchandises.

Aujourd'hui, les pouvoirs publics ont décidé de moderniser ce secteur afin de désenclaver les différentes régions du pays de l'isolement qui les dévorait depuis un certain temps et de nombreux projets ont été lancés, dont la ligne Nord-Sud, que nous allons d'étudier l'avant-projet détaillé d'une partie de celle-ci estimée à environ 10 km, reliant Djelfa et Laghouat avec l'aménagement d'une gare mixte de Djelfa

Le travail effectué dans le cadre de cette mémoire consiste en la conception et l'étude d'APD de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique de la ville de Djelfa sur 10 Km avec l'aménagement des gares voyageurs et marchandise. après une brève introduction générale. le chapitre un est consacré à une généralité du réseau ferroviaire en Algérie. par la suite, une présentation générale du projet est faite dans le chapitre deux. Dans le chapitre trois on a déterminé un tracé optimal afin de garantir une géométrie répondant aux exigences de sécurité et de confort pour voyageurs le chapitre quatre on a fait une étude géologique sur notre site de projet avec une analyse des résultats des essais au laboratoire et l'interprétation des essais in situ (étude géotechnique). Les terrassements et la définition de la couche d'assise a été effectuée dans le chapitre cinq. dans le chapitre six, on définit les déférents élément trouvant dans la superstructure de la voie, puis on présente une étude d'assainissement qui a fait l'objet de la détermination des sous bassins versants et leurs caractéristiques pour le dimensionnement des ouvrages hydraulique de la voie et pour assurer un bon drainage pour la voie. Dans le chapitre de la gare, un aménagement des gares a été étudié, le chapitre de l'étude d'impact environnementale. et un devis estimatif et quantitatif. le travail se termine par une conclusion générale.

Chapitre II

Recherche bibliographique sur les chemins de fer



II.1 Introduction :

En Algérie, le développement économique a incité à l'usage et à la demande croissante des transports comme partout ailleurs dans le monde. L'amélioration de ces infrastructures provoque en effet d'entrainement sur l'économie dans une optique s'inscrivant d'aménagement du territoire et l'environnement.

Parmi les objectifs stratégiques poursuivis, dans le cadre du processus de réformes et transitions économiques en Algérie, figure en bonne place le renforcement et la modernisation des chemin de fer, dont le secteur a bénéficié d'un ambitieux programmes.

II.2 Les infrastructures de transport :

Sont l'ensemble des installations fixes qu'il est nécessaire d'aménager pour permettre la Circulation des véhicules et plus généralement le fonctionnement des systèmes de transport.

Les infrastructures sont généralement organisées en réseaux comportant des nœuds et des liens. Ainsi le réseau ferroviaire est constitué de gares reliées entre elles par des lignes. Les nœuds importants, comme les gares, sont aussi le point de contact et d'échange entre deux ou plusieurs modes de transports. L'infrastructures de transport sont un élément primordial pour garantir la liberté de déplacement des personnes et des biens, et pour assurer le fonctionnement et le développement de l'économie. Leur création, qui est une partie importante de l'aménagement du territoire, nécessite le plus souvent des investissements lourds. Cela explique qu'elles soient le plus souvent prises en charge par la puissance publique. Toutefois, celle-ci en délègue quelquefois, pour des raisons de financement ou de savoir-faire, la construction et l'exploitation à des entreprises

privées en contrepartie de la perception d'un péage. L'infrastructure désigne au sens strict la partie inférieure, le soubassement d'une voie. Le terme s'oppose à superstructure. On peut, dans certains cas, distinguer les deux : ainsi dans une ligne de chemin de fer, l'infrastructure est la plateforme de la voie, sur laquelle on pourrait aussi bien implanter une voie routière, tandis que la superstructure est constituée par la voie Ferrée proprement dite (rails et traverses). Au sens large, l'infrastructure de transport désigne l'ensemble et englobe tous les éléments nécessaires à l'exploitation normale : caténaires, signalisation, postes d'aiguillage.





Figure II. 1 : Les infrastructures de transport ferroviaire

II.3 Chemin de fer :

Le chemin de fer est un système de transport guidé servant au transport de personnes et de marchandises. Il se compose d'une infrastructure spécialisée.
Le matériel roulant et de procédures d'exploitation faisant le plus souvent intervenir le facteur humain.
L'infrastructure des chemins de fer est appelée voie ferrée. Elle se compose, la plupart du temps, de deux files de rails posés sur des traverses, d'appareils de voie, de passages à niveau, de la signalisation et le cas échéant des installations de traction électrique.
Le matériel roulant circule communément en convois appelé trains ou rames. Les convois sont constitués de wagons ou de voitures tractés par des locomotives. Il peut également s'agir de rames autotractées, c'est-à-dire incluant leur propre système de traction.

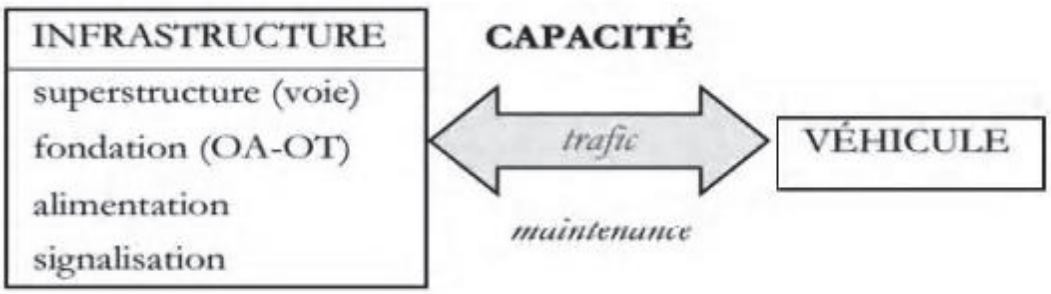


Figure II. 2 Le système ferroviaire.

II.4 Importance de chemin de fer :

Le transport ferroviaire possède un impact indéniable sur la croissance de la demande de transport. Il est le complément essentiel aux autres modes, Peu polluant, plus sûr, plus économique en termes d'énergie, il s'intègre parfaitement dans l'environnement ; il joue un rôle indiscutable dans l'aménagement du territoire et le désenclavement des zones déshéritées.
Dans la compétition des divers moyens de transport, le chemin de fer garde des atouts nombreux et importants et notamment ceux relatifs :
La régularité et la ponctualité.
La rapidité et le confort, La sécurité, etc.
Il est également reconnu comme un moyen de transport économique et quasi idéal ; à titre illustratif un train céréalier complet équivaut à 55 semi-remorques.
A cela vient s'ajouter la préoccupation de la protection de l'environnement liée :
A la congestion (routière/autoroutière).
A la pollution (émission de CO2 à effet de serre).
Aux dommages corporels et matériels (coûts élevés des accidents de la route).
La congestion des routes accroît la consommation d'énergie, amplifie les nuisances sur L'environnement et affecte l'efficacité économique des systèmes de transport.

II.5 Les avantage de transport ferroviaire :

Le grand avantage du transport ferroviaire est qu'il s'agit du mode de transport le plus faible car est moins affecté par les conditions climatiques comme la pluie et le brouillard par rapport aux autres modes de transport

- **Mieux s'organiser :** le transport ferroviaire est plus organisé que tout autre mode de transport .il a des itinéraires et des horaires fixe. Son service est plus simple, standardisé et régulier par rapport aux autres modes de transport.
- **Grande vitesse sur de longue distance** : sa vitesse sur de longues distance est supérieur à celle de tout autre moyen de transport, a l'exception des compagnies aériennes. Ainsi, c'est le millier choix pour les déplacements sur de longue distance.
- **Convient aux marchandises volumineuses et lourdes** : le transport ferroviaire est économique, plus rapide et plus pratique pour le transport à longue distance de marchandises lourdes et volumineuse.

- **Transport le moins cher :** c'est un mode de transport moins cher que les autres modes de transport.la plupart des dépenses d'exploitation des chemins de fer sont sous forme de couts fixes. Chaque augmentation du trafic ferroviaire est suivie d'une diminution du cout moyen. Le transport ferroviaire est économique dans l'utilisation de la main d'œuvre et u conducteur et un garde suffisent pour transporter des quantités importantes de transport automobile.

- **Sécurité :** les chemins de fer sont le moyen le plus sûr. Les possibilités d'accidents et de pannes ferroviaires sont minimes par rapport aux autres modes de transport .de plus, il peut protéger le trafic de l'exposition au soleil, à la pluie, a la neige….

- **La capacité est supérieure** : la capacité de charge des chemins de fer est très grande de plus, sa capacité est flexible et peut être facilement augmentée en ajoutant plus de wagon de train.

II.6 Histoire de chemin de fer en Algérie :

II.6.1 Avant l'indépendance :

Le développement de chemin de fer en Algérie est passé par plusieurs étapes successive. Pour l'amélioration de chemin de fer pendant la période coloniale, dans cette période l'Algérie vu trois programmes principaux :

- **Programme de 1859-1878 :**

Le 8 avril 1859, la force d'occupation français autorise la construction de 1357 KM de lignes. Le 12 décembre 1859 commence de premier chantier de la ligne ALGER-BLIDA.

Au cours de la période 1857-1878, on a vu la réalisation de plusieurs lignes ferroviaire d'une totalité de 1365 KM de longueur qui comprend les ligne suivante :

Annaba-Ain Mokra, Annaba -bouchegouf-guelma, Khroub-oued Zenati, Constantine-Skikda, Constantine-Sétif, Alger-Thnéia, Alger-Oran.

- **Programme de 1879-1906 :**

Ce programme visé des lignes nouvelles de totalité de 1747 KM de longueur a été ajouté aux réseaux existants. Dans cette période 2035 KM de ligne ont été réalisé :

-Souk Ahras-Tébessa.

-Le kouif et embranchement vers la frontière.

-Ain Mokra -Ramdane djamal.

-Ouled rahmoune -khenechla.

-El guerrah-Bisekra

-Mostaganem-Relizane-Tiaret.

- Oran-Arzew.

-Sénia-Témouchent.

-sidi bel abbés-Tlemcen- Frontières.

-Méchéria-Béchar.

-Bejaia et Sour el ghouzlane.

-Blida-berouaghia.

-Sétif-thénia avec embranchement vers tizi ouzou.

-Tizi-Mascara.

- **Programme 1907-1946 :**

Ce troisième programme consiste à ajouter de nouvelles lignes ferroviaires sur 1256 KM au réseau existant.

Au cours de cette période (1906-1946), les tronçons qui ont été réaliser sont de longueur

Totale de 1614 KM ;

-Ain Beida- Tébessa

-El Milia-Jijel

- Biskra-Touggourt avec embranchement vers Tolga et el oued (cette ligne classée secondaire d'une longueur de 387 km a été réalisée en plus du programme de 1256 KM).
- Constantine-oued Athmania
- Berouaghia-Djelfa
- Tiaret-Mahdia-CL. Bouguerra
- Mascara -Méchéria avec l'embranchement de Relizene
- Tlemcen-Beni saf

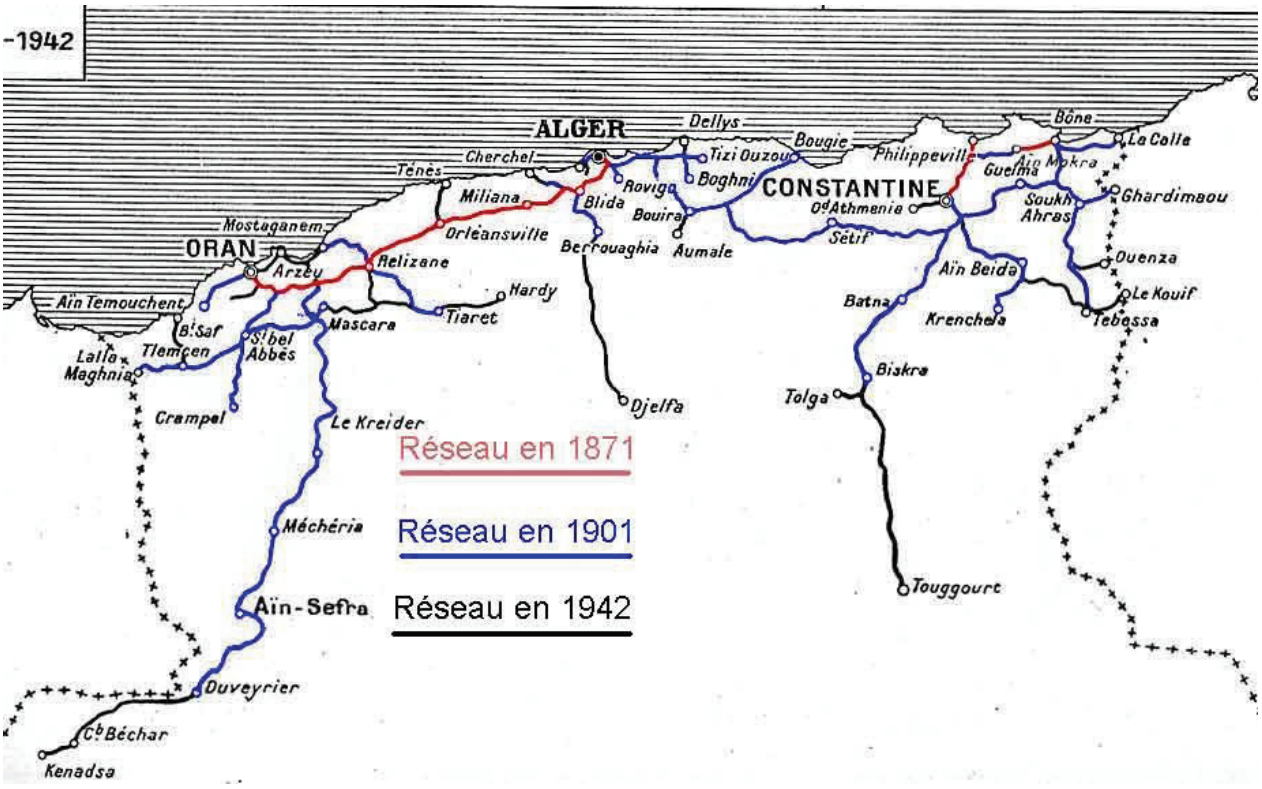


Figure II.3 : les trois programmes de chemin de fer ont la période coloniale.

II.6.2 Période postindépendance :

Pendant cette période, un large programme d'investissement a été lancé pour l'accroissement de la capacité des lignes du réseau, les grands aménagements ferroviaires régionaux et l'extension géographique du réseau. Ce programme a permis les réalisations suivantes :

- Lignes nouvelles :
  -Jijel-Ramdane Djamal sur 140 km.
  -dessertes des cimenteries de Beni-Saf 23km.
  -Saïda 23 km.
  -et Ain-Touta sur 15 km.
- Renouvellement complet (voie et ballast) d'une grande partie du réseau soit un total de 1400 km de voie.
- Mise a doublé de tronçons de la rocade nord sur 200KM.
- Aménagement, modernisation et reconstruction des gares du réseau.
- Aménagement ferroviaire des régions d'Annaba et d'Alger (partiellement)

Le 31mars 1976, à la fin de la concession de l'état français, l'état algérien a devisé la SNSFA en trois organismes distincts : la SNTF qui assure l'exploitation du réseau ferré algérien.

L'ANESRIF : chargé de la maintenance et de la construction des ligne ferroviaires.

La SIF : chargée du développement du réseau ferré algérien.

II.6.3 Réseau actuel :

Aujourd'hui le réseau de chemin de fer algérien est parmi les plus moderne et développé en Afrique.
Il sert de transport de personnes et des marchandises. L'ambition des pouvoirs publics est de connecter toutes les villes d'Algérie entre elles par le réseau ferroviaire. Pour le moment ce réseau est de 4498 km.il est représenté comme suit :

- Longueur des lignes en exploitation : 3750 km
- Longueur des lignes en double voie :553 km
- Longueur des lignes en voie unique :3217 km
- Longueur des lignes électrifiées :323 km
- Nombre de gares en exploitation : 175
- Nombre de haltes en exploitation :215
- Nombre des ouvrages d'art dont l'ouverture supérieur à 10 m : 553
- Nombre des ouvrages d'art dont l'ouverture inferieur a 10 m : 5279
- Nombre des tunnels :139
- Nombre des passages à niveau gardé : 267
- Nombre de passage à niveau non gardé :959.

Conclusion :

Le réseau ferroviaire Algérien a connu beaucoup d'étapes depuis sa naissance jusqu'à aujourd'hui, et le présent projet de la boucle nord-sud lequel s'intègre notre étude permettra les objectifs économiques et rendre efficace le niveau de développements de l'économie du pays.

Chapitre III

présentation du projet

III.1 INTRODUCTION:

La situation actuelle, les prévisions urbanistiques et démographiques et la nécessité d'exploiter d'autres gisements et ressources minérales, comme aussi de satisfaire les besoins de la population à montrer la nécessité d'accélérer, d'assurer le développement du pays par le désenclavement des régions en développent le réseau de l'infrastructure du pays.

Il a été lancé un programme immense d'investissement dans le secteur ferroviaire. Plusieurs projets des lignes nouvelles et des modernisations, amélioration des paramètres des lignes des réseaux existantes sont en cours des études et déjà en réalisation.

Les projets en cours représentent un coût global de 11,4 milliards d'US dollars et sont relatifs à des opérations d'études de lignes nouvelles, d'aménagements ferroviaires régionaux, d'augmentation de capacité de lignes, de construction de gares et d'ouvrages d'arts, et de renouvellement de voies.

La carte suivante montre en complexe le programme actuel de développement du réseau ferroviaire algérien, géré par L'Agence Nationale d'Etude et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires **ANESRIF**.



Figure III. 1 Le réseau ferré algérien et ses perspectives de développement.

Ce plan de développement intègre la construction d'une nouvelle ligne mixte (voyageurs et marchandises) non électrifiée à voie unique entre la ville de **DJELFA** et la ville de **LAGHOUAT.**

III.2 CONTEXTE GÉNÉRALE

Le projet concerne les travaux de réalisation de La nouvelle ligne mixte ferroviaire **DJELFA - LAGHOUAT** dans un linéaire d'environ cent dix (110) km. Pour une exploitation à 220 km/h.

La nouvelle ligne à voie unique sera construite selon les standards UIC, non électrifiée en cette phase avec les ouvrages d'art dimensionnés pour deux voies. Avec Une électrification ultérieure a été prise en considération

La nouvelle ligne à voie unique relie la ville de Djelfa à la ville de Laghouat à une vitesse de 220km/h pour les trains de voyageurs et une vitesse de 100km/h pour les trains de marchandises. Cette nouvelle ligne fait partie du projet de la boucle du sud (Médéa /Djelfa / Laghouat / Ghardaïa / Ouargla / Nouvelle Ville de Hassi Messaoud / Touggourt / Biskra) a une distance de 1891 KM dans le cadre du développement ferroviaire de la zone sud de l'Algérie. Elle permettra également la liaison de la région centre des hauts plateaux à la région du nord du grand Sahara du pays. Le raccordement de cette ligne avec la ligne Boumedfaa / Ain Oussera / Djelfa se fera au niveau de la nouvelle gare de Djelfa.

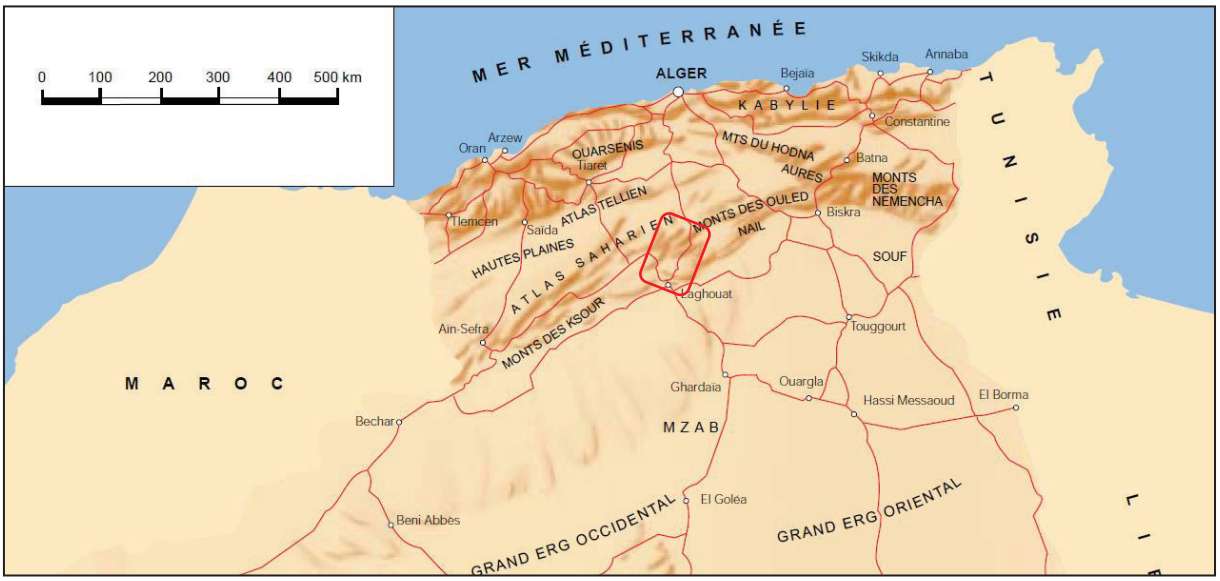


Figure III. 2 Plan de localisation du projet el Djelfa _Laghouat

Le début du projet est en Gare de DJELFA en PK 0+0,000 et la fin se termine en PK 111+495 avant de croiser de la RN1.

On a trois stations programmées le long de La nouvelle ligne ferroviaire

- ✓ Une Gare mixte pour le transport de voyageurs et de marchandises à **DJELFA.**
- ✓ Une Gare mixte pour le transport de voyageurs et de marchandises à **LAGHOUAT.**
- ✓ Gare de **SIDI MAKHLOUF**
- Les stations sont équipées de systèmes de signalisation et de communication.

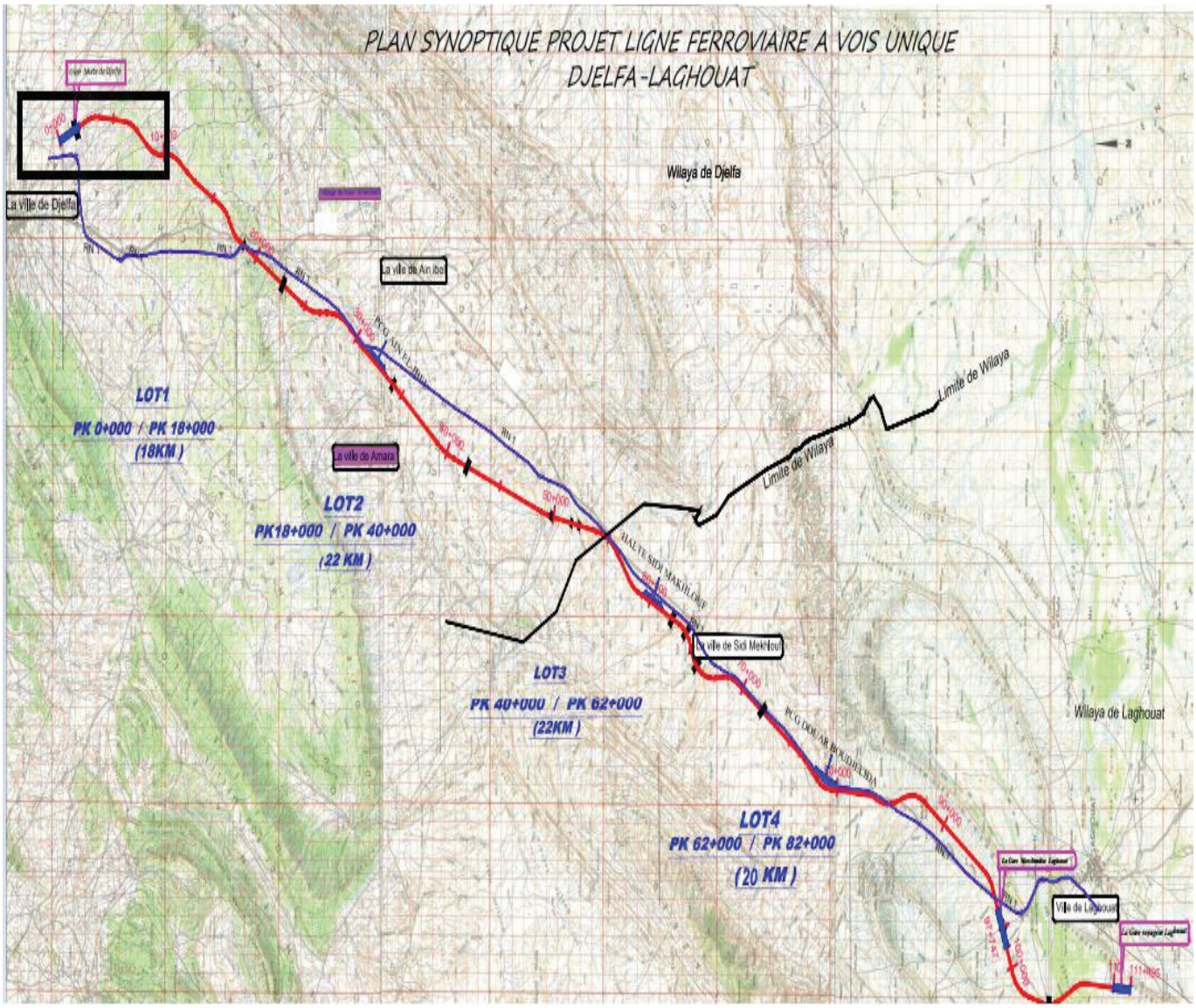


Figure III. 3 Plan synoptique de projet Djelfa Laghouat

III.3 PRESENTATION DU PROJET DE FIN D'ETUDES

Le présent projet de fin d'études porte sur l'étude en phase Avant-projet détaillé (APD) de la ligne ferroviaire à voie unique Djelfa-Laghouat du PK 00+000 au PK 9+881 avec la conception de la gare mixte de Djelfa.

Cette nouvelle ligne mixte est destinée au transport de marchandises et de voyageurs pour une vitesse d'exploitation à 220km/h pour les voyageurs et 100Km/h pour les marchandises.

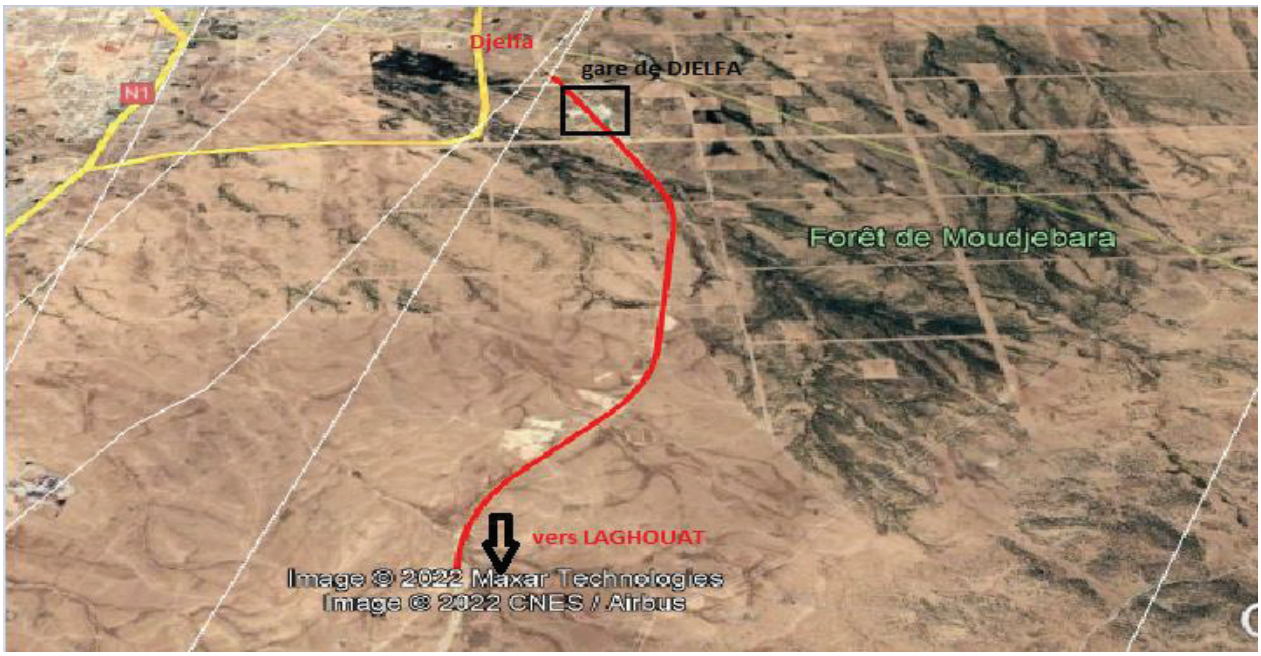


Figure III.4 Localisation de projet (Google earth)

III.4 OBJECTIF DU PROJET

- Amélioration des conditions d'exploitation « confort et vitesse ».
- Désenclavement et développement des régions.
- Amélioration des performances du chemin de fer.
- Amélioration des conditions d'approvisionnement.
- Réduction de temps de parcours.
- Un meilleur niveau de sécurité.

Pour nos études seront menées :

- La reconnaissance de site de projet (terrain). ·
- L'élaboration du tracé en plan, profil en long, et profil en travers en considérant les contraintes hydrauliques et géotechniques ·
- Conception de la gare de **DJELFA** entre le PK 00+000 ET PK 02+000.
- L'étude d'impact environnemental et l'estimation du cout de projet (devis estimatif).

III.5 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

III.5.1 DJELFA

Djelfa est une wilaya Algérienne située dans les hauts plateaux, à 300 KM au sud d'Alger, de superficie de 32 256,35 km2.

Elle s'étale sur les vastes plaines steppique qui rattrapent le piémont sud de l'atlas tellien et limites sont :

- Au Nord les wilayas de Tissemssilt et Médéa
- À l'Est par les wilayas de Msila et Biskra

- À l'ouest les wilayas de Laghouat et Tiaret
- Et au sud par les wilayas de Ouargla et Ghardaïa

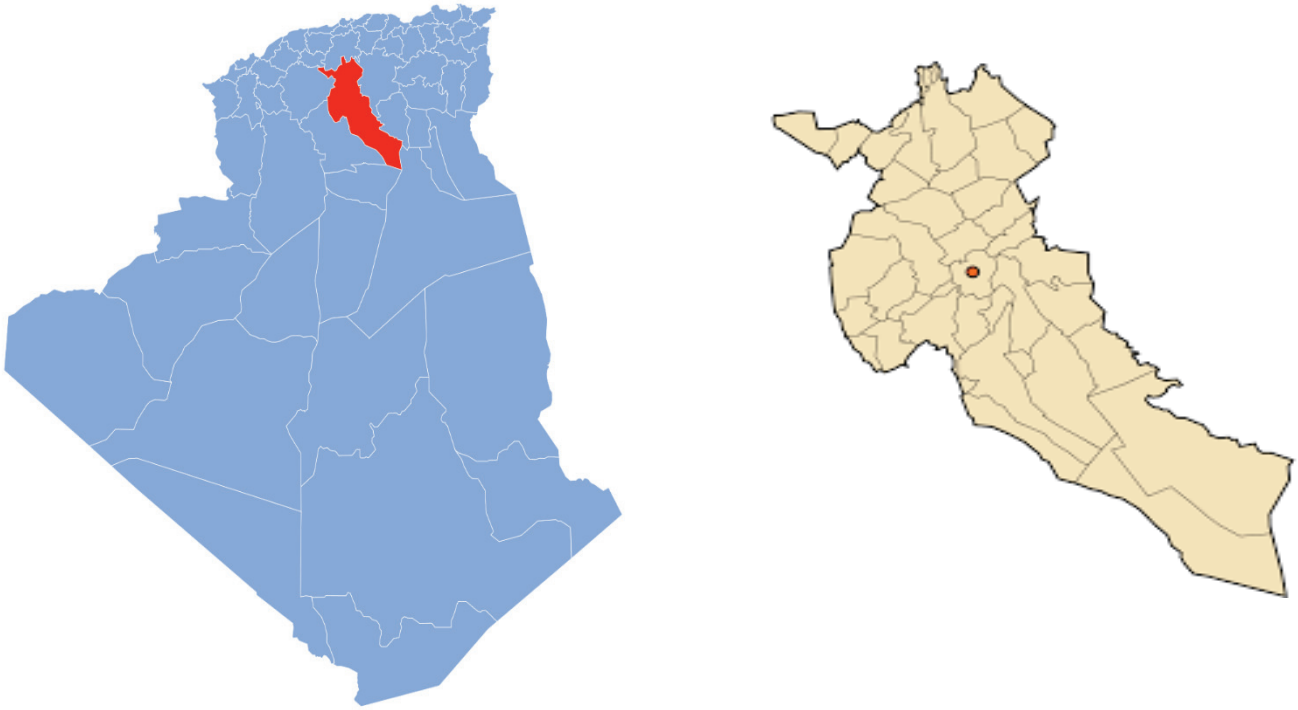


Figure III.5 : Localisation de la wilaya d'el Djelfa.

❖ **Démographie:**

La population totale de la ville de Djelfa est estimée à 1491370 habitants, de densité 46 hab./km², Elle est la quatrième wilaya en importance de population, de plus elle figure parmi les wilayas algériennes ayant un taux de croissance démographique élevé.

❖ **Relief:**

- Assurant la transition entre le Nord et le Sud de l'Algérie, la wilaya de Djelfa se caractérise par 4 zones inhomogènes qui succèdent au piémont de l'Atlas tellien.
- La plaine de Ain Ouassera, zone plane de 500 000 ha, dont l'altitude va de 650 à 850 m précède la dépression des chotts.
- La chaîne montagneuse des Ouled Naïl orientée Sud-Ouest - Nord-Est.
- Au Sud le plateau désertique appelé aussi "plateau saharien" qui plonge dans la dépression formée par l'oued Djeddi considéré comme la limite naturelle du Sahara.
- Le point culminant du département est situé à l'Est dans la daïra de Charef avec une altitude de 1 613 m et le plus bas 150 m à l'extrême Sud de la wilaya.

❖ **Climat:**

La wilaya de Djelfa jouit d'un climat semi-aride caractérisé par des hivers froids et rigoureux et des étés chauds et secs.

- L'amplitude thermique est élevée. (Climat caractérisé par des températures basses et gelée fréquentes en hiver, des chaleurs et des vents secs en été).
- Le département reçoit en moyenne 350 mm d'eau de pluie par an mais de façon irrégulière du Nord au Sud ; plus élevées dans les régions agricoles de Ain Oussera et Hassi Bahbah que dans le plateau saharien du Sud de la wilaya.
- Les vents sont caractérisés par leur intensité et leur fréquence. D'orientation Nord-Est et Sud-Est d'origine océanique et nordique.

❖ **Infrastructure de base:**

➢ **Réseau routière :**

La Wilaya de Djelfa contient un réseau routier très important :

➢ Elle a 1010.50 KM de route national

➢ Elle a 446.50 KM chemins de wilaya

➢ Et 819.6 KM de chemins communaux

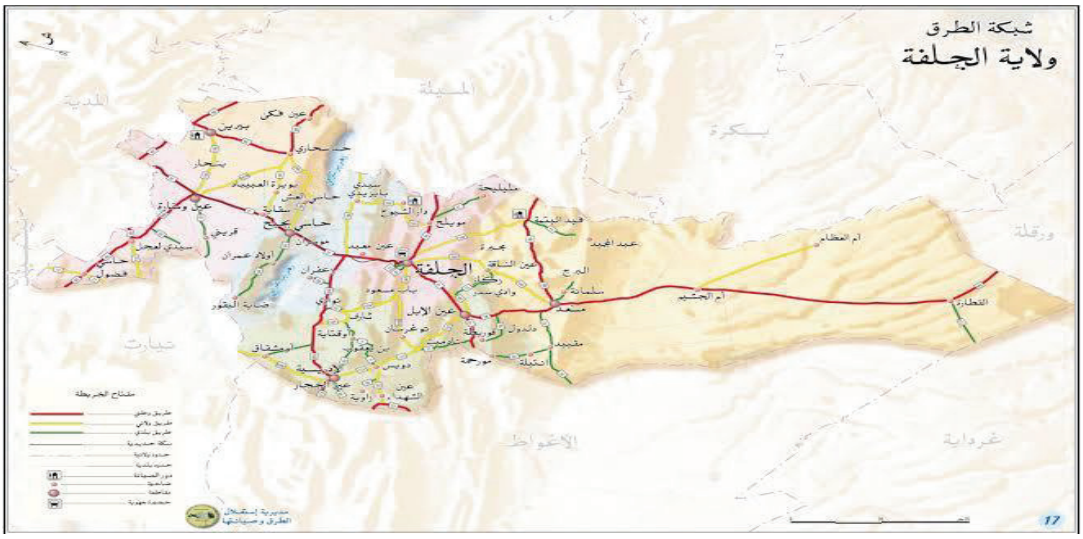


Figure III.6 : Réseau Routier de la Wilaya d'el Djelfa

➢ **Réseau ferroviaire :**

➢ 1voie étroite non fonctionnelle reliant Djelfa à Blida

➢ Un réseau alternatif à grande vitesse envisagée ultérieurement à la boucle sud par Laghouat, Ghardaïa, Ouargla et Touggourt

III.5.2 Laghouat:

Laghouat est une ville d'Algérie située dans le Nord du Sahara, au pied de l'Atlas saharien. Elle se trouve à 329 km au sud d'Alger Elle couvre une superficie de 400 km² Elle est comprise entre 33° et 48° de longitude Est et entre 2° et 53° de latitude Nord.

Elle est délimitée :

- Au Nord : par la wilaya de Tiaret
- A l'Est : par la wilaya Djelfa
- A l'Ouest : par la wilaya de El Bayedh
- Au sud : par la wilaya de Ghardaïa

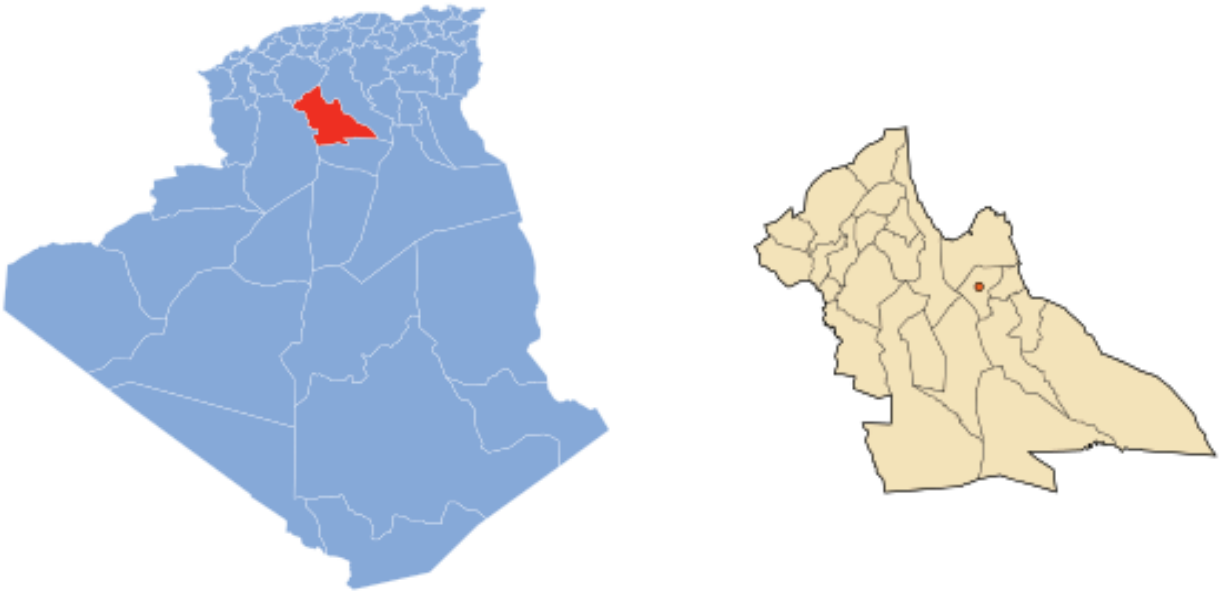


Figure III.7 : Localisation de la Wilaya de Laghouat.

❖ Démographie:

La population de la Wilaya à fin 2010 est de 520 188 habitants, ce qui représentait une densité de 20 habitants par 1 km2.

❖ Climat:

Sur le plan climatologique, la wilaya LAGHOUAT est caractérisée par un climat continentale aride avec des moyennes de 8°C l'hiver et plus de 40°C l'été.

- Pluviométrie : au Nord-Ouest la pluviométrie variant de 300 à 400 mm, des chutes de neige et des gelées blanches, et varie entre 150mm au centre et 50mm au sud.

❖ Relief:

On distingue deux zones distinctes :

- La zone de l'atlas saharien caractérisée par des altitudes allant de 1000 à 1700m avec des pentes de 12.5 A 25%.

- La zone des hauts plateaux et de plateaux sahariens caractérisée par des altitudes allant de 700 à 1000m avec des pentes de 0a3%.

❖ Infrastructure de Base:

➢ Réseau routier

La Wilaya dispose d'un réseau routier d'une longueur totale de 1310 km. Ce réseau routier se compose de 403 km de routes nationales, représentant 30,76 % de l'ensemble de réseau, de 394 km de chemins Wilaya, soit 30,07 % et 513 km de chemins de communaux, soit 39 ,16% du réseau total.



Figure III.8 : Réseau Routier de la Wilaya de Laghouat.

➢ Réseau Ferroviaire

La wilaya est concernée par trois projets de voies ferrés :

- Le réseau alternatif à grande vitesse envisagée ultérieurement à la boucle sud par Laghouat, Ghardaïa, Ouargla et Touggourt.
- Le nouveau tracé de la ligne Mohammadia _Saida par el Bayadh-Aflou.

➢ Réseau aéroportuaire :

- Deux aéroports ont Hassi R'mel et Laghouat (aéroport militaire)
- Reconversion de l'aéroport militaire en a aéroport civil (projet locale inscrit)

III.6 CARCTÉRISTIQUES DE BASE DU PROJET

- ➢ Paramètres de tracé suivant les normes UIC.
- ➢ Ligne à voie unique.
- ➢ Longueur de la ligne 110.00 km.
- ➢ Les ouvrages d'arts ferroviaires.
  - ✓ Les ouvrages en terres de hauteurs importantes (remblais) sont prévus pour double voie.
  - ✓ La ligne ne comprend aucun passage à niveau.

Trafic mixte de voyageurs et marchandises.

- ➢ Charge à l'essieu :

- ✓ Infrastructure : 22.5t.
- ✓ Ouvrages d'arts : 25t.

- Vitesse :
  - ✓ Vitesse maximale des voyageurs : 220km /h.
  - ✓ Vitesse maximale des marchandises : 100km /h.
- Profil de la voie :
  - ✓ Rampes et pentes max en pleine voie : Maximale 16 ‰.
  - ✓ Au niveau des gares : 0‰.
- Profil en travers :
  - ✓ Ecartement des rails (standard 1435 mm en alignement).
  - ✓ La largeur de la plate-forme en voie simple est fixée à 8 m.
- De rails UIC 60 posés sur traverses monobloc en béton armée
  ET des travers bi-bloc au niveau de voies des services à la gare.
- Attache : Attaches Nabla.

III.7 CONCLUSION

Ce projet a pour but de la recherche d'un tracé économique et optimisé qui réponde aux objectifs économiques et aux besoins sociaux du pays et de la région, de plus elle doit répondre aux critères et aux normes internationales des chemins de fer

Chapitre IV

Géométrie de la voie

IV.1. INTRODUCTION

Dans le but de maintenir un bon confort pour les occupants des trains et Selon les données topographique et les visites sur site de projet on fait une étude géométrique qui répondre à toutes les exigences de la réalisation de la nouvelle ligne ferroviaire DJELFA-LAGHOUAT par le choix du tracé le plus économique, et qui répond aux conditions et recommandations exigées par les normes internationales ferroviaires.

IV.2. TRACE EN PLAN

Le trace en plan Est un élément essentiel qui permettent pour caractériser la géométrie d'une voie ferrée. C'est la projection de l'axe de la voie horizontale sur un repère cartésien topographique de l'ensemble des points définissant le tracé de la voie. Le tracé en plan comporte : Des alignements droits, des arcs de cercle, des arcs de courbe à courbure progressive (raccordement clothoïde)
Dans notre chemin de fer le tracé en plan est caractérisé par deux vitesses :

$\boldsymbol{V_R}$: vitesse des trains rapides (voyageurs) : $\boldsymbol{V_R = 220km/h}$:

$\boldsymbol{V_L}$: Vitesse des trains lents (marchandises) : $\boldsymbol{V_L = 100km/h}$.

IV.2.1. Les règles à respecter dans la trace en plan :

Pour obtenir d'un bon tracé en plan technique et économique, on doit respecter les règles suivantes :

- Utiliser le maximum d'alignements droits et entre deux courbes la longueur minimale est de **0.5 V (km/h) (EX : dans notre projet on a utilisé 4 droites)**
- Eviter le franchissement des oueds et des routes afin d'éviter le maximum d'ouvrage d'art pour des raison économique.
- Eviter le passage sur les zones de grande importance (les centrales à gaz, les transformations électriques.
- Suivre les courbes de niveau afin de diminuer le terrassement.
- Eviter les problèmes de talus :
    - **Talus en déblai** : éviter : la présence de nappe, terrains plastiques et la présence de roches fissurées.
    - **Talus en remblai :** éviter :
      -la présence de terrain instable (pouvant être mis en mouvement par le remblai).

      -Sol très compressible.

      - Zones de risques géologique (glissement de terrain, éboulement rocheux)

IV.2.2. Eléments de trace en plan :

a) L'alignement :

C'est l'élément le plus simple et le plus favorable à l'exploitation. La conception d'une voie ferrée avec des alignements longs offre un meilleur confort aux usagers ainsi que leur sécurité, et pour les tracés ferroviaires la seule limitation des alignements droites est la longueur minimale des éléments qui doit respecter la condition suivante :

Tableau IV 1 : Longueur minimale des éléments de tracé L_{min}

		Source de référence
Valeur recommandée	$\frac{Vmax}{2}$	Fiche UIC 703R
Valeur maximale	$\frac{Vmax}{3}$	Fiche UIC 703R

b) L'arc de cercle (R=constant) :

Le raccordement entre les alignements se fait avec les raccordements circulaires. La valeur du rayon de raccordement est en fonction de la vitesse des trains dans la courbe. Le rayon des arcs de cercle et leurs dévers doivent permettre au minimum à un véhicule roulant à la vitesse de référence V_R de ne pas dérailler.

Dans certains cas, on ne peut pas faire des grands rayons, on est obligé d'utiliser des rayons plus ou moins faibles mais qui correspondent à la vitesse de circulation des trains dans les courbes.

c) La courbe de raccordement :

La géométrie des voies ferrées doit permettre une transition progressive (sans chocs) entre des éléments de tracé présentant des accélérations transversales différentes et éviter un accroissement subit de celles-ci à l'entrée d'une courbe. C'est la raison pour laquelle le passage d'un rayon de courbe, de dimension finie ou infinie, à un autre doit être progressif.

Ceci est obtenu par l'introduction d'une courbe de raccordement. Ces éléments liés aux rampes de dévers sont des contraintes importantes dans l'élaboration d'un tracé.

IV.2.3. Les conditions de raccordement :

Il existe des conditions pour le raccordement qui sont :

- **Condition de gauchissement :** On doit limiter, dans les zones de variation du dévers la pente relative au profil en long du rail déversé par rapport à l'axe de la voie.
- **Condition du confort dynamique :** C'est pour que la progression du dévers et de la courbure assure la stabilité et le confort dynamique.

IV.2.4. Paramètres de conception de la voie :

Pour garantir la sécurité des usagers on doit prendre en considération les paramètres suivants :

Tableau IV 2 : Les paramètres de conception de la voie

Vmax voyageurs (Km/h)	220
Vmin merchandises (Km/h)	100
Ecartement standard(mm)	1435
Rail	UIC60

Les paramètres géométriques :

- **Le rayon minimal d'alignement circulaire :**

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

Un niveau de confort sur toute une section de la ligne par une harmonisation des dévers et des insuffisances de dévers. Les rayons minimums recommandés et exceptionnels sont définis à partir de l'insuffisance de dévers admissible pour les vitesses maximales des trains voyageurs et à partir de l'excès de dévers admissible pour les vitesses minimales des trains de marchandise.

Le rayon minimum est calculé par la formule selon la formule suivante (UIC 719) :

$$\frac{11.8\times v_L^2}{D_{max}-E_{max}} \geq R_{min} \geq \frac{11.8\times v_R^2}{D_{max}+I_{max}}$$

Avec :

- **Rmin** = Rayon minimum de courbe (m).
- **VR** = Vitesse des trains rapide (voyageurs) (km/h).
- **Dmax** = Devers maximal (mm).
- **Imax** = Insuffisance de dévers maximum (mm).

Les paramètres fonctionnels :

- **Dévers d [mm] :**

Afin d'annulation de la force centrifuge résultant du déplacement d'un point dans un trajectoire courbe, qui provoque son déséquilibre et son expulsion hors de la courbe, il faut remonter la trajectoire externe de la voie et cette déférence de niveau de la trajectoire appelé le devers

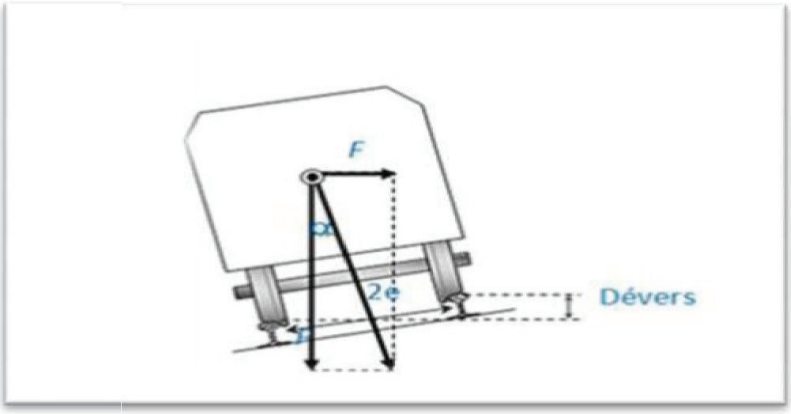


Figure IV. 1 La voie avec dévers

- **Dévers théorique (d'équilibre)d_{th}**

Le dévers théorique qui annule totalement l'effet de la force centrifuge lors d'un passage du train à une vitesse V sur une courbe de rayon R est donné par la formule suivante :

$$d_{th} = 11.8\frac{V^2}{R}$$

- d_{th} : Dévers théorique
- **R** : Rayon de courbe (m)
- **V** : Vitesse des trains rapide (voyageurs) (km/h)

Si l'on prenait pour valeur de V la vitesse maximale des trains de voyageurs, leur confort serait parfaitement assuré. Par contre, les boudins des roues des trains de marchandises, plus lents, porteraient sur le flan du champignon des rails de la file basse, ce qui rendrait le démarrage des trains, qui auraient dû s'arrêter dans les courbes de rayon inférieur à 1000m, difficile, sinon impossible.

La surcharge de ces rails entraînerait, en outre, l'écrasement du champignon et la formation de bavures transversales. Si on se basait sur la vitesse normale des trains de marchandises, le dévers serait nettement insuffisant pour les trains de voyageurs, ce qui se traduirait par un inconfort marqué, un chan freinage de la file haute et une fatigue anormale des attaches de celles-ci.

On adoptera donc, pour le dévers réel, une solution de compromis donnant une insuffisance (I) pour les trains les plus rapides, et un excès (E) pour les trains les plus lents.

- **Dévers Pratique dp :**

Le dévers pratique (dp) de la voie est inférieur au dévers théorique pour les trains les plus rapides (voyageurs) et supérieur à ce dévers pour les trains les plus lents (marchandise). Afin de conserver l'homogénéité du confort sur l'ensemble de la ligne, le dévers pratique où dévers prescrit appliqué à la voie est donné par la formule :

$$dp=\frac{K}{R}$$

Tel que :

- dp: devers pratique
- **R** : Rayon de courbe (m)
- **K** : est le coefficient de la ligne. K=1000×C
- **C** : Coefficient de dévers $C = 0.006 \times V^2$(Norme RFF IC 00272)
  (V étant la vitesse du train le plus rapide exprimée en km/h).

- **Insuffisance de devers (I) :**

En pratique, on limite l'accélération transversale non compensée, afin d'assurer la sécurité des circulations, le confort des voyageurs et assurer un coût raisonnable de l'entretien de la voie.
La limitation de l'insuffisance de dévers I est donnée par la formule ci-dessous :

$$I = \frac{11.8 \times V_R^2}{R} - D \leq Imax$$

- **Excès de devers (E) :**

L'excès de dévers **E** est limité pour éviter l'usure prématurée du rail intérieur dans les courbes (pour les circulations fret donc lentes).

Il est calculé avec la formule : $E = d_p - d_{th}$

Donc : $E = d_p - \frac{11.8 \times V_l^2}{R}$

- **Variation de devers en fonction de la longueur [mm/m] :**

La variation de dévers doit satisfaire aux **2** conditions suivantes :

- **$1^{ére}$Condition** : en fonction de la vitesse **V** du mouvement le plus rapide :
- **$2^{éme}$Condition** : en fonction des valeurs du dévers et du rayon de la pleine courbe adjacent aux raccordements considérés.
  - Voie principale circulé $V = 220km/h$

- **Variation des devers dans le temps $\frac{dd}{dt}$:**

Pour une rampe de devers à pente constante, Une limite de la variation de dévers dans les courbes de transition est nécessaire pour que la vitesse de rotation des véhicules autour d'un axe longitudinal ne nuise pas à leur stabilité. Cette variation est donnée par la formule suivante :

$$\frac{dd}{dt} = \frac{D \times V_{max}}{3.6 \times L_{rp}} \quad \textbf{[mm/s]}$$

Où Lrp est la longueur de la courbe de transition exprimée en **(m)**

- **Variation de l'insuffisance de devers dans le temps $\frac{dI}{dt}$:**

Cette limite permet de prendre en considération le fait que l'être humain est plus sensible aux variations d'accélération qu'aux accélérations elles-mêmes (Condition de confort).

$$\frac{dI}{dt} = \frac{I \times V_r}{3.6 \times L_{rp}} \textbf{[mm/s]}$$

- **Raccordement progressive :**

Le Devers augmente progressivement d'une valeur nulle en alignement, jusqu'au dévers prévu en courbe, cette progression se fait sur une longueur dite rampe de dévers.

La variation du dévers par unité de longueur où la rampe de raccordement est constante pour faciliter la pose, le contrôle et l'entretien de la voie. Pour passer d'un devers d'alignement a un devers de courbe, on surélève progressivement la file extérieure par rapport à la file intérieure et l'insuffisance ou l'excès varie jusqu'à la valeur prévue en plein courbe.

- L'origine de raccordement progressif (ORP) est l'extrémité du RP cote alignement.
- La fin du raccordement progressif (FRP) est l'extrémité du RP cote pleine courbe.
- Dans le cas d'un RP entre deux courbes, l'ORP est l'extrémité du RP de la cote du plus grand rayon et la FRP, l'extrémité du RP de la cote du plus petit rayon.
  - **ORP** : origine de raccordement progressif.
  - **FRP** : fin du raccordement progressif.

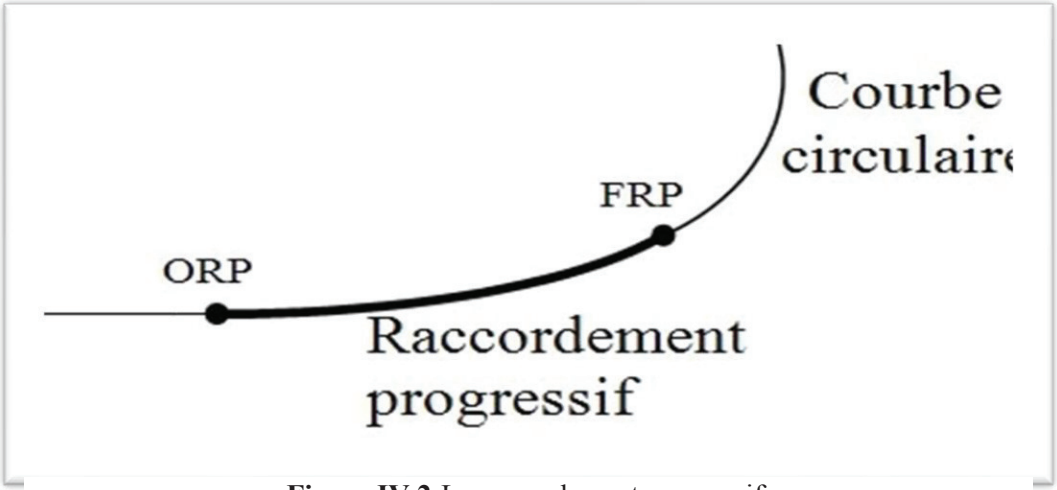


Figure IV.2 Le raccordement progressif.

- **Longueur de la clothoïde *:***

La longueur de la clothoïde doit être déterminée à partir des valeurs limites imposées par les paramètres suivants :

- Variation de l'insuffisance de devers en fonction du temps $\frac{dI}{dt}$
- Variation de dévers en fonction de la longueur $\frac{dd}{dl}$
- Variation de dévers en fonction du temps $\frac{dd}{dt}$

C'est la longueur de clothoïde qui doit satisfaire chacune des conditions de sécurité et de confort suivantes :

- $\mathbf{L} \geq \frac{Vv}{3.6} \times \Delta \mathbf{d} \times \left(\frac{\Delta d}{\Delta t}\right)^{-1}_{lim}$
- $\mathbf{L} \geq \Delta \mathbf{d} \times \left(\frac{\Delta d}{\Delta t}\right)^{-1}_{lim}$
- $\mathbf{L} \geq \frac{Vv}{3.6} \times \Delta \mathbf{I} \times \left(\frac{\Delta d}{\Delta t}\right)^{-1}_{lim}$

- **Paramètre de la clothoïde :**

Il est donné dans la formule suivante : $A^2 = R \times L$

Tableau IV 3: Paramètres géométriques de trace en plan.

	Valeur normal	Valeur exceptionnel	Source de référence
Vmax (km/h)	220	-	-
Vmin (km/h)	100	-	-
Devers maximal d (mm)	160	180	-Référentiel SNTF chapitre 06. Géométrie de la voie -Référentielle IC00272
Rmin= $\frac{11.8xVmax\text{^}2}{dmax+Imax}$	1850	400	(UIC 719R)
Longueurs minimales des alignements (m)	≥Vmax /2=110	≥Vmax/3=73	Référentiel SNTF chapitre 06. Géométrie de la voie
Longueurs minimales des pleines courbes (m)	≥Vmax /2=110	≥Vmax/3=73	

Tableau IV 4: Paramètres fonctionnels de trace en plan.

		Normal	**Exceptionnelle**	**Source de référence**
Insuffisance de dévers admissible	I (mm)	150	160	Référentiel SNTF chapitre 6 Géométrie de la voie
Excès de dévers admissible	E (mm)	110	130	
Limite de la variation de dévers par rapport à la longueur	dd/dl (mm/m)	180/Vmax = 0.818	216/Vmax=0.981	
Limite de la variation de dévers par rapport au temps	dd/dt (mm/s)	50	60	
Limite de la variation d'insuffisance de dévers	dI/dt (mm/s)	75	90	

IV.2.5. Application au projet :

- **Calcul du rayon minimal :**

$$R_{min} = \frac{11.8}{I+D} \times {V_{max}}^2 R_{min} = \frac{11.8}{150+160} \times 220^2 = 1850\ m$$

Le calcul des paramètres géométriques est fait pour un rayon de :$R = 2300\ m$

- **Le dévers théorique$_{th}$:**

$$\mathrm{d_{th}} = 11.8 \times \frac{{V_{max}}^2}{R} = 11.8 \times \frac{220^2}{2300} \quad \rightarrow \quad \mathrm{d_{th}} = 250\ mm$$

- **Coefficient de dévers C :**

$$C = 0.006 \times {V_{max}}^2 = 0.006 \times 220^2 \quad \rightarrow \quad C = 300$$

- **Le dévers pratique $\boldsymbol{d_p}$:**

$$\boldsymbol{d_p} = \frac{1000 \times C}{R} = \frac{1000 \times 300}{2300}$$

$$\rightarrow \quad \boldsymbol{d_p} = 131mm < 160\ mm \quad \text{vérifié.}$$

- **L'insuffisance de dévers I :**

$$I = \mathrm{d_{th}} - \boldsymbol{d_p} = 250 - 131$$

$$\rightarrow I = 119\ \boldsymbol{mm} < 150\ \boldsymbol{mm} \quad \text{vérifié.}$$

D'abord calcul Dévers théorique des trains lent :

$$d'_{th} = 11.8 \times \frac{{V_{min}}^2}{R} = 11.8 \times \frac{100^2}{2300} \quad \rightarrow \quad d'_{th} = 52mm$$

$$E = \mathrm{d_p} - \mathrm{d'_{th}} = 131 - 52$$

$$\rightarrow \quad E = 79\ \mathrm{mm} < 90\ \mathrm{mm} \quad \text{vérifié.}$$

- **La longueur et le paramètre de la clothoïde :**

$$L_{cl} = \frac{d_p \times V_{max}}{3.6 \times \left(\frac{\Delta \mathrm{d}}{\Delta \mathrm{t}}\right)_{ref}} = \frac{131 \times 220}{3.6 \times 50} \quad \rightarrow \quad L_{cl} = 160\ mm$$

- **Variation de dévers :**

$$\frac{\Delta \mathrm{d}}{\Delta \mathrm{t}} = \frac{\mathrm{d_p} \times V_{max}}{3.6 \times L_{cl}} = \frac{131 \times 220}{3.6 \times 160} \quad \rightarrow \quad \frac{\Delta \mathrm{d}}{\Delta \mathrm{t}} = 50mm/s$$

$$\frac{\Delta \mathrm{d}}{\Delta \mathrm{t}} = 50 \frac{mm}{s} \leq 50\ mm/s \quad \text{vérifié.}$$

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

$$\frac{\Delta \mathrm{I}}{\Delta \mathrm{t}} = \frac{I \times V_{max}}{3.6 \times L_{cl}} = \frac{119 \times 220}{3.6 \times 160} \quad \rightarrow \quad \frac{\Delta \mathrm{I}}{\Delta \mathrm{t}} = 46\ mm/s$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = 46\ mm/s\ < 75\ mm/s \qquad \text{vérifié.}$$

- **Gauchissement et variation du dévers :**

$$\frac{d_p}{L_{cl}} = \frac{131}{119} \qquad \rightarrow \quad \frac{d_p}{L_{cl}} = 1.1\ mm/m$$

$$\frac{d_p}{L_{cl}} = \frac{1.1\ mm}{m} < \frac{1.125 mm}{m} \qquad \text{vérifié.}$$

Tableau IV.5 : Application sur les rayons de projet

Rm(m)	dth(mm)	dp(mm)	E(mm)	I(mm)	L(mm)
2200	260	132	79	128	170
1900	301	152	90	148	190
2300	250	131	79	119	160

IV.3. PROFIL EN LONG

Le profil en long est la projection horizontale de la cote de la file basse des rails des voies sur un plan vertical passant par l'axe du tracé. Elle est composée généralement de la succession de pentes et rampes raccordées par des courbes paraboliques. Ces éléments représentent la ligne rouge ou ligne du projet.

Pour chaque point du profil en long, on doit déterminer les éléments suivants :

- L'altitude du terrain naturel.
- L'altitude du projet.
- La déclivité de la ligne du projet.
- Les distances cumulées.
- La valeur du remblai ou déblai.
- La position des appareils de voie des voies de raccordement.
- La position des sections neutre.

IV.3.1. Les règles à respecter dans la trace du profil en long :

Pour avoir une meilleure conception du profil en long, on doit tenir en compte les règles suivantes sauf dans des cas exceptionnels qu'il faut justifier :

- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- Rechercher un Equilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Eviter les angles rentrants en déblais pour assurer une bonne évacuation des eaux.
- Respecter les pentes nulles dans les gares.
- Respecter les valeurs géométriques (rayons et déclivités et longueur minimale).
- Un profil en long en léger remblai est préférable qu'un profil en long en léger déblai qui complique l'évacuation des eaux.

- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Dans les zones inondables, il est obligatoire de passer avec un profil en remblais dont la hauteur est supérieure à NPHE + 0.5m.

➢ **Eléments géométriques du profil en long :**

- **Pente** : tronçon de voie où l'altitude est décroissante dans le sens de circulation (descente).
- **Rampe** : tronçon de voie où l'altitude est croissante dans le sens de circulation (montée).
- **Palier** : c'est la partie de la ligne rouge qui se trouve en horizontale.
- **Courbes de raccordement verticales** : ce sont des arcs de cercles qui assurent la liaison entre les éléments de la ligne rouge.

IV.3.2. Déclivité :

C'est la tangente de l'angle que fait la ligne rouge du profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées. La déclivité influence sur l'écoulement des eaux, la sécurité lors de freinage en pente et confort au démarrage de véhicule en rampe

On appelle déclivité la tangente de l'angle compris entre le profil en long et l'horizontale, elle est appelée pente pour les descentes et rampe pour les montées, elle joue un rôle important pour l'écoulement des eaux.

IV.3.3. La longueur minimale des déclivités :

Afin d'éviter les sollicitations des véhicules dues aux variations successives des deux déclivités successives de sens différents.

Une longueur minimale de déclivité constante doit être respectée, donnée par la norme SNTF et résumée dans le tableau III.3.

La longueur de raccordement de déclivités doit, en principe, être d'au moins 30 m pour tenir compte des bases de nivellement des bourreuses.

IV.3.4. Rayon admissible en raccordements de profil en long :

Les pentes constituantes le profil en long sont reliées entre elle par des courbes circulaires. Les valeurs des rayons minimales admissibles en profil en long sont limitées pour tenir compte des considérations suivantes :

- Les raccordements de profil en long sont définis par des raccordements circulaires, Cela entraîne une accélération verticale brutale aux extrémités du raccordement, qui provoque une oscillation de la suspension du véhicule et perturbe le confort des voyageurs.
- Lorsqu'un véhicule franchit à une vitesse (V) un raccordement de profil en long de rayon Rv, il est soumis à une accélération centrifuge :

$$a_v = \frac{{V_{max}}^2}{12.96 \times R_V} \leq a_{v,rec}\ (m^2/s)$$

Cette accélération doit être limitée afin de ne pas perturber le confort des passagers. En conséquence, le rayon minimum adopté pour le profil en long sera également limité pour ne pas dépasser cette accélération à la vitesse maximale de circulation.

Les raccords de déclivité du profil en long doivent respecter la valeur de rayon minimum décrit dans le tableau suivant :

IV.3.5. Coordination profil en long-trace en plan :

Pour assurer une bonne coordination entre le profil en long et le tracé en plan, on doit respecter les conditions suivantes :

- Assurer un palier de 800 à 1200m pour l'implantation de la gare.
- Les points de placement des appareils de voie ne doivent pas être en courbe ou bien en déclivité.
- Positionner les points de changement de déclivité dans des éléments de tracé constants (alignements ou pleine courbe).
- Eviter le placement d'une courbe en profil en long immédiatement après une courbe en tracé en plan.
- En angle rentrant on doit satisfaire la condition de confort et une vitesse très grande.

Tableau IV 6: Paramètres géométriques de profil en long**.**

			Normale	Exceptionnelle
Déclivité maximale	**Voies générales**	L<3000 m	16 ‰	18 ‰
		3000<L<15000 m	16 ‰ à 13 ‰	18 ‰ à 15 ‰
		L>15000 m	13 ‰	15 ‰
	Gares	-	0	0
Rayon minimal en raccordements verticaux (m)		V=220km/h	$0.35V^2$= 16940	$0.25V^2$= 12100
La longueur minimale des pentes uniformes et des raccordements enprofil en long (m)		V=20 km/h	V/2= 110	V/2.5= 88

IV.4. PROFIL EN TRAVERS :

IV.4.1. Définition :

Le profil en travers est une coupe dans le sens transversal perpendiculaire à l'axe de la voie projetée suivant un plan vertical en délimitant toutes les parties de la voie. On distingue deux types de profil en travers :

IV.4.2. Profil en travers type :

Est une représentation graphique, contenant et détaillant d'une manière précise tous les éléments constituant la voie notamment les dimensions de la voie, ses dépendances, la structure de la couche d'assise, sa composante ainsi que les épaisseurs.

IV.4.3. Profil en travers courant :

Il s'applique au PK indiqué, il reprend et mentionne toutes les données caractérisant la section transversale de la voie au PK considéré, notamment cote terrain naturel (TN), cote de projet. Devers de la plate-forme.

IV.4.4. Les éléments du profil en travers :

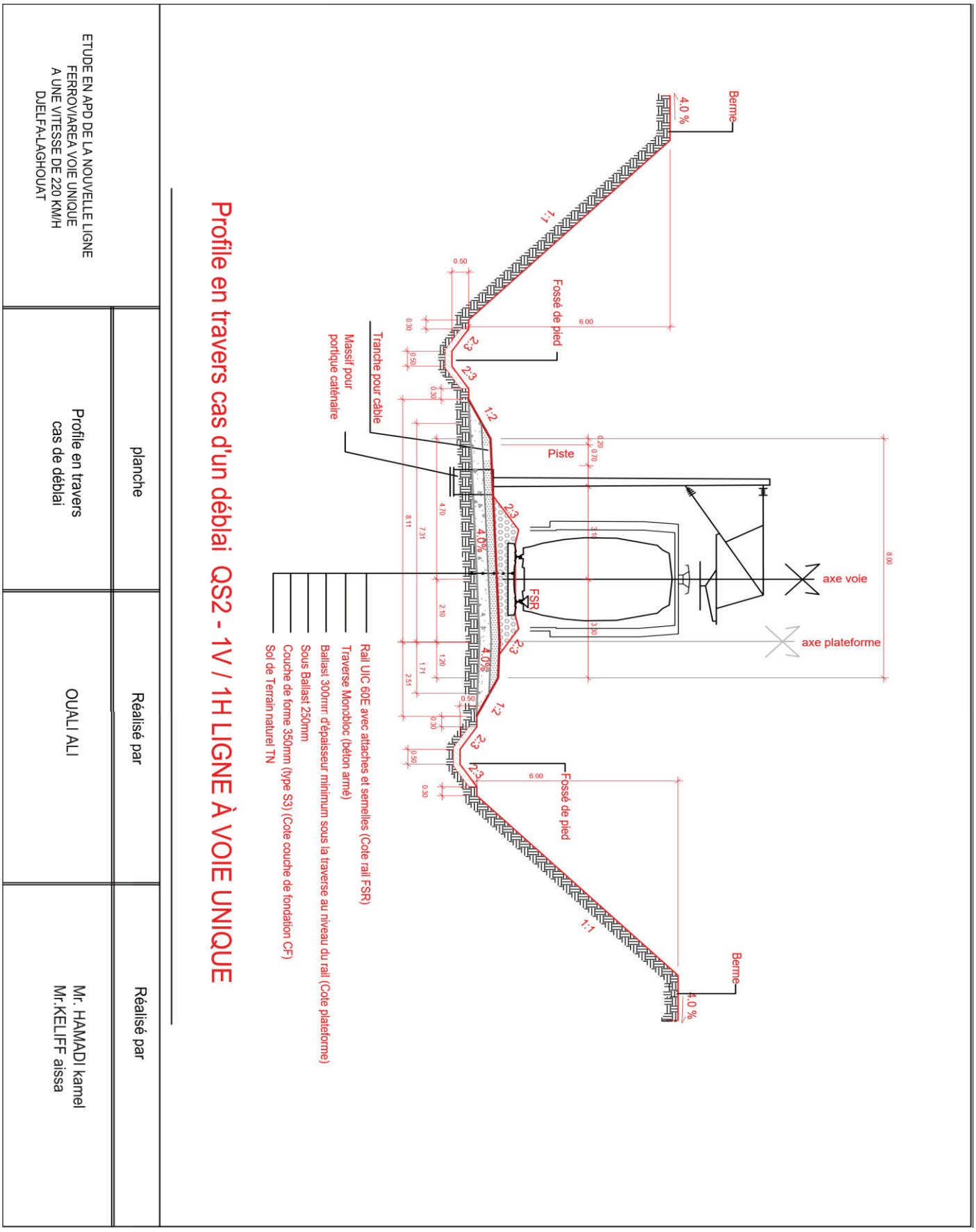
- **L'emprise** : c'est la surface du terrain naturel affecté à la voie, limitée par le domaine public.
- **L'assiette** : c'est la surface du terrain réellement occupée par la voie, elle est limitée par l'intersection du terrain naturel avec les pieds de talus en remblais ou crête de talus en déblais.
- **La plate-forme** : c'est la partie sur laquelle repose la voie elle joue un rôle primordial dans la tenue de la voie. En outre, elle draine les eaux de surface pour les écouler à l'extérieur.
- **La voie** : partie affectée à la circulation des trains.
- **La berme** : Supporte des 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.

Etablissement du profil en travers type :

En chemin de fer, le profil en travers type doit indiquer tous les éléments suivants :

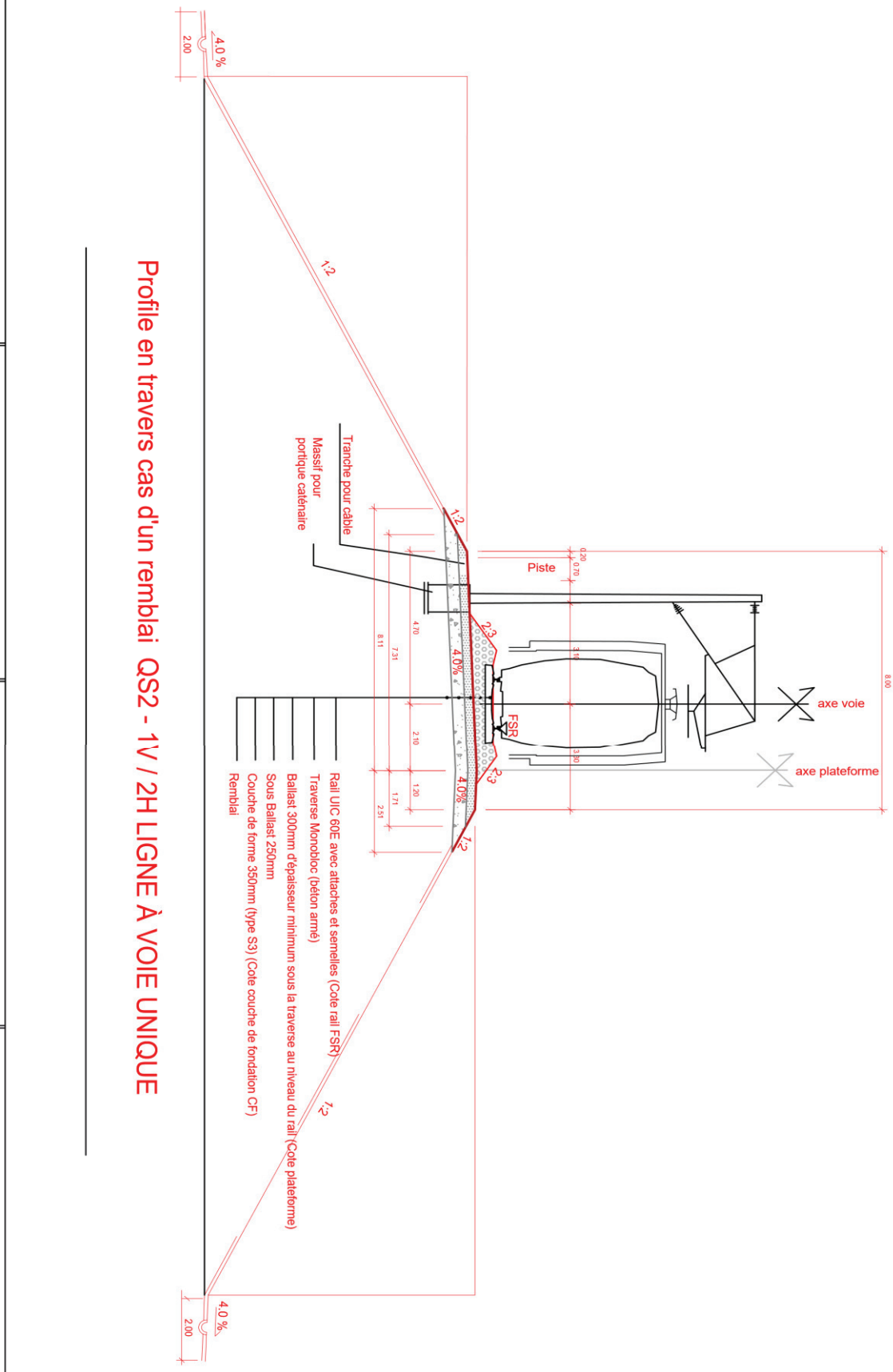
- **Eléments de la superstructure :**
  - Le type de rail utilisé et la valeur de l'écartement de chaque voie.
  - Le type de travers utilisé.
  - Epaisseur de la couche de ballast.
  - La valeur du dévers maximum en courbe.
  - La longueur des butées du ballast.
  - Poteaux caténaires et caniveaux à câbles
  - La pente latérale de la couche de ballast.
- **Eléments de l'infrastructure :**
  - La dénomination et les épaisseurs de chaque couche.
  - Les pentes transversales de chaque couche.
  - La pente latérale de la plateforme.
- **Eléments du talus :**
  - La pente de chaque talus.
  - Les ouvrages de consolidation éventuels.

- **Eléments d'assainissement :**
    - Types et dimensions du fossé ou des drains.


Profile en travers cas d'un déblai QS2 - 1V / 1H LIGNE À VOIE UNIQUE
Berme
4.0 %
Fossé de pied
6.00
Piste
axe voie
axe plateforme
FSR
Tranche pour câble
Massif pour portique caténaire
Rail UIC 60E avec attaches et semelles (Cote rail FSR)
Traverse Monobloc (béton armé)
Ballast 300mm d'épaisseur minimum sous la traverse au niveau du rail (Cote plateforme)
Sous Ballast 250mm
Couche de forme 350mm (type S3) (Cote couche de fondation CF)
Sol de Terrain naturel TN
ETUDE EN APD DE LA NOUVELLE LIGNE FERROVIAREA VOIE UNIQUE A UNE VITESSE DE 220 KM/H DJELFA-LAGHOUAT
planche
Profile en travers cas de déblai
Réalisé par
OUALI ALI
Réalisé par
Mr. HAMADI kamel
Mr.KELIFF aissa

ETUDE EN APD DE LA NOUVELLE LIGNE FERROVIAREA VOIE UNIQUE A UNE VITESSE DE 220 KM/H DJELFA-LAGHOUAT

planche	Réalisé par	Réalisé par
Profile en travers cas de remblai	OUALI ALI	Mr. HAMADI kamel Mr.KELIFF aissa



- **Remarque** : les profiles en travers types présenté au-dessus faite à la base des résultats des chapitres suivantes.

IV.5. DETERMINATION DES CUBATURES

Les mouvements des terres désignent tous les travaux de terrassement, et ils ont pour objectif primordial de modifier la forme du terrain naturel pour qu'il soit disponible à recevoir des ouvrages en terme général.

Ces actions sont nécessaires et fréquemment constatées sur :

- Les profils en longs.

-Les profils en travers.

La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions, la première il s'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième il s'agit d'enlever des terres (déblai).

Définition des cubatures de projet :

On définit les cubatures par le nombre des cubes de déblais et remblais que comporte le projet afin d'obtenir une surface uniforme sensiblement rapprochée et sous adjacente à la ligne rouge de notre projet.

Le profil en long et le profil en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.

Tableau IV 7: Cubatures des terrassements

Nature	Déblai	Remblai	Couche terre végétal
Volume (m^3)	517918	635148	9882.206

Tableau IV 8: Cubatures des couches d'assises

Nature	Ballast	Sous-Ballast	Couche de forme
Volume (m^3)	20112.1	20309.1	33480.6

IV.6. Conclusion :

Le tracé géométrique de la voie étant effectué, il est nécessaire de passer à l'étude géologique et géotechnique dans le chapitre suivant.

ChapitreV
Etude géologique et géotechnique

PARTIE A : ETUDE GEOLOGIQUE

V.1 INTRODUCTION

- L'étude géologique est nécessaire et importante dans le domaine des travaux publics, il nous aide à connaitre la nature de lieu où se déroule le projet, afin de connaitre la nature de terrain de projet et tous les problèmes et les endommagements qui peuvent en résulter. Cette étude nous permet de trouver des solutions appropries afin pour éviter et réduire ces problèmes dans le temps.

V.2 CONTEXTE GEOLOGIQUE :

V.2.1 Contexte Géologique de l'Algérie :

Le pays comprend quatre grands domaines du nord au sud :

- L'Atlas tellien (ou le Tell), constitué de reliefs escarpés et de plaines littorales dont les plus riches d'Algérie sont la Mitidja au centre, le Chélif à l'ouest et le Seybouse à l'est ;
- Les Hauts Plateaux ;
- L'Atlas saharien forme une longue suite de reliefs orientés, s'étendant de la frontière marocaine à celle de la Tunisie.
- Le Sahara, qui recèle l'essentiel des ressources en hydrocarbures, est un désert formé de grandes étendues de dunes (Erg Oriental et Erg Occidental), de plaines caillouteuses (regs) et parsemé d'oasis, qui sont autant de centres urbains comme El Oued, Ghardaïa et Djanet (Fig.01). Le massif des Eglab à l'ouest et le massif du Hoggar à l'est forme, pratiquement, la limite méridionale du Sahara algérien.

L'Algérie est divisée en deux unités tectoniques majeures séparées par la faille sud-atlasique (Fig. 1) :

- Le Nord de l'Algérie portant l'empreinte de la tectonique alpine ;
- La plate-forme saharienne, relativement stable, où la tectonique est moins prononcée.

Le projet se situe dans la région Sud de l´Atlas Saharien et à la limite Nord du grand erg occidental. La région contient une suite des voûtes et synclinales des roches crétacés et jurassiques. Les dépressions sont ouillées avec des sédiments tertiaires et quaternaires (Fig. 2 & 3).

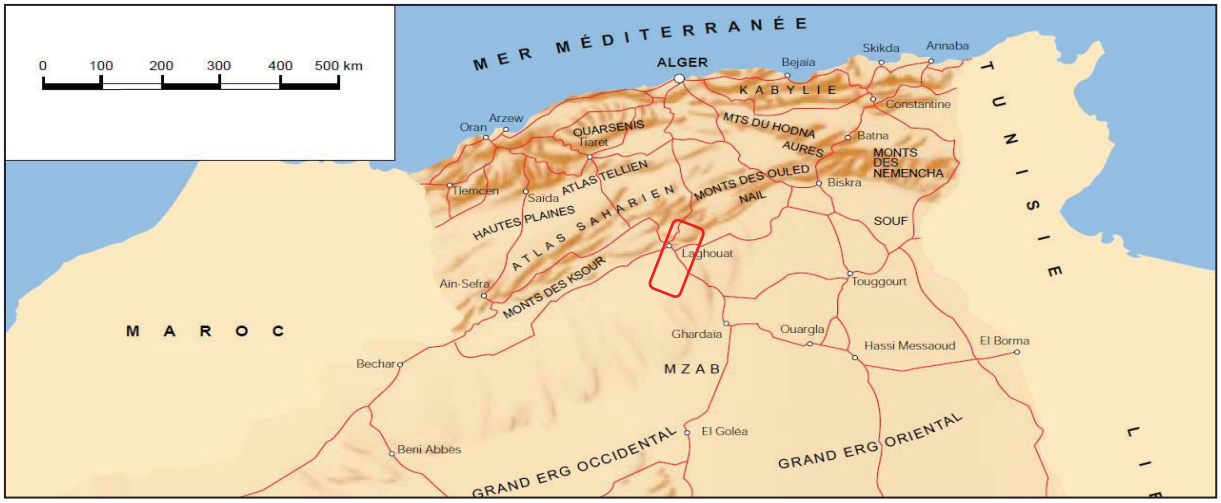


Figure V : 1: Géographie de l´Algérie (carte création LR/GÉOGRAPH, 1994, carré rouge : tracé)

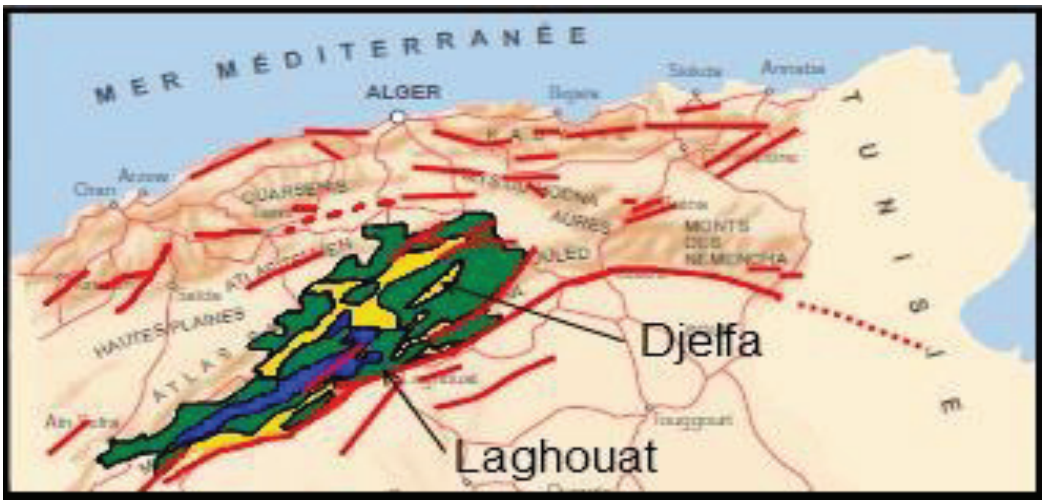


Figure V 2: Carte géologique d´Algérie du Nord ; (vert : crétacé ; bleu : jurassique ; jaune : quaternaire/tertiaire ; rouge : failles tectoniques, référence : carte géologique d´Algérie 1 :500.000, (1951).

- **Cadre géomorphologique et géologique détaillé :**

La ligne nouvelle Djelfa-Laghouat se situe dans la région Sud de l'Atlas Saharien et à la limite Nord du grand erg occidental, il fait la transition entre les domaines des hauts plateaux au Nord et la plateforme Saharienne au Sud.
De vue géomorphologique le tracé se situant sur l'axe Djelfa – Laghouat, débute dans une zone boisée se trouvant au Nord Est de la Wilaya de Djelfa, faisant partie du domaine forestier. Cette zone est caractérisée par l'absence de relief notable, et seul quelques petits cours d'eau forment des ravinements et des creusements qui sont dans la plupart des cas peu décaissés. Il se poursuit en longeant la route nationale RN-01 sur un vaste plateau et se termine au sud dans la ville de Laghouat.

Le tracé de la ligne se situant sur l´axe Djelfa – Laghouat. Il prend naissance dans une zone boisée au Nord-Est de Djelfa et poursuit en longeant la Route Nationale RN1. Le profil en long montre l´ascension du tracé de 100 m entre PK 0 et PK 10.

Du PK 0 au PK 5+350	Morphologie plane avec quelques petits cours d´eau forment des ravinements. Des enrochements calcaires avec 3 au 8 m de l´épaisseur sont dominants. Un rôle mineur joue des alluvions et des argiles tertiaires qui se trouve en bas.	 Morphologie plane de PK 0 à PK 9 (ici au PK 1+600, direction du regard Sud-Est).

PK 5+350	Des calcaires sont présents comme sol d'assise couvert par des sédiments.	 Morphologie Plane au PK 5+300 (direction du regard Sud-Est).
Du PK 07+000 Au PK 10+000	De PK 7+250 on trouve des éboulis marno-calcaires du crétacé. La morphologie commence à être de plus en plus vallonnée. Des cours d´eau deviennent plus fréquents. Les ravinements ont une profondeur de 2 à 3 m.	 Le tracé traverse plusieurs cours d´eau temporaire avec des affleurements calcaire (PK 9+300).

V.2.2 Contexte géologique de la région :

La région du site se situe dans une zone caractérisée par des formations géologiques du Crétacé, du Mio-Pliocène et du Quaternaire. La chronostratigraphie est donnée dans la FigV.3.
Le tracé commence dans le centre d´un synclinale qui est ouillé avec des sédiments quaternaires (PK 0 au PK 2) et tertiaires (PK 2 au PK 7). Au bord de cette dépression ont trouvé des roches crétacées. La chronostratigraphie de la zone PK 0 – PK 10 commence avec des roches plus jeunes (Sénonien) et continue dans des roches le plus en plus âgées.

Quaternaire Le Quaternaire se constitue des

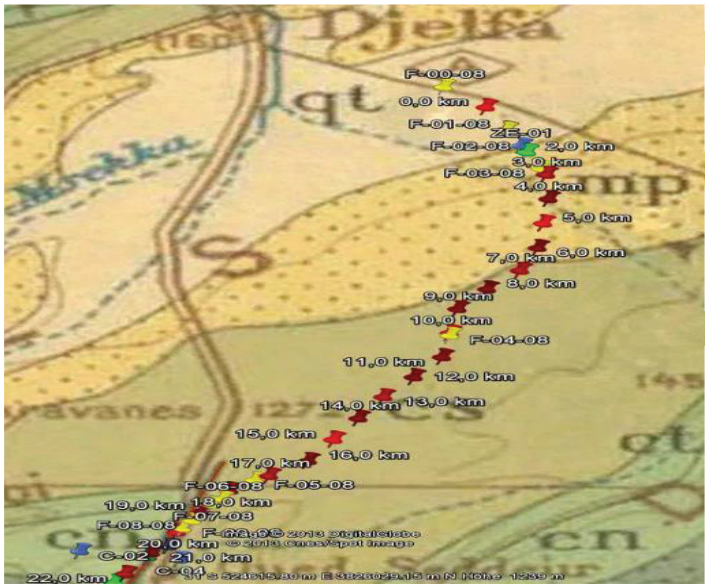
a. Encroûtement calcaire)
b. Alluvions/Colluvions récentes
c. Terre végétale

a. Il s´agit du sable limoneux et graveleux-caillouteux qui sont encroûtés par des croûtes calcaires tuf facées blanchâtres. Ces encroûtements peuvent pénétrer tous les sédimentent et roches. Il se trouve aussi dans des alluvions et même dans du grès. Il se trouve de 0 à 8,5 m de profondeur (FigV.4, Fig.V.5). L'épaisseur change entre 0,5 et 8,25 m.

b. Il s´agit du limon sableux-argileux-graveleux aux sable graveleux-limoneux avec des blocs (> 63 mm). La couleur est marronne. La composition est très changeante.
c. La terre végétale se compose des argiles limoneuses-gréseuses avec du gravier. La couleur est noire à marron et il contient de matière organique. L´épaisseur est entre 0,1 et 0,5 m.

Tertiaire_: Selon la carte géologique à partir de PK 1+600 jusqu´au PK 7 des roches tertiaires existe. Dans l´APD ils sont décrit comme « argiles gréseuses carbonatés ». Il se trouve seulement sous la surface dans des forages entre PK 0 et PK 5+350.

Crétacé Le Crétacé apparait au PK 9+300 comme affleurement dans un cour d´eau temporaire. Déjà au PK 7+250 il y a des éboulis superficiels dans des alluvions et de PK 5+350 dans le forage SC-OB-02 13 on trouve des « calcaire très fracturé. Le Crétacé jusqu´au PK 18+000 datant du Sénonien et Turonien. Il s´agit des calcaires dolomitiques-marneux blanchâtre en alternance avec des marnes jaunâtre-verdâtre. Il y aurait aussi des lentilles de gypse pures.



Quaternaire

Tertiaire

Crétacé: Sénonien

Figure V 3: Carte géologique de l'Algérie (référence : carte géologique d´Algérie1 :500.000, 1951)




Figure V 4: Des encroûtements calcaire (a)



Figure V 5: Des alluvions récentes (b)




Figure V 6 : Alternance entre des calcaires et des marne.

V.3 CADRE SISMIQUE :

D'après le Règlement Parasismique Algérien (RPA 99/ Addenda 2003), publie par le Centre de Génie Parasismique C.G.S, les wilayas de DJELFA et LAGHOUAT sont classées à la zone de sismicité faible « Zone I ».

Le document technique réglementaire est divisé Le territoire national en cinq **(05)** zones de sismicité croissante, définies dans le tableau ci-dessous :

Tableau V. 1: La répartition de sismicité par chaque zone.

Zone 0	Zone I	Zone IIa	Zone IIb	Zone III
Sismicité négligeable	Sismicité faible	Sismicité moyenne	Sismicité moyenne	Sismicité très élevée

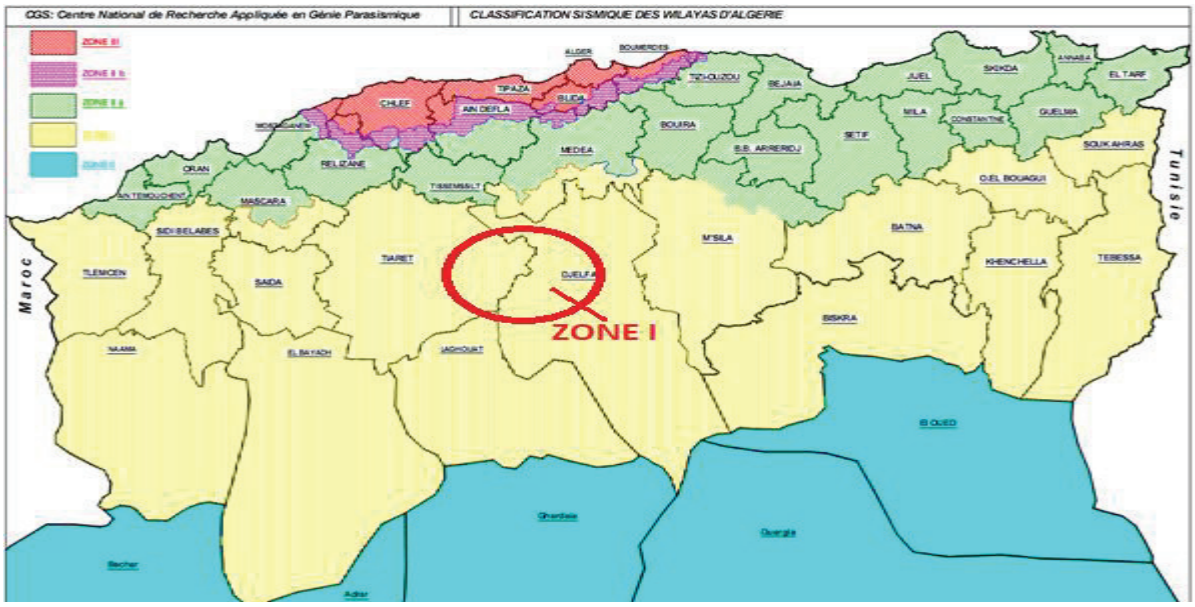


Figure V 7 : la carte des zones sismiques de l'Algérie et le zonage.

Les coefficients d'accélération **(A)** à prendre en considération dans les calculs selon le type de l'ouvrage sont donnes dans le Tableau :

Tableau V. 2: le coefficient d'accélération

groupe	Zone I	Zone IIa	Zone IIb	Zone III	Classification des ouvrages selon leur importance
1A	0.15	0.25	0.30	0.40	Ouvrages d'importance vitale
1B	0.12	0.20	0.25	0.30	Ouvrages de grande importance
2	0.10	0.15	0.20	0.25	Ouvrages courants
3	0.07	0.10	0.14	0.18	Ouvrages de faible importance

Par ces résultats d'identification géologique nous ont permis de faire connaissance avec les formations géologiques de notre zone d'étude dominée par le groupe de crétacés inferieurs et des quaternaires caractérisés par des matériaux sable-limoneux et graveleux-caillouteux avec les roches de calcaire.

PARTIE B : ETUDE GEOTECHNIQUE

L'étude géotechnique est nécessaire et importante pour identifie et connaitre les caractéristiques globales des sols de la plateforme traversé par la voie ferrée, qui sont représentées dans les propriétés physique et chimique à travers lesquelles le sol support est classé de différentes manières, et cela en réalisant un ensemble des expériences d'essais géotechnique normalisés et bien connus dans ce domaine au niveau de site de projet ou dans les laboratoires géotechniques.

V.4 ESSAIS IN SITU

Les essaies principale qui se fait dans le site de projet sont :

- **Sondage carotté :**

Les sondages carottés seront réalisés au droit des gares et des zones des déblais et des remblais d'une hauteur importante (supérieurs à 10 m), équipes par des piézomètres.

Ils ont été réalisés à l'aide de deux (02**)** machines de forage, par le procède rotatif non destructif. L'échantillonnage des sols a été fait à l'aide de carottiers simple et double, de diamètres 101mm et 86 mm

Cet essai se fait selon la norme (XP P 94-202) pour un objectif de :

- Prélèvement des échenillions.
- Identification du sol
- Distinction des types de formation

- **L'essai pressiométriques (réalise dans un sondage) :**

Ce fait Le pressiomètre MENARD qui comprend deux parties principales :

1-La sonde : elle se compose de trois cellules (cellule centrale et cellule de garde) indépendantes monté autour d'une âme métallique.

2-Contrôle pression-volume (CPV) : c'est le dispositif qui permet de dilater la sonde et mesurer les pressions et les volumes d'eau injectés.

Selon la norme (NF P94-110-1) pour le but de :

- Déterminer des pressions limites et de fluage.

Les résultats de l'essais pressiométrique sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau V. 3 : Les résultats de l'essai pressiométrique

Sondage	PR 03-08					PR 04-08					PR 05-08				
Profondeur (m)	2	4	6	7.7	9.8	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10
Plimite (bars)	21.34	34.04	65.45	69.79	74.52	13.89	65.43	68.72	72.9	72.67	34.73	44.60	44.67	67/25	73.09
Pfluage (bars)	15.35	19.07	38.72	41.34	44.20	8.25	38.63	40.65	43.18	43.12	20.50	24.48	37.28	39.86	43.37
E(bars)	107.51	255.37	1809.6	1266.7	755.3	59.52	911.12	399.01	917.89	495.17	254.18	593.6	228.17	1139.4	981.8

- **Puits de reconnaissance :**

Les puits de reconnaissances effectuer pour :

- Vérifier la nature des matériaux d'excavation et leurs conditions de réutilisation dans les remblais.
- Identification géomécanique afin d'examiner la portance des terrains et de préciser les types des fondations.
- Reconnaitre surtout la qualité des matériaux d'assise au niveau des plates formes.

V.5 ESSAIS AU LABORATOIRE

A partir des échantillons de terrain prélevés des puits et des sondages carottés, les essais de laboratoire suivants ont été réalisés :

- **Analyses granulométriques du sol :**

A pour le but de déterminer quantitativement la distribution des particules de sol de terrassement se fait selon la norme (NF P94-056) l'analyse granulométrique ce fait soit :

- ✓ **Par tamisage à sec après lavage :**

Par le tamisage qui permet de distinguer sols fins, sols sableux (riches en fines) et sols graveleux (pauvres en fines) ...etc. les résultats de l'analyse granulométrique sont donnes sous la forme d'une courbe dite « courbe granulométrique ».

- ✓ **Par sédimentométrie:**

L'analyse granulométrique d'un sol par la méthode de sédimentation s'applique sur les particules passant au travers d'un tamis maille carre de 0.080mm, elle complète donc l'analyse granulométrie par tamisage.

- **Essai teneur en eau :**

Pour trouver la quantité d'eau contenue dans un échantillon de matière. En suivant la norme (NF P 94-050) pour la détermination la teneur en eau naturel exprimée en **(%)** et la masse volumique des sols fins :

$$W = \frac{M - M_s}{M_s} = \frac{M_w}{M_s} .$$

- **Essai au bleu méthylène :**

Le bleu du méthylène est un colorant organique (Bleu). Il est utilisé dans la géotechnique pour caractériser un sol contenant de l'argile.
Il s'agit d'évaluer la richesse en argile d'un sol en déterminant sa capacité a absorbé les molécules du bleu de méthylène.

- **Essais limites d'Atterberg :**

Ce fait selon la norme (NF P 944-051) Pour la détermination de l'argilosité d'un sol, à partir des limites d'Atterberg on peut calculer :

- Indice de plasticité : $I_p = W_p - W_L$.
- Indice de consistance : $I_c = (W_p - W)/I_p$.

Avec :

- (W_p) La limite de plasticité : le passage de sol de l'état plastique a l'état solide.

- (W_l) : la limite de liquidité : le passage de sol de l'état liquide a l'état solide.

➢ **Analyses chimiques des sols :**

L'analyse chimique est une procédure visant à caractériser la composition et les qualités chimiques d'un sol. Une analyse chimique de base comprend la mesure de pH eau, de la matière organique, du calcaire total, du sulfates et chlorure.

➢ **Essai Proctor :**

On réalise cet essai suivant la norme (NF P 94-093) pour but de déterminer une teneur en eau optimale afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol, cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée :
Optimum Proctor.

➢ **Essai CBR :**

C'est Le California Bearing Ratio test (CBR) est un essai mécanique de portance, suivant la norme (NF P 94-078) nous permet de déterminer la caractérisation mécanique des sols et pour calculer l'indice portante d'un échantillon de sol compacté dans un moule CBR.

➢ **Essai de cisaillement uni axial :**

En fait cet essai à partir de la norme (NF P 94-071-1) L'essai a pour objectif de mesurer les caractéristiques rupture d'un échantillon de sol soumis à un cisaillement direct selon un plan impose, à une vitesse constante suffisamment lente.

L'essai permet de déterminer les valeurs de l'angle de frottement et la cohésion **'C'**.

➢ **Essai de compressibilité à l'odomètre :**

Cet essai de compressibilité a l'odomètre s'applique sur les sols fins et matériaux fin cohérents. Se fait selon la norme (XP P 94-094-1). L'essai consiste à mesurer les tassements au cours du temps d'une éprouvette cylindrique.

➢ **Résultats de l'essai :**

Les résultats de ces essais sur les échantillons de terrain prélevés sont résumés dans le tableau IV-7 et représentés en détail.

V.6 CLASSIFICATION DES SOLS SUR LE LONG DU TRACE

On va classer les sols traversés par notre tracé selon le fascicule GTR et le code UIC 719R, afin d'apprécier la qualité du sol support. Les résultats de classification sont représentés dans les tableaux IV-6et IV-7.

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

- La nature géotechnique du sol.
- Les conditions hydrogéologique et hydrologique locales.

On distingue quatre classes de qualité $\boldsymbol{Q_{si}}$ de sols ci-après :

- ✓ $\boldsymbol{Q_{s0}}$: sols impropres à la réalisation d'une plateforme correcte et nécessitante certaines mesures confortatives (remplacement de matériaux sur une certaine épaisseur, traitement aux liants, utilisation de géotextiles, renforcement par pieux, etc.)

- ✓ Q_{s1}: sols médiocres acceptables tels quels, dont on doit toujours se préoccuper du bon drainage. Ces sols peuvent éventuellement être transformés en sols de meilleure qualité par un traitement approprié.
- ✓ Q_{s2}: sols moyens.
- ✓ Q_{s3}: bon sol.

D'après la fiche UIC 719R les sols sont classes comme le montre le tableau :

Tableau V. 4: Classements du sol (UIC 719R).

Classification des sols (identification géotechnique)	Classe de qualité des sols
0-1- Sols organiques **0-2- Sols fins, foisonnés, humides et dons non compactables.** **0-3- Sols thixotropes.** **0-4- Sos comportant des matériaux solubles.** **0-5- Sols comportant des matériaux polluants.** **0-6- Sols mixtes.**	**QS_0 « sols impropres»**
1-1- Sols comportant plus de 40% de fines. **1-2- Sols très évolutives.** **1-3- Sols comportant plus de 15% à 40% de fines.** **1-4- Roches évolutives.** **1-5- Roches tendres.**	**QS_1 «sols médiocres »**
2-1- sols comportant de 5% à 15% de fines. **2-2- sols comportant moins de 5% de fines mais uniformes.** **2-3- roches moyennement dures.**	**QS_2 «sols moyens»**
3-1- sols comportant moins de 5% de fines. **3-2- roches dures.**	**QS_3 «bons sols»**

Tableau V. 5 : Définitions de la classe de la qualité des sols.

Classification de la norme NFP11300			Classe de qualité des sols			
Classe	Désignation	Sous-classe	QS_0	QS_1	QS_2	QS_3
A	Sols fins	A1	A1h	A1m et A1s	A1s (B.C hydro saison sèche)	/
		A2	A2h	A2m et A2s	A2s (B.C hydro saison sèche)	/
		A3	A3h	A3m et A3s	/	/
		A4	A4h	A4m et A4s	/	/
B	Sols sableux et graveleux avec fines	B1	/	/	/	/
		B2	B2h	B2m	B2s (B.C hydro)	/
		B3	/	/	/	Propre et bien gradue dureté élevée
		B4	B4h	B4m	B4s	Propre et bien gradue Dureté élevée
		B5	B5h	B5m	B5s	/
		B6	B6h	B6m	B6s (B.C hydro)	/
C	Sols comportent des fines et de gros éléments	C1	**La classe de qualité est celle de fraction 0/50**			
		C2	Fraction 0/50 de classe de qualité QS0 W ≥1.25Wopm	Fraction 0/50 de classe de qualité QS0 W≤ 1.25Wopm	Fraction 0/50 de classe de qualité QS1	Propre et bien gradue Dureté élevée

- **Résumé générale sur les résultats des échantillons et la qualité des sols trouvé dans notre tronçon :**

Selon Les résultats de l'étude géologique et géotechnique du sol support, on peut conclure que le sol devant recevoir le projet peut être divisé en deux sections, à savoir :

- **1ère section entre PK0+00 au PK 5+300 environ**

L'investigation in-situ par sondages carottés et puits de reconnaissance a mis en évidence, un sol formé par des encroûtements calcaires du quaternaire ancien qui repose sur une couche d'argile rougeâtre qui appartient au mio-pliocène avec des traces de gravier, limon, cailloux et concrétions carbonatées de proportions variables, le tout est recouvert par une couche de terre végétal de 0.15 à 0.40m.

Une couche alluvionnaires formées de limon, gravier et cailloux avec un peu de limon est rencontrée au PK 2+732, au niveau du lit d'oued de ce tronçon.

- **2ème section à partir du PK5+300**

A partir de cette section, le tracé se développe dans les formations rocheuses du Crétacé

supérieur, représentées par des calcaires dolomitiques, des marnes compactes et des alternances de marnes et calcaires.
En surface, ces calcaires dolomitiques sont crayeux et tufs facés dont la partie sommitale s'apparente beaucoup à la croûte dure des encroûtements calcaires.

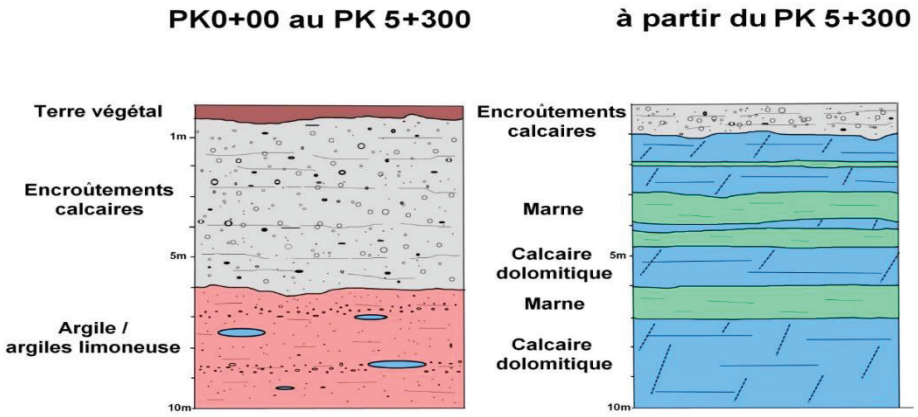


Figure V 8 :STRATIGRAPHIE SYMBOLIQUE

Tableau V. 6: La classification des sols selon GTR et UIC 719R à partir des sondages carottiers

		Profondeure (m)		Paramètre physique				Analyses granulemrique				Limits Atterberg			INDICE DE CONSISTANCE	ODOMETRIQUE			Cisaillement		analyses chimiques				classification	
		De	a	wn	γh (t/m³)	γd (t/m³)	Sr (%)	D_{max} (mm)	<2mm	<80µm	<2µm	WL (%)	WP (%)	IP (%)	Ic (%)	PC (bar)	CC (%)	Cg (%)	Cu (bar)	φ (%)	PH	Sulfat SO3 (%)	Carbonat $CaCO_3$ (%)	Clorur CL (%)	GTR	UIC 719R
F01-08	GARE DE DJELFA	3	3.2	20.7	1.97	1.68	76.6	/	99	95	/	56.5	28.4	28.1	1.3	240	6.98	2.14	0.30	11.4	/	/	/	/	A3S	QS1
		8	8.2	20.4	1.96	1.67	75.9	/	99	95	/	48.3	21.3	26.9	1	326	1.79	3.34	0.47	17.6	/	/	/	/	A3h	QS1
F02-08	01+025	6.55	6.85	24.47	1.73	1.39	69.83	5	99	94.01	/	65.25	27.79	37.46	1.26	0.75	30.36	2.59	0.15	28.7	/	/	/	/	A2S	QS2
		7.7	8.10	16.89	1.91	1.64	70.46	5	96	90.76	/	52.04	22.29	29.75	1.21	/	/	/	0.14	35.69	/	/	/		A2S	QS2
		8.18	8.4	23.87	1.88	1.52	83.06	10	92	84.67	/	49.65	25.85	23.8	1.1	3.59	31.75	3.92	/	/	8.95	0.03	/	0.094	A2m	QS2
F03-08	05+350	2.47	2.75	19.75	1.84	1.54	70.31	/	/	/	/	55.01	28.07	26.94	1.38	/	/	/	0.03	45.32	/	/	/	/	/	/
		4.60	4.85	16.85	1.75	1.50	56.76	/	/	91.84	/	56.21	25.76	30.45	1.29	1.17	27	3.47	0.16	28.84	/	/	/	/	A3S	QS1
		8.43	8.80	18.59	1.87	1.57	70.15	/	/	87.17	/	/	/	/	/	/	/	/	0.75	27.07	/	/	/	/	/	/
		9.70	9.96	17.02	1.93	1.65	72.32	/	/	92.23	/	50.79	26.01	24.78	1.36	6.96	20.84	3.43	0.52	31.69	/	/	/	/	A2S	QS2
F04-08	07+300	2	2.5	/	/	/	/	/	95	24	/	19.9	13.36	6.54	/	/	/	/	/	/	8.64	/	28.1	0.5	B5	QS2
		8.8	9.2	17.1	20.2	17.2	82.7	/	84	70	/	42.8	19.3	23.5	1.1	/	/	/	17.2	33	/	/	/	/	A2m	QS2

Tableau V. 7: La classification des sols selon GTR et UIC 719R à partir des puits de reconnaissance

Puits	PK	Profondeure (m)		Nature des sols	Teneur en eau (%)		Paramètre physique			Analyses granulemrique				Limits Atterberg				Valeur De Bleu	Essai de Proctor		Essai de CBR	Classification	
		De	a		W_n (%)	W_{sat} (%)	γh (t/m³)	γd (t/m³)	Sr (%)	D_{max} (mm)	<2mm	<80µm	<2µm	WL (%)	WP (%)	IP (%)	Ic (%)	VBS	W_{opm} (%)	γdmax (t/cm³)	Indice CBR a 95% de l'opm imbibé a 4 jours	GTR	UIC 719R
PU 01	00+620	0.40	1	TUF carbonaté	11.30	40.31	1.43	1.29	28.03	80	35	15.63	/	34.98	30.41	4.57	5.18	0.50	29.80	1.42	1.97	/	QS2
PU 02	02+500	0.10	0.40	Encroutement carbonatés	25.45	40.06	1.63	1.30	63.52	80	25	9.85	/	/	/	/	/	0.25	28.60	1.36	9.33	/	QS2
PU 03	02+550	1	1.4	TUF friable	18.52	50.65	1.35	1.14	36.56	80	48	17.38	/	41.16	35.39	5.77	3.92	0.25	38.30	1.23	0.84	/	QS2
PU 04	03+200	0.10	0.5	Tuf carbonaté	6.82	21.59	1.79	1.68	31.58	50	38	13.33	/	28.42	25.65	2.77	7.79	0.50	19.10	1.73	2.35	B5ts	QS2
PU 05	06+800	1.20	1.50	Galets calcaireux et limon encroute	16.76	32.96	1.70	1.46	50.85	50	38	22.06	/	44.10	34.38	9.72	2.81	0.75	24.10	1.55	0.71	B5S	QS2
PU 06	09+348	1.40	1.80	Argile caillouteuse compacte	10.46	35.72	1/54	1.40	29.28	50	48	26.84	/	25.86	22.23	3.63	4.51	0.75	20.60	1.61	0.98	B5ts	QS2

V.7 CONCLUSION

Les essais géotechniques et géologique nous ont permis de connaitre les caractéristiques intrinsèques pour les sols et la classification GTR, en effet nous avons obtenu des sols entre A, B, C et R. L'état hydrique est entre moyen, sec à très sec. On aura besoin de cette classification pour l'utilisation de matériaux en terrassement.

Chapitre VI

Terrassement et la couche d'assise

VI 1. INTRODUCTION

L'infrastructure est la partie inférieure sur laquelle repose la voie, elle sert à répartir et à transmettre les charges induites par les trains au sol support.

Dans ce chapitre, on va déterminer les différentes épaisseurs des couches constitues l'assise, aussi les différentes dispositions permettant de rendre les talus stables.

VI 2. TERASSEMENTS:

La performance d'une ligne dépend principalement de la qualité de sa fondation. Ce qui nécessite des aménagements spécifiques du terrain tels que déblais, remblais, talus conçus de manière adéquate pour répondre aux charges de trafic prévues et différents charges dynamique.

VI 3. PENTES DES TALUS:

Les pentes de talus principalement utilisées selon référentiel technique de SNTF chapitre 7.2.2 « Ouvrages en terre », et exprimées en fraction base « H » sur hauteur « V », sont :

- **En déblai** : 1H/1V ; 2H/1V ; 3H/1V.
- **En remblai** : 1H/1V ; 2H/1V ; 2H/3V

Elles doivent être déterminées de façon à assurer la stabilité et la pérennité générale de l'ouvrage en fonction des caractéristiques géotechniques des terrains recoupés en déblais, ou du sol support et des matériaux mis en œuvre pour les remblais ; de la hauteur de l'ouvrage et de la topographie de site et des risques naturelles.

VI.3. 1. Déblais

VI.3.1. 1. Les Caractéristiques des sections en déblais :

L'étude des déblais dépend de la nature des formations recoupées. Il faut distinguer les sols meubles des terrains rocheux.

La plupart du tracé Entre PK 0 et PK 10 se trouve dans un terrain plat à peux vallonnée. Pour cela la plupart des ouvrages sont des remblais et des déblais, on trouve deux déblais ont une hauteur ≤ 4 m, le premier au PK 2+625 le deuxième est au PK 04+950

Déblai entre PK 7+510 et PK 08+900 : On a n déblai de 11.07 au PK 8+150 se trouve dans des encroûtements calcaires d´une profondeur de 0 à 3,4 m. Les encroûtements calcaires représentent des lentilles de calcaire dans un sol sableux-graveleux avec un peu d´argile et limon. La densité des sédiments est très dense et sèche. Les lentilles des calcaires sont faibles à moyen durs.

-Les déblais concernés sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau VI 1: localisation des zones de déblai.

PK		Longueur(m)	H_{max}(m)
Débit	Fin		
01+625	02+725	1100	3.28
04+450	05+160	710	3.27
05+785	07+200	1415	6.99
07+510	08+900	1390	11.07

VI.3. 2. Remblai

VI.3.2. 1. Les caractéristiques de sous-sol de remblais :

La quasi-totalité des terrassements sur le premier lot se fera en remblais dont la hauteur maximale est de 12.62 m au PK 00+500 les remblais seront mis en œuvre conformément aux règles du GTR qui assurent la stabilité des talus de remblais si le sol support n'est pas sujet à des mouvements de terrain.

Les matériaux qui seront utilisés pour la mise en place des remblais, devront permettre de réaliser des remblais stables, avec des pentes de talus à 2h/1v, selon les règles du GTR.

La grande majorité des déblais est réalisée dans les encroutements de calcaires et parfois dans les marno-calcaires, C'est donc sur les matériaux de surface (dépôts quaternaires, alluvions récentes) et les matériaux rocheux tels que les grès et calcaires que les ressources seront recherchées.
-Les remblais concernés sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau VI 2: Localisation des zones de remblai.

PK		Longueur(m)	H_{max}(m)
Début	Fin		
00+000	01+625	1625	12.62
02+725	04+450	1725	2.76
05+160	05+785	615	11
07+200	07+510	310	3.5
08+900	09+881	981	11.66

VI 4. Vérification Stabilité des remblais :

- **Modèle de charge :**

Les vérifications consistent à calculer le facteur de sécurité globale pour les différentes positions des centres de cercle de rupture, en comparant la valeur obtenue avec le minimum normalisé :

Facteur de sécurité globale : $\boldsymbol{Fs = \frac{Tr}{Ts}}$ dans laquelle :

Tr : représente la résistance au cisaillement le long de cercle de rupture.

Ts : représente la force totale de cisaillement agissante le long de cercle.

Quant à l'intensité de l'action sismique, elle a été déterminée en faisant référence aux normes parasismique algériennes (règle parasismique des ouvrages d'art-RPOA).

- **Poids propre du sol :**
  Dans les calculs les poids propres du sol du terrain adjacent ont été respectés.
- **Charge vive pour remblai :**
  Nous représenterons la surcharge de la voie par une charge de 30 KN sur 3m pour notre voie.

- **Facteurs de sécurité globaux**

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

  - F ≥ 1,5 pour la stabilité à long terme,
  - F ≥ 1,3 pour la stabilité à court terme,
  - F ≥ 1,0 pour l'analyse en conditions sismiques.

  Les calculs sont fait avec le logiciel « slide » d´après GTR et La norme UIC on a déterminé la stabilité avec le concept des facteurs de sécurité globaux. Les calculs se correspondent avec les directives de RPOA2008.

On a effectué les calculs pour les hauteurs max de remblais et déblais.

Cas de remblais :

Tableau VI 3 Caractéristique mécanique des remblais (PAS Vérifie)

PK début	PK fin	Longueur (m)	Hauteur max (m)	Nature du sol support	Paramètre géotechnique			La pente	
					γh (KN/m3)	C' (KN/m3)	Φ (%)		
PK 00+000	PK 01+625	1625	12.62	Encroutement de calcaire de 02m sur les Argile limoneuse jusqu'à 10m.	18	5	30	2H /3V	Pas Vérifie
PK 08+900	PK 09+881	981	11.66	Argile limoneuse de 0.30m sur les limons argileux encroutés jusqu'à 1.20m, puis les calcaires très fracturés jusqu'à 10m.	18	5	33	2H /3V	Pas vérifie

Remarque : Comme la stabilité des talus n'est pas vérifié donc il faut assurer la stabilité par l'ajoute d'une berme de 2 m et on utilise un système de banquette.

VI 5. Gites d'emprunts et carriers

VI.5. 1. Gites d'emprunts :

Des zones d'emprunts ont été identifiées le long de la trace. Afin de classer les matériaux de ces gîtes selon le guide technique de réalisation des remblais et de couche de forme (GTR), des puits d'exploration avec un prélèvement d'échantillons ont été réalisés au niveau de chaque zone potentielle.

- Le présent Lot d'Emprunt abordera les points suivants :
  - Inventaire des « gîtes potentiels ».
  - Analyse des résultats des sondages.
  - Indication sur les potentialités d'exploitation des gîtes et destination des matériaux.
  - Indication sur les modes d'extraction et de transport.
  - Établissement d'une carte de situation des différents gîtes reconnus.

Résultats des essais de laboratoire réalisés sur les différents échantillons, prélevés à partir des puits de reconnaissance sont résumés dans le tableau, selon les résultats de laboratoire et les classification GTR, elle correspond à un matériau terrestre composé essentiellement des encroutements carbonatés. Classification GTR, elle correspond à un matériau terrestre composé essentiellement des encroutements carbonatés.

Tableau VI 4 : Les zones d'emprunts utilisées

ZONES N°	Puits n°	Coordonnées GPS (UTM)			Nature de Terrain
		X	Y	Z	
01	PU-OB-1	527696	3833432	1196	Encroûtement carbonates
	PU-OB-2	527979	3833334	1196	
02	PU-OB-3	528329	3832841	1204	

Tableau VI 5: Les résultats des zones d'emprunt

Sondages		PU-OB-1-Z1	PU-OB-2-Z1	PU-OB-3-Z2
Profondeur(m)		0.70-1.00	0.60-0.80	0.60-1.00
Densité humide	γh (t/m3)	1.80	1.74	1.39
Densité sèche	γd (t/m3)	1.40	1.62	1.25
Equivalent de sable	ES	28.24	En cours	24.58
Bleu de méthylène	VBS	0.285	0.285	0.50
Teneur en eau	W %	10.61	7.68	11.46
Teneur en eau de saturation	Wsat %	34.15	24.84	42.90
Degré de saturation	Sr%	31.07	30.93	26.70
Granulométrie	< 80µm	19.44	17.85	17.80
Limites D'Atterberg	Wl (%)	26.12	30.45	27.67
	Wp (%)	24.06	27.39	22.78
	Ip (%)	2.06	3.06	4.89
Proctor Normal	γdmax (t/m3)	1.52	1.47	1.56
	Wopm (%)	23.20	26.00	20.70
	Sr (%)	82.65	86.15	78.40
Essai C.B. R	Indice CBR	10.68	2.48	11.00

VI.5. 2. Carrières pour agrégats et Ballast

Un recensement des différentes carrières a agrégats pour la construction des différentes couches de l'assise de plateforme et pour la confection du béton, a été effectuée au :

- Carrière Bouiret Lahdeb
- PRAG
- Travaux pub

Ces carrières situées dans la wilaya d'el Djelfa de nature de terrain est encroutement calcaire.

VI 6. LA STRUCTURE D'ASSISSE

Les couches d'assise contribuent à assurer, par leur nature et leur épaisseur, le bon comportement de la voie ferrée du point de vue rigidité, la répartition de la charge, tenue du nivellement et drainage. Elles comprennent la couche de ballast et la sous-couche.

L'épaisseur et la nature des couches d'assise dépendent :

- ✓ Des caractéristiques intrinsèques des sols de plate-forme (nature, portance, sensibilité à L'eau et au gel).
- ✓ Des caractéristiques globales de la plateforme qui dépendent non seulement des caractéristiques des sols, mais aussi des conditions hydrogéologiques du site.
- ✓ Des conditions climatiques du site.
- ✓ Du trafic (tonnage, charges, vitesses).
- ✓ De l'armement (profil des rails, nature et espacement des traverses).

La Couche de Ballast :

Les principales fonctions du ballast, avec élément structural de la ligne ferrée, sont les suivantes :

- Répartition et transmission uniforme à la plate-forme des charges transmises par les traverses.
- Amortissement des tensions transmises par les trains au système rail et traverse.
- Atténuation de la circulation ferroviaire, correspondante à une implication dans le confort des passagers.
- Simplification des opérations d'entretien de la voie.
- Evacuation des eaux pluviales.

Sous-couche

La sous-couche est constituée de plusieurs couches :

La couche sous-ballast :

Constituée de grave propre de tranche granulométrique 0/31.5, bien graduée avec une valeur de propreté ≤1 et un coefficient d'aplatissement A≤25, compactée à 100% de l'Optimum Proctor modifié (OPM). Elle permet d'améliorer la portance du sol et la répartition des charges transmises ainsi que la protection de la plateforme contre l'érosion et le gel.

La couche de fondation :

Constituée de grave compacté à 95% de l'optimum Proctor, d'une épaisseur minimale de 15cm. elle protège la plateforme contre l'action des engins lors de la construction de la voie et n'est généralement pas nécessaire pour des substrats rocheux ou les sols de bonne qualité.

La couche anti contaminant :

En sable propre et complété par une feuille géotextile, pour éviter la contamination de la sous-couche par les éléments fins de la plateforme.

Remarque : dans notre projet on n'a pas une couche anti contaminant par ce que on n'a pas des zones inondables.

Le rôle de sous couche :

- . Anticontamination entre la plateforme et la couche de ballast.
- Protection de la plateforme contre l'érosion et le gel.

- Amélioration de la portance et meilleure répartition des charges transmises.
- Contribution à l'amélioration des propriétés vibratoires

L'épaisseur et la nature de la sous-couche d'assise dépendent :

- Des caractéristiques intrinsèques des sols de la plateforme.
- Des conditions climatiques du site.
- Des caractéristiques hydrologique et hydrogéologique du site.

La sous-couche ayant une pente transversalement en toit (4% de chaque côté), vers des dispositifs d'assainissement longitudinaux. Dans les zones de voie à fort dévers, on peut être amené à prévoir une pente transversale unique de la sous-couche, pouvant aller jusqu'à 8%.

VI 7. LA PLATE FORME

La plateforme est la partie supérieure de l'ouvrage en terre supportant la sous-couche. Elle est constituée de terres rapportées dans le cas d'un remblai ou du sol en place dans le cas d'un déblai. Sa partie supérieure est aménagée en couche de forme et de pente transversale.

Pour classer la capacité portante de la plate-forme il faudrait d'abord apprécier :

- ✓ La qualité de chaque sol composant la plateforme.
- ✓ La qualité de la plateforme complète : couche de forme + sol sous-jacent.

Couche de forme

La partie supérieure de la plate-forme est aménagé en couche de forme généralement pentée transversalement, son épaisseur varie suivant le matériau utilisé de 30 à 60 cm.

Située en remblai, la couche de forme sera exécutée en employant le même matériau que pour le remblai ou meilleur. Situé en déblai, cette couche de forme est obtenue en générale par le compactage du fond de feuille à 100 %.

La couche de forme peut également être traitée aux liants.

Classe de portance de la plateforme

On peut distinguer les trois classes suivantes de plateforme en fonction de la qualité de leur portance :

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

Le tableau suivant représente les classes de plateforme en fonction de la classe de qualité du sol support :

Tableau VI 6: Classes de portance de la plateforme (UIC719R).

Plateforme supérieure du Terrassement		Classe de la Plateforme	Couche de forme		
Qualité du sol support	CBR (min)		Qualité	CBR (min)	Épaisseur min (m)
QS1	2-3	P1	QS1	2-3	-
		P2	QS2	5	0.50
		P2	QS3	10-17	0.35
		P3	QS3	10-17	0.50
QS2	5	P2	QS2	5	-
		P3	QS3	10-17	0.35
QS3	10-17	P3	QS3	10-17	-

Donc pour obtenir une classe de plateforme bonne P3 « imposée par le maitre de l'ouvrage » de qualité QS3. Alors, d'après la fiche on trouve que la couche de forme est nécessaire, donc on va l'utiliser.

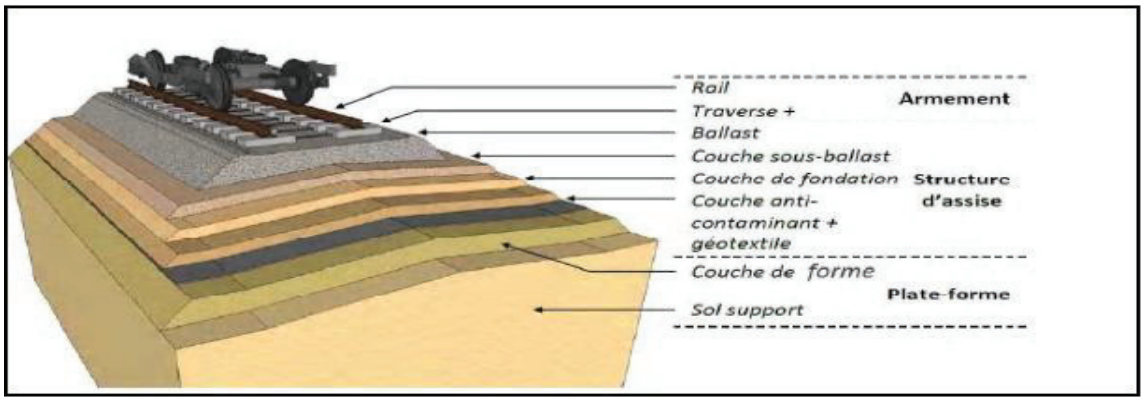


Figure VI. 1: Les déférentes couches de la plateforme

Epaisseur minimal des couches d'assisse :

L'épaisseur de la couche d'assisse (représente du ballast + épaisseur du sous couche) dépend des facteurs suivants :

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

- **E** : facteur dépendant des classes de portance (P1, P2 ou P3).
- **a** : facteur dépendant de l'UIC groupes (groupe 1 à 6, UIC714).
- **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.

Tableau VI 7: les paramètres de dimensionnements et leurs valeurs (UIC 719R).

Paramètre de dimensionnement	Valeur
E	• **E= 0.70m** pour les plateformes de classe de portance P1. • **E= 0.55m** pour les plateformes de classe de portance P2. • **E= 0.45m** pour les plateformes de classe de portance P3.
A	• **a= 0** pour les groupes UIC 1 et 2 (ou ligne à V> 160 km/h quel que soit le groupe UIC). • **a= -0.5m** pour les groupes UIC 3 et 4. • **a= -0.10 m** pour les groupes UIC 5 et 6 groupe ainsi que 7.8 et 9 avec voyageurs. • **a= -0.15 m** pour les groupes 7.8 et 9 sans voyageurs
B	• **b=0** pour les traverses bois de longueur 2.60m. • **b= (2.5-L)/2** pour les traverses béton de longueur L.
C	• **c=0** pour un dimensionnement normal. • **c=0.1m** à titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC autre que 7.8 et 9 avec voyageurs. • **c= 0.05m** à titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC 7,8 et 9 sans voyageurs.
D	• **d= 0** lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorques ne dépasse pas 200 KN. • **d= +0.05m** lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas 225 KN. • **d= +0.10m** lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas 250KN.
G	• **g=** + géotextile lorsque la couche de forme est en sol QS1 ou QS2. • **g=0** (pas de géotextile) lorsque la couche de forme est en sol QS3.

VI 8. APPLICATION AU PROJET

Calcul de l'épaisseur minimale de la couche d'assise :

Les données de base pour l'élaboration des coupes transversales types à prendre en considération sont :

1. Système de la voie : **rail UIC** sur des **traverses en béton**.

2. Ballast avec une épaisseur minimum de **30 cm**.

3. Structure d'assise établie d'après les fiches **UIC 719 R**. La PST de la voie projetée est de type **QS2** en grande partie.

Calculant les paramètres de dimensionnement de notre projet :

- On prendra une qualité moyenne de sol type QS3, ce qui fait que la portance de la plateforme sera de classe P3.
- avec:
- **E =0.35** classe de la plateforme : P3= 0,35 m
- **a =-0.5** classe de la voie (groupe de 1 à 6 voir UIC 714). (Group 3)
- **b = (2.5-2.42) /2=0.04** type et longueur de la traverse: L = 2,42 m
- **c = 0** ligne nouvelle (usuel dimensions) = 0 m
- **d = 0** la charge maximal a l'axe (22.5 ton/axe) = 0 m
- **f =0** (v ≤ 160 km/h) = 0 m
- **g =** (soit qualité class QS2) = **pas de Géotextile**

L'application numérique nous donne e=0.55+0-0.05+0.04+0+0+0
e=0.54

On prend **e=0.55**

L'épaisseur des différentes couches est :

- **Ballast : 30 cm (sous traverse)** en **GC** (grave concassée) **25/50**
- **Sous-ballast : 25cm** en Grave bien gradué **0/31.5.**
- **Couche de forme de type QS3 : 35 cm** en **TVC.**

Épaisseur totale de la plateforme **: 90 cm**

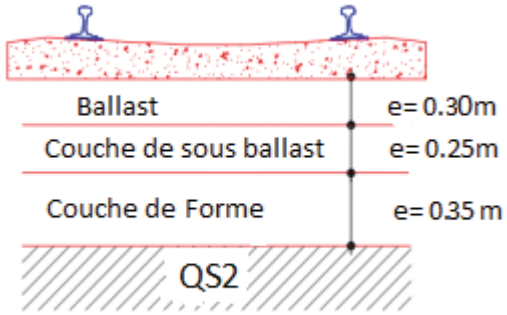


Figure VI.2 : La structure d'assise de projet

VI 9. CONCLUSION :

Dans ce contexte et pour homogénéiser la structure d'assise, autant considérer la partie supérieure du terrassement est de type QS2. Pour une voie Rapide (V=220 km/h), la plateforme doit être de type PF3, ce qui nécessite la mise en place d'une couche de forme de type QS3. Dans les zones ou la plateforme est de nature rocheuse, la couche de forme n'a pas lieu d'être adoptée.

Chapitre VII

La Superstructure de la voie

VII.1. INTRODUCTION :

La voie ferrée y est un système multicouche constituée d'un assemblage des éléments de différentes caractéristiques physique et mécanique et élasticité et amortissement variable qui transmettent à la plateforme la charge statique et dynamique des rues ces éléments sont essentiellement constitué de ballasts des traverses, des rails et les attaches, et nous allons vous donner un aperçu et chacun de ces éléments dans le présent chapitre.

VII.2. CATEGORIE DE LA VOIE

Les voies sont classées en plusieurs grandes catégories, chacune réservé pour un objectif bien précis, on distingue ainsi :

- **Les voies principales :** affectées à la circulation des trains.
- **Les voies de service :** affectées aux manœuvres, elles sont constituées en général par des anciennes voies principales déclassées.
- **Les voies d'évitement :** qui permettent à deux trains qui circulant à contre sens sur une voie unique de se croiser.
- **Les voies de garage :** affectées au stationnement du matériel roulant.

VII.3. LES CARACTÉRISTIQUES DE LA VOIE

Tableau VII. 1: les caractéristiques de la voie

Caractéristique	Valeur
Ecartement t des rails	1435 mm
Type de rail utilisé	UIC 60
Le mode de fixation des rails aux traverses	Attaches Nabla.
La charge à l'essieu	Pleine voie : 22.5t. Ouvrage d'art : 25t.
La Vitesse de terrain	Vitesse maximale : 220km /h.
Type de traverses	Traverses monobloc en béton armée

LES CONSTITUANTS DE LA VOIE FERRÉE

La voie ferroviaire est constituée de : plateforme, sous couche, ballast, traverses, les semelles et les rails plus les accessoires d'attache et de fixation.

VII.3.1. Les rails :

Le rail est une longue barre d'acier profilée, qui mises bout à bout servent à former un chemin de fer. C'est le premier élément en contact entre le véhicule et la voie, il sert à la fois de guide et de support de roulement pour les trains. Il doit donc répondre aux exigences suivantes :

- Supporter la charge des roues et les efforts dynamiques qui en résultent.
- Assurer le guidage des véhicules en courbe, en reprenant les efforts transversaux dus à la force centrifuge.
- Servir de conducteur du courant électrique, électricité utilisée pour la signalisation et pour la traction des véhicules sur lignes électrifiées.

Il existe trois types principaux de rails :

- **Le rail à patin** dit rail Vignole.
- **Rail à gorge** « rail à ornières » : utilisé pour les voies encastrées dans des chaussées routières.
- **Rail à double champignon** « symétrique ou dissymétrique » : aussi connue sous le nom « rail à double bourrelet ».

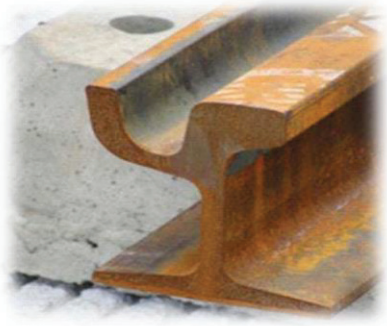


Figure VII. 1: Rail à gorge.



FigureVII.2: Rail à double champignon

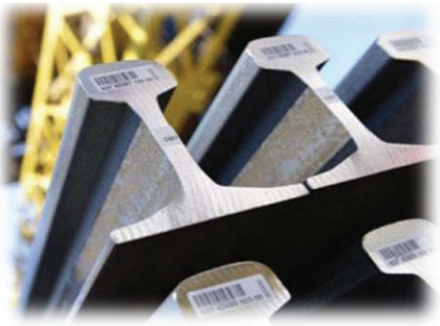


Figure VII.3: Rail Vignole.

- Le rail Vignole est constitué par trois parties essentielles comme la montre la figure ci-dessous :
  1-Le champignon (bourrelet) : le profil de bourrelet du rail et celui du bondage de la roue sont étudiés en vue de réaliser les meilleures conditions de roulement et d'assurer le guidage le plus satisfaisant du mentonnet de la roue.
  2-L'âme : l'âme résiste au cisaillement produit par le chargement de la voie.
  3-Le patin : le patin constitue une sorte de buté contre le renversement du rail suite aux efforts transversaux.

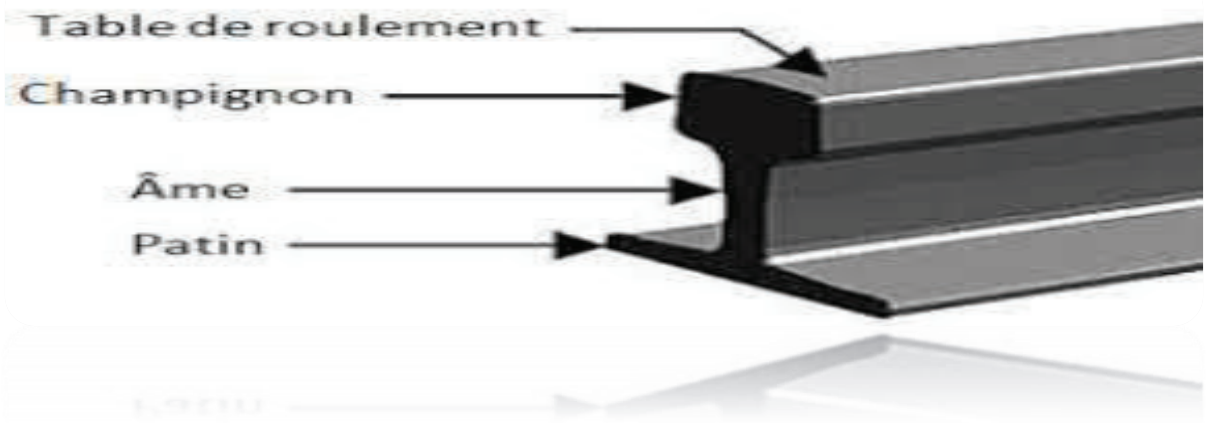


Figure VII. 4: Le rail Vignole (UIC 60).

Tableau VII.2: les Caractéristiques du rail UIC 60.

Caractéristique	Valeur
Masse par mètre	60.21 kg/m
Surface de la section	76.70 cm^2
Hauteur du rail	172 mm
Largeur de champignon	72 mm
Largeur du patin	150 mm
Moment d'inertie (axe X-X)	3038.30 cm^4
Moment d'inertie (axe Y-Y)	512.3 cm^4
Resistance à la traction	R ≥ 880 N/mm^2
Alignment	A ≥ 10 %
Dureté au milieu de la table de roulement	260 – 300 HMB
Nuance	260 (carbone-manganèse)

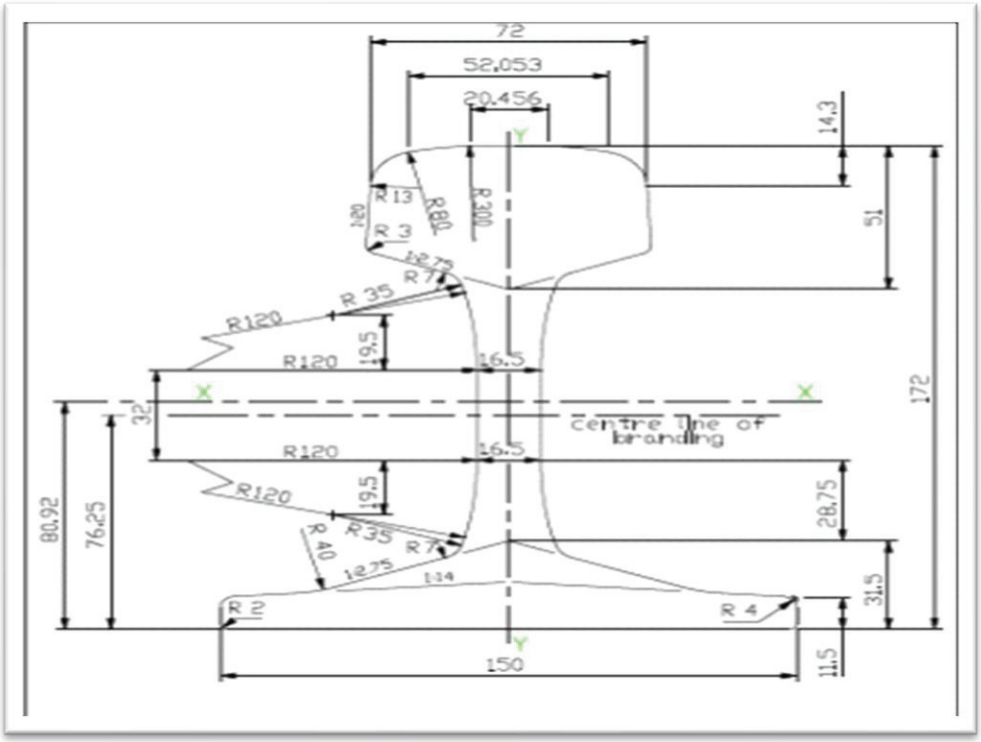


Figure VII. 5 Profil rail du type UIC60 E1.

VII.3.1.1. Ecartement des rails :

L'écartement des rails c'est la distance qui sépare les flancs internes des deux files de rails d'une voie ferrée. L'écartement standard est de 1435 mm, définissant la voie « Normale », c'est le plus utilisé à travers le monde (60%).

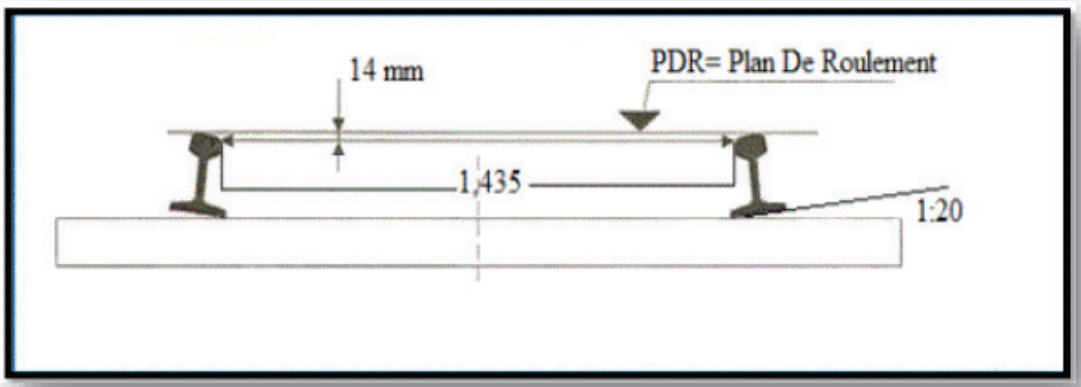


Figure VII. 6: Ecartement des rails.

VII.3.1.2. Inclinaison des rails :

Afin de favoriser le centrage des roues du train, les rails sont inclinés vers l'intérieur selon une pente de 1/20 en voie normale sauf pour les réseaux de tramway.

VII.3.1.3. Assemblage des rails :

Il existe deux modes d'assemblages des rails, soit par soudure ou éclissage :

1-Par soudure :

Ce mode consiste à raccorder entre deux pièces par des joints appropriés, les contraintes techniques qui se posent sont la résistance mécanique et la géométrie (la qualité de circulation et tenue de la voie).

On a deux types de soudure sont employés le soudage électrique et le soudage aluminothermique.

1.a-Soudage électrique :

Le soudage électrique est réalisé à poste fixe ou à l'aide de machines mobiles¸ Soudage constant et régulier, de bonne qualité avec l'absence de défaut dû à la fatigue ou à un manque de concentration du soudeur.

Le rail sera fourni en barres de 18 m, lesquelles seront soudées électriquement sur chantier pour permettre l'obtention de barres avec 288 m.



Figure VII. 7: Le soudage électrique

1.b-Soudage aluminothermique :

Le soudage par aluminothermie est un procédé de soudage des rails bout à bout. Les barres avec 288 m seront transportées sur le lieu d'application et seront liées entre elles par des soudures aluminothermiques.





Figure VII. 8: Soudage aluminothermique

2-Par L'éclissage :

C'est l'assemblage de deux rails consécutifs à l'aide de deux éclisses qui sont constituées par deux plaques laminées, qui s'entrent entre le dessous du champignon et le dessus de patin. L'éclissage doit satisfaire aux conditions suivantes :

- Relier les rails de façon à ce qu'ils se comportement comme une poutre continue.
- Avoir la même qualité d'acier que le rail.

- Empêche les mouvements verticaux ou latéraux des extrémités des rails l'une par rapport à l'autre, tout en permettant la dilatation.

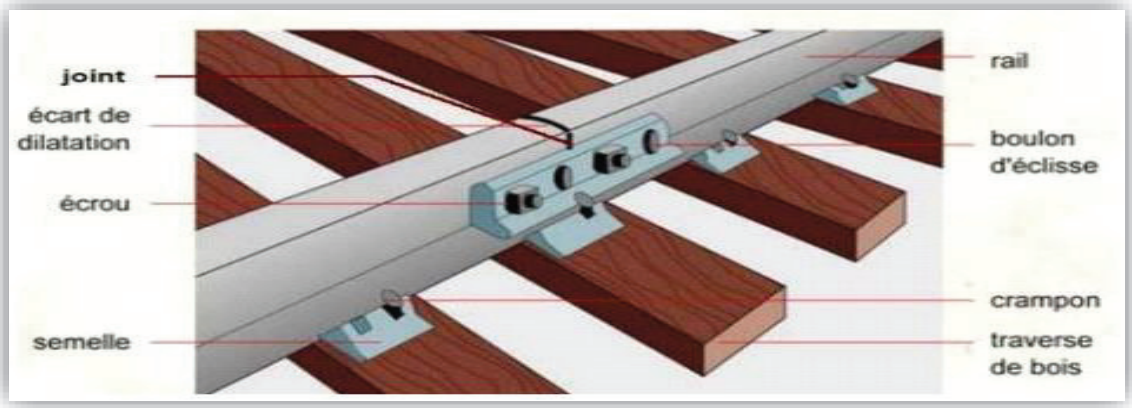


Figure VII. 9: Assemblage des rails par éclissage.

VII.3.1.4. Les longs rails soudés (LRS) :

Les longs rails soudés ou (LRS), appelés aussi « barres longues », constituent une méthode moderne de pose des voies ferrées, Les rails peuvent être soudés sur plusieurs dizaines de kilomètres sans joint de dilatation. Cette méthode est la plus adopté pour toute les lignes ont fort trafic, et notamment les lignes à grande vitesse.



Figure VII.10: Assemblage du rail par soudure des LRS.

Les grands avantages qu'elle offre qui se résume essentiellement comme suit :

- Réduction des couts d'entretien de la voie.
- Réduction des défauts de rails.
- Meilleure qualité de roulement et plus grand confort pour les voyageurs.
- Réduction de l'usure de la superstructure et des véhicules.
- Suppression de l'éclissage boulonné.

Les inconvénients largement compensés par les avantages, sont :

- Défauts de soudure.
- Les efforts longitudinaux importants.
- Risque glissement latéral et flambage de la voie lors de la température Elevée.
- Résistance latérale affaiblie.

Pour minimiser le risque de déformations de voie, les (LRS) ne sont en général pas utilisées sur les voies sinueuses ou sur les terrains de mauvaise stabilité.

VII.3.2. Les traverses :

Une traverse est un élément fondamental de la voie ferrée. C'est une pièce posée en travers de la voie, sous les rails, pour en maintenir l'écartement et l'inclinaison, et transmettre au ballast les charges des véhicules circulant sur les rails. Le nombre de traverses utilisées par Kilomètre (travelage) est généralement 1666 à 1700 traverses/Km à la SNTF.

Les traverses peuvent être en bois en acier, en béton armé ou précontrainte elles doivent remplir les fonctions suivantes :

- La traverse joue un rôle d'isolant électrique.
- Maintien l'écartement des rails.
- Reprise des efforts latitudinaux et transversaux résultant de la dynamique des véhicules.

On distingue trois différents types de traverses :

Traverses en bois :

Ils assurent la souplesse et l'isolement élastique, néanmoins, leur inconvénient est celui de la sensibilité aux attaques atmosphériques, ainsi des frais d'entretien assez importants.

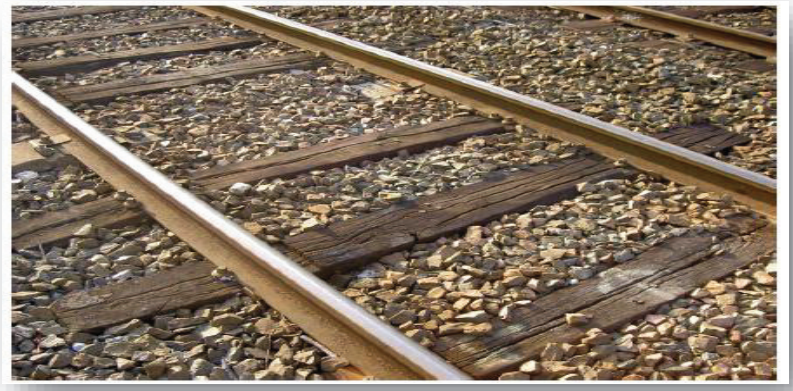


Figure VII.11: Traverse en bois.

- **Traverses en Béton :**

  Ce type de traverse est plus utilisé dans la voie ferrée vu à leurs prix compétitifs et ses durées de vie ; il existe trois types selon leurs conceptions sont :

- **Traverses en béton bi-bloc :** Elle est constituée de deux blochet séparés par une barre métallique.



Figure VII. 12 : Traverses en béton bi-bloc

- **Traverses en béton monobloc :**

Formé en un seul bloc de béton précontraint dans leur partie centrale, armée avec des fils à haute résistance, et cela conviennent bien pour les vitesses et les charges d'essieu élevées. leur durée de service est de 50 ans. Elles sont utilisées dans de nombreux pays.

Dans notre projet les traverses du type monobloc en béton armée pour rail 60- E1 sont utilisées dans toutes les sections de voie courante, les traverses sont posées à raison de 1667 unités au kilomètre (le travelage de 1667 P/km), dont les caractéristiques sont :

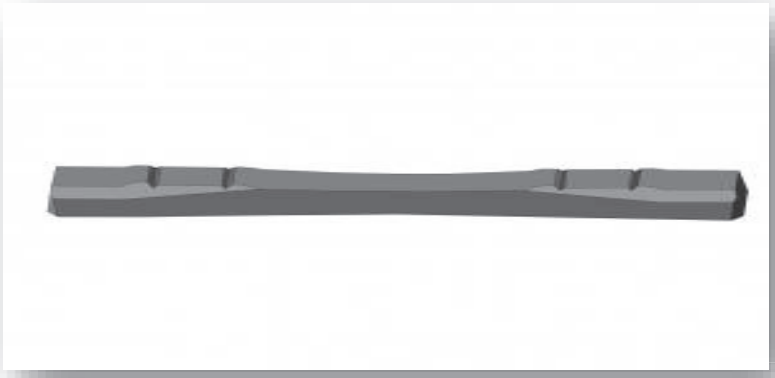




Figure VII. 13 Traverses en béton monobloc

- **Traverses métalliques :**

Le travers métallique est un produit industriel simple de fabrication. Elle est constituée d'un laminé en forme de U renversé, embouti à ses extrémités, pour former des bêches qui s'enfoncent dans le ballast et s'opposent du déplacement transversal de la voie.

Tableau VII. 3: Caractéristique des traverse monobloc en béton armé.

Caractéristique	Valeur
Longueur	2600 mm
Longueur de base à la tête	300 mm
Longueur de la face supérieure sous les rails	190 mm
Largeur de la base au centre	210 mm
Largeur de la face supérieure au centre	180 mm
Hauteur à l'extrémité	210 mm
Hauteur sous le rail	210 mm
Hauteur au centre	180 mm
Inclinaison des rails	1/40
Poids de travers (avec les attaches)	287 kg/pièce

VII.3.3. Les Accessoires de poses :

On distingue deux types d'accessoires de liaison l'un dans le sens longitudinal et l'autre dans le sens transversal sont :

- ✓ La liaison des rails entre eux soit par les éclisses ou bien par les LRS.
- ✓ La liaison Rail-Traverse : les attaches, les semelles.

- **Les semelles :**

C'est un dispositif intermédiaire posé entre le rail et la traverse, elle joue un rôle très important dans la transmission des charges à la traverse, la stabilité de rail et l'absorption des ondes vibratoires mécaniques et acoustiques (joue le rôle d'un amortisseur). Elles sont en générale en élastomère de petite taille environ 9 mm d'épaisseur.



Figure VII. 14: les semelles.

- **Les attaches :**

Une attache et un appareil constitué d'un crapaud qui est maintenu par un écrou accroché dans la traverse, elle sert à fixer le rail sur cette traverse pour l'empêcher de tout déplacement, il existe plusieurs types d'attaches suivant la nature de la traverse :

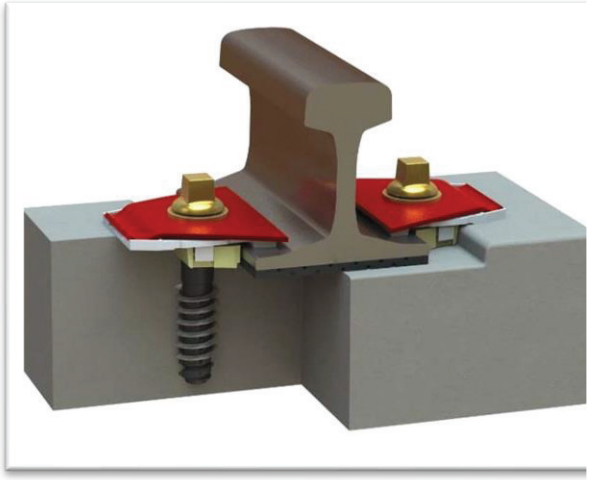


Figure VII. 15: Attache élastique Nabla.



Figure VII. 16:Attache élastique E-Clip.

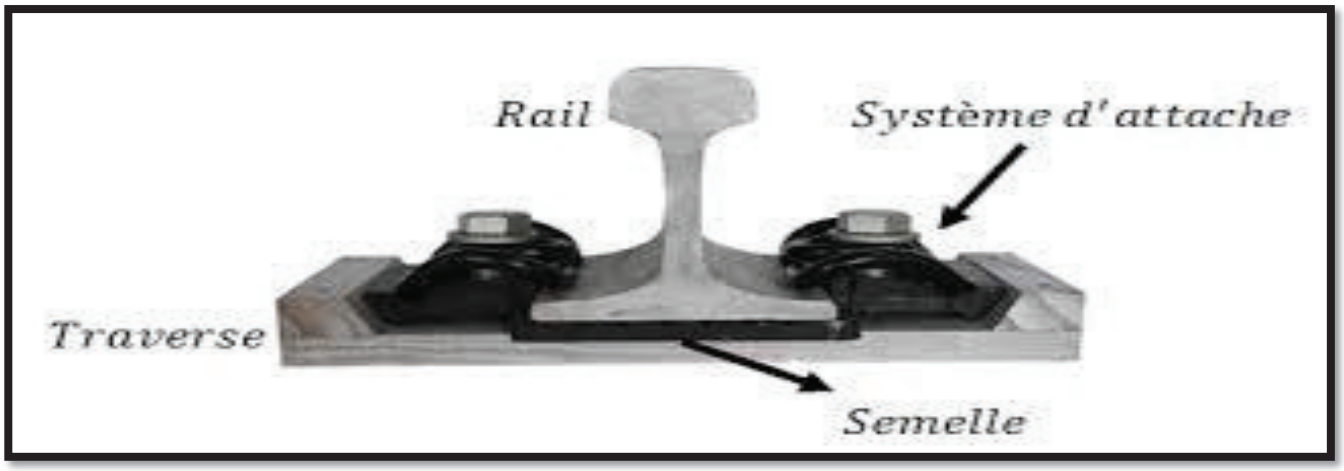


Figure VII. 17: Liaison rail-traverse.

VII.4. LES APPAREILS DE VOIE

Les appareils de voie sont des dispositifs de guidage permettant le passage d'une voie à une autre en assurant la continuité des voies par extension. En effet, le conducteur d'un train n'ayant aucune maîtrise de la direction prise par le convoi, ce sont les appareils de voie qui sont chargés de le guider et de l'orienter de façon mécanique et passive ; Il peut être commandé automatiquement ou manuellement depuis un poste d'aiguillage ou bien à pied d'œuvre (sur le terrain) par une personne habilitée.

Types des appareils de voie :

Les appareils de voies sont deux types :

- **Les branchements** : est un appareil de voie qui permet le passage du matériel roulant suivant deux (ou plus) itinéraires ayant une branche commune. Appelé aussi aiguillage dans le langage courant, il a comme rôle de faire changer de voie à un train.

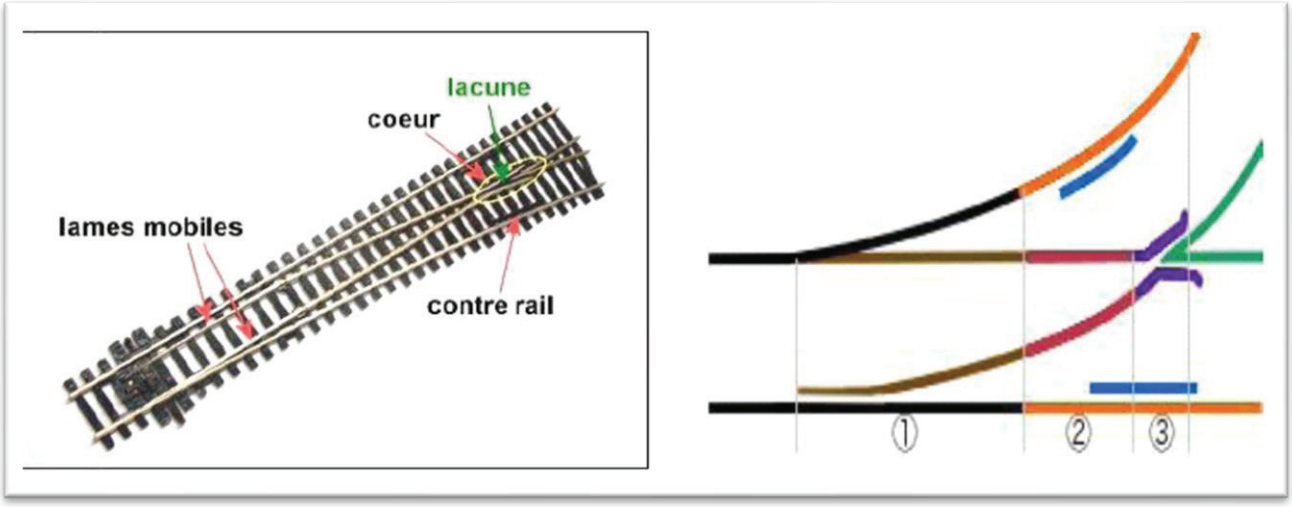


Figure VII. 18: Eléments de branchement.

- **Les traversées** : l'appareil de voie que l'on désigne sous le nom de traversée oblique est composé de deux croisements et d'une traversée proprement dite qui comprend 2 cœurs de traversée. Elle comporte également deux groupes de quatre files de rails intermédiaires.

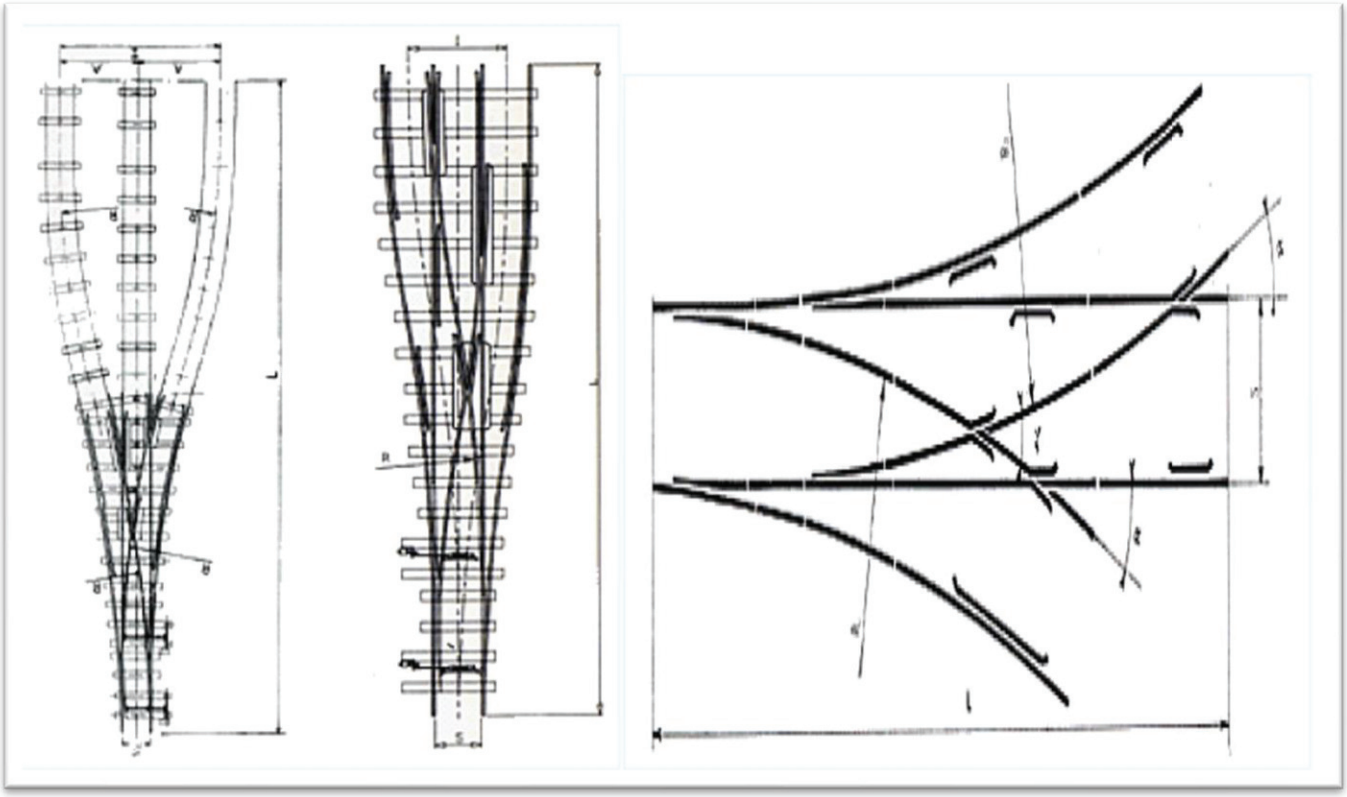


Figure VII.19:Élément traversée oblique.

VII.5. CONCLUSION

Les caractéristiques des composantes de la voie adoptée pour notre projet sont :

Tableau VII.4: Caractéristiques des composantes adoptées

Composante	Caractéristique
Écartement des rails	1435 mm
Type de rail utilisé	UIC 60
Le mode de fixation des rails aux traverses	Attaches Nabla.
Type de traverses	Traverses monobloc en béton armée

Chapitres VIII

Etude hydrologiques et assainissement

VIII.1 INTRODUCTION :

L'étude hydraulique est une partie importante dans la réalisation d'un projet ferroviaire et comme les voies ferlées jouant un rôle très important dans l'économie d'un pays, elle est amenée à traverser les voies d'eaux diverses (Oueds, Thalwegs. Dépression, inondable) qui constituent des obstacles à franchir, la submersion de ces voies ferrées peut avoir des conséquences négatives à la circulation ou la dégradation de la voie elle-même (diminution de la portance des couches d'assise).

Donc pour assurer la stabilité et la protection de notre infrastructure, et afin d'évité toute inondation de collection on doit effectuer une étude hydrologique qui comprend la délimitation des bassins versants et définie leur caractéristique physique qui servent de référence pour l'analyse des écoulements et la définition des ouvrages hydraulique nécessaires pour notre projet (dalot, buse, caniveaux …). Dans ce chapitre on vise notamment à définir les ouvrages de drainage et à fournir les données hydrauliques nécessaire aux autres disciplines concernées par notre projet.

VIII.2 Présentation hydrologique de la zone d'étude :

VIII.2.1 Présentation générale :

La nouvelle ligne ferroviaire Djelfa-Laghouat qui s'étend sur une distance de 110 km chevauche deux bassins versants hydrographiques distincts. Elle traverse en effet le bassin versant du chott Zahrez puis celui du Chott Melhrir. Pour le premier bassin Chott Zahrez, compris entre deux ensembles analogues mais plus grands (Chott chergui à l'ouest et Chott Hodna à l'Est), est situé dans la frange méridionale des hautes planes steppiques algériennes. Entre les deux Zahrez (Gherbi et Chergui) existe une bande inondable de 20 ou 30 km empruntée par la route et la voie ferrée de à Djelfa

La second Chott Melhrir constitue, avec sa superficie d'environ 6700 km2, l'un des plus grands bassins versant d'Algérie. Se trouvant à 40 m sous le niveau de la mer, il est ainsi le point le plus bas de la géographie Algérienne ces bassins sont caractérisés par des oueds a lits secs en dehors des jours de pluies fortes et durables, l'écoulement se fait véritablement qu'après la pluie ou après des sources les plus abondantes, et sur de courts trajets, en plus de cette particularité. Les oueds sont à lit majeur très large aux rives indécises encombré de galets et de sable ce qui semble expliquer la longueur démesurée des rares ponts construits dans la région par rapport au filet d'eau.

VIII.2.2 Le climat :

Le climat de DJELFA peut être défini comme méditerranéen continentaliser, puisque les températures sont similaires à celle du climat méditerranéen, mais l'hiver est assez froid, tandis que l'été est très chaud. Les précipitations ne sont pas abondantes.

VIII.2.3 Les températures :

Les valeurs de la température moyenne mensuelle et annuelle ainsi que les températures minimales du mois le plus froid « min » et les températures maximales du mois le plus chaud « Max » sont présentées dans tableau suivant :

Tableau VIII 1: Température moyenne annuelle

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annuel
Djelfa 1971-2006	min	-0.002	1.1	2.47	5.69	9.97	14.9	18	17.1	13.6	8.84	3.99	1.21	8.08
	Max	9.76	11.4	14 .7	18.1	23.7	29.6	33.8	32.8	27.3	20.85	14.86	10.3	20.60
	Tmoy	4.88	6.27	8.82	11.19	16.8	22.3	26	25.2	20.5	14.85	9.22	5.94	14.42
Tadmit 1990-2000	min	0.72	1.73	3.48	5.71	10.9	15.3	18.8	18.4	14.1	9.43	4.69	2.26	8.8
	Max	10.70	12.4	15.6	17.9	24.7	29.4	34.6	34.1	27.8	21.20	15.50	11.7	21.30
	Tmoy	5.70	7.10	9.51	11.8	17.8	22.4	26.7	26.2	20.9	15.30	10.10	7	15.08
Laghouat 1971-2006	min	2.9	3.8	6.4	9.3	13.8	19.6	22.6	22.3	17.9	11.9	6.4	3.2	11.7
	Max	13.6	19.8	18.2	22.3	27.6	33.8	37.1	36.8	31.4	24.1	17.7	14.3	24.7
	Tmoy	8.2	11.8	12.8	15.8	20.7	26.7	29.8	29.5	24.6	18	12	8.7	18.2

Tmoy : Température moyenne mensuelle = (Max+min) /2

TMax : Température moyenne maximale du mois le plus chaud.

Tmin : Température moyenne minimale du mois le plus froid**.**

- L'examen du tableau révèle qu'en période hivernale, le mois de janvier est le plus froid, Avec des valeurs comprises entre -0.002C à Djelfa et 2,90C à Laghouat, cela est dû aux altitudes plutôt élevées des stations de référence qui appartiennent toutes à l'Atlas saharien à l'opposé, en période estivale, c'est le mois de juillet qui est le plus chaud, avec des moyennes de température maximale atteignant 33,88C pour Djelfa et 37,1C pour Laghouat, Quant aux Températures moyennes annuelles, elles varient entre 14,420C pour Djelfa et 18,20C Pour Laghouat.

VIII.2.4 Les Précipitation :

Les précipitations sont caractérisées par une variabilité interannuelle et inter mensuelle. Elles sont plus grandes et abondantes en hiver alors qu'en été la sécheresse est dominante

La pluviosité est relativement faible dans les stations étudiées. La moyenne des précipitations varie pour la période de 1971 à 2006 entre 324.30 mm pour DJELFA et 143.7 mm pour Laghouat, la faible valeur de ce dernier est due à sa position latitudinale qui place plus au sud que les autres stations.

Le tableau suivant indique les déférentes valeur moyenne annuelle des précipitations pour chaque station.

Tableau VIII 2 : Évolution des pluviosité moyennes annuelles (mm)

Station météo	SELTZER 1913-1938	DUBIEF 1926-1950	CHAUMONT et PAQUIN 1913-1963	E.N.E.M.A 1950-1975	O.N.M 1971-2006 1967-2000	MOYENNE (mm)
Djelfa	308	326.20	284	298	324.3	**308.7**
Tadmit	-	237.90	-	-	242.3	**240.1**
Laghouat	167	171.4	184	174.5	143.7	**168.12**

VIII.2.5 Pluies journalières maximale :

Les pluies journalières maximales pour différentes fréquences pour la région de Djelfa sont données dans le tableau qui suit :

Tableau VIII 3: Les données pluviométriques

Pluie de période de retour	P Jmax (mm)
Pj 10	37.7
Pj 20	43
Pj 50	49.9
Pj 100	55

VIII.3 Les caractéristiques des bassins versant :

- **Le bassin versant** : c'est la surface totale de la zone susceptible d'alimenter en eau pluviale, d'une façon naturelle, une canalisation en une point considérée.

  Elle est définie par la topographie et délimitée soit par une crête soit artificiellement par une canalisation.

La détermination des caractéristiques morphologique des bassins versant consiste à déterminer les paramètres explicatifs, indispensable à l'évaluation des débits des crues.

A l'aide des levé topographique et les PKs (les points kilométriques) sert de repérage du passage d'un tronçon de la voie ferrée. La délimitation des bassins versants est faite à partir de son intersection.

Les caractéristiques physiques ont été calculer à l'aide de logiciel GLOBEL MAPPER est sont présenter dans le tableau suivant :

Tableau VIII 4: Les caractéristiques des bassins versants

N° BV	PK	A (km2)	P (km)	L (km)	kc	Hmax (m)	Hmin (m)	Hmoy (m)	H (m)	Pente de BV J (m /m)
BV1	02+800	0.538	1.910	0.570	0,734591	1211	1206	1208.5	5	0.009
BV2	03+250	0.338	1.032	0.400	0,500754	1218	1211	1214.5	7	0.017
BV3	05+325	0.030	1.420	0.500	2,312761	1264	1244	1254	20	0.040
BV4	06+600	0.570	0.972	0.200	0,363188	1267	1238	1252.5	29	0.145
BV5	06+900	0.770	0.988	0.325	0,317625	1258	1256	1257	2	0.006

BV6	07+200	0.520	0.713	0.225	0,278927	1262	1251	1256.5	11	0.049
BV7	07+800	0.230	1.002	0.300	0,589396	1282	1261	1271	21	0.070
BV8	08+500	0.260	0.324	0.200	0,179251	1257	1255	1256	2	0.010
BV9	08+900	0.600	1.812	0.350	0,659911	1261	1241	1251	20	0.01
BV10	09+600	0.350	0.760	0.150	0,362395	1245	1242	1243.5	3	0.020

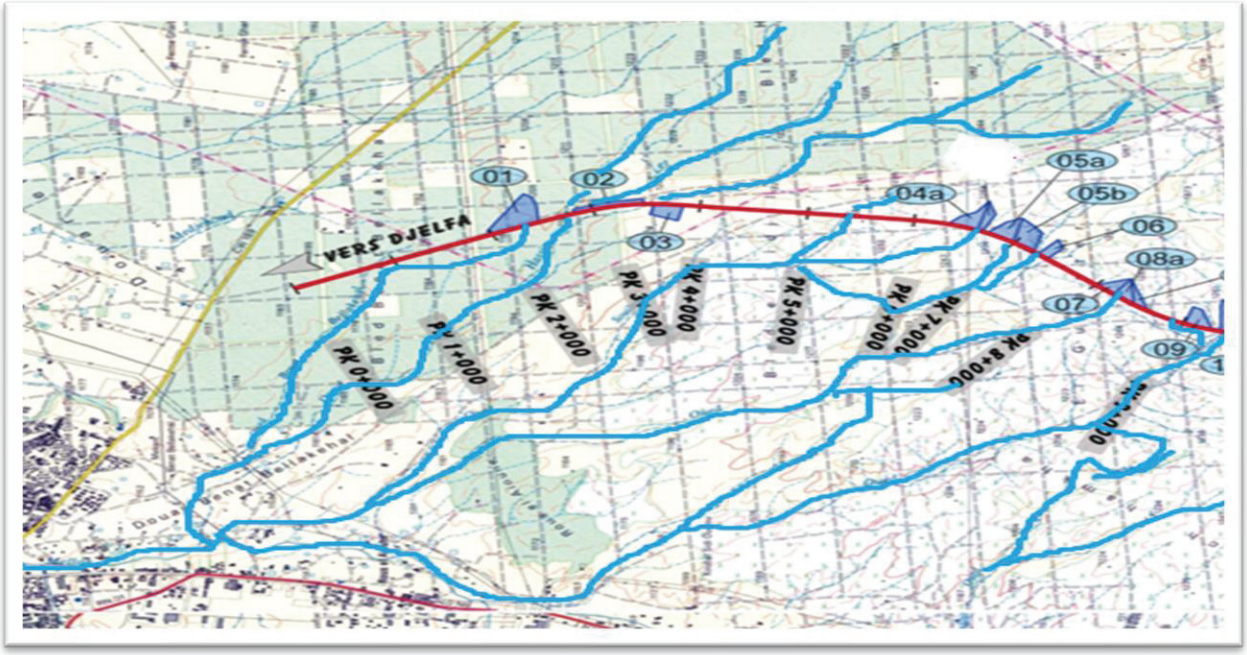


Figure VIII.1 : les bassins versant

VIII.4 Etude hydraulique de la zone :

VIII.4.1 Temps de concentration :

Le temp de concentration est le temps que mettant des gouttes d'eaux non évaporées et non infiltrées dans le sol de descendre du sommet du bassin versant jusqu'à l'exutoire.

Les déférents méthodes de calcul de temps de concentration en fonction de surface du bassin sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau VIII 5 : Les formule de calcule de temp de concentration

Dénomination	Formule	Domaine d'application
Ventura	$\mathrm{Tc} = 0.127\sqrt{\frac{A}{J}}$	$\mathrm{A} \leq 5\ km^2$
Passini	$\mathrm{Tc} = \frac{0.108(\mathrm{A} \times L)^{\frac{1}{3}}}{\sqrt{J}}$	$5\ km^2 < \mathrm{A} < 25\ km^2$

Giandotti	$Tc = \frac{(4\sqrt{A}) + (1.5L)}{\text{à;}_\sqrt{H}}$	25 km^2<A<400 km^2

Tel que :

Tc(h) : le temp de concentration

A(km2) :la surface du bassin versant.

J (m /m) :la pente brute du bassin versant.

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

H(m) : différence entre l'altitude moyenne et l'altitude l'exutoire du bassin versant (Hmoy-Hmin)

- **Remarque** : dans notre projet on a calculé le temp de concentration par la méthode de Ventura par ce que les surface des bassins versants sont inferieur a $\mathbf{5km^2}$.

VIII.4.2 Estimation de débit d'apport :

On se trouve des déférent méthodes pour estimer le débit d'apport des bassins versant, qui sont élaboré en fonction de la pluie et les caractéristiques physique des bassins versant.

Ces méthodes sont résumées dans le tableau suivant avec les domaines d'application de chaque méthode

Tableau VIII 6 : Les formule de calcul des débits

Dénomination	Formule	Domaine d'application	Signification
Formule Rationnelle	Q = K.C.I.A	A ≤ 10 km^2	**Q** : débit de crue de fréquence déterminée en m^3/s **C :** Coefficient de ruissellement hydraulique **I** : Intensité de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration en mm/h **K** : Coefficient de conversion des unités **K=0,278.** **A** : Surface du bassin versant en Km2
Formule de transition	$Q_T = \alpha Q_{RT} + \beta Q_{CT}$	10 km^2<A<50 km^2	**Q_T** : débit de projet de période de retour T **Q_{RT}** : débit fourni par la formule rationnelle, période de retour.

			Q_{CT} : débit fourni par la formule crupédix, période de retour. **α, β :** coefficients de pondération $\alpha = \frac{(50-A)}{40}$; **β=1 - α**
Formule Crupedix	$Q100 = b' \times Q10$ $Q10 = A^{0.8} \times (\frac{Pj}{80})^2 \times R$	A ≥ 50 km^2	**A** : Surface du bassin versant en Km2 **Pj** : précipitation journalière maximal décennal. **R** : coefficient régional

- **Remarque :**
  - R=0.2 pour des terrains perméables.
  - R=1.5 à 1.8 pour des terrains imperméables
  - R=1 pour des terrains intermédiaires.

ET **1.4 ≤ b′≤ 4** le paramétré **b′** et dépend de la superficie du bassin versant :

- Jusqu'à 20 km^2 est déterminé en appliquant la formule rationnelle (calcule de **Q_{R10}** et **Q_{R100}** comme si la formule rationnelle applicable : $\mathbf{b' = \frac{Q_{R100}}{Q_{R10}}}$
- Au-delà de 20 km^2 , **b′** est déterminé à partir des données provenant des cours d'eaux jaugés sur des bassins versants représentatifs à proximité du projet.

VIII.4.3 Le coefficient de ruissellement :

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

- La nature du sol.
- La couverture végétale du bassin versant.
- La pente du bassin versant.

Dans notre projet le coefficient de ruissellement est pris égal à :

-0.6 à 0.65 pour le terrain naturel.

-0.8 pour la plateforme.

VIII.4.4 Calcul de la fréquence de pluie de courte durée :

Le passage des pluies journalières maximales (Pjmax) aux pluies de durées égales au temps de concentration (Ptc%) s'effectue à l'aide de la relation de K. BODY qui s'écrit par la relation suivante :

$$\mathbf{P_{Tc}(\%) = Pj\ max\ (\%)\ (Tc/24)^b}$$

Avec : **P_{Tc} (%)** : Pluie de durée égale au temps de concentration pour une fréquence donnée

Pj max (%) : Pluie journalière maximale fréquentielle

Tc : temps de concentration

b : coefficient climatique (Pour la région de Djelfa b = 0.2)

VIII.4.5 Intensité de pluie I(t) :

L'intensité de pluie est définie suivant la relation suivante :

$$I(t) = P_{Tc}(\%) / Tc$$

- **Remarque :** Dans notre projet on a calculé les débits par la méthode rationnelle par ce que on à toutes les surfaces des bassins versant sont inférieur à **10** km^2

Résultat de calcul des débits :

Tableau VIII 7: Calcule des débits

N°BV	A (km2)	Tc(h)	P_{Tc} (10ans)	P_{Tc} (50ans)	P_{Tc} (100ans)	I_{Tc} (10ans) (mm /h)	I_{Tc} (50ans) (mm /h)	I_{Tc} (100ans) (mm /h)	Q_{10} (m3/s)	Q_{50} (m3/s)	Q_{100} (m3/s)
BV1	0.538	0.981	19.89	26.32	29.01	20.28	26.83	29.57	1.819	2.407	2.653
BV2	0.338	0.566	17.82	23.58	25.99	31.48	41.66	45.91	1.774	2.348	2.588
BV3	0.030	0.110	12.84	16.99	18.73	116.72	154.45	170.27	0.584	0.772	0.852
BV4	0.570	0.252	15.16	20.06	22.11	60.15	79.60	87.74	5.718	7.568	8.342
BV5	0.770	1.438	21.47	28.42	31.32	14.93	19.76	21.78	1.917	2.538	2.797
BV6	0.520	0.413	16.73	22.14	24.40	40.50	53.60	59.08	3.512	4.649	5.124
BV7	0.230	0.230	14.88	19.70	21.71	64.69	85.65	94.39	2.482	3.285	3.621
BV8	0.260	0.647	18.30	24.22	26.69	28.28	37.43	41.25	1.226	1.623	1.788
BV9	0.600	0.412	16.72	22.13	24.39	40.60	53.71	59.19	4.063	5.375	5.923
BV10	0.350	0.531	17.59	23.29	25.66	33.13	44.70	49.25	1.934	2.609	2.875

VIII.5 Dimensionnement des ouvrages hydrauliques (dimensionnement des buses et des dalots) :

Dans notre calcule on a utilisé la formule da Manning Strickler :

$$Qs = Kst.\sqrt{I}.Sm.\ Rh2/3$$

Avec:

- **Sm** : surface mouillée (à la hauteur de remplissage)
- **Pm** : périmètre mouillée
- **Rh** : rayon hydraulique
- **Kst** =75 (pour les buses)
- **I** : la pente de pose qui vérifié la condition de limitation de la vitesse maximale

D'écoulement à 4m/s. pour notre cas ; On a I= 1 %=0.01 m/m

VIII.5.1 Dimensionnement des buses :

Les buses : ouvrages de sections circulaires, disposés sous le tracé sur les points bas du terrain.

Pour le dimensionnement des buses On prend :

$$Qa = Qs$$

- Qa : Débit d'apport (m3/s) ;
- Qs : Débit de saturation de l'ouvrage (m3/s).

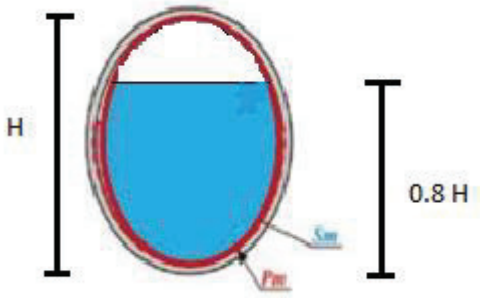


Figure VIII 2: Schéma d'une buse

$$K.I.C.\ A = Kst.\ \sqrt{I}\ .\ Sm.\ Rh2/3$$

$$Rh = \frac{Sm}{Pm} = \frac{\pi R^2}{2\pi R} = \frac{R}{2}$$

Donc : $Qa = Kst.\sqrt{I}\ .\ \pi R^2.\ Rh2/3$

$$\frac{R^{2/3}}{2^{2/3}} R^2 = \frac{Qa}{\pi \times Kst \times \sqrt{I}}$$

$$R^{8/3} = \frac{2^{2/3} \times Qa}{\pi \times Kst \times \sqrt{I}}$$

$$D = 2\left(\frac{2^{2/3} \times Qa}{\pi \times Kst \times \sqrt{I}}\right)^{3/8}$$

N°BV	PK	Qa=Q100 (m3/s)	D calculé (mm)	D (mm)	Sm (m2)	Pm (m)	Rh (m)	Qps(m 3/s) Kst=75	Q/Qps Kst=75	Vps
BV1	02+800	2.653	1046	1200	1.13	3.77	0.30	3.36	0.79	2.973
BV2	03+250	2.588	1038	1200	1.13	3.77	0.30	3.36	0.77	2.973
BV3	05+325	0.852	684	1000	0.79	3.14	0.25	2.97	0.29	3.759
BV5	06+900	2.797	1069	1200	1.13	3.77	0.30	3.36	0.83	2.973
BV7	07+800	3.621	1178	1500	1.77	4.71	0.38	3.93	0.92	2.22
BV8	08+500	1.788	904	1200	1.13	3.77	0.30	3.36	0.53	2.973
BV10	09+600	2.875	1080	1200	1.13	3.77	0.30	3.36	0.85	2.973

Tableau VIII 8 : Résultats de calcule des buses.

Les conditions d'auto curage :

- Pour 1/10 du débit à pleine section (c'est-à-dire Q/Qps = 0.1) : V≥0.60 m/s ;
- Pour 1/100 du débit à pleine section (c'est-à-dire Q/Qps = 0.01) : V≥0.30m/s.

VIII.5.2 Dimensionnement des dalots :

Les dalots : ouvrages de sections rectangulaires ou carrées, disposés sous le tracé, identifié par la largeur de (B) et la hauteur (H).

On à la formule de Manning Strickler :

$$Q_s = K_{st}.\sqrt{I}\,.Sm.\ Rh^{2/3}$$

- Périmètre mouillé : Pm = 2×0.8×h+L
- Section mouillée : Sm = 0.8×h×b
- Rayon mouillé : Rh = $\frac{Sm}{Pm}$

Alors ; $Rh=\frac{0.8\times h\times b}{2\times 0.8\times b+h}$

$$b=\frac{1}{0.8.h}\left(\frac{Qa}{Kst.\sqrt{I}}\right)^{3/5}(1.6.h+b)^{2/5}$$

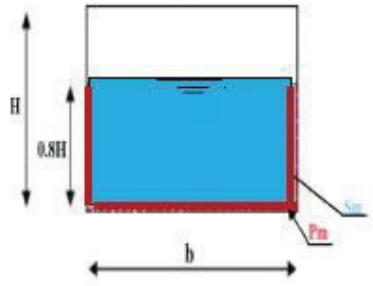


Figure VIII 3: Schéma d'un dalot.

Dans notre cas Kst = 70 (béton) et i tirée en plan I=1%. et par un calcul itératif on tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité.

Les conditions d'auto curage :

- V<4m/s
- H>hcritique tel que Hcritique=$\sqrt[3]{\frac{Q^2}{g\times b^2}}$

Tableau VIII 9 : Résultats de calcule des dalots

N°BV	PK	Qa=Q100 (m3/s)	h (m)	b calculés (m)	Dimensions Dalot (b×h)	Sm (m2)	Pm (m)	Rh (m)	Qps (m3/s)
BV04	06+600	8.342	2	1.26	2×1.5	3	7	0.43	11.96
BV06	07+200	5.124	2	1.44	2×1.5	3	7	0.43	11.96
BV09	08+900	5.923	2	1.41	2×1.5	3	7	0.43	11.96

Tableau VIII 10 : Vérifications des conditions d'auto courage

N° BV	PK	Qa (m3/s)	Sm (m2)	Qps (m3/s)	Vps	Type de L'ouvrage	Les conditions Pour les buses		Les conditions Pour les dalots		La vérification
							Q/Q_{ps}= 0.1 V≥0.60 m/s	Q/Qps = 0.01 V≥0.30 m/s	V <4 m/s	H>hcritique Hcritique= $\sqrt[3]{\frac{Q^2}{g\times b^2}}$	
BV1	02+800	2.653	1.13	3.36	2.973	Buse	1.90	0.97	/	/	OUI
BV2	03+250	2.588	1.13	3.36	2.973	Buse	1.89	0.97	/	/	OUI
BV3	05+325	0.852	0.79	2.97	3.759	Buse	2.40	1.23	/	/	OUI
BV4	06+600	8.342	2.25	9.92	3.987	Dalot	/	/	2.78	0.71	OUI
BV5	06+900	2.797	1.13	3.93	2.973	Buse	1.89	0.79	/	/	OUI
BV6	07+200	5.124	2.25	9.92	3.987	Dalot	/	/	1.71	0.61	OUI
BV7	07+800	3.21	1.77	3.36	2.22	Buse	1.42	0.73	/	/	OUI
BV8	08+500	1.788	1.13	3.36	2.973	Buse	1.9	0.97	/	/	OUI
BV9	08+900	5.923	2.25	9.92	3.986	Dalot	/	/	1.97	0.64	OUI
BV 10	09+600	2.875	1.13	3.36	2.973	Buse	1.9	0.97	/	/	OUI

VIII.5.3 Exemple de calcule :

Tenant compte le bassin versant N°04

Qa=8.342 (m3/s); **I**=1 % ; **Ks**=70

$$\mathbf{b}=\frac{1}{0.8.h}\left(\frac{Qa}{Kst.\sqrt{I}}\right)^{3/5}(1.6.h+b)^{2/5}$$

On a pour h=2m

Et après le calcule itérative on a trouvé :

b0=1.22 ; b1=1.258 ; b2=1.26 ; b3=1.26 ; b4=1.26

Donc b=1.26

On prend un dalot de **(2m×1.5m)**

Tenant compte le bassin versant N°02

Qa=2.588 (m3/s)

On a $\mathbf{D}=2\left(\frac{2^{2/3}\times Qa}{\pi\times Kst\times\sqrt{I}}\right)^{3/8}$

Après le calcul on trouve $D_{calculé}$ = 1038 mm

Donc on prend le diamètre commercial D = 1200 mm

Vérification des conditions d'auto courage

1er condition :

Pour $Rq=\frac{Qa}{Qps}=0.1$ ⟹ il faut Vécoulement> 0.6 m/s .

Rq=0.1 ⟹ $Rv=0.638=\frac{V}{Vps}$ ⟹ V=Rv×Vps =0.638×2.973= 1.89

V=1.89 m/s > 0.6 m/s ⟹ la condition est vérifiée.

2éme condition :

$Rq=\frac{Qa}{Qps}=0.01$ ⟹ il faut Vécoulement> 0.3 m/s .

Rq=0.01 ⟹ $Rv=0.315=\frac{V}{Vps}$ ⟹ V=Rv×Vps = 0.315×2.973 =0.97

V=1.89 m/s > 0.6 m/s ⟹ la condition est vérifiée.

VIII.5.3 Dimensionnement des fossés :

Les fossés : sont des ouvrages linéaires qui véhiculent les débits des eaux de surface drainées avec un écoulement à surface libre aussi bien de l'infrastructure que des bassins versants en interaction avec le projet afin de les acheminer vers un point de rejet (exutoire) hors de de l'emprise de la voie ferrée.

Pour le dimensionnement du fossé, il est fait pour une période de retour de 10 ans, sont placé à l'extérieur de la plateforme dans les sections de déblai il recueille et écoulent les eaux de ruissellement.

Tableau VIII 11 : Calcule des débits à évacuer dans le cas déblai et remblai

BV			Cr	P (mm)	A (Km2)	Tc (h)	I (mm/h)	Q (m3/s)	Qa (m3/S) Qt+Qpl+Qb
Cas du déblai	Le cas plus défavorable -Longueur : 1100 m Hauteur (max) : 3.28 m	Talus	0.6	1/1	0.0051	0.014	607.29	0.516	0.905
		Plateforme	0.85	0.04	0.00748	0.055	203.23	0.359	
		La berme	0.6	0.02	0.00033	0.016	545.76	0.03	
Cas du remblai	Le cas plus défavorable Longueur : 1625 m - Hauteur (max) : 12.62 m	Talus	0.6	1/1	0.0290	0.020	456.5	2.208	2.700
		Plateforme	0.85	0.04	0.01105	0.067	173.55	0.453	
		La berme	0.6	0.02	0.00049	0.019	475.65	0.039	

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

Avec **:** $Qs = Kst.\sqrt{I}.Sm.\ Rh2/3$

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

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

$$Qa < Qs$$

$$Qs = Kst.\sqrt{I}.Sm.\ Rh2/3 = Kst.\sqrt{I}.(b+Z.h).h.\left(\frac{(b+z.h).h}{b+2h.\sqrt{1+Z^2}}\right)^{2/3}$$

Pour les déblai:

$$Qs= 70\times\sqrt{0.02}\times(0.5+1\times0.5)\times0.5\times\left(\frac{(0.5+1\times0.5)\times0.5}{0.5+2\times0.5.\sqrt{1+1^2}}\right)^{2/3}$$

$$Qs=2.023\ m3/S$$

Pour les remblai :

$$Qs= 70\times\sqrt{0.02}\times(0.6+1\times0.6).0.6\times\left(\frac{(0.6+1\times0.6)\times0.6}{0.6+2\times0.6.\sqrt{1+1^2}}\right)^{2/3}$$

$$Qs=3.28m3/S$$

Donc la condition est vérifiée pour le déblai et le remblai .

En conclusion, les types des fossés adoptés pour notre projet sont :

- **Les fossés de pied de déblai : est** dimensionné par : h =0.5 m ; b=0.5 m
- **Les fossés de pied de talus de remblai** : est dimensionné par : h =0.6 m ; b=0.6

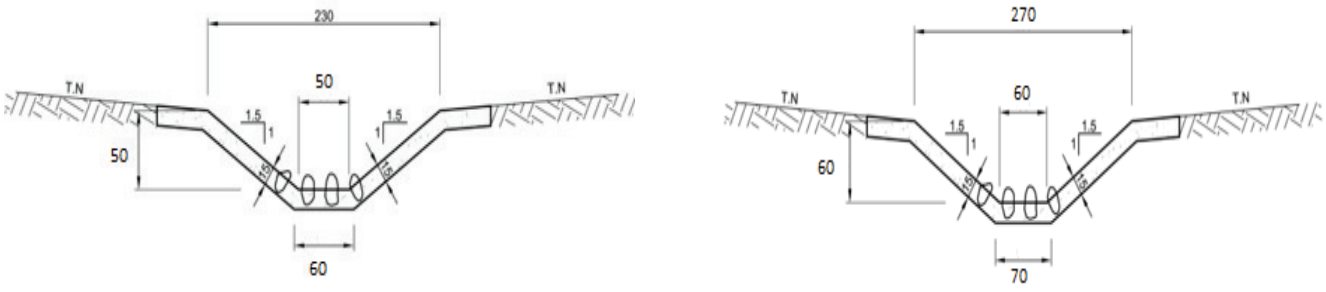


Figure VIII 4 : Schémas des fossés

On plus de ces fossés de pied des talus des remblai et de déblai on a utilisé des autres ouvrages de drainage :

- **Fossés de crête de déblai** :

Ce type de fossé est prévu en crête des talus de déblais lorsque le terrain naturel derrière cette crête est penché vers l'emprise du projet, afin de protéger les talus de déblai des érosions dues au ruissellement et d'empêcher les eaux d'atteindre la plateforme.

- **Caniveau pour berme « semi-buse » diamètre Ø 300 :**

Ces semi-buses sont destinées à collecter les eaux de ruissellement provenant des bermes, des talus de remblai ou de déblais et évacuer soit dans les fossés de crête ou les descentes d'eau.

VIII-6 Conclusion :

L'étude hydraulique est une phase essentielle pour un projet ferroviaire, et d'après cette étude hydraulique et hydrologique on déduit que le tracé projeté comporte un volet des travaux très important dans le dimensionnement et la réalisation des ouvrages de drainage longitudinale et transversal.

Chapitre IX

Conception de la gare

VIII.1 INTRODUCTION

La gare est le lieu d'arrêt régulier des trains, elle comprend de nombreux équipements qui ont une double fonction, permettant l'embarquement ou le débarquement des voyageurs, ou le chargement et le déchargement des marchandises. C'est l'un des centres importants du réseau ferroviaire qui comprend un complément sur la ligne principale, sur d'autres embranchements et équipements techniques adaptés à l'accueil, l'expulsion, le contournement et la sécurité des trains, en plus de la réalisation de travaux techniques, jugés plus complexes.

VIII.2 INSTALLATIONS D'UNE GARE VOYAGEURS

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

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

VIII.3 INSTALLATIONS D'UNE GARE MARCHANDISES

Les installations de la base d'une gare de marchandises sont :

- Un BS (bâtiment de service) pour accomplir les formalités de l'acte commercial.
- Des cours de débord pour embarquement et débarquement des marchandises.
- Quais de débord.
- Halle de stockage.
- Parking pour stationnement des véhicules.

VIII.4 RESEAU DE VOIE

VIII.4.1 Garage Franc :

Le garage franc marque la limite de la partie de voie à occuper par les trains en gares. Sur la position du garage franc théorique l'entraxe entre les deux voies est de 3,57 m, il assure qu'il y'aura pas de collision entre le train dévié et le train dans la voie principale.

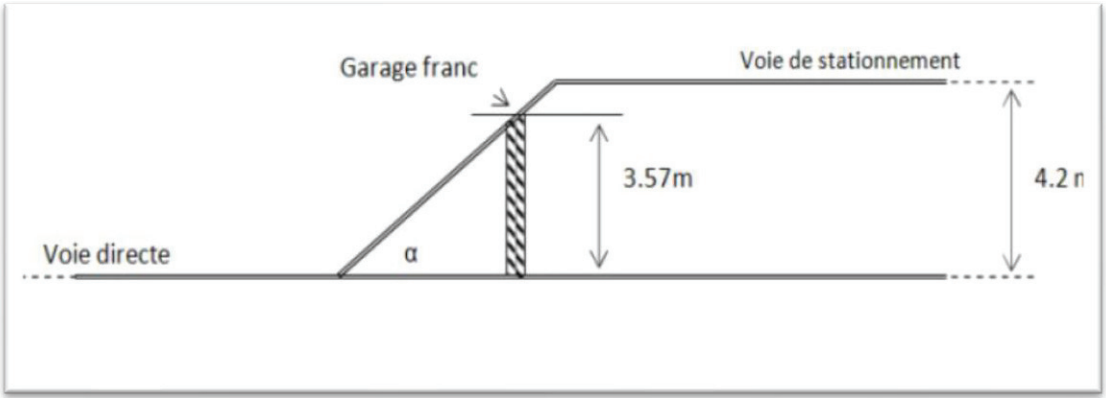


Figure IX 1 : L'emplacement du garage franc GF.

Le garage franc est implanté par rapport au cœur de l'appareil de voie à une distance qui positionne l'élément GF :

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

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

En raison de la sécurité, le garage franc sera installé à 1,0 m de distance du garage franc théorique.

VIII.4.2 Les heurtoirs :

Un heurtoir est un dispositif placé à l'extrémité d'une voie ferrée pour arrêter d'éventuel véhicule en dérive et les empêcher de continuer leur chemin en dehors de la voie, conçue pour absorber l'énergie cinétique des trains qui les heurtent par l'intermédiaire des tampons.



Figure IX 2 : Un heurtoir.

VIII.4.3 La longueur utile d'une voie de stationnement :

C'est la longueur nécessaire permettant au train de stationner sur la voie de dépassement

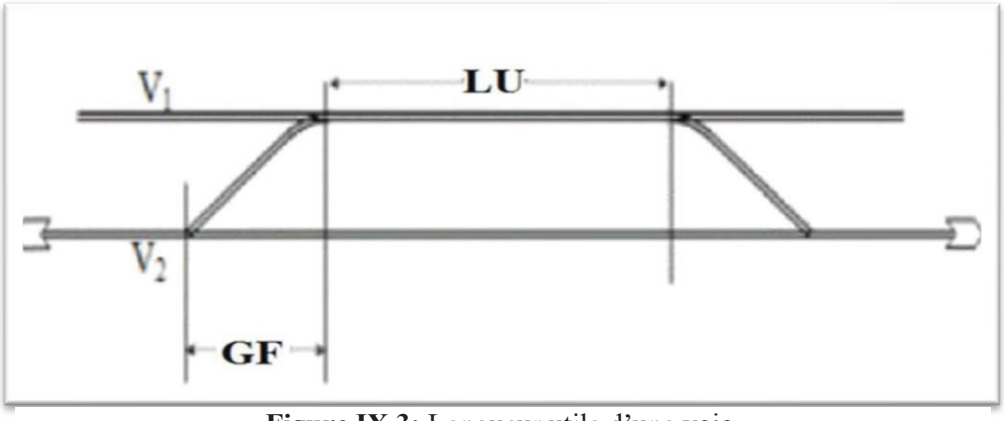


Figure IX 3: Longueur utile d'une voie.

Elle est donnée par la formule suivante :

$$\boldsymbol{LU = LG + LS + LT + LA + Lc}$$

- ***LU* :** longueur utile.
- ***LG*:** longueur de glissement.
- ***LS* :** longueur de sécurité.
- ***LT*:** longueur maximale de train.
- ***LA* :** marge de tolérance d'arrêt.
- ***Lc* :** tronçon d'isolation pour le système de contrôle.

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

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

VIII.5 LA GARE DE DJELFA:

VIII.5.1 Localisation de la gare:

La gare de DJLEFA est commencée de PK 00+000 et se termine au PK 02+000, dans une extension de 2000 mètres. Le bâtiment de voyageurs étant situé au

La gare est mixte composée de deux gares :

- La gare de voyageurs.
- La gare de marchandise.

La rentré et la sortie de la gare se fait par la voie **VA** qui est la voie principale.

- **V_A :** la voie principale.
- **V_B, V_3 :** des voies d'arrive et départ.
- **V_5** : voie d'arrive et départ pour les marchandises.
- **V_7 :** voie de circulation

- **V9** : voie de remisage
- **V11, V15** : voies de débord**.**
- **V13 :** voie de débord de hall marchandise**.**
- **V17 :** voie de garage**.**
- **V19 :** voie d'atelier**.**

VIII.5.2 Caractéristique géométrique de la gare :

VIII.5.2.1 Les quais :

Selon les normes de la SNTF les caractéristiques géométriques sont dans le tableau suivant :

Tableau IX 1 : Les caractéristiques géométriques du quai.

Quai	Norme SNTF	Valeur retenue pour la gare de DJELFA
Largeur	– Quai intermédiaire B > 8 m. – Quai extérieur B ≥ 6 m.	B= **8 m** pour le quai intermédiaire B= **6m** pour le quai extérieur
Hauteur	– Quai bas h= 35 cm – Quai mi- haute h= 55 cm – Quai haute 76 ≤ h ≤ 100 cm.	Un quai mi- haute h= 55 cm.
Longueur	– Grande ligne 450m – Service régional 350 m – Banlieue 225 m.	L = 350 m
Entraxe des quais	– e normal > 11.3 – e minimal > 9.3	e= 16.65 m
Abris de quai	SNTF aménagement et gare tracé des voies	Nombre des abris : 02 Largeur : 3 m Longueur : 12 m Entraxe entre les abris : 60 m La hauteur : 3.10 m

VIII.5.2.2 L'entraxe entre les voies :

- Entraxe nominal : e = 5m.
- Entraxe minimale : e = 4.5m.

VIII.5.2.3 Les appareils de voie :

Pour permettre la liaison entre les différentes lignes, il a été nécessaire de placer 20 appareils de changement de voie dont leurs caractéristiques sont présentées en (Tableau X-2).

On a utilisé deux appareils de voie pour concevoir la gare mixte :

- **UIC 60-300-1/9 :**

Cet appareil est un appareil de voie réalisé avec le rail UIC60 (60kg/ml), la voie déviée a une courbure de 300m et la tangente de l'angle de déviation est de 1/9,1' appareil permit une vitesse de déviation maximal de 50 km/h le reste des dimensions est mentionné sur la figure suivante :

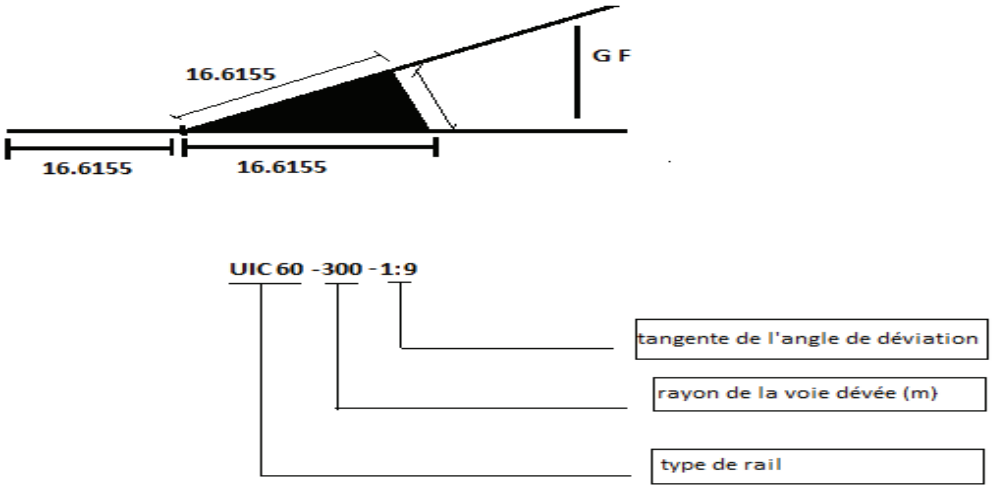


Figure IX 4: Appareil de voie uic60-500-1 :12

- **UIC 60-500-1/12**

Cet appareil est un appareil de voie réalisé avec le rail UIC60 (60kg/ml), la voie déviée a une courbure de 500m et la tangente de l'angle de déviation est de 1/12.1'appareil permit une vitesse de déviation maximal de 70 km/h le reste des dimensions est mentionné sur la figure suivante :

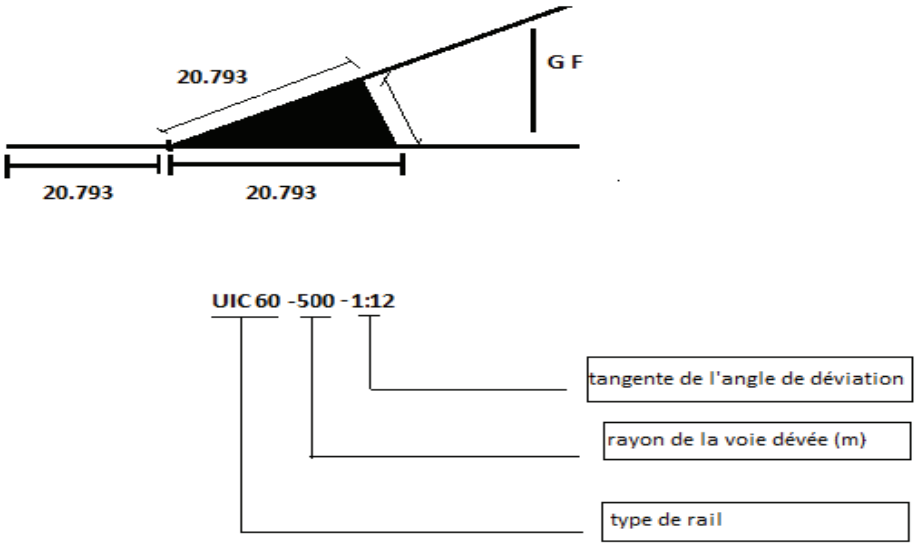


Figure IX 5: Appareil de voie uic60-500-1 :12

Tableau IX 2 : Appareils de Changement de Voie.

N	Type de rail	Rayon (m)	Tangent	Vitesse de branchement (Km/h)	Diviation
AP01	UIC60	500	1/12	70	D
AP20	UIC60	500	1/12	70	G
AP03	UIC60	300	1/9	50	D
AP04	UIC60	300	1/9	50	D
AP05	UIC60	300	1/9	50	D
AP06	UIC60	300	1/9	50	G
AP07	UIC60	300	1/9	50	D
AP08	UIC60	300	1/9	50	D
AP09	UIC60	300	1/9	50	D
AP10	UIC60	300	1/9	50	G
AP11	UIC60	300	1/9	50	D
AP12	UIC60	300	1/9	50	D
AP13	UIC60	300	1/9	50	G
AP14	UIC60	300	1/9	50	G
AP15	UIC60	300	1/9	50	G
AP16	UIC60	300	1/9	50	G
AP17	UIC60	300	1/9	50	D
AP18	UIC60	300	1/9	50	G
AP19	UIC60	500	1/12	70	G
AP20	UIC60	500	1/12	70	G

VIII.5.2.4 La passerelle :

Elle permet le franchissement sans risque des voies pour accéder au quai on trouve :

- Passerelle supérieure.
- Passerelle sous-terraine.

Dans notre projet on a un passage sous terraine au niveau de la gare.

VIII.6 ASSAINISSEMENT DE LA GARE

VIII.6.1 Assainissement transversal :

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

VIII.6.2 Assainissement longitudinal :

Le drainage longitudinal de l'emprise et de la plateforme a pour objectif d'assurer la pérennité et la sécurité de l'ouvrage ferroviaire. Il a pour fonction de recevoir et de drainer :

1. Les eaux de pluie qui s'écoulent sur la plateforme dans les structures d'assise.
2. Les eaux de ruissellement des talus et des bassins versants.

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



Figure IX 6 : La réalisation de bâtiment voyageur.

VIII.7 Conclusion :

Dans ce chapitre j'ai présenté les éléments principaux pour l'aménagement de la gare, néanmoins, aucune étude de la voie ferrée ne serrait être tout à fait sans une analyse ou l'étude de l'impact environnemental du projet, ceci qu'on va présenter dans le chapitre suivant.

Chapitre X

Etude d'impact environnementale

X-1 INTRODUCTION:

L'étude d'Impact sur l'environnement (EIE) est un instrument privilégié dans la planification du développement, de l'utilisation des ressources et du territoire en Algérie comme ailleurs. Elle est effectuée au moment de la conception, et actualisée en cas de modifications.

X-2 CONTEXTE JURIDIQUE

La politique Algérienne de préservation de l'environnement s'insère d'une part dans le processus de mise en place de projet de développement respectueux des conventions internationales entérine par l'Algérie. Une politique qui vise la mondialisation et l'ouverture des frontières et d'autre part dans un cadre législatif très riche qui témoigne de l'intérêt porte depuis plusieurs années à la protection des ressources naturelles du pays, les différentes lois et décrets qui s'appliquent sur notre projet sont les suivants :

Tableau X 1: Contexte juridique

Rubrique	Lois/décrets/ordonnances
Protection de l'environnement et développement durable	❖ Loi n° 83-03 du 05 février 1983 relative à la protection de l'environnement. ❖ Loi nº 03-10 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable. ❖ Loi n° 01-20 du 12 Décembre 2001 relative a l'aménagement et au développement durable du territoire. ❖ Loi n°04-20 du 25 Décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.
Etude d'impact sur l'environnement	❖ Décret n° 87-91 du 21 avril 1987 relatif à l'étude d'impact d'aménagement du territoire. ❖ Décret exécutif n° 07-145 correspondant au 19 mai 2007 Ce décret détermine le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des Etudes et des notices d'impact sur l'environnement.
Eaux & Zones Humides	❖ Loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005 relative à l'eau. ❖ Ordonnance n°09-02 du 29 Rajab 1430 correspondant au 22 juillet 2009 modifiant et complétant la loi n°05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 Aout 2005 relative a l'eau. ❖ Loi n° 83-17 du 16 juillet 1983 portant code des eaux. ❖ Décret exécutif n° 93-163 du 10 juillet 1993 portant institution d'un inventaire du degré de pollution des eaux superficielles. ❖ Décret n° 82-439 du 11 décembre 1982 portant adhésion de l'Algérie a la convention relative aux zones humides, d'importance internationale.
Faune et Flore	❖ Loi n°84-12 du 23 juin 1984 portant régime général des forêts. ❖ Loi n° 91-20 du 2 décembre 1991, modifiant et complétant la loi n° 84- 12 du 23 juin 1984 portant régime général des forêts. ❖ Décret exécutif n° 12-03 du 10 Safar 1433 correspondant au 4 janvier 2012 fixant la liste des espèces végétales non cultivées protégées. ❖ Décret présidentiel n° 02-400 du 20 Ramadhan 1423 correspondant au 25 novembre 2002 portant ratification de la convention internationale pour la protection des végétaux. ❖ Ordonnance n°75-43 du 17 juin 1975 portant code pastoral. ❖ Loi n°83-18 du 13 Aout 1983 relative à l'acquisition et la protection foncière agricole. ❖ Décret exécutif n° 12-235 du 3 Rajab 1433 correspondant au 24 mai 2012 fixant la liste des espèces animales non domestiques protégées.

Les Aires protégées	❖ Loi n° 06-14 du 22 Chaoual 1427 correspondant au 14 novembre 2006 portant approbation de l'ordonnance N° 06-05 du 19 Joumada Ethania 1427 correspondant au 15 juillet 2006 relative à la protection et à La réservation de certaines espèces animales menacées de disparition. ❖ Ordonnance n° 06-05 du 19 Joumada Ethania 1427 correspondant au 15 juillet 2006 relative à la protection et à la préservation de certaines espèces animales menacées de disparition. ❖ Loi n°04-07 du 27 Joumada Ethania 1425 correspondant au 14 aout 2004 relative à la chasse. ❖ La loi n° 11-02 du 17 février 2011 et ces articles, relative aux aires protégées : - **Parc national** : Protéger l'intégrité d'un ou de plusieurs écosystèmes (conservation et la protection de région naturelles uniques, en raison de leur diversité biologique, tout en les rendant accessibles au public a des fins d'éducation et de recréation) **(Art.5).** - **Parc naturel :** Assurer la préservation, la protection et la gestion durable de milieux naturels, de la faune, de la flore, d'écosystème et de paysages représentatifs et /ou significatifs d'une région **(Art.6)**. - **Réserve naturel intégrale :** Assurer la protection intégrale d'écosystèmes, ou de spécimens de faune ou de flore rares méritant une protection intégrale **(Art.7).** Dans la réserve naturelle intégrale, il est interdit : (i) de résider, de pénétrer, de circuler ou de camper, (ii) toute forme de chasse ou de pèche, (iii) d'abattage ou de capture de la faune, (iv) de destruction ou de collection de la flore, (v) toute exploitation Forestière, agricole ou minière, (vi) toute pâturage, (vii) toute fouille ou prospection, toute sondage, (viii) terrassement ou construction, (ix) tout travaux tendant à modifier l'aspect du terrain ou de la végétation, (x) tout acte de nature à nuire à la faune ou à la flore toute introduction ou évasion d'espèces animales ou végétales **(Art.8).** - Y sont autorisées et réglementées des activités ponctuation à des fins de recherche scientifique ou ayant un caractère d'urgence et d'importance nationale. Des projets d'intérêt national peuvent être implantés dans la réserve naturelle intégrale après approbation du conseil des ministres. L'extension ou la transformation du type de ces projets ne peut s'effectuer qu'après approbation du conseil des ministres **(Art .9).** - **Réserve naturelle :** Conservation, de protection et / ou de restauration des espèces de faune, de flore, des écosystèmes et des habitats (toutes les activités humaines y sont réglementées **(Art .10).** - **Réserve de gestion des habitas et des espèces :** Assurer la conservation des espèces et de leurs habitats le maintien des conditions d'habitats nécessaire à la préservation et à la protection de la diversité biologique **(Art .11).** - **Site naturelle :** Tout espace contenant un ou plusieurs éléments naturels d'importance environnementale et notamment les chutes d'eau, les cratères et les dunes de sables **(Art .12).** - **Corridor biologique :** Tout espace assurant la liaison entre écosystème ou entre différents habitats d'une espèce ou d'un groupe d'espèces interdépendantes permettant sa dispersion et sa migration **(Art .13).**
Patrimoine culturel Et sites archéologiques	❖ Loi n°98-04 du 15 juin 1998 relative à la protection du patrimoine culturel dans ses dispositions relatives aux territoires archéologiques et historiques. ❖ Ordonnance n° 67-281 du 20 décembre 1967 relative aux fouilles et à la protection des sites et monuments historiques et naturels. ❖ Loi n° 01-19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets. ❖ Décret n° 87-182 du 18 août 1987, relatif aux huiles à base de polychlorobiphényles (PCB), aux équipements qui en contiennent et aux matériaux contaminés par ce produit.

Transport	❖ Décret exécutif n° 93-161 du 10 juillet 1993 réglementant le déversement des huiles et lubrifiants dans le milieu naturel. ❖ Décret exécutif n° 93-162 du 10 juillet 1993 fixant les conditions et les modalités de récupération et de traitement des huiles usagées. ❖ Décret exécutif nº 06-141 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels. ❖ Décret exécutif n05-315 correspondant au 10 septembre 2005 fixant les modalités de déclaration des déchets spéciaux dangereux.
Emission atmosphérique	❖ Décret exécutif nº 06-138 réglementant l'émission dans l'atmosphère de gaz, fumées, vapeurs particules liquides ou solides, ainsi que les conditions dans lesquelles s'exerce leur contrôle. ❖ Décret exécutif n03-410 du correspondant au 5 novembre 2003 fixant les seuils limites des émissions des fumées, des gaz toxiques et des bruits par les véhicules automobiles. ❖ Décret exécutif n°93-184 du 27 juillet 1993 réglementant l'émission des bruits.
Installations Classes	❖ Décret exécutif n° 98-339 du 03 novembre 1998, définissant la réglementation applicable aux installations classées et fixant leur nomenclature. ❖ Décret exécutif nº 06-198 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement.
Hygiène et Sécurité	❖ Une loi n°88-07 du 26 janvier 1988 relative à l'hygiène, à la sécurité et à la médecine du travail. ❖ Décret exécutif n°91-05 du 19 janvier 1991 relatif aux prescriptions générales de protection applicables en matière d'hygiène et de sécurité en milieu de travail. ❖ Décret exécutif n°02-247 du 3 Chaoual 1423 correspondant au 7 décembre 2002 relatif aux conditions d'organisation de l'instruction, de l'information et de la formation des travailleurs dans le domaine de la prévention des risques professionnels. ❖ Décret exécutif n°05-08 du 8 janvier 2005 relatif aux prescriptions particulières applicables aux substances, produits et préparations dangereuses.
L'expropriation	❖ Loi nº 91-11 fixant les règles relatives à l'expropriation pour cause d'utilité publique. ❖ Décret exécutif nº 93-186 déterminant les modalités d'application de la loi nº 91-11 fixant les règles relatives à l'expropriation pour cause d'utilité publique. ❖ Décret exécutif nº08-202 complétant le décret exécutif nº 93-186 déterminant les modalités d'application de la loi nº 91-11 fixant les règles relatives à l'expropriation pour cause d'utilité publique. ❖ Décret exécutif nº05-248 complétant le décret exécutif nº 93-186 déterminant les modalités d'application de la loi nº 91-11 fixant les règles relatives à l'expropriation pour cause d'utilité publique.

X-3 OBJECTIFS D'UNE ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

L 'étude d'impact est destinée à :

• Concevoir un meilleur projet

Pour le promoteur d'un projet, elle constitue le moyen de démontrer qu'il prend bien en compte les préoccupations d'environnement.

Elle doit être considéré comme un outil parfumant pour intégrer l'environnement dans les projets d'aménagement et donc favoriser la conception de projets :

- Respectueux de l'homme, des paysages et des milieux naturels,
- Soucieux d'économiser l'espace, d'épargner les espèces, de limiter la pollution de l'eau, de l'air ou des sols ;

➢ **Éclairer l'autorité administrative sur la décision à prendre**

Parce qu'elle est préalable à la décision administrative d'autorisation ou d'approbation d'un équipement, d'un ouvrage ou d'un aménagement, l'étude d'impact contribue :

- ❖ À informer l'autorité administrative compétente pour autoriser les travaux (Ministre, Ouali, Chef Daïra, maire) sur la nature et le contenu de la décision à Prendre (autorisation, approbation, refus)
- ❖ À guider celle-ci pour définir les conditions dans lesquelles cette autorisation est donnée (mise en œuvre des mesures de suppression, de réduction et de compensation des effets dommageables, par exemple)
- ❖ À définir les conditions du respect des engagements pris par le maître d'ouvrage (suivi des conséquences du projet sur l'environnement pendant les phases de réalisation et d'exploitation, par exemple)

➢ **Informer le public et le faire participer à la prise de décision**

Depuis les premières ébauches du projet jusqu'à l'enquête publique, la participation active et continue du publie est essentielle car elle contribue à la définition des alternatives et des variantes du projet étudié.

Pour le maître d'ouvrage, l'élaboration de l'étude d'impact constitue l'occasion d'engager le dialogue avec la population, les associations et les partenaires institutionnels. Avant de finaliser son projet, il peut ainsi expliquer sa démarche d'intégration de l'environnement, mais aussi affirmer sa capacité à prendre en compte les préoccupations de ses interlocuteurs.

X-4 IDENTIFICATION DES SOURCES D'IMPACT

Pour mieux appréhender les interactions entre les éléments impactés des milieux biophysique et humain et les activités sources d'impacts et identifier les impacts, une grille d'interrelation a été conçue. Cette grille permet d'examiner pour chaque activité source d'impact du projet de chemin de fer Djelfa-Laghouat ses effets potentiels sur les composantes du milieu récepteur.

Tableau X 2 : Grille d'identification des impacts sur les milieux biophysique et humain

Phases du projet	Activités sources d'impact	Composantes environnementales								
		Milieu biophysique					Milieu humain			
		sol	eaux	air	végétation	faune	Affection des terres	santé	bruit	emplois
Pré-construction/construction	Travaux de dégagement des aires des bases vie (organisation des chantiers, notamment la mise en place des ateliers, garages et magasins, habitations du personnel).	-	-	-	-		-		-	+
	Transport des équipements et matériaux de construction.			-	-	-				+
	Travaux de préparation de l'emprise.	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	Travaux d'ouverture de territoire (emprunts et pistes).	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	Travaux de terrassement (remblais et déblais).	-	-	-		-		-	-	+
	Installation des rails et la construction des ouvrages connexes.	-	-			-		-	-	+
exploitation	Utilisation du chemin de fer.	-				-			+	+
	Travaux d'entretien des rails et ouvrages connexes.	-	-	-	-			-	-	+

Légende
(+) : impact positif.
(-) : impact négatif.

X-5 L'ETAT INITIAL DE L'ENVIRONNEMENT

X.5.1 Localisation du site du projet

Le programme de développement du réseau ferroviaire de la wilaya de DJELFA consiste à connecter le chef-lieu de Djelfa et Laghouat par une ligne ferroviaire à voie unique pour assurer l'échange et la fluidité du voyageur.

L'étude faite à traverse les agglomérations suivantes : Djelfa ; Taadmit ; sidi Makhlouf ; Ain el bel ; Laghouat.

. L'évolution de trafic, généré par le développement et l'augmentation de l'attraction touristique. La consistance de ce projet sur plan national, fait de lui un projet de grande priorité en combinaison avec d'autres aménagements prévus.

X.5.2 Milieu physique :

- **Sols et géologie** : Plusieurs filières d'élimination des déblais sont envisageables :
  - Valorisation et en matériaux de remblai.
  - Dépôt en décharge agrée ou une ancienne carrière.
  - Stockage définitif à terre.
- **Hydrologie** : En phase de travaux, les principales mesures consisteront en la mise en place de dispositifs de collecte et de traitement des effluents de chantier par décantation (bassins provisoires) notamment pour éviter les apports massifs de MES dans les cours d'eau, avec notamment :
  - La réalisation des décapages juste avant les terrassements.
  - La mise en végétation immédiate des talus, des fossés et berges de cours d'eau, en saison favorable.
  - La mise en œuvre d'une toile de protection dans les secteurs sensibles à l'érosion.
  - Le ralentissement du cheminement de l'eau dans les fossés provisoires ou définitifs en pieds de talus (écrans filtres mobiles avant rejet dans les cours d'eau et enherbement des fosses).
  - Le traitement des eaux de chantier dans des bassins de décantation/ filtration provisoires avant rejet dans les cours d'eau sensibles.
  - Le rejet a l'aval des captages, au-delà de leur aire d'alimentation après décantation.
  - Drainage et collecte des eaux de ruissellement issues des terrassements dans des bassins de décantation avant rejet dans le cours d'eau.



Figure X 1: Ouvrage hydraulique provisoire

Sous la piste de chantier.



Figure X 2: mise en place d'un filtre dans

Un fossé longitudinal.

X.5.3 Milieu biologique

- **La flore :**
  - ✓ Eviter les dépôts de matériaux dans la zone humides et sensibles.
  - ✓ La propagation de la poussière sera limitée par l'arrosage des voies de circulation sur le chantier par temps sec.
- **La faune :**
  - ✓ Mettre en place des clôtures de protection pour la sécurité des animaux.

- ✓ Installation des dispositifs dissuasifs pour éviter que les oiseaux se posent sur les poteaux d'électrification.
- ✓ Des ouvrages de franchissement : passage à faune / passage mixtes doivent être conçu afin de limiter les allongements de parcours et à désenclaver toutes les parcelles et faciliter les déplacements d'animaux d'élevages.

- **Les espaces boisés :**
  - ✓ Les arbres de la ceinture verte doivent être déplacé et non pas déboisé.
  - ✓ La mise en place de clôtures provisoires ou de dispositifs de protection des fûts vis-à-vis des chocs.



Figure X 3: Passage à grande faune.

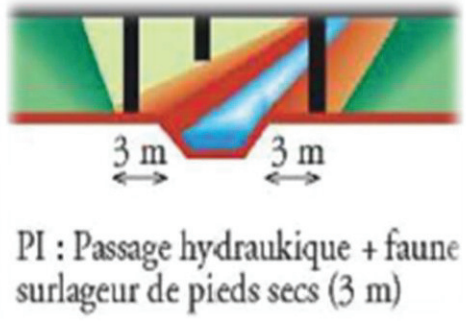


Figure X 4: Passage hydraulique et passage petite faune.

X.5.4 Milieu humain

- **Les activités agriculture :**
  - ✓ Afin de remédier à la destruction des parcellaires, une procédure efficace peut être mise en œuvre : le réaménagement foncier.
  - ✓ Remise en état des terres pour leur réutilisation pour les cultures dans les sites de dépôts.
  - ✓ Limitation des émissions de poussières (vitesse limitée, arrosage des pistes en cas de besoin).
- **Mesure de compensation pour l'expropriation des bâtis :**

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.

X.5.5 Passage et patrimoine

- **Mesures de réduction concernant l'impact sur le paysage :**
  - ✓ Remise en état des lieux après les travaux.
  - ✓ Dépôt des excès de matériaux dans une décharge autorisée ou une ancienne carrière.
  - ✓ Adoucissement et végétalisation des talus dans la phase exploitation afin de minimiser l'impact visuel.

X.5.6 Milieu ambiant

- **Le bruit (Protection par des écrans acoustiques et des merlons) :**

Pour limiter la propagation des ondes sonores, il existe deux types de protection à la source :

- ✓ La mise en place d'une butte en terre, nommée merlon ;
- ✓ La mise en place d'un écran acoustique.



Figure X 5: Protection par écran antibruit (Écran acoustique).



Figure X 6: Protection par butte de terre (Merlon).

- **Qualité de l'air :**
  - ✓ Arrosage des pistes, notamment par vent fort et temps sec pour limiter les envols de poussières.
  - ✓ Eviter les opérations de chargement et de déchargement de matériaux par vent fort.
  - ✓ Vitesse de circulation des engins limitée à 30 km/h dans les zones sensibles1 à la poussière.
  - ✓ Utilisation de véhicules aux normes (échappement et taux de pollution) et contrôle régulier de leur respect.

X-6 CONCLUSION:

Le projet de la voie ferroviaire Djelfa -Laghouat, s'intègre dans le réseau ferroviaire national et constitue ainsi un axe structurant pour le développement économique et social de l'Algérie.

Cet impact positif majeur, justifient à eux seuls le projet. Il existe néanmoins des impacts négatifs significatifs, décrits plus haut, mais pour lesquels des mesures d'atténuation ou de compensation existent.

Sur la base d'une comparaison des impacts positifs et des impacts négatifs du projet, et en considérant les mesures environnementales d'accompagnement du projet (qui permettront de réduire et compenser globalement les impacts négatifs) et que le maitre d'ouvrage doit veiller à leur application, il ressort que le projet de la voie ferroviaire Djelfa -Laghouat est acceptable sur le plan environnemental et social.

Chapitre XI
Devis Quantitatif et Estimatif

Tableau XI 1 : devis quantitatif et estimatif

Article	Désignation	Unité	Prix unitaire (DA)	Quantité	Montant (DA)
1	**INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER**				
1.1	Installation générale de chantier	F	244 543 997,57	1	244 543 997,57
1.2	Repli du matériel et des installations de chantier	F	25 008 497,85	1	25 008 497,85
1.3	Encadrement de chantier	F	60 363 956,24	1	60 363 956,24
SOUS TOTAL H. T					**339 916 251.66**
2	**LES ETUDES**				
2.1	Etude d'exécution des terrassements généraux	F	6 443 928,00	1	117 997 426,82
2.2	Etude d'exécution de bâtiment service	F	10 000 000,00	1	10 000 000,00
2.3	Études d'exécution des Bâtiments voyageurs et aménagement extérieur	F	12 857 791,68	1	12 857 791,68
2.4	Études d'assainissement	F	6 443 928,00	1	6 443 928,00
SOUS TOTAL H. T					**147 299 146.5**
3	**TERRASSEMENT**				
3.1	Décapage de la terre végétale	M3	455,95	9882.21	4 505 791.83
3.2	Remblais sélectionnés en provenance d'emprunt	M3	676,20	635148	429 487 077.6
3.3	Travaux des déblais	M3	550.20	517918	284 958 483.6
3.4	Fourniture et mis en œuvre de la Couche de ballast 0/50 Ep=0,30m	M3	6 305,00	20112.1	126 806 790.50
3.5	Fourniture et mis en œuvre de la Couche de sous ballast Ep=0,25m	M3	3 341,80	20309.1	67 848 641.28
3.6	Fourniture Mis en œuvre de la Couche De forme Ep= 0, 35 m	M3	778,32	33480.6	26 058 620.59
SOUS TOTAL H. T					939 665 405.10
4	**TRAVAUX DE LA VOIE**				

4.1	Fourniture et pose de rail UIC 60	T	130 000.00	9 890	1 285 700 000.00
4.2	Fourniture et pose des traverses MONO-BLOC en béton armée	U	10 185,00	16 469	167 736 765.00
4.3	Fourniture et pose d'appareil de voie 1/9 UIC60-300	U	12 800 000.00	16	204 800 000.00
4.4	Fourniture et pose d'appareil de voie 1/12 UIC60- 500	U	15 899 976,16	4	63 599 904.64
4.5	Fourniture des attaches nabla	U	523,80	32 938	17 252 924.4
4.6	Soudage aluminothermique	U	12 300	824	10 135 200.00
SOUS TOTAL H. T					1 749 224 794.04
5	**ASSAINISSEMENT ET OUVRAGES DE DRAINAGE**				
5.1	Fossés trapézoïdaux	ML	11 400,00	9881	112 643 400.00
	Buses de tuyaux en béton armé diamètre 1500mm	ML	156 800,00	12	1 881 600.00
5.2	Buse en béton arme diamètre 1200 mm	ML	152 877,77	72	11 007 199.00
5.3	Les dalots (2m :1.5m)	M3	147 000,00	100	14 700000.00
SOUS TOTAL H. T					**126 855 199.00**
TOTAL FINAL H.T (HORS TAXES)					**3 302 960 796.60**
TVA (19%)					**858 378 923.07**
TOTAL FINAL TTC (TOUTES TAXES COMPRISES)					**4 161 339 720.00**

Le montant totale de projet en toutes taxes comprises s'élevé à :

Quatre-milliards, cent soixante et un millions, trois-cents trente-neuf - milles, sept cent vingt-Dinar Algérien.

Chapitre XII

Conclusion générale

Conclusion générale

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

Ce mémoire me permis de prendre une expérience sur la définition des tracé et profil en long après le choix d'après le choix d'un bon couloir dans l'étude APS, il m'aidé beaucoup sur l'étude géologique, géotechnique et la définition des couches d'assise, il m'a donnée une expérience sur l'étude hydrologique et le dimensionnement des ouvrages hydraulique, c'était une belle opportunité pour moi pour de maitriser quelques logiciels importants pour un projet ferroviaire.

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

Ce mémoire est une excellente occasion pour cerner les problèmes théoriques qui peuvent se présenter dans un projet ferroviaire, de profiter de l'expérience des ingénieurs et des spécialistes expérimentés du domaine d'une part et d'apprendre à suivre une méthodologie rationnelle pour réaliser un projet dans le domaine des travaux publics d'autre part.

ANNEXES

Listing de la géométrie de l'axe en plan

Les Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	173.12gr	2566.582	0+000.000	527788.017	3833176.689
Clothoïde 1	Paramètre	-502.991	110.000	2+566.582	528839.874	3830835.548
Arc 1	Rayon	-2300.000 m	1080.766	2+676.582	528884.153	3830734.857
	Centre X	526764.240 m				
	Centre Y	3829842.686 m				
Clothoïde 2	Paramètre	502.991	110.000	3+757.348	529058.356	3829678.271
Droite 2	Gisement	206.08gr	2113.731	3+867.348	529048.744	3829568.694
Clothoïde 3	Paramètre	-457.165	110.000	5+981.080	528847.276	3827464.586
Arc 2	Rayon	-1900.000 m	1101.390	6+091.080	528835.736	3827355.197
	Centre X	526950.420 m				
	Centre Y	3827590.960 m				
Clothoïde 4	Paramètre	457.165	110.000	7+192.470	528398.607	3826361.020
Droite 3	Gisement	246.67gr	906.659	7+302.470	528325.798	3826278.570
Clothoïde 5	Paramètre	491.935	110.000	8+209.129	527719.129	3825604.788
Arc 3	Rayon	2200.000 m	1231.686	8+319.129	527646.210	3825522.433
	Centre X	529317.424 m				
	Centre Y	3824091.684 m				
Clothoïde 6	Paramètre	-491.935	110.000	9+550.815	527141.532	3824416.478
Droite 4	Gisement	207.84gr	221.390	9+660.815	527127.108	3824307.431
				9+882.206	527099.907	3824087.718
Longueur totale de l'axe 9882.206 mètre(s)						

Listing de géométrie de profile en long

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	0.00 %	1825.522	0+000.000	1204.517
Parabole 1	Rayon	93132.236 m	1448.180	1+825.522	1204.517
	Sommet Absc.	1+825.522 m			
	Sommet Alt.	1204.517 m			
Pente 2	Pente	1.55 %	2381.908	3+273.702	1215.776
Parabole 2	Rayon	-20000.000 m	317.336	5+655.610	1252.814
	Sommet Absc.	5+966.604 m			
	Sommet Alt.	1255.232 m			
Pente 3	Pente	-0.03 %	3908.839	5+972.946	1255.231
				9+881.785	1253.992
Longueur totale de l'axe 9881.785 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 9882.144 mètre(s)					

Décapage de terrain naturel

N°	Caractéristiques			Epaisseur (m)	
	Méthode	Nom	Informations	Gauche	Droite
1	Constant	Totale	0+000.000 -> 9+882.206	0.200	0.200

Cubature des Matériaux

Matériau	Volume cumulé (m3)
BALLAST 0/50	20112.1
SOUS BALLAST 0/31.5	20309.1
COUCHE DE FORME	33480.6

Cubature Déblai /Remblai

Déblai (m3)	Remblai (m3)
517918	635148

Listing de la géométrie de profile en Travers et Tabulation

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Pente long.
PK01	0+000.000	Droite 1	Pente 1	1192.450	1204.517	273.12	527788.017	3833176.689	0.00
PK02	0+025.000	Droite 1	Pente 1	1192.083	1204.517	273.12	527798.263	3833153.885	0.00
PK03	0+050.000	Droite 1	Pente 1	1191.897	1204.517	273.12	527808.508	3833131.081	0.00
PK04	0+075.000	Droite 1	Pente 1	1192.024	1204.517	273.12	527818.754	3833108.277	0.00
PK05	0+100.000	Droite 1	Pente 1	1192.480	1204.517	273.12	527829.000	3833085.473	0.00
PK06	0+125.000	Droite 1	Pente 1	1193.071	1204.517	273.12	527839.245	3833062.669	0.00
PK07	0+150.000	Droite 1	Pente 1	1193.490	1204.517	273.12	527849.491	3833039.865	0.00
PK08	0+175.000	Droite 1	Pente 1	1193.979	1204.517	273.12	527859.737	3833017.061	0.00
PK09	0+200.000	Droite 1	Pente 1	1194.324	1204.517	273.12	527869.983	3832994.256	0.00
PK10	0+225.000	Droite 1	Pente 1	1194.602	1204.517	273.12	527880.228	3832971.452	0.00
PK11	0+250.000	Droite 1	Pente 1	1195.014	1204.517	273.12	527890.474	3832948.648	0.00
PK12	0+275.000	Droite 1	Pente 1	1195.184	1204.517	273.12	527900.720	3832925.844	0.00
PK13	0+300.000	Droite 1	Pente 1	1195.628	1204.517	273.12	527910.965	3832903.040	0.00
PK14	0+325.000	Droite 1	Pente 1	1195.686	1204.517	273.12	527921.211	3832880.236	0.00
PK15	0+350.000	Droite 1	Pente 1	1195.959	1204.517	273.12	527931.457	3832857.432	0.00
PK16	0+375.000	Droite 1	Pente 1	1196.190	1204.517	273.12	527941.702	3832834.628	0.00
PK17	0+400.000	Droite 1	Pente 1	1196.359	1204.517	273.12	527951.948	3832811.824	0.00
PK18	0+425.000	Droite 1	Pente 1	1196.421	1204.517	273.12	527962.194	3832789.020	0.00
PK19	0+450.000	Droite 1	Pente 1	1196.411	1204.517	273.12	527972.440	3832766.216	0.00
PK20	0+475.000	Droite 1	Pente 1	1196.305	1204.517	273.12	527982.685	3832743.412	0.00
PK21	0+500.000	Droite 1	Pente 1	1196.099	1204.517	273.12	527992.931	3832720.608	0.00
PK22	0+525.000	Droite 1	Pente 1	1195.869	1204.517	273.12	528003.177	3832697.804	0.00
PK23	0+550.000	Droite 1	Pente 1	1195.474	1204.517	273.12	528013.422	3832674.999	0.00
PK24	0+575.000	Droite 1	Pente 1	1195.184	1204.517	273.12	528023.668	3832652.195	0.00
PK25	0+600.000	Droite 1	Pente 1	1194.783	1204.517	273.12	528033.914	3832629.391	0.00
PK26	0+625.000	Droite 1	Pente 1	1194.510	1204.517	273.12	528044.159	3832606.587	0.00
PK27	0+650.000	Droite 1	Pente 1	1194.164	1204.517	273.12	528054.405	3832583.783	0.00
PK28	0+675.000	Droite 1	Pente 1	1193.882	1204.517	273.12	528064.651	3832560.979	0.00
PK29	0+700.000	Droite 1	Pente 1	1193.987	1204.517	273.12	528074.897	3832538.175	0.00
PK30	0+725.000	Droite 1	Pente 1	1194.099	1204.517	273.12	528085.142	3832515.371	0.00
PK31	0+750.000	Droite 1	Pente 1	1194.182	1204.517	273.12	528095.388	3832492.567	0.00
PK32	0+775.000	Droite 1	Pente 1	1194.271	1204.517	273.12	528105.634	3832469.763	0.00
PK33	0+800.000	Droite 1	Pente 1	1194.437	1204.517	273.12	528115.879	3832446.959	0.00
PK34	0+825.000	Droite 1	Pente 1	1194.607	1204.517	273.12	528126.125	3832424.155	0.00
PK35	0+850.000	Droite 1	Pente 1	1194.835	1204.517	273.12	528136.371	3832401.351	0.00
PK36	0+875.000	Droite 1	Pente 1	1194.955	1204.517	273.12	528146.616	3832378.547	0.00
PK37	0+900.000	Droite 1	Pente 1	1195.166	1204.517	273.12	528156.862	3832355.742	0.00
PK38	0+925.000	Droite 1	Pente 1	1195.425	1204.517	273.12	528167.108	3832332.938	0.00
PK39	0+950.000	Droite 1	Pente 1	1195.802	1204.517	273.12	528177.354	3832310.134	0.00
PK40	0+975.000	Droite 1	Pente 1	1196.206	1204.517	273.12	528187.599	3832287.330	0.00
PK41	1+000.000	Droite 1	Pente 1	1196.698	1204.517	273.12	528197.845	3832264.526	0.00
PK42	1+025.000	Droite 1	Pente 1	1197.111	1204.517	273.12	528208.091	3832241.722	0.00
PK43	1+050.000	Droite 1	Pente 1	1197.559	1204.517	273.12	528218.336	3832218.918	0.00
PK44	1+075.000	Droite 1	Pente 1	1197.866	1204.517	273.12	528228.582	3832196.114	0.00
PK45	1+100.000	Droite 1	Pente 1	1198.359	1204.517	273.12	528238.828	3832173.310	0.00
PK46	1+125.000	Droite 1	Pente 1	1198.773	1204.517	273.12	528249.073	3832150.506	0.00
PK47	1+150.000	Droite 1	Pente 1	1198.819	1204.517	273.12	528259.319	3832127.702	0.00
PK48	1+175.000	Droite 1	Pente 1	1199.158	1204.517	273.12	528269.565	3832104.898	0.00
PK49	1+200.000	Droite 1	Pente 1	1199.497	1204.517	273.12	528279.811	3832082.094	0.00
PK50	1+225.000	Droite 1	Pente 1	1199.632	1204.517	273.12	528290.056	3832059.290	0.00

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Pente long.
PK51	1+250.000	Droite 1	Pente 1	1199.838	1204.517	273.12	528300.302	3832036.485	0.00
PK52	1+275.000	Droite 1	Pente 1	1200.040	1204.517	273.12	528310.548	3832013.681	0.00
PK53	1+300.000	Droite 1	Pente 1	1200.325	1204.517	273.12	528320.793	3831990.877	0.00
PK54	1+325.000	Droite 1	Pente 1	1200.815	1204.517	273.12	528331.039	3831968.073	0.00
PK55	1+350.000	Droite 1	Pente 1	1200.845	1204.517	273.12	528341.285	3831945.269	0.00
PK56	1+375.000	Droite 1	Pente 1	1201.097	1204.517	273.12	528351.530	3831922.465	0.00
PK57	1+400.000	Droite 1	Pente 1	1201.295	1204.517	273.12	528361.776	3831899.661	0.00
PK58	1+425.000	Droite 1	Pente 1	1201.538	1204.517	273.12	528372.022	3831876.857	0.00
PK59	1+450.000	Droite 1	Pente 1	1201.825	1204.517	273.12	528382.268	3831854.053	0.00
PK60	1+475.000	Droite 1	Pente 1	1202.214	1204.517	273.12	528392.513	3831831.249	0.00
PK61	1+500.000	Droite 1	Pente 1	1202.722	1204.517	273.12	528402.759	3831808.445	0.00
PK62	1+525.000	Droite 1	Pente 1	1203.043	1204.517	273.12	528413.005	3831785.641	0.00
PK63	1+550.000	Droite 1	Pente 1	1203.500	1204.517	273.12	528423.250	3831762.837	0.00
PK64	1+575.000	Droite 1	Pente 1	1203.855	1204.517	273.12	528433.496	3831740.033	0.00
PK65	1+600.000	Droite 1	Pente 1	1204.237	1204.517	273.12	528443.742	3831717.228	0.00
PK66	1+625.000	Droite 1	Pente 1	1204.449	1204.517	273.12	528453.987	3831694.424	0.00
PK67	1+650.000	Droite 1	Pente 1	1204.728	1204.517	273.12	528464.233	3831671.620	0.00
PK68	1+675.000	Droite 1	Pente 1	1205.049	1204.517	273.12	528474.479	3831648.816	0.00
PK69	1+700.000	Droite 1	Pente 1	1205.333	1204.517	273.12	528484.725	3831626.012	0.00
PK70	1+725.000	Droite 1	Pente 1	1205.627	1204.517	273.12	528494.970	3831603.208	0.00
PK71	1+750.000	Droite 1	Pente 1	1205.632	1204.517	273.12	528505.216	3831580.404	0.00
PK72	1+775.000	Droite 1	Pente 1	1205.729	1204.517	273.12	528515.462	3831557.600	0.00
PK73	1+800.000	Droite 1	Pente 1	1205.745	1204.517	273.12	528525.707	3831534.796	0.00
PK74	1+825.000	Droite 1	Pente 1	1205.899	1204.517	273.12	528535.953	3831511.992	0.00
PK75	1+850.000	Droite 1	Parabole 1	1205.781	1204.520	273.12	528546.199	3831489.188	0.03
PK76	1+875.000	Droite 1	Parabole 1	1205.904	1204.530	273.12	528556.444	3831466.384	0.05
PK77	1+900.000	Droite 1	Parabole 1	1205.904	1204.547	273.12	528566.690	3831443.580	0.08
PK78	1+925.000	Droite 1	Parabole 1	1205.961	1204.570	273.12	528576.936	3831420.776	0.11
PK79	1+950.000	Droite 1	Parabole 1	1205.986	1204.600	273.12	528587.182	3831397.971	0.13
PK80	1+975.000	Droite 1	Parabole 1	1206.091	1204.637	273.12	528597.427	3831375.167	0.16
PK81	2+000.000	Droite 1	Parabole 1	1206.184	1204.680	273.12	528607.673	3831352.363	0.19
PK82	2+025.000	Droite 1	Parabole 1	1206.146	1204.731	273.12	528617.919	3831329.559	0.21
PK83	2+050.000	Droite 1	Parabole 1	1206.354	1204.788	273.12	528628.164	3831306.755	0.24
PK84	2+075.000	Droite 1	Parabole 1	1206.703	1204.851	273.12	528638.410	3831283.951	0.27
PK85	2+100.000	Droite 1	Parabole 1	1206.960	1204.922	273.12	528648.656	3831261.147	0.29
PK86	2+125.000	Droite 1	Parabole 1	1207.106	1204.999	273.12	528658.901	3831238.343	0.32
PK87	2+150.000	Droite 1	Parabole 1	1207.416	1205.082	273.12	528669.147	3831215.539	0.35
PK88	2+175.000	Droite 1	Parabole 1	1207.563	1205.173	273.12	528679.393	3831192.735	0.38
PK89	2+200.000	Droite 1	Parabole 1	1207.735	1205.270	273.12	528689.638	3831169.931	0.40
PK90	2+225.000	Droite 1	Parabole 1	1207.988	1205.374	273.12	528699.884	3831147.127	0.43
PK91	2+250.000	Droite 1	Parabole 1	1208.128	1205.484	273.12	528710.130	3831124.323	0.46
PK92	2+275.000	Droite 1	Parabole 1	1208.236	1205.602	273.12	528720.376	3831101.519	0.48
PK93	2+300.000	Droite 1	Parabole 1	1208.692	1205.726	273.12	528730.621	3831078.714	0.51
PK94	2+325.000	Droite 1	Parabole 1	1208.046	1205.856	273.12	528740.867	3831055.910	0.54
PK95	2+350.000	Droite 1	Parabole 1	1208.290	1205.994	273.12	528751.113	3831033.106	0.56
PK96	2+375.000	Droite 1	Parabole 1	1208.249	1206.138	273.12	528761.358	3831010.302	0.59
PK97	2+400.000	Droite 1	Parabole 1	1208.410	1206.289	273.12	528771.604	3830987.498	0.62
PK98	2+425.000	Droite 1	Parabole 1	1209.230	1206.446	273.12	528781.850	3830964.694	0.64
PK99	2+450.000	Droite 1	Parabole 1	1209.536	1206.611	273.12	528792.095	3830941.890	0.67
PK100	2+475.000	Droite 1	Parabole 1	1209.782	1206.782	273.12	528802.341	3830919.086	0.70
PK101	2+500.000	Droite 1	Parabole 1	1209.904	1206.959	273.12	528812.587	3830896.282	0.72
PK102	2+525.000	Droite 1	Parabole 1	1210.142	1207.144	273.12	528822.833	3830873.478	0.75
PK103	2+550.000	Droite 1	Parabole 1	1210.337	1207.335	273.12	528833.078	3830850.674	0.78
PK104	2+575.000	Clothoïde 1	Parabole 1	1210.517	1207.533	273.13	528843.324	3830827.870	0.80
PK105	2+600.000	Clothoïde 1	Parabole 1	1210.830	1207.737	273.26	528853.547	3830805.056	0.83
PK106	2+625.000	Clothoïde 1	Parabole 1	1211.224	1207.949	273.55	528863.695	3830782.208	0.86
PK107	2+650.000	Clothoïde 1	Parabole 1	1211.364	1208.167	273.99	528873.712	3830759.302	0.89
PK108	2+675.000	Clothoïde 1	Parabole 1	1210.983	1208.391	274.60	528883.539	3830736.315	0.91
PK109	2+700.000	Arc 1	Parabole 1	1209.834	1208.623	275.29	528893.127	3830713.226	0.94
PK110	2+725.000	Arc 1	Parabole 1	1208.931	1208.861	275.98	528902.463	3830690.035	0.97
PK111	2+750.000	Arc 1	Parabole 1	1208.392	1209.105	276.67	528911.547	3830666.744	0.99

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Pente long.
PK112	2+775.000	Arc 1	Parabole 1	1208.284	1209.357	277.36	528920.377	3830643.356	1.02
PK113	2+800.000	Arc 1	Parabole 1	1208.348	1209.615	278.06	528928.952	3830619.873	1.05
PK114	2+825.000	Arc 1	Parabole 1	1208.174	1209.880	278.75	528937.272	3830596.298	1.07
PK115	2+850.000	Arc 1	Parabole 1	1208.518	1210.152	279.44	528945.335	3830572.634	1.10
PK116	2+875.000	Arc 1	Parabole 1	1209.225	1210.430	280.13	528953.140	3830548.884	1.13
PK117	2+900.000	Arc 1	Parabole 1	1209.720	1210.715	280.82	528960.687	3830525.050	1.15
PK118	2+925.000	Arc 1	Parabole 1	1210.428	1211.007	281.52	528967.974	3830501.136	1.18
PK119	2+950.000	Arc 1	Parabole 1	1211.076	1211.306	282.21	528975.001	3830477.144	1.21
PK120	2+975.000	Arc 1	Parabole 1	1211.006	1211.611	282.90	528981.766	3830453.077	1.23
PK121	3+000.000	Arc 1	Parabole 1	1211.404	1211.923	283.59	528988.270	3830428.937	1.26
PK122	3+025.000	Arc 1	Parabole 1	1211.940	1212.241	284.28	528994.510	3830404.729	1.29
PK123	3+050.000	Arc 1	Parabole 1	1211.734	1212.567	284.98	529000.488	3830380.454	1.31
PK124	3+075.000	Arc 1	Parabole 1	1211.607	1212.899	285.67	529006.201	3830356.116	1.34
PK125	3+100.000	Arc 1	Parabole 1	1211.765	1213.237	286.36	529011.649	3830331.717	1.37
PK126	3+125.000	Arc 1	Parabole 1	1212.236	1213.583	287.05	529016.832	3830307.260	1.40
PK127	3+150.000	Arc 1	Parabole 1	1213.205	1213.935	287.74	529021.748	3830282.748	1.42
PK128	3+175.000	Arc 1	Parabole 1	1213.889	1214.294	288.44	529026.398	3830258.185	1.45
PK129	3+200.000	Arc 1	Parabole 1	1213.919	1214.660	289.13	529030.781	3830233.572	1.48
PK130	3+225.000	Arc 1	Parabole 1	1213.761	1215.032	289.82	529034.895	3830208.913	1.50
PK131	3+250.000	Arc 1	Parabole 1	1213.621	1215.411	290.51	529038.742	3830184.211	1.53
PK132	3+275.000	Arc 1	Pente 2	1213.966	1215.797	291.20	529042.320	3830159.468	1.55
PK133	3+300.000	Arc 1	Pente 2	1214.691	1216.185	291.90	529045.628	3830134.688	1.55
PK134	3+325.000	Arc 1	Pente 2	1215.366	1216.574	292.59	529048.668	3830109.874	1.55
PK135	3+350.000	Arc 1	Pente 2	1216.182	1216.963	293.28	529051.437	3830085.028	1.55
PK136	3+375.000	Arc 1	Pente 2	1217.112	1217.352	293.97	529053.936	3830060.153	1.55
PK137	3+400.000	Arc 1	Pente 2	1217.399	1217.740	294.66	529056.164	3830035.253	1.55
PK138	3+425.000	Arc 1	Pente 2	1217.697	1218.129	295.36	529058.122	3830010.330	1.55
PK139	3+450.000	Arc 1	Pente 2	1217.598	1218.518	296.05	529059.809	3829985.387	1.55
PK140	3+475.000	Arc 1	Pente 2	1217.217	1218.907	296.74	529061.224	3829960.427	1.55
PK141	3+500.000	Arc 1	Pente 2	1216.971	1219.295	297.43	529062.368	3829935.453	1.55
PK142	3+525.000	Arc 1	Pente 2	1217.258	1219.684	298.12	529063.241	3829910.469	1.55
PK143	3+550.000	Arc 1	Pente 2	1217.308	1220.073	298.82	529063.842	3829885.476	1.55
PK144	3+575.000	Arc 1	Pente 2	1217.783	1220.462	299.51	529064.171	3829860.478	1.55
PK145	3+600.000	Arc 1	Pente 2	1218.498	1220.850	300.20	529064.228	3829835.479	1.55
PK146	3+625.000	Arc 1	Pente 2	1219.494	1221.239	300.89	529064.014	3829810.480	1.55
PK147	3+650.000	Arc 1	Pente 2	1219.986	1221.628	301.58	529063.528	3829785.485	1.55
PK148	3+675.000	Arc 1	Pente 2	1220.225	1222.017	302.28	529062.771	3829760.496	1.55
PK149	3+700.000	Arc 1	Pente 2	1220.535	1222.405	302.97	529061.742	3829735.517	1.55
PK150	3+725.000	Arc 1	Pente 2	1221.028	1222.794	303.66	529060.441	3829710.551	1.55
PK151	3+750.000	Arc 1	Pente 2	1221.581	1223.183	304.35	529058.869	3829685.601	1.55
PK152	3+775.000	Clothoïde 2	Pente 2	1222.072	1223.571	305.00	529057.030	3829660.669	1.55
PK153	3+800.000	Clothoïde 2	Pente 2	1222.658	1223.960	305.51	529054.963	3829635.755	1.55
PK154	3+825.000	Clothoïde 2	Pente 2	1223.221	1224.349	305.85	529052.731	3829610.854	1.55
PK155	3+850.000	Clothoïde 2	Pente 2	1223.739	1224.738	306.04	529050.394	3829585.964	1.55
PK156	3+875.000	Droite 2	Pente 2	1224.512	1225.126	306.08	529048.015	3829561.077	1.55
PK157	3+900.000	Droite 2	Pente 2	1225.187	1225.515	306.08	529045.632	3829536.191	1.55
PK158	3+925.000	Droite 2	Pente 2	1225.787	1225.904	306.08	529043.249	3829511.305	1.55
PK159	3+950.000	Droite 2	Pente 2	1226.339	1226.293	306.08	529040.866	3829486.419	1.55
PK160	3+975.000	Droite 2	Pente 2	1226.770	1226.681	306.08	529038.484	3829461.533	1.55
PK161	4+000.000	Droite 2	Pente 2	1227.039	1227.070	306.08	529036.101	3829436.646	1.55
PK162	4+025.000	Droite 2	Pente 2	1227.262	1227.459	306.08	529033.718	3829411.760	1.55
PK163	4+050.000	Droite 2	Pente 2	1227.533	1227.848	306.08	529031.335	3829386.874	1.55
PK164	4+075.000	Droite 2	Pente 2	1227.682	1228.236	306.08	529028.952	3829361.988	1.55
PK165	4+100.000	Droite 2	Pente 2	1227.952	1228.625	306.08	529026.569	3829337.102	1.55
PK166	4+125.000	Droite 2	Pente 2	1228.356	1229.014	306.08	529024.187	3829312.216	1.55
PK167	4+150.000	Droite 2	Pente 2	1228.669	1229.403	306.08	529021.804	3829287.329	1.55
PK168	4+175.000	Droite 2	Pente 2	1228.984	1229.791	306.08	529019.421	3829262.443	1.55
PK169	4+200.000	Droite 2	Pente 2	1229.552	1230.180	306.08	529017.038	3829237.557	1.55
PK170	4+225.000	Droite 2	Pente 2	1230.023	1230.569	306.08	529014.655	3829212.671	1.55
PK171	4+250.000	Droite 2	Pente 2	1230.204	1230.958	306.08	529012.272	3829187.785	1.55
PK172	4+275.000	Droite 2	Pente 2	1230.638	1231.346	306.08	529009.889	3829162.898	1.55

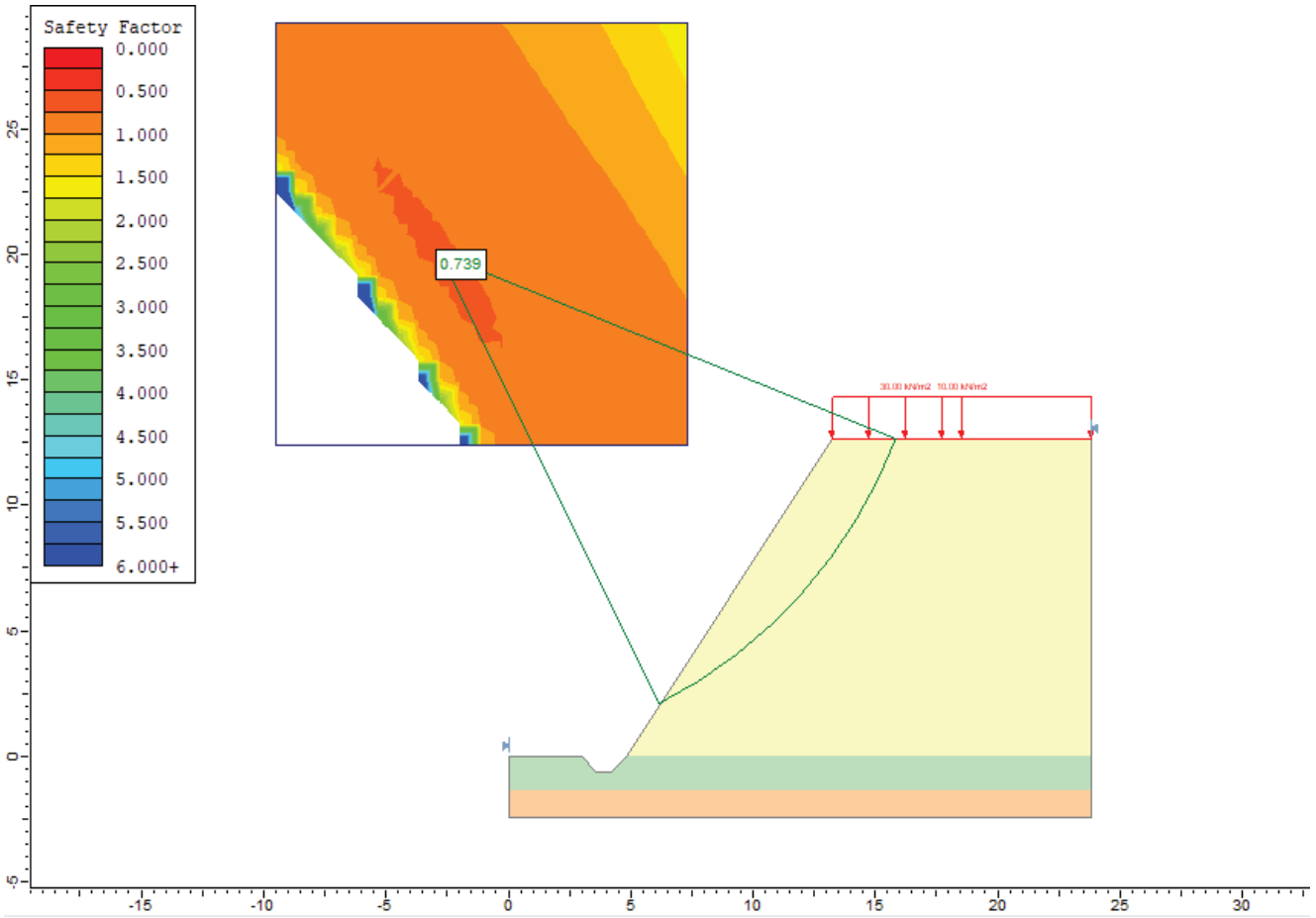
Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Pente long.
PK173	4+300.000	Droite 2	Pente 2	1230.764	1231.735	306.08	529007.507	3829138.012	1.55
PK174	4+325.000	Droite 2	Pente 2	1230.630	1232.124	306.08	529005.124	3829113.126	1.55
PK175	4+350.000	Droite 2	Pente 2	1230.914	1232.513	306.08	529002.741	3829088.240	1.55
PK176	4+375.000	Droite 2	Pente 2	1231.759	1232.901	306.08	529000.358	3829063.354	1.55
PK177	4+400.000	Droite 2	Pente 2	1232.443	1233.290	306.08	528997.975	3829038.468	1.55
PK178	4+425.000	Droite 2	Pente 2	1233.273	1233.679	306.08	528995.592	3829013.581	1.55
PK179	4+450.000	Droite 2	Pente 2	1234.003	1234.068	306.08	528993.209	3828988.695	1.55
PK180	4+475.000	Droite 2	Pente 2	1234.752	1234.456	306.08	528990.827	3828963.809	1.55
PK181	4+500.000	Droite 2	Pente 2	1235.503	1234.845	306.08	528988.444	3828938.923	1.55
PK182	4+525.000	Droite 2	Pente 2	1236.227	1235.234	306.08	528986.061	3828914.037	1.55
PK183	4+550.000	Droite 2	Pente 2	1236.933	1235.623	306.08	528983.678	3828889.150	1.55
PK184	4+575.000	Droite 2	Pente 2	1237.541	1236.011	306.08	528981.295	3828864.264	1.55
PK185	4+600.000	Droite 2	Pente 2	1238.053	1236.400	306.08	528978.912	3828839.378	1.55
PK186	4+625.000	Droite 2	Pente 2	1238.627	1236.789	306.08	528976.529	3828814.492	1.55
PK187	4+650.000	Droite 2	Pente 2	1239.203	1237.177	306.08	528974.147	3828789.606	1.55
PK188	4+675.000	Droite 2	Pente 2	1239.791	1237.566	306.08	528971.764	3828764.720	1.55
PK189	4+700.000	Droite 2	Pente 2	1240.478	1237.955	306.08	528969.381	3828739.833	1.55
PK190	4+725.000	Droite 2	Pente 2	1241.088	1238.344	306.08	528966.998	3828714.947	1.55
PK191	4+750.000	Droite 2	Pente 2	1241.648	1238.732	306.08	528964.615	3828690.061	1.55
PK192	4+775.000	Droite 2	Pente 2	1242.136	1239.121	306.08	528962.232	3828665.175	1.55
PK193	4+800.000	Droite 2	Pente 2	1242.620	1239.510	306.08	528959.849	3828640.289	1.55
PK194	4+825.000	Droite 2	Pente 2	1243.022	1239.899	306.08	528957.467	3828615.402	1.55
PK195	4+850.000	Droite 2	Pente 2	1243.474	1240.287	306.08	528955.084	3828590.516	1.55
PK196	4+875.000	Droite 2	Pente 2	1243.849	1240.676	306.08	528952.701	3828565.630	1.55
PK197	4+900.000	Droite 2	Pente 2	1244.273	1241.065	306.08	528950.318	3828540.744	1.55
PK198	4+925.000	Droite 2	Pente 2	1244.698	1241.454	306.08	528947.935	3828515.858	1.55
PK199	4+950.000	Droite 2	Pente 2	1245.109	1241.842	306.08	528945.552	3828490.972	1.55
PK200	4+975.000	Droite 2	Pente 2	1245.406	1242.231	306.08	528943.169	3828466.085	1.55
PK201	5+000.000	Droite 2	Pente 2	1245.760	1242.620	306.08	528940.787	3828441.199	1.55
PK202	5+025.000	Droite 2	Pente 2	1245.935	1243.009	306.08	528938.404	3828416.313	1.55
PK203	5+050.000	Droite 2	Pente 2	1246.093	1243.397	306.08	528936.021	3828391.427	1.55
PK204	5+075.000	Droite 2	Pente 2	1246.247	1243.786	306.08	528933.638	3828366.541	1.55
PK205	5+100.000	Droite 2	Pente 2	1246.183	1244.175	306.08	528931.255	3828341.654	1.55
PK206	5+125.000	Droite 2	Pente 2	1245.946	1244.564	306.08	528928.872	3828316.768	1.55
PK207	5+150.000	Droite 2	Pente 2	1245.638	1244.952	306.08	528926.490	3828291.882	1.55
PK208	5+175.000	Droite 2	Pente 2	1244.954	1245.341	306.08	528924.107	3828266.996	1.55
PK209	5+200.000	Droite 2	Pente 2	1243.938	1245.730	306.08	528921.724	3828242.110	1.55
PK210	5+225.000	Droite 2	Pente 2	1242.936	1246.119	306.08	528919.341	3828217.224	1.55
PK211	5+250.000	Droite 2	Pente 2	1241.600	1246.507	306.08	528916.958	3828192.337	1.55
PK212	5+275.000	Droite 2	Pente 2	1241.062	1246.896	306.08	528914.575	3828167.451	1.55
PK213	5+300.000	Droite 2	Pente 2	1240.084	1247.285	306.08	528912.192	3828142.565	1.55
PK214	5+325.000	Droite 2	Pente 2	1239.403	1247.674	306.08	528909.810	3828117.679	1.55
PK215	5+350.000	Droite 2	Pente 2	1238.705	1248.062	306.08	528907.427	3828092.793	1.55
PK216	5+375.000	Droite 2	Pente 2	1238.173	1248.451	306.08	528905.044	3828067.906	1.55
PK217	5+400.000	Droite 2	Pente 2	1237.942	1248.840	306.08	528902.661	3828043.020	1.55
PK218	5+425.000	Droite 2	Pente 2	1238.902	1249.229	306.08	528900.278	3828018.134	1.55
PK219	5+450.000	Droite 2	Pente 2	1240.545	1249.617	306.08	528897.895	3827993.248	1.55
PK220	5+475.000	Droite 2	Pente 2	1242.267	1250.006	306.08	528895.512	3827968.362	1.55
PK221	5+500.000	Droite 2	Pente 2	1243.753	1250.395	306.08	528893.130	3827943.476	1.55
PK222	5+525.000	Droite 2	Pente 2	1244.692	1250.783	306.08	528890.747	3827918.589	1.55
PK223	5+550.000	Droite 2	Pente 2	1245.465	1251.172	306.08	528888.364	3827893.703	1.55
PK224	5+575.000	Droite 2	Pente 2	1245.985	1251.561	306.08	528885.981	3827868.817	1.55
PK225	5+600.000	Droite 2	Pente 2	1246.540	1251.950	306.08	528883.598	3827843.931	1.55
PK226	5+625.000	Droite 2	Pente 2	1247.829	1252.338	306.08	528881.215	3827819.045	1.55
PK227	5+650.000	Droite 2	Pente 2	1249.144	1252.727	306.08	528878.832	3827794.158	1.55
PK228	5+675.000	Droite 2	Parabole 2	1250.387	1253.107	306.08	528876.450	3827769.272	1.46
PK229	5+700.000	Droite 2	Parabole 2	1251.421	1253.455	306.08	528874.067	3827744.386	1.33
PK230	5+725.000	Droite 2	Parabole 2	1252.343	1253.773	306.08	528871.684	3827719.500	1.21
PK231	5+750.000	Droite 2	Parabole 2	1253.249	1254.059	306.08	528869.301	3827694.614	1.08
PK232	5+775.000	Droite 2	Parabole 2	1254.122	1254.315	306.08	528866.918	3827669.728	0.96
PK233	5+800.000	Droite 2	Parabole 2	1254.907	1254.538	306.08	528864.535	3827644.841	0.83

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Pente long.
PK234	5+825.000	Droite 2	Parabole 2	1255.532	1254.731	306.08	528862.152	3827619.955	0.71
PK235	5+850.000	Droite 2	Parabole 2	1255.885	1254.892	306.08	528859.770	3827595.069	0.58
PK236	5+875.000	Droite 2	Parabole 2	1256.054	1255.023	306.08	528857.387	3827570.183	0.46
PK237	5+900.000	Droite 2	Parabole 2	1256.222	1255.121	306.08	528855.004	3827545.297	0.33
PK238	5+925.000	Droite 2	Parabole 2	1256.375	1255.189	306.08	528852.621	3827520.410	0.21
PK239	5+950.000	Droite 2	Parabole 2	1256.736	1255.225	306.08	528850.238	3827495.524	0.08
PK240	5+975.000	Droite 2	Pente 3	1257.445	1255.231	306.08	528847.855	3827470.638	-0.03
PK241	6+000.000	Clothoïde 3	Pente 3	1258.205	1255.223	306.13	528845.467	3827445.752	-0.03
PK242	6+025.000	Clothoïde 3	Pente 3	1259.019	1255.215	306.37	528843.022	3827420.872	-0.03
PK243	6+050.000	Clothoïde 3	Pente 3	1259.485	1255.207	306.80	528840.447	3827396.005	-0.03
PK244	6+075.000	Clothoïde 3	Pente 3	1259.750	1255.199	307.42	528837.667	3827371.161	-0.03
PK245	6+100.000	Arc 2	Pente 3	1260.432	1255.191	308.22	528834.608	3827346.349	-0.03
PK246	6+125.000	Arc 2	Pente 3	1261.082	1255.183	309.06	528831.226	3827321.578	-0.03
PK247	6+150.000	Arc 2	Pente 3	1261.645	1255.175	309.89	528827.519	3827296.855	-0.03
PK248	6+175.000	Arc 2	Pente 3	1261.957	1255.167	310.73	528823.487	3827272.183	-0.03
PK249	6+200.000	Arc 2	Pente 3	1262.154	1255.159	311.57	528819.131	3827247.565	-0.03
PK250	6+225.000	Arc 2	Pente 3	1261.787	1255.151	312.41	528814.451	3827223.007	-0.03
PK251	6+250.000	Arc 2	Pente 3	1261.310	1255.144	313.24	528809.448	3827198.513	-0.03
PK252	6+275.000	Arc 2	Pente 3	1260.810	1255.136	314.08	528804.123	3827174.087	-0.03
PK253	6+300.000	Arc 2	Pente 3	1260.339	1255.128	314.92	528798.478	3827149.733	-0.03
PK254	6+325.000	Arc 2	Pente 3	1259.662	1255.120	315.76	528792.512	3827125.455	-0.03
PK255	6+350.000	Arc 2	Pente 3	1259.648	1255.112	316.60	528786.228	3827101.258	-0.03
PK256	6+375.000	Arc 2	Pente 3	1259.455	1255.104	317.43	528779.626	3827077.146	-0.03
PK257	6+400.000	Arc 2	Pente 3	1259.199	1255.096	318.27	528772.707	3827053.123	-0.03
PK258	6+425.000	Arc 2	Pente 3	1258.914	1255.088	319.11	528765.473	3827029.192	-0.03
PK259	6+450.000	Arc 2	Pente 3	1258.857	1255.080	319.95	528757.924	3827005.359	-0.03
PK260	6+475.000	Arc 2	Pente 3	1258.749	1255.072	320.78	528750.063	3826981.628	-0.03
PK261	6+500.000	Arc 2	Pente 3	1258.719	1255.064	321.62	528741.890	3826958.002	-0.03
PK262	6+525.000	Arc 2	Pente 3	1258.504	1255.056	322.46	528733.406	3826934.485	-0.03
PK263	6+550.000	Arc 2	Pente 3	1257.929	1255.048	323.30	528724.614	3826911.082	-0.03
PK264	6+575.000	Arc 2	Pente 3	1257.435	1255.040	324.13	528715.515	3826887.797	-0.03
PK265	6+600.000	Arc 2	Pente 3	1257.104	1255.033	324.97	528706.111	3826864.634	-0.03
PK266	6+625.000	Arc 2	Pente 3	1256.861	1255.025	325.81	528696.402	3826841.596	-0.03
PK267	6+650.000	Arc 2	Pente 3	1256.813	1255.017	326.65	528686.391	3826818.688	-0.03
PK268	6+675.000	Arc 2	Pente 3	1257.035	1255.009	327.48	528676.080	3826795.914	-0.03
PK269	6+700.000	Arc 2	Pente 3	1256.840	1255.001	328.32	528665.469	3826773.278	-0.03
PK270	6+725.000	Arc 2	Pente 3	1256.698	1254.993	329.16	528654.562	3826750.783	-0.03
PK271	6+750.000	Arc 2	Pente 3	1256.505	1254.985	330.00	528643.360	3826728.433	-0.03
PK272	6+775.000	Arc 2	Pente 3	1256.172	1254.977	330.84	528631.865	3826706.233	-0.03
PK273	6+800.000	Arc 2	Pente 3	1255.980	1254.969	331.67	528620.078	3826684.186	-0.03
PK274	6+825.000	Arc 2	Pente 3	1255.950	1254.961	332.51	528608.003	3826662.296	-0.03
PK275	6+850.000	Arc 2	Pente 3	1255.864	1254.953	333.35	528595.641	3826640.566	-0.03
PK276	6+875.000	Arc 2	Pente 3	1255.763	1254.945	334.19	528582.993	3826619.002	-0.03
PK277	6+900.000	Arc 2	Pente 3	1255.719	1254.937	335.02	528570.064	3826597.605	-0.03
PK278	6+925.000	Arc 2	Pente 3	1255.580	1254.929	335.86	528556.853	3826576.381	-0.03
PK279	6+950.000	Arc 2	Pente 3	1255.460	1254.922	336.70	528543.365	3826555.332	-0.03
PK280	6+975.000	Arc 2	Pente 3	1255.463	1254.914	337.54	528529.601	3826534.462	-0.03
PK281	7+000.000	Arc 2	Pente 3	1255.806	1254.906	338.37	528515.563	3826513.776	-0.03
PK282	7+025.000	Arc 2	Pente 3	1256.208	1254.898	339.21	528501.254	3826493.275	-0.03
PK283	7+050.000	Arc 2	Pente 3	1256.874	1254.890	340.05	528486.677	3826472.965	-0.03
PK284	7+075.000	Arc 2	Pente 3	1257.414	1254.882	340.89	528471.834	3826452.849	-0.03
PK285	7+100.000	Arc 2	Pente 3	1257.623	1254.874	341.73	528456.728	3826432.929	-0.03
PK286	7+125.000	Arc 2	Pente 3	1257.485	1254.866	342.56	528441.361	3826413.210	-0.03
PK287	7+150.000	Arc 2	Pente 3	1257.024	1254.858	343.40	528425.735	3826393.695	-0.03
PK288	7+175.000	Arc 2	Pente 3	1256.024	1254.850	344.24	528409.855	3826374.387	-0.03
PK289	7+200.000	Clothoïde 4	Pente 3	1254.838	1254.842	345.07	528393.722	3826355.290	-0.03
PK290	7+225.000	Clothoïde 4	Pente 3	1253.744	1254.834	345.75	528377.359	3826336.389	-0.03
PK291	7+250.000	Clothoïde 4	Pente 3	1252.851	1254.826	346.25	528360.821	3826317.640	-0.03
PK292	7+275.000	Clothoïde 4	Pente 3	1252.278	1254.819	346.55	528344.167	3826298.995	-0.03
PK293	7+300.000	Clothoïde 4	Pente 3	1251.322	1254.811	346.67	528327.451	3826280.406	-0.03
PK294	7+325.000	Droite 3	Pente 3	1251.556	1254.803	346.67	528310.723	3826261.827	-0.03

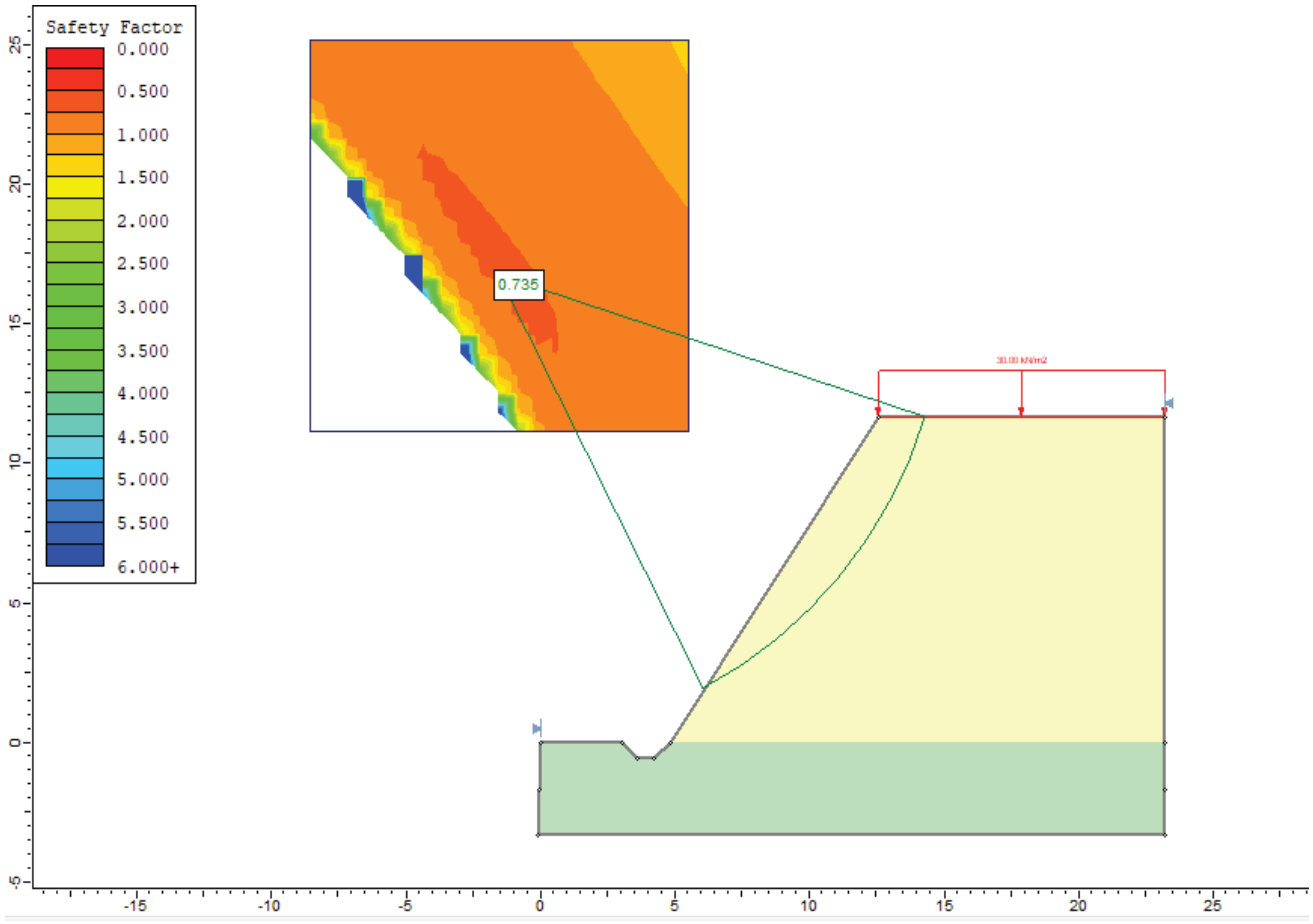
Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Pente long.
PK295	7+350.000	Droite 3	Pente 3	1251.564	1254.795	346.67	528293.995	3826243.248	-0.03
PK296	7+375.000	Droite 3	Pente 3	1251.332	1254.787	346.67	528277.266	3826224.670	-0.03
PK297	7+400.000	Droite 3	Pente 3	1251.947	1254.779	346.67	528260.538	3826206.091	-0.03
PK298	7+425.000	Droite 3	Pente 3	1251.451	1254.771	346.67	528243.810	3826187.512	-0.03
PK299	7+450.000	Droite 3	Pente 3	1251.533	1254.763	346.67	528227.082	3826168.933	-0.03
PK300	7+475.000	Droite 3	Pente 3	1252.842	1254.755	346.67	528210.354	3826150.355	-0.03
PK301	7+500.000	Droite 3	Pente 3	1254.227	1254.747	346.67	528193.626	3826131.776	-0.03
PK302	7+525.000	Droite 3	Pente 3	1255.477	1254.739	346.67	528176.897	3826113.197	-0.03
PK303	7+550.000	Droite 3	Pente 3	1256.703	1254.731	346.67	528160.169	3826094.619	-0.03
PK304	7+575.000	Droite 3	Pente 3	1257.914	1254.723	346.67	528143.441	3826076.040	-0.03
PK305	7+600.000	Droite 3	Pente 3	1258.860	1254.715	346.67	528126.713	3826057.461	-0.03
PK306	7+625.000	Droite 3	Pente 3	1259.668	1254.708	346.67	528109.985	3826038.882	-0.03
PK307	7+650.000	Droite 3	Pente 3	1260.459	1254.700	346.67	528093.257	3826020.304	-0.03
PK308	7+675.000	Droite 3	Pente 3	1261.184	1254.692	346.67	528076.528	3826001.725	-0.03
PK309	7+700.000	Droite 3	Pente 3	1261.896	1254.684	346.67	528059.800	3825983.146	-0.03
PK310	7+725.000	Droite 3	Pente 3	1262.147	1254.676	346.67	528043.072	3825964.568	-0.03
PK311	7+750.000	Droite 3	Pente 3	1262.283	1254.668	346.67	528026.344	3825945.989	-0.03
PK312	7+775.000	Droite 3	Pente 3	1262.294	1254.660	346.67	528009.616	3825927.410	-0.03
PK313	7+800.000	Droite 3	Pente 3	1262.306	1254.652	346.67	527992.888	3825908.831	-0.03
PK314	7+825.000	Droite 3	Pente 3	1262.018	1254.644	346.67	527976.159	3825890.253	-0.03
PK315	7+850.000	Droite 3	Pente 3	1261.911	1254.636	346.67	527959.431	3825871.674	-0.03
PK316	7+875.000	Droite 3	Pente 3	1261.912	1254.628	346.67	527942.703	3825853.095	-0.03
PK317	7+900.000	Droite 3	Pente 3	1261.833	1254.620	346.67	527925.975	3825834.517	-0.03
PK318	7+925.000	Droite 3	Pente 3	1261.646	1254.612	346.67	527909.247	3825815.938	-0.03
PK319	7+950.000	Droite 3	Pente 3	1261.509	1254.604	346.67	527892.519	3825797.359	-0.03
PK320	7+975.000	Droite 3	Pente 3	1261.529	1254.597	346.67	527875.790	3825778.780	-0.03
PK321	8+000.000	Droite 3	Pente 3	1261.718	1254.589	346.67	527859.062	3825760.202	-0.03
PK322	8+025.000	Droite 3	Pente 3	1262.002	1254.581	346.67	527842.334	3825741.623	-0.03
PK323	8+050.000	Droite 3	Pente 3	1262.799	1254.573	346.67	527825.606	3825723.044	-0.03
PK324	8+075.000	Droite 3	Pente 3	1263.549	1254.565	346.67	527808.878	3825704.466	-0.03
PK325	8+100.000	Droite 3	Pente 3	1264.280	1254.557	346.67	527792.150	3825685.887	-0.03
PK326	8+125.000	Droite 3	Pente 3	1264.929	1254.549	346.67	527775.422	3825667.308	-0.03
PK327	8+150.000	Droite 3	Pente 3	1265.614	1254.541	346.67	527758.693	3825648.729	-0.03
PK328	8+175.000	Droite 3	Pente 3	1265.274	1254.533	346.67	527741.965	3825630.151	-0.03
PK329	8+200.000	Droite 3	Pente 3	1264.816	1254.525	346.67	527725.237	3825611.572	-0.03
PK330	8+225.000	Clothoïde 5	Pente 3	1264.462	1254.517	346.63	527708.511	3825592.991	-0.03
PK331	8+250.000	Clothoïde 5	Pente 3	1263.934	1254.509	346.45	527691.816	3825574.383	-0.03
PK332	8+275.000	Clothoïde 5	Pente 3	1263.294	1254.501	346.10	527675.199	3825555.705	-0.03
PK333	8+300.000	Clothoïde 5	Pente 3	1262.521	1254.493	345.58	527658.710	3825536.913	-0.03
PK334	8+325.000	Arc 3	Pente 3	1261.820	1254.486	344.90	527642.398	3825517.968	-0.03
PK335	8+350.000	Arc 3	Pente 3	1261.248	1254.478	344.18	527626.299	3825498.842	-0.03
PK336	8+375.000	Arc 3	Pente 3	1261.208	1254.470	343.46	527610.418	3825479.534	-0.03
PK337	8+400.000	Arc 3	Pente 3	1261.205	1254.462	342.73	527594.758	3825460.047	-0.03
PK338	8+425.000	Arc 3	Pente 3	1261.056	1254.454	342.01	527579.320	3825440.384	-0.03
PK339	8+450.000	Arc 3	Pente 3	1260.593	1254.446	341.29	527564.106	3825420.546	-0.03
PK340	8+475.000	Arc 3	Pente 3	1259.798	1254.438	340.56	527549.119	3825400.536	-0.03
PK341	8+500.000	Arc 3	Pente 3	1259.263	1254.430	339.84	527534.360	3825380.358	-0.03
PK342	8+525.000	Arc 3	Pente 3	1258.966	1254.422	339.12	527519.831	3825360.013	-0.03
PK343	8+550.000	Arc 3	Pente 3	1258.296	1254.414	338.39	527505.535	3825339.504	-0.03
PK344	8+575.000	Arc 3	Pente 3	1257.780	1254.406	337.67	527491.472	3825318.835	-0.03
PK345	8+600.000	Arc 3	Pente 3	1257.579	1254.398	336.95	527477.646	3825298.006	-0.03
PK346	8+625.000	Arc 3	Pente 3	1257.704	1254.390	336.22	527464.057	3825277.022	-0.03
PK347	8+650.000	Arc 3	Pente 3	1257.541	1254.383	335.50	527450.707	3825255.885	-0.03
PK348	8+675.000	Arc 3	Pente 3	1256.937	1254.375	334.78	527437.598	3825234.598	-0.03
PK349	8+700.000	Arc 3	Pente 3	1255.535	1254.367	334.05	527424.732	3825213.163	-0.03
PK350	8+725.000	Arc 3	Pente 3	1254.653	1254.359	333.33	527412.110	3825191.583	-0.03
PK351	8+750.000	Arc 3	Pente 3	1255.075	1254.351	332.61	527399.735	3825169.861	-0.03
PK352	8+775.000	Arc 3	Pente 3	1255.745	1254.343	331.88	527387.607	3825148.000	-0.03
PK353	8+800.000	Arc 3	Pente 3	1256.200	1254.335	331.16	527375.728	3825126.003	-0.03
PK354	8+825.000	Arc 3	Pente 3	1256.291	1254.327	330.44	527364.100	3825103.872	-0.03
PK355	8+850.000	Arc 3	Pente 3	1255.815	1254.319	329.71	527352.724	3825081.610	-0.03

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Pente long.
PK356	8+875.000	Arc 3	Pente 3	1255.491	1254.311	328.99	527341.602	3825059.220	-0.03
PK357	8+900.000	Arc 3	Pente 3	1254.865	1254.303	328.27	527330.735	3825036.706	-0.03
PK358	8+925.000	Arc 3	Pente 3	1253.640	1254.295	327.54	527320.125	3825014.069	-0.03
PK359	8+950.000	Arc 3	Pente 3	1253.048	1254.287	326.82	527309.773	3824991.314	-0.03
PK360	8+975.000	Arc 3	Pente 3	1253.795	1254.279	326.10	527299.679	3824968.442	-0.03
PK361	9+000.000	Arc 3	Pente 3	1253.746	1254.272	325.37	527289.847	3824945.457	-0.03
PK362	9+025.000	Arc 3	Pente 3	1252.207	1254.264	324.65	527280.276	3824922.362	-0.03
PK363	9+050.000	Arc 3	Pente 3	1251.669	1254.256	323.93	527270.968	3824899.159	-0.03
PK364	9+075.000	Arc 3	Pente 3	1251.994	1254.248	323.20	527261.924	3824875.852	-0.03
PK365	9+100.000	Arc 3	Pente 3	1251.852	1254.240	322.48	527253.146	3824852.444	-0.03
PK366	9+125.000	Arc 3	Pente 3	1251.723	1254.232	321.76	527244.635	3824828.938	-0.03
PK367	9+150.000	Arc 3	Pente 3	1251.631	1254.224	321.03	527236.391	3824805.336	-0.03
PK368	9+175.000	Arc 3	Pente 3	1251.479	1254.216	320.31	527228.416	3824781.643	-0.03
PK369	9+200.000	Arc 3	Pente 3	1251.364	1254.208	319.58	527220.710	3824757.860	-0.03
PK370	9+225.000	Arc 3	Pente 3	1251.042	1254.200	318.86	527213.276	3824733.991	-0.03
PK371	9+250.000	Arc 3	Pente 3	1250.561	1254.192	318.14	527206.113	3824710.039	-0.03
PK372	9+275.000	Arc 3	Pente 3	1250.002	1254.184	317.41	527199.223	3824686.008	-0.03
PK373	9+300.000	Arc 3	Pente 3	1249.318	1254.176	316.69	527192.606	3824661.899	-0.03
PK374	9+325.000	Arc 3	Pente 3	1248.382	1254.168	315.97	527186.263	3824637.717	-0.03
PK375	9+350.000	Arc 3	Pente 3	1247.606	1254.161	315.24	527180.196	3824613.465	-0.03
PK376	9+375.000	Arc 3	Pente 3	1246.665	1254.153	314.52	527174.405	3824589.145	-0.03
PK377	9+400.000	Arc 3	Pente 3	1246.176	1254.145	313.80	527168.891	3824564.761	-0.03
PK378	9+425.000	Arc 3	Pente 3	1245.223	1254.137	313.07	527163.653	3824540.316	-0.03
PK379	9+450.000	Arc 3	Pente 3	1244.206	1254.129	312.35	527158.695	3824515.813	-0.03
PK380	9+475.000	Arc 3	Pente 3	1243.630	1254.121	311.63	527154.014	3824491.255	-0.03
PK381	9+500.000	Arc 3	Pente 3	1243.357	1254.113	310.90	527149.614	3824466.645	-0.03
PK382	9+525.000	Arc 3	Pente 3	1243.540	1254.105	310.18	527145.493	3824441.987	-0.03
PK383	9+550.000	Arc 3	Pente 3	1243.498	1254.097	309.46	527141.652	3824417.284	-0.03
PK384	9+574.000	Clothoïde 6	Pente 3	1243.562	1254.089	308.81	527138.083	3824392.541	-0.03
PK385	9+600.000	Clothoïde 6	Pente 3	1243.111	1254.081	308.33	527134.734	3824367.766	-0.03
PK386	9+625.000	Clothoïde 6	Pente 3	1242.444	1254.073	308.01	527131.540	3824342.971	-0.03
PK387	9+650.000	Clothoïde 6	Pente 3	1243.221	1254.065	307.86	527128.438	3824318.164	-0.03
PK388	9+675.000	Droite 4	Pente 3	1244.088	1254.058	307.84	527125.365	3824293.354	-0.03
PK389	9+700.000	Droite 4	Pente 3	1244.210	1254.050	307.84	527122.294	3824268.543	-0.03
PK390	9+725.000	Droite 4	Pente 3	1243.060	1254.042	307.84	527119.222	3824243.732	-0.03
PK391	9+750.000	Droite 4	Pente 3	1244.866	1254.034	307.84	527116.150	3824218.922	-0.03
PK392	9+775.000	Droite 4	Pente 3	1246.706	1254.026	307.84	527113.079	3824194.111	-0.03
PK393	9+800.000	Droite 4	Pente 3	1249.456	1254.018	307.84	527110.007	3824169.301	-0.03
PK394	9+825.000	Droite 4	Pente 3	1249.628	1254.010	307.84	527106.936	3824144.490	-0.03
PK395	9+850.000	Droite 4	Pente 3	1248.880	1254.002	307.84	527103.864	3824119.680	-0.03
PK396	9+875.000	Droite 4	Pente 3	1253.086	1253.994	307.84	527100.792	3824094.869	-0.03
PK397	9+882.206	Droite 4	Aucun	1253.844	Aucun	307.84	527099.907	3824087.718	0.00

Stabilité des Talus des remblais



Stabilité des Talus des remblais



Bibliographie

[1] Fiche UIC 703R : caractéristiques de trace des voies parcourues par des trains de voyageurs rapides.

[2] FICHE UIC 741F : quais des voyageurs -règle pour l'implantation des bordures des quais par rapport à la voie (4 -ème éditions, décembre 2005).

[3] Fiche UIC 719R : ouvrage en terre et couche d'assises ferroviaires (2 -ème éditions, 01.01.94).

[4] Fiche UIC 703 et les normes de l'IN 0272 SNCF du 12/09/2006.

[5] Mr. RAHMANI Cours hydraulique en 4ème année ENSTP année 2020 /2021

[6] Mr.MORSLI cours de la chemin de fer.

[7] Guide des terrassements routier.

[8] La voie ferrée-technique de construction et d'entretien, par Jean ALIAS, 2éme édition –Paris 1984.

[9] -Le manuel de la voie, par Dr. Bernhard LICHTBERGER.

[10] LES CHEMIN DE FER (Pierre Weil).

[11] La voie ferrée - Géométrie et tracé générale, par Robert E. RIVIER.

[12] Cours de chemins de fer (Paris tech 2011-2012), par Philippe POULIGNY.

[13] Cours d'exploitation des chemins de fer-ULYSSE LAMALLE.
Infrastructures de transport, mobilité et croissance. Rapport Michel Didier et Rémy Prud'homme.

[14] Les anciens Mémoires de fin d'étude de L'ENSTP (2016, 2017,2020).

[15] Fiche technique de l'entreprise de réalisation de la ligne Djelfa-Laghouat.

[16] ANESRIF [www.anesrif.dz].

[17] Wikipedia, https://fr.wikipedia.org/wiki/Laghouat , 2022

[18] Wikipédia, https://fr.wikipedia.org/wiki/Djelfa, 2022

[19] Matériel fixe de la voie par Mm. GRÉGOIRE.