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

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة
فرنســيس جانســون

Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
Francis Jeanson

Mémoire

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

Thème

ETUDE APD DE LA NOUVELLE LIGNE FERROVIERE AIN BEIDA / KHENCHLA DU PK10+000 AU PK20+000 AVEC CONCEPTION DE LA GARE FKIRINA

Présenté par :

ZERROUK Nadji

Encadré par :

Mr BOUHAMED Sid Ali
Mme MEDELCI Soumeya

Promotion 2022 /2023

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

REMERCIMENT

Avant de commencer la présentation de ce travail

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce travail.

En second lieu nous tenons à remercier notre encadreur Mr.SIDALI BOUHAMED

pour ses appréciations compétentes, ses précieux conseils et Son aide durant toute la période du travail. Et le groupe de INFRAFER AIN EL BEIDA.

Nous remercions très chaleureusement tous nos enseignants du de l'ENSTP qui nous ont donné et assuré une formation et des connaissances au-delà de nos attentes. Sans oublier les merveilleuses assistantes de département infrastructure de base Mme Makoudi et Mme Bourebia

Nous remercions également nos familles respectives pour le soutien et l'aide sans faille durant ces longues années de formations et qui nous ont permis d'atteindre ce stade de notre formation ; ainsi qu'à tous les gens qui nous ont épaulé et aidé moralement tout au long de notre parcours.

Nos remerciements s'adressent, également, aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicace

Après avoir rendu grâce à Dieu le Tout Puissant et le

Miséricordieux Je dédie ce modeste travail :

A ma chère mère

Aucune dédicace très chère maman, ne pourrait exprimer la profondeur des sentiments que j'éprouve pour vous.

Depuis ma naissance jusqu'à aujourd'hui, ma plus grande fan, mon support de vie, ma

Confidente, ma tendresse et ma meilleure amie, tu m'as toujours procuré de la douceur et de

L'amour, tu es une merveilleuse mère et une femme extraordinaire,

Qui a toujours été là pour moi.

A Mon cher père

Vous avez toujours été mon école de patience, de confiance et surtout d'espoir et d'amour.

Vous êtes et vous resterez pour moi ma référence, la lumière qui illumine mon chemin.

A mes frères : KHALED, BILAL, ABD EL RAHMAN, NACER EDDIN

A ma sœur : FATIMA

A tous mes âmes sœurs : AMIN, KHALED, ISLAM , ZAKI, YASSIN, MUSTAPHA, HAYTHEM …..

A tous mes amis : CHMISOU, ABDO, DJABELLAH, AYHEM, SADEK, ANIS, FARES,LBOUDI ,WAIL, RAOUF, RAOUF, SIFOU, KHALIL, MIDOU, RAHIM, DJABER, ISLAM….

A toute ma famille,

Spécialement à mes chers oncles : TAHAR, FARES, FISAL, SALEH

A tous ceux qui m'ont accompagné tout au long de ce parcours, ceux qui ont toujours été à mes côtés dans les moments de bonheur et qui m'ont

Donné un grand soutien moral.

RESUME

Le présent projet consiste essentiellement à l'étude d'avant-projet détaillé (A.P.D) de la nouvelle ligne ferroviaire à double voie reliant AIN EL BEIDA et KHENCHLA sur le tronçon du Pk 10+000 au Pk 20+000 avec la conception de la gare de FKIRINA

L'identification des caractéristiques techniques les plus appropriées de la ligne ferroviaire projetée sera basée sur les recommandations ainsi que les pratiques qui sont suivies par la SNTF et les autres systèmes ferroviaires plus développés (normes UIC), la modélisation géométrique du projet a été exécutée à l'aide du logiciel COVADIS 17.

ملخص

يتكون هدا المشروع بشكل اساسي من دراسة تفصيلية اولية لما قبل المشروع لخط السكة الحديدية المزدوج الجديد الرابط بين عين البيضاء وخنشلة على المقطع من النقطة الكيلومترية 000+10 الى النقطة الكيلومترية 000+20 مع تصميم محطة فكيرينة

وسيعتمد تحديد الخصائص التقنية لخط السكة الحديدية المقترح على التوصيات وكذلك الممارسات التي يتبعها SNTF(الشركة الوطنية للنقل بالسكك الحديدية) وغيرها من أنظمة السكك الحديدية الأكثر تطور (معايير UIC الاتحاد الدولي للسكك الحديدية) , وقد تم تنفيذ النمذجة الهندسية باستخدام برنامج

COVADIS 17

Abstract

This project is mainly to study detailed design (ODA) of the two way rail road that links AIN EL BEIDA to KHENCHLA from that start in the Kp 10+000 to the Kp 20+000 And the design of FKIRINA station. .

The identification of the most appropriate specifications for the proposed railway line will be based on the recommendations and practices which are followed by SNTF (National Railway Transport Company) and other more developed rail systems UIC standards (International Federation of Railways), geometric modeling of the project was carried out with the help of the programme COVADIS 17

SOMMAIRE

INTRODUCTIONGENERALE…..……1

CHAPITER I RECHERCHE BIBLIOGRAPHE

I.1. INTRODUCTION : 4

I.2. AVANTAGES DE CHEMIN DE FER : 4

I.3. TRANSPORT FERROVIAIRE EN ALGERIE : 4

I.3.1 LES DEBUTS DU CHEMAIN DE FER EN ALGERIE : 4

I.3.2 PERIOD POST INDIPENDANCE : 5

I.3.3 ETAPES DE DEVELOPPEMENT : 6

I.3.4 LE RESEAU FERROVIAIRE ALGERIEN ACTUEL : 6

I.4. CONCLUSION : 7

CHAPITER II PRESENTATION DU PROJET

II.1. INTRODUCTION : 10

II.2. PRESENTATION DE SITE : 10

II.2.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE : 11

II.2.2 RELIEF : 12

II.2.3 CLIMAT : 12

II.2.4 SISMICITE : 13

II.3. PRESENTATION DU PROJET : 13

II.3.1 LES CARACTERISTIQUES DU PROJET : 14

II.3.2 SUPERSTRUCTURE : 15

II.4. CONCLUSION : 15

CHAPITER III SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

III.1. INTRODUCTION : 17

III.2. L'ARMEMENT DE LA VOIE : 17

III.2.1 LE RAIL : 17

III.2.2 LES TRAVERSES : 20

III.2.3 LES ATTACHES TRAVERS-RAIL : 21
III.2.4 APPAREILS DE VOIE : 22
III.3. CONCLUSION : 23

CHAPITER IV TRACE EN PLAN

IV.1. INTRODUCTION : 25
IV.2. NORMES ET PARAMETRES DE CONCEPTION GEOMETRIQUE . 25
IV.3. LES ELEMENT DE TRACE EN PLAN : 25
IV.3.1 CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES : 26
IV.4. CONDITION ET REGLES DE TRACE SELON LA SNTF : 26
IV.5. APPLICATION AU PROJET : 27

CHAPITER V PROFIL EN LONG

V.1. INTRODUCTION : 31
V.2. DEFINITIONS : 31
V.2.1 PROFIL EN LONG DU TERRAIN NATUREL : 31
V.2.2 PROFIL EN LONG DU PROJET : 31
V.2.3 DECLIVITE : 31
V.3. REGLES À RESPECTER DANS LE TRACÉ DU PROFIL EN LONG 31
V.4. ÉLEMENTS GEOMETRIQUES DU PROFIL EN LONG : 32
V.4.1 CHOIX DES ALIGNEMENTS DROITS : 32
V.4.2 CHOIX DES CERCLES : 33
V.5. APPLICATION AU PROJET : 34
V.6. LES CONTRAINTES LE LONG DU TRACE 34
V.7. CONCLUSION : 34

CHAPITER VI ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

VI.1. INTRODUCTION : 36
VI.2. ETUDE HYDROLOGIQUE : 37
VI.2.1 CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES DES BASSINS VERSANTS…. 38

VI.2.2 LES PRECIPITATIONS : 38
VI.2.3 LE TEMPS DE CONCENTRATION « TC » : 39
VI.2.4 CALCUL DE L'INTENSITE DE PLUIE 39
VI.2.5 CALCUL DU DEBIT MAXIMAL DANS LES BASSINS : 40
VI.3. CALCUL HYDRAULIQUE ET DIMENSIONNEMENT : 41
VI.3.1 METHODE DE MANNING STRICKEL : 41
VI.4. OUVRAGES LONGITUDINAUX : 43
VI.4.1 DIMENSIONNEMENT DES FOSSÉS : 43
VI.4.2 LES HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT : 43
CHAPITER VII ETUDE GEOTECHNIQUE ET GEOLOGIQUE
VII.1.ETUDE GEOLOGIQUE 47
VII.1.1 INTRODUCTION 47
VII.2.L'ETUDE GEOLOGIQUES 47
VII.2.1 INTRODUCTION 47
VII.2.2 GEOLOGIE REGIONALE 47
VII.2.3 GEOLOGIE LOCALE 48
VII.3.ETUDE GEOTECHNIQUE 49
VII.3.1 INTRODUCTION 49
VII.3.2 PROGRAMME D'INVESTIGATION GEOTECHNIQUE 49
VII.3.3 RESULTATS DES INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUE 54
CHAPITER VIII ASSISE FERROVIAIRE
VIII.1.INTRODUCTION : 65
VIII.2.LES CONSTITUANTS DE LA COUCHE D'ASSISES : 65
VIII.2.1 LE BALLASTE : 65
VIII.2.2 SOUS COUCHE : 65
VIII.2.3 LA PLATE-FORME : 66
VIII.2.4 LES CLASSES DE LA PORTANCE DE LA PLATEFORME : 67
VIII.2.5 PLATE- FORME PROPOSEE : 68

VIII.2.6 COUCHE DE FORME :..... 68

VIII.3. CALCUL DES EPAISSEURS MINIMALES DES COUCHES D'ASSISE…….. 68

CHAPITER IX PROFILE EN TRAVERS

IX.1. INTRODUCTION : 71

IX.2. PROFILE EN TRAVERS : 71

IX.2.1 LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS : 71

IX.2.2 LES PROFILS EN TRAVERS AFFECTES DANS NOTRE PROJET :……. 72

CHAPITER X TERRASSEMENTS ET OUVRAGES D'ART

X.1. LES TERRASSEMENTS : 74

X.1.1 REMBLAI : 74

X.1.2 DEBLAI : 74

X.1.3 LES TALUS : 75

X.1.4 STABILISATION DES TALUS : 75

X.1.5 CALCUL DES VOLUMES DES TERRASSEMENT ET LES MATRIEUX UTILISE : 76

X.2. LES OUVRAGES D'ART : 76

X.2.1 INTRODUCTION : 76

X.2.2 LES CRITERES DE CONCEPTION DES OUVRAGES D'ART :.. 76

X.2.3 CROISEMENT AVEC UNE ROUTE : 77

X.2.4 LES OUVRAGES DANS NOTRE PROJET : 77

X.2.5 LES OUVRAGES HYDROLIQUES : 77

X.2.6 LISTE DES PISTES SUPPRIME : 78

CHAPITER XI CONCEPTION DE LA GARE FKIRINA

XI.1. INTRODUCTION : 80

XI.2. LES TYPES DE GARES : 80

XI.3. AMENAGEMENT DE LA GARE DE VOYAGEURS : 80

XI.3.1 INSTALLATIONS D'UNE GARE VOYAGEURS : 80
XI.3.2 INSTALLATIONS D'UNE GARE MARCHANDISES : 81
XI.4. RESEAUX DE VOIE : 81
XI.4.1 GARAGE FRANC : 81
XI.4.2 LA MARGE DE GLISSEMENT A L'AVAL DES SIGNAUX : 81
XI.4.3 LA LONGUEUR UTILE D'UNE VOIE DE STATIONNEMENT : 82
XI.4.4 HEURTOIR : 82
XI.4.5 QUAI : 83
XI.4.6 LES APPAREILS DE VOIES : 84
XI.5. LA GARE DE FKIRINA : 84
XI.5.1 TRACE EN PLAN : 84
XI.5.2 PROFILE EN LONG : 85
XI.5.3 LES CARACTERISTIQUES DE LA GARE DE FKIRINA : 85
XI.6. CONCLUSION : 87

CHAPITER XII SIGNALISATION

XII.1.INTRODUCTION : 89
XII.2.LE SYSTEME ERTMS 89
XII.2.1 ETCS (EUROPEAN TRAIN CONTROL SYSTEM) : 89
XII.2.2 LE GSM-R : 90
XII.2.3 EQUIPEMENT AU SOL : 91
XII.3.AVANTAGES DE L'ERTMS : 92
XII.4.CONCLUSION : 92

CHAPITER XIII IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIII.1.INTRODUCTION : 94
XIII.2.OBJECTIFS DE L'ETUDE D'IMPACT 94
XIII.3.ANALYSE DE L'ETAT INITIALE : 94
XIII.3.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE : 94
XIII.3.2 SITUATION DEMOGRAPHIQUE : 94

XIII.3.3 MILIEU PHYSIQUE : 95

XIII.3.4 RESSOURCES HUMAINES : 96

XIII.4. ..... ÉVALUATION DES IMPACTS ET LES MESURES PRISES POUR MINIMISER CES IMPACTS 96

XIII.4.1 LES IMPACTS POSITIFS DU PROJET : 96

XIII.4.2 LES IMPACTS NEGATIFS : 96

XIII.5.CONCLUSION : 99

CHAPITER XIV DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF

CHAPITER XV CONCLUSION GENERALE

ANNEXE

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU II-1 LES COMMUNS DE LA ZONE D'ETUDE 11
TABLEAU IV-1PARAMETRES GEOMETRIQUES DE TRACE EN PLAN (SNTF) 26
TABLEAU IV-2TABLEAU RECAPITULATIF DES PARAMETRES DU TRACE..... 29
TABLEAU V-1 LES LONGUEURS MINIMALES DES ELEMENTS DE PROFILE EN LONG 33
TABLEAU V-2VALEURS DE RAYON VERTICAL MINIMALE 33
TABLEAU V-3VALEURS DES PARAMETRES DE PROFIL EN LONG (SNTF)..... 34
TABLEAU VI-1 CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES DES BASSINS VERSANTS..... 38
TABLEAU VI-2 PLUIE JOURNALIERES MAXIMALES FREQUENTIELLES **..... 39**
TABLEAU VI-3 CALCULE DE TC (H)..... 39
TABLEAU VI-4 PARAMETRES CLIMATIQUES A , B (MONTANA)..... 40
TABLEAU VI-5 RESULTATS DE CALCUL DES DEBITS PAR LA METHODE RATIONNELLE41
TABLEAU VI-6 LISTE GLOBALE DES OUVRAGES A PROJETER..... 42
TABLEAU VI-7 CALCUL DES DEBITS A EVACUER DANS LE CAS DE REMBLAI ET DEBLAI
..... 44
TABLEAU VI-8 LES DIMENSIONS DES FOSSES..... 44
TABLEAU VII-1PROGRAMME D'INVESTIGATION GEOTECHNIQUE 49
TABLEAU VII-2 MESURES PIEZOMETRIQUES DES SONDAGES CAROTTES REALISES ... 55
TABLEAU VII-3 RESULTAT D'ESSAIS DE PENETROMETRE DYNAMIQUE 56
TABLEAU VII-4RESULTATS DES ESSAIS S.P.T..... 57
TABLEAU VII-5 LES DES RESULTATS DES ESSAIS PRESSIOMETRIQUES..... 57
TABLEAU VII-6 RESULTATS DES ESSAIS DE LABORATOIRE 59
TABLEAU VII-7 RESUME DES ANALYSES CHIMIQUES EFFECTUES SUR LES
ECHANTILLONS 60
TABLEAU VII-8ANALYSES DES SULFATES EFFECTUES SUR LES ECHANTILLONS
PRELEVES ET CLASSIFICATION DES SOLS SELON LE DEGRE D'AGRESSIVITE..... 62
TABLEAU VII-9 LOCALISATION DES ZONES A RISQUE DE DISSOLUTION DES GYPSES :
..... 63
TABLEAU VIII-1 LES VALEURS DES DIFFERENTS PARAMETRES POUR LE CALCUL DE
L'EPAISSEUR..... 68
TABLEAU VIII-2DIMENSIONNEMENT DE LA COUCHE COUCHES D'ASSISE 69
TABLEAU VIII-3 ÉPAISSEURS DES COMPOSANTS DE LA COUCHE..... 69
TABLEAU X-1 LOCALISATION DES ZONES DE REMBLAIS ET DEBLAI..... 74
TABLEAU X-2 VOLUMES DES TERRASSEMENT ET LES MATRIEUX 76
TABLEAU X-3 LISTE DES OUVRAGES D'ART DANS LE PROJET 77
TABLEAU X-4 LISTE DES OUVRAGES HYDROLIQUE DANS LE PROJET..... 77
TABLEAU X-5 LISTE DES PISTES SUPRIME DANS LE PROJET 78

TABLEAU XI-1 LONGUEURS DE LA MARGE DE GLISSEMENT SELON UIC 739 82
TABLEAU XI-2 LA LONGUEUR MINIMALE DE VS SELON SNTF 82
TABLEAU XI-3 LES CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DU QUAI. 83
TABLEAU XI-4 LONGUEUR UTILE DES VOIES 86
TABLEAU XI-5 COORDONNEES D'IMPLANTATION DES APPAREILS DE VOIES 86
TABLEAU XI-6 COORDONNEES D'IMPLANTATIONS DES GARAGES FRANCS 86
TABLEAU XIII-1 :REPARTITION DE LA POPULATION ACTIVE ET OCCUPEE 96
TABLEAU XIII-2 IMPACT SUR LA GEOMORPHOLOGIE 96
TABLEAU XIII-3 IMPACT SUR LA QUALITE D'AIR 97
TABLEAU XIII-4 IMPACT SUR LES EAUX 97
TABLEAU XIII-5 IMPACTS SUR LA FLORE 98
TABLEAU XIII-6 IMPACTS SUR LA FAUNE 98
TABLEAU XIII-7 IMPACT SUR LES ACTIVITES AGRICOLES 98

LISTE DES FIGURES

FIGURE I-1. RESEAU FERROVIAIRE EN ALGERIE 1942 (SNTF) 5
FIGURE I-2 CHEMIN DE FER EN ALGERIE 7
FIGURE II-1 LIMITES ADMINISTRATIVES DES WILAYAS ENTOURANT LA WILAYA DE OUM EL BOIGHI - KHENCHLA 9
FIGURE II-2 CHEMIN DE FER EN ALGERIE 10
FIGURE II-3CARTE TOPOGRAPHIQUE OUM EL BOUAGHI 11
FIGURE II-4 ZONES DE SISMECITE (CARRE ROUGE/VERT LA ZONE D'ETUDE) . 12
FIGURE II-6 SITUATION DE PROJET DANS GOOGLE EARTH 13
FIGURE III-1 SUPERSRUCTURE DE LA VOIE 16
FIGURE III-2PROFIL RAIL DU TYPE UIC60 E1 17
FIGURE III-3 ECLISSES DU RAIL 18
FIGURE III-4 TRAVERS BIBLOC 19
FIGURE III-5 TRAVERS MONOBLOC 19
FIGURE III-6 ATTACH DE TYPE NABLA 20
FIGURE III-7 UN BRANCHEMENT ET SES ELEMENTS 21
FIGURE III-8 SCHEMA ILLUSTRATIVE DE L'APPAREIL DE VOIE 22
FIGURE IV-1LES ELEMENTS DE TRACE EN PLAN 24
FIGURE V-1 VARIATION DE DECLIVITE PAR RAPPORT AU LONGUEUR 32
FIGURE VI-1DELIMITATION DES BASSINS VERSANTS 36
FIGURE VII-1 CARTE GEOLOGIQUE DE OUM EL BOUGHI (ANRH) 46
FIGURE VII-2 LEGENDE DES FORMATIONS TRAVERSEES NOTRE PROJET 46
FIGURE VII-3 CARTE SATELLITAIRE MONTRANT LA ZONE JUGEE « INONDABLE» 59
FIGURE VIII-1 LA CLASSE LA PORTANCE DE LA PLATE-FORME 65
FIGURE XI-1 L'EMPLACEMENT DU GARAGE FRANC GF. 79
FIGURE XI-2 HEURITOIR 80
FIGURE XI-3 LA HAUTEUR DU QUAI ET LA DISTANCE ENTRE LE BORD DE QUAI ET L'AXE DE LA VOIE 81
FIGURE XI-4 EMPLACEMENT DE LA GARE FKIRINA 82
FIGURE XI-5 PROFIL EN LONG DE LA GARE. 83
FIGURE XII-1 SYNOPTIQUE DE FONCTIONNEMENT DE CE SYSTEME DE SIGNALISATION 89
FIGURE XIII-1EXEMPLE D'IMPACT DANS NOTRE PROJET PK18+100 97

INTRODUCTION GENERAL

Le système ferroviaire est un système complexe qui implique de nombreux acteurs et aspects techniques, juridiques et réglementaires. La sécurité est un enjeu majeur dans l'exploitation du chemin de fer, et de nombreuses normes et réglementations ont été mises en place pour garantir la sécurité des voyageurs et des employés.

Le transport ferroviaire est également un mode de transport respectueux de l'environnement, car il émet moins de gaz à effet de serre par voyageur-kilomètre que la plupart des autres modes de transport. Il peut également contribuer à la réduction des embouteillages et de la pollution atmosphérique en zone urbaine.

Enfin, le chemin de fer a joué un rôle clé dans l'histoire de l'industrialisation et du développement économique, en permettant le transport de grandes quantités de marchandises sur de longues distances. Aujourd'hui, le transport ferroviaire est toujours utilisé pour le transport de marchandises, en complément des autres modes de transport, tels que la route, la mer ou l'air.

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

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

- **Le transport routier**
- **Transport maritime**
- **Transport aérien**
- **Le transport ferroviaire**

➢ STRUCTURE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Le présent projet a pour objet l'étude d'APD du tronçon AIN EI BEIDA – KHENCHLA (tronçon du Pk10+00 au Pk 20+00), Dans le cadre de son programme pour le développement des transports ferroviaires, du secteur du transport de l'État Algérien, l'ANESRIF restructure le réseau ferroviaire national en modernisant la rocade ferroviaire des hauts plateaux (Ain M'lila/Ain Touta/M'Sila Boughezoul- Ain M'lila/Tébessa) et leurs interconnexions (Ain Beida/Khenchela/Batna/Sétif).

Après l'introduction générale. Une présentation de projet tel que relief, climatologie, sismicité...etc. Ensuite nous définissons les différents composants de la voie,

Puis on est passé à la conception géométrique du tracé après on a présenté l'étude géotechnique et géologique et le dimensionnement de la structure d'assise, puis on détermine et on dimensionne les installations de drainage, après cela vient le chapitre des ouvrages.

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

CHAPITRE I :

RECHERCHE BIBLIOGRAPHE

CHAPITRE I RECHERCHE BIBLIOGRAPHE

I.1. INTRODUCTION

Le système de transport ferroviaire est utilisé pour le transport de personnes et de marchandises. Il se compose d'une infrastructure spécialisée, de matériel roulant et de procédures d'exploitation impliquant généralement des opérateurs humains.

La voie ferrée est l'élément clé de cette infrastructure et est principalement constituée de deux rails posés sur des traverses, de dispositifs de commutation, de passages à niveau, de signalisation et, dans certains cas, de systèmes de traction électrique. Le matériel roulant, également appelé trains ou rames, se déplace généralement en convoi. Ces convois sont constitués de wagons ou de voitures qui sont tirés par des locomotives, mais peuvent également être des rames automotrices, qui sont des véhicules capables de se propulser eux-mêmes.

I.2. AVANTAGES DE CHEMIN DE FER

L'investissement de l'État dans les chemins de fer est justifiable car les avantages de la voie ferrée sont nombreux, notamment :

- ❖ Le transport par voie ferrée est plus rapide que par la route en raison de son système de guidage et de l'absence d'obstacles.
- ❖ Il garantit aux états leur indépendance à long terme grâce aux réductions de consommations en hydrocarbures.
- ❖ Le moins couteux parmi tous les autres moyens de transport.
- ❖ Sécurité vis-à-vis des accidents par rapport à la route.
- ❖ Il est non polluant, et peut être bientôt encore plus si l'énergie est produite par les systèmes géothermique et solaire.
- ❖ Le dégagement de capacités dans les infrastructures routières et aéroportuaires.
- ❖ Gain de temps, confort et sécurité.
- ❖ Réduction des dommages corporels et matériel (vu les dégâts des accidents routier).

I.3. TRANSPORT FERROVIAIRE EN ALGERIE

I.3.1 LES DEBUTS DU CHEMAIN DE FER EN ALGERIE

- La première ligne de chemin de fer en Algérie remonte à la période coloniale, trois programmes ont été initiés par l'administration : le programme de 1857, de 1879 et celui de 1907.
- Le programme de 1857, au cours de la période 1857-1878, les lignes ou tronçons de lignes totalisant une longueur de 1357 km,

- Un programme de 1747 km de lignes nouvelles a été ajouté au réseau existant. Dans la période 1879-1906, 2035 km de lignes ont été réalisées
- En 1907, un troisième programme de nouvelles lignes portant sur 1256 km est établi et vient s'ajouter au réseau existant au cours de la période 1907-1946,
- En 1946, le réseau algérien comprend 5014 km de lignes en exploitation sans compter les embranchements miniers et les lignes de chemin de fer sur routes (CFRA).[1]

I.3.2 PERIOD POST INDIPENDANCE

Le 30 juin 1959, I 'Etat français et l'office des Chemins de fer Algériens (OCFA) signèrent une convention créant la compagnie des chemins de fer Français en Algérie (CCFA) qui devint en 1963 la SNCFA (Société Nationale des Chemins de Fer Algériens).

La Convention de Juin 1959 continua a régir les relations entre 1'Etat et la SNCFA jusqu'à 1976, date à laquelle est créée, la Société Nationale des Transports Ferroviaires (SNTF) suite a la promulgation des textes portant gestion socialiste des entreprises (GSE) par ordonnance N° 76-28 du 25 Mars 1976. Cette dernière a été restructurée en trois entreprises :

- La SNTF, société nationale chargée de I 'exploitation et de l'entretien du réseau Ferroviaire.
- La SNERIF, société nationale chargée du renouvellement et de l'extension du réseau ferroviaire.
- La SIF, société d'engineering et de réalisation d'infrastructures ferroviaires.

2

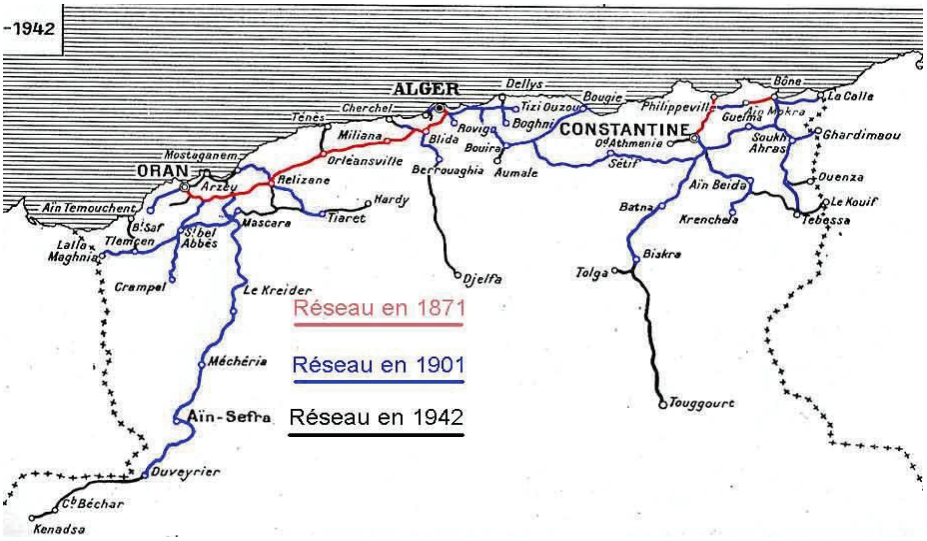


Figure I-1 Réseau ferroviaire en Algérie 1942 (SNTF) 2

[1] SNTF
[2] SNTF

I.3.3 ETAPES DE DEVELOPPEMENT

Le réseau ferré Algérien a connu différentes étapes de développement depuis sa création jusqu'à aujourd'hui, on cite les grandes étapes de développement dont les suivants :

- En 1999, le linéaire en voies ferrées disponible était de 1700 km .
- En 2005, l'agence nationale d'études et de suivi de la réalisation des investissements ferroviaires (ANESRIF) est créée pour gérer un nouveau programme d'investissement public avec 'objectif de porter le réseau a 12 500 km en 2025.
- En 2010, 315 km de nouvelles voies sont ouvertes (Bordj Bou Arreridj a M'Sila, Ain-Touta a M'Sila, nouvelle ligne de Béchar), les lignes de banlieue d'Alger ont été électrifiées.
- En 2011, il s'est hissé au niveau de 4000 km apres 1'achévement de certains projets, dont la pénétrante de I 'ouest qui va du Sud de Sidi Bel Abbes vers Béchar.
- En 2015 sur un programme de 2 300 km de nouvelles lignes, 1 324 km sont en travaux dont la majeure partie concerne la partie ouest de la boucle des hauts plateaux.[3]

I.3.4 LE RESEAU FERROVIAIRE ALGERIEN ACTUEL

En 2022, la Société nationale des transports ferroviaires (SNTF) exploite un réseau de 4 200 km de lignes de chemin de fer. L'ensemble du réseau ferré algérien a une longueur de 4 560 km[1].

La SNTF et ANESRIF (Agence nationale d'études et de suivi de la réalisation des investissements ferroviaires) répartissent les lignes ferroviaires algériennes en quatre ensembles géographiques:

- Les lignes du Nord ;
- Les lignes des Hauts Plateaux ;
- Les lignes pénétrantes Ouest, Centre et Est ;
- Les lignes minières.

[3] SNTF 2019



Figure I-2 CHEMIN DE FER EN ALGERIE

I.4. CONCLUSION

Le réseau ferroviaire algérien est plus ou moins dense au niveau des grandes villes et les grands centres industriels, le trafic de passagers et de marchandises y est plus important, mais ce mode de transport reste très minoritaire par rapport au mode de transport routier.

Actuellement un grand effort d'extension et de modernisation est consenti afin d'élever substantiellement la part de marché de ce mode de transport et de garantir une équité socio-économique entre les différentes parties de la nation.

[4] CHMAIN DE FER EN ALGERIE - Bing images

CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET

CHAPITRE II PRESENTATION DU PROJET

II.1. INTRODUCTION

Dans le cadre de son programme pour le développement des transports ferroviaires du secteur du transport de l'État Algérien, l'ANESRIF restructure le réseau ferroviaire national en modernisant la rocade ferroviaire des hauts plateaux (Ain M'lila/Ain Touta/M'Sila Boughezoul-Ain M'lila/Tébessa) et leurs interconnexions (AinBeida/Khenchela/Batna/Sétif).

II.2. PRESENTATION DE SITE

La région d'étude, traversée par la ligne ferroviaire Ain Beida – Khenchela, se situe à l'extrême Est algérien, sur le territoire de la wilaya de Oum El Bouaghi et la wilaya de Khenchela. Elle est limitée au Nord par les wilayas de Souk Ahras, Guelma, Constantine et Mila, à l'Ouest par les wilayas de Batna et Biskra, à l'Est par la wilaya de Tébessa et au Sud par la wilaya d'El Oued (Figure II-1).

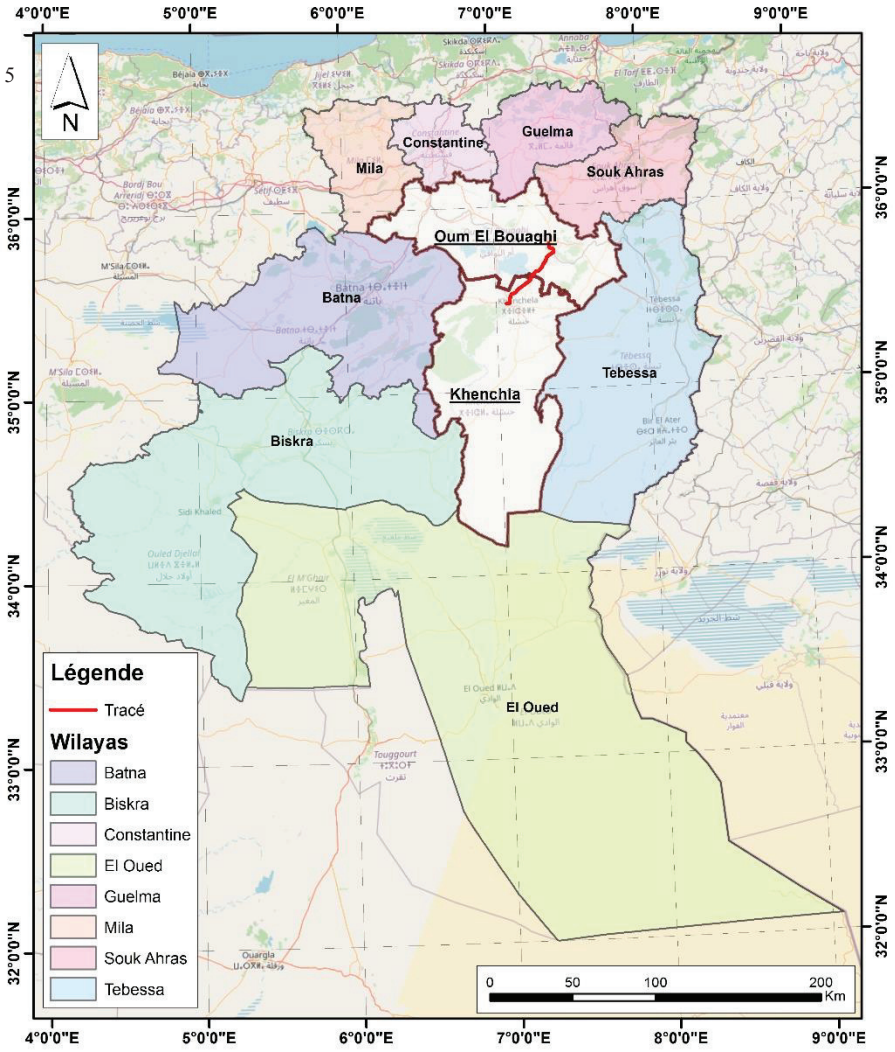


Figure II-1 imites administratives des wilayas entourant la wilaya de Oum el Boighi - Khenchla

[5] Etude APD de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique AIN EL BEIDA – KHENCHLA

II.2.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE

Géographiquement, le secteur d'étude est limité :

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

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

Tableau II-1 les communs de la zone d'étude[6]

Wilaya	Localités
Oum El Bouaghi	Ain Beida, F'kirina
KHENCHELA	El Hamma, Baghai, M'toussa

[7]

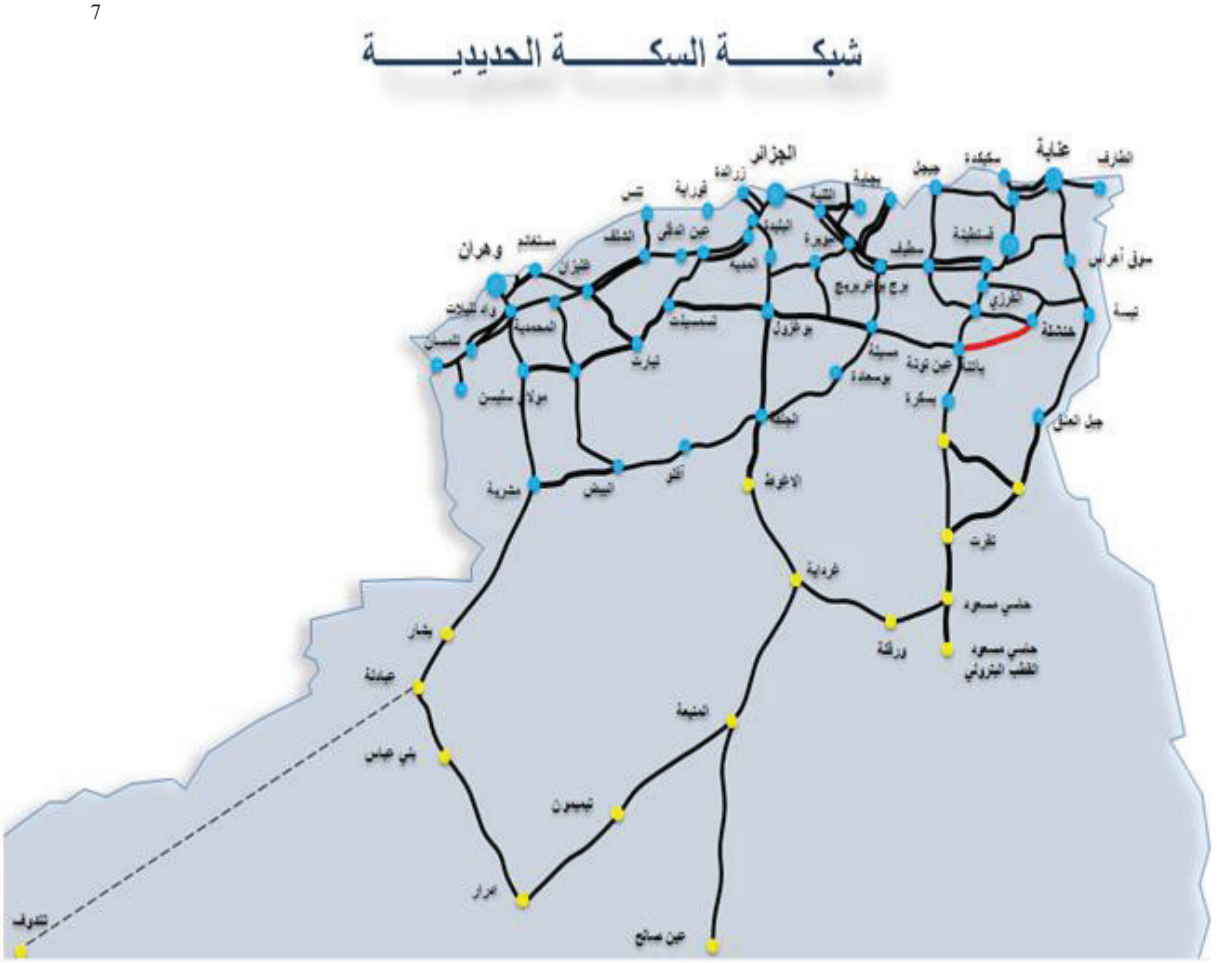


Figure II-2 CHEMIN DE FER EN ALGERIE

[6] Etude APD de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique AIN EL BEIDA – KHENCHLA
[7] Etude APD de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique AIN EL BEIDA – KHENCHLA

II.2.2 RELIEF

La wilaya est située au contact du Tell et des Aurès :

- au nord de la wilaya, on distingue les versants méridionaux du Tell, ce sont les Sraouate, terres de transition, ni telliennes, ni steppiques.
- au centre, la haute plaine, l'altitude varie de 750 mètres à 900 mètres eparsemées parfois de puissants massifs montagneux isolés (horst) qui se dressent au-dessus de celle-ci.
- Plus à l'est le Djebel Serdies qui culmine à un peu plus de 1 455 mètres en limite de la wilaya de Tebessa et le Amama 1 337 mètres.
- Au sud, les zones des seboukhate est jalonnée par des dépressions endoréiques (Guerah) ou Sebkha (lac salé). Les Guerah sont moins salées que les Sebkhas .

[8]

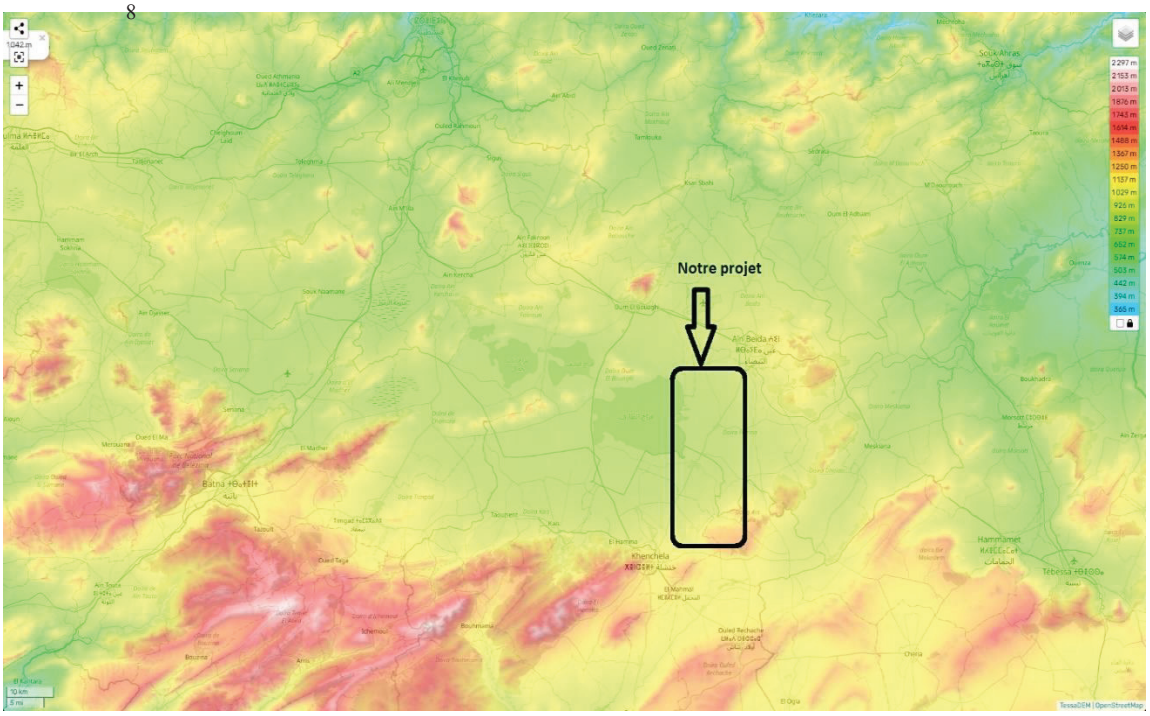


Figure II-3 Carte topographique Oum El Bouaghi

II.2.3 CLIMAT

La zone d'étude, ce caractérise par deux types de climat :

• Le Sud, trop influencé par les courants d'airs froids et humides en provenance des Aurès ou l'altitude dépasse les 1200 m, jouit d'un climat tempéré

[8] Carte topographique Oum El Bouaghi, altitude, relief (topographic-map.com)

. • Le Nord, qui est une vaste plaine ou l'altitude décent jusqu'à moins de 850 m est caractérisé par un climat semi-aride.

II.2.4 SISMICITE

D'après le RPOA2008 / version 2008 du ministère des travaux publics les règles parasismiques applicables au domaine des ouvrages d'art, la wilaya de Khenchela et la wilaya de Oum El Bouaghi sont classées zone « I » ; c'est-à-dire zone à sismicité faible.

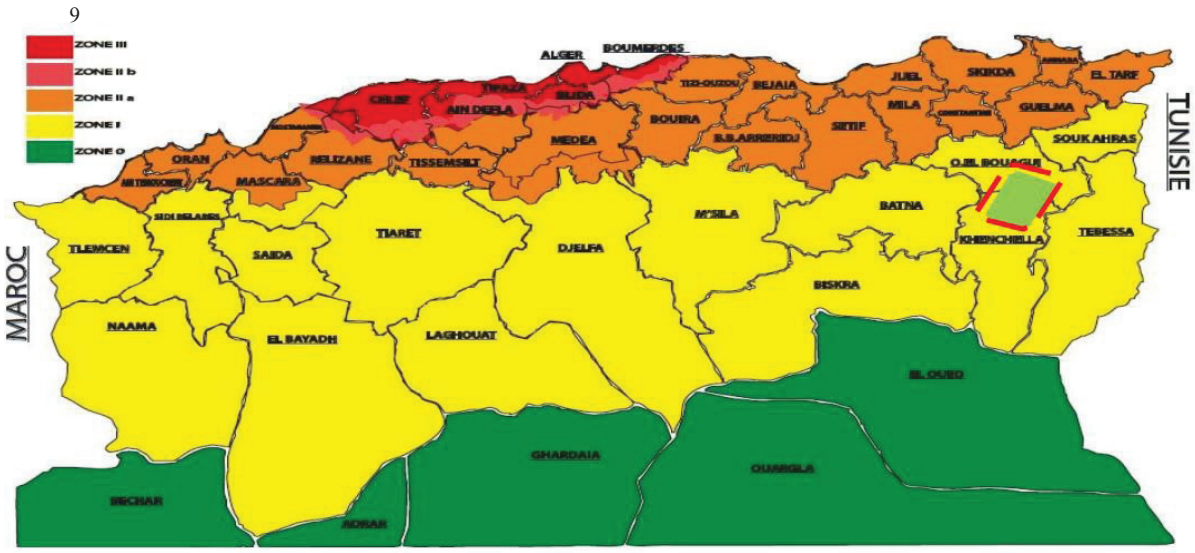


Figure II-4 ZONES DE SISMECITE (carré rouge/vert la zone d'étude)

II.3. PRESENTATION DU PROJET

Le présent projet a pour objet l'étude d'APD (Avant-projet détaillé) de la ligne de chemin de fer AIB EL BEIDA – KHENCHLA exactement entre les points kilométriques (Pk10+00 et Pk 20+00) dans le cadre de modernisation la rocade ferroviaire des hauts plateaux

Le tracé constitue une nouvelle liaison ferroviaire entre AIN EL BEIDA et KHENCHLA avec une longueur d'environ 50 km, cette ligne est conçue comme ligne de Grande vitesse (LGV) sur voie normale, avec des caractéristiques géométriques selon les Standards UIC /SNTF .

[9] Etude APD de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique AIN EL BEIDA – KHENCHLA

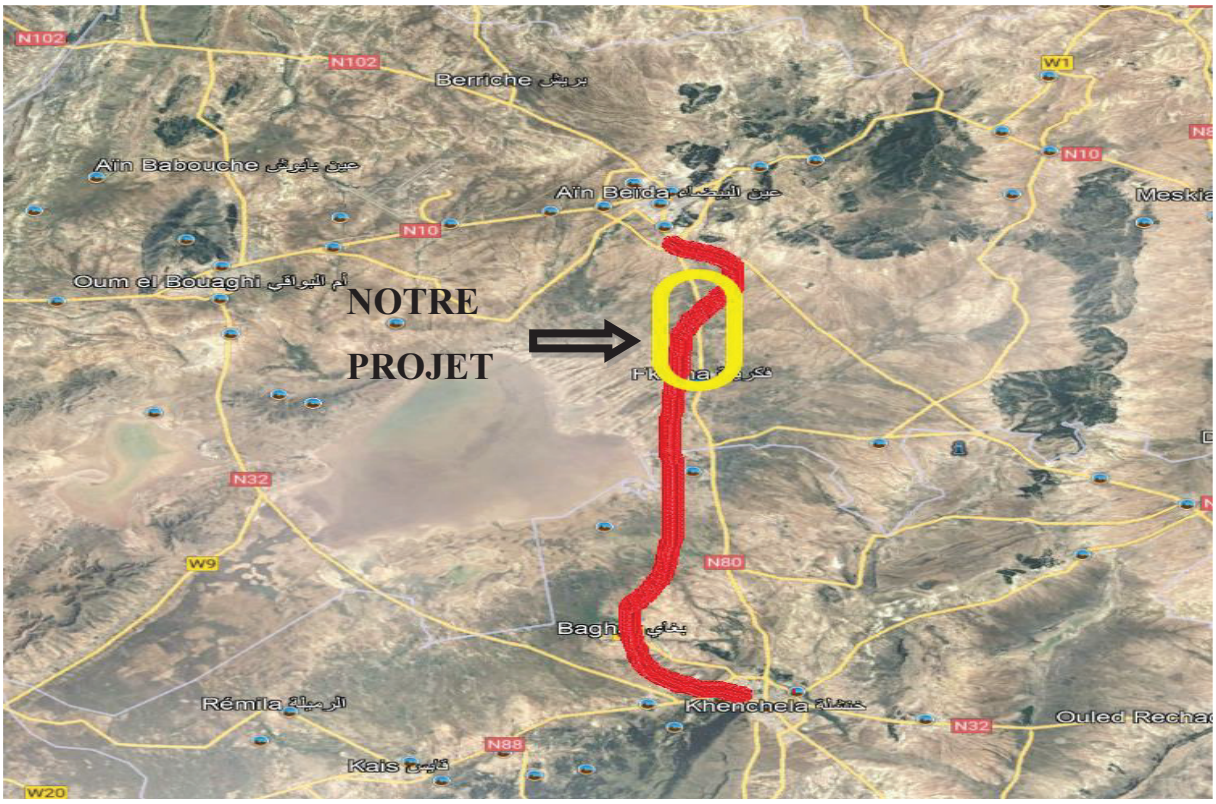


Figure II-5 SITUATION DE PROJET DANS GOOGLE EARTH

II.3.1 LES CARACTERISTIQUES DU PROJET

❖ CONDITIONS DE BASE

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

❖ CARACTERISTIQUES DE BASE

- Longueur 10 + 000km.
- Caractéristiques géométriques selon les recommandations de la SNTF et les standards UIC.
- Pont-rail et pont-route prévus pour double voie
- Trafic mixte voyageurs et marchandises.
- Traction actuellement diesel, avec possibilité de future électrification.
- Gares de voyageurs (gare de FKIRINA)

II.3.1.1 CARACTERISTIQUES DE LA VOIE

❖ **Charge à l'essieu :**

- Infrastructure : 22.5 T
- Ouvrage d'art : 25 T

❖ **Ecartement :**

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

❖ **Gabarit :**

le gabarit GC de l'UIC (Y compris future caténaire en 25 KV)

❖ **Vitesses :**

- Vitesse maximale trains voyageurs **160 km/h**
- Trafic marchandises en plaine et en zone montagneuse **100 km/h**

❖ **Entraxes des voies :**

L'axe de la deuxième voie sera placé ultérieurement à 4.2 m de l'axe de la voie unique.

❖ **Mode de traction :**

Diésel / électrique.

II.3.2 SUPERSTRUCTURE

❖ **Rail :**

En pleine voie et en gares, rail UIC 60 E1.

❖ **Travers :**

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

❖ **Attache :**

Attaches élastiques de type NABLA

❖ **Appareils de voie :**

- UIC 60-500-1 : 12 avec traverses en bois

II.4. CONCLUSION

Actuellement, le pays effectue un investissement considérable pour relancer le secteur ferroviaire. Ce projet de ligne ferroviaire entraînera également un renforcement des infrastructures de base, ce qui permettra de désenclaver les régions traversées par ces lignes, du nord au sud et d'est en ouest, tout en favorisant leur développement.

CHAPITRE III : SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

CHAPITRE III SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

III.1. Introduction

La conception d'une voie ferrée vise à garantir un transport sécurisé et durable. Pour y parvenir, la structure de la voie doit supporter le poids des véhicules et assurer le guidage de leurs roues via les rails. Ainsi, chaque composant du système doit remplir une fonction spécifique pour garantir l'intégrité de la voie. La structure de la voie est divisée en deux sous-structures : les couches d'assise et la plate-forme.

10

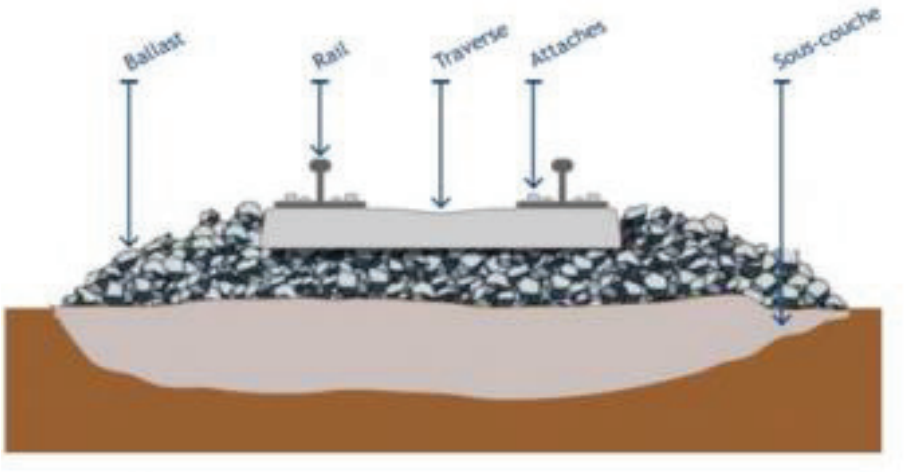


Figure III-1 SUPERSRUCTURE DE LA VOIE[10]

III.2. L'ARMEMENT DE LA VOIE

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

III.2.1 Le Rail

Les rails sont des éléments en acier disposés en deux lignes parallèles avec un écartement standard (e=1435mm) et assemblés bout à bout pour former la voie ferrée. Ils reposent sur les traverses qui les maintiennent en place.

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

Le rail doit assurer les fonctions suivantes :

- ✓ Supporte les charges générées par le passage des trains. Elle absorbe à la fois les efforts verticaux (poids) et horizontaux (force centrifuge) transmis par le train. De plus, elle est soumise à des contraintes longitudinales résultant de la dilatation ou de la rétractation des rails, ainsi que des actions d'accélération et de freinage.

[10] Superstructure de la voie - Bing images

- ✓ Réaliser le guidage des roues et ces mouvements.
- ✓ Transmet le courant électrique, pour assurer la signalisation et pour la traction des traines sur les lignes électrifier
  - **Le rail utilisé sera du type 60 E1 (60.21 kg/m)**

III.2.1.1 LES CARACTERISTIQUES DE CES RAILS

11

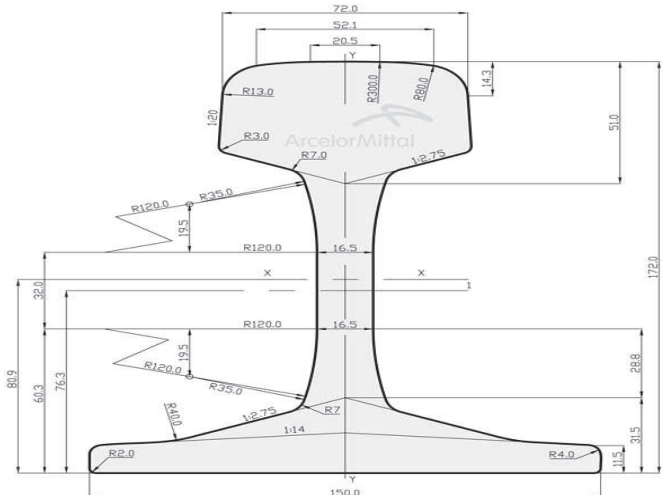


Figure III-2 Profil rail du type UIC60 E1[12]

- Surface de la section : 76.70 cm².
- Masse par mètre : 60.34 Kg/m.
- Moment d'inertie, axe xx : 3038.3 cm⁴.
- Module d'inertie champignon : 333.6 cm³
- Module d'inertie patin : 375.5 cm³
- Moment d'inertie axe yy : 375.5 cm⁴.
- Module d'inertie axe yy : 512.3 cm3.
- Hauteur totale : 172 mm.
- Épaisseur Champignon : 72 mm.
- Épaisseur patin : 150 mm.
- Épaisseur âme : 16.5 mm.
- Dimension indicative B : 52.053 mm.
- Dressage : classe A.
- Nuance : 260 (carbone-manganèse).
- Dureté au milieu de la table de roulement entre 260 et 300 HBW.
- Résistance à la traction ≥ 880N/mm².
- Allongement : A ≥ 10% .

[11] https rails.arcelormittal.com types-rail stransport-rail european-standards rail-uic60-60e1 - Bing images

III.2.1.2 ASSEMBLAGE DES RAILS

Les rails sont produits en longueurs allant de 18 à 36 mètres. Afin d'assurer la continuité des barres formant la voie, il est nécessaire de les relier solidement à leurs extrémités. Pour cela, on utilise des éclisses et des soudures.

III.2.1.2.1 ECLISSE

Les éclisses du profil approprié aux rails à assembler sont du type "6 trous" d'une longueur comprise entre 0,9 et 1,0 m. La préparation de surface est la même que celle des rails

12

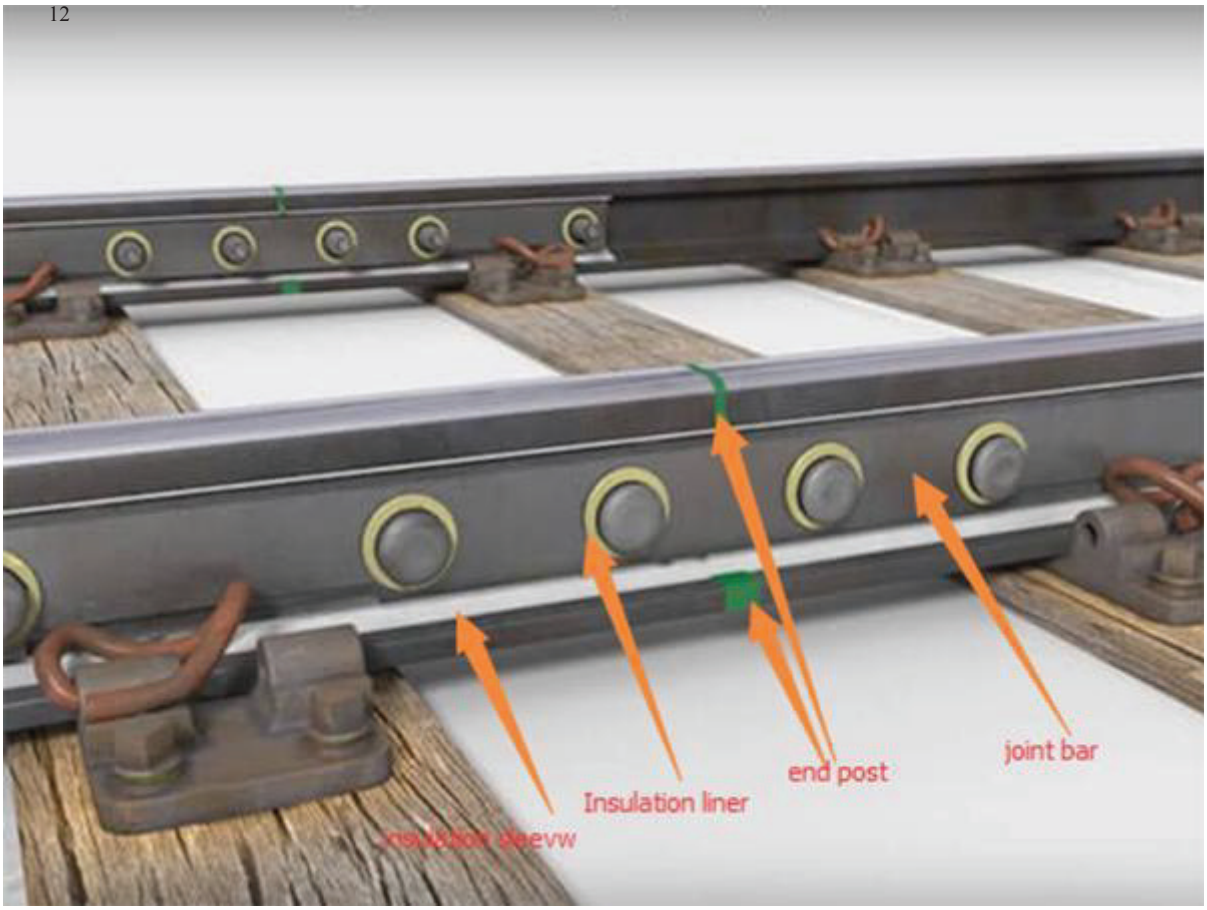


Figure III-3 éclisses du rail[11]

III.2.1.2.2 SOUDURES

Il y a deux types de soudures à savoir :

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

❖ **Les rails de notre projet sera fourni en barres de 18 m, lesquelles seront soudées électriquement en atelier pour permettre l'obtention d'une barre continue de longueur**

[12] éclisses du RAIL - Bing images

de 288 m (dites « LRS » , Les barres avec 288 m seront transportées et seront liées entre elles par des soudures aluminothermiques en voie.

III.2.2 LES TRAVERSES

Les traverses sont le système sur lequel repose les deux files de rail, elles assurent la transmission des efforts encaissés par les rails au ballast, et assurent au même temps le maintien de l'écartement entre les deux rails et l'inclinaison du rail 1/20.

III.2.2.1 LES TYPES DES TRAVERSES

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

1314



Figure III-5 travers monobloc[14]

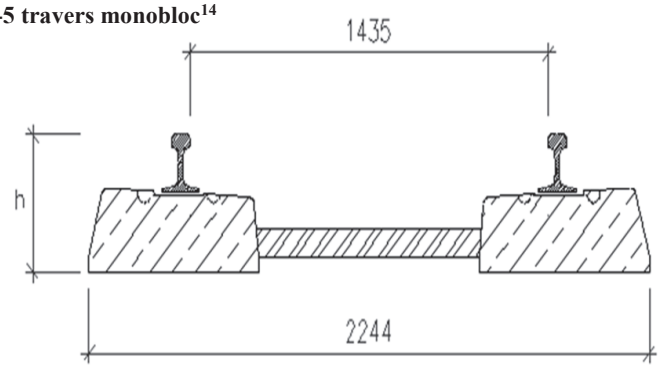


Figure III-4 travers bibloc [13]

[13] SNTF
[14] traverse monobloc - Bing images

Le type prévu est VAX U31 NAT, cependant d'autres types de traverses pourront être proposés :

- Poids minimum 200 kg.
- Longueur 2,24 m.
- Longueur blochet 68 cm.
- Epaisseur sous rail 22 cm.

Les traverses devront posséder les caractéristiques suivantes :

- Inclinaison du rail à 1/20^{e}.
- Écartement de 1435 +/- 2 mm.

Le travelage sera de 1667 traverses au km avec entraxe entre les traverses de 0,60 m et une tolérance de +/- 2 cm.

III.2.3 LES ATTACHES TRAVERS-RAIL

Les attaches de rail sont des composants qui permettent de fixer les rails sur les traverses en utilisant des tire-fond.

Elles offrent une certaine élasticité dans les directions verticale et horizontale. Pour réduire les vibrations dans les rails, une semelle en élastomère cannelé d'une épaisseur de 9 mm est placée entre le rail et la traverse.

15

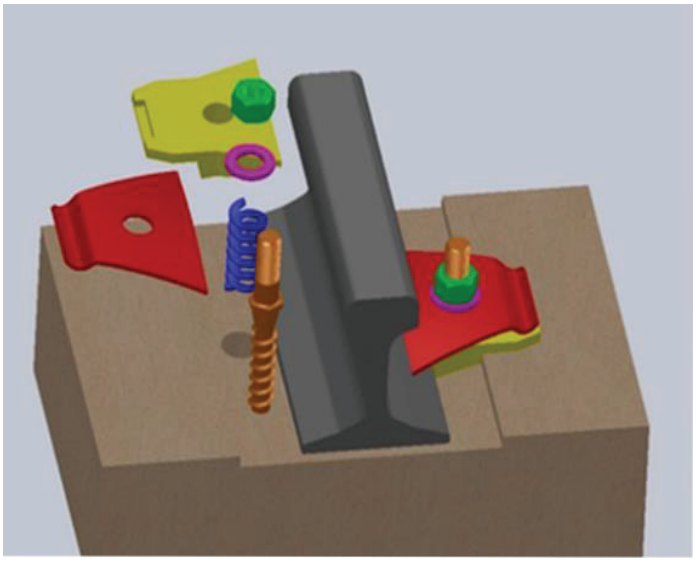


Figure III-6 ATTACH DE TYPE NABLA[15]

[15] ATTACH TYPE NABLA - Bing images

III.2.4 APPAREILS DE VOIE

Les appareils de voie sont des dispositifs permettant au matériel roulant (le train) , soit de passer d'une voie sur une autre, soit de traverser une voie.

Les appareils de voie sont appelés aiguillage dans le langage courant, il existe trois catégories d'aiguilles :

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

16

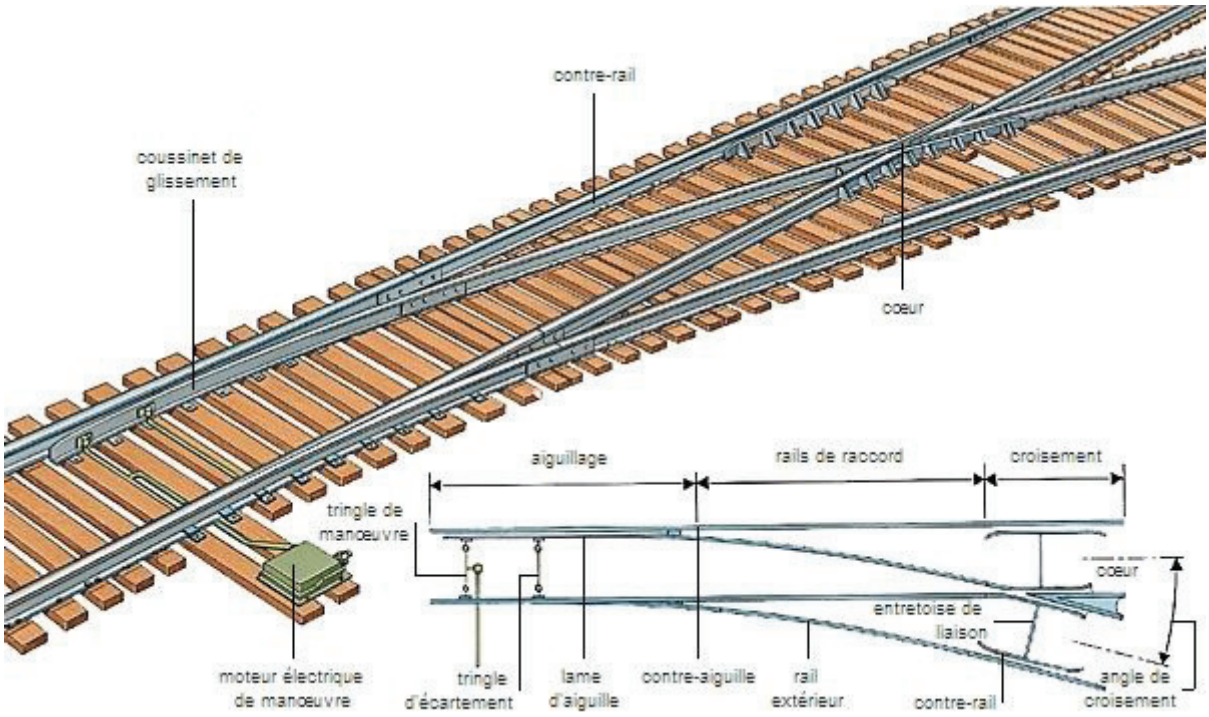


Figure III-7 un branchement et ses éléments[16]

Pour notre projet on utilise :

❖ UIC 60-500-1 : 12 avec traverses en bois

[16] Un branchement dans chemin de fer - Bing images

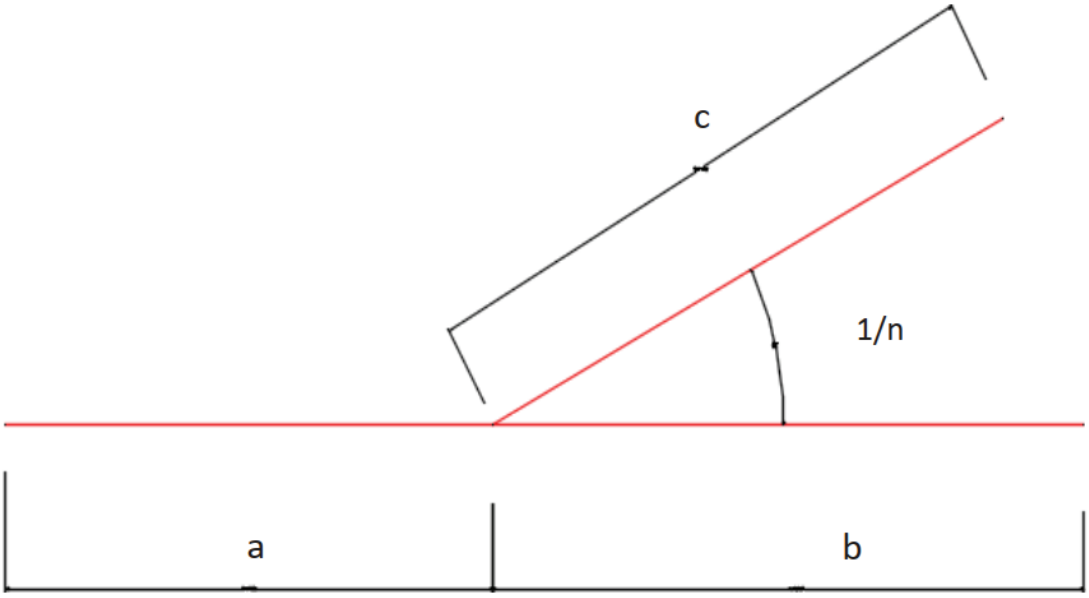


Figure III-8 schéma illustrative de l'appareil de voie

III.3. CONCLUSION

Le rail constitue le premier élément de contact entre le véhicule et la voie. Sa géométrie de section est conçue de manière à assurer une répartition optimale des contraintes. Son rôle principal est de guider le train et de répartir la charge sur plusieurs traverses. La traverse, quant à elle, transmet les efforts entre le rail et le ballast.

CHAPITRE IV : TRACE EN PLAN

CHAPITRE IV TRACE EN PLAN

IV.1. INTRODUCTION

Le tracé en plan représente la trajectoire de la ligne vue du dessus et correspond à la projection horizontale de la voie sur une carte topographique ou un plan de situation, sur lequel le relief du terrain est représenté par des courbes de niveau.

Il est composé d'une succession de segments droits et de courbes en arcs de cercle reliés par des courbes de transition. Dans une courbe circulaire de rayon R, toute masse m en mouvement à une vitesse constante subit une accélération perpendiculaire à la trajectoire, d'une valeur de $a = V^2/R$ (dirigée vers l'extérieur de la courbe).

Notre projet est caractérisé par deux vitesses :

- V_V : la vitesse des trains rapides (voyageurs)
- V_{mar} : la vitesse des trains lents (marchandises)

IV.2. NORMES ET PARAMETRES DE CONCEPTION GEOMETRIQUE

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

IV.3. LES ELEMENT DE TRACE EN PLAN

Le tracé en plan est constitué de 3 éléments :

- Des Alignements (droites).
- Des arcs de cercle.
- Des courbes de raccordement de courbures progressives.

[17]

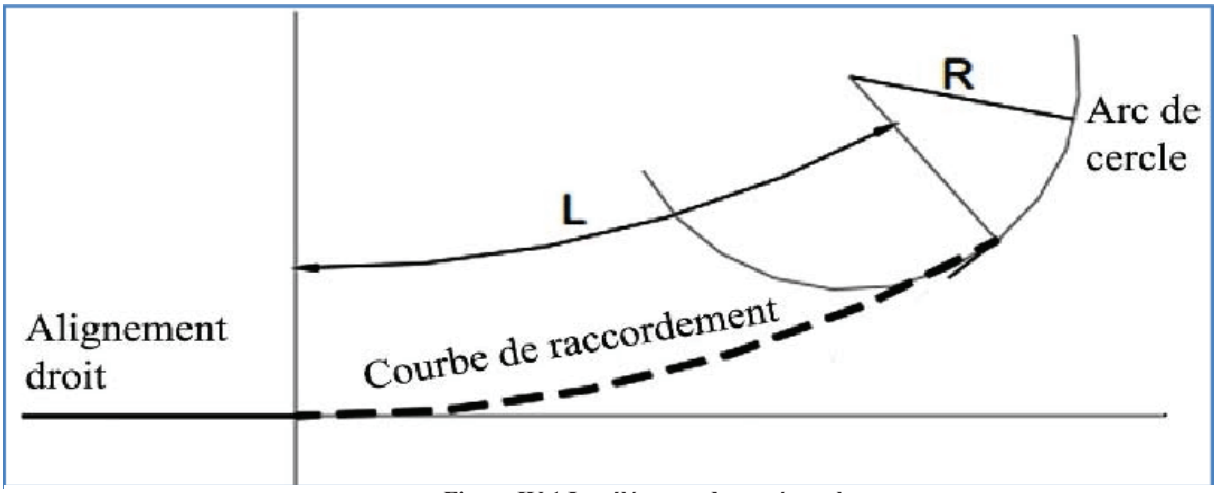


Figure IV-1 Les éléments de tracé en plan

[17] 2. Éléments constitutifs d'un tracé en plan. | Download Scientific Diagram (researchgate.net)

IV.3.1 CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES :

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

- **Données de base :**

Vitesse des trains de voyageurs **:** $\mathbf{V_{voy} = 160\ Km/h}$

Vitesse des trains de marchandises : $\mathbf{V_{mar} = 100\ km/h.}$

Tableau IV-1Paramètres géométriques de trace en plan (SNTF)

	Formule		Application	
	Normal	Exceptionnel	Normal	Exceptionnel
Dévers maximal (mm)	-	-	160	180
Rmin	$\frac{11.8 * V^2_{max}}{D_{max} + I_{max}}$	$\frac{11.8 * V^2_{max}}{D_{max} + I_{max}}$	974	888
Longueurs minimales des alignements (m)	$\frac{V_{max}}{2}$	$\frac{V_{max}}{3}$	80	53
Longueurs minimales des pleines courbes (m)	$\frac{V_{max}}{2}$	$\frac{V_{max}}{3}$	80	53
Insuffisance de dévers admissible I (mm)	-	-	150	160
Excès de dévers admissible E (mm)	-	-	110	130
Limite de la variation de dévers par rapport à la longueur (mm/m)	$\frac{180}{V_{max}}$	$\frac{216}{V_{max}}$	1,125	1,350
Limite de la variation d'insuffisance de dévers(mm/s)	-	-	75	90

IV.4. CONDITION ET REGLES DE TRACE SELON LA SNTF

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

- Si c'est une étude d'amélioration de la ligne, on doit se raccorder au réseau existant et ne pas sortir du couloir choisi.

- Raccordement à la voie existante au début et fin du projet
- Utiliser le maximum d'alignements droit et entre deux courbes la longueur minimale est de Lmin =0.5V (km/h) et supérieure à 30m.
- Respecté Le rayon et les longueurs minimum recommandé par la SNTF.
- Suivre les courbes de niveau afin de diminuer les terrassements.
- Eviter le franchissement des oueds et des routes dans la mesure du possible pour éviter les travaux d'ouvrages d'art .

IV.5. APPLICATION AU PROJET

La valeur de rayon minimal dans notre projet :

$$\mathbf{R_{min} = \frac{11.8 * Vm^2}{Imax + dmax} = \frac{11.8 * 160^2}{160 + 150} = 974.45\ m}$$

Selon la SNTF et pour une vitesse de 160 km/h, le rayon minimal normale est de 974.45 m, donc tous les rayons du notre tracé doivent être supérieure au R_{min}=974.45m

On prend un exemple de calcul pour un rayon de 3500 m pour juste illustrer les différentes étapes de calcul pour la détermination des différents paramètres du tracé en plan, et on va faire ensuite un tableau récapitulatif englobant toutes les caractéristiques géométriques de notre tracé.

- **Dévers théorique :** $\mathbf{d_{th} = \frac{11.8 * Vmax^2}{R} = \frac{11.8 * 160^2}{3200} = 86.31\ mm}$

- **Le coefficient de dévers:** $C = 0.006 \times V^2_{max} = 153.6$

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

$\mathbf{0.5 < \frac{C}{0.0118 \times V2max} \leq 0.7}$, alors dans ce cas on prend **c= 165**

- **Le dévers pratique :** $\mathbf{dp = 1000\ \frac{C}{R} = 1000 \times \frac{165}{3200} = 47.14\ mm} < 160$ mm

On prend Dp = 50 mm <160 mm

- **Insuffisance de dévers :** $I = d\text{th} - dp = 94.4 - 60 = \mathbf{36.31\ mm} < 150$ mm

- **Excès de dévers :** $E = dp - \frac{11.8 \times Vmar^2}{R} = \frac{11.8 \times 100^2}{3200} = \mathbf{16.29\ mm}$

- **La longueur de clothoïde :** $Lrp = \frac{dp}{\frac{dd}{dl}} = \frac{dp}{\frac{180}{Vmax}} = \frac{50}{\frac{180}{160}} = \mathbf{44.44 m}$

On prend Lrp = 50 m

- **Limite de la variation de dévers par rapport à la longueur :**

$$\frac{dd}{dl} = \frac{dp}{Lrp} = \frac{50}{50} = \mathbf{1\ mm/m}$$

- **La variation d'insuffisance de dévers par rapport le temp :**

$$\frac{dI}{dt} = \frac{I \times Vmax}{Lrp \times 3.6} = \mathbf{32.27\ mm/s}$$

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

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

Tableau IV-2Tableau récapitulatif des paramètres du tracé

Rayon (m)	Vitesse km/h		dth (mm)	C	C adopté	dp (mm)	dp adopté	I (mm)	E (mm)	Lrp (m)	Lrp adopté	dd/dL (mm/m)	dI/dt (mm/s)
	Voy	Mar											
			$\frac{11.8xVmax^2}{R}$	$0{,}006xVmax2$		1000x(C/R)		dth-dp	$dp-\frac{11.8xVmin2}{R}$	$\frac{dp}{\frac{dd}{dl}}$	-	$\frac{dp}{Lrp}$	$\frac{I*Vmax}{Lrp*3,6}$
3500	160	100	86,31	153,60	165,00	47,14	50	36,31	16,29	44,44	50	1,00	32,27
4500	160	100	67,13	153,60	165,00	36,67	40	27,13	13,78	35,56	40	1,00	30,14
10000	160	100	30,21	153,60	165,00	16,5	20	10,21	8,2	17,78	20	1,00	22,68

CHAPITRE V : PROFIL EN LONG

CHAPITRE V PROFIL EN LONG

V.1. INTRODUCTION

La construction d'un profil en long doit prendre en compte plusieurs éléments tels que les contraintes topographiques, les limites d'emprise, les contraintes environnementales et les coûts associés à la construction.

Il est important de bien évaluer ces éléments pour optimiser le profil en long et minimiser les coûts de construction tout en garantissant des conditions de circulation sûres et confortables pour les passagers.

V.2. DEFINITIONS

V.2.1 PROFIL EN LONG DU TERRAIN NATUREL

Le profil en long du terrain naturel est la représentation graphique de la topographie du terrain le long de l'axe d'un tracé de chemin de fer.

Ce profil en long est obtenu par une levée topographique effectuée sur le terrain et permet de visualiser les dénivellations, les pentes, les creux et les bosses, les cours d'eau et autres caractéristiques du terrain qui peuvent influencer la conception du tracé de la voie ferrée.

V.2.2 PROFIL EN LONG DU PROJET

Le profil en long du projet est généralement composé d'une série de segments linéaires (alignements) reliés par des courbes (raccordements) qui correspondent aux différents éléments de tracé tels que les pentes, les rampes, les courbes, les dévers et les raccordements. Les pentes sont indiquées par la variation d'altitude par unité de distance, exprimée en pourcentage ou en pente en degrés.

V.2.3 DECLIVITE

La déclivité est utilisée pour décrire la pente du terrain sur lequel la voie ferrée est construite. Elle est exprimée en pourcentage, c'est-à-dire la hauteur sur une distance horizontale donnée, généralement en pour mille (‰).

V.3. REGLES À RESPECTER DANS LE TRACÉ DU PROFIL EN LONG

Pour le bon tracé du profil en long il faut respecter les règles suivantes :

- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à certaines règles.
- Eviter la coïncidence entre les rayons en profil en long et les rayons en tracé en plan.
- Ne pas dépasser les déclivités maximales.

- Respecter les pentes minimales pour assurer un bon écoulement des eaux.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Eviter les hauteurs excessives en remblai et respecter les hauteurs maximales en déblai.

V.4. ÉLEMENTS GEOMETRIQUES 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

V.4.1 CHOIX DES ALIGNEMENTS DROITS

La déclivité des droites ne peut pas dépasser un certain maximum fixé par la SNTF

- La déclivité de longueur inférieure à 3000 m, ne doit pas dépasser 16‰ et exceptionnellement 18‰.
- La déclivité de longueur comprise entre 3 000 m et 15 000 m, diminue graduellement Pour passer de 16‰ à 13‰, exceptionnellement de 18‰ à 15‰.
- En déclivité de longueur supérieure à 15 000 m, la déclivité ne doit pas dépasser 13‰ et exceptionnellement 15‰.

[18]

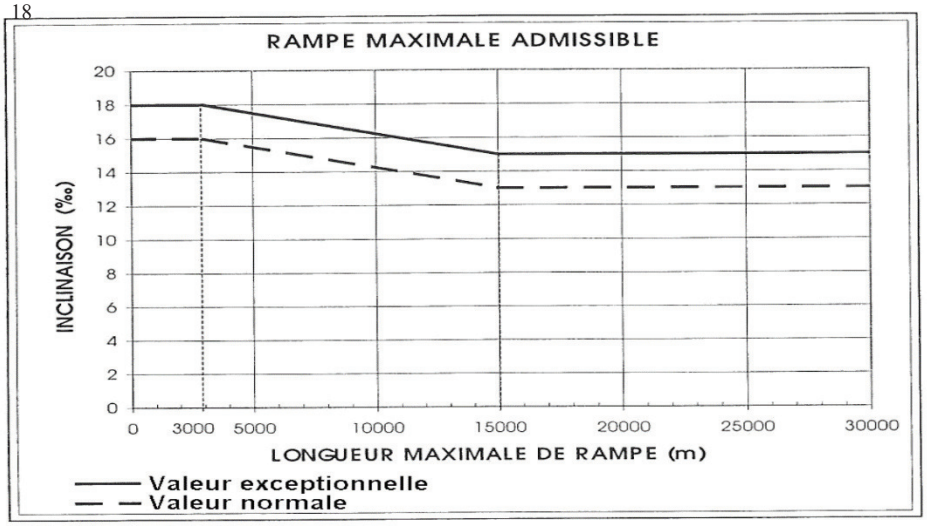


Figure V-1 VARIATION DE DECLIVITE PAR RAPPORT AU LONGUEUR[18]

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

- Equilibrer les remblais-déblais.
- Minimiser le mouvement des terres.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long

[18] SNTF

- Respecter la longueur minimale des éléments de profile en long, Afin d'éviter les oscillations des véhicules dues aux variations successives des déclivités.
- Dans les zones inondables, il est obligatoire de passer avec un profil en remblais dont
  la hauteur est supérieure à NPHE + 0.5m.

Tableau V-1 les longueurs minimales des éléments de profile en long[19]

VALEUR NORMAL	**V/2**
VALEURE EXCEPTIONNELLE	**V/2.5**

Sauf cas exceptionnel il ne doit pas y avoir d'interférences entres les courbes de transition en plan (clothoïde) et les courbes de raccordement en profil en long (raccord circulaire).

V.4.2 CHOIX DES CERCLES

La succession de deux déclivités en profil en long nécessite un raccordement circulaire permettant d'assurer le confort et la sécurité en réduisant l'accélération centrifuge due à la vitesse des véhicules, les raccords de déclivité du profil en long doivent respecter les valeurs de rayon suivant :

Cette accélération est donnée par la formule suivante : $A_V = \frac{V\,max^2}{3.6^2 \times Rv}$

Pour une vitesse inférieure à 220 km/h la valeur maximale de cette accélération est de 0.22m/s^2, (Av≤0.05g) (exceptionnellement 0.31m/s^2) qui est une valeur de confort acceptable en remplaçant les valeurs de **Av** dans la formule ;

Alors : $R_V = \frac{Vmax^2}{3.6^2 \times Av}$

Tableau V-2Valeurs de Rayon vertical minimale[20]

VALEUR NORMAL	0.35 V^2
VALEURE EXCEPTIONNELLE	0.25 V^2

[19] SNTF
[20] SNTF

V.5. APPLICATION AU PROJET

Le profil en long est pour sa plupart ascendant (dans le sens AIN EL BEIDA – KHENCHLA), avec une pente maximale de 16 ‰ , et dans la gare FKIRINA une pente minimale de 0 ‰ .

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

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

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

V.6. LES CONTRAINTES LE LONG DU TRACE

- ✓ Lignes d'électricités de moyen tension (MT) au PK 14+338 et PK 15+216 et PK 15+973 et PK 16+501 et PK 19+182

V.7. CONCLUSION

On peut conclure que l'établissement du profil en long est la tâche la plus importante pour évaluer un projet ferroviaire, que ce soit d'un point de vue économique ou technique. Il permet d'examiner les dénivelés, la coordination entre l'alignement horizontal et le profil en long, ainsi que l'emplacement des gares.

CHAPITRES VI : ETUDE HYDROLIQUE ET HYDROLOGIQUE

CHAPITRE VI Etude hydrologique et hydraulique

VI.1. INTRODUCTION

Lorsqu'une nouvelle ligne ferroviaire est créée, cela peut perturber l'écoulement de l'eau. Pour cette raison, il est important de dimensionner les ouvrages hydrauliques de manière à garantir la continuité des débits des cours d'eau. De plus, il est nécessaire de protéger la plate-forme grâce à un système de drainage efficace

L'approche méthodologique pour la mission hydrologie et hydraulique du projet de la nouvelle ligne de chemin de fer reliant AIN EL BEIDA – KHENCHLA a pour but de déterminer les débits de crues, avec un période de retour de 10, 20, 50 et 100 ans, pour tous les cours d'eau et affluents traversant la ligne projetée.

Cette approche vise également à identifier les ouvrages hydrauliques appropriés pour contrôler ces débits, tout en évitant la saturation de ces équipements hydrauliques, tout en assurant la continuité des débits des cours d'eau et en garantissant un bon drainage pour la protection de la plate-forme.

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

1- Collecte et analyse des documents et études hydrologiques de la région
2- Collecte et analyse des cartes topographiques qui couvrent la zone du projet.
3- Collecte auprès de l'Agence Nationale des ressources Hydrauliques (ANRH) des données de base de la zone du projet :

Pluviométrie : - pluies journalières maximale.

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

4- Utilisation des cartes topographiques pour l'identification des tracés des oueds traversant la ligne ferroviaire et délimitation des bassins versants.
5- Calcul des paramètres physiques et géomorphologiques des bassins versants : surface, périmètre, indices de pente, indice de compacité, longueur du thalweg, temps de concentration.
6- Évaluation des débits de crues avec un période de retour de 10, 20, 50 et 100 ans, en se basant sur l'application de la méthode rationnelle, nécessaires au dimensionnement des ouvrages hydrauliques, ponts et ponceaux.
7- Évaluation des débits de saturation pour chaque type d'ouvrage hydraulique en se basant sur la section mouillée, la vitesse d'écoulement et la rugosité de l'ouvrage.

8- Le dimensionnement les ouvrages hydrauliques longitudinale et transversale.

VI.2. ETUDE HYDROLOGIQUE

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

Après avoir établi le tracé de la voie ferrée et réalisé une étude hydraulique, ce tracé a été superposé sur une carte topographique contenant les cours d'eau. En analysant les intersections entre la voie ferrée et les cours d'eau, on a dimensionné les ouvrages nécessaires en fonction du débit de crue provenant du bassin versant, tout en veillant à ce que les conditions d'auto-curage soient respectées.

Du point de vue hydrologique, le tracé de ligne ferroviaire Ain Beida – Khenchela traverse respectivement le grand bassin versant de l'oued Mellègue et le Chott Melghir.et entre les PK 10+00 AU 20+00. On a un seul oueds franchis par la présente voie ferrée c'est : Oued Mekhalfa

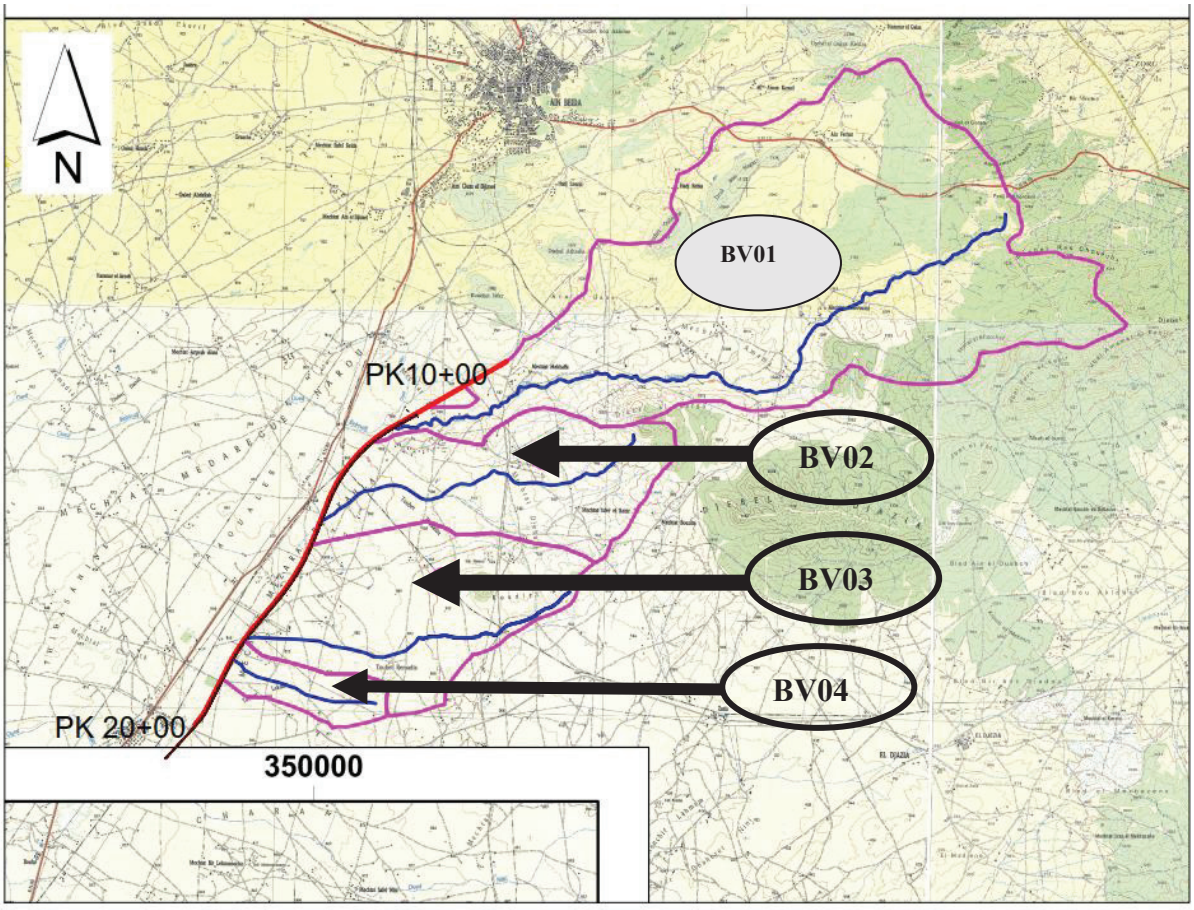


Figure VI-2délimitation des bassins versants

VI.2.1 CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES DES BASSINS VERSANTS

- La détermination des caractéristiques des bassins versants consiste à calculer, ou évaluer, les paramètres explicatifs, indispensables à l'évaluation des débits de crues.
- La Délimitation des lignes de partage des eaux est faite sur les cartes d'état-major au 1/25000
- Les caractéristiques des paramètres de bassins versants des Oueds traversant la nouvelle voie ferrée sont données par le tableau récapitulatif si dessous :

Avec :

- ✓ S (km^2) : Surface.
- ✓ P (km) : Périmètre
- ✓ L (km) : Longueur du cours d'eau principal
- ✓ K_c: Indice de compacité $Kc = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{S}}$
- ✓ H_{max}(m) : Altitude max
- ✓ H_{min}(m) : Altitude min
- ✓ H_{moy}(m) : Altitude moyenne
- ✓ P(%): pente du talweg principal en %.
- ✓ C : coefficient de ruissellement

Tableau VI-1 Caractéristiques morphologiques des bassins versants

n°_BV	PK	S (km^2)	P (km)	Lw (km)	Hmin (m)	Hmax (m)	Hmoy (m)	Pente (m/m)	Kc	DH (m)
BV 01	PK 10+578	68.09	46.49	17.64	906.6	1323	1114.8	0.024	1.58	416.4
BV 02	PK 13+400	39.26	27.64	8.43	884.2	1118	1001	0.028	1.24	233.8
BV 03	PK 16+615	20.64	20.27	8.02	865.5	979	922	0.014	1.25	113.5
BV 04	PK 17+202	3.86	9.50	2.52	862.7	889	876	0.007	1.35	26.3

VI.2.2 LES PRECIPITATIONS

Les données de la région d'étude ont été recueillies auprès de l'Agence Nationale des Ressources en eau (A N R H) et de l'Office National de la Météorologie (O N M)

Tableau VI-2 Pluie journalières maximales fréquentielles

Période de retour	Fréquence	U gumbel	Pjmax
10 ans	0.90	2.25	53.3
20 ans	0.95	2.97	60.9
50 ans	0.98	3.90	70.7
100 ans	0.99	4.60	78.1

VI.2.3 LE TEMPS DE CONCENTRATION « TC »

C'est le temps nécessaire à la goute d'eaux pour arriver à un débit maximal des méthodes simplifier peuvent être utilise pour estimer le temps de concentration sur des bassins versant.

Pour le temps de concentration (Tc), la formule de de calcul a été choisie en fonction de la superficie du bassin versant (Tableau **VI-3) :**

Tableau VI-3 calcule de TC (h)

			Formule			Tc (h)
	BV	Surface (Km^2)	VENTURA	PASSINI	GIANDOTTI	
Condition			S < 5 km^2	5 <S<25 km^2	S>25 km^2	AN
Formule			$Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{S}{I}}$	$Tc = 0.11 \frac{\sqrt[3]{S \times L}}{\sqrt{I}}$	$Tc = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{Hmoy - Hmin}}$	
AN	BV01	68.09	-	-	5.16	5.16 h
	BV02	39.26	-	-	4.4	4.4 h
	BV03	20.64	-	5.1	-	5.1 h
	BV04	3.86	2.98	-	-	2.98 h

VI.2.4 CALCUL DE L'INTENSITE DE PLUIE

$$I = aTc^b$$

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

Tableau VI-4 paramètres climatiques a , b (montana)

Période de retour (ans)	a	b
10	**23.8**	**-0.73**
20	**27.3**	**-0.73**
50	**31.8**	**-0.73**
100	**35.2**	**-0.73**

VI.2.5 CALCUL DU DEBIT MAXIMAL DANS LES BASSINS

Nous avons le choix entre une multitude de formules pour le calcul du débit de projet, cependant nous optant pour la méthode la plus simple et qui s'adepte le mieux à la région d'étude à savoir la méthode rationnelle.

Le débit de crue pour les bassins versants de superficie inférieure à 200 $km2$ a été calculé en appliquant la méthode rationnelle dont l'expression est de la forme suivante :

$$Q_A = 0{,}278C.I.S$$

Dans laquelle :

- QA : Débit de crue de fréquence déterminée en m3/s.
- C : Coefficient de ruissellement.
- I : Intensité de pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration en (mm/h).
- S : Surface du bassin versant en (km2).

❖ Coefficient de ruissellement

Pour la détermination du coefficient du ruissellement, on a opté pour la méthode de KENESSEY :

$$\boldsymbol{Cr = C1 + C2 + C3}$$

C1 : dépend de la pente du cours d'eau principal. Il varie :

- De 0.01 - 0.05 : Pente <3.5 ;
- De 0.06 - 0.1 : 3.5 < Pente < 11 ;
- De 0.12 - 0.2 : 11 < Pente < 35 ;
- De 0.22 - 0.3 : Pente >35.

C2 : dépend de la perméabilité du terrain, il varie :

* De 0.22 – 0.3 pour les terrains imperméables ;
* De 0.1 – 0.2 : pour les terrains pas assez perméables ;

* De 0.06 – 0.1 pour les terrains perméables ;
* De 0.05 – 0.06 pour les terrains très perméables.

C3 : dépend de la couverture végétale du bassin versant, il varie :

* De 0.22 – 0.3 pour les terrains rocheux ;
* De 0.17 – 0.25 pour les Pré ;
* De 0.07 – 0.15 pour les champs labour ;
* De 0.03 – 0.05 pour les forêts et les sols sableux.

Tableau VI-5 Résultats de calcul des débits par la méthode rationnelle

BV	S (km^2)	Cr	Tc (h)	$I_{(100)}$ (mm/h)	$Q_{(100)}$ (m^3/s)
BV01	68.09	0.4	5.16	10.62	80.35
BV02	39.26	0.18	4.4	11.93	23.4
BV03	20.64	0.18	5.1	10.72	11.06
BV04	3.86	0.18	2.98	15.86	3.06

VI.3. CALCUL HYDRAULIQUE ET DIMENSIONNEMENT

VI.3.1 Méthode de MANNING STRICKEL

Les écoulements d'eau de surface qui sont interceptés par l'infrastructure ferroviaire seront rétablis en utilisant des ouvrages hydrauliques appropriés, conçus selon les normes en vigueur. Ces ouvrages seront dimensionnés pour résister à des événements pluvieux d'une fréquence centennale.

$$Q_s = K_s * S_m * Rh^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}}$$

- I : Pente longitudinale de l'ouvrage (m/m).
- Rh : Rayon hydraulique $=\frac{Sm}{Pm}$.
- S_m : Section mouillée de l'ouvrage b x Hu (m^2).
- b : Largeur de l'ouvrage (m).
- b : Largeur de l'ouvrage (m).
- H_t : Hauteur totale (m).
- Ks : Coefficient de rugosité ; Pour le béton Ks=7**0**

➢ **Pré dimensionnement du dalot**

1- $Rh = \frac{Sm}{Pm} = \frac{0.8Ht \times b}{1.6Ht+b} \rightarrow Q_a \approx Q_s = Q_S = K_S \times 0.8Ht \times b \times (\frac{0.8Ht \times b}{1.6Ht+b})^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$

2- Après calcul itérative. On tire H_t

3- Le critère d'arrêt Ht_{i+1}-Ht_i < 10−3

- **Vérification des conditions d'auto curages :**
  - ✓ Vps < 4 m/s
  - ✓ V > 0.6 m/s pour : Q = 0.1 Qps.
  - ✓ V > 0.3 m/s pour : Q = 0.01 Qps .
- **Exemple de calcul pour 2 Dalot (3×2) :**
  - ✓ Vps =Qps/Sm=17.85/4.8 = 3.72m/s < 4 m/s → verifier
  - ✓ Pour Q/Qps=0.1 on a V/Vps=0.638→ V= 0.638Vps=2.37>0.6m/s
  - ✓ Pour Q/Qps=0.01 on a V/Vps=0.0945→ V= 0.0945Vps=0.35>0.3m/s

❖ **Remarque:**

Les ouvrages dimensionnés sont vérifiés les conditions d'auto-curages, mais après enquêtes et investigations, nous avons constaté que la région est témoin d'inondation importants et inattendues

Donc pour la sécurité et la durabilité de notre vois on a opté des ouvrages d'art (comme OA PK10) et augmenté les dimensions de notre OH.

Tableau VI-6 Liste globale des ouvrages à projeter

Exutoire au PK	Ouvrage	Sm (m^2)	Pm (m)	Rh (m)	I (m/m	Q projet(100) m3/s	Qs **m3/s**	Vps (m/s)
10+578		OA (pont rail) avec ouverture de 52m						
12+350	Buse Φ1500	1,77	4,71	0,38	0,01	5,24	6,43	3,64
13+425	3 DALOT (3X 3)	7,2	7,8	0,92	0.003	23,4	78,33	3,63
14+140	Buse Φ1500	1,77	4,71	0,38	0,01	5,73	6,43	3,64
16+615	2 DALOT (3X 3)	7,2	7,8	0,92	0,003	11,06	52,22	3,63
17+202	DALOT (2 X 2)	3,2	**5,2**	0,62	0,004	3,06	10,3	3,22
18+560	Buse Φ1500	1,77	4,71	0,38	0,01	3,27	6,43	3,64
19+000	Buse Φ1500	1,77	4,71	0,38	0,01	3,56	6,43	3,64
20+00	Buse Φ1500	1,77	4,71	0,38	0,01	4.7	6,43	3,64

VI.4. Ouvrages longitudinaux

VI.4.1 Dimensionnement des fossés

Les fossés sont des canaux linéaires conçus pour transporter les débits des eaux de surface drainées, qu'il s'agisse des eaux provenant de l'infrastructure elle-même ou des bassins versants en interaction avec le projet. Ils permettent de diriger ces eaux vers un point de rejet, (exutoire) , situé en dehors de l'emprise de la voie ferrée.

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

$$Q_s = K_s * S_m * Rh^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}}$$

Tel que :

- La surface mouillée : S_m = (b+z× h)× h
- Le périmètre mouillé : P_m = b+2h$\sqrt{1+z^2}$
- Le rayon hydraulique : Rh =$\frac{Sm}{Pm}$
- Z la pente des berges.
- K_s =$\frac{1}{n}$, n = 0.014

VI.4.2 Les hypothèses de dimensionnement

- La déclivité longitudinale des fossés en zone de déblai est la même que celle du profil en long de la voie.
- Le débit à évacuer qui est la somme des 3 débits La plate-forme, les bermes et les talus : Qa=Qpf+Qb+Qt.
- Le calcul des débits se fait dans le cas le plus défavorable dans la zone en remblais et en déblai .
- Chaque débit est déterminé en utilisant la méthode rationnelle :

$$Q=\frac{C_r \times I \times S}{3.6}$$

Remarque : pour notre projet on n'a pas de berme car la hauteur des talus est de l'ordre de 5 mètres

Tableau VI-7 Calcul des débits à évacuer dans le cas de remblai et déblai

		CAS REMBLAI	CAS DEBLAI
		Le cas plus défavorable : Longueur=5150 m H_{talus}= 5 m Berme =0 m Largeur de plateforme= 6,8 m	Le cas plus défavorable : Longueur=250 m H_{talus}= 1,5 m Berme =0 m Largeur de plateforme=6,8 m
Platform	Cr	0,7	0,7
	P (m/m)	0,04	0,04
	S (km2)	0,035	0,0017
	Tc (h)	0,119	0,026
	I_{20} (mm/h)	129,13	391,951
	Qp (m^3/s)	0,87	0,129
Talus	Cr	0,4	0,4
	P (m/m)	2/3	2/3
	S (km2)	0,026	0,000375
	Tc (h)	0,025	0,00301
	I_{20}(mm/h)	403,34	1891,51
	Qt (m3/s)	1,16	0,08
	Qa=Qp+Qt	2,03	0,209

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

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

Tableau VI-8 Les dimensions des fossés

b (m)	h (m)	z (m)	$S_m(m^2)$	$P_m(m^2)$	R_h	K_S	I(m/m)	$Q_s(m^3/s)$
0,6	0,6	1,5	0,9	2,76	0,33	70	0,005	2,12

les types des fossés adoptés pour notre projet de forme trapézoïdal (b=0.6m,h=0.6 m, pente=1.5, H/V).

VI.5. CONCLUSION

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

En matière d'assainissement, les ouvrages hydrauliques ont été surdimensionnés pour assurer la pérennité des ouvrages.

CHAPITRES VII : ETUDE GEOTECHNIQUE ET GEOLOGIQUE

CHAPITRE VII ETUDE GEOTECHNIQUE ET GEOLOGIQUE

VII.1. ETUDE GEOLOGIQUE

VII.1.1 INTRODUCTION

L'objectif de l'étude géologique est de prévenir tous les risques tels que la chute de blocs, les glissements de terrain, les inondations, la sismicité, les phénomènes de retrait-gonflement des argiles, la remontée de la nappe phréatique et le tassement des sols compressibles.

Une grande partie de ce travail se concentre sur l'interaction entre le sol de fondation et la structure de l'ouvrage. L'étude doit se conclure par la conception d'ouvrages garantissant leur stabilité.

VII.2. L'ETUDE GEOLOGIQUES

VII.2.1 INTRODUCTION

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

VII.2.2 GEOLOGIE REGIONALE

La wilaya d'OUM EL BOUAGHI appartient au domaine des Hautes plaines constantinoises, elle est localisée au pied des premières hauteurs du Tell Constantinois

Trois reliefs isolés accidentent la wilaya d'Oum el Bouaghi :

- ✓ Au nord de la ville c'est le célébre Djebel Sidi Rerhis (1635m).
- ✓ Au sud –Ouest d'Oum el Bouaghi c'est le djebel Guellif(1161 m)
- ✓ Au sud de la wilaya se dresse la table calcaire du Djebel Tarf (1134)

Pour les géologues deux zones se dessinent :

- ✓ Au Nord et à l'Ouest, les structures relativement complexes annoncent les bouleversements des zones telliennes.
- ✓ Au sud, le djebel Tarf appartient déjà à la zone simplement plissée de l'autochtone nord-aurésien

21

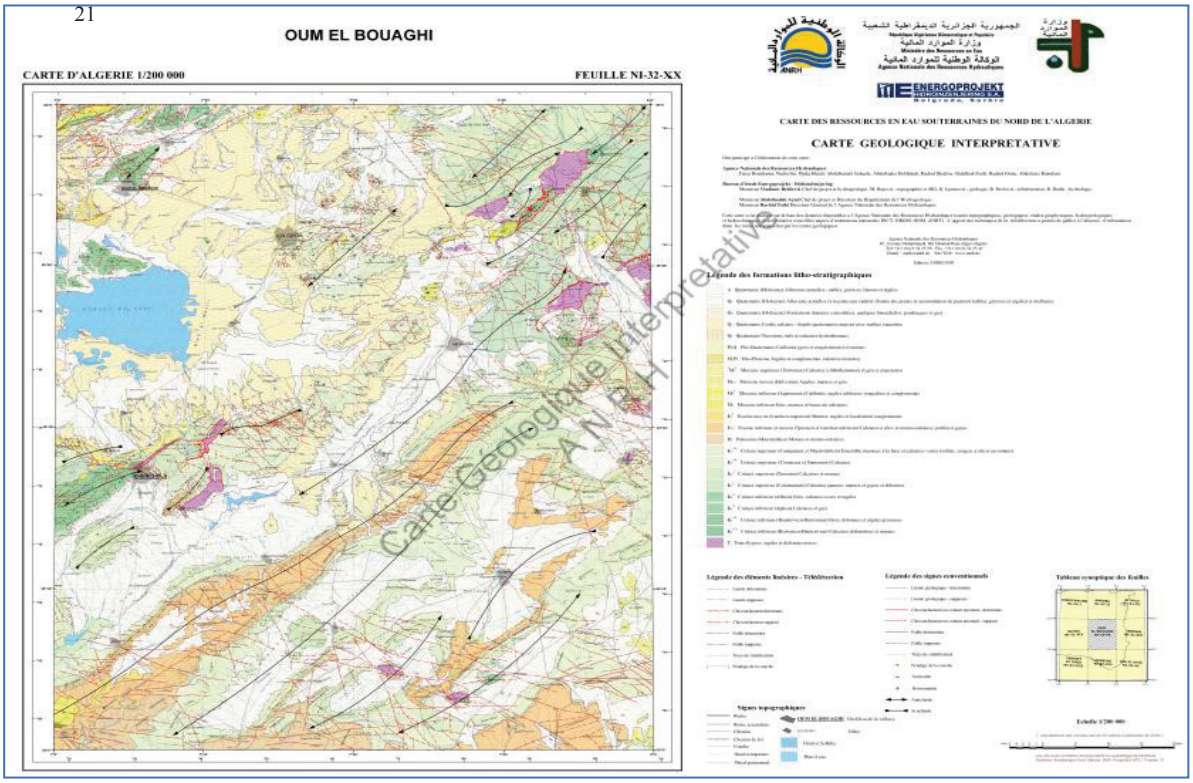


Figure VII-1 CARTE GEOLOGIQUE DE OUM EL BOUGHI (ANRH)[21]

VII.2.3 GEOLOGIE LOCALE

Localement, la géologie détaillée du site est déterminée à partir des cartes géologiques de la région.

La projection de la zone du projet sur les extraits des cartes géologiques de Aîn Beida et de Fkirina au 50/000ème, nous montre que la zone d'étude appartienne totalement aux formations sédimentaires d'âge Quaternaire, allant du Villafranchien, représentées par une croûte calcaire, écartées (Qc) jusqu'au Quaternaire actuelles et récentes, écartées (A).

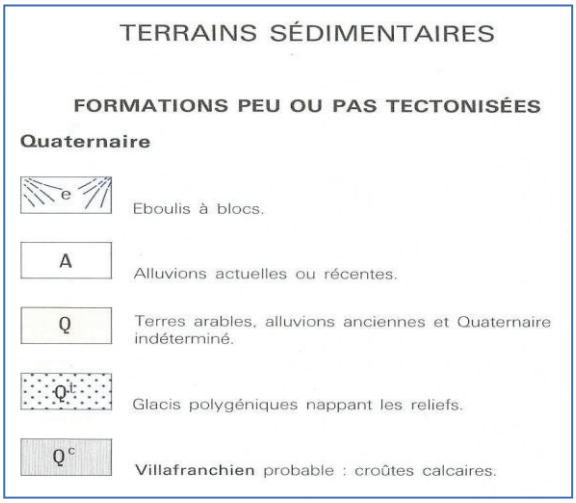


Figure VII-2 Légende des formations traversées notre projet

[21] ANRH

VII.3. ETUDE GEOTECHNIQUE

VII.3.1 INTRODUCTION

La géotechnique est une discipline scientifique qui se consacre à l'étude des propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols.

Dans le contexte d'un projet ferroviaire, cette étude a pour objectif de localiser les différentes couches de sol, de fournir des informations détaillées sur chaque couche et d'établir les caractéristiques mécaniques et physiques du sol.

Ainsi, la réalisation d'un projet ferroviaire nécessite une bonne connaissance des terrains traversés, ce qui implique la réalisation de reconnaissances géotechniques appropriées.

VII.3.2 PROGRAMME D'INVESTIGATION GEOTECHNIQUE

L'objectif de ce programme est :

- La connaissance du sol et de ses caractéristiques géotechniques et morphologiques pour chaque déblais et remblais.
- Déterminer les caractéristiques physico-chimiques et mécaniques du sol pour la construction d'ouvrage et notamment la définition de la fondation.

❖ Les abréviations dans les résultats suivant sont :

- SC : sondage carotté
- SP : sondage pressiométrique
- PU : puit de reconnaissance
- PLD : pénétromètre dynamique

Tableau VII-1Programme d'investigation géotechnique

Type d'ouvrage	Pk	Essai In Situ	Profondeur (m)	Essais au laboratoire
Remblai	10 + 000	01 puit de reconnaissance avec Un prélèvement d'un Échantillon paraffiné par couche	03	- Teneur en eau - Granulométrie - Limite d'Atterberg - Proctor modifié - CBR imbibé - Analyse chimique - VBS

Ouvrage d'art (pont rail)	10 +570	-Sondage carotté d'avec Prélèvement des Échantillons intacts. -Essai au pénétromètre Statique SPT	10	- Teneur en eau - Masse volumique - Granulométrie - Limite d'Atterberg - Cisaillement rectiligne (CD) - Oedomètre - Analyse chimique
Remblai	11 + 000	01 puit de reconnaissance avec Un prélèvement d'un Échantillon paraffiné par couche	03	- Teneur en eau - Granulométrie - Limite d'Atterberg - Proctor modifié - CBR imbibé - Analyse chimique - VBS
Ouvrage d'art (pont routier)	11+014	-Sondage carotté d'avec Prélèvement des Échantillons intacts. -Essai au pénétromètre Statique SPT	10	- Teneur en eau - Masse volumique - Granulométrie - Limite d'Atterberg - Cisaillement rectiligne (CD) - Oedomètre - Analyse chimique
Remblai	11+600	01 puit de reconnaissance avec Un prélèvement d'un Échantillon paraffiné par couche	4	- Teneur en eau - Granulométrie - Limite d'Atterberg - Proctor modifié - CBR imbibé - Analyse chimique - VBS

Remblai	12+500	01 puit de reconnaissance avec Un prélèvement d'un Échantillon paraffiné par couche	4	- Teneur en eau - Granulométrie - Limite d'Atterberg - Proctor modifié - CBR imbibé - Analyse chimique - VBS
Ouvrage d'art (pont route)	13+250	-Sondage carotté d'avec Prélèvement des Échantillons intacts. -Essai au pénétromètre Statique SPT	10	- Teneur en eau - Masse volumique - Granulométrie - Limite d'Atterberg - Cisaillement rectiligne (CD) - Oedomètre - Analyse chimique
OH	13+400	-Sondage carotté d'avec Prélèvement des Échantillons intacts. -Essai au pénétromètre Statique SPT	10	- Teneur en eau - Masse volumique - Granulométrie - Limite d'Atterberg - Cisaillement rectiligne (CD) - Oedomètre - Analyse chimique
Remblai	13+750	01 puit de reconnaissance avec Un prélèvement d'un Échantillon paraffiné par couche	4	- Teneur en eau - Granulométrie - Limite d'Atterberg - Proctor modifié - CBR imbibé - Analyse chimique - VBS
OH	14+140	-Sondage carotté d'avec Prélèvement des Échantillons intacts.	10	- Teneur en eau - Masse volumique - Granulométrie - Limite d'Atterberg

		-Essai au pénétromètre Statique SPT		- Cisaillement rectiligne (CD) - Oedomètre - Analyse chimique
Déblai	15+200	01 puit de reconnaissance avec Un prélèvement d'un Échantillon paraffiné par couche	4	- Teneur en eau - Granulométrie - Limite d'Atterberg - Proctor modifié - CBR imbibé - Analyse chimique - VBS
Remblai	15+475	01 puit de reconnaissance avec Un prélèvement d'un Échantillon paraffiné par couche	4	- Teneur en eau - Granulométrie - Limite d'Atterberg - Proctor modifié - CBR imbibé - Analyse chimique - VBS
Ouvrage d'art (pont route)	15+954	-Sondage carotté d'avec Prélèvement des Échantillons intacts. -Essai au pénétromètre Statique SPT	10	- Teneur en eau - Masse volumique - Granulométrie - Limite d'Atterberg - Cisaillement rectiligne (CD) - Oedomètre - Analyse chimique
OH	16+615	-Sondage carotté d'avec Prélèvement des Échantillons intacts. -Essai au pénétromètre Statique SPT	10	- Teneur en eau - Masse volumique - Granulométrie - Limite d'Atterberg - Cisaillement rectiligne (CD) - Oedomètre - Analyse chimique

OH	17+202	-Sondage carotté d'avec Prélèvement des Échantillons intacts. -Essai au pénétromètre Statique SPT	10	- Teneur en eau - Masse volumique - Granulométrie - Limite d'Atterberg - Cisaillement rectiligne (CD) - Oedomètre - Analyse chimique
Remblai	17+400	01 puit de reconnaissance avec Un prélèvement d'un Échantillon paraffiné par couche	4	- Teneur en eau - Granulométrie - Limite d'Atterberg - Proctor modifié - CBR imbibé - Analyse chimique - VBS
Remblai	18+000	01 puit de reconnaissance avec Un prélèvement d'un Échantillon paraffiné par couche	4	- Teneur en eau - Granulométrie - Limite d'Atterberg - Proctor modifié - CBR imbibé - Analyse chimique - VBS
OH	18+560	-Sondage carotté d'avec Prélèvement des Échantillons intacts. -Essai au pénétromètre Statique SPT	4	- Teneur en eau - Masse volumique - Granulométrie - Limite d'Atterberg - Cisaillement rectiligne (CD) - Oedomètre - Analyse chimique
OH	19+000	-Sondage carotté d'avec Prélèvement des Échantillons intacts.	10	- Teneur en eau - Masse volumique - Granulométrie - Limite d'Atterberg

		-Essai au pénétromètre Statique SPT		- Cisaillement rectiligne (CD) - Oedomètre - Analyse chimique
Ouvrage d'art (pont route)	19+080	-Sondage carotté d'avec Prélèvement des Échantillons intacts. -Essai au pénétromètre Statique SPT	10	- Teneur en eau - Masse volumique - Granulométrie - Limite d'Atterberg - Cisaillement rectiligne (CD) - Oedomètre - Analyse chimique
Remblai	19+300	01 puit de reconnaissance avec Un prélèvement d'un Échantillon paraffiné par couche	4	- Teneur en eau - Granulométrie - Limite d'Atterberg - Proctor modifié - CBR imbibé - Analyse chimique - VBS
Remblai	20+000	01 puit de reconnaissance avec Un prélèvement d'un Échantillon paraffiné par couche	4	- Teneur en eau - Granulométrie - Limite d'Atterberg - Proctor modifié - CBR imbibé - Analyse chimique - VBS

- J'utiliserai le programme de bureau d'étude pour interpréter les résultats et dimensionner la couche d'assise.

VII.3.3 RESULTATS DES INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUE

VII.3.3.1 HYDROGEOLOGIE

D'après mesures piézométriques des sondages carottés (voir le tableau suivant) :

Tableau VII-2 Mesures piézométriques des sondages carottés réalisés entre le PK 10+000 au PK 20+000

SC N°	PK	Profondeur	Niveau piézométrique par rapport au terrain naturel actuel (m)
SC01	10+570	10	-7,00
SC02	11+014	10	-9,00
SC03	13+251	10	-6,00
SC04	13+425	10	-6,00
SC05	14+140	10	-5,00
SC06	15+954	10	-7,50
SC07	16+615	10	-6,00
SC08	17+202	10	-7,00
SC09	18+560	10	-6,00
SC10	19+080	10	-4,00

Les formations lithologiques dominantes dans le tracé allant du PK 10+000 au PK 20+000, à savoir les argiles tufacées et les argiles limono-sableuses, ont un caractère semi-perméable ce qui favorise les infiltrations des eaux de surfaces lors des événements pluvieux et en contact avec le substratum marneux imperméable en profondeur peuvent constitués un aquifère superficiel qui peut emmagasiner localement les eaux des infiltrations de surface, ce phénomène peut être plus marquant à partir de dernier quart du tracé notamment dans la zone jugée inondable du PK 16 au PK 20 (zone d'affluence de Sebkhat Guerrah El Tarf) où le niveau piézométrique avoisine -4.00 mètre de profondeur.

- L'analyse de l'évolution de l'état hydrique des échantillons des sols testés, indique généralement des états hydriques en surface (entre 0 à 2.00 mètres de profondeur) sec à moyen, et qui évoluant en état humide à très humide en profondeur (au-delà de 2.00 mètres de profondeur).

VII.3.3.2 ESSAIS DE PENETROMETRE DYNAMIQUE (PDL)

10 essais PDL ont été réalisés dans le tronçon allant du PK 10+000 au PK 20+000, le tableau suivant récapitule les résultats de ses essais :

Tableau VII-3 RESULTAT D'ESSAIS DE PENETROMETRE DYNAMIQUE

N° PDL	PK	Profondeur de refus (m)	Lithologie
PDL-01	10+000	- 2.60	0.00-1.80m : Alluvion 1.80-2.60 : Marne
PDL-02	11+000	- 1.80	0.00-1.50m : Argile tufacée 1.50-1.80 : Marne
PDL-03	11+600	- 1.60	0.00-1.00m : Argile graveleuse 1.00-1.60 : Marne
PDL-04	12+500	- 3.00	0.00-1.00 : Argile limono-graveleuse 1.00-3.00 : Alluvions
PDL-05	13+750	- 2.00	0.00-1.00 : Argile limono-graveleuse 1.00-2.00 : Alluvions
PDL-06	15+475	- 3.00	0.00-1.00 : Argile limono-graveleuse 1.00-3.00 : Alluvions
PDL-07	17+400	- 7.00	0.00-5.00 : Argile tufacée 5.00-7.00 : Argile limono-marneuse
PDL-18	18+000	- 6.80	0.00-4.00 : Argile tufacée 4.00-7.00 : Argile limono-marneuse
PDL-09	19+300	- 2.00	0.00-1.20 : Argile tufacée 1.20-2.00 : Argile limono-marneuse
PDL-10	20+000	- 2.20	0.00-1.20 : Argile tufacée 1.20-2.20 : Argile limono-marneuse

INTERPRETATION

L'analyse des résultats PDL nous renseigne sur le degré de compacité des formations en profondeur : une fois que la couche d'argile tufacée est traversée, le refus est enregistré dans les niveaux les plus dure de la couche d'argile limono-marneuse à des profondeurs allant du 2.00 à 7.00 mètre de profondeur ;

VII.3.3.3 ESSAIS DE « STANDARD PENETRATION TEST » SPT

Les résultats de l'essai SPT sont récapitulés dans le tableau suivant, leur analyse atteste de l'existence d'un sol classé selon la norme XP P94-011 en :

- Sol moyennement compact à dense pour l'unité des Argiles limoneuses ;
- Sol dense pour l'unité des Argiles tufacées ;
- Sol dense à très dense pour l'unité des Marnes ;
- Sol très dense pour l'unité Alluvionnaire ;

Tableau VII-4Résultats des essais S.P.T

SC N°	PK	Unité géotechnique	Profondeur SPT (m)	Nombres des coups			$N_2 + N_3$	Classification du sol selon la norme XP P94-011
				N_1	N_2	N_3		
SC-01	10+578	Alluvion	05.00-05.45	Refus			>50	Sol très dense
		Marne	10.00-10.45	Refus			>50	Sol très dense
SC-02	11+014	Argile tufacée	05.00-05.45	07	13	18	31	Sol dense
		Marne	10.00-10.45	08	15	24	39	Sol dense
SC-03	12+350	Alluvion	05.00-05.45	Refus			>50	Sol très dense
		Tuf gravelons	10.00-10.45	Refus			>50	Sol très dense
SC-04	13+251	Alluvion	04.00-04.45	Refus			>50	Sol très dense
		Tuf gravelons	08.00-08.45	Refus			>50	Sol très dense
SC-05	14+140	Argile graveleuse	06.00-06.45	Refus			>50	Sol très dense
		Argile limoneuse	10.00-10.45	Refus			>50	Sol très dense
SC-06	15+954	Argile limoneuse	04.00-04.45	06	10	11	21	Sol moyennement compact
			08.00-08.45	09	13	16	29	Sol moyennement compact
SC-07	16+615	Argile limoneuse	05.00-05.45	05	11	14	25	Sol moyennement compact
			10.00-10.45	09	13	17	30	Sol dense
SC-08	17+202	Argile limoneuse	06.00-06.45	10	14	23	37	Sol dense
			12.00-12.45	08	13	20	33	Sol dense
SC-09	19+056	Argile limoneuse	05.00-05.45	08	10	13	23	Moyennement compact
			10.00-10.45	11	16	20	36	Sol dense
SC-10	20+000	Argile limoneuse	05.00-05.45	07	12	21	33	Sol dense
			10.00-10.45	08	15	20	35	Sol dense

VII.3.3.4 ESSAIS PRESSIOMETRIQUES

Le principe de l'essai est de classé la sismicité de sol selon RPA99/2003 (chapitre 3) (voire **Annex D**) après le calcule suivant

$$Pl_i = \frac{\sum_i^n H_i}{\sum_i^n \left(\frac{H_i}{Pl_i}\right)} \qquad E_i = \frac{\sum_i^n H_i}{\sum_i^n \left(\frac{H_i}{E_i}\right)}$$

P_{li} : Pression limite moyenne à travers la couche (i) d'épaisseur (h_i)
Ei : Module pressiométrique moyen à travers la couche (i) d'épaisseur (h_i)
h_i : épaisseur de la couche (i).

Tableau VII-5 les des résultats des essais pressiométriques

PK	N° de SP	Profondeur (m)	E(Bar)	Pl (bar)	E/Pl	$\frac{}{Ep}$	$\frac{}{Pl}$	Classification d'après RPA 99/2003	
								Catégorie	Description
10+570	SP-01	12	102-309	10-29	10-11	188	16.9	S3	Meuble
11+014	SP-02	12	100-315	9-29	10-11	191	17.4	S3	Meuble
13+251	SP-03	12	123-333	11-31	9-11	213	19.8	S3	Meuble
13+425	SP-04	05	111-945	10-39	7-60	360	21.0	S2	Meuble
14+140	SP-05	05	168-536	13-26	11-35	270	17.2	S3	Meuble
15+954	SP-06	10	102-695	13-22	8-46	250	16.0	S3	Meuble
16+615	SP-07	10	183-843	13-40	10-41	340	18.9	S3	Meuble
17+202	SP-08	12	136-338	12-31	10-11	221	20.4	S3	Meuble
18+560	SP-09	10	62.7-710	5-40	9-38	140	10.7	S3	Meuble
19+080	SP-10	15	99.5-341	9-31	10-11	192	17.8	S3	Meuble

❖ **ANALYSE ET RESULTATS**

La corrélation entre les unités géotechniques et les résultats des essais pressiométriques réalisés, nous indique généralement que :

✓ L'unité des Argiles limono-marneuses par fois sablo-caillouteuses est classée globalement en catégorie S3, qui correspondant à un sol meuble.

VII.3.3.5 LES RESULTATS DES ESSAIS AU LABORATOIRE

VII.3.3.5.1 LES PUITS DE RECONNAISSANCE

Les résultats des essais au laboratoire effectués sur les échantillons prélevés des puits sont récapitulés dans les tableaux suivants (**voire Annex E**) :

❖ Selon GTR les sols de class A (A1, A2, A3) sont dominant dans notre projet
❖ Selon UIC 719 R la totalité de soles dans notre projet est de classe Qs1
❖ Les résultats des limites d'Atterberg réalisés sur les échantillons ont donné des indices de plasticité « IP » variables entre 10% et 33% ,es résultats montrent que les sols sont peu plastiques à plastique.

Tableau VII-6 résultats des essais de laboratoire réalisés sur les échantillons des puits de reconnaissance

N° de puits	PK	Pr (m)	Granulométrie			VBS	% Wn	Limite d'Atterberg			Proctor Modifié		Indice CBR à 95%	Classification	
			D max mm	%<2 mm	%< 0.08 mm			% Wl	% Wp	Ip	γ OPM (t/m^3)	% W OPM		GTR	UIC
PU-01	10+000	2.00-3.00	5	93.8	73.4	0.80	17.7	32.0	21.0	10.9	1.87	13.5	8.59	A1m	QS1
Pu-02	10+570	1.00-3.00	2	94.0	76.0	2.72	07.7	28	14	14	1.92	8.42	3.45	A2m	QS1
Pu-03	11+000	1.00-3.00	8	74.0	64.0	3.09	10.2	35	17	18	1.96	10.3	6.64	A2m	QS1
PU-04	11+014	2.00-3.00	31.5	86.2	67.5	1.44	13.0	38	20	18	1.95	11.5	8.90	A2	QS1
Pu-05	11+600	1.00-3.00	3	93.0	86.0	3.80	11.5	38	18	20	1.86	12.9	6.71	A2	QS1
PU-06	12+500	1.00-1.80	20	96.0	81.8	1.13	12.5	40	22	18	1.86	13.7	8.93	A2m	QS1
Pu-07	13+250	0.30-3.00	9	40.0	17.0	1.39	5.2	32	15	17	2.09	8.4	29.13	A2m	QS1
PU-08	13+400	0.80-1.70	2	99.0	86.6	0.66	10.9	36.1	19.1	17	1.84	14.2	13.78	A2	QS1
Pu-09	13+750	0.30-3.00	9	37.0	18.0	3.38	3.9	31	16	15	2.08	8.46	31.57	A2m	QS1
PU-10	14+140	1.00-3.00	2	99.6	96.6	1.07	16.7	53	24	29	1.88	10.9	3.70	A3	QS1
PU-11	15+200	0.00-4.00	/	/	89.0	3.23	9.39	52	26	26	1.64	9.60	/	A3m	QS1
PU-12	15+475	1.30-2.00	5	99.4	91.5	0.99	15.7	41.8	22.6	19.1	1.90	10.2	/	A2	QS1
PU-13	15+954	0.00-4.00	/	/	92.0	3.20	13.65	56	28	28	1.59	15.1	/	A3	QS1
PU-14	16+615	0.10-3.00	2	99.6	58.2	0.83	18.1	47.1	23.0	24.1	1.83	12.3	11.83	A2	QS1
Pu-15	17+202	1.00-3.00	0.3	100	69.0	2.41	11.8	43	22	21	1.90	9.51	9.96	A1	QS1
Pu-16	17+400	0.50-3.00	0.7	100	46.0	2.07	8.5	44	24	20	1.80	14.71	50.46	A1	QS1
PU-17	18+560	1.00-3.00	2	99.6	91.0	0.66	18.9	41.2	20.6	20.6	1.84	11.9	5.47	A2	QS1
PU-18	19+080	0.15-1.00	2	99.5	60.5	1.08	13.7	43.2	21.9	21.3	1.86	11.9	14.05	A2	QS1
PU-19	20+000	0.00-1.70	0.1	100	91.0	1.41	22.2	63.2	29.2	33.9	1.68	19.9	6.74	A3m	QS1

VII.3.3.6 ANALYSES CHIMIQUES

Les résultats des analyses chimiques sommaires du sol effectué sur les échantillons prélevés sur les puits de reconnaissance sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau VII-7 Résumé des analyses chimiques effectués sur les échantillons prélevés

Pu	Pr (m)	Sulfates (%)	Carbonates (%)
Pu-01	1.00-3.00	Traces	74.1
Pu-02	0.50-3.00	Traces	49.5
Pu-03	2.00-3.00	Traces	41.4
Pu-04	1.00-3.00	Traces	38.4
Pu-05	1.00-3.00	Traces	47.8
Pu-06	2.00-3.00	Traces	17.2
Pu-07	1.00-3.00	Traces	39.0
Pu-08	1.00-1.80	Traces	50.0
Pu-09	0.30-3.00	Traces	67.4
Pu-11	0.80-1.70	Traces	21.5
Pu-12	0.30-3.00	Traces	67.4
Pu-13	1.00-3.00	Traces	15.5
Pu-14	1.20-2.00	Traces	31.0
Pu-15	0.10-3.00	Traces	25.9
Pu-16	1.00-3.00	14.3	64.2
Pu-17	0.50-3.00	25.0	23.3
Pu-18	1.00-3.00	Traces	17.2
Pu-19	0.15-1.00	Traces	24.1

L'analyse des résultats des essais chimiques, nous indique un sous-sol aux paramètres chimiques suivants :

- Les carbonates varient de 15.5 à 74.1 %

- Les sulfates varient de 0.01 (traces) à 25.0 %.

VII.3.3.7 CONTRAINTES GEOTECHNIQUES

VII.3.3.7.1 LES ZONES INONDABLES

Le tronçon identifié comme zones inondables est localisé entre F'kirina et Baghai entre les PK 16+600 jusqu'au PK 20+000.

Pour cela, l'étude de drainage est bien prise en compte pour ce tronçon dont les ouvrages hydrauliques sont plus fréquents.

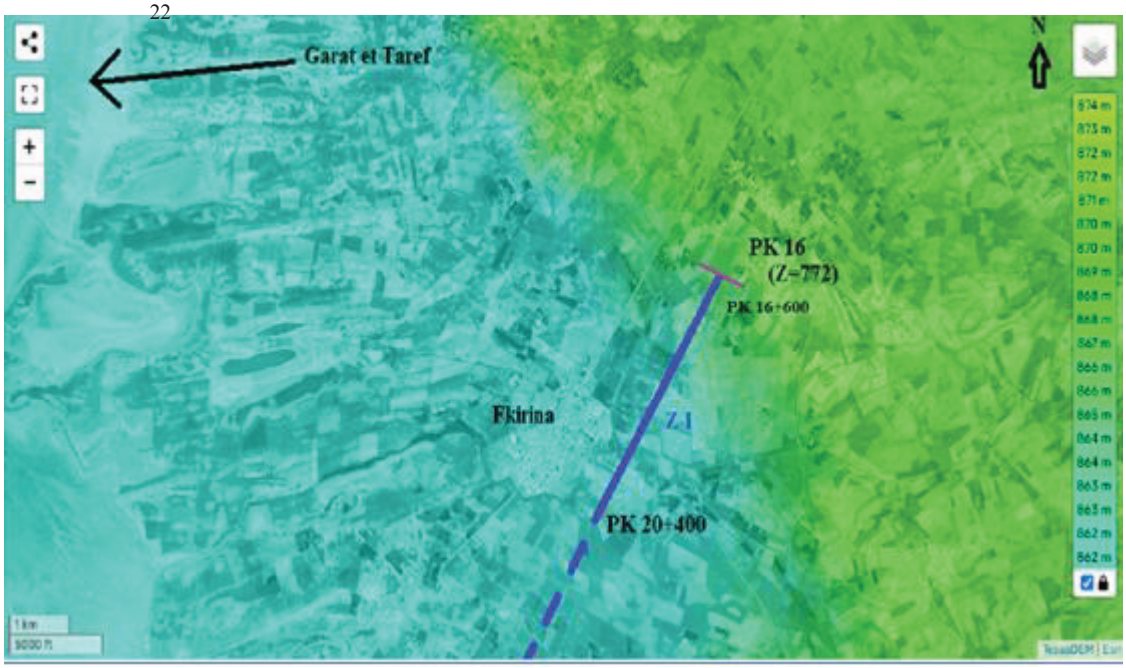


Figure VII-3 Carte satellitaire montrant la zone jugée « inondable»[22]

- ✓ Du point de vue géotechnique, les remblais en zones inondables doivent être dimensionnés de manière à assurer leur stabilité et leur durabilité, ils doivent être protégés par des enrochements latéraux ou des perrés avec, interposition d'un dispositif anti contaminant entre corps de remblai et enrochement.
- ✓ Les niveaux des plus hautes eaux (NPHE) sont de +0.60 m/TN.
- ✓ Les blocs de protection (« Enveloppe ») ainsi que le matériau filtrant ont une hauteur de 0,5 m au-dessus du niveau NPHE.
- ✓ Le matériau filtrant correspond au gravier anguleux sablo-argileux, qui est compacté et moyennement denses, avec une granulométrie vaste échelonnée et une grandeur < 20 mm. Le matériau d´enveloppe est défini comme 63 – 500 mm.
- ✓ Le géotextile doit constituer une strate ségrégative filtrant

[22] https://fr-fr.topographic-map.com/map-nd3q/Alg%C3%A9rie/

❖ **Remblai de la zone inondable**

Dans les zones inondables susceptible d'être immergés temporairement et doivent être constitué de matériaux granulaires, peu sensible à l'eau conformément à la fiche n°7 de la norme ST590 avec VBS≤0.1, les passants à 80µ≤12%.

Les matériaux à utiliser devrait être composé par les sols des classes CiB3, D3, R21, R22, R41 et R42 de la classification GTR. Les matériaux de zone inondable doivent être placés à une hauteur minimale de 0,5 m au-dessus du NPHE.

Le matériau filtrant correspond au gravier anguleux sableux-argileux, qui est compacté et moyennement denses, avec une granulométrie vaste échelonnée et une grandeur < 20 mm.

Le matériau d´enveloppe est défini comme 63 – 500 mm.

- Géotextile de type (TenCate Geolon PP) pour la zone inondable.

VII.3.3.7.2 AGRESSIVITE DES SOLS

D'après la lecture des analyses chimiques réalisées sur les échantillons de sol prélevés des sondages carottés exécuté dans notre tronçon, un risque d'agressivité chimique des sols existe à cause de la présence des sulfates à des niveaux assez élevés dans certains zones :

Tableau VII-8analyses des sulfates effectués sur les échantillons prélevés et Classification des sols selon le degré d'agressivité

Pu /SC N°	PK	Pr (m)	% Sulfate	Degré d'agressivité
SC-04	13+400	5.00-5.40	12.27	Très fortement agressif
SC-05	14+134	6.15-6.40	1.65	Fortement agressif
SC-06	15+945	2.60-2.90	12.8	Très fortement agressif
Pu-07	16+615	1.00-3.00	14.3	Très fortement agressif
Pu-08	17+202	0.50-3.00	25.0	Très fortement agressif
SC-09	19+056	3.10-3.50	9.9	Très fortement agressif
		6.70-7.20	11.0	Très fortement agressif

L'analyse de ces résultats indique la présence des sulfates aux niveaux des échantillons extraits des sondages carottés, les valeurs des sulfates représentant un sol agressif dont les pourcentages varient de 1.03 à 25 %. **(Voire Annex F)**

Selon le fascicule (NF P 18-011,1992, le niveau d´agressivité du sol, c´est-à-dire les classes d´expositions Ai d'attaques chimiques), peut être évalué selon les valeurs de la teneur en sulfates.

- **Recommandations**

Des dispositions nécessaires telle que l'adaptation de la composition et la mise en œuvre aux conditions du milieu (dosage en ciment, E/C, cure, adjuvants), l'utilisation du ciment CRS (ciment résistant aux sulfates) sont à prévoir pour la confection du béton des fondations d'ouvrages projetés

VII.3.3.7.3 RISQUE DE DISSOLUTION DES GYPSES

En plus de risque d'agressivité chimique, la présence de gypse (généralement avec des taux de 1.65 à 25%) trouvé, peut poser un autre problème géotechnique, car les eaux chargées en sels dissolvent très facilement le gypse en laissant de nombreuses cavités et vide dans le sous-sol, ce qui peut provoquer des affaissements et des tassements sur certains sous tronçons.

Tableau VII-9 Localisation des zones à risque de dissolution des gypses :

PK		Longueur (ml)	% des gypses	PK de prélèvement	Lithologie
Début	Fin				
16+600	16+700	100	14	16+625	Argile limono-marneuse, gypsifère plus au moins tufacée en surface.
17+200	17+300	100	25	17+225	
19+100	19+200	100	10	19+122	

Afin de protéger ces sols sensibles à l'eau et pour augmenter leurs résistances au cisaillement, il y a lieu de procéder à la pose d'une géo-grille ; pour augmenter la résistance au cisaillement sous la base du remblai.

CHAPITRES VIII : ASSISE FERROVIAIRE

CHAPITRE VIII ASSISE FERROVIAIRE

VIII.1. INTRODUCTION

L'infrastructure de la voie ferrée ou la structure d'assise est la partie inférieure sur laquelle la voie repose.

La structure d'assise permet d'assurer le bon comportement de la voie du point de vue rigidité, tenue et drainage, en assurant les fonctions suivantes :

- Répartir sur la plate-forme les charges exercées par les traverses (charges reçu).
- Amortir les vibrations de la superstructure.
- Détournement des eaux de pluies.
- Protection contre la contamination du ballast.
- Stabilité longitudinale et transversale.

VIII.2. LES CONSTITUANTS DE LA COUCHE D'ASSISES

VIII.2.1 LE BALLASTE

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

VIII.2.1.1 ROLE DE BALLASTE

- Facilite le drainage et empêche la voie d'être inondés
- Transmettre des efforts engendrés par le passage des trains au sol, sans que celui-ci ne se déforme par tassement.
- Absorbe les vibrations
- Maintient la dilatation thermique à un niveau minimum.

VIII.2.1.2 CARACTERISTIQUE DE BALLAST

- Pierre rocheuse dure concassée, résistance à la compression : ≥ 12Kn
- Résistance à la compression : ≥ 12Kn /cm² Maille: 22,4/63 mm
- Limite de maille entre 31,5-50 mm : 50%
- Résistance à la fragmentation Los-Angeles : ≤ 19 %
- La granularité du ballast se situe à proximité dans la classe 25 à 50 mm (pierre cassée)

VIII.2.2 SOUS COUCHE

La sous-couche permet la transition entre la couche de ballast et la plateforme, la sous-couche peut être mono ou multicouche.

Elle comprend du haut vers le bas, une couche sous ballast en grave propre bien

gradué (0/31.5) puis une couche de fondation (facultative) dans le cas de mauvais sol et enfin, s'il y a lieu une couche anti contaminatrice (facultative) complété par des feuilles de géotextile.

❖ **LA COUCHE DE SOUS-BALLAST**

Cette couche existe dans tous les cas elle est en grave propre bien graduée 0/31.5 mm .

❖ **LA COUCHE DE FONDATION**

C'est une couche en **grave** propre bien graduée d'une épaisseur de15 cm, minimum . Elle protège la plateforme contre l'action des engins lors de la construction de la voie et utilisée sur les sols médiocres.

VIII.2.2.1 ROLE DE LA SOUS COUCHE

- Évacuation des eaux de pluie.
- Protection contre l'érosion et le gel.
- Assure un rôle de séparateur contre la contamination du ballast par les matériaux de la plateforme.
- Dégradation et transmission uniforme à la plate-forme des charges transmises par les traverses

VIII.2.3 LA PLATE-FORME

Partie supérieure de l'ouvrage en terre supportant la sous-couche, dans le cas d'un remblai, cette couche de forme est d'un sol de qualité meilleure. Son taux de compactage est de 95% OPM. Parfois la couche de forme est traitée aux liants hydrauliques.

Cependant dans le cas de déblais elle est obtenue par compactage à 95% OPM sur une épaisseur minimale de 30 cm.

❖ **Classe de qualité des sols pour la plateforme**

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

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

- **les quatre classes de qualité QSi de sols ci-après :**
  - **QS0 : Sols "impropres"** à la réalisation d'une plateforme correcte et nécessitant certaines mesures confortatives.
  - **QS1 : Sols médiocres** acceptables tels quels, dont on doit toujours se préoccuper du bon drainage. Ces sols peuvent, éventuellement, être transformés en sols de meilleure qualité par un traitement approprié
  - **QS2 : Sols moyens.**
  - **QS3 : Bons sols.**
- **Selon la fiche UIC 719R, la classe de qualité du sol prépondérante de la plateforme de notre projet est de classe QS1**

VIII.2.4 LES CLASSES DE LA PORTANCE DE LA PLATEFORME

La portance d'une plateforme dépend de :

- La classe de qualité du sol support.
- La classe de qualité et l'épaisseur de la couche de forme.

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

1) **P1**, plate-forme de médiocre qualité.
2) **P2**, plate-forme de moyenne qualité.
3) **P3**, plate-forme de bonne qualité.

[23]

Classe de qualité du sol	Classe de portance envisagée pour la plate-forme	Couche de forme à mettre en oeuvre pour obtenir cette classe de portance	
		Qualité	Epaisseur minimale : "e_f" (en mètres) (voir figure 15)
QS1	P1	QS1	-
	P2	QS2	0,50
	P2	QS3	0,35
	P3	QS3	0,50
QS2	P2	QS2	-
	P3	QS3	0,35
QS3	P3	QS3	-

Figure VIII-1 la classe la portance de la plate-forme (normes UIC 719R p.34)[23]

[23] NORME UIC 719R

VIII.2.5 PLATE- FORME PROPOSEE

Compte tenu de ce qui précède, notamment de la classe des qualités du sol support le plus souvent rencontré le long du tracé est en majorité QS1, nous conseillons d'opter pour une plateforme de **type P2** (plateforme moyenne) dimensionnée préalablement pour un tel **type de sol (QS1).**

VIII.2.6 COUCHE DE FORME

Concernant le besoin d'obtention d'une plate-forme de qualité de support du **type P2**, Sur les matériaux QS1 on a adopté une couche de forme dont la qualité de sol est **QS3** et cela sur une épaisseur de **35 cm**.

VIII.3. CALCUL DES EPAISSEURS MINIMALES DES COUCHES D'ASSISE

La formule de calcul de l'épaisseur minimale des couches d'assise est donnée comme suit :

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

Tableau VIII-1 les valeurs des différents paramètres pour le calcul de l'épaisseur

E	= 0.70 m	- pour les plates-formes de classe de portance P1
	= 0.55 m	- pour les plates-formes de classe de portance P2
	= 0.45 m	- pour les plates-formes de classe de portance P3
a	= 0	- pour les groupes UIC 1 et 2 (ou lignes à V ≥ 160 km/h quel que soit le – groupe UIC)
	= -0.05 m	- pour les groupes UIC 3 et 4
	= -0.10 m	- pour les groupes UIC 5, 6 et 7, 8, 9 avec voyageurs
	= -0.15 m	- pour les groupes UIC 7, 8, 9 sans voyageur
b	= 0	-pour les traverses bois de longueur 2,60 m
	= (2,50 – L) /2	- avec L est la longueur des traverses (b en m. L en m, b peut être négatif si L > 2,50 m)
c	= 0	- pour un dimensionnement normal
	= -0.10 m	- à titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes degroupe UIC "7, 8, 9 sans voyageur"
	= -0.05 m	- à titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC autre que"7, 8, 9 sans voyageur"

d	= 0 = +0.05 m = +0.12 cm	- lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas200 KN - lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas225 KN - lorsque la charge maximale d'essieu des véhicules remorqués ne dépasse pas 250 KN
f	= 0 = +0.05 m = +0.10 m	- pour toutes les lignes à V ≤ 1 60 km/h et pour les plates-formes de portancePF3 des lignes à grande vitesse. - pour les plates-formes de classe de portance PF2 des lignes à grande Vitesse - pour les plates-formes de classe de portance PF1 des lignes à grande vitesse
g	= + geotextile = 0	- lorsque la couche de forme est en sol QS1 ou QS2 -lorsque la couche de forme est en sol QS3

Tableau VIII-2Dimensionnement de la couche couches d'assise

Paramètre	Calcule	Description
E	0,55	Pour les plates-formes de classe de portance P2
a	-0,05	Pour les groupes UIC 3 et 4
b	0,13	Pour les traverses en béton de longueur L = 2,24 m
c	0	Pour un dimensionnement normal
d	0,05 m	Pour la charge nominale d'essieu de 22,5 ton/axe
f	0	V ≤ 1 60 km/h
g	+	Lorsque la couche de forme est en sol QS1 ou QS2
Epaisseur	0,68	

On prend e = 0,70 m

Tableau VIII-3 Épaisseurs des composants de la couche

COUCHES	EPAISSEUR(CM)
Ballast	30
Sous-ballas	20
Couche de fondation	20
Couche de forme de type QS3	35

CHAPITRE IX : PROFILE EN TRAVERS

CHAPITRE IX PROFILE EN TRAVERS

IX.1. INTRODUCTION

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

IX.2. PROFILE EN TRAVERS

Le profil en travers est une coupe transversale, menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la voie projetée, il nous renseigne sur les ´éléments de la superstructure et de l'infrastructure, sur les valeurs des pentes des talus, sur le mode d'assainissement et sur les systèmes éventuels de protection de la voie.

Il y'a deux types de profile en travers :

1) Profile en travers type
2) Profile en travers courant

IX.2.1 LES ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS

IX.2.1.1 ELEMENTS 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.

IX.2.1.2 ELEMENTS DE L'INFRASTRUCTURE

- La dénomination et les épaisseurs de chaque couche.
- Les pentes transversales de chaque couche.
- La pente latérale de la plate – forme.

IX.2.1.3 ELEMENTS DU TALUS

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

IX.2.1.4 ELEMENTS D'ASSAINISSEMENT

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

IX.2.2 LES PROFILS EN TRAVERS AFFECTES DANS NOTRE PROJET

- Type de ligne : voie unique
- Ecartement de la voie : 1435 mm
- Largeurs de la plate-forme : 8 m
- Pente latérale de la plate-forme : 4 %
- Epaisseur du ballast : 30 cm.
- Epaisseur du sous-ballast : 20 cm.
- Couche de fondation : 20 cm
- Epaisseur de la couche de forme :35 cm.
- Pente talus (déblai : 3H/2V et remblai : 3H/2V).
- Une piste de 0.70m est implantée pour la circulation piétonnière du personnel de maintenance de la voie.

CHAPITRE X : TERRASSEMENTS ET OUVRAGES D'ART

CHAPITRE X TERRASSEMENTS ET OUVRAGES D'ART

X.1. LES TERRASSEMENTS

Les travaux de terrassement consistent à modifier le relief d'un terrain afin de créer une plate-forme ferroviaire. Cette modification du sol est réalisée en effectuant des déblais (enlèvement de terre) et des remblais (ajout de terre) parfois de grande hauteur.

- Le remblai consiste à apporter des terres supplémentaires pour rehausser le niveau d'une zone (remblaiement).
- Le déblai consiste à réduire le niveau du terrain en enlevant des terres.

X.1.1 REMBLAI

Les caractéristiques de la section de remblais :

- Talutage : Les remblais seront profilés à 3H/2V pour assurer la stabilité.
- Décapage : A l'objet de réduire d'éventuels effondrements, Les terres végétales d'épaisseur de 20 cm.
- Drainage : Il est considéré important que la surface des remblais présente une pente transversale d'au moins 4 % afin d'éviter la stagnation de l'eau de pluie.

X.1.2 DEBLAI

Les Caractéristiques des sections en déblais :

- Talutage : on a adopté une pente de 3H /2V pour assurer la stabilité.
- Les pentes données en cette phase d'étude dépendent de la nature des formations recoupées, que les travaux d'investigations géotechnique n'ont pas mis en évidence la présence d'eau dans aucune zone de déblai.

Les défirent zones dans notre projet sont représenté dans le tableau suivant :

Tableau X-1 localisation des zones de remblais et déblai

Remblai			
Pk		Longueur (m)	Hmax (m)
Débit	Fin		
10+000	15+150	5150	5
15+400	20+003	4600	6
Déblai			
15+150	15+400	250	1.5

X.1.3 LES TALUS

Lorsqu'un terrain est nivelé ou excavé pour créer une plate-forme ou une tranchée, les talus sont les pentes qui bordent ces zones. Les talus sont conçus et construits avec des pentes spécifiques pour assurer la stabilité du sol et prévenir les glissements de terrain.

X.1.3.1 PENTE DE TALUS

Les pentes de talus principalement utilisées selon le référentiel technique de **SNTF chapitre 07.2.2 « OUVRAGES EN TERRE »** sont :

- En remblai : **3H/2V**, 2H/1V.
- En déblai : 1H/2V, 2H/3V, 1H/1V, **3H/2V**, 2H/1V, 2.5H/1V, 3H/1V.

X.1.4 STABILISATION DES TALUS

On remarque que les hauteurs du talus a l'ordre de 6, et avec les pentes des talus (3/2 ; H/V dans les zones déblais et remblais) on peut dire qu'elle sont stable, afin d'assurer la stabilité des talus, nous devons effectuer une opération qui est la végétalisation ;

❖ **Végétalisation**

La végétalisation consiste en la mise en place par épandage d'une couverture de terre végétale sur les ouvrages en terre, puis à son ensemencement et à son éventuelle plantation.

Les objectifs de cette opération sont :

- D'éviter le lessivage des fines, le ravinement et la détérioration des talus par leur exposition prolongée aux intempéries,
- D'apporter une aide à la stabilisation superficielle des talus de déblais et de remblais,
- D'améliorer l'environnement en intégrant les ouvrages en terre dans le contexte végétal

Le type de la couverture végétale prend en considération les conditions climatiques de la zone comme facture principal.

X.1.5 CALCUL DES VOLUMES DES TERRASSEMENT ET LES MATRIEUX UTILISE

Tableau X-2 VOLUMES DES TERRASSEMENT ET LES MATRIEUX

Matériau	Volume
Décapage de la terre végétale	53 753,5 m^3
Remblai	515 766 ,6 m^3
Déblai	30 127,5 m^3
Ballast	20 302,9 m^3
Sous ballast	16 646,7 m^3
Couche de fondation	17 934,3 m^3
Couche de forme	34 425,2 m^3
Enrochement	26 447,8 m^3
Matériau dans la zone inondable	68 216,8 m^3
Géotextile	178 440 m^2

X.2. LES OUVRAGES d'ART

X.2.1 INTRODUCTION

Les ouvrages d'art est tout ouvrage a pour but de franchir un obstacle par une voie de circulation pour la conception d'un tracé ferroviaire qui répond aux exigences technique et économique tout en assurant la perméabilité transversale et le franchissement de différent obstacle, on doit doter notre nouvelle ligne des ouvrages d'arts suivants :

- Ponts Rail
- Ponts routiers.

X.2.2 LES CRITERES DE CONCEPTION DES OUVRAGES D'ART

Pour choisir l'adoption du type de l'ouvrage d'art il y a des contraintes imposées. Ces dernières sont divisées en des catégories :

- La voie portée, ou l'obstacle franchir
- Situation de l'ouvrage
- La topographie
- Adaptation architecturelle à la région.
- Condition à respecter durant la conception.
- Contrainte économique.

X.2.3 CROISEMENT AVEC UNE ROUTE

Les problèmes de croisements doivent prendre en considération la nature et le débit de la voie et analyser au cas par cas tout type de croisement selon la vitesse de base maximale.

On prévoit en effet, deux solutions possibles :

- ✓ Passage supérieur : Si la vitesse des trains est importante ≥100 km/h et si la topographie ne le permet pas.
- ✓ Passage inférieur de la route : rarement envisagée, c'est lorsque la topographie l'exige

X.2.4 LES OUVRAGES DANS NOTRE PROJET

Tableau X-3 liste des ouvrages d'art dans le projet

Ouvrage d'art	PK
Pont rail	10+570
Pont route	11+014
Pont route	13+251
Pont route	15+954
Pont route	19+080

X.2.5 LES OUVRAGES HYDROLIQUES

Tableau X-4 liste des ouvrages hydraulique dans le projet

Type de OH	PK
Buse Φ1500	12+350
3 DALOT (3X 3)	13+425
Buse Φ1500	14+134
2 DALOT (3X 3)	16+615
DALOT (2X 2)	17+202
Buse Φ1500	18+560
Buse Φ1500	19+000
Buse Φ1500	20+000

X.2.6 LISTE DES PISTES SUPPRIME

Tableau X-5 liste des pistes suprimé dans le projet

PK	PK	PK
10+550	14+725	18+550
11+025	14+867	18+752
12+275	15+200	19+934
13+260	15+376	-
14+000	16+012	-
14+375	16+535	-
14+600	17+782	-

CHAPITRE XI : CONCEPTION DE LA GARE DE FKIRINA

CHAPITRE XI CONCEPTION DE LA GARE FKIRINA

XI.1. INTRODUCTION

La gare est un lieu où s'effectue le transfert des passagers ou des marchandises d'un moyen de transport en commun à un autre. Elle permet une "rupture de charge" dans le trajet, c'est-à-dire qu'elle facilite l'embarquement et le débarquement des voyageurs ou le chargement et le déchargement des marchandises. De plus, certaines gares assurent des fonctions de sécurité pour les trains.

XI.2. LES TYPES DE GARES

Il existe différents types de gares, cela dépend de leurs nécessités, il y a :

- Les gares de voyageurs ;
- Les gares de marchandise ;
- Les gares mixtes (voyageurs marchandises).
- Les gares de croisements.

XI.3. AMENAGEMENT DE LA GARE DE VOYAGEURS

Une gare ferroviaire s'aménage différemment selon son type, on peut donc distinguer plusieurs installations :

XI.3.1 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.

XI.3.2 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.

XI.4. RESEAUX DE VOIE

XI.4.1 GARAGE FRANC

Le garage franc représente la limite de la partie de voie réservée aux trains en gare, sa valeur théorique est de 3,57m entraxe entre la voie principale et la voie déviée. Cependant, par mesure de sécurité, le garage franc est installé à une distance de 1 mètre par rapport au garage franc théorique.

le garage franc est donné par la formule suivante :

$$Lg= f+1 = 3.57 \times N + 1$$

Tel que : N varie selon l`ouverture de l`appareille de voie.

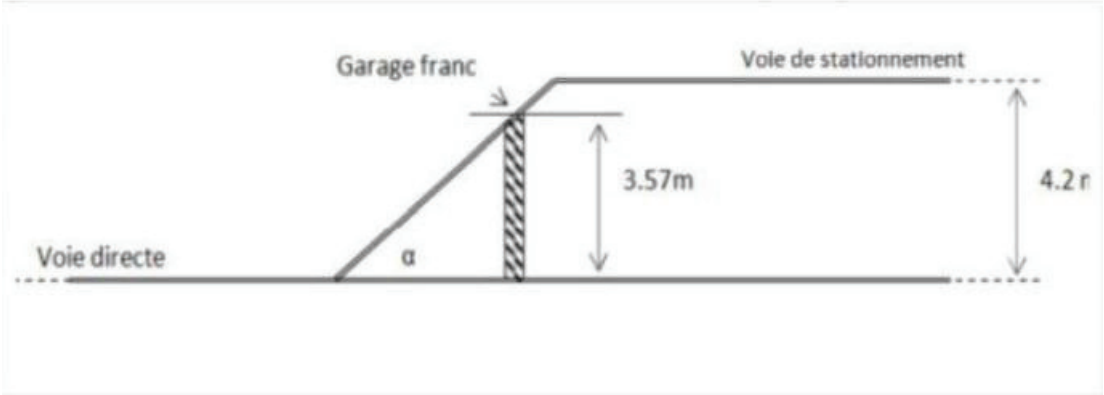


Figure XI-1 l'emplacement du garage franc GF.

XI.4.2 LA MARGE DE GLISSEMENT A L'AVAL DES SIGNAUX

La marge de sécurité est le tronçon de voie situé après un signal fermé, où aucun autre train n'est autorisé à circuler. Dans certains réseaux, cette marge doit être complètement libre de toute occupation. Son objectif est de réduire au minimum les conséquences d'une collision en cas de défaillance du freinage ou de conditions glissantes des rails, lorsque le train n'a pas pu s'arrêter avant cette zone.

XI.4.2.1 LONGUEURS DE LA MARGE DE GLISSEMENT

Selon la norme UIC 739 :

Tableau XI-1 longueurs de la marge de glissement selon UIC 739

Vitess de la ligne (km/h)	Longueurs de la marge (m)
$V \geq 60$	200
$40 \leq V \leq 60$	100
$V < 40$	50

XI.4.3 LA LONGUEUR UTILE D'UNE VOIE DE STATIONNEMENT

La longueur de stationnement est la distance requise et suffisante pour permettre à un train de se garer sur la voie de dépassement sans entraver la circulation sur la voie principale ou les autres voies de dépassement adjacentes.

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

Tableau XI-2 la longueur minimale de VS selon SNTF

Pour les trains voyageurs	426 m
Pour les trains de marchandise	870 m

XI.4.4 HEURTOIR

[24]Un heurtoir est un dispositif situé à l'extrémité d'une voie ferrée qui marque la fin de celle-ci et empêche les véhicules en dérive de continuer au-delà de la voie. Il est conçu pour absorber l'énergie cinétique des trains qui le heurtent grâce à des tampons, assurant ainsi un arrêt sécurisé.



Figure XI-2 Heuritoir[24]

[24] Heurtoir De Freinage Fixe - A. Rawie GmbH & Co. KG

XI.4.5 QUAI

XI.4.5.1 LES CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DU QUAI

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

Tableau XI-3 Les caractéristiques géométriques du quai.

Quai	SNTF
Longueur	Grande ligne 450m. Service régional 350 m. Banlieue 225 m
Largeur	Quai intermédiaire B > 8 m. Quai extérieur B ≥ 6 m.
Hauteur (+FSR)	Quai bas h= 35 cm. Quai mi- haute h= 55 cm. Quai haute 76 ≤ h ≤ 100 cm.
Entraxe des quais	e normal > 11.3. e minimal > 9.3.

XI.4.5.2 LA DISTANCE A L'AXE DE LA VOIE : (SELON LA NORME UIC 741).

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

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

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

-I : l'écartement de la voie (mm) .

[25]

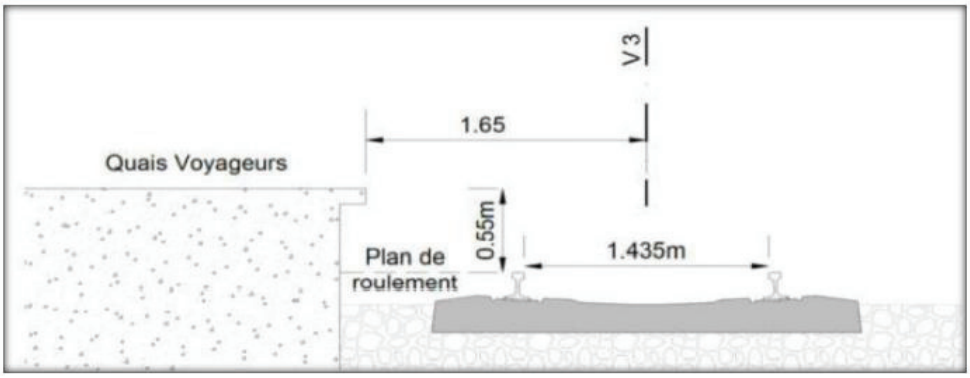


Figure XI-3 La hauteur du quai et la distance entre le bord de quai et l'axe de la voie[25]

[25] UIC 741

XI.4.6 LES APPAREILS DE VOIES

Un appareil de voie est un élément de la voie ferrée qui permet d'assurer le support et le guidage du matériel roulant ferroviaire sur un itinéraire donné.

Le type de l'appareil est désigné par la valeur de la tangente d'implantation exprimée sous la forme décimale, et ce dernier se compose de trois parties : l'aiguillage, la partie intermédiaire et la partie cœur (croisement) .

Il existe trois catégories d'appareils de voie :

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

XI.5. LA GARE DE FKIRINA

XI.5.1 TRACE EN PLAN

Le tracé de la Gare de FKIRINA se trouve entre le Pk 18+335 et le Pk 19+585 dans une extension de 1250 mètres se situe sur un alignement droit avec une pente nulle.



Figure XI-4 Emplacement de la Gare FKIRINA

XI.5.2 PROFILE EN LONG

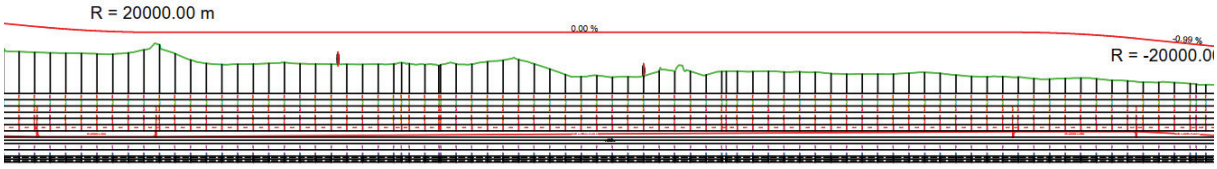


Figure XI-5 Profil en long de la gare.

XI.5.3 LES CARACTERISTIQUES DE LA GARE DE FKIRINA

XI.5.3.1 NOMBRE DE VOIES

Le nombre de voies requises pour la Gare de FKIRINA est de2 voies, 1 voies principales (voies1) et 1 voies d'évitement destinées au stationnement des trains (voies 3) .

XI.5.3.2 APPAREILS DE VOIES

Dans notre projet on placer 2 appareils de voie sont du type UIC 60 E1-500-1/12 .

XI.5.3.3 LONGUEUR DE GARAGE FRANC

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

On prend : GF= 44 m

XI.5.3.4 MARGE DE GLISSEMENT A L'AVAL DES SIGNAUX

Pour la gare de FKIRINA la longueur de la marge de glissement correspondante à une vitesse V ≥ 60 Km/h est de 200 m.

XI.5.3.5 LES QUAIS

- Quai A : a une longueur de 225 m et une largeur de 6 mètres.
- Quai B : a une longueur de 225 m et une largeur de 6 mètres.

❖ La distance à l'axe de la voie :

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

❖ La hauteur des quais :

On prend pour notre cas h= 55 cm (+FSR)

❖ Entre–axe des quais

Dans notre projet on a opté pour l'entraxe de 13.6 m entre les quais A, B.

XI.5.3.6 LONGUEUR UTILE DES VOIES

Tableau XI-4 LONGUEUR UTILE DES VOIES

V1	1114 m
V3	1114 m

XI.5.3.7 COORDONNEES D'IMPLANTATION DES APPAREILS DE VOIES

Tableau XI-5 COORDONNEES D'IMPLANTATION DES APPAREILS DE VOIES

N ADV	POINT	X	Y
1	A	347351.6972	3948281.2935
	B	347363.9158	3948298.5335
	C	347339.4787	3948264.0334
	D	347340.9462	3948263.0831
2	A	346657.0896	3947300.6418
	B	346644.8747	3947283.3891
	C	346669.3081	3947317.8919
	D	346670.6916	3947300.6418

XI.5.3.8 COORDONNEES D'IMPLANTATIONS DES GARAGES FRANCS

Tableau XI-6 COORDONNEES D'IMPLANTATIONS DES GARAGES FRANCS

GF	X	Y
1	347327.5431	3948244.6684
2	346683.6157	3947335.5767

XI.5.3.9 PASSERELLE SUPERIEURE

Selon la SNTF (aménagement et gare tracé des voies)

- La largeur est : B ≥ 2.4 on prend une largeur B = 2.5 m.
- La hauteur est : H > 6.2 m on prend une hauteur 6.5 m pour mieux placer les caténaires.

XI.5.3.10 ASSAINISSEMENT DE LA GARE

XI.5.3.10.1 ASSAINISSEMENT TRANSVERSALE

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

XI.5.3.10.2 ASSAINISSEMENT LONGITUDINAL

Les drains disposés longitudinalement avec des pentes de 4°/00 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.

XI.6. CONCLUSION

La gare de FKIRINA est aménagée d'une manière à satisfaire aux besoins des usagers de cette région en termes de déplacement et communication avec d'autre région.

CHAPITRE XII : SIGNALISATION FERROVIAIRE

CHAPITRE XII SIGNALISATION

XII.1. INTRODUCTION

La sécurité des trains circulant sur le réseau ferroviaire est d'une importance cruciale pour les concepteurs. C'est pourquoi plusieurs systèmes de guidage des trains et de communication sont développés afin de répondre à cette exigence.

Le type de système de signalisation choisi dans notre projet est la signalisation en cabine établi par le système **ERTMS .**

XII.2. LE SYSTEME ERTMS (EUROPEEN RAILWAYS TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM)

Est un système européen de gestion du trafic ferroviaire. Il s'agit d'un système de signalisation et de contrôle des trains qui vise à harmoniser et à améliorer l'interopérabilité des réseaux ferroviaires.

Il est constitué trois composantes fondamentales :

- **Le système ETCS (Européan Train Control System) :** C'est un système de protection des trains (ATP), qui permet de gérer le trafic ferroviaire.
- **Le système GSM-R** (Global System for Mobiles - Railways): qui permet aux trains de communiquer avec les postes de signalisation.
- **Le système ATO** (Automatic Train Operation) : C'est un autopilote, permettant la traction et le freinage automatique du train, en présence d'un conducteur.

❖ L'ERTMS se décline en trois niveaux distincts :

- ✓ **Niveau 1 :** Le train reçoit son autorisation de mouvement à travers des balises au sol. Cette autorisation de mouvement est calculée par le centre de contrôle en fonction de l'occupation des autres cantons.
- ✓ **Niveau 2 :** Le train utilise les balises au sol pour se repérer et transmet sa position au centre de contrôle via le système de communication GSM-R. Le centre de contrôle lui communique ensuite son autorisation de mouvement en fonction de l'occupation des autres cantons.
- ✓ **Niveau 3 :** Le train utilise les balises au sol pour se repérer, échange ses données avec le centre de contrôle, et détermine lui-même son autorisation de mouvement en fonction de la position des autres trains.

XII.2.1 ETCS (EUROPEAN TRAIN CONTROL SYSTEM)

Remplace les systèmes de signalisation traditionnels basés sur des signaux visuels le long des voies par un système de contrôle embarqué à bord des trains. Il utilise des

communications sans fil pour transmettre des informations entre les trains et les infrastructures ferroviaires.

L'ETCS Utilise des balises placées le long des voies pour transmettre des informations aux trains, telles que les limites de vitesse, les signaux de freinage, les changements de voie, etc. Ces informations sont affichées sur un écran dans la cabine du conducteur, ce qui permet au conducteur de prendre les décisions appropriées et de respecter les règles de circulation.

XII.2.1.1 LE SYSTEME ATP (AUTOMATIC TRAIN PROTECTION)

Est un système de protection automatique des trains utilisé dans le domaine ferroviaire pour assurer la sécurité et la protection des trains contre les situations dangereuses.

Les fonctionnalités principales d'un système ATP sont:

- ✓ Assurer l'espacement des circulations pour éviter le rattrapage de l'une par rapport l'autre.
- ✓ Protéger les circulations.
- ✓ Contrôler la vitesse du train.

XII.2.2 LE GSM-R

Est un système de communication spécialement conçu pour répondre aux besoins du secteur ferroviaire. Il est largement utilisé dans le cadre de l'ERTMS pour permettre la communication vocale et les échanges de données entre les différents acteurs du réseau ferroviaire.

❖ **LES PRINCIPALES FONCTIONNALITES DU GSM-R COMPRENNENT**

1) **Communication vocale :** Les conducteurs de train, les opérateurs ferroviaires, les responsables de la signalisation et d'autres parties prenantes peuvent se parler via des appels vocaux pour coordonner les opérations et gérer les situations d'urgence.
2) **Échanges de données :** Le GSM-R permet également le transfert de données, y compris les informations sur les horaires des trains, les mises à jour des itinéraires, les rapports de maintenance, etc. Cela permet une meilleure gestion et une prise de décision plus efficace.
3) **Appels d'urgence :** Le système GSM-R dispose de fonctionnalités d'appels d'urgence pour permettre aux conducteurs de train de signaler rapidement les incidents ou les situations dangereuses.
4) **Messages courts :** Des messages courts peuvent être envoyés entre les différents acteurs du réseau pour une communication rapide et succincte**.**

XII.2.3 EQUIPEMENT AU SOL

- **Balises ETCS :** sont des dispositifs installés le long des voies ferroviaires qui transmettent des informations aux trains équipés de l'ETCS. Elles fournissent des données sur les limites de vitesse, les signaux de freinage, les changements de voie, etc.
- **Transpondeurs ETCS :** sont des dispositifs installés sur les voies qui émettent des signaux radio pour communiquer avec les trains équipés de l'ETCS. Ils permettent d'établir une communication bidirectionnelle entre le train et l'infrastructure ferroviaire.
- **Antennes GSM-R :** Les antennes GSM-R sont utilisées pour fournir une couverture de communication le long des voies ferroviaires. Elles permettent aux trains équipés du GSM-R de communiquer avec les centres de contrôle, les conducteurs de train et autres acteurs du réseau ferroviaire**.**
- **Centres de contrôle :** Les centres de contrôle sont des installations où les opérateurs ferroviaires surveillent et gèrent le trafic ferroviaire. Ils sont équipés de systèmes de contrôle et de supervision des trains, permettant de surveiller les mouvements des trains, de communiquer avec les conducteurs et de prendre des mesures en cas de situations d'urgence.

[26]

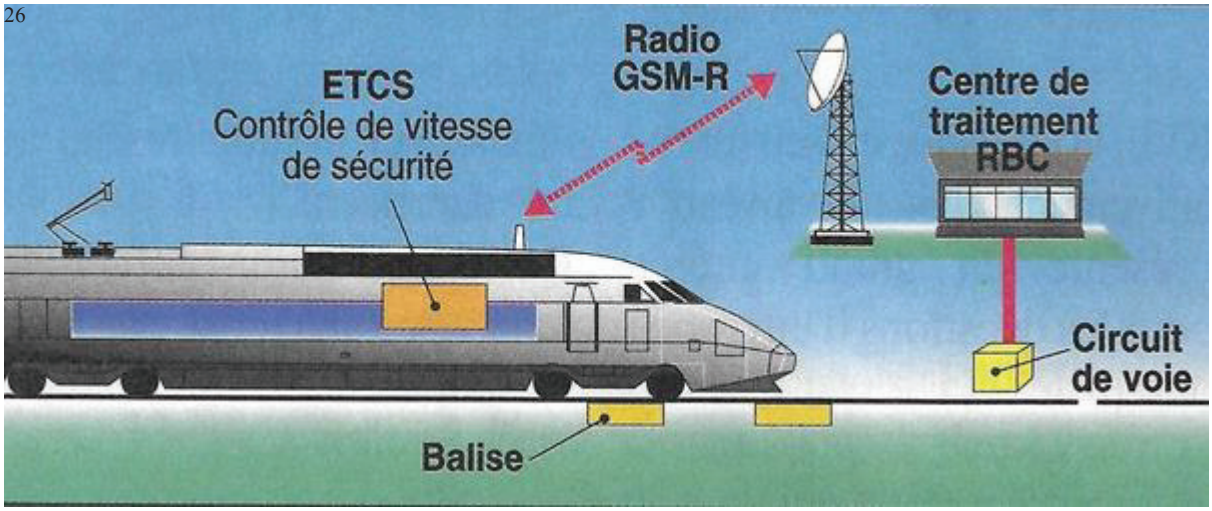


Figure XII-1 synoptique de fonctionnement de ce système de signalisation[26]

[26] Y aura-t-il une signalisation ferroviaire européenne ? - Quora

XII.3. AVANTAGES DE L'ERTMS

1. Sécurité :
   - ✓ Une surveillance permanente de de la vitesse.
   - ✓ Signalisation en cabine
2. Coût :
   - ✓ Pas de signalisation latérale ou réduction du nombre de signaux
   - ✓ Moins d'équipements à base de relais et de câbles
3. Accessibilité :
   - ✓ Traitement de défaillances plus rapide avec un nombre réduit de systèmes
   - ✓ Accélération de la vitesse de circulation et raccourcissement des intervalles entre trains à grande vitesse
4. Interopérabilité :
   - ✓ Architecture standardisée
   - ✓ Capacité de superviser et d'optimiser chaque train
5. Maintenance :
   - ✓ Systèmes standardisés
   - ✓ Moins d'interfaces de sécurité

XII.4. CONCLUSION

La signalisation ferroviaire joue un rôle essentiel dans la sécurité et l'efficacité du transport ferroviaire. Elle permet de guider les trains, de prévenir les collisions et d'assurer le bon déroulement des opérations ferroviaires.

CHAPITRE XIII : ETUDE D'IMPACT SURL'ENVIRONNEMENT

CHAPITRE XIII IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIII.1. INTRODUCTION

L'étude d'impact sur l'environnement décrit le contexte d'insertion et de justification du projet, elle présente une description des différentes composantes du milieu récepteur. Cette étude est un instrument privilégié dans la planification du développement et d'utilisation des ressources et du territoire.

Dans le cadre des projets de tracé des voies ferrées, l'étude d'impact sur l'environnement suit les différentes phases de la conception du projet.

XIII.2. OBJECTIFS DE L'ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

Les objectifs du présent Étude d'impact sur l'environnement sont les suivants :

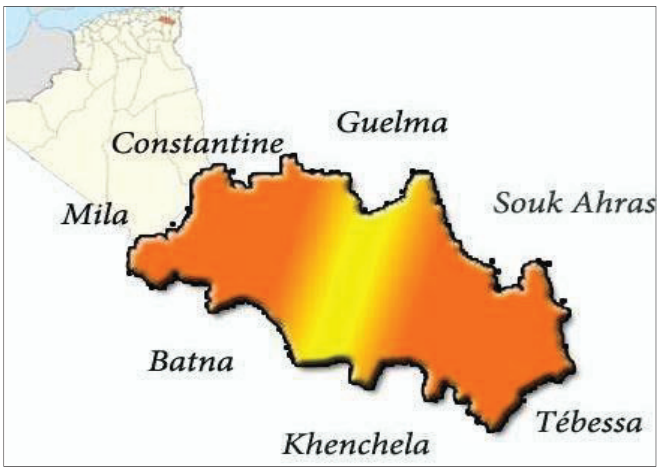
- ✓ Assurer l'intégration des contraintes et opportunités inhérentes au milieu dans la démarche de conception de la nouvelle voie ferrée.
- ✓ Identifier et évaluer l'importance des impacts appréhendés du projet sur le milieu physique, biologique et humain, ainsi que sur le climat sonore et le paysage.
- ✓ Proposer des mesures visant à atténuer les impacts identifiés afin d'optimiser l'intégration du projet dans le milieu récepteur.

XIII.3. ANALYSE DE L'ETAT INITIALE

XIII.3.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE

La wilaya d'Oum El Bouaghi est située à Est de l'Algérie la wilaya d'OEB est limitée par 7 Wilayas qui sont :

- Au Nord la wilaya de Guelma ;
- Au Nord-Ouest la wilaya de Constantine ;
- A L'Ouest la wilaya de Mila ;
- Au Sud-ouest la wilaya de Batna ;
- Au Sud la wilaya de Khenchela ;
- A L'Est la wilaya de Tébessa ;
- Au Nord Est la wilaya de Souk Ahras.



XIII.3.2 SITUATION DEMOGRAPHIQUE

Elle s'étend sur une superficie de 6 187 Km2 ou se concentre 835 262 Habitants, soit une densité moyenne de 135 habitants/Km2 / Evolution de la population depuis le dernier RGPH : Estimation Au 31/12/2021 : 835 262 hab/km².

XIII.3.3 MILIEU PHYSIQUE

XIII.3.3.1 CADRE CLIMATIQUE

La wilaya d'Oum El Bouaghi est caractérisée par un climat continental semi-aride, froid et pluvieux, avec des hivers secs et des étés chauds, avec des précipitations annuelles allant de 200 à 400 mm. Tandis que la température moyenne oscille entre 20° à 40° d'avril à septembre, et entre 8° à 25° d'octobre à mars. Les vents Sirocco soufflent à un rythme de 30 à 50 jours par an, et le nombre de jours de neige est estimé à 37 jours par an.

XIII.3.3.2 RELIEF

Les hautes plaines de l'Est Algérien constituent un vaste couloir dominé par deux chaines de montagnes le massif des Aurès, au sud, et les chaines des monts de Constantine au nord.

La wilaya d'Oum El Bouaghi est située dans la zone des hauts plateaux au centre de wilayas de l'Est algérien. Elle est implantée aux confins méridionaux de l'Atlas tellien, occupant ainsi une position médiane dans la partie « hauts plateaux » Est du pays.

XIII.3.3.3 TOPOGRAPHIE

La wilaya est constituée de vastes plaines et collines qui dominent environ 63 % du territoire. Les montagnes y comptent pour 13,3 % et les autres formations pour 18,9 % Les classes de pente dominantes sont inférieures à 3% et représentent plus du tiers de la superficie. L'altitude varie entre 700 m et 1000 m.

XIII.3.3.4 GEOMORPHOLOGIE

Située au contact du Tell et des Aurès, la wilaya d'Oum el Bouaghi est implantéeentre les limites sud de l'Atlas tellien et le début de l'Atlas saharie. Disposant ainsi d'un territoire dont la configuration géomorphologique se singularise par trois principaux éléments :

- Un territoire de hautes plaines (800 et 1000 m), s'étalant sur la majorité de la partie centrale du territoire de la wilaya (60%) et s'insérant entre les versants méridionaux du Tell au Nord et ceux septentrionaux de l'Atlas saharien au Sud.

XIII.3.4 RESSOURCES HUMAINES

Tableau XIII-1 :Répartition De La Population Active Et Occupée au 31/12/2021[27]

Population de 15 ans et plus	**602 774**
Population Actives	251 141
Taux D'activité	41,66%
Population Occupée	204 715
Taux d'emploi	33,96
Taux d'Occupation	41.66%
Population En Chômages	46 426
Taux De Chômage	18,49%

XIII.4. ÉVALUATION DES IMPACTS ET LES MESURES PRISES POUR MINIMISER CES IMPACTS

XIII.4.1 LES IMPACTS POSITIFS DU PROJET

La réalisation de cette nouvelle ligne, emmènera à la wilaya de OUM EL BOIGHI (surtout la commune FKIRINA) un développement sur le plan sécuritaire, économique, et touristique. Les retombées de cette voie :

- Le développement du réseau ferroviaire de la wilaya.
- Une réponse aux besoins de confort, et de la sécurité dans le déplacement.
- Le développement et la croissance économiques des régions traversées par le projet.
- Une contribution au développement touristique de la wilaya.

XIII.4.2 LES IMPACTS NEGATIFS

XIII.4.2.1 IMPACTS SUR LE MILIEU PHYSIQUE

XIII.4.2.1.1 IMPACTS SUR LA GEOMORPHOLOGIE

Tableau XIII-2 Impact sur la géomorphologie

Impacts	Mesure
Au niveau des sols, le projet induira une série d'impacts dont essentiellement : ✓ La perte des sols par décapage de l'emprise ✓ L'accentuation des phénomènes de	✓ Effectuer le décapage immédiatement avant les travaux de construction afin de limiter la durée d'exposition des sols sensibles à l'érosion. ✓ Stockages des huiles usagés issus des

[27] Rapport EIE de la disert ferroviaire AIN EL BEIDA

l'érosion, et le tassement des sols.	vidanges des engins dans des récipients

XIII.4.2.1.2 IMPACTS SUR LA QUALITE DE L'AIR

Tableau XIII-3 Impact sur la qualité d'air

Impacts	Mesure
✓ Des émanations de gaz par les installations de combustion, gaz d'échappement des engins et des camions, dont les principaux gaz échappés sont les CO, HC, CH4,CO2, NOx, SO2. ✓ Des émissions de poussières dues au, transport de matériaux par les camions.	✓ Utilisation des engins neufs de préférable ; ✓ Bâchage de camions : Durant le transport de matériaux ✓ limitation du nombre des moteurs thermiques en utilisant des moteurs électrique chaque fois que cela est possible ; ✓

XIII.4.2.1.3 IMPACTS SUR LES EAUX SUPERFICIELLES ET LES EAUX SOUTERRAINES

Tableau XIII-4 Impact sur les eaux

Impacts	Mesure
Impacts sur les eaux souterraines ✓ Risque de pollution par une mauvaise gestion des déchets. ✓ Risques de pollution par rejets directs d'eaux de lavage, d'eaux usées.	✓ le nettoyage immédiat du chantier ✓ La mise en végétation immédiate des talus, des fossés et berges de cours d'eau ✓ filtration provisoires des eaux de chantier avant rejet dans les cours d'eau sensibles.
Impact sur les eaux superficielles ✓ La pollution des eaux. ✓ Dérivations des écoulements durant la construction de l'ouvrage.	✓ La mise en végétation immédiate des talus, des fossés et berges de cours d'eau ✓ Le traitement des eaux de chantier dans des bassins de décantation ✓ Le nettoyage immédiat du chantier

XIII.4.2.2 IMPACTS SUR LE MILIEU BIOLOGIQUE

XIII.4.2.2.1 IMPACTS SUR LA FLORE

Tableau XIII-5 Impacts sur la flore

Impacts	Mesure
✓ Le dépôt temporaire de matériaux ✓ Les travaux de chantier peuvent faire une réduction du couvert végétal, et une diminution de productivité agricole	✓ Le déboisement est strictement interdit dans les zones de forêts protégées ✓ Prévention des arbres âgés ✓ Limitation des pistes sur les terres agricoles issues de la circulation des engins. ✓ Les arbres doivent être déplacé et non pas déboisé.

XIII.4.2.2.2 IMPACTS SUR LA FAUNE

Tableau XIII-6 Impacts sur la faune

Impacts	Mesure
✓ Les bruits et les vibrations occasionnés par les engins provoquent un dérangement des faunes sensibles (les mammifères en particulier), ainsi, les terrassements, qui provoquent la destruction et le changement d'habitat naturel de la faune locale	✓ Création des passages pour animaux ✓ La pose des barrières pour la faune le long des passages des fortes .

XIII.4.2.2.3 IMPACTS SUR LES ACTIVITES AGRICOLES

Tableau XIII-7 Impact sur les activités agricoles

Impacts	Mesure
✓ Une perte de l'espace agricole ✓ Une déstructuration du parcellaire ✓ Envol de poussières suite aux travaux	✓ Les surfaces d'emprise doivent être limitées au strict minimum. ✓ Remise en culture des délaissés. ✓ Crée des ponts routiers pour permettre aux agriculteurs de déplacé des deux cotes de rail



Figure XIII-1exemple d'impact dans notre projet PK18+100

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

XIII.5. CONCLUSION

L'étude d'impact sur l'environnement est une procédure officielle et une évaluation scientifique des effets d'un projet ou d'une activité sur l'environnement. L'originalité de cette procédure est de contribuer à ce que les opérateurs publics et privés intègrent l'environnement dans leur stratégie d'action et éviter ainsi que des travaux ou ouvrages ne dégradent irrémédiablement l'environnement.

CHAPITRE XIV. DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF

N	DESIGNATIONS DES TRAVAUX	U	QUANTITÉ	Prix Unitaire (DZD)	Montant Total (DZD)
1-INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER					
1,01	Amenée du matériel et installation général du chantier	F	1,00	200000000	200 000 000,00
1,02	Repli du matériel et des installations du chantier	F	1,00	30000000	30 000 000,00
TOTAL INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER					**230000000,00**
2- Étude d'exécution pose de voie de la ligne					
2.01	Étude d'exécution des terrassement	F	1,00	98 915 584,95	98 915 584,95
2.02	Étude d'exécution de drainage et assainissement	F	1,00	22 329 545,97	22 329 545,97
TOTAL Étude d'exécution pose de voie de la ligne					**121 245 130,92**
3 - TERRASSEMENTS GENERAUX					
3.01	Décapage de terre végétale sur une epaisseur de 0,2 m	M3	53 753,50	450,00	24 189 075,00
3.02	Déblais en terrain meuble mis en depot	M3	30 127,50	700,00	21 089 250,00
3.03	Remblais d'apport en matériaux sélectionné	M3	515 766,60	1 100,00	567 343 260,00
3.04	Fourniture et pose geotextille	M2	178 440,00	1 700,00	303 348 000,00
3.05	Fourniture et mise en œuvre de la couche de forme	M3	34 425,20	1 500,00	38 989 325,54
3.06	Fourniture et mise en œuvre de la couche de fondation	M3	17 934,30	1 900,00	34 075 170,00
3.07	Fourniture et mise en œuvre de Matériau de remblais zone inondable	M3	94 694,60	4 200,00	397 717 320,00
3.08	Fourniture et mise en œuvre de la couche de s/ballast	M3	16 636,70	4 500,00	74 865 150,00
TOTAL TERRASSEMENTS GENERAUX					**1 461 616 550,54**
4 - DRAINAGE ET ASSAINISSEMENTS					
4.01	Fourniture et mise en œuvre de caniveau trapézoïdal en béton armé élément préfabriqué.	ML	11 868,00	18 000,00	213 624 000,00
4,02	Dalot en béton armé	M3	408,21	44 500,00	18 165 256,00
4.03	Buses de tuyaux en béton armé Ø 1500 mm	ML	150,46	125 000,00	18 807 500,00
TOTAL DRAINAGE ET ASSAINISSEMENTS - TRACE					**250 596 758,00**
5- TRAVAUX DE LA VOIE					
5,01	Ballastage voie nouvelle	M3	19 917,70	8 000,00	159 341 600,00
5,02	Fourniture des rails NEUFS UIC 60 (60,34 kg/m)	Tonne	1 200,40	241 400,00	289 776 560,00

5,03	Fourniture des traverses bi-bloc	U	33 334,00	13 500,00	450 009 000,00
5,04	Fourniture des attachés pour rails UIC 60	U	133 336,00	1 200,00	160 003 200,00
5,05	Pose de la voie	ML	20 000,00	8 200,00	164 000 000,00
5,06	Fourniture des appareils de voie simples UIC 60-500-1/12	U	2,00	25 000 000,00	50 000 000,00
5.07	Pose des appareils de voie simples UIC 60-500-1/12	U	2,00	614 526,52	1 229 053,04
5.08	Fourniture et pose traverses de garage franc	U	2,00	623 842,00	1 247 684,00
5.09	Soudage électrique	U	1 112,00	17 980,00	19 993 760,00
5,1	Soudage aluminothermique	U	81,00	19 200,00	1 555 200,00
TOTAL TRAVAUX DE LA VOIE					**1 297 156 057,04**
6 - BATIMENTS GARES ET AMENAGEMENT EXTERIEUR					
6,01	Réalisation des travaux d'aménagement extérieur de la gare de FKIRINA	F	1	80 000 000,00	83 803 927,70
6,02	Réalisation du bâtiment Voyageurs de la gare de FKIRINA	F	1,00	92 000,00	7 534 800,00
Total Travaux de Gare					**91 338 727,70**
PRIX TOTAL					**3 451 953 224,20**
MONTANT TOTALE AVEC LA T,V,A (19 %)					**4 107 824 337**

Montant total en DA HT :

Quatre milliards cent sept millions huit cent vingt-quatre mille trois cent trente-sept dinars algériens

CONCLUSION GENERALE

CHAPITRE XV CONCLUSION GENERALE

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

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

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

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

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

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

Annexe

ANNEXE A

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

Client : ENSTP **Préparé par : ZERROUK NADJI**

LOGICIEL : COVADIS 17.0f **Le 09/06/2023 à 21 :54**

Axe en plan : la ligne ferroviaire AIN EL BEIDA – KHENCHLA

Description : étude APD de la ligne de chemin de fer AIN EL BEIDA – KHENCHLA plage d'abscisse : Début : 10+000, Fin : 20+002.

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	266.83gr	580.565	10+000.000	352351.093	3954795.059
Clothoïde 1	Paramètre	418.330	50.000	10+580.565	351847.545	3954506.105
Arc 1	Rayon	3500.000 m	2290.368	10+630.565	351804.238	3954481.116
	Centre X	353567.873 m				
	Centre Y	3951457.940 m				
Clothoïde 2	Paramètre	-418.330	50.000	12+920.933	350328.437	3952783.102
Droite 2	Gisement	224.27gr	996.743	12+970.933	350309.726	3952736.735
Clothoïde 3	Paramètre	-424.264	40.000	13+967.675	349938.941	3951811.525
Arc 2	Rayon	-4500.000 m	1409.628	14+007.675	349924.006	3951774.417
	Centre X	345754.435 m				
	Centre Y	3953466.952 m				
Clothoïde 4	Paramètre	424.264	40.000	15+417.303	349199.543	3950571.916
Droite 3	Gisement	244.77gr	1631.403	15+457.303	349173.718	3950541.370
Clothoïde 5	Paramètre	447.214	20.000	17+088.706	348118.629	3949297.078
Arc 3	Rayon	10000.000 m	850.113	17+108.706	348105.699	3949281.819
	Centre X	355739.290 m				
	Centre Y	3942822.075 m				
Clothoïde 6	Paramètre	-447.214	20.000	17+958.819	347584.776	3948610.331
Droite 4	Gisement	239.23gr	2023.842	17+978.819	347573.211	3948594.015
				20+002.662	346403.410	3946942.499
Longueur totale de l'axe 1000 mètre(s)						

ANNEXE B

Annexe B : Listage de la géométrie de profil en long

Client : ENSTP **Préparé par : ZERROUK NADJI**

LOGICIEL : COVADIS 17.0f **Le 09/06/2023 à 21:56**

Profil en long : la ligne ferroviaire AIN EL BEIDA - KHENCHLA

Description : étude APD de la ligne de chemin de fer AIN EL BEIDA - KHECHLA

Plage d'abscisse : Début : 10+000, Fin : 20+003

LONGUEUR DE L'AXE : 10002m

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	-0.93 %	1551.937	10+000.000	915.563
Pente 2	Pente	-0.50 %	2587.531	11+551.937	901.062
Cercle 1	Rayon Sommet Absc. Sommet Alt.	-99999.235 m 13+636.968m 889.322 m	844.046	14+139.468	888.060
Pente 3	Pente	-1.35 %	536.445	14+983.515	880.256
Cercle 2	Rayon Sommet Absc. Sommet Alt.	20000.000 m 15+789.271m 871.219 m	272.214	15+519.959	873.032
Pente 4	Pente	0.01 %	521.999	15+792.174	871.219
Cercle 3	Rayon Sommet Absc. Sommet Alt.	-150750.85 m 16+336.054m 871.296 m	1226.763	16+314.172	871.294
Pente 5	Pente	-0.80 %	593.284	17+540.935	866.481
Cercle 4	Rayon Sommet Absc. Sommet Alt.	15000.000 m 18+254.107m 861.260 m	119.888	18+134.219	861.739
Pente 6	Pente	0.00 %	1538.679	18+254.107	861.260
Cercle 5	Rayon Sommet Absc. Sommet Alt.	-20000.000 m 19+792.786m 861.260 m	197.895	19+792.786	861.260
Pente 7	Pente	-0.99 %	10.386	19+990.682	860.281
				20+001.067	860.178
Longueur totale de l'axe 10001.067 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 10001.300 mètre(s)					

ANNEXE C

Annexe C : Canalisation circulaires partiellement remplie

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

ANNEXE D

Annexe D : classification des sites (chapitre III) du RPA 99/2003

Caté-gorie	Description	q_c(MPA) (c)	N (d)	pl(MPA) (e)	E_p(MPA) (e)	q_u (MPA) (f)	V_s(m/s) (g)
S_1	Rocheux (a)	-	-	>5	>100-	>10	≥800
S_2	Ferme	>15	>50	>2	>20	>0.4	≥400 - < 800
S_3	Meuble	1.5 ~ 15	10 ~ 50	1 ~ 2	5 ~ 20	01 ~ 0.4	≥200 - < 400
S_4	Très Meuble ou Présence de 3m au moins d'argile molle (b)	<1.5	<10	<1	<5	< 0.1	≥100 <200

ANNEXE E

ANNEXE E : Classifications des sols selon GTR puit UIC 719R.

Classification de la norme NF P 11 300			CLASSE DE QUALITE DES SOLS (voir figure 5)			
Classe	Désignation	sous-classe	QS 0	QS 1	QS 2	QS 3
A	*Sols fins*	A1	A1h	A1m & A1s	A1s B.C.Hydro saison sèche	
		A2	A2h	A2m & A2s	A2s B.C.Hydro saison sèche	
		A3	A3h	A3m & A3s		
		A4	A4h	A4m & A4s (1)		
B	*Sols sableux et graveleux avec fines*	B1				
		B2	B2h	B2m	B2s B.C. Hydro.	
		B3				Propre et bien gradué Dureté élevée
		B4	B4h	B4m	B4s	Propre et bien gradué Dureté élevée
		B5	B5h	B5m	B5s	
		B6	B6h	B6m	B6s B.C. Hydro.	
C	*Sols comportant des fines et de gros éléments*	C1	La classe de qualité est celle de la fraction 0/50			
		C2	fraction 0/50 de classe de qualité QS0 w ⩾1,25 wopn	fraction 0/50 de classe de qualité QS0 w <1,25 wopn	fraction 0/50 de classe de qualité QS1	Propre et bien gradué Dureté élevée
D	*Sols insensibles à l'eau*	D1			Assurer la traficabilité Planche d'essai	
		D2		Dureté faible	Dureté moyenne	Propre et bien gradué Dureté élevée
		D3		Dureté faible	Dureté moyenne	Propre et bien gradué Dureté élevée

Légende

h : *matériau classé humide (h) ou* très *humide (th) selon la norme NF P 11 300*
m : *matériau classé d'humidité moyenne selon la norme NF P 11 300*
s : *matériau classé sec (s) ou très sec (ts) selon la norme NF P 11 300*
w : *teneur en eau* **wopn :** *teneur en eau à l'optimum Proctor Normal*
B.C. Hydro : *bonnes conditions hydrologiques et hydrogéologiques*
Planche d'essai : *planche d'essai obligatoire*
[1] : *ne prend pas en compte les sols gonflants qui doivent faire l'objet d'une étude particulière*

ANNEXE 1 R

ANNEXE F

ANNEXE F : CLASSIFICATION DES DEGRAI D'AGRISSEVITE SELON NF P 18-011, 1992 :

Classe d´agressivité	Spécifications [%]	environnement - niveau de protection
A0	0,0 - 0,24	non agressif
A1	0,24 - 0,60	faiblement agressif
A2	0,60 - 1,20	moyennement agressif
A3	1,20 - 2,40	fortement agressif
A4	> 2,40	très fortement agressif

Tab : Classification des environnements agressifs (NF P 18-011, 1992)