République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة

فرنسـيس جانســون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Etude APD de dédoublement, modernisation et/ou rectification de tracé pour augmenter la capacité de la ligne minière Tébessa - Djbel Onk du PK32+000 au PK50+000 avec la conception de la gare de Bir Heliem

Présenté par :

SAIDI Mohamed Sadek
CHERRABA Said Fares

Encadré par :

Mr BENMESBAH Youcef
Mr FEDGHOUCHE Ferhat

Promotion 2022/2023

© ENSTP-FJ - Garidi – Vieux Kouba

Remerciements

(الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات)

Tout d’abord nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir aidé et donné le courage et la volonté pour mener ce modeste travail.

En second lieu nous tenons à remercier notre encadreur Mr. BENMESBAH Youcef. Pour ses appréciations compétentes, ses précieux conseils et Son aide durant toute la période du travail. Et le groupe d’infrafer Eulma.

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.

DÉDICACES

Je dédie ce travail à :

A celle qui m'a imprégné l'essence de son être, de sa générosité et de sa Gentillesse, A toi maman, je te dédie ce travail qui est le fruit de ta Patience et de ton éducation. A mon père qui n'a cessé de me procurer son aide durant mes années d'études.

Un grand merci à mes sœurs.

A toute ma famille.

A mes amis : Rayane, Amine, Redha, Houssem, AyoubAnis, Nadji, chemseddine,Abdeslem,Mido.

Et Mon binôme CHERRABA Said Fares

SAIDI Mohamed Sadek

DÉDICACES

Je dédie mon travail à ma très chère mère qui toujours été là dans les moments difficiles et qui a toutdonné pour moi et qui a tout sacrifié pour que deviennel'homme que je suis aujourd'hui. Tu as été, tu es et tu resteras la première femme de ma vie, ma raisonD'être.

A mon très cher père, mon éternel modèle et ma sourced'inspiration, qui a travaillé toute sa vie et y a laissé sasanté pour que je puisse vivre décemment, puisse dieu garder ta lumière sur mon chemin, puisse tu faire partie des habitants du paradis.

A mon frère AYOUB que j'aime très fort et qui a toujours été là pour moi durant mes études.

A toute ma famille, spécialement à ma tante souhila pour sa disponibilité et son soutien tout au long de mon parcours universitaire.

A mes meilleurs amis : LKABIR (FAROUK, ABDO, LYES, NABIL), GIROUD, TAHAR, BELLOU, ABDO, SIFOU, MOUTIA, WASSIM, ZAKO, IMAD, MHAD, CHEMSOU

Et mon binôme SAIDI Mohamed SADEK.

À l'ensemble des étudiants de ma promotion

ملخص

تتعلق هذه المذكرة بدراسة مفصلة قبل المشروع لمضاعفة وتجديد و/او تصحيح مقطع بطول 18 كم من خط السكة الحديدية تبسة – جبل العنق من النقطة الكيلومترية 000+32 الى النقطة الكيلومترية 000+50 مع انجاز محطة بير حليم.

تم تنفيذ هذا المشروع وفقا لمعايير الاتحاد الدولي للسكك الحديدية وتوصيات الشركة الوطنية للسكك الحديدية. وقد أجريت دراسة هذا المشروع باستخدام برامج لهندسة والحساب:

AUTOCAD2020, COVADIS17, Global Mapper.

الكلمات المفتاحية: التصميم والدراسة، السكك الحديدية، محطة.

Résumé

Le présent mémoire porte sur une étude avant-projet détaillée APD de dédoublement modernisation et/ou rectification de tracé de 18 Km de la ligne ferroviaire Tébessa – Djbel Onk du PK 32+000 jusqu'au PK 50+000 avec la conception de la gare BirHaliem.

Ce projet a été réalisé suivant les normes de l'union internationale de chemin de fer (UIC) et les recommandations de la société nationale de transport ferroviaire (SNTF). En utilisant les logiciels de conception géométrique et calcul :

AUTOCAD2020, COVADIS17, PLAXIS 3D, Global Mapper.

Mot clé : la conception et l'étude, ligne ferroviaire, gare.

Abstract

This memory involve the study detailed design of duplication modernization and/or rectification of an 18 km section of the Oued Kebrit – Tébessa railway line from PK 32+000 to PK 50+000 with the design of the BirHaliem station.

This projectwascarried out in accordance with the standars of the International Union of Railways (UIC) and the recommendations of the National Railway Transport Company (SNTF). Using the geometric design software :

AUTOCAD2020, COVADIS17, PLAXIS 3D, Global Mapper.

Keywords : the conception and study, railway, station.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE 1

I. RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE 2

I.1 INTRODUCTION : 2
I.2 L'HISTOIRE DES CHEMINS DE FER D'ALGERIE : 2
I.2.1 Pendant la colonisation française : *2*
I.2.2 Après l'indépendance de l'Algérie : *5*
I.3 RESEAU ACTUEL EN ALGERIE : 5
I.4 LE PROGRAMME DE DEVELOPPEMENT DES INFRASTRUCTURES FERROVIAIRES : 6
I.4.1 La rocade ferroviaire Nord et ces dessertes : *6*
I.4.2 La rocade ferroviaire des Hauts Plateaux : *6*
I.4.3 Ligne Minière : *7*
I.4.4 Pénétrante Ouest : *7*
I.4.5 Pénétrante Est (El Gourzi – Hassi Messaoud) : *7*
I.4.6 Pénétrante Centre : *7*
I.4.7 Boucle Sud Est : *7*
I.4.8 Boucle sud-Ouest : *7*
I.5 CONCLUSION : 8

II. PRESENTATION DU PROJET 9

II.1 INTRODUCTION : 9
II.2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE: 9
II.3 PRESENTATION DU PROJET : 12
II.4 LES CARACTERISTIQUES DU PROJET : 13
II.5 CONCLUSION 14

III. SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE 15

III.1 INTRODUCTION : 15
III.2 LA VOIE FERREE: 15
III.2.1 CATEGORIE DE LA VOIE: *15*
III.2.2 Rôle de la voie *15*
III.2.3 Les constituents de la voie ferrée *15*
III.3 CARACTERISTIQUE ET TYPE D'INSTALLATION POUR NOTRE PROJET : 23
III.4 CONCLUSION : 24

IV. ETUDE GEOMETRIQUE DE LA VOIE 25

IV.1 INTRODUCTION 25
IV.2 TRACE EN PLAN: 25
IV.2.1 Réglés à respecter dans le tracé en plan selon la SNTF : *26*
IV.2.2 Caractéristiques géométriques : *26*
IV.2.3 Calcul des paramètres et application numérique sur le projet : *27*
IV.3 PROFIL EN LONG : 29
IV.3.1 Eléments de composition du profil en long : *29*
IV.3.2 Application au projet : *30*
IV.3.3 Les contraintes le long du tracé : *31*
IV.4 CONCLUSION : 31

V. ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE 32

V.1 INTRODUCTION :..... 32
V.2 HYDROLOGIE DE NOTRE TRACE « PK 32+000 AU PK 50+000 »:..... 33
V.3 LES RECTIFICATIONS APPLIQUEES SUR LE TRACE :..... 33
V.4 ETUDE HYDROLOGIQUE :..... 34
V.4.1 Caractéristiques morphologiques des bassins versants :..... 35
V.5 PLUVIOMETRIE..... 38
V.5.1 Acquisition des données:..... 38
V.5.2 Pluies annuelles :..... 38
V.5.3 Précipitations journalières :..... 38
V.6 CALCUL DU DEBIT MAXIMAL DANS LES BASSINS (LES DEBITS DE CRUE) :..... 39
V.7 CALCUL HYDRAULIQUE ET DIMENSIONNEMENT..... 41
V.7.1 Méthode de MANNING STRICKLER :..... 41
V.7.2 Dimension des ouvrages..... 42
V.8 ZONE INONDABLES :..... 44
V.9 TAPIS DRAINANT:..... 46
V.10 OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT LONGITUDINAUX ::..... 47
- *Dimensionnement des fossés..... 47*

V.11 CONCLUSION :..... 48

VI. ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE 49

VI.1 ETUDE GEOLOGIQUES..... 49
VI.1.1 Introductions :..... 49
VI.1.2 Aperçu géologique régionale:..... 49
VI.1.3 Contexte géologique de Ce tronçon:..... 50
VI.1.4 Risques géologiques :..... 51
VI.2 ETUDE GEOTECHNIQUE :..... 52
VI.2.1 Introduction :..... 52
VI.2.2 Description du projet :..... 52
VI.2.3 Programme d'investigation géotechnique:..... 52
VI.2.4 Campagne de reconnaissance géotechnique:..... 56
VI.2.5 Analyse du laboratories:..... 58
VI.3 CONCLUSION :..... 61

VII. ASSISE FERROVIAIRE..... 62

VII.1 INTRODUCTION :..... 62
VII.2 LE BALLAST :..... 62
VII.3 SOUS COUCHE :..... 62
VII.4 LA PLATE-FORME :..... 63
VII.4.1 Classification des sols pour la plate-forme:..... 63
VII.4.2 Les classes de la portance de la plateforme :..... 64
VII.5 COUCHE DE FORME..... 64
VII.6 APPLICATION AU PROJET :..... 66
VII.7 CONCLUSION :..... 67

VIII. PROFILE EN TRAVERS..... 68

VIII.1 INTRODUCTION:..... 68
VIII.2 PROFILE EN TRAVERS:..... 68
VIII.2.1 Les éléments du profil en travers :..... 68
VIII.2.2 Profile en Travers type de mon projet:..... 69

VIII.3 CALCUL DES CUBATURES : 69

IX. OUVRAGE D'ART 71

IX.1 INTRODUCTION : 71
IX.2 CRITERES DE CHOIX DE TYPES D'OUVRAGE : 71
IX.3 LES OUVRAGES DE NOTRE PROJET : 71
IX.3.1 OUVRAGES hydrauliques : 71
IX.3.2 Rétablissements routiers : 72
IX.3.3 Protections DES CONDUITES DE GAZ : 72
IX.4 CONCLUSION : 73

X. CONCEPTION DE LA GARE DE BIRHELIEM 74

X.1 INTRODUCTION : 74
X.2 TYPE DE GARE : 74
X.3 ETUDE DU PLAN DE MASSE D'UNE GARE : 74
X.4 AMENAGEMENT DE LA GARE : 74
X.4.1 Installations d'une gare à voyageur: 74
X.4.2 Marge de glissement à l'aval des signaux : 75
X.4.3 Garage franc: 75
X.5 CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUE DES GARES : 76
X.5.1 La longueur utile d'une voie de stationnement 76
X.5.2 Déclivité dans les gares : 76
X.6 LE NOMBRE DES VOIES NECESSAIRES DANS NOTRE GARE : 78
X.7 APPLICATION AU PROJET : 79

XI. SIGNALISATION FERROVIAIRE 81

XI.1 INTRODUCTION : 81
XI.2 RISQUES MAJEURS DU TRANSPORT FERROVIAIRE : 81
XI.3 IMPLANTATION DES SIGNAUX EN ALGERIE : 81
XI.4 PRINCIPE DE SIGNALISATION FERROVIAIRE : 81
XI.4.1 Signalisation classique: 81
XI.4.2 Signalisation modern: 85
XI.5 APPLICATION SUR NOTRE PROJET : 87

XII. IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT 88

XII.1 INTRODUCTION : 88
XII.2 ETAT INITIAL 88
XII.2.1 GEOMORPHOLOGIE 88
XII.2.2 HYDROLOGIE 88
XII.2.3 FAUNE 89
XII.2.4 FLORE 89
XII.2.5 LE DOMAINE AGRICOLE 89
XII.2.6 PAYSAGES ET SITES TOURISTIQUES 89
XII.3 ANALYSE DES EFFETS SUR LE MILIEU NATUREL PENDANT LA PHASE DE REALISATION : 89
XII.3.1 Sur la faune: 89
XII.3.2 Sur la flore 90
XII.3.3 Sur le domaine agricole et l'agriculture 90
XII.4 ANALYSE DES EFFETS SUR LE MILIEU NATUREL PENDANT LA PHASE D'EXPLOITATION : 90
XII.4.1 Sur la faune 90
XII.4.2 Sur les paysages et sites touristiques 91
XII.5 CONCLUSIONS : 91

XIII. DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF 92

CONCLUSION GENERALE 94

SOMMAIRE DES FIGURES

Figure I.1 Chemin de fer 2
Figure I.2 Le réseau ferroviaire sur le territoire algérien jusqu'au 1942 4
Figure I.3 Plan de développement des chemins de fer en Algérie 8
Figure II.1 Localisation de la Wilaya de Tébessa 9
Figure II.2 Carte relief 10
Figure II.3 Carte climatologique Tébessa 11
Figure II.4 Localisation du projet 13
Figure III.1 Les constituants de la voie ferrée 16
Figure III.2 Le rail Vignole 17
Figure III.3 Profil de rail UIC60 E1 17
Figure III.4 Figure Assemblage des rails par éclissage 19
Figure III.5 Attache élastique de type Nabla 21
Figure III.6 -Un branchement et ses éléments constitutifs. 22
Figure III.7 Branchement double symétrique et asymétrique 23
Figure III.8 Schéma illustrative de l'appareil de voie 23
Figure IV.1 Les éléments de tracé en plan 25
Figure V.1 – Situation du tracé de la ligne minière, tronçon Tébessa – Djbel Onk sur la carte des grands bassins versants de l'Algérie. 32
Figure V.2 Ouvrages existants totalement envases avec des fissurations superficielles 33
Figure V.3 La délimitation des bassins versants 34
Figure V.4 Risque de débordement d'oued 45
Figure V.5 – profile type de la zone inondable 46
Figure VI.1 Schéma géologique de l'Algérie (Belahai, 1996) 50
Figure VI.2 Portion Carte géologique de la zone d'étude 51
Figure VII.1 – Calcul de l'épaisseur 'e' des couches d'assise. 65
Figure IX.1 – Coupe transversale de protection des conduites de GAZ 73
Figure X.1 Schématisation de la marge de glissement 75
Figure X.2 Schéma illustratif de garage franc 76
Figure X.3 Schéma de gare de Bir Heliem 79
Figure XI.1 – Schéma illustratif de canton 82
Figure XI.2 – le système de contrôle des trains ERTMS 87

SOMMAIRE DES TABLEAUX

Tableau III.1 les caractéristiques d'appareils de voie de projet ____ 23
Tableau IV.1 Vitesse des trains maximale ____ 26
Tableau IV.2 Paramètres géométriques de trace en plan (SNTF) ____ 26
Tableau IV.3 Tableau récapitulatif des paramètres du tracé ____ 28
Tableau IV.4 Les longueurs minimales des éléments de profil en long ____ 30
Tableau IV.5 Valeurs de Rayon vertical minimale ____ 30
Tableau IV.6 Valeurs des paramètres de profil en long (SNTF) ____ 31
Tableau V.1 Caractéristiques morphologiques des bassins versants ____ 37
Tableau V.2 Pluies annuelles (mm) ____ 38
Tableau V.3 Pluies journalières (mm) ____ 38
Tableau V.4 Paramètres a et b des Courbes IDF pour la région de l'étude ____ 39
Tableau V.5 Coefficient C1 ____ 40
Tableau V.6 Coefficient C2 ____ 40
Tableau V.7 Coefficient C3 ____ 40
Tableau V.8 Résultats des débits calculés ____ 41
Tableau V.9 – dimensions des ouvrages de drainage pour notre tronçon ____ 42
Tableau V.10 Calcul des débits à évacuer dans le cas de remblai et déblai. ____ 48
Tableau VI.1 – Programme d'investigation de Lot tracé ____ 52
Tableau VI.2 – Programme d'investigation de Lot Ouvrage ____ 55
Tableau VI.3 – Les résultats des puits (PR) effectués ____ 57
Tableau VI.4 – Résume des résultats des essais de laboratoire sur échantillons de sols remaniés ____ 59
Tableau VI.5 – Caractéristiques de la caténaire ____ 60
Tableau VI.6 – tableau récapitulatif des essais chimiques ____ 61
Tableau VII.1 – la classe la portance de la plate-forme (normes UIC 719R p.34) ____ 64
Tableau VII.2 – épaisseurs des composants de la structure d'assise. ____ 67
Tableau VIII.1 – Les cubatures de terrassement ____ 70
Tableau VIII.2 – Les cubatures des couches d'assise. ____ 70
Tableau X.1 Longueurs minimal de tracé ____ 77
Tableau XI.1 – Les principaux signaux ferroviaires et leur indication ____ 83
Tableau XIII.1 DEVISESTIMATIF ET QUANTITATIF ____ 92

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Les secteurs des transports et des travaux publics ont bénéficié depuis le recouvrement de l'indépendance des grands programmes de développement et de structuration des projets en raison de leurs répercussions directes sur l'économie du pays et sur la vie quotidienne des citoyens.

En effet, l'Etat a accordé des financements importants à ces deux secteurs clés et stratégiques, des efforts traduits sur le terrain par la réalisation et la réception de routes, d'autoroutes, de réseaux de chemins de fer, de tramways, de lignes de métro, d'aéroports et de ports.

Les étudiant de L'Ecole Nationale Supérieure des travaux publics « ENSTP » sont appelés à élaborer un projet de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en travaux publics.

Parmi les domaines qui relèvent des travaux publics, l'élaboration d'infrastructure ferroviaire qui a une importance particulière dans notre pays, et présente un des moyens de transport les plus fréquentés grâce aux grands avantages qu'il offre ainsi il est considéré comme l'une des bases de la politique de l'aménagement du territoire.

Dans ce modeste travail nous allons faire une étude avant-projet détaillée APD de dédoublement modernisation et/ou rectification de tracé de 18 Km de la ligne ferroviaire Oued Kebrit -Tébessa du PK 32+000 jusqu'au PK 50+000 avec la conception de la gare BirHaliem.

Ce travail « projet fin d'étude » s'articule autour de ces axes principaux :

- Présentation du projet et objectifs.
- Les différents éléments qui constituent la superstructure de la voie ferrée.
- Terrassements et dimensionnement de la structure on se basant sur des études géotechniques, hydrologique et hydraulique.
- Aspect général sur les ouvrages d'arts rencontrés.
- Un devis estimatif et quantitatif du projet.

Et pour finir une conclusion générale sur le travail effectué.

CHAPITRE I. Recherche bibliographique

I. RECHERCHE bibliographique

I.1 Introduction :

Depuis des années le chemin de fer joue un rôle très important dans le développement socio-économique des nations, car il assure essentiellement un trafic mixte (Voyageurs, Marchandises) d'une part et d'autre part représente un transport de masse d'une grande capacité essentiellement pour les grandes agglomérations à caractère commercial et industriel.



Figure I.1Chemin de fer

I.2 L'histoire des chemins de fer d'Algérie :

I.2.1 Pendant la colonisation française :

Le développement des chemins de fer en Algérie fut l'œuvre de Napoléon III vivement encouragé par son demi-frère le duc de MORNY. Celui-ci fort intéressé, à tous les sens du terme, par ce nouveau mode de transport fut entre autres postes, Président de l'éphémère Compagnie du Grand-Central et Vice-président de la Compagnie du chemin de fer d'Orléans (Le Paris-Orléans).

La réalisation du réseau de chemin de fer algérien s'est faite par des étapes successives. Durant la période coloniale, trois programmes ont été initiés par l'administration.

- **Programme de 1857 :**

Le décret impérial du 8 avril 1857 prévoyait la construction :

- D'une ligne principale parallèle à la côte de Constantine à Alger et Oran par ou près Aumale, Sétif, Blida, Orléansville et Sainte-Barbe-du-Tlélat, soit 881 kilomètres.
- De lignes partant de la ligne principale et aboutissant aux principaux ports :
    - Philippeville à Constantine, 87 kilomètres
    - Bougie à Sétif, 110 kilomètres
    - Bône à Constantine, 202 kilomètres
    - Ténès à Orléansville, 58 kilomètres
    - Oran à Tlemcen par Sainte-Barbe-du-Tlélat et Sidi-Bel-Abbès, 120 kilomètres
    - Arzew et Mostaganem à Relizane. 68 kilomètres
    - Trois tronçons de ligne devaient être construits en priorité d'une part, pour permettre l'exploitation des ressources naturelles des régions concernées et d'autre part, pour consolider la présence française en Algérie, il s'agissait des tronçons :
    - Alger-Blida,
    - Philippeville-Constantine,
    - Oran - Saint-Denis-du-Sig.

- **Programme de 1879 :**

En 1879, une nouvelle campagne d'investissement été lancée ayant pour objectif d'ajouter 1747 km au réseau existant, la construction de ces lignes a été prise en charge par des investisseurs privés, au début du XXe siècle le réseau ferroviaire algérien comptais plus de 3300 km.

La loi du 18 juillet 1879 prévoyait notamment les liaisons :

- Sainte-Barbe-du-Tlélat à Tlemcen 139 kilomètres,
- Tlemcen à la frontière marocaine 59 kilomètres,
- Mostaganem à Tiaret par Aïn-Tédelès et Relizane 200 kilomètres,
- Ténès à Orléansville 58 kilomètres,
- Mouzaïaville à Berrouaghia 96 kilomètres,
- Ménerville à Sétif 254 kilomètres,
- Ménerville à Tizi-Ouzou 51 kilomètres,
- Bougie à Beni-Mançour 87 kilomètres,
- El-Guerrah à Batna et Biskra 201 kilomètres,
- Aïn-Béïda à Ouled-Rahmoun (embranchement sur la ligne d'Alger à Constantine) 89 kilomètres,

- Tébessa à Souk-Ahras (avec embranchements ultérieurs vers l'Ouenza et le Kouif) 130 kilomètres,
- Oran (La Sénia) à Aïn-Témouchent 70 kilomètres.

- **Programme de 1907 :**

En 1907, une troisième nouvelle ligne, d'une longueur de 1256 km, a été établie et s'est ajoutée au réseau existant de 3400 km de lignes déjà ouvertes ou en cours de réalisation.

Au cours de la période 1907-1946, les lignes ou tronçons de lignes suivantes, totalisant une longueur de 1614 Km, ont été réalisés :

- Ain Beida – Tébessa
- El Milia- Jijel
- Biskra-Touggourt avec embranchements vers Tolga et El Oued
- Constantine- Oued Athmania
- Berrouaghia- Djelfa
- Tiaret- Mahdia-CI.Bouguerra
- Mascara- Mecheria avec embranchements vers Relizane
- Sidi Bel Abbès – tizi
- Tlemcen-Beni-Saf,Mostaganem.

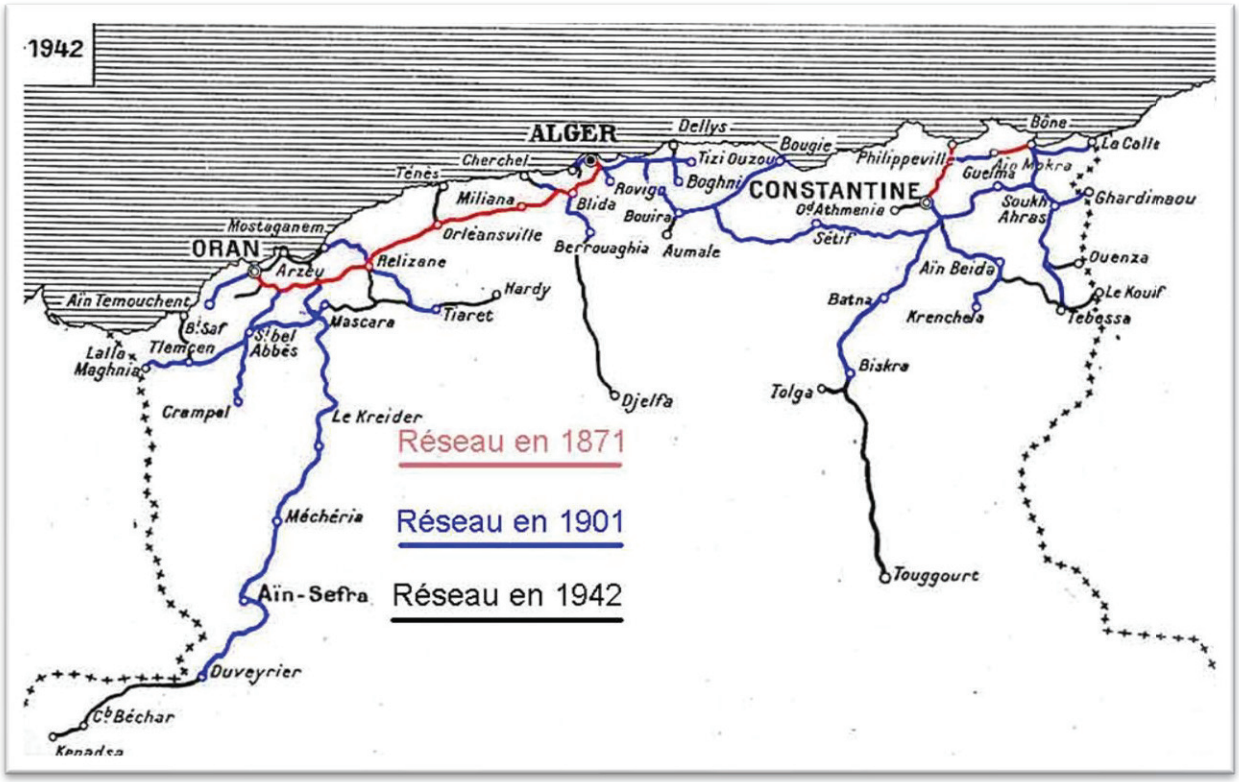


Figure I.2 Le réseau ferroviaire sur le territoire algérien jusqu'au 1942

I.2.2 Après l'indépendance de l'Algérie :

Au cours de cette période, un large programme d'investissement a été lancé. Il se caractérise surtout par la modernisation et l'accroissement de la capacité des lignes du réseau, les grands aménagements ferroviaires régionaux et l'extension géographique du réseau. Ce programme a permis les réalisations suivantes :

- Lignes nouvelles :
    - Jijel/ Remdane- Djamel (140 km)
    - Dessertes des cimenteries de Beni – Saf (23 km), Saida (23 Km) et Ain-Touta(15 km)
    - Renouvellement complet (voie et ballast) d'une grande partie du réseau soit un total de 1400 km de voie
    - Mise à double voie de tronçons de la rocade nord (200 km)
    - Aménagement, modernisation et reconstruction des gares réparties sur le réseau.
    - Aménagement ferroviaire des régions d'Annaba et d'Alger

Le 31 mars 1976, à la fin de la concession de l'état français, l'état algérien a divisé la SNCFA en trois organismes distincts : La SNTF qui assure l'exploitation du réseau ferré algérien ; l'ANESRIF chargé ded'Etudes et de Suivi de la réalisation des Investissements Ferroviaires ; la SIF chargée du développement du réseau ferré algérien.

I.3 Réseau actuel en Algérie :

Il sert aux transports de personnes et des marchandises. Aujourd'hui, ce réseau s'étend sur 4300 km dont :

- Lignes en exploitation : 3750 km
- Lignes en double voie : 553 km
- Lignes en voie unique : 3217 km
- Lignes électrifiées : 323 km

Ce réseau comporte :

- 175 gares en exploitation
- 215 haltes en exploitation
- 553 ouvrages d'art dont l'ouverture est supérieure à 10 m
- 5279 ouvrages d'art dont l'ouverture est inférieure à 10 m
- 139 tunnels avec un linéaire total de 40 km
- 267 passages à niveau gardé et 959 passages à niveau non gardé

D'après la classification mondiale des chemins de fer effectués par CIA en 2008 :

L'Algérie occupe la 44éme place sur 134 dans le monde et la 6ème en Afrique, ainsi qu'elle est la première par rapport aux pays maghrébins. [1]

I.4 LE PROGRAMME DE DEVELOPPEMENT DES INFRASTRUCTURES FERROVIAIRES :

Le réseau national ferroviaire constitue un moyen des plus importants pour le développement des transports de personnes et de marchandises, est, ainsi, appelé à être renforcé dans le cadre de de la politique de l'Etat Algérien.

L'objectif à long terme est de porter le réseau ferroviaire à 11 880 km. Pour ce faire, l'ANESRIF expose un programme qui permettra de relier le nord au sud du pays, ainsi que la jonction avec les pays voisins à travers le développement de lignes de transport mixtes, près d'une dizaine de corridor sont identifiés. Tous les ports algériens seront reliés à l'autoroute Est-Ouest et au réseau des chemins de fer dans le cadre de projets de connexion entre les différents sites et infrastructures de base du pays. Les projets ferroviaires et autoroutiers revêtent « un caractère stratégique » et visent à faciliter l'acheminement des marchandises des ports algériens vers les pays africains voisins et de la région, notamment le Mali, le Niger, la Mauritanie, le Tchad, le Nigéria etc.

Ce programme comporte des opérations des renouvellements des voies existantes, et de renforcement des ouvrages d'art anciens (ponts et tunnels), la création de lignes nouvelles, l'extension de capacité des installations existantes pour l'amélioration des débits des lignes, la modernisation des équipements de signalisation et de télécommunication, la construction d'ateliers de maintenance du matériel roulant et l'électrification des lignes.

I.4.1 La rocade ferroviaire Nord et ces dessertes :

Elle irrigue la principale ville de Nord de l'Algérie et va frontières Est vers les frontières Ouest sur 1250 km. Les travaux de modernisation et de dédoublement sont en cours sur 848 Km avec une vitesse qui varie entre 160-220 km/h, de ce fait, il va desservies 60% de la population totale repartie sur 22 Wilayas.

I.4.2 La rocade ferroviaire des Hauts Plateaux :

Pour désenclaver les villes des Hauts Plateaux et l'exploitation économique de cette région cette rocade sera parallèle à celle du nord et sera reliée par celle de désert, cet investissement s'étendue sur 1160 Km qui desserve 10 Wilayas qui représentent environ 7 millions d'habitant (approximativement 20 % de la population globale).

[1] https://fr.getamap.net/ranking/railways/2121.html

I.4.3 Ligne Minière :

- Etude de dédoublement, Modernisation et/ou rectification du tracé pour augmenter le trafic de la ligne minière EST (Annaba /Djbel-Onk) :338 Km
- Etude de la nouvelle ligne ferroviaire entre Djbel El Onk et El Oued : 200 Km

Travaux à lancer :

- Travaux de renouvellement de voie et ballast : 320 Kmen cours.
- Travaux d'électrification Annaba (gare maritime) – Poste II (El Hadjar), Drean– Bouchegouf, Souk Ahras– Oued Kébrit, oued Kébrit – Ouenza, Ain Chenia – Boukhadra : 131 km
- Lancement des travaux de Dédoublement, Modernisation et/ou rectification du tracé pour augmenter le trafic de la ligne minière EST (Annaba /Djbel-Onk) :388 Km

I.4.4 Pénétrante Ouest :

- Modernisation pour une vitesse moyenne de 160 km/h.
- Dotée d'un système de signalisation et télécommunication de type GSM-R.

I.4.5 Pénétrante Est (El Gourzi – Hassi Messaoud):

- Modernisation pour une vitesse moyenne de 160Km/h.
- Extension de la ligne vers Hassi Messaoud à une vitesse de 220 Km/h.
- Signalisation et Télécommunication.

I.4.6 PénétranteCentre :

Relie la Wilaya de Blida (Chiffa) à la wilaya de Laghouat sur 390 Km.

I.4.7 Boucle Sud Est:

Elle concerne une boucle de 425 Km allant de Laghouat à Touggourt en passant par Ouargla.

I.4.8 Boucle sud-Ouest :

Il s'agit d'une boucle de 1500 km de voies elle reliera toutes les villes-oasis de sud- ouest, en allant de Ghardaïa jusqu'à la jonction avec la ville de Béchar.

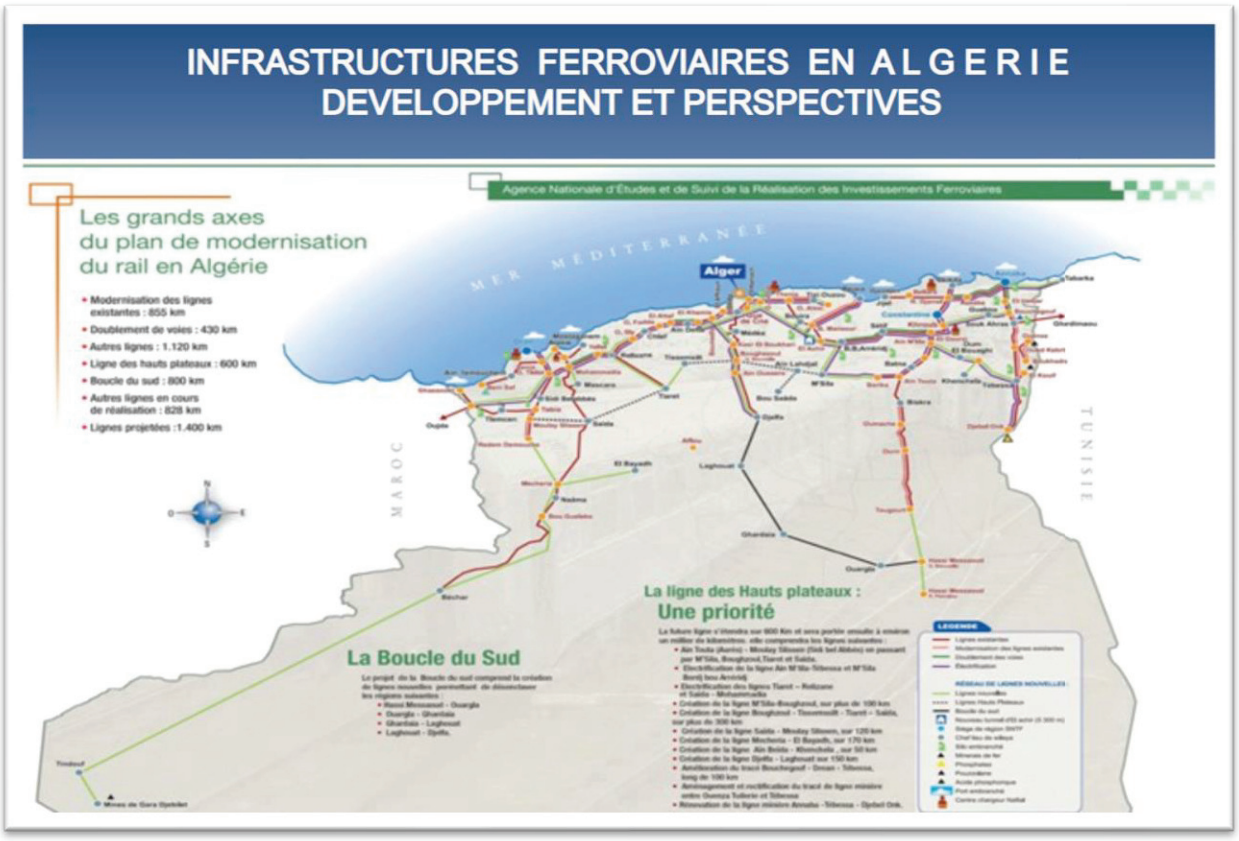


Figure I.3*Plan de* développement *des chemins* de *fer en Algérie*

I.5 Conclusion :

L'Algérie a réussi à développer son réseau des chemins de fer en agissant d'une manière optimiste suivant des programmes de développement bien étudiés. Le réseau des chemins de fer algérien est aujourd'hui parmi les plus modernes d'Afrique.

CHAPITRE II. Présentation du projet

II. Présentation DU PROJET

II.1 Introduction :

La ligne minière Tbessa -Djbel Onk fait référence à une importante ligne de transport de minerai en Algérie., Cette ligne a été construite dans le cadre du développement des activités minières et permet le transport des minerais, principalement le fer et le phosphate, depuis les gisements situés dans la région de Djbel Onk vers les zones de traitement et d'exportation.

II.2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE:

- **Situation géographique :**

La wilaya de Tébessa est située à l'extrême nord-est du pays et fait partie des hauts plateaux Est et des immenses étendues steppiques du pays. Elle s'étend sur une superficie de l'ordre de 13 878 Km² et partage avec la Tunisie une frontière de 297 Km de long (10 communes frontalières).
Elle est limitée :

- Au nord, par la wilaya de Souk Ahras ;
- À l'est, par la Tunisie ;
- À l'ouest, par les wilayas de Khenchela et d'Oum El Bouaghi;
- Au sud, par la wilaya d'El Oued.

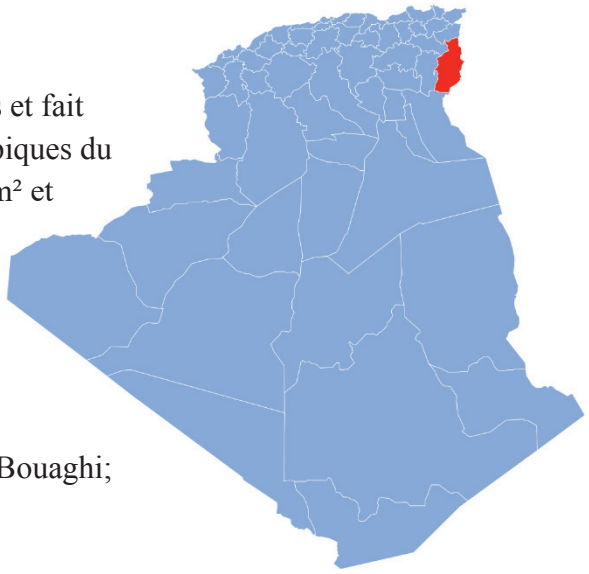


Figure II.1Localisation de la Wilaya de Tébessa

- **Le relief :**

La wilaya de Tébessa chevauche sur des domaines physiques différents et est limitée :

- Au nord, par le domaine atlasique à structure plissée constituée par :
  - Les monts des Nememchas et de Tébessa dont les sommets culminent au-dessus de 1 250 m (DjbelOzmor : 1 591 m ; DjbelKemakem : 1 277 m et Djebel Onk : 1 358 m) ;
  - Les hauts plateaux proprement dits qui offre des paysages ondulés fortement ravinés et couverts d'une végétation steppique à base d'alfa et d'armoise (plateau du Darmoun ; Safsaf El-Ouesra et Berzguel, etc.) ;
  - Les hautes plaines encaissées et encadrées par les reliefs suscités. Il s'agit essentiellement des plaines de Tébessa : Morsott, Mechentel, Behiret Larneb, Gassés et BhiretThlidjene, etc.
- Au sud, par le domaine saharien à structure tabulaire constituée par le plateau saharien qui prend naissance au-delà de la flexure méridionale de l'Atlas saharien (sud du Djebel Onk, Djebel Labiod).

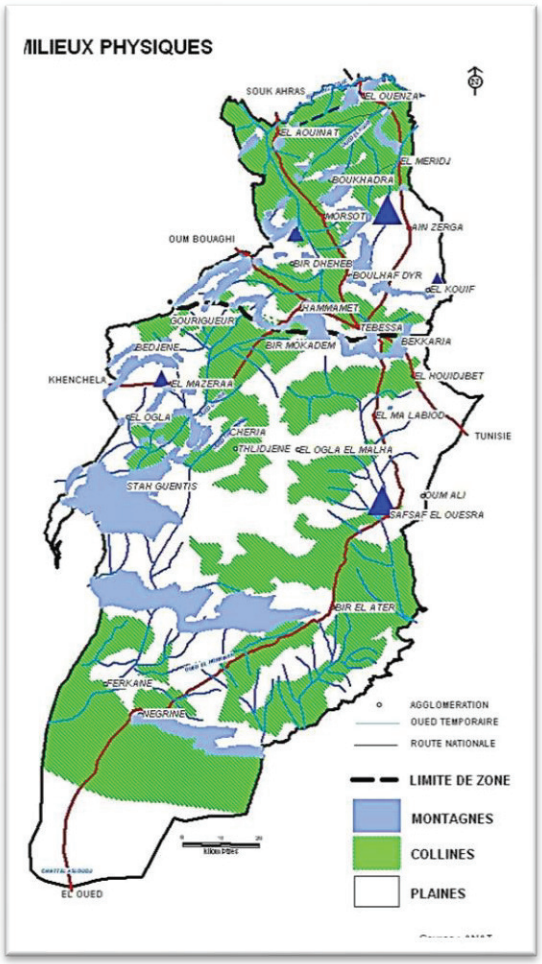


Figure II.2 Carte relief

- **Situation démographique :**

Population de la wilaya :

Population de la wilaya : La wilaya de Tébessa compte 794 528 habitants en 2020, soit une densité de 57 habitants/km².

- **Le climat :**

La wilaya de Tébessa baigne dans une ambiance climatique méditerranéenne de type continental où se distingue quatre (04) étages bioclimatiques :

- Le subhumide : 400 – 500 mm de pluie/an et peu étendu ; il ne couvre que quelques ilots limités aux sommets de quelques reliefs : Djebel Serdies et DjbelBouroumane ;
- Le semi-aride : 300 à 400 mm de pluie /an, couvre toute la partie nord de la wilaya et est représenté par les sous étages frais et froids ;
- Le sub- aride : 200 à 300 mm de pluie /an, couvre les plateaux steppiques de Oum-Ali, SafSaf El-Ouessra, Thlidjane et Bir El Ater ;
- L'aride ou saharien doux : moins de 200 mm/an, s'étend au-delà de l'Atlas saharien et couvre les plateaux sud de Negrine et de Ferkane**.**

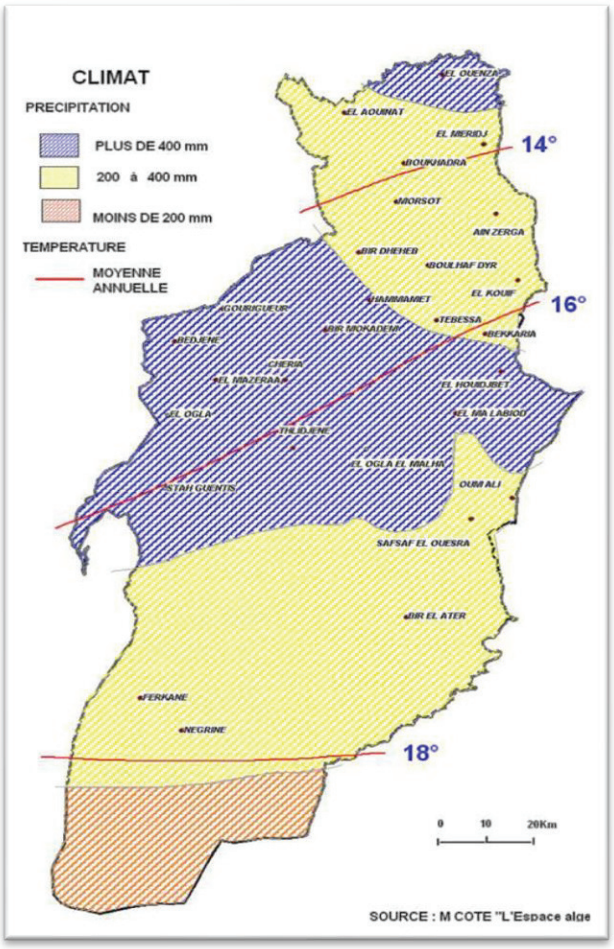


Figure II.3 Carte climatologique Tébessa

- **Hydrographie :**

La wilaya de Tébessa chevauche, également, sur deux grands systèmes hydrographiques :

- Le bassin versant de l'Oued Medjerda, lui-même subdivisé en 04 sous-bassins versants couvrant la partie nord de la wilaya ; l'écoulement y est exoréique et est assuré par une multitude de cours d'eau dont les plus importants sont : Oued Mellégue, Oued Chabro, Oued Serdiess, Oued Ksob et Oued El-Kebir ;
- Le bassin versant de l'Oued Melghir dont l'écoulement est endoréique couvre la partie sud de la wilaya ; il est drainé par Oued Cheria, Oued Helail, Oued Mechra, Oued Safsaf, Oued Gheznet, Oued Djarech et Oued serdiass qui aboutissent aux zones d'épandage situées au sud de la wilaya et les alimentent.

- **Les infrastructures de base existantes :**

Le réseau infrastructurel de base de la wilaya s'articule autour d'un réseau routier de 3 046,95 km de longueur, d'une infrastructure ferroviaire longue de 259 km et d'un aéroport international.

- **Potentialités touristiques**

La wilaya de Tébessa dispose d'un important potentiel « naturel » touristiqueconstitué au nord de reliefs, de vues panoramiques et d'un parc archéologique au centre de l'ancienne ville du chef –lieu de wilaya. Au sud,elle compte des aires pastorales, des oasis et des palmeraies.

Aussi, cette wilaya dispose d'un patrimoine immatériel représenté par une riche tradition orale et des traditions vestimentaires et culinaires séculaires jalousement gardées.

L'artisanat est, aussi, une source d'attractivité touristique ; la wilaya est mondialement réputée pour ses tapis artisanaux des Nememcha qui témoignent d'un savoir-faire exceptionnel

- **Potentialités minières**

A vocation minière par excellence, la wilaya recèle un potentiel en gisements miniers et substances utiles très important présentant un intérêt particulier pour l'industrie (la sidérurgie, notamment). Il s'agit du phosphate et des agrégats utilisés dans différents types de matériaux de construction. La wilaya renferme 175 gites de ressources minérales dont 60 métalliques et 115 non métalliques.

II.3 Présentation du projet :

Le présent projet a pour objet l'étude dans les phases (APD) du deuxième tronçon de la section trois de La ligne minière Annaba-Tébessa-Djebel Onk exactement entre les points kilométriques (Pk 32+000 et Pk 50+000) dans le cadre d'étude de dédoublement, Modernisation et/ou rectification du tracé pour augmenter le trafic de la ligne minière EST (Annaba /Djbel-Onk).

Le tracé constitue une liaison ferroviaire entre Annaba-Djebel Onk Sur une longueur L = 338 km.



Figure II.4Localisation du projet

Notre étude est définie du PK 32+000 au PK 50+000, avec la conception de la gare BirHaliem.

II.4 Les caractéristiques du projet:

- Longueur 18+000 km
- Caractéristiques géométriques selon les standards UIC
- Trafic mixte voyageurs et marchandises
- Traction diesel et électrique.
- Les gares sont conçues pour garer des trains de marchandises de 600m et des trains de voyageurs de 300m
- Charges à l'essieu de 22 ½ T pour la voie et des charges à l'essieu de 25T pour les ouvrages d'art.
- Ecartement : e = 1435 sans sur écartement Dans les courbes.
- Le trafic de la ligne actuelle devra être maintenu lors des travaux.

II.5 Conclusion

La ligne minière a une capacité actuelle de 13,57 millions de tonnes par an. Cependant, avec la mise en œuvre des projets de développement de l'industrie nationale des phosphates, la demande de transport devrait atteindre 21,9 millions de tonnes par an d'ici 2025. Cette augmentation dépasserait la capacité de la ligne dans sa configuration actuelle.

CHAPITRE III. Superstructure de la voie

III. SUPERSTRUCTURE DE laVOIE

III.1 Introduction :

La superstructure ferroviaire comprend toutes les installations fixes qui permettent d'assurer le guidage des roues des véhicules par les deux files de rails posées parallèlement sur des supports transversaux que l'on nomme traverses reposant sur une couche de ballast cet assemblage d'éléments de caractéristiques physiques et mécaniques différentes qui permettant la transmission les charges des roues à la plate- forme. Pour pouvoir supporter les efforts verticaux, transversaux et longitudinaux.

Les éléments constitutifs de la superstructure de la voie sont : le ballast, les traverses, les rails avec leurs accessoires.

III.2 La voie ferrée :

III.2.1 CATEGORIE DE LA VOIE :

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

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

III.2.2 Rôle de la voie

La voie a pour rôle deux fonctions principales :

- Transmettre et guider les charges des essieux au sol naturel qui doit se faire sans déformation sensible de ce dernier.
- Supporter et guider le matériel ferroviaire.

III.2.3 Les constituents de la voie ferrée

La voie ferrée se compose de rails, mais aussi de traverses, d'attaches et du ballast. Ces éléments, qui remplissent chacun un rôle précis, constituent la supe rstructure de la voie ferrée.

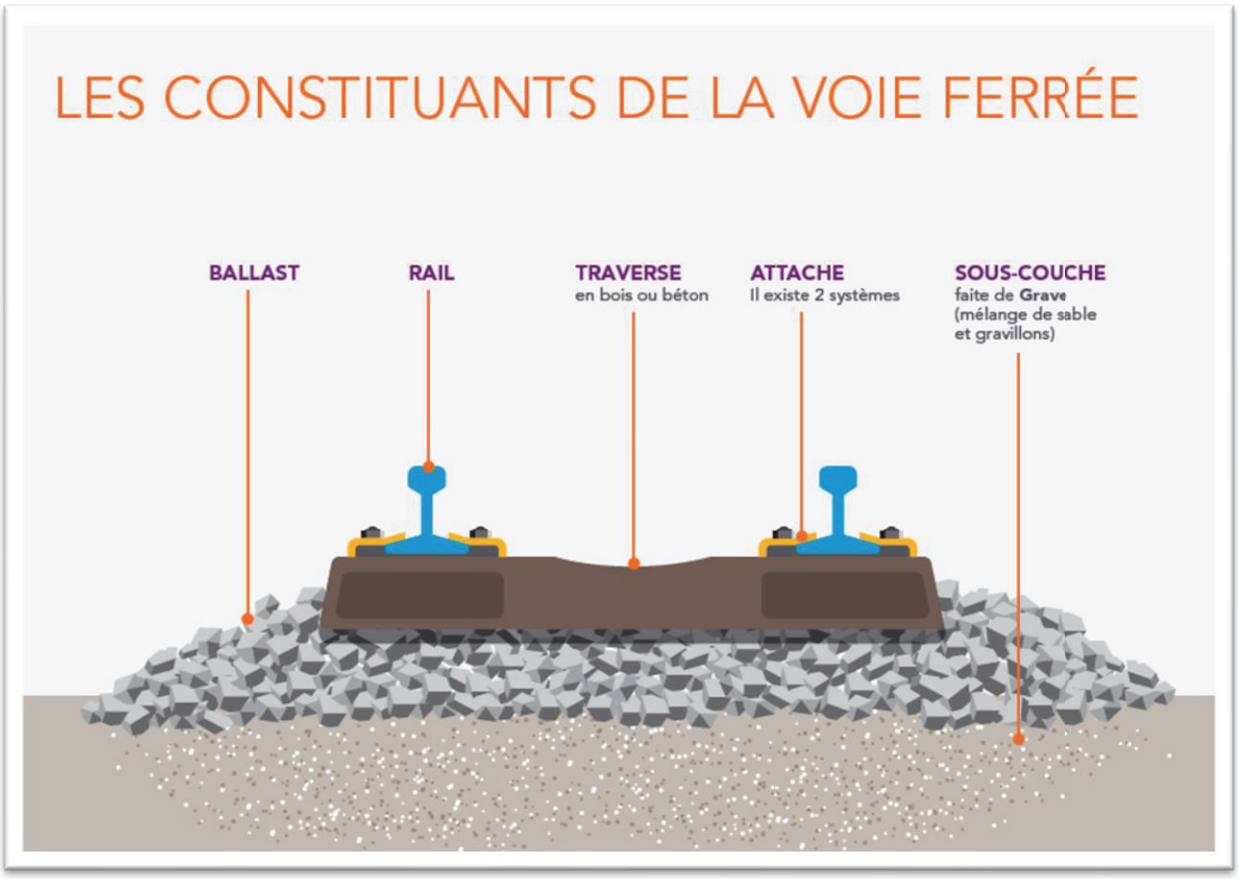


Figure III.1Les constituants de la voie ferrée

III.2.3.1 LE RAIL :

Le rail est un élément linéaire en acier, doté d'un profil particulier. La mise en parallèle de deux files de rail crée une voie ferrée. La longueur des rails est de 18m ou 36m.Qui sont inclinés vers l'intérieur selon une pente de 1/20 en voie normale pour stabiliser le centrage des roues du train.

III.2.3.1.1 Type des rails :

Selon leur géométrie, les rails se divisent en trois types dont on distingue :

- **Le rail Vignole :**

Ce type est généralement utilisé pour le cas des trains de transport de marchandise et de transport de voyageur à longue distance. Le profil est composé de **: Champignon ; Ame ; patin.**

- Le patin : qui s'appuie sur la traverse
- Le champignon : qui constitue le chemin de roulement
- L'âme : qui relie le champignon au patin poursupporter la charge

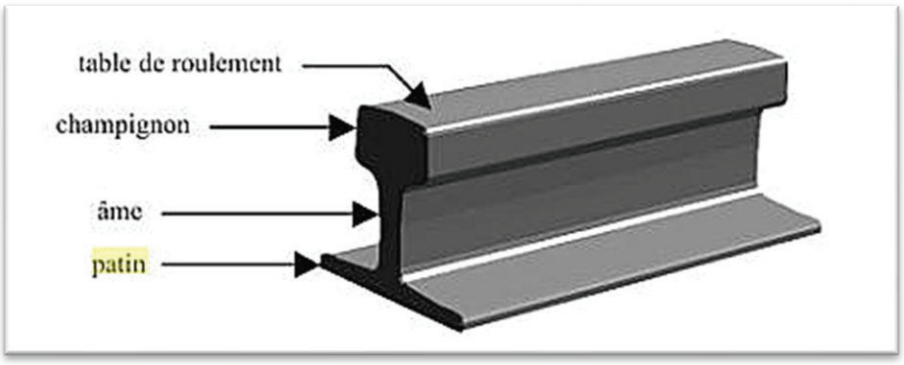


Figure III.2Le rail Vignole

- **Le rail a gorge**
- **Le rail à double champignon :**

❖ **Cas de notre projet :**

Type du rail utilisé pour la ligne étudiée : on adopte des rails Vignole UIC 60 E1 (à environs 60.21Kg /ml du rail). Il se caractérise par une base élargie qui permet une fixation facile sur les traverses, il est fixé soit directement sur les traverses, soit par l'intermédiaire de selles métalliques.

III.2.3.1.2 Caractéristiques géométriques et mécanique du rail UIC 60E1 :

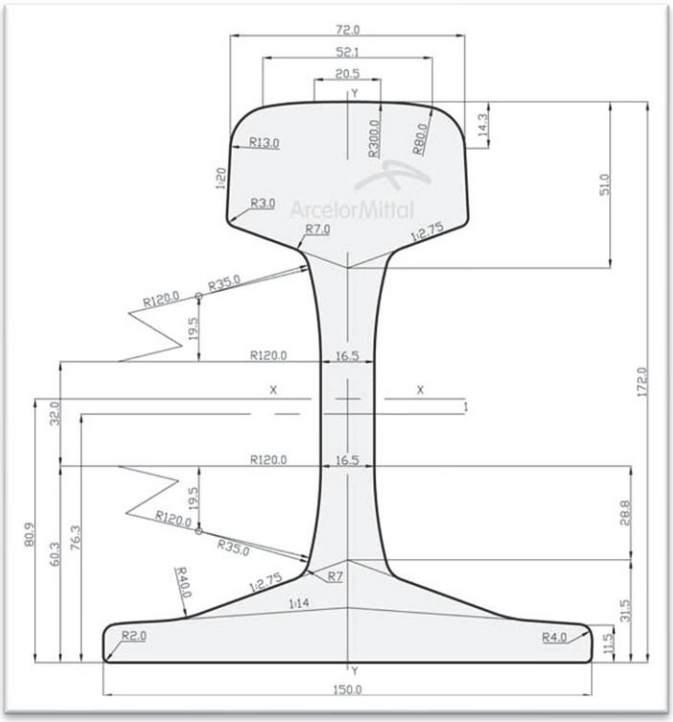


Figure III.3Profil de rail UIC60 E1

- Surface de la section : 76.70 cm².
- Hauteur du rail 172 mm
- Largeur de table de roulement l=72mm
- Largeur du patin 150 mm
- Épaisseur Champignon : 72 mm.
- Épaisseur patin : 150 mm.
- Épaisseur âme : 16.5 mm.
- Dimension indicative B : 52.053 mm.
- Masse par mètre : 60.21 Kg/m.
- Moment d'inertie, axe xx : 3038.3 cm^4
- Moment d'inertie axe yy : 375.5 cm^4
- Module d'inertie champignon : 333.6 cm^3
- Module d'inertie patin : 375.5 cm^3
- Module d'inertie axe yy : 512.3 cm3
- Dressage : classe A.
- Nuance : 260 (carbone-manganèse).
- Dureté au milieu de la table de roulement entre 260 et 300 HBW.
- Résistance à la traction R ≥ 880 N/mm2
- Allongement A ≥ 10%

III.2.3.1.3 Assemblage des rails :

Les rails sont fabriqués dans des longueurs comprise entre 18 et 36 mètres, pour établir la solidarité des barres qui forment la voie, on est obligé de les relier solidement à leur extrémité, pour effectuer cette liaison on emploie des éclisses et des soudures :

- **Eclisse :**

Une éclisse est un composant de la voie ferrée, il s'agit d'une pièce métallique fixée par des boulons sur les rails, elle permet de faire la liaison entre deux rails consécutifs. Elles sont souvent utilisées à proximité des aiguillages.



Figure III.4 Figure Assemblage des rails par éclissage

L'éclissage doit satisfaire aux conditions suivantes :

- Relier les rails de façon à qu'ils se comportent comme une poutre continue en alignement et en nivellement,
- Avoir la même qualité d'acier que le rail, c'est-à-dire avoir une résistance à la déformation qui approche d'aussi près que possible celle des rails qu'il assemble
- Empêcher les mouvements verticaux des extrémités des rails l'une par rapport à l'autre, tout en permettant la dilatation

- **Soudures :**

Il y a deux types de soudures à savoir :

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

❖ **Cas de notre projet**

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

Avantage des LRS

- Suppression de l'éclissage boulonné.

- Réduction des dépenses d'entretien.
- Réduction des défauts et avaries de rails.
- Amélioration du confort.
- Réduction de l'usure de la superstructure et des véhicules.
- Réduction des dépenses énergétiques de traction.
- Une mécanisation plus facile de la pose et de la maintenance de la voie.
- Une réduction du bruit et les émissions sonores.

Toute foies les LRS présentent aussi des inconvénients dans l'entretien et la technique de pose puisqu'il faut contrôler couramment les différents aspects qui peuvent nuire aux rails comme :

- Imperfections initiales ; défaut de la soudure et de construction,
- Efforts longitudinaux importants.
- Résistance latérale affaiblie et d'autre cause font apparaitre des défauts de dressage latéraux.
- Glissement latéral et flambage de la voie.

III.2.3.2 LES TRAVERSES :

En voie ferrées, les rails reposent sur un plancher constituer par les traverses, cette dernière pièce est posée en travers de la voie.

III.2.3.2.1 Le rôle des traverses :

Les traverses jouer un rôle important réside dans :

- Maintien l'écartement des deux files de rail.
- Reprise des efforts latitudinaux et transversaux résultant de la dynamique des véhicules.
- Transmission des charges au ballast.
- Maintenir de l'inclinaison du rail 1/20 de rail.

III.2.3.2.2 Les types des traverses :

On distingue trois différents types de traverses :

- **Les traverses en métal**
- **Les traverses en bois**
- **Les traverses en béton :**

Bi-bloc : 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 bi-bloc et une meilleure répartition des charges verticales.

III.2.3.3 LESATTACHES :

L'attache est un matériel de fixation et un appareil constitué d'un crapaud qui est maintenu par un écrou accroché dans la traverse, elle sert à fixer le rail sur cette traverse pour l'empêcher de tout déplacement.

III.2.3.3.1 Le rôle des attaches :

- Absorber les efforts longitudinaux et dynamiques au passage des trains
- Assurer le serrage du rail sur la traverse
- Conserver un effort de serrage suffisant malgré les vibrations dues aux circulations
- Assurer le positionnement du rail sur la traverse

III.2.3.3.2 Les types d'attaches :

Il existe plusieurs types et techniques d'attache, selon le type de traverses.

❖ **Cas de notre projet**

Pour notre projet l'attache utilisée est une attache élastique de type NABLA.

III.2.3.3.3 L'attache de type NABLA :

La plus utilisée actuellement est constituée par un crapaud (lame-ressort) maintenu par un écrou (tirefond) vissé sur une tige filetée dans des encoches accrochées dans le blochet.

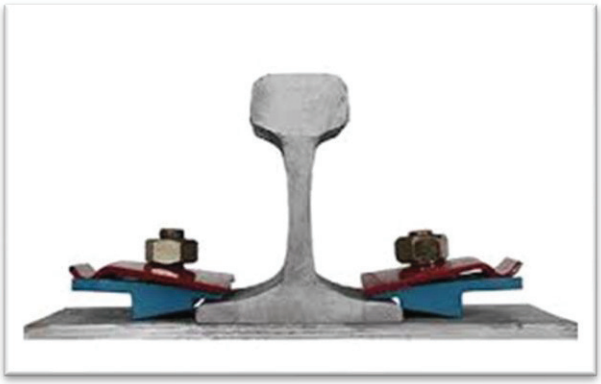


Figure III.5Attache élastique de type Nabla

III.2.3.4 APPAREIL DE VOIE :

Les appareils de voie sont des dispositifs de guidage permettant le passage d'une voie à une autre en assurant la continuité des voies par extension. En effet, le conducteur d'un train n'ayant aucune maîtrise de la direction prise par le convoi, ce sont les appareils de voie qui sont chargés de le guider et de l'orienter de façon mécanique et passive ; Il peut être

commandé automatiquement ou manuellement depuis un poste d'aiguillage ou bien à pied d'œuvre (sur le terrain) par une personne habilitée.

III.2.3.4.1 Types d'appareils de voie

- **Les branchements :**

Permettent à l'itinéraire de se ramifier en deux, ou exceptionnellement en trois autres. Le branchement simple se compose de 03 parties en générales :

- Partie aiguillage (qui comprend essentiellement les aiguilles mobiles)
- Partie intermédiaire (assimilable à la voie courante)
- Partie croisement (qui comprend essentiellement le cœur de croisement) ; Au niveau du cœur il existe une lacune dans la continuité des rails qui permet le passage des roues mais où le guidage n'est plus assuré. On utilise des contre rails pour rétablir ce guidage

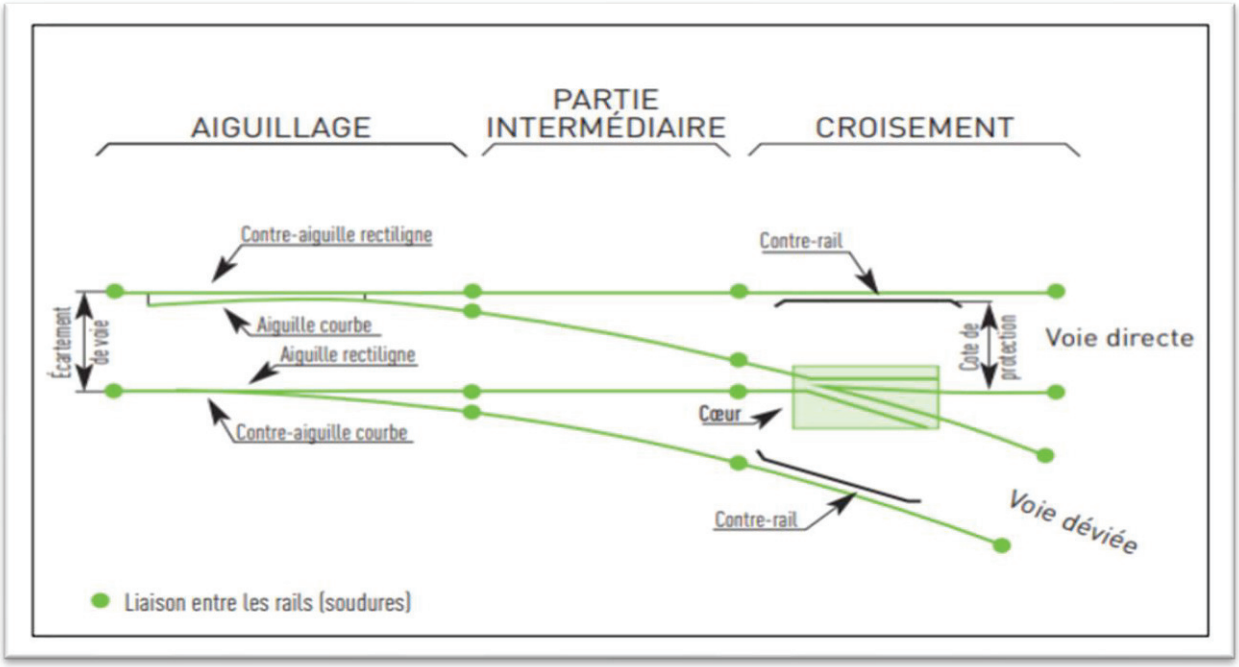


Figure III.6 -Un branchement et ses éléments constitutifs.

- **Constitution d'un branchement**

Autre que le branchement simple il existe deux autres

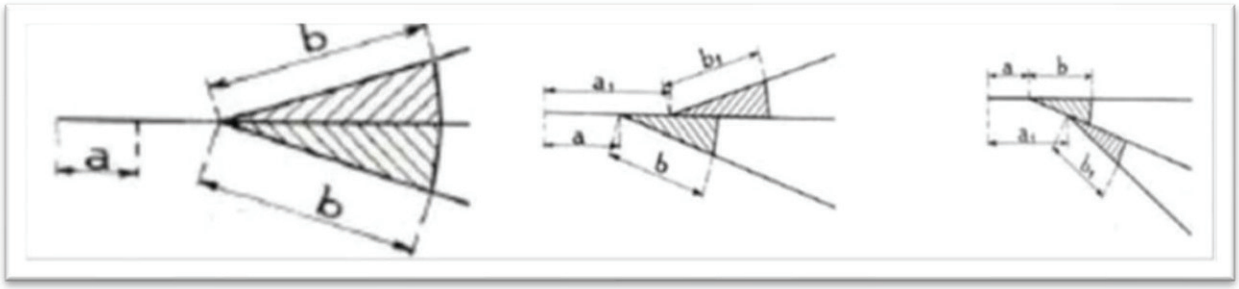


Figure III.7Branchement double symétrique et asymétrique

Pour Notre projet nous avons utilise :

- UIC-60 500-1:12 avec une vitesse de 65 km/h.

Appareil de voie (1/n)	R (m)	a(m)	b(m)	C(m)	V (km/h)
1/12	500	20.797	22.684	22.684	65
1/9	300	16.616	17.922	19.922	50
	190	10.523	17.805	17.805	40

Tableau III.1les caractéristiques d'appareils de voie de projet

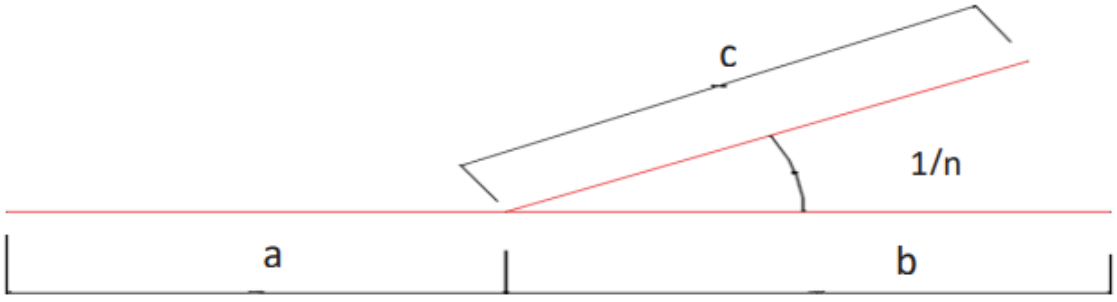


Figure III.8 Schéma illustrative de l'appareil de voie

❖ Remarque :

Dans le chapitre structure d'assise. Nous allons voire la plateforme, la sous couche, la couche de fondation et le ballast.

III.3 Caractéristique et type d'installation pour notre projet :

Pour construire une voie moderne qui répond aux normes internationales, on adopte (d'après la SNTF) les éléments constitutifs suivants :

- Les longs rails soudés (LRS)

- Les traverses en béton bi-bloc
- Les attaches élastiques de type NABLA
- L'écartement de la voie est de 1,435m
- La superstructure a été dimensionné selon les normes UIC 719 R et UIC 714 R

Voie courante

- Rail UIC 60 E1
- Traverse bi bloc en béton armé type B440 (VAX U31).
- Attache élastique pour la traverse B440 (NABLA).

Voie de service en gare

- Rail UIC 60 E1
- Traverses bi bloc B440 en béton arméB440 (VAX U31).
- Traverses en bois entre les appareils de voie et les tronçons de transition entre les appareils et voies avec les traverses en béton.
- Attache élastique pour la traverse B440 (NABLA).

III.4 Conclusion :

Les couches d'assise de la voie ferrée se composent de plusieurs éléments. Le rail est le premier élément en contact avec le train et la géométrie de sa section est conçue pour assurer une distribution optimale des contraintes. Son rôle est de guider le train et de répartir la charge sur plusieurs traverses. Les traverses, quant à elles, sont chargées de transmettre les forces entre le rail et le ballast.

CHAPITRE IV. Etude géométrique de la voie

IV. ETUDE GEOMETRIQUE DE LA VOIE

IV.1 INTRODUCTION

L'objectif de l'étude géométrique du tracé de la voie est d'assurer une bonne qualité de roulement pour les véhicules. Il est donc primordial de déterminer la forme géométrique optimale pour la voie et le tracé en prenant en compte les contraintes économiques et en respectant les exigences et les recommandations des normes internationales ferroviaires.

La surface de roulement de la voie est une conception dans l'espace, définie géométriquement par trois groupes d'éléments qui sont :

- L'Axe en plan du tracé.
- Profil en long du tracé.
- Profil en travers du tracé.

IV.2 TRACÉ EN PLAN:

Le tracé en plan de la voie ferrée consiste en une projection orthogonale de tous les points sur un plan horizontal. Il est généralement composé d'une série de segments droits et de courbes en arcs de cercle reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif.

En chemin de fer le tracé en plan est caractérisé par deux vitesses :

- Vv : vitesse des trains voyageurs (rapides).
- vm : vitesse des trains marchandises (lents).

NB : Pour notre projet Vv= 120Km/h et Vm= 100Km/h.

Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de sécurité.

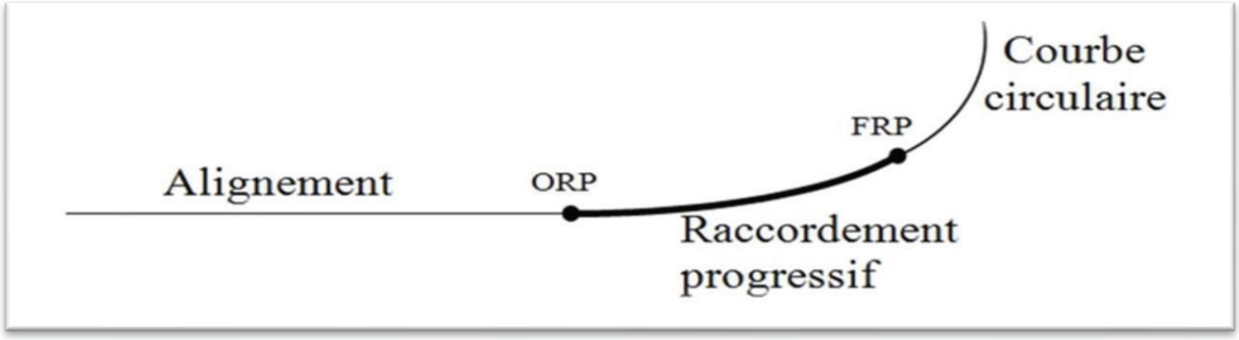


Figure IV.1Les éléments de tracé en plan

- Alignement : R = ∞
- Courbe circulaire (Arc de cercle) : R = Constante.
- Raccordement progressif (Courbe de raccordement) : R =variable.

IV.2.1 Réglés à respecter dans le tracé en plan selon la SNTF :

Afin de réaliser un tracé à la fois économique et technique, il est essentiel de respecter les règles suivantes :

- Choisir des tracés qui évitent les terres agricoles et les zones forestières.
- Favoriser des itinéraires contournant les oueds pour réduire au maximum l'utilisation d'ouvrages d'art, dans un souci d'économie.
- Opter pour des sites sans des problèmes géologiques.
- Essayer d'utiliser le maximum d'alignement droit et respecter la longueur minimale.
- Préférer contourner les zones de grande importance telles que les centrales à gaz et les transformateurs électriques.
- Eviter les problèmes des talus.

IV.2.2 Caractéristiquesgéométriques :

L'objectif de l'étude du chemin de fer est d'identifier le tracé le plus optimal.

Tableau IV.1Vitesse des trains maximale

Vitesse voyageurs Vv	120 km/h
Vitesse marchandises Vm	100km/h

Pour une vitesse de train donnée V, les paramètres géométriques doivent respecter les recommandations de la SNTF afin d'assurer la stabilité sur la voie et le confort des voyageurs.

Tableau IV.2 Paramètres géométriques de trace en plan (SNTF)

	Formule		Application	
	Normal	Exceptionnel	Normal	Exceptionnel
Dévers maximal d(mm)	-	-	160	180
R min(m)	$\frac{11.8 \times Vmax^2}{d_{max} + I_{max}}$	$\frac{11.8 \times Vmax^2}{d_{max} + I_{max}}$	550	500
Longueurs minimales des alignements (m)	$\frac{V}{2}$	$\frac{V}{3}$	60	40
Longueurs minimales des pleines courbes (m)	$\frac{V}{2}$	$\frac{V}{3}$	60	40
Insuffisance de dévers admissible I (mm)	-	-	150 mm	160 mm
Excès de dévers admissible E (mm)	-	-	110 mm	130 mm

Limite de la variation de dévers par rapport à la longueur dd/dl (mm/m)	$\frac{180}{Vmax}$	$\frac{216}{Vmax}$	1.500	1,800
Limite de la variation d'insuffisance de dévers dI/dl (mm/s)	-	-	75 mm/s	90 mm/s

IV.2.3 Calcul des parameters et application numérique sur le projet :

Notre projet, qui relie Tébessa à Djebel Onk, s'étend du PK32+000 au PK50+000 sur une distance d'environ 18 km.

Selon la SNTF et pour une vitesse de 120km/h, le rayon minimal normale est de 550 m, donc tous les rayons du notre tracé doivent être supérieure au Rmin=550 m.

Nous allons prendre l'exemple d'un rayon de courbure de 1000 m pour illustrer les différentes étapes de calcul nécessaires pour déterminer les paramètres du tracé en plan. Par la suite, nous créerons un tableau récapitulatif contenant toutes les caractéristiques géométriques de notre tracé.

Application au projet pour R = 1000 m :

- Dévers théorique :$d_{th} = \frac{11.8 \times {V_{max}}^2}{R} = \frac{11.8 \times 120^2}{1000} = 170\ mm$
- Le coefficient de dévers :$C = 0.006 \times {V_{max}}^2 = 86{,}40$

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

$0.5 < \frac{C}{0.0118 \times {V_{max}}^2} \leq 0.7$, alors dans ce cas on prend c= 90.

- Le dévers pratique : Sa valeur est comprise entre celle des trains rapides et celle des trains lents, elle est donnée par : $dp = 1000 \times \frac{C}{R} = 1000 \times \frac{90}{1000} = 90\ mm$

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

- Insuffisance de dévers : $I = d_{th} - dp$ =170-90= 80 mm
- Excès de dévers : $E = dp - \frac{11.8 \times {V_{mar}}^2}{R} = 90 - \frac{11.8 \times 100^2}{1000} = 28\ mm$
- La longueur de clothoïde : $Lrp = \frac{dp}{\frac{dd}{dI}} = \frac{dp}{\frac{180}{Vmax}} = \frac{90}{1.5} = 60\ m$

On prend Lrp=60mm.

- Limite de la variation de dévers par rapport à la longueur : $\frac{dd}{dI} = \frac{90}{70} = 1.285\ mm/m$
- La variation d'insuffisance de dévers : $\frac{dI}{dt} = \frac{dI}{Lrp} \times \frac{Vmax}{3.6} = \frac{80 \times 120}{70 \times 3.6} = 14.28 \frac{mm}{s}$

Le tableau ci-dessous présente la liste des paramètres et des dévers correspondant à chaque rayon de courbure pour le tracé en plan du tronçon d'étude :

Tableau IV.3 Tableau récapitulatif des paramètres du tracé

Rayon (m)	Vitesse KM/H		dth (mm)	dp (mm)	dp adopté	I (mm)	E (mm)	Lrp (m)	Lrp adopté	$\frac{dd}{dL}$(mm/m)	$\frac{dI}{dt}$(mm/s)
	Voy	Mar									
-	-	-	$\frac{11.8 \times {V_{max}}^2}{R}$	$1000 \times \frac{C}{R}$	-	$d_{th} - dp$	$dp - \frac{11.8 \times {V_{mar}}^2}{R}$	$\frac{dp}{\frac{dd}{dI}}$	-	$\frac{dp}{Lrp}$	$\frac{I \times Vmax}{Lrp \times 3.6}$
800	120	100	212	112.5	120	92	27.5	80	80	1.2	30.66
1000	120	100	170	90	90	80	28	60	70	1.285	38.09
1500	120	100	114	60	60	54	18.66	40	40	1.2	36

Notez que la réalisation du tracé en plan a été effectuée à l'aide du logiciel COVADIS 17.0f et que les éléments de ce tracé sont représentés dans l'annexe A.

IV.3 Profil EN LONG :

La construction du profil en long est une tâche essentielle permettant d'évaluer un projet ferroviaire, que ce soit du point de vue économique, en évaluant l'importance des travaux de terrassement (quantité de déblai et de remblai), d'ouvrages d'art, de tunnels, etc.

- Définition :
- **Profil en long du terrain naturel :**

C'est une représentation plane de la surface du terrain naturel suivant un plan vertical le long du tracé en plan, ce profil va être le support pour le profil en long du projet.

- **Profil en long Du Projet :**

C'est la représentation de l'allure du projet, en général le tracé d'une voie ferrée en profile est constitué par une succession d'alignement droits raccordé par des courbes circulaires.

- **Déclivité** :

La déclivité est définie comme étant la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontale. Elle prend le nom de pente lorsqu'elle est en descente et de rampe lorsqu'elle est en montée.

IV.3.1 Eléments de composition du profil en long :

Un profil en long est constitué d'éléments de lignes droites raccordées par des arcs de cercle en cas de changement de déclivité.

1. **Choix des alignements droits :**

Le profil en long de la voie ferrée est caractérisé par des faibles valeurs de déclivité pour garantir des vitesses de circulation adéquates ainsi qu'une sécurité optimale lors des freinages en descente et des démarrages en montée. En conséquence, les pentes des segments de droite ne peuvent pas dépasser une limite maximale fixée par la SNTF.

En outre, lors de l'implantation des gares, un palier d'une longueur supérieure à 1200m est utilisé. En général, les déclivités maximales suivantes sont adoptées :

- 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‰.

Tableau IV.4Les longueurs minimales des éléments de profil en long

Valeur normale	$\frac{V}{2}$
Valeur exceptionnelle	$\frac{V}{2.5}$

Ces éléments de droites font apparaitre des angles dits « saillants » ou « rentrants » qui correspondent aux zones de raccordement par cercle.

2. Choix des cercles :

Les changements de déclivité sur la voie ferrée peuvent causer une accélération verticale soudaine au véhicule, provoquant des oscillations dans la suspension et altérant le confort des voyageurs, notamment aux extrémités du raccordement.

Cette accélération est donnée par la formule suivante :

$$Av = \frac{V^2}{3.6^2 \times Rv}$$

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 :

$$Rv = \frac{V^2}{3.6^2 \times Av}$$

On trouve :

Tableau IV.5 Valeurs de Rayon vertical minimale

Valeur normale	0.35 V²
Valeur exceptionnelle	0.25 V²

IV.3.2 Application au projet :

Le profil en long est pour sa plupart Descendant (dans le sens Elmalbiod – Birheliem), avec une pente maximale de 8 ‰ et une pente minimale de 0 ‰ et dans la gare de Birheliem.

Le tableau ci-dessous présente les paramètres du profil en long :

Tableau IV.6 Valeurs des paramètres de profil en long (SNTF)

			Formule		Application	
			Normal	Exceptionnel	Normal	Exceptionnel
Déclivité maximale	Voies générales	L<3000 m	-	-	16 ‰	18 ‰
		3000<L<15000 m	-	-	16 ‰ à 13 ‰	18 ‰ à 15 ‰
		L>15000 m	-	-	13 ‰	15 ‰
	Gares		-	-	0	0
Rayon minimal en raccordements verticaux (m)			0.35 V²	0.25 V²	5040	3600
La longueur minimale des pentes uniformes et des raccordements en profil en long (m)			$\frac{V}{2}$	$\frac{V}{2.5}$	60	48

Notez que les éléments du profil en long sont représentés dans l'annexe B.

IV.3.3 Les contraintes le long du tracé :

Lignes d'électricités de moyen tension (MT) au PK 43+215.13 et PK 47+561.69

Lignes d'électricités de base tension (BT) au PK 42+377.50

Conduites de gaz au PK 42+545

IV.4 Conclusion :

Les résultats obtenus dans cette étude sont conformes au référentiel de l'SNTF, et tous les paramètres nécessaires pour la rectification et le dédoublement du tracé afin d'atteindre la vitesse de 120 km/h sont pris en compte.

CHAPITRE V. Etude hydrologique et hydraulique

V. ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

V.1 Introduction :

La création d'une ligne ferroviaire va perturber le flux hydraulique. Il est donc nécessaire d'assurer la continuité des débits des cours d'eau en dimensionnant suffisamment les ouvrages hydrauliques. D'autre part, il est important d'assurer une bonne protection de la plate-forme par un bon drainage.

La région d'étude est située au nord-est de l'Algérie. Le tracé de la ligne minière Tébessa – Djbel Onk traverse le long de son parcours de Nord au Sud, le sous bassin hydrographique du Medjerda (BV 12).

Il y a plusieurs cours d'eau naturels importants dans ce bassin, dont les débits peuvent causer des dommages à certains endroits de la voie ferrée. Il est donc important de les évaluer avec précision pour prendre les mesures nécessaires de prévention.

L'objectif principal de cette étude hydrologique est donc de pré-déterminer les débits de crue le long du tracé ferroviaire pour éviter toute inondation, et de prévoir ainsi l'aménagement hydraulique de protection le plus approprié.

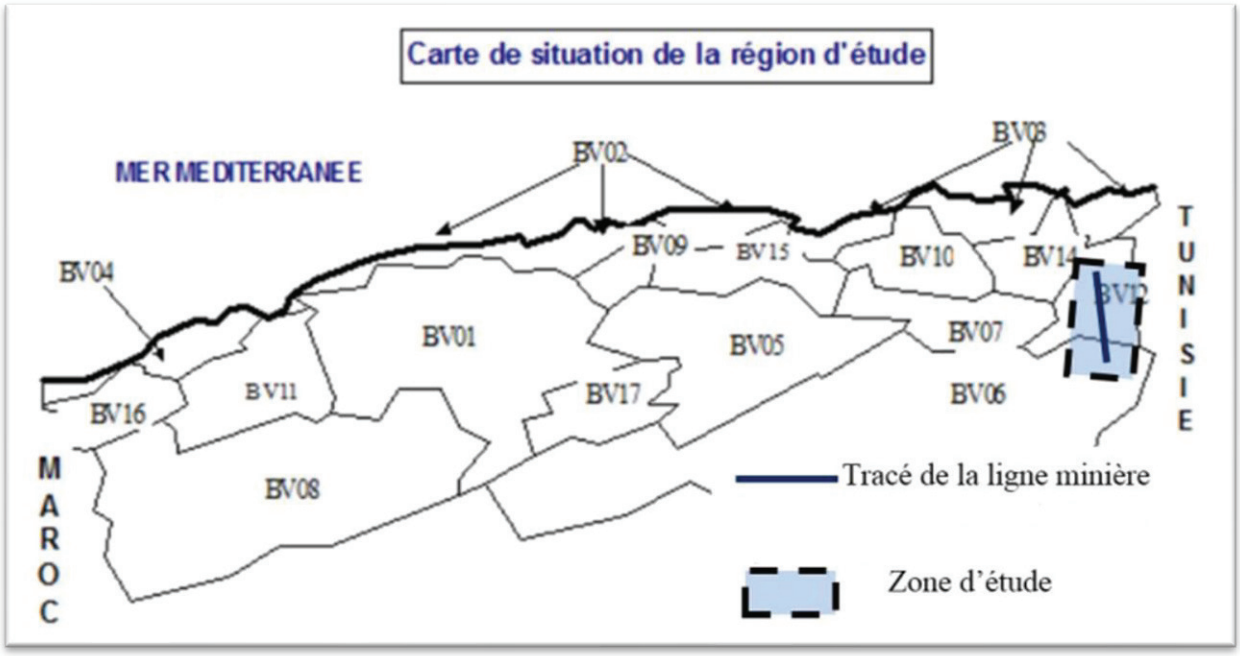


Figure V.1 – Situation du tracé de la ligne minière, tronçon Tébessa – Djbel Onk sur la carte des grands bassins versants de l'Algérie.

V.2 Hydrologiedenotre TRACÉ« PK 32+000 AU PK 50+000 »:

Dans cette partie le tracé passe par une zone à topographie très plate cette zone cette zone correspond à la rive droite de la plaine drainée par l'oued Labiod et ses affluents.

Le réseau hydrographique est composé par des écoulements de type temporaire qui ravinent les reliefs montagneux environnants, et transportent le résidu d'altération er de lessivage des marnes constituants ces massifs montagneux et déversent dans l'oued Labiod.

Cette situation se traduit, par l'envasement des ouvrages de drainage ou les sédiments bouchent les ouvertures des ouvrages de drainage. Cette obturation se résultent aussi des dimensions des ouvrages hydrauliques qui sont petites, et que par endroit conduit à l'enterrement et la non visibilité de ces ouvertures





Figure V.2Ouvrages existants totalement envases avec des fissurations superficielles

V.3 Les rectifications appliquées sur le tracé :

Le drainage de la voie existante est constitué par des ouvrages de drainage avec des sections hydrauliques qui ne sont pas importantes, l'écoulement naturel traversé par la voie projetée sera canalisé par des ouvrages de drainage de sections différentes que celle des ouvrages existants, afin d'assurer l'évacuation du débit calculé. Sachant que le travé s'éloigne de la voie existante de son côté droite, on propose une rectification altimétrique qui s'avère techniquement nécessaire afin de pouvoir insérer des ouvrages de drainage avec section importantes

V.4 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 élaboré le tracé de la voie ferrée grâce à une étude hydraulique, ce tracé a été reporté sur une carte topographique contenant les cours d'eau. En analysant les intersections obtenues et selon le débit de crue provenant du bassin versant On dimensionne les ouvrages tout en respectant les conditions d'auto curage.

La délimitation des bassins versants s'est effectuée sur la base des cartes d'état-major, à l'échelle de 1/50 000, en suivant les lignes de partage des eaux, selon l'orientation des courbes de niveau. Ainsi le réseau hydrographique a été établi en digitalisant le talweg ou le cours d'eau principal.



Figure V.3 La délimitation des bassins versants

V.4.1 Caractéristiques morphologiques des bassins versants:

La détermination des caractéristiques des bassins versants consiste à calculer, ou évaluer, les paramètres explicatifs, indispensables à l'évaluation des débits de crues.

Les caractéristiques des paramètres de bassins versants des Oueds traversant la voie ferrée sont données par le tableau récapitulatif si dessous :

Avec :

- S (km²) : Surface.
- P (km) : Périmètre.
- L (km) : Longueur du cours d'eau principal.
- Kc: Indice de compacité.
- TC (h) : Temps de concentration en heures.
- Hmax(m) : Altitude max.
- Hmin(m) : Altitude min.
- Hmoy(m) : Altitude moyenne.
- P(%): pente du talweg principal en %.
- C : coefficient de ruissellement.

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

a- Superficie inférieure à 5 km² :

Le temps de concentration est calculé par la formule de VENTURA :

$$Tc = 0.127 \times \sqrt{\frac{S}{I}}$$

Tc : temps de concentration (heure) ;

S : superficie du bassin versant (Km²) ;

I : pente moyenne du bassin versant (m/m).

b- Superficie comprise entre 5 et 25 Km² :

Le temps de concentration est calculé par la formule de PASSINI :

$$Tc = 0.11 \times \frac{\sqrt[3]{S \times L}}{\sqrt{I}}$$

Tc : temps de concentration (heure) ;

S : superficie du bassin versant (Km²) ;

L : longueur du cours d'eau principal (Km) ;

I : pente moyenne du bassin versant (m/m).

c- Superficie comprise entre 5 et 25 Km²:

Le temps de concentration est calculé par la formule de GIANDOTTI :

$$Tc = \frac{4\sqrt{5} + 1.5L}{0.8\sqrt{Hmoy - Hmin}}$$

Tc : temps de concentration (heure) ;

S : superficie du bassin versant (Km²) ;

L : longueur du cours d'eau principal (Km) ;

Hmoy : altitude moyenne (m) ;

Hmin : Altitude minimale (m

Tableau V.1 Caractéristiques morphologiques des bassins versants

BV	PK	Surface km²	Périmètre km	kc	L Km	Hmax m	Hmin m	Hmoy m	H m	Dh m	PENTE m/m	Tc (h) VENTURA	Tc (h) Passini	Tc (h) Giandotti
1	PK 32+085	0,8	5,2	1,7	2,0	1140	1013	1077	64	127	0,021	0,78	-	-
2	PK 33+105	46,6	40,8	1,7	17,7	1480	1010	1245	235	470	0,026	-	-	4,40
3	PK 35+500	16,7	22,5	1,5	10,8	1420	1010	1215	205	410	0,038	-	2,84	-
4	PK 35+650	1,1	5,0	1,4	1,9	1130	1007	1069	62	123	0,064	0,52	-	-
5	PK 36+065	0,8	4,7	1,5	1,8	1105	1003	1054	51	102	0,056	0,48	-	-
6	PK 37+135	8,9	14,0	1,3	6,7	1240	1002	1121	119	238	0,036	-	2,28	-
7	PK 37+595	0,4	3,0	1,3	0,8	1020	1000	1010	10	20	0,025	0,51	-	-
8	38+310	0,6	4,4	1,6	1,6	1033	998	1015	17	35	0,022	0,67	-	-
9	38+705	0,9	5,3	1,6	2,2	1048	993	1020	27	55	0,025	0,76	-	-
10	38+900	0,1	2,8	2,2	0,9	1015	992	1004	12	23	0,025	0,28	-	-
11	PK 38+955	0,3	3,3	1,7	1,4	1030	992	1011	19	38	0,027	0,41	-	-
12	39+170	1,4	5,3	1,3	2,0	1040	990	1015	25	25	0,025	0,94	-	-
13	40+305	3,7	10,9	1,6	5,1	1140	983	1062	79	157	0,031	1,40	-	-
14	40+640	1,8	6,4	1,3	2,7	1180	983	1081	98	197	0,074	0,63	-	-
15	41+285	0,9	4,4	1,3	1,8	1160	978	1069	91	182	0,099	0,38	-	-
16	41+730	0,5	3,9	1,5	1,7	1040	976	1008	32	64	0,038	0,47	-	-
17	41+960	1,2	7,0	1,8	2,7	1060	974	1017	43	86	0,031	0,80	-	-
18	42+885	15,0	25,7	1,9	12,4	1360	973	1166	193	387	0,031	-	3,56	-
19	43+135	2,7	7,7	1,3	3,1	1035	970	1003	33	65	0,021	1,45	-	-
20	44+180	1,0	4,5	1,3	1,6	1030	967	998	31	63	0,040	0,62	-	-
21	44+670	1,2	5,1	1,3	1,9	1030	962	996	34	68	0,036	0,73	-	-
22	45+460	0,6	3,4	1,2	0,7	985	960	973	13	25	0,034	0,54	-	-
23	45+740	0,4	2,8	1,2	1,0	980	954	967	13	26	0,025	0,51	-	-
24	46+645	7,0	14,5	1,5	4,8	1035	950	993	43	85	0,018	-	2,53	-
25	47+475	0,2	1,6	1,1	0,4	970	950	960	10	20	0,048	0,23	-	-
26	48+010	1,8	5,9	1,2	2,0	1060	946	1003	57	114	0,056	0,73	-	-
27	48+960	2,3	6,3	1,2	1,4	990	948	969	21	42	0,029	1,11	-	-

V.5 Pluviométrie

V.5.1 Acquisition des données:

Les données de la région d'étude ont été recueillies auprès de l ' Agence Nationale des Ressources en eau (A.N.R.H) et de l'Office National de la Météorologie (O.N.M). Il s'agit d'observations journalières à partir desquelles, nous avons reconstitué les valeurs de pluies annuelles.

V.5.2 Pluies annuelles:

La pluie annuelle moyenne dans la région est comprise entre 200 et 300 mm d'après la carte des pluies de l'Algérie du Nord de l'ANRH.

Dans le tableau suivant nous présentons les pluies annuelles des stations disponibles dans la région pour différentes fréquences.

Tableau V.2 Pluies annuelles (mm)

Période de retour	Fréquence	El Ma Labiod
10ans	0,9	362,2
20ans	0,95	396,3
50ans	0,98	434,7
100ans	0,99	460,3

V.5.3 Précipitations journalières :

Les pluies maximales journalières de rares fréquences sont des pluies génératrices des crues d'importants débits, contre lesquels il faut protéger les différents ouvrages hydrauliques.

Tableau V.3 Pluies journalières (mm)

Période de retour	Fréquence	El Ma Labiod
10ans	0,9	49,7
20ans	0,95	58,2
50ans	0,98	69,3
100ans	0,99	77,5

Calcul de l'intensité de pluie :

$$\frac{P(t)}{Tc} = I$$

- P(t): Hauteur de la pluie de durée T$\boldsymbol{c}$, (mm) ;
- I: Intensité de la pluie (mm/h) ;

- Tc : Temps de concentration (h).
  - **La relation Intensité - Durée - Fréquence recherchée est la suivante :**

$$I = a\,Tc^{b}$$

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

Tableau V.4Paramètres a et b des Courbes IDF pour la région de l'étude

Période de Retour – T (ans)	$I = a\,Tc^{b}$	
	a	b
10	25,4	-0.77
20	29,8	-0.77
50	35,5	-0.77
100	39,7	-0.77

V.6 Calculdudébitmaximaldanslesbassins (lesdébitsdecrue) :

L'intérêt de la détermination du débit maximum d'un cours d'eau est évident en raison des effets destructeurs bien connus de ces événements hydrologiques.

Pour évaluer les débits max des bassins versants aux sites des franchissements les plus importants, on utilise les formules empiriques qui sont élaborées en fonction de la pluie et des caractéristiques physiques des bassins versants suivantes, il s'agit de :

- **Formule Rationnelle :**

$$Q = Cr \times I \times S$$

- Qmax : débit de crue de période de retour voulue (m^3/s) ;
- Cr : coefficient de ruissellement ;
- I : Intensité de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration en (mm/h) ;
- S: superficie du bassin versant (Km^2).

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

$$Cr = C1 + C2 + C3$$

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

Tableau V.5Coefficient C1

Pente	C1
Pente <3.5	De 0.01 - 0.05
3.5 < Pente < 11	De 0.06 - 0.1
11 < Pente < 35	De 0.12 - 0.2
Pente >35	De 0.22 - 0.3

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

Tableau V.6Coefficient C2

Nature du sol	C2
Imperméable	De 0.22 – 0.3
Peu perméable	De 0.1 – 0.2
Perméable	De 0.06 – 0.1
Très perméable	De 0.06 – 0.05

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

Tableau V.7 Coefficient C3

Couverture végétale	C3
terrains rocheux	De 0.22 – 0.3
Prairie	De 0.17 – 0.25
champs labour	De 0.07 – 0.15
forêts et sols sableux	De 0.03 – 0.05

- **Formule de TURAZZA :**

$$Qmax\% = \frac{Ptc\% \times A \times Cr}{3.6 \times Tc}$$

- Qmax % : débit de crue de période de retour voulue (en m3/s)
- Tc: temps de concentration du bassin
- P tc % : pluie de durée tc et de période de retour voulue
- Cr: coefficient de ruissellement du bassin versant.

- **Formule de MALLET et GAUTHIER :**

$$\boldsymbol{Q_T = 2 \times K \times \log(1 + a \times Hm) \times \left(\frac{A}{L^{0.5}}\right) \times (1 + 4\log T - \log A)^{0.5}}$$

- Qmax : débit de crue de période de retour voulue (m3/s)
- P: pluie moyenne annuelle (mm) S: superficie du BV en Km²
- t : période de retour t L: longueur du talweg principal
- A: coefficient égal à 20 pour l'Algérie
- K : coefficient variant avec la pente du bassin de 0,5 à 5.

Résultats des valeurs des débits calculés :

Tableau V.8Résultats des débits calculés

n° BV	Q (m3 /s)
BV1	4.20
BV2	72.71
BV3	37.38
BV4	9.72
BV5	7.59
BV6	13.3
BV7	3.22
BV8	3.93
BV9	5.32
BV10	1.37
BV11	2.78
BV12	6.99
BV13	13.82
BV14	3.24
BV15	10.17
BV16	3.1
BV17	4.2
BV18	33.09
BV19	9.33
BV20	6.60
BV21	8.19
BV22	4.73
BV23	3.26
BV24	15.95
BV25	3.06
BV26	12.57
BV27	10.19

V.7 Calcul hydraulique ET dimensionnement

V.7.1 Méthode de MANNING STRICKLER :

Pour rétablir les écoulements d'eau de surface entravés par l'infrastructure ferroviaire, il sera nécessaire de mettre en place des ouvrages hydrauliques appropriés, conçus et construits selon les normes les plus avancées. Ces ouvrages seront dimensionnés pour résister à des événements pluvieux extrêmement rares qui se produisent une fois par siècle.

Quant au calcul du débit de saturation, il sera effectué en utilisant la formule de Manning Strickler.

$$Q = V \times Su \quad Et \ V = Kst \times I^{1/2} \times Rh^{2/3}$$

- I: Pente longitudinale de l'ouvrage (m/m).
- Rh: Rayon hydraulique = $section$ mouillé/Périmètre mouillé.
- St: Section totale de l'ouvrage (m²)
- Su: Section utile de l'ouvrage b x Hu (m²).
- b: Largeur de l'ouvrage (m)
- Hu: Hauteur utile (m).
- Ks : Coefficient de rugosité.

Nature de l'ouvrage	En terre	Buse métallique	Maçonnerie	Béton (dalot)	Béton (buse préfabriquée)
Kst	30	40	50	70	

Pour le dalot :[2]

- Ht ≤ 2.5 m : Hu =80% la hauteur totale ;
- Ht > 2.5 m : Hu = Ht-0.5.

Pour une buse :

- Hu=0.75Ø si Ø ≤ 1m ;
- Hu=0. 5 Ø si Ø > 1m.

V.7.2 Dimension des ouvrages

Les dimensions retenues pour les ouvrages sont celles qui répondent aux deux conditions suivantes :

- Qa < Qs (Avec Qa débit d'apport et Qs le débit de saturation de l'ouvrage) ;
- La vitesse maximale de l'écoulement est limitée à 4.45 m/s).

Tableau V.9 – dimensions des ouvrages de drainage pour notre tronçon

PK	Ouvrage	n° BV	Q (m3/s)	Nbre cellule	b	ht	Pente m/m	Q (m3/s)	V écoul. (m/s)
PK 32+085	Buse Ø1500	BV01	4.20	1	1.5	1.5	0.005	5.83	3.24
PK 33+105	Dalot 2(8x4)	BV02	72.71	4	4	4	0.003	225.45	4.40
PK 33+750	Dalot 3x3	BV02	A PROLONGER						
PK 33+950	Dalot 1.5x1	BV02	A PROLONGER						
PK 34+100	Dalot 1.5x1	BV02	A PROLONGER						

[2]Cours Mr. Rahmani – ENSTP

PK 35+500	Dalot 8x4	BV03	37.38	2	4	4	0.003	112.72	4.40
PK 35+650	Dalot 2x2.6	BV04	9.72	1	3	2	0.005	20.03	4.17
PK 36+065	Dalot 2x2.5	BV05	7.59	1	3	2	0.005	20.03	4.17
PK 36+455	Dalot 1.5x1.0	BV05	A PROLONGER						
PK 36+780	Buse Ø1500	BV05	A PROLONGER						
PK 37+135	Dalot 3x2	BV06	13.3	1	3	1.5	0.006	14.9	4.14
PK 37+595	Buse Ø1500	BV 07	3.22	1	1.5	1.5	0.005	5.32	2.96
PK 38+310	Dalot 3x1.5	BV07	A PROLONGER						
PK 38+390	Dalot 3x2	BV08	3.93	1	3	2	0.005	20.03	4.17
PK 38+705	Dalot 3x2	BV09	5.32	1	3	2	0.005	20.03	4.17
PK 38+900	Dalot 2x2	BV10	1.37	1	2	1.5	0.006	8.69	3.62
PK 38+955	Buse Ø1500	BV11	2.78	1	1.5	1.5	0.006	5.83	3.24
PK 39+170	Dalot 3x2	BV12	6.99	1	3	2	0.005	20.03	4.17
PK 39+440	Dalot 1.5x1.5	BV12	A PROLONGER						
PK 39+705	Buse Ø1500	BV12	A PROLONGER						
PK 40+225	Buse Ø1500	BV12	A PROLONGER						
PK 40+305	Dalot 2x(6x2)	BV13	13.82	4	3	2	0.004	71.67	3.73
PK 40+640	Buse Ø1500	BV14	3.24	1	1.5	1.5	0.006	5.83	3.24
PK 41+285	Dalot 6x2	BV15	10.17	2	3	2	0.004	35.83	3.73
PK 41+730	Dalot 1.5x1	BV16	3.1	1	1.5	1	0.006	3.46	2.88
PK 41+960	Dalot 1.5x1	BV17	4.2	1	1.5	1	0.01	4.46	3.72
PK 42+470	Dalot 1.5x1	BV17	A PROLONGER						
PK 42+885	Dalot 6x2	BV18	33.09	2	3	2	0.004	35.83	3.73
PK 43+135	Dalot (3x2)	BV19	9.33	1	3	2	0.005	20.03	4.17
PK 43+440	Buse Ø1500	BV19	A PROLONGER						

PK 44+180	Dalot 3x2	BV20	6.60	1	3	2	0.005	20.03	4.17
PK 44+670	Dalot 3x2	BV21	8.19	1	3	2	0.005	20.03	4.17
PK 45+460	Dalot 3x2	BV22	4.73	1	3	2	0.005	20.03	4.17
PK 45+740	Dalot 2x1.5	BV23	3.26	1	2	1.5	0.005	7.93	3.30
PK 45+880	Dalot 1.5x1.00	BV23	A PROLONGER						
PK 45+985	Dalot 1.5x1	BV23	A PROLONGER						
PK 46+050	Dalot 1.5x1	BV23	A PROLONGER						
PK 46+130	Dalot 1.5x1	BV23	A PROLONGER						
PK 46+245	Dalot 1.5x1	BV23	A PROLONGER						
PK 46+645	Dalot 2x(8x4)	BV24	15.95	4	4	4	0.001	145.58	2.6
PK 46+785	Dalot 1.5x1	BV24	A PROLONGER						
PK 46+995	Dalot 1.5x1	BV24	A PROLONGER						
PK 46+182	Buse Ø1500	BV24	A PROLONGER						
PK 47+305	Buse Ø1500	BV24	A PROLONGER						
PK 47+475	Buse Ø1500	BV25	3.06	1	1.5	1.5	0.005	5.32	2.96
PK 47+635	Buse Ø1200	BV25	A PROLONGER						
PK 47+735	Dalot 1.5x1	BV25	A PROLONGER						
PK 48+010	Dalot 4x3	BV26	12.57	1	4	3	0.001	23.75	2.37
PK 48+205	Dalot 1.5x1	BV26	A PROLONGER						
PK 48+650	Buse Ø1500	BV26	A PROLONGER						
PK 48+960	Dalot 3x2	BV27	10.19	1	3	2	0.005	20.03	4.17
PK 49+610	Dalot 3x2	BV27	A PROLONGER						

V.8 Zone inondables :

Le régime climatique qui caractérise la région d'étude, fait partis du domaine semi-aride à subaride inferieur caractérisé par des précipitations irrégulières dans l'espace et dans le temps,

qui peuvent être forte en intensité en fréquence rare, le réseau hydrographique de la zone d'étude essentiel est la plaine d'El Ma Labiod drainée essentiellement par L'Oued d'El Ma Labiod à écoulement intermittent. La ligne traverse des zones inondable et arides entre Tébessa et Djebel Onk où les lits d'oued sont larges et à régimes torrentiels. L'interaction de plusieurs facteurs physico-géographique et climatiques augmente le risque d'inondation, dans cette région, à savoir :

- L'aridité de la région caractérisée par des précipitations irrégulières dans l'espace et dans le temps, qui peuvent être forte en intensité en fréquence rare ;
- La présence d'oueds, avec un lit large. Cas de La plaine d'El Ma Labiod et ces affluant ;
- La zone d'étude est mal protégée, par un couvert végétal de type dégradé, ce qui augmente le risque d'inondation.

Selon les cartes géologiques, topographique et la levée topographique, et à partir des données fournies par l'étude hydraulique, La zone à risque d'inondation concerne le croisement et parallèlement des oueds par le tracé, qui sont localisées au PK 33+105 ; PK34+700 à 35+500.

PK33+105 :

Risque de débordement ; un ouvrage hydraulique est prévu au niveau de cet écoulement.

NPHE : 0.9m

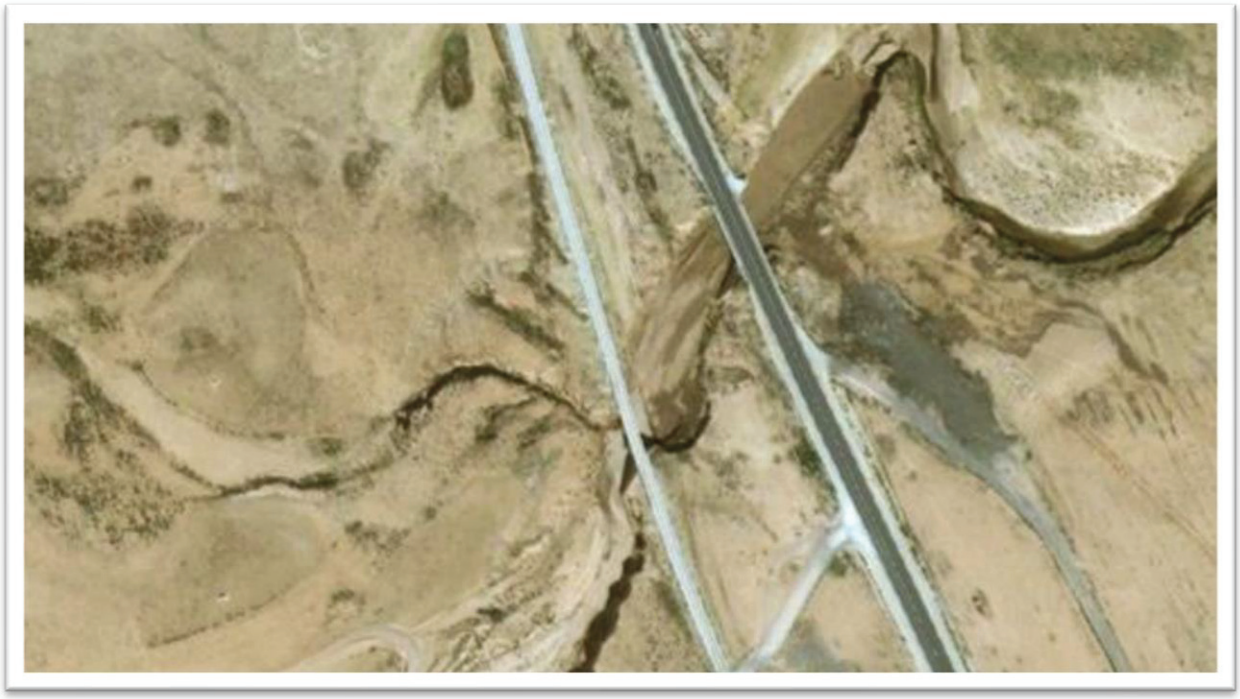


Figure V.4Risque de débordement d'oued

Solution :

- Ouvrage hydraulique type I (4x4x4) est projeté sur l'oued ;
- Protection des remblais par enrochement.

PK34+700 à 35+500

- Risque de débordement.
- Un ouvrage hydraulique est prévu au niveau de cet écoulement PK35+500 (8×4) ;
- NPHE : 0.9m.

- **Solution :**

- Aménagement des parois érodées et ravinées de l'oued.
- Un ouvrage hydraulique est prévu au niveau de cet écoulement PK35+500 (8×4) ;
- Protection de la voie jusqu'au niveau NPHE par mur en gabion ou enrochement ;

V.9 Tapis drainant:

Est une couche de matériaux à forte perméabilité mis en place pour drainer un pied de talus ou un barrage en terre.

La mise en œuvre du matériau drainant est la suivante :

- on considère pouvoir utiliser un matériau granulaire concassé

- devra être précédé de l'application d'un géotextile avec des fonctions de renforcement dans la fondation.

- Dans le contact du matériau drainant avec les matériaux de remblai on devra mettre un géotextile de séparation.

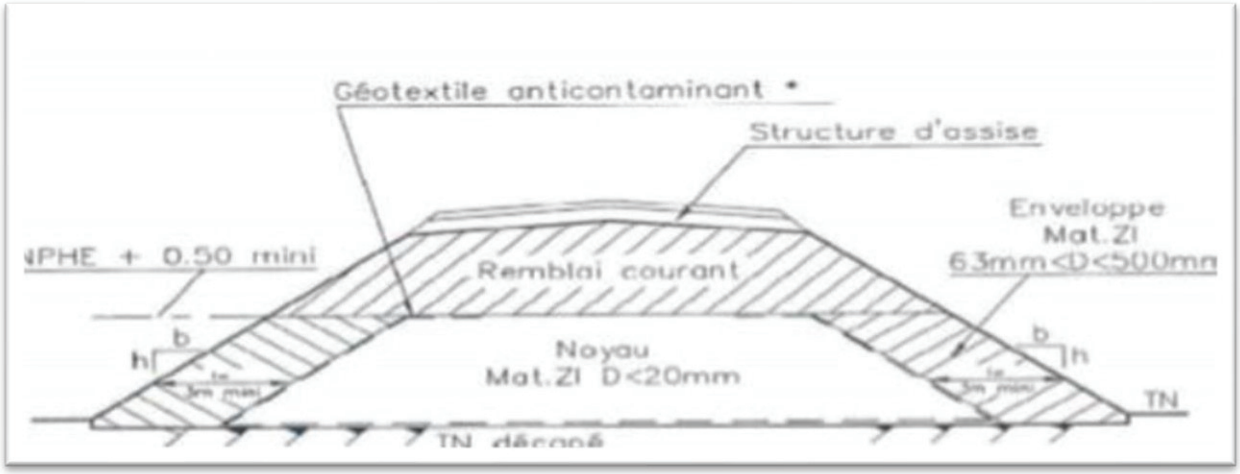


Figure V.5 – profile type de la zone inondable

V.10 Ouvrages d'assainissement longitudinaux :

Le drainage longitudinal assure la collecte et l'évacuation des eaux qui pénètrent sur la plateforme de la voie ferrée, qu'elles proviennent des talus ou des pentes voisines. Ce système de drainage est composé de fossés et de caniveaux qui dirigent les eaux vers des ouvrages hydrauliques spécifiques ou directement vers les cours d'eau existants. Ainsi, il permet d'assurer une gestion efficace des eaux de ruissellement, préservant ainsi l'intégrité et le bon fonctionnement de la voie ferrée.

Pour déterminer les surfaces à drainer on a analysé les profils en travers et les caractéristiques du terrain naturel dans lequel le projet est implanté.

- **Dimensionnement des fossés**

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

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

Où :

- Le périmètre mouillé : $Pm = b + 2h\sqrt{1+z^2}$
- La surface mouillée :$Am = (b + z \times h) \times h$
- Le rayon hydraulique : $Rh = \frac{Sm}{P}$
- z la pente des berges.
- *I*Pente longitudinale de fossé.

Les hypothèses suivantes ont été émises pour le dimensionnement :

- Coefficient de rugosité Strickler Ks = 75 (correspondant à des fossés consolidés, revêtement en béton grossier).
- La déclivité longitudinale des fossés en zone de déblai est identique à celle du profil en long de la voie.
- Forme de construction.
- Les fossés sont divisés en 3 types selon de débit nécessaire :
- 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 est effectué dans les situations les plus défavorables, notamment lorsqu'il y a un remblai ou un déblai s'étendant sur une longue distance et présentant une hauteur importante.

Remarque : pour notre projet on n'a pas de berme car la hauteur de déblai est de l'ordre de 3 mètre

Chaque débit est déterminé en utilisant la méthode rationnelle :

$$Q = 0.278.C.I.A$$

- Q : Débit de crue correspondant au bassin versant, avec une période de retour T (m³/s).
- C : Coefficient de ruissellement.
- I : Intensité de pluie (mm/h).
- A : Surface du bassin versant considérer : la plate-forme / les bermes / les talus, en (km²).

Tableau V.10 Calcul des débits à évacuer dans le cas de remblai et déblai.

		CAS REMBLAI	CAS DEBLAI
		Le cas plus défavorable : Longueur=2102 m Htalus= 4.87 m Berme =0 m Largeur de la plateforme=14.8 m	Le cas plus défavorable : Longueur=700 m Htalus= 3.2 m Berme = 0m Largeur de la plateforme=13.95m
Plateforme	Cr	0.7	0.7
	P(m/m)	0.04	0.04
	A(Km²)	0.0311	0.009765
	Tc(h)	0.111	0.0627
	I (mm/h)	138.0178	214.2583
	Qpf (m3 /s)	0.8346	0.406822
Talus	Cr	0.5	0.5
	P(m/m)	0.67	0.67
	A(Km²)	0.01023	0.00224
	Tc(h)	0.01569	0.00734
	I (mm/h)	622.59	1117.50
	QT (m3 /s)	0.8845	0.34
		Qpf+QB+QT=1.7191	Qpf+QB+QT=0.74

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

$$Qa<Qs$$

En conclusion, les types des fossés adoptés pour notre projet sont : (tracé nous prenons un fossé de : h=0.5m, b=0.5m).

V.11 Conclusion :

L'étude hydraulique revêt une importance cruciale dans un projet ferroviaire, car elle garantit la durabilité de la voie. En ce qui concerne l'assainissement, les ouvrages hydrauliques sont surdimensionnés afin de fournir un service optimal à long terme

CHAPITRE VI. Etude géologique et géotechnique

VI. ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

VI.1 Etudegéologiques

VI.1.1 Introductions :

L'étude géologique nécessaire dans tout projet, pour but de préciser succinctement les terrains rencontrés et leur contexte géologique.

Elle nous permet de déterminer les risques (chute de bloc, glissement de terrain, inondation, sismicité, phénomène de retrait-gonflement des argiles, remontée de nappe phréatique, tassement de sol compressible…) qui permet s'avoir les facteurs de stabilité ou d'instabilité des assises géologiques, ainsi de trouver les relations entre les facteurs géologiques, hydrauliques et géotechniques et leurs répercussions sur l'ouvrage projeté.

VI.1.2 Aperçu géologiquerégionale:

La région d'étude se trouve dans la partie orientale de l'Atlas Saharien, ensemble structurale situé dans la continuité du Haut atlas marocain et qui se prolonge vers l'est dans l'atlas Tunisien voir la figure suivante :

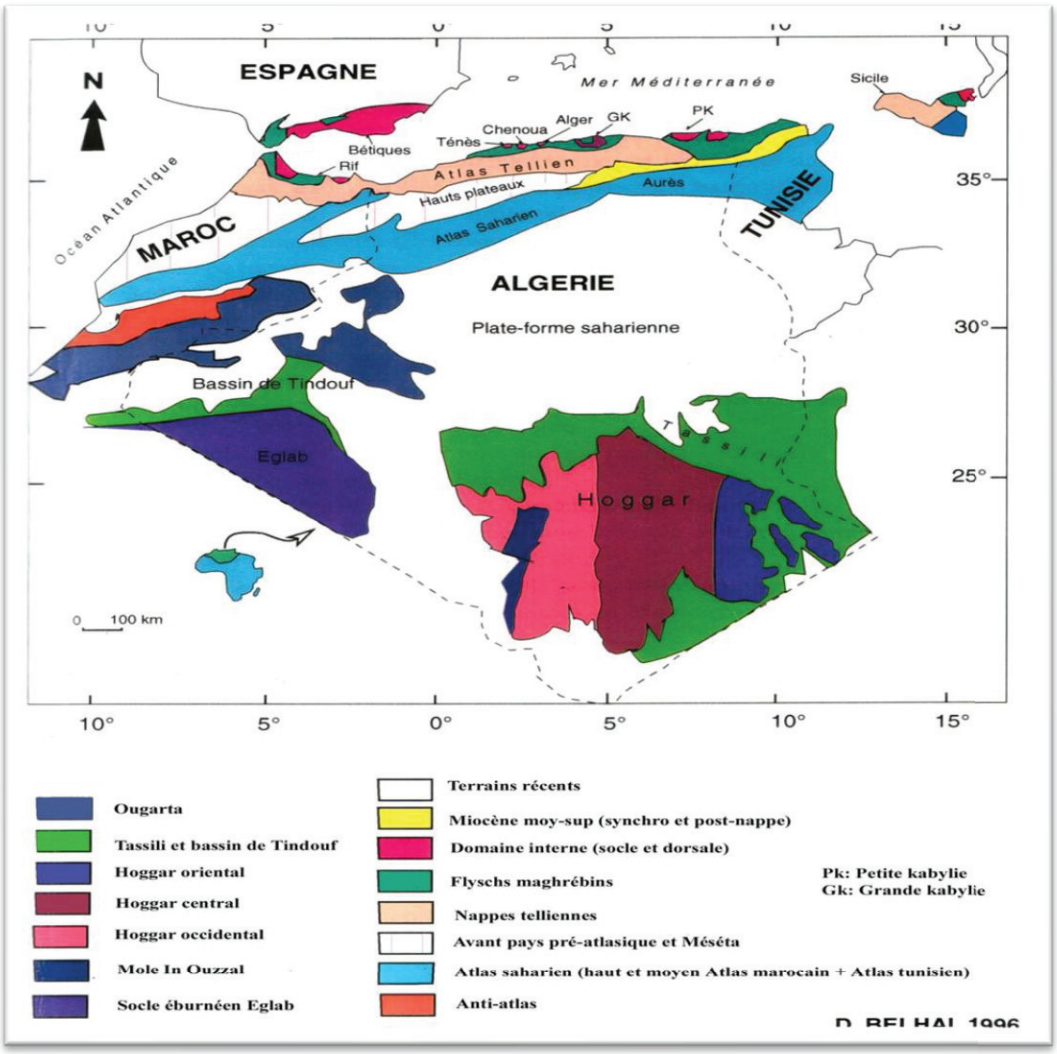


Figure VI.1*Schéma géologique de l'Algérie (Belahai, 1996)*

VI.1.3 Contexte géologique de Cetronçon:

D'après la carte géologique 1/500000 de la wilaya de TEBESSA, on peut signaler que la zone d'étude est caractérisée par une géologie hétérogène.

Notre tracé traverse trois (3) formations géologiques suivantes :

- Formations quaternaires constituées par des alluvions actuelles et récentes par endroits, avec des éboulis des pentes et des accumulations de piémonts (sables, graviers et argiles) et des mollasses ;
- Formations miocènes (miocène moyen) constituées par des argiles, des grès et des marnes ;
- Formations crétacées (Crétacé supérieur : campanien – maestrichtien), constituant un ensemble marneux à la base et calcaire varié au sommet.

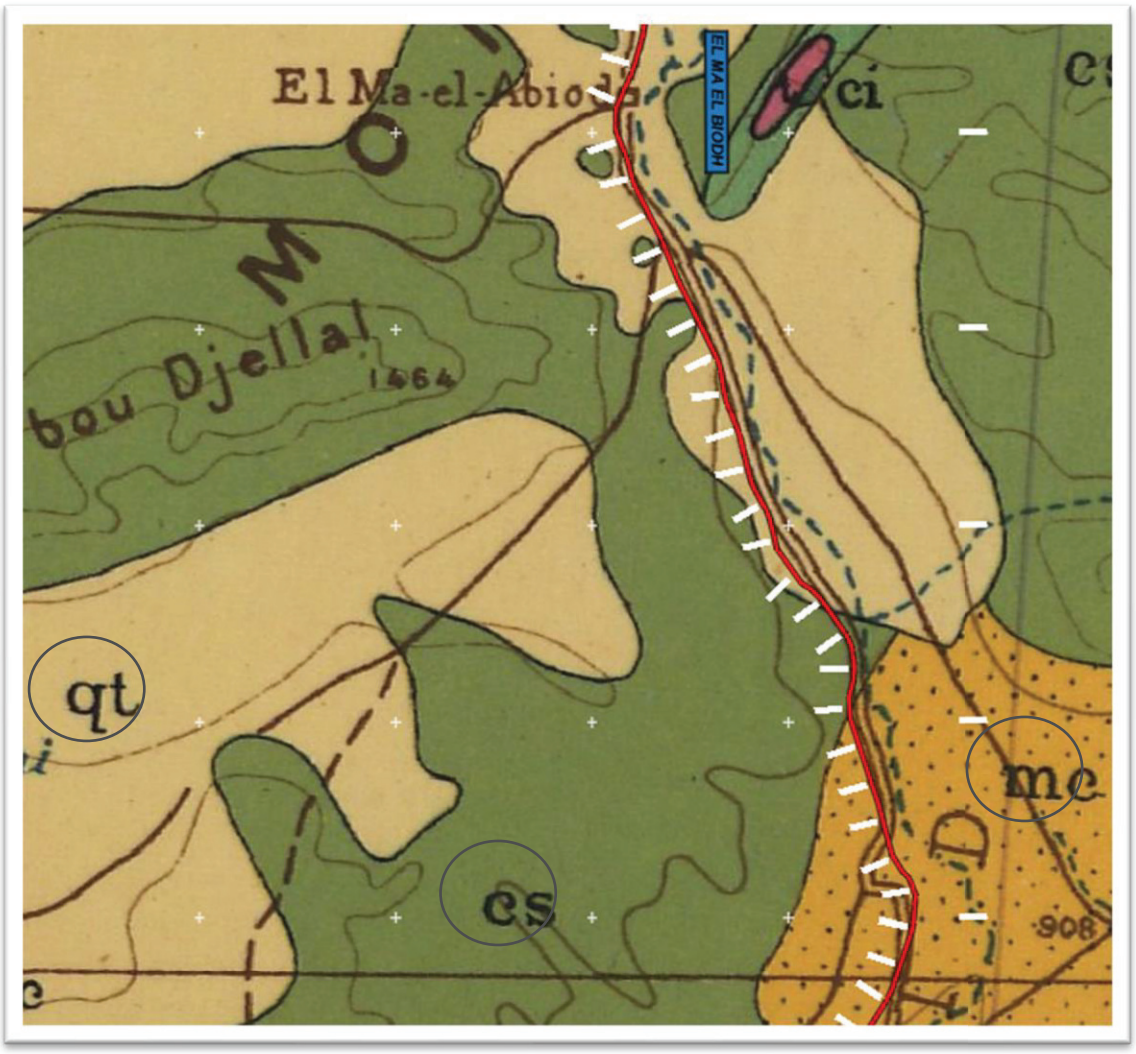


Figure VI.2Portion Carte géologique de la zone d'étude

VI.1.4 Risques géologiques :

- **Le risque des inondations**

Les zones à risque d'inondation concerne le croisement et parallèlement des oueds par le tracé, qui sont localisées au PK 33+105 ; PK34+700 à 35+500 qui est sujet à inondations avec fluctuation de la nappe phréatique.

- **Sismicité :**

D'après le Règlement Parasismique Algérien (RPA 99/ Addenda 2003), publié par le Centre de Génie Parasismique C.G.S, la wilaya de Tébessa dont fait partie la zone d'étude est classée zone à sismicité faible « Zone I ».

VI.2 Etude géotechnique :

VI.2.1 Introduction :

La géotechnique se consacre à l'étude des caractéristiques physiques et mécaniques des sols et des roches.

Avant de pouvoir entreprendre un projet ferroviaire, il est essentiel de localiser et d'obtenir des informations détaillées sur les différentes couches de sol, ainsi que sur leurs caractéristiques mécaniques et physiques. C'est pourquoi la réalisation de reconnaissances géotechniques est nécessaire pour acquérir une bonne connaissance des terrains traversés.

VI.2.2 Description du projet :

La ligne du projet projetée par rapport au relief du terrain naturel de mon projet présente généralement les terrassements faibles (Déblais/Remblais inférieur à 5 m).

VI.2.3 Programme d'investigationgéotechnique:

Après analyse du tracé projeté de la voie ferrée, nous proposons notre plan d'investigation géotechnique le long de la ligne la ligne minière Tébessa – Djbel Onk dont les objectifs sont :

Lot Tracé :

La détermination des caractéristiques géotechniques et morphologiques du sol, tant pour les déblais que pour les remblais, est une étape cruciale dans le choix d'une structure d'assise. Il s'agit de comprendre les propriétés physico-chimiques et mécaniques présentes sur le site afin de :

- Estimer la possibilité de l'utilisation du sol en remblai ou en couche de forme.
- Calculer la portance du sol support pour dimensionner la couche d'assise.

Lot Ouvrage :

Il s'agit de déterminer les caractéristiques physico-chimiques et mécaniques du sol pour la construction d'ouvrage et notamment la définition de la fondation.

Lot Tracé :

- **Reconnaissance de portance de la plate-forme :**

Tableau VI.1 – Programme d'investigation de Lot tracé

Localisation	Type d'ouvrage en terre	Profondeur(m)	Essais in situ	Profondeur(m)	Essais au laboratoire
PK 32+ 500	Remblais	1.07	1 puits de reconnaissance avec un	4m	-Essais d'identification. -CBR.

			prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche.		-Analyses chimiques. -Essaisœdométriques. -Essais cisaillement rectiligne.
PK 33+ 500	Remblais	2.6	1 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche.		
PK 35+000	Remblais	2.14	1 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche.	4m	-Essais d'identification. -CBR. -Analyses chimiques. -Essaisœdométriques. -Essais cisaillement rectiligne.
PK 36+500	Remblais	0.6	1 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche.	4m	-Essais d'identification. -CBR. -Analyses chimiques. -Essaisœdométriques. -Essais cisaillement rectiligne.
PK 38+000	Remblais	1.47	1 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche.	4m	-Essais d'identification. -CBR. -Analyses chimiques. -Essaisœdométriques. -Essais cisaillement rectiligne.
PK 39+500	Remblais	1.07	1 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche.	4m	-Essais d'identification. -CBR. -Analyses chimiques. -Essaisœdométriques. -Essais cisaillement rectiligne.

PK 41+000	Remblais	3.89	1 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche.	4m	-Essais d'identification. -CBR. -Analyses chimiques. - Essaisœdométriques. -Essais cisaillement rectiligne.
PK 42+500	Remblais	1.76	1 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche.	4m	-Essais d'identification. -CBR. -Analyses chimiques. - Essaisœdométriques. -Essais cisaillement rectiligne.
PK 44+000	Remblais	2.32	1 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche.	4m	-Essais d'identification. -CBR. -Analyses chimiques. - Essaisœdométriques. -Essais cisaillement rectiligne.
PK 45+500	Remblais	2.17	1 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche.	4m	-Essais d'identification. -CBR. -Analyses chimiques. - Essaisœdométriques. -Essais cisaillement rectiligne.
PK 47+000	Remblais	3.69	1 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche.	4m	-Essais d'identification. -CBR. -Analyses chimiques. - Essaisœdométriques. -Essais cisaillement rectiligne.
PK 48+500	Remblais	2.52	1 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un	4m	-Essais d'identification. -CBR. -Analyses chimiques.

			échantillon paraffiné par couche.		-Essaisœdométriques. -Essais cisaillement rectiligne.
PK 50+000	Remblais	1.78	1 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche.	4m	-Essais d'identification. -CBR. -Analyses chimiques. -Essaisœdométriques. -Essais cisaillement rectiligne.

Lot Ouvrage :

Afin de fournir les données nécessaires pour construite les futur ouvrage d'art, un programme géotechnique sera établi et donné dans le tableau au-dessous, pour cela on prévoit la réalisation des essais suivants :

Tableau VI.2 – Programme d'investigation de Lot Ouvrage

Localisation	Type d'ouvrage	Essais in situ	Profondeur(m)	Essais au laboratoire
33+105	Ouvrage hydraulique	-Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact. -Essai au pénétromètre statique SPT	10 m	-Essais d'identification. -CBR. -Analyses chimiques. -Essaisœdométriques. -Essais cisaillement rectiligne.
35+500	Ouvrage hydraulique	-Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact. -Essai au pénétromètre statique SPT	10 m	-Essais d'identification. -CBR. -Analyses chimiques. -Essaisœdométriques. -Essais cisaillement rectiligne.
36+065	Ouvrage hydraulique	-Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact. -Essai au pénétromètre statique SPT	10 m	-Essais d'identification. -CBR. -Analyses chimiques. -Essaisœdométriques. -Essais cisaillement rectiligne.
36+700	Gare Bir Heliem	-Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact. -Essai au pénétromètre statique SPT	10 m	- Essais d'identification. -CBR. -Analyses chimiques. -Essaisœdométriques. -Essais cisaillement rectiligne.

38+705	Ouvrage hydraulique	-Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact. -Essai au pénétromètre statique SPT		-Essais d'identification. -CBR. -Analyses chimiques. -Essaisœdométriques. -Essais cisaillement rectiligne.
PK 40+305	Ouvrage hydraulique	-Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact. -Essai au pénétromètre statique SPT	10 m	-Essais d'identification. -CBR. -Analyses chimiques. -Essaisœdométriques. -Essais cisaillement rectiligne.
PK 41+285	Ouvrage hydraulique	-Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact. -Essai au pénétromètre statique SPT	10 m	-Essais d'identification. -CBR. -Analyses chimiques. -Essaisœdométriques. -Essais cisaillement rectiligne.
PK 42+885	Ouvrage hydraulique	-Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact. -Essai au pénétromètre statique SPT	10 m	-Essais d'identification. -CBR. -Analyses chimiques. -Essaisœdométriques. -Essais cisaillement rectiligne.
PK 46+645	Ouvrage hydraulique	-Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact. -Essai au pénétromètre statique SPT	10 m	-Essais d'identification. -CBR. -Analyses chimiques. -Essaisœdométriques. -Essais cisaillement rectiligne.
PK 47+500			10 m	
48+010	Ouvrage hydraulique	-Sondage carotté d'avec prélèvement des échantillons intact. -Essai au pénétromètre statique SPT	10 m	-Essais d'identification. -CBR. -Analyses chimiques. -Essaisœdométriques. -Essais cisaillement rectiligne.

VI.2.4 Campagne de reconnaissance géotechnique:

Cette partie présente une liste des différents travaux effectués lors de la campagne géotechnique, ainsi que des essais de laboratoire proposés.

- Reconnaissance de surface
- Puits de reconnaissance.
- Essais de pénétration dynamique.
- Sondages mécaniques.
- Essais de laboratoire sur les échantillons originaires des puits et des sondages.

Les travaux de reconnaissance géotechnique (sondages, pénétromètres dynamiques et puits de reconnaissance) et les essais de laboratoire dans des échantillons extraits des sondages et des puits de reconnaissance, ont été effectués par un laboratoire géotechnique.

VI.2.4.1 Reconnaissance de surface:

Un parcours détaillé du tracé a été effectué pour recueillir systématiquement des informations sur les points d'intérêt géotechniques.

VI.2.4.2 Puits de reconnaissance:

Tableau VI.3 – Les résultats des puits (PR) effectués

Puits n°	PK	Profondeur (m)	Lithologie
Pt 1	32+ 500	0.00 – 1.50	Argile graveleuse brunâtre
		1.50-4.00	Sable graveleux jaunâtre
Pt 2	PK 33+ 500	0.00 – 1.50	sable fin graveleux jaunâtre.
		1.50-4.00	sable fins graveleux peu argileux brunâtre à jaunâtre peu caillouteux.
Pt 3	35+000	0.00 – 3.40	Argile graveleuse sableuse brunâtre
Pt 4	36+500	0.00 – 2.50	Argile graveleuse peu sableuse brunâtre
		2.50 – 4.00	Tuf avec fragments gréseux mal consolidés
Pt 5	38+000	0.00 – 4.00	Argile graveleuse peu sableuse brunâtre
Pt 6	39+500	0.00 – 1.50	Argile graveleuse brunâtre
		1.50 – 4.00	Tuf sableux avec fragments gréseux mal consolidés
Pt 7	41+000	0.00 – 4.00	Argile graveleuse sableuse brunâtre

Pt 8	42+500	0.00 – 4.00	Argile graveleuse sableuse brunâtre
Pt 9	44+000	0.00 – 4.00	Argile graveleuse peu sableuse brunâtre
Pt 10	45+500	0.00 – 4.00	Argile graveleuse peu sableuse brunâtre
Pt 11	47+000	0.00 – 4.00	Argile sableuse graveleuse brunâtre
		3.00 – 4.00	Sable argileux fin jaunâtre
Pt 12	48+500	0.00 – 4.00	Argile graveleuse brunâtre
Pt 13	50+000	0.00 – 1.60	Argile graveleuse caillouteuse brunâtre
		1.60 – 4.00	Sable graveleux jaunâtre

VI.2.5 Analyse du laboratories:

Tous les échantillons prélevés à partir des puits (PR) et les sondages carottés réalisés ont fait l'objet des analyses en laboratoire conformément aux normes en vigueur, données dans le tableau ci-dessous, ainsi le programme d'essai en laboratoire a consisté à l'exécution des essais suivants :

- Essais d'identification (Granulométrie, Sédimentométrie, Limites d'Atterberg, teneur en eau naturelle, Le poids spécifique γd).
- Essais mécaniques (Proctor normal).

VI.2.5.1 Essai d'Identification:

Tableau VI.4 – Résume des résultats des essais de laboratoire sur échantillons de sols remaniés

Puits	PK	Teneur d´eau naturel (%)	Limite d'Atterberg			Analyses granulométriques			Equivalent de sable	Valeur du Bleu de sol	Classification	
			WL (%)	wP (%)	IP(%)	50 mm(%)	2 mm (%)	80µm(%)			GTR	UIC
Pt 1	32+500	1,26	/			100	97.33	5.47	48.02	1.94	B2	QS2
Pt 2	33+500	9,92	26	16	10	100	81.62	52.7	10.46	/	A1	QS1
Pt 3	35+000	9,23	32	21	11	100	96.38	76.6	8.17	/	A1	QS1
Pt 4	36+500	5,94	32	17	14	97.49	63.84	35.56	16.06	/	A2	QS1
Pt 5	38+000	18	46	24	22	100	92.17	69.72	9.92	/	A2	QS1
Pt 6	39+500	11,43	/			100	53.96	24.28	32.62	2.7	B6	QS2
Pt 7	41+000	8,42	32	17	15	100	87.77	58.69	8.02	/	A2	QS1
Pt 8	42+500	4,21	/			100	46.86	15.69	24.31	1.87	B6	QS2
Pt 9	44+000	11,64	36	23	13	100	70.04	48.27	9.22	/	A2	QS1
Pt 10	45+500	10,41	29	20	9	100	89.42	60.67	9.06	/	A1	QS1
Pt 11	47+000	9,19	30	17	13	100	92.66	39.14	14.21	/	A2	QS1
Pt 12	48+500	3,26	34	23	11	100	88.82	62.31	12.03	/	A1	QS1
Pt 13	50+000	3,23	/			100	93.54	16.09	21.87	1.87	B4	QS2

- **Interprétation des résultats :**

- L'analyse granulométrique montre un pourcentage de passants à 80µ compris entre 5.47% et 76.6%.Ces résultats montrent que notre terrain est de granulométries étalées attestant d'un Sol grenu et un sol fin.
- Les résultats des limites d'Atterberg réalisés sur les échantillons ont donné des indices de plasticité « IP » variables entre 9 % et 22% et des limites de liquidité entre 26 % et 46 %, Ces résultats montrent que notre sol est plastique.
- degré de pollution du sol par la phase argileuse ou limoneuse présente. Donc la valeur obtenue varie entre8 % et 48 % .ce qui signifie que ce sont des sols argileux et impropre.
- Selon la classification UIC 719R le sol traversé par la ligne ferroviaire est classé dans sa totalité (100%) dans la classe QS1, c'est-à-dire des sols « médiocres ».

VI.2.5.2 Essais mécaniques:

1. Proctor modifié :

L'essai Proctor modifié est un essai qui permet de déterminer la teneur en eau nécessaire pour obtenir la densité sèche optimale d'un sol par compactage.

2. Essais CBR imbibés :

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

Tableau VII-9 tableau récapitulatif des essais mécaniques

Tableau VI.5 – Caractéristiques de la caténaire

Puits (n°)	Proctor Modifié		Indice CBR
	Wopm (%)	γdmax (g/cm^3)	
Pt 1	5,32	1,84	6,53
Pt 2	9,79	2,07	8,61
Pt 3	13,56	1,88	4,69
Pt 4	8,11	2,06	18,54
Pt 5	19,25	1.98	10,25
Pt 6	12,68	2.06	8.14
Pt 7	10,15	2,02	6.42
Pt 8	8,51	2,08	46.43
Pt 9	12,08	2.01	5.98
Pt 10	11,65	1,98	5.19
Pt 11	8,57	2,09	4,41
Pt 12	4.68	2,07	9,21
Pt 13	8,35	2,1	24,27

- Interprétation des résultats :

- Les résultats des limites d'essai Proctor modifié sur les échantillons ont donné Les valeurs de densités optimales (γ_{dOPM}) varient entre 1,84 g/cm^3 et 2.09 t/m^3.
- Les teneurs en eaux optimales (WOPM) varient entre 4.68 % et 19,25%, Ces résultats montrent que le matériau analysé, présente une forte densité au compactage,
- Les essais de portance CBR ont donné bonne valeur d'indices CBR à 100% de compacité, les valeurs obtenus varient entre 11,4% et 53,9%

VI.2.5.3 Analyses chimiques :

L'objectif de ces essais consiste à identifier la présence des éléments actifs dans les sols Les résultats Des Essais chimiques des sols traversés sont donnés par le tableau récapitulatif si dessous:

Tableau VI.6 – tableau récapitulatif des essais chimiques

Puits (n°)	Analyses chimiques			
	Sulfate (%)	Chlorure (%)	Carbonate (%)	PH
Pt 1	0,165	0,03	11,86	7,6
Pt 4	0,454	0,04	25,42	7,8

- **Interprétation des résultats :**

- Le taux des carbonates varie entre 12 % et 26 % ce qui confirme les formations des encroutements calcaire du sol. Son taux en sulfates est presque nul, Avec un Ph moyen de 7,7.

VI.3 Conclusion :

Selon l'étude géologique et géotechnique de la région, il a été déterminé que la classe de qualité du sol support le plus souvent rencontré le long du tracé en majorité QS1 (sols médiocres) etparfois QS2.

CHAPITRE VII. Assise ferroviaire

VII. ASSISE FERROVIAIRE

VII.1 Introduction :

Grâce à des essais de laboratoire et sur site de plus en plus perfectionnés, la mécanique des sols nous fournit les informations essentielles pour concevoir la structure d'assise et garantir sa stabilité en fonction des caractéristiques des sols sur lesquels elle doit reposer.

Dans le chapitre sur les composants de la voie, nous avons décrit la couche d'assise. Dans ce chapitre, nous allons présenter les autres éléments qui complètent la couche d'assise, tels que le ballast, la sous-couche et la plateforme.

VII.2 Le ballast :

Le ballast représente les cailloux placé entre les traverses servent à stabiliser la voie ferrée ils forment une couche épaisse qui repend aux exigences suivants :

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

- **Caractéristique de ballast :**

- La granularité du ballast se situe approximité dans la classe 25 à 50 mm (pierre cassée) ;
- Limite de maille entre 31,5-50 mm: 50%
- Résistance à l'érosion avec le coefficient Los Angeles: ≤ 15 %
- Résistance à la compression: ≥ 12Kn /cm² Maille: 22,4/63 mm
- Pierre rocheuse dure concassée, résistance à la compression: ≥ 12Kn

VII.3 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

- **Rôle de la sous couche :**

La sous couche assure plusieurs fonctions comme :

- 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.

La sous-couche ayant une pente transversalement en toit (4% de chaque coté), vers des dispositifs d'assainissement longitudinaux.

VII.4 La plate-forme :

La plateforme est la Partie supérieure de l'ouvrage en terre supportant la sous-couche la plateforme est constituée e terres rapportées dans le cas d'un remblai ou du sol en place dans le cas d'un déblai Pour évaluer la qualité de la plateforme, il convient :

- D'apprécier la qualité de chaque sol composant la plateforme,
- D'apprécier la qualité de la plateforme complète : couche de forme + sol sous-jacent.

VII.4.1 Classification des sols pour la plate-forme:

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, (remplacement du matériau sur une certaine épaisseur, traitement aux liants, utilisation de géotextiles, renforcement par pieux, etc.)
- QS1 : Sols médiocres acceptables tels quels, dont on doit toujours se préoccuper du bon drainage. Ces sols peuvent, éventuellement, être transformés en sols de meilleure qualité par un traitement approprié, (traitement aux liants).
- QS2 : Sols moyens.
- QS3 : Bons sols.

.Les tableaux ci-après donnent la classification du sol GTR + UIC, pour tous les puits de reconnaissance réalisés :

N° Puits	Classification GTR	Classe de qualité du Sol
Pt 1	B2	QS2
Pt 2	A1	QS1
Pt 3	A1	QS1
Pt 4	A2	QS2
Pt 5	A2	QS1
Pt 6	B6	QS2
Pt 7	A2	QS1
Pt 8	B6	QS2
Pt 9	A2	QS1
Pt 10	A1	QS1
Pt 11	A2	QS1
Pt 12	A1	QS2
Pt 13	B4	QS2

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

VII.4.2 Les classes de la portance de la plateforme :

Les trois classes de portance de plate-forme suivante :

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

Tableau VII.1 – la classe la portance de la plate-forme (normes UIC 719R p.34)

Classe de qualité du sol	Classe de portance de la plateforme	Couche de forme mettre en œuvre pour avoir cette portance	
		Qualité	Épaisseurs min ef(m)
QS1	P1	QS1	-
	P2	QS2	0.50
	P2	QS3	0.35
	P3	QS3	0.50
QS2	P2	QS2	-
	P3	QS3	0.35
QS3	P3	QS3	-

- **Plate- forme proposée :**

Compte tenu des critères mentionnés précédemment, tels que la classification du sol en tant que QS1 et les recommandations de l'UIC, il est suggéré d'opter pour une plateforme de type P3(Bonne plateforme) préalablement dimensionnée pour répondre aux exigences d'un sol de type QS3.

Les résultats des travaux du terrain et les résultats montre que si on envisage pour une classe C une bonne plateforme, c'est-à-dire de classe P3, on a besoin d'une couche de forme :

VII.5 Couchedeforme

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

Calcul des épaisseurs minimales des couches d'assise

L'épaisseur de la couche d'assise (e = épaisseur du ballast + épaisseur du sous couche) est donnée par la formule suivante :

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

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

Remarque : Ces épaisseurs minimales calculées sont valables pour un espacement de traverses de 0.6 m Et de la charge maximale d'essieu de 25 t (UIC 719R p57).

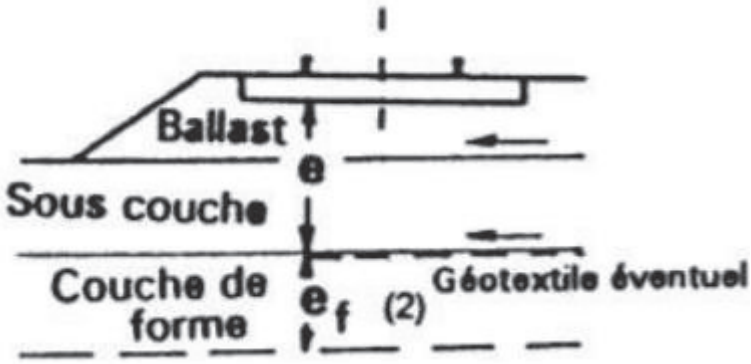


Figure VII.1 – Calcul de l'épaisseur 'e' des couches d'assise.

Les Valeurs de E :

- E=0.70m pour les plateformes de classe de portance P1.
- E=0.55m pour les plateformes de classe de portance P2.
- **E=0.45m pour les plateformes de classe de portance P3.**

Les Valeurs de a :

0 m pour les lignes des groupes UIC 1 et 2 (ou lignes à V>160 km/h quel que soit le groupe (UIC).

-0.05 m pour les lignes de groups UIC (3,4).

-0.10 m pour les lignes de groupe UIC (5, 6,7, 8,9) avec voyageurs.

-0.15 m pour les lignes de groupe UIC (7, 8,9) sans voyageurs.

Les Valeurs de b :

- 0 m pour les travers en bois de longueurs L= 2.6 m.
- **(2.50-L)/2 m : pour les travers en béton de longueur L. (L et b en mettre si L>2.5, b peut être négatif).**

Les Valeurs de c :

- **0 m pour un dimensionnement normal (nouvelle ligne).**
- 0.1 m : à titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC autre que ''7, 8 et 9 sans voyageurs''.

- 0.05 m : à titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC ‘’7, 8 et 9 sans voyageurs''.

Valeurs de d :

- 0 m lorsque la charge nominale maximale d’essieu des véhicules remorques est inférieur ou égale a 20 tonne/essieu.
- **0.05 m lorsque cette charge est de 22 ,5 tonne/essieu.**
- 0.12 m lorsque cette charge est de 25 tonne/essieu.

Valeurs de f :

- **0 m pour toutes les lignes parcourues à V ≤ 160 Km/h et pour les plates-formes de portance P3, des lignes parcourues à grande vitesse.**
- 0.05 m pour les plates-formes de classe de portance P2 des lignes parcourues a grande vitesse.
- 0,10 m pour les plates-formes de classe de portance P1 des lignes parcourues a grande vitesse.

Valeurs de g :

- + géotextile lorsque la couche de forme est en sol QS1 ou QS2.
- 0 (Pas de géotextile), lorsque la couche de forme est en sol QS3.

VII.6 Application au projet :

Nous avons adopté les valeurs suivantes (fiche UIC-719 R) :

- 35 cm pour une vitesse > 200 km/h.
- **30 cm pour une vitesse comprise entre 120 et 200 km/h.**
- 25 cm pour une vitesse comprise entre 80 et 120 km/h.
- 20 cm pour une vitesse comprise entre 60 et 80 km/h.

On prend e= 30 cm.

- E = 0,45 m pour la plateforme P3
- a= 0,00 pour ligne UIC 5
- b=0.13
- c= 0,00 m pour voie nouvelle
- d= 0,05 m pour charge pour essieux 22.5 tonne.
- f= 0,00 pour vitesse V≤ 160 KN/h.
- g= 0 (Pas de géotextile), couche de forme sol QS3.

e=0.55-0.0+0.13+0+0.05+0+0=0.63 m

On prend e=0.65 m

Tableau VII.2 – épaisseurs des composants de la structure d'assise.

Couches	Epaisseur (cm)
Ballast	30
Sous-ballast	20
Couche de fondation	15
Couche de forme de type QS3	50

VII.7 Conclusion :

Grâce à notre processus de dimensionnement, nous avons identifié les épaisseurs requises pour les différentes couches afin de supporter et répartir la charge provenant du matériel roulant. Nous avons pris en compte les normes de l'UIC en vigueur en Algérie pour garantir la conformité de notre conception.

CHAPITRE VIII. Profile en Travers

VIII. PROFILE EN TRAVERS

VIII.1 Introduction:

Les travaux de terrassement englobent les différentes actions requises pour concrétiser les profils transversaux d'un projet. Parmi ces actions, le développement du profil en travers revêt une importance capitale. Cette étape essentielle permet de définir la section type prévue pour le couloir, ainsi que de calculer les volumes des déblais et des remblais nécessaires.

VIII.2 PROFILE EN TRAVERS:

Le profil en travers consiste en une section transversale réalisée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la voie projetée. Il fournit des informations sur les éléments de la superstructure et de l'infrastructure, ainsi que sur les valeurs des pentes des talus pour le drainage. Il permet également de prendre en compte les éventuels systèmes de protection de la voie, tels que la prévention de l'ensablement et des éboulements. Généralement, le profil en travers est représenté à une échelle de 1/100, ce qui signifie qu'un centimètre sur le plan correspond à un mètre dans la réalité.

Un projet de voies ferrée comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, Pour éviter de rapporter sur chacun d'eux les dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « profil en travers type » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs de voie, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc.…).

VIII.2.1 Les éléments du profil en travers :

Le profil en travers type doit indiquer tous les éléments suivants :

Eléments de superstructure :

- Le type de rail utilisé.
- La valeur de l'écartement de la voie.
- La distance entre les axes.
- Le type de traverse utilisé.
- La valeur de devers en courbe (maximum).
- L'épaisseur de la couche de ballast.

Eléments de l'infrastructure :

- Les pentes transversales de chaque couche.
- La pente latérale de la plate-forme.
- Les épaisseurs et la nomination des chaque couche.

Eléments du talus :

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

Eléments d'assainissement :

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

VIII.2.2 Profile en Travers type de mon projet:

Les profils en travers pour ce projet sont caractérisés comme se suit :

- Type de ligne : ligne à double voie mixte électrifiée.
- Largeur de la plate-forme 13.6 m.
- Entraxe des voies : 5m.
- Ecartement de la voie : 1.435m
- Pente latérale de la plate-forme : 4%.
- Pente (déblai : 3H/2V et remblai : 3H /2V).
- Pente latérale de la couche du ballast : 3H/2V.
- Epaisseur du ballast : 30 cm.
- Epaisseur du sous-ballast : 20 cm.
- Epaisseur de couche de fondation : 15 cm
- Epaisseur de couche de forme : 50 cm.
- Distance axe voie – axe caténaire : 3.25 m.
- Fossé trapézoïdal (b= 0.50 m ; h= 0.50 m).

VIII.3 Calcul des cubatures :

Les cubatures de terrassement font référence aux variations volumétriques des déblais et des remblais impliqués dans le projet, dans le but d'obtenir une surface uniforme qui est simultanément adjacente à la ligne de projet.

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

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

Tableau suivant représente les résultats de calcul automatique :

Tableau VIII.1 – Les cubatures de terrassement

Volume déblais (m^3)	Volume remblais (m^3)
45459	571228

Les résultats obtenus seront utilisés pour évaluer les coûts du projet.

Tableau VIII.2 – Les cubatures des couches d'assise.

Nature	Ballast	Sous-ballast	Couche de fondation	Couche de forme
Volume (m^3)	61455.2	49077.1	38224.3	136182.7

CHAPITRE IX. Ouvrage d’art

IX. OUVRAGE D'ART

IX.1 Introduction :

Pour concevoir un tracé optimal répondant aux exigences techniques et économiques, tout en assurant la perméabilité transversale de la ligne ferroviaire projetée et le franchissement des différentes infrastructures existantes, y compris les cours d'eau, il est nécessaire d'intégrer les ouvrages d'art suivants :

- Ponts Rail.
- Ponts routiers.
- Passages inferieures (Ponts cadre).
- Les ouvrages hydrauliques (buses, Dalots).

IX.2 Critères de choix de types d'ouvrage :

Afin de faire le choix du type, il faut considérer l'ensemble des contraintes suivantes :

a) GÉOMÉTRIE :

- Longueur de l'ouvrage
- Largeur du tablier
- Obstacles

b) HYDRAULIQUE :

- Ouverture
- Érosion
- Ouverture

c) ENVIRONNEMENT :

- Aire de travail
- Impact sur les zones environnantes : habitations, ouvrages existants ;
- Impact sur les cours d'eau

d) ENTRETIEN :

- Fréquence et facilité des réparations
- Coût prévu.
- Durée de vie de l'ouvrage.

IX.3 Les ouvrages de notre projet :

IX.3.1 OUVRAGEShydrauliques :

Pour traverser des cours d'eau, nous envisageons la construction de trois types d'ouvrages (pont hydraulique, buse, dalot) en fonction de l'importance du cours d'eau à franchir.

Entre le PK32+000 et PK50+000 il a été nécessaire de considérer 52 ouvrages hydrauliques, tel que détaillé dans l'étude hydraulique (CHAPITRE V ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE) en ce qui concerne les buses et les dalots.

- **Phasage de réalisation d'un ouvrage sur une ligne de voie ferrée en exploitation.**

1. Demande de Ralentissement de la vitesse d'exploitation de la voie existante à l'organisme exploitant.
2. Blindage et étaiement de la partie de l'ouvrage existant au niveau des appuis et de la dalle et jusqu'à 2.50m de l'axe de la voie existante, coté voie projetée
3. Installation de la signalisation de ralentissement sur la voie en exploitation.
4. Mise en place d'un rideau de des palplanches de part et d'autre du dalot si nécessaire le long de l'axe de la ligne dans le cas des talus de remblais de grande hauteur
5. Excavation des terres de dimensions du dalot majoré des dimensions requises du coffrage jusqu'à 2.5m de l'axe de la voie en exploitation
6. Démolition avec soins des murs de tête et parties d'ouvrage se trouvant audelà de la limite des 2.50m de l'axe de la voie existante
7. Nettoyage et préparation de l'assise de l'ouvrage.
8. Implantation de l'ouvrage en plan et en élévation.
9. Réalisation de la première phase de la partie cotée voie projetée de l'ouvrage.
10. Exécution du remblai technique de la première partie de l'ouvrage
11. Mise en place de planche d'essai pour tester le nouvel ouvrage réalisé
12. Réalisation des sous couches, pose de voie et ballast et vérification requises de de confirmation de l'aptitude du nouvel ouvrage au service.
13. Mise en service de la circulation sur la nouvelle voie projetée.
14. Reprise de la même procédure de phasage pour la deuxième partie de l'ouvrage et respect Des mesures de sécurité similaires à la première phase
15. Démolition des murs de tête et parties d'ouvrage restantes
16. Phases préalablement citées pour finaliser la réalisation de la partie restante de l'ouvrage
17. Reprise de la circulation à vitesse de ligne après aptitude de la deuxième partie l'ouvrage et stabilisation de la voie dédoublée

IX.3.2 Rétablissements routiers :

Notre dédoublement entre Elma Labiodh et Bir Heliem ne considère pas l'existence des passages à niveau

Aussi aucun passage supérieur ni inférieur travers notre tracé.

IX.3.3 Protections DES CONDUITES DE GAZ :

Les ouvrages de la protection gazoduc sontutilisés pour protéger les conduites de gaz contre les sollicitations induits par les charges et les vibrations ferroviaires.

Notre conduite de gaz présente une ouverture 1.50x1.50m avec une section transversale en béton armé à cadre qui est sujet à toutes les charges soit des remblais, soit de l'exploitation ferroviaire.

La semelle présente une épaisseur de 0.25m, les murs ont une épaisseur de 0.25m et la dalle épaisse 0.30m.

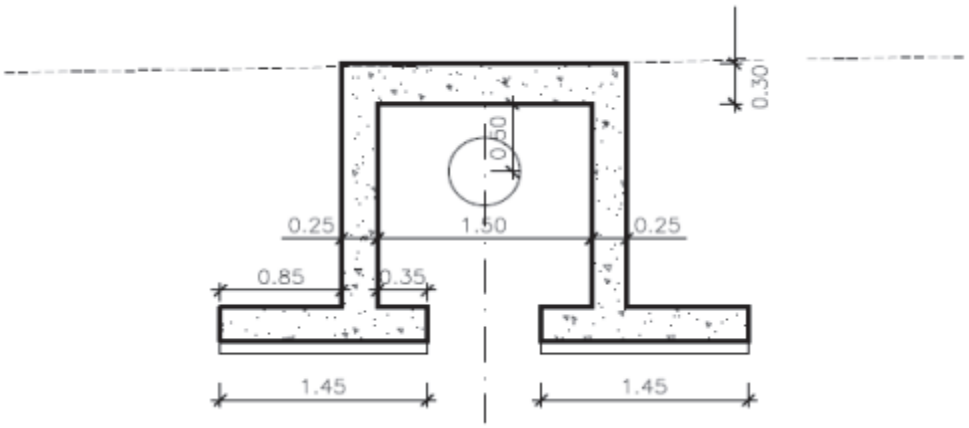


Figure IX.1 – Coupe transversale de protection des conduites de GAZ

IX.4 Conclusion :

En conclusion, il est clair que notre projet comprend un nombre considérable d'ouvrages hydrauliques, principalement des dalots et des buses, qui sont largement utilisés.

CHAPITRE X. Conception de la gare de Bir HEliem

X. CONCEPTION DE LA GARE DE BIRHELIEM

X.1 Introduction :

Une gare ferroviaire est un endroit où les trains s'arrêtent. Elle est équipée de diverses installations qui remplissent deux fonctions principales : faciliter l'embarquement et le débarquement des passagers, ainsi que le chargement et le déchargement des marchandises. Certaines gares peuvent également avoir d'autres fonctionnalités.

X.2 Type de gare :

Différents types de gares peuvent être distingués :

- Gare mixte.
- Gare de voyageur.
- Gare marchandise.
- Gare de croisement.

X.3 Etude du plan de masse d'une gare :

Le concepteur de la gare est chargé d'établir un plan de masse en prenant en compte les différentes fonctions des installations de base qui la composent. À cette étape (étape 03), les éléments nécessaires pour l'étude du plan de masse sont les suivants :

- Son trafic : C'est par lui, que l'on estime et on évalue l'importance de la gare pour l'aménager d'une façon convenable.
- Catégories de la voie : C'est en fonction de cet élément que l'on peut déterminer son rôle et ses constituants.
- Son emplacement : généralement, c'est l'élément qui définit et détermine les deux éléments précédents.

X.4 Aménagement de la gare :

X.4.1 Installations d'une gare à voyageur:

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

- Le bâtiment de voyageurs
- Les bâtiments à usages divers (B.U.D)
- Quais
- Abris de quais
- Les passages sous terrain et les passerelles

X.4.2 Marge de glissement à l'aval des signaux :

La marge de glissement est une section de voie située après un signal fermé où aucun autre train n'est autorisé à circuler. Son objectif principal est de réduire les conséquences d'un accident et, en cas d'interdiction d'occupation, d'éviter les collisions lorsque le train n'a pas réussi à s'arrêter avant cette marge.

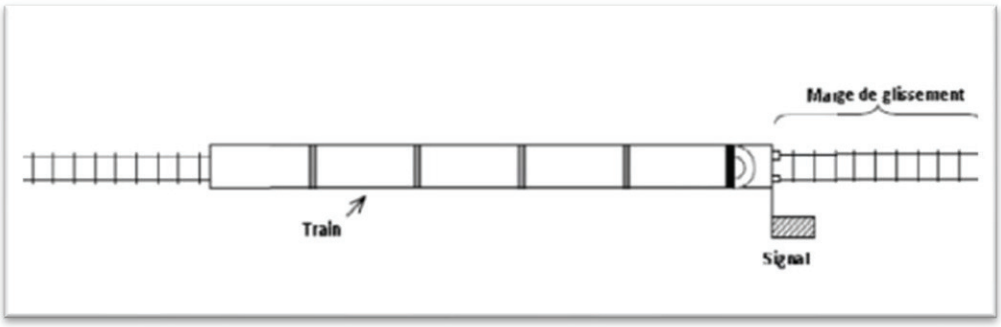


Figure X.1Schématisation de la marge de glissement

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

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

LG = 200m pour $V \geq 60$ km/h.

LG = 100m pour $40km/h \leq V \leq 60$ km/h.

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

X.4.3 Garage franc:

Le garage franc marque la limite de la partie de voie à occuper par les trains en gares.

La valeur théorique de garage franc est de 3,57 entraxes de la voie directe et la voie déviée, mais en raison de la sécurité, le garage franc sera installé à 1 m de distance du garage franc théorique, donc le garage franc est donné par la formule suivante :

$$GF= 3.57 \times N + 1 \text{ avec } N= \tan(\alpha).$$

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

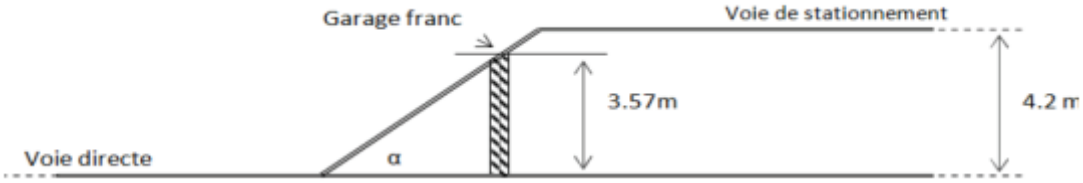


Figure X.2Schéma illustratif de garage franc

X.5 Caractéristiques géométriques des gares :

X.5.1 La longueur utile d'une voie de stationnement

C'est la longueur nécessaire permettant au train de stationner sur la voie de dépassement sans gêner la circulation sur la voie principale ou les autres voies de dépassement voisines. DoncLa longueur utile représente la distance séparant deux garages francs.

X.5.2 Déclivité dans lesgares:

La déclivité en gare doit être régulée en fonction des activités prévues. Dans notre projet, nous avons fixé la déclivité à 0 ‰ afin de prévenir tout déplacement indésirable des trains. Cette mesure a pour objectif d'assurer la stabilité et la sécurité en évitant toute inclinaison du terrain qui pourrait entraîner des mouvements non souhaités des trains.

X.5.2.1 Quai

- La longueur de quai (normes SNTF) :

Grande ligne 450 m.

Service régional 350 m.

Banlieue 225 m.

- La largeur des quais :

La SNTF recommande pour une telle gare :

Quai intermédiaire B > 8 m

Quai extérieur B ≥ 6m.

- Hauteur des quais :

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

- La distance à l'axe de la voie :

Pour les bordures de quai implantées à la hauteur nominale de 550 mm et de 760 mm, la distance nominale à l'axe de la voie est fixée a :

$$L\ (mm)=1650+S$$

La valeur de S est donnée par la formule :

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

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

- I : l'écartement de la voie (mm).

- L'entre axe des quais :

e normal > 11.3 m.

e minimal > 9.3 m.

X.5.2.2 Les appareils de voie

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

1. **Condition générale :**

Les appareils de voie, tout comme les communications, seront implantés avec une déclivité constante. De plus, dans les zones proches d'un ouvrage d'art, les appareils de voie devront respecter des distances minimales qui dépendent de la longueur L de cet ouvrage.

Tableau X.1 Longueurs minimal de tracé

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

Si la longueur L rend obligatoire l'installation d'un appareil de dilatation, l'appareil de voie devra être, implanté à une distance minimale de 100 m de l'extrémité de celui-ci.

Règles d'implantation :

- En tracé en plan :

L'implantation des appareils de voie s'effectuera conformément aux longueurs minimales du tracé retenues ci-dessous :

- **En pointe :** La longueur minimale d'alignement (L1) devra être égale à Vd/2, Vd étant la vitesse exprimée en km/h de franchissement en voie déviée.
- **En talon de la branche déviée :** Si la sortie d'appareil est en alignement La longueur minimale d'alignement à respecter devra être égale à Vd/2.

Si la sortie d'appareil est en courbe :

- Vd <100: il conviendra de réserver un alignement de longueur minimale égale à Vd /2 ou de prolonger la courbe de l'appareil suivie elle-même d'un raccordement progressif
- 100 ≤ Vd < 160 : il est conseillé de prolonger la courbe de la voie déviée par un raccordement progressif dans le même sens et ce pour toute situation nouvelle.

En talon de la voie directe : Longueur minimale d'alignement L2, à réserver, doit être supérieure à 50m.

X.6 le nombre des voies nécessaires dans notre gare :

D'une façon théorique il est possible d'évaluer le nombre des voies nécessaires dans une gare, par moyen de la formule de Skalov :

$$m = 1{,}2\left(\frac{\sum c_i \times n_i \times t_i}{T} + 1\right)$$

D'où :

m = Nombre de voies

Ci = Coefficient de régularité:La régularité a été définie comme du 75% pour les trains de fret et du 90% pour les trains voyageurs

ni = Nombre de services : Le temps global d'ouverture au service est supposé de 20 heures par jour, en laissant 4 heures pour le créneau de maintenance.

ti = Temps d'attente en gare =1h30min (pour la charge et la décharge marchandise + pour les trains voyageurs en a pris 01 minute d'arrêt)

T = Temps journalier d'ouverture de la gare= 24h

Le résultat obtenu après le calcul théorique : nombre de voie nécessaire est 3.

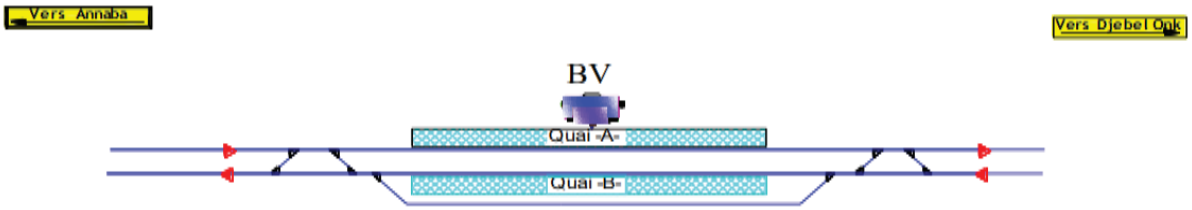


Figure X.3Schéma de gare de Bir Heliem

X.7 Application Au Projet :

La gare de Bir Heliem est une nouvelle gare située entre PK36+133 et PK 37+250, considérée comme une gare de passage type conçue pour le trafic des voyageurs, le plan de voie contiendra deux voies principales, deux voies de service, deux quais et un bâtiment voyageur. Le plan des voies et des installations de notre gare est décrit ci-dessous :

- **Longueurs de la marge de glissement :**

Comme V ≥ 60 km/h alors LG = 200m

- **La longueur du quai :**

Pour notre gare on prend 225 m comme longueur des quais.

- **Largeur des quais :**

On prend B= 8m.

- **Hauteur des quais :**

Dans notre cas, nous avons décidé de fixer la hauteur du bord du quai à 55 cm.

- **Entre axe des quais :**

On prend: e= 16.3 m (entre quai A et B)

- **La distance à l'axe de la voie :**

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

- **La longueur utile d'une voie de stationnement :**

Les deux voies principales avec une longueur utile de 800 m.

- **Longueur de garage de franc :**

Pour l'appareil de voie type 1/12 : lg= 44m

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

- **Assainissement transversale :**

Afin de garantir un drainage efficace des eaux pluviales dans la gare, il est nécessaire que les quais présentent une pente de 2% en direction du toit, accompagnée d'une inclinaison transversale des plates-formes de 4%. Cela permettra de faciliter l'écoulement des eaux de pluie.

Assainissement longitudinal :

Pour collecter les eaux de ruissellement qui s'infiltrent dans le ballast et la plate-forme, des drains sont disposés de manière longitudinale avec une pente de 4‰. Ces drains permettent de recueillir les eaux et de les évacuer vers le réseau d'assainissement par le biais de regards de visite. Cela contribue à maintenir un bon drainage et à prévenir les problèmes d'accumulation d'eau dans la gare.

CHAPITRE XI. Signalisation ferroviaire

XI. SIGNALISATION FERROVIAIRE

XI.1 Introduction :

Dès la mise en service des premiers trains, il est devenu évident que l'installation de signaux le long de la voie était indispensable. C'était le seul moyen pour les conducteurs de véhicules de connaître leur environnement, de savoir où se trouvait le train devant eux, de déterminer les emplacements d'arrêt nécessaires et de connaître la vitesse à laquelle ils devaient rouler. En ce sens, la signalisation est la pierre angulaire de la sécurité ferroviaire.

XI.2 Risques majeurs du transport ferroviaire :

La signalisation joue un rôle essentiel en transmettant des ordres et des indications aux conducteurs de véhicules afin de prévenir :

1. Les risques de déraillement (limitation de vitesse dans les courbes, les zones d'aiguillage et de travaux.
2. Le franchissement dans les passages à niveau
3. Permettre un freinage sans risque par une distance d'arrêt suffisante dans certains cas
4. Les risques de la circulation ferroviaire :

- Le « nez à nez », quand deux trains se retrouvent face à face sur la même voie.
- Le « rattrapage », quand le train suiveur rattrape celui qui le précède.
- La « prise en écharpe », quand un train arrive sur un aiguillage déjà occupé par un train venant d'une autre direction.

XI.3 Implantation des signaux en Algérie :

Les signaux ferroviaires se partage en deux catégories sont les feux et les panneaux, ces derniers sont implantés généralement à gauche de la voie car les trains circulent à gauche sauf dans le cas où le positionnement n'est pas possible.

XI.4 Principe de signalisation ferroviaire :

XI.4.1 Signalisation classique:

Le canton ferroviaire désigne une section de voie alimentée par une énergie électrique, qui constitue le fondement du système permettant d'espacer les trains, évitant ainsi les rattrapages.

XI.4.1.1 Principe de base de cantonnement

La ligne de chemin de fer est divisée en sections appelées cantons. Chaque canton est protégé par un signal et sert à espacer les trains circulant dans le même sens sur une même voie.

Normalement, un seul train est autorisé dans un canton donné. Lorsqu'un train entre dans un canton, les essieux du train créent un court-circuit entre les deux fils du rail, ce qui ferme le signal à l'entrée du canton et affiche un feu rouge.

Lorsque le train pénètre dans le canton suivant, le signal du canton précédent affiche désormais un feu orange, tandis que le signal du canton actuel affiche un feu rouge. De même, lorsque le train avance dans le troisième canton, le signal du deuxième canton affiche un feu jaune, tandis que le signal du premier canton affiche un feu vert (voie libre).

Dans ce système de signalisation, il n'y a pas d'intervention humaine, car c'est le train lui-même qui se protège en fonction des signaux rencontrés sur la voie.

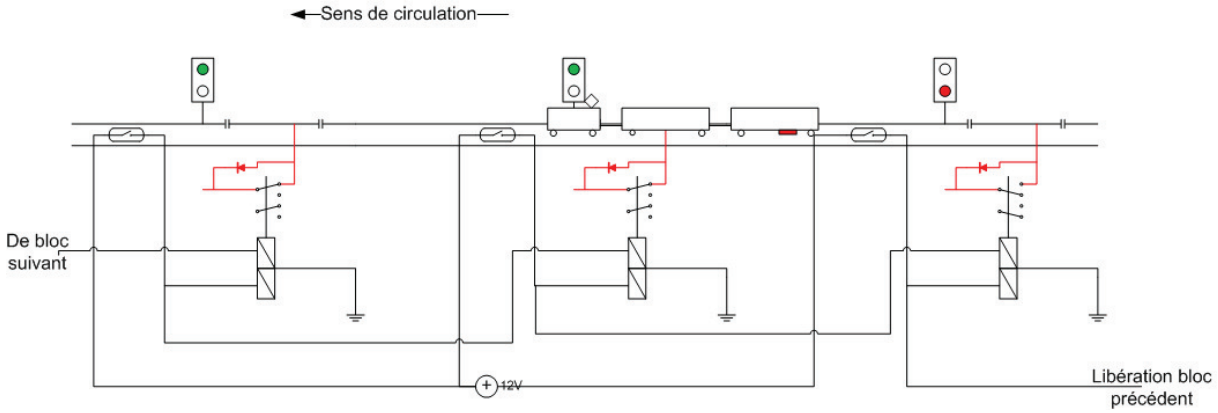


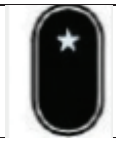
Figure XI.1 – Schéma illustratif de canton

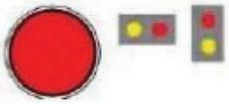
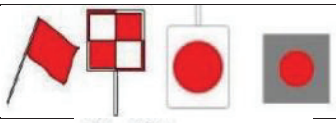
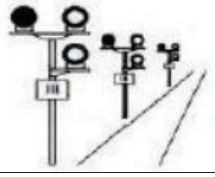
XI.4.1.2 Les différentstypes de blocks:

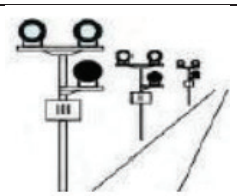
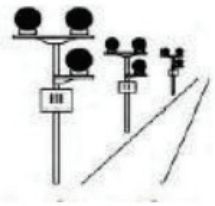
Les différents systèmes utilisés pour gérer les signaux sont appelés "blocks", et selon la Catégorie de ligne on utilisera l'un des trois types de blocks ci-dessous :

- **Le block manuel (B.M) :** est utilisé sur des lignes peu fréquentées, L'entrée sur une voie en BM est réglementée par un signal de block ouvert manuellement par un agent-circulation.
- **Le block automatique à permissivité restreinte (B.A.P.R) :** est utilisé sur les lignes à moyenne fréquentation. C'est un système d'espacement par signaux en partie ou totalement automatiques.
- **Le block automatique lumineux (B.A.L) :** il est utilisé sur les lignes principales, c'est un système d'espacement par signaux automatiques permissifs, c'est-à-dire pouvant être passés à l'état fermé, sous certaines conditions.

Tableau XI.1 – Les principaux signaux ferroviaires et leur indication

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

L'avertissement/feu jaune	Il commande au mécanicien de pouvoir s'arrêter avant les signaux suivants : Carré, sémaphore, carré violet, un rouge clignotant		
Le feu jaune Clignotant(A)	Il commande au mécanicien d'être en mesure de s'arrêter avant le signal annoncé à distance réduite par le signal suivant		
Le disque D	Il commande au mécanicien de marquer l'arrêt au premier signal ou aiguillage rencontré		
La bande lumineuse Jaune horizontale	Il commande au conducteur d'être en mesure de s'arrêter à quai sur une distance réduite		
Le ralentissement 30 Fermé	Limiter la vitesse à 30km/h Pour franchir une aiguille		
Le rappel 30 fermé			
Le ralentissement et rappel 60 km/h	Limiter la vitesse à 60km/h Pour franchir une aiguille		
Signal	Indication	Signalisation	
Le signal d'arrêt à main	Il commande l'arrêt immédiat		
Signal lumineux de manœuvre type S.N.C. F	L'allumage alterné de deux feux blancs sur une ligne Verticale		

	Refouler par l'allumage alterné de deux feux blancs sur une ligne horizontale	
	Arrêter par l'extinction complète des feux présentés.	
Le signal fin de caténaire	Fin de caténaire	

XI.4.2 Signalisation modern:

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

Remarque : Il y a 60 ans, les systèmes de signalisation classiques ont été installés, représentant une révolution et répondant aux besoins de l'époque. Cependant, avec l'augmentation du nombre de trains circulant et la demande croissante, il est nécessaire pour la Société Nationale des Transports Ferroviaires (SNTF) d'installer l'ERTMS (Système européen de gestion du trafic ferroviaire) afin d'améliorer les performances et d'augmenter les capacités de circulation du réseau existant. Ainsi, cette mise à jour permettra de répondre aux besoins actuels en matière de circulation ferroviaire.

XI.4.2.1 Système ERTMS

Le sigle ERTMS (European Railways Traffic Management System) correspond à un système de gestion de la circulation ferroviaire à l'échelle européenne. Ce système vise à harmoniser et améliorer la gestion du trafic ferroviaire en mettant en place des normes et des technologies communes pour accroître les performances et les capacités du réseau.

Les fonctions d'ERTMS :

L'ERTMS fonctionne en utilisant des balises au sol qui communiquent avec un système embarqué à bord des trains. Contrairement à la version précédente, l'ERTMS permet une transmission continue de la position et de la vitesse du train via une antenne à tout moment.

Grâce à ce système, les informations concernant l'accélération, le ralentissement et les arrêts sont transmises de manière continue et directe au conducteur de train. Cela lui permet d'ajuster sa conduite en temps réel, ce qui permet d'augmenter la vitesse et de réduire les distances de sécurité entre les trains. En conséquence, un plus grand nombre de trains peuvent être circulés par heure et le trafic peut être fluidifié de manière plus efficace.

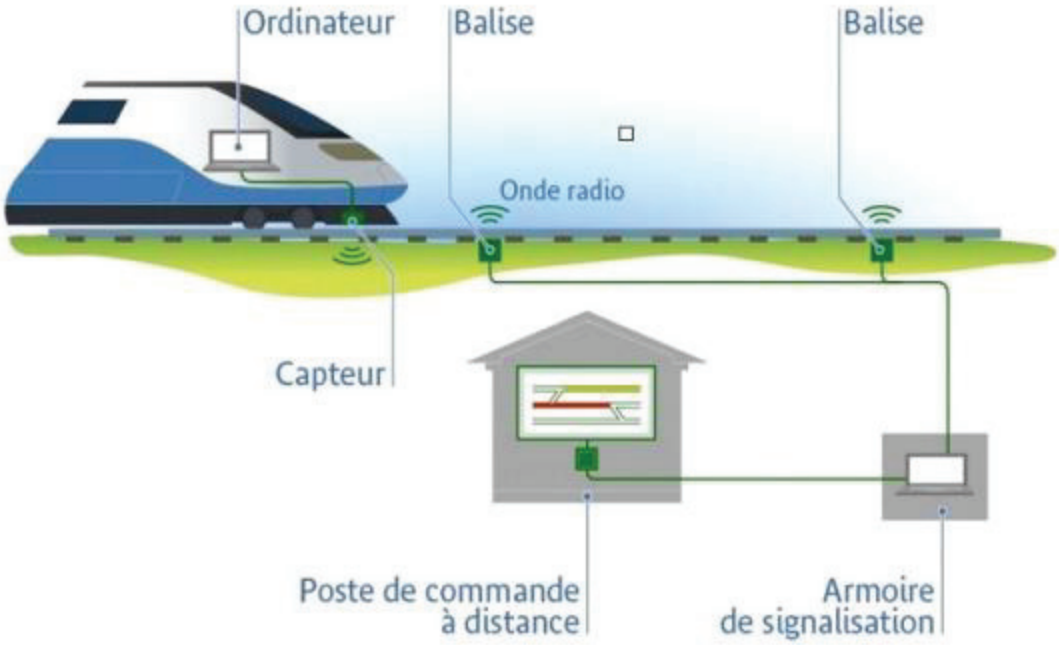


Figure XI.2 – le système de contrôle des trains ERTMS

XI.5 Application sur notre projet :

Dans le cadre du projet du dédoublement de la voie ferrée existante Tébessa - Djebel Onk à voie unique le maitre d'ouvrage a choisi de combiner entre la signalisation latérale établi par le système BAL et la signalisation en cabine établi par le système ERTMS.

CHAPITRE XII. Impact sur l’environnement

XII. IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XII.1 Introduction :

La gestion des différentes nuisances générées par le transport ferroviaire est devenue une préoccupation majeure pour les professionnels chargés de la conception, de la construction et de l'exploitation des infrastructures ferroviaires.

Dans ce contexte, une étude d'impact sur l'environnement a été réalisée dans le but d'intégrer mon projet dans le paysage initial tout en préservant l'environnement et en minimisant les impacts négatifs.

En général, l'étude d'impact sur environnement comprend trois parties importantes. La première est de présenter le projet sur la situation initial de la zone d'étude, ensuite une seconde partie de l'Analyse des effets sur le milieu naturel pendant la phase de réalisation. Impacts, enfin la dernière partie fait l'objet d'analyse des effets sur le milieu naturel pendant la phase d'exploitation.

XII.2 ETATINITIAL

L'analyse de l'état initial décrit l'environnement naturel dans son état actuel. Il s'agit de donner une image aussi objective que possible du :

XII.2.1 GEOMORPHOLOGIE

La région Tébessa-Djebel Onk se démarque nettement des régions du nord de Tebessa jusqu'à Annaba : par le relief, le climat, l'aridité des terres et surtout par l'écosystème. La biodiversité y est très réduite par rapport à celle rencontrée dans les régions situées plus au nord. C'est la transition des zones montagneuses et steppiques vers les zones pré-désertiques.

XII.2.2 HYDROLOGIE

Le réseau hydrographique de cette section est trop dense, il comporte une quantité considérable d'Oued et talweg.

L'oued principal rencontré aux environs de notre tracé est :

- L'Oued Labiod

Cet oued forme un écosystème important pour certaines espèces animales aquatiques. La ligne traverse des zones inondable et arides entre Tebessa et Djbel Onk ou les lits d'oued sont larges et à régimes torrentiels.

XII.2.3 FAUNE

La faune vivant dans cette région est composée de fennecs, de renards, de chacals et de gazelles. On cite aussi la présence, dans un passé récent, de lions. Des reptiles y sont signalés. Parmi les animaux domestiques, on trouve des ovins et des caprins.

XII.2.4 FLORE

La flore rencontrée appartient à la strate herbacée représentée par l'armoise, l'alfa et l'artémisia campes tris. La strate arbustive est représentée par le genévrier cade. .La strate arborescente est quasiment absente.

XII.2.5 LE DOMAINE AGRICOLE

Le domaine agricole est partout présent. Les terres non cultivées font leur apparition dans la région d'Elma Labiod et s'étendent plus au sud.

XII.2.6 PAYSAGES ET SITES TOURISTIQUES

Les paysages traversés par la zone d'étude ne présentent aucun caractère exceptionnel. C'est, soit des reliefs plats, monotones dédiés aux activités agro-pastorales

XII.3 Analyse des effets sur le milieu naturel pendant la phase de réalisation :

La phase de réalisation est la phase la plus agressive vis-à-vis de l'environnement. C'est pendant cette phase que la nature va subir des modifications subites et inhabituelles par l'introduction d'agents étrangers tels que :

- l'apparition d'engins mécaniques,
- les travaux de déblais-remblais,
- ouvertures des pistes d'accès, l'empiétement sur les terres agricoles et les écosystèmes, la défiguration des paysages,
- l'apparition de bruits, de vibrations, d'odeurs et de poussières.

XII.3.1 Sur la faune:

La faune qui vit dans les régions traversées par le projet ne comprend pas d'espèces protégées. Ce sont des animaux communs. Certains d'entre eux sont des prédateurs comme l'hyène, la belette et le renard. Les activités de construction ne peuvent les mettre en péril. Tout au plus, cette faune verra une modification de son biotope sans risque de destruction massive.

XII.3.2 Sur la flore

On rappelle que l'armoise, et le marrube blanc sont des plantes médicinales. Leur destruction, quand elle est nécessaire, ne doit se faire qu'avec parcimonie. Le genévrier cade est une espèce non cultivée protégée. C'est aussi une plante médicinale, ces plantes médicinales existent mais avec une densité au mètre carré assez faible et seulement dans les régions steppiques au sud de Tébessa c'est à dire moins d'un tiers du parcours total. Leur enlèvement sur les surfaces d'emprise de l'ouvrage n'est pas synonyme de leur éradication totale.

XII.3.3 Sur le domaine agricole et l'agriculture

Les chantiers de réalisation viennent également perturber les modes de mobilité des hommes et du bétail dans les exploitations agro-pastorales même d'une manière temporaire.

XII.4 Analyse des effets sur le milieu naturel pendant la phase d'exploitation :

Après une période de quelques années, un nouvel équilibre est attendu entre les activités d'exploitation et le milieu environnemental. La nature va « s'habituer à vivre avec » mais non sans dommages qui parfois sont irréversibles.

L'énergie utilisée sera de l'énergie électrique car L'énergie électrique est considérée comme une énergie propre avec donc moins de bruits pas de contamination, pas d'émission de gaz brûlés, pas de risque de fuite de lubrifiants ou de gas-oil.

Parmi les risques possibles, le déraillement des wagons et le déversement des substances transportées dans les cours d'eau entraînant la pollution chimique des eaux.

XII.4.1 Sur la faune

La faune verra son biotope altéré de part et d'autre du linéaire ferroviaire mais pas complètement anéanti. Pour les espèces en présence une migration s'opérera naturellement vers des lieux plus éloignés. On assistera à une délocalisation des lieux de nidation, des territoires de chasse et des relations trophiques. Les risques encourus par les animaux quadrupèdes est la traversée à l'aveugle de la voie ferrée.

Sur la flore

Les plantes médicinales telles que l'armoise, et le marrube blanc doivent être préservées autant que faire se peut. Le genévrier cade est une espèce non cultivée protégée, ces plantes médicinales existent mais avec une densité au mètre carré assez faible et seulement dans les régions steppiques au sud de Tebessa c'est-à-dire. Moins d'un tiers du parcours total. Leur enlèvement sur les surfaces d'emprise de l'ouvrage n'est pas synonyme de leur éradication totale.

XII.4.2 Sur les paysages et sites touristiques

L'altération du paysage ne subira pas d'impact visuel considérable.

XII.5 CONCLUSIONS :

Tébessa-Djebel Onk est en service depuis les années 80. Depuis ce temps, un équilibre écologique s'est installé entre les éléments naturels et l'action anthropique liée aux activités du transport ferroviaire ce qui n'exclut pas la mise en œuvre de mesures compensatoires qui n'ont pas été prises.

CHAPITRE XIII. DEVIS ESTIMATIFET QUANTITATIF

XIII. DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF

Tableau XIII.1DEVISESTIMATIF ET QUANTITATIF

N°	Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire HT (DA)	Montant HT (DA)
1 - INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER					
1-1	Amenée du matériel et installation général du chantier	F	1,00	300 000 000,00	300 000 000,00
1-2	Fourniture et installation d'un laboratoire de chantier	F	1,00	25 000000,00	25 000000,00
TOTAL INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER					325 000 000 ,00
2 - ETUDES D'EXECTION					
2-1	Études d'exécution des terrassements généraux	F	1,00	127 997 486,82	127 997 486,82
2-2	Études d'assainissement	F	1,00	16 483 938,00	16 483 938,00
2-3	Études d'exécution des Bâtiments voyageurs et aménagement extérieur	F	1,00	10 757 791,68	10 757 791,68
TOTAL ETUDES D'EXECTION					155 239 216,50
3 - TERRASSEMENT GENEREAUX					
3-1	Décapage de terre végétale	M^3	104043,21	495,00	51501388,95
3-2	Déblais mise en remblai	M^3	45459,00	469,13	21326180,67
3-3	Remblais d'apport	M^3	525769,00	486,18	255618372,4
3-4	Fourniture et mise en œuvre de la couche de forme	M^3	136088.00	885,54	120511367,5
3-5	Fourniture et mise en œuvre de tapis drainant	M^3	38197,70	3 200,00	122232640,00
3-6	Fourniture et mise en œuvre de la couche de s/ballast	M^3	49043,00	3 341,80	165185,174
TOTAL TERRASSEMENT GENEREAUX					571355134,7
4- DRAINAGE ET ASSAINISSEMENT					
4-1	Fourniture et mise en œuvre de fosse de 0,50 m de profondeur	ML	23378.82	4 500,00	105204690
4-2	Dalot en béton armé	**ML**	**46**	800000,00	36800000

	type A, B,C,C1,D,D1,D2,…….. et M				
4-3	Buses de tuyaux en béton armé Ø 1500 mm	**ML**	**14**	125 000,00	**1750000**
4-4	Buses de tuyaux en béton armé Ø 1200 mm	**ML**	**1**	87 763	**87763,00**
TOTAL DRAINAGE ET ASSAINISSEMENT					**143842453,00**
5-TRAVAUX DE VOIE					
5-1	Ballastage voie dédoublé	**M^3**	**61412.5**	**3900**	**239508750,00**
5-2	Fourniture des traverses bi-bloc VAX U 31	**U**	**31295**	9 151,95	**286410275,3**
5-3	Fourniture des rails NEUFS UIC 60	T	**173880,00**	3175,000	**558006250,00**
5-4	Fourniture d'un branchement simple UIC 60-500-1 :12	**U**	**10**	615000,00	**6150000,00**
5-5	Soudage électrique et aluminothermique	**U**	**1045**	20810	**21746450**
TOTAL TRAVAUX DE VOIE					**1111821725**
6- Gare Bir Heliem					
6-1	bâtiment Voyageurs de la gare de Bir Heliem	**U**	**1**	60500000,00	60500000,00
6-2	Réalisation des travaux d'aménagement extérieur de la gare de Bir Heliem	**U**	**1**	850187500,00	850187500,00
TOTAL Gare Bir Heliem					**930687500**
TOTAL GENERAL (DA) HT					**3237946029,00**

Montant total en DA HT :

Trois milliards deux cent trente-sept millions neuf cent quarante-six mille vingt-neuf dinar

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Ce projet de fin d'étude nous a offert une excellente occasion d'appliquer les connaissances que nous avons accumulées tout au long de notre parcours académique pour résoudre des problèmes concrets.

En Algérie, avec le lancement des importants projets d'infrastructures de transport dans le cadre de la relance économique et du développement des réseaux existants, tels que l'autoroute Est-Ouest, les voies ferrées et le métro d'Alger, on peut anticiper des répercussions positives sur le développement du pays. Ces grands projets sont susceptibles d'avoir un impact significatif.

Notre étude de ce tracé et des installations ferroviaires revêt une importance stratégique en raison de son positionnement.

Dans notre démarche d'étude, nous avons veillé à respecter toutes les normes existantes, qui ne peuvent pas être négligées, en prenant en compte le confort, la sécurité des usagers, ainsi que les aspects économiques et environnementaux. Notre objectif est de réaliser un travail de qualité en prenant en compte ces différents éléments.

Ce projet de fin d'étude a été une occasion précieuse pour enrichir nos connaissances et acquérir une meilleure compréhension des problèmes techniques qui peuvent survenir dans un projet ferroviaire.

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

Bibliographi

- [1] : AlgérieLignes de chemin de fer construites au 19ème siècle
- Présentation du programme ferroviaire national –ANESRIF.
- [2] : ANIREF, (Monographie de la wilaya de TEBESSA).
- [3] : adresse URL,https://rails.arcelormittal.com/types-rails/transport-rails/european-standards/rail-uic60-60e1, consultée en ligne 24 Mars 2022.
- [4] : adresse URL,https://www.lajauneetlarouge.com/lappareil-de-voie-element-cle-du-transport-a-grande-vitesse/,consultée en ligne 30 Mars 2022.
- [5] : SNTF 2003, IN 2547.
- [6] : Cours Mr. Morslii – ENSTP
- [7] : SNTF, Référentiel technique, version 02 chapitre 6 : géométrie de la voie
- [8] : ANRH, carte des pluies de l'Algérie du Nord de l'ANRH,
- [9] : SETRA, guide technique : Assainissement routier, Octobre 2006.
- [10] : SETIRAIL, OUVRAGES D'ART ET OUVRAGES DE DRAINAGES « Diagnostique et conception des ouvrages projetés » « SECTION 3 /TR2 : TEBESSA-DJEBEL EL ONK » DU PK 18+800 AU PK 108+000.
- [11] : Cours Mr. Rahmani – ENSTP
- [12] : La montagne en Algérie : origines, évolutions et disparitions – TRANS Nr. 23 (inst.at), consulté en ligne 6 mai 2022.
- [13] : SETIRAIL, (Rapport géotechnique Ligne Minière Tébessa-Djbel Onk).
- [14] : Uic 719 R, ouvrages en terre et couches d'assise ferroviaire, 2e Edition 01/01/1994

Annexe

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

Client : ENSTP **Préparé par : CHERRABA SAID FARES**

SAIDI MOHAMED SADEK

LOGICIEL : COVADIS 17.0f Date :25/04/2023

Axe en plan : la ligne ferroviaire Tébessa – Djebel Onk

Description : Dédoublement modernisation et/ou rectification de tracé de 18 Km de la ligne ferroviaire Tébessa – Djebel Onk.

Axe En Plan

Date du listing :25/04/2023

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	175.97gr	343.904	32+000.000	424483.993	3894807.175
Clothoïde 1	Paramètre	-273.861	50.000	32+343.904	424610.765	3894487.490
Arc 1	Rayon	-1500.000 m	110.848	32+393.904	424628.938	3894440.910
	Centre X	423225.550 m				
	Centre Y	3893911.285 m				
Clothoïde 2	Paramètre	273.861	50.000	32+504.752	424664.211	3894335.850
Droite 2	Gisement	182.79gr	471.650	32+554.752	424677.829	3894287.740
Clothoïde 3	Paramètre	264.575	70.000	33+026.402	424803.769	3893833.216
Arc 2	Rayon	1000.000 m	123.045	33+096.402	424823.245	3893765.984
	Centre X	425777.002 m				
	Centre Y	3894066.562 m				
Clothoïde 4	Paramètre	-264.575	70.000	33+219.447	424867.347	3893651.197
Droite 3	Gisement	170.50gr	1353.737	33+289.447	424897.899	3893588.220
Clothoïde 5	Paramètre	-273.861	50.000	34+643.184	425502.940	3892377.217
Arc 3	Rayon	-1500.000 m	65.757	34+693.184	425525.038	3892332.366
	Centre X	424172.207 m				
	Centre Y	3891684.409 m				
Clothoïde 6	Paramètre	273.861	50.000	34+758.941	425552.135	3892272.457
Droite 4	Gisement	175.42gr	933.525	34+808.941	425571.224	3892226.245
Clothoïde 7	Paramètre	273.861	50.000	35+742.466	425922.831	3891361.467
Arc 4	Rayon	1500.000 m	60.026	35+792.466	425941.921	3891315.255
	Centre X	427321.848 m				
	Centre Y	3891903.302 m				
Clothoïde 8	Paramètre	-273.861	50.000	35+852.493	425966.551	3891260.519
Droite 5	Gisement	170.75gr	2164.827	35+902.493	425988.478	3891215.584
Clothoïde 9	Paramètre	-264.575	70.000	38+067.320	426948.624	3889275.327
Arc 5	Rayon	-1000.000 m	236.557	38+137.320	426978.935	3889212.234
	Centre X	426067.699 m				
	Centre Y	3888800.348 m				
Clothoïde 10	Paramètre	264.575	70.000	38+373.877	427050.086	3888987.209
Droite 6	Gisement	190.26gr	556.076	38+443.877	427061.557	3888918.159
Clothoïde 11	Paramètre	264.575	70.000	38+999.953	427146.287	3888368.576
Arc 6	Rayon	1000.000 m	176.678	39+069.953	427157.758	3888299.526
	Centre X	428140.145 m				
	Centre Y	3888486.388 m				
Clothoïde 12	Paramètre	-264.575	70.000	39+246.631	427205.894	3888129.771
Droite 7	Gisement	174.56gr	565.005	39+316.631	427232.375	3888064.977
Clothoïde 13	Paramètre	-264.575	70.000	39+881.636	427452.213	3887544.495
Arc 7	Rayon	-1000.000 m	85.957	39+951.636	427478.694	3887479.701
	Centre X	426544.443 m				
	Centre Y	3887123.084 m				
Clothoïde 14	Paramètre	264.575	70.000	40+037.593	427505.860	3887398.178
Droite 8	Gisement	184.49gr	1159.295	40+107.593	427523.541	3887330.451
Clothoïde 15	Paramètre	264.575	70.000	41+266.888	427803.258	3886205.408
Arc 8	Rayon	1000.000 m	209.200	41+336.888	427820.938	3886137.682
	Centre X	428782.356 m				

	Centre Y	3886412.775 m				
Clothoïde 16	Paramètre	-264.575	70.000	41+546.088	427899.031	3885944.014

Droite 9	Gisement	166.71gr	508.459	41+616.088	427933.276	3885882.967
Clothoïde 17	Paramètre	-264.575	70.000	42+124.547	428187.192	3885442.448
Arc 9	Rayon	-1000.000 m	219.173	42+194.547	428221.437	3885381.401
	Centre X	427338.112 m				
	Centre Y	3884912.640 m				
Clothoïde 18	Paramètre	264.575	70.000	42+413.720	428302.225	3885178.132
Droite 10	Gisement	185.12gr	661.703	42+483.720	428319.229	3885110.233
Clothoïde 19	Paramètre	273.861	50.000	43+145.423	428472.474	3884466.520
Arc 10	Rayon	1500.000 m	1045.570	43+195.423	428484.324	3884417.945
	Centre X	429937.551 m				
	Centre Y	3884789.605 m				
Clothoïde 20	Paramètre	-273.861	50.000	44+240.993	429061.891	3883571.730
Droite 11	Gisement	138.62gr	295.422	44+290.993	429102.808	3883542.994
Clothoïde 21	Paramètre	-264.575	70.000	44+586.415	429345.507	3883374.556
Arc 11	Rayon	-1000.000 m	275.996	44+656.415	429402.541	3883333.979
	Centre X	428803.982 m				
	Centre Y	3882532.901 m				
Clothoïde 22	Paramètre	264.575	70.000	44+932.411	429598.187	3883140.551
Droite 12	Gisement	160.65gr	1032.992	45+002.411	429639.411	3883083.982
Clothoïde 23	Paramètre	-282.843	100.000	46+035.403	430238.016	3882242.113
Arc 12	Rayon	-800.000 m	301.840	46+135.403	430294.245	3882159.439
	Centre X	429614.577 m				
	Centre Y	3881737.478 m				
Clothoïde 24	Paramètre	282.843	100.000	46+437.243	430401.894	3881879.362
Droite 13	Gisement	192.63gr	323.279	46+537.243	430415.512	3881780.311
Clothoïde 25	Paramètre	-264.575	70.000	46+860.522	430452.864	3881459.197
Arc 13	Rayon	-1000.000 m	307.396	46+930.522	430460.140	3881389.580
	Centre X	429463.402 m				
	Centre Y	3881308.870 m				
Clothoïde 26	Paramètre	264.575	70.000	47+237.918	430437.838	3881084.206
Droite 14	Gisement	216.65gr	306.224	47+307.918	430420.526	3881016.385
Clothoïde 27	Paramètre	264.575	70.000	47+614.143	430341.328	3880720.579
Arc 14	Rayon	1000.000 m	509.604	47+684.143	430324.016	3880652.757
	Centre X	431298.452 m				
	Centre Y	3880428.094 m				
Clothoïde 28	Paramètre	-264.575	70.000	48+193.746	430338.232	3880148.851
Droite 15	Gisement	179.76gr	1832.099	48+263.746	430359.340	3880082.113
				50+000.000	430932.188	3878341.874
Longueur totale de l'axe 18000.000 mètre(s)						

Annexe B : Listing de la géométrie de profil en long

Client : ENSTP **Préparé par : CHERRABA SAID FARES**
SAIDIMOHAMED SADEK

LOGICIEL : COVADIS 17.0f Date :25/04/2023

Profil en long : la ligne ferroviaireTébessa – Djebel Onk

Description : Dédoublement modernisation et/ou rectification de tracé de 18 Km de la ligne ferroviaire Tébessa – Djebel Onk.

Plage d'abscisse : Début : 32+000, Fin : 50+000

LONGUEUR DE L'AXE :17975.000 m.

Profil En Long Projet

Date du listing : 25 /04/2023

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	-0.73 %	700.530	32+000.000	1023.800
Cercle 1	Rayon	17585.307 m	88.099	32+700.530	1018.679
	Sommet Absc.	32+829.075 m			
	Sommet Alt.	1018.209 m			
Pente 2	Pente	-0.23 %	350.081	32+788.629	1018.256
Cercle 2	Rayon	-12101.558 m	69.097	33+138.710	1017.451
	Sommet Absc.	33+110.877 m			
	Sommet Alt.	1017.483 m			
Pente 3	Pente	-0.80 %	725.921	33+207.807	1017.094
Cercle 3	Rayon	13235.035 m	73.638	33+933.728	1011.280
	Sommet Absc.	34+039.737 m			
	Sommet Alt.	1010.855 m			
Pente 4	Pente	-0.24 %	272.728	34+007.366	1010.895
Cercle 4	Rayon	10000.000 m	66.158	34+280.094	1010.228
	Sommet Absc.	34+304.552 m			
	Sommet Alt.	1010.198 m			
Pente 5	Pente	0.42 %	340.693	34+346.252	1010.285
Cercle 5	Rayon	-18629.687 m	73.400	34+686.945	1011.706
	Sommet Absc.	34+764.630 m			
	Sommet Alt.	1011.867 m			
Pente 6	Pente	0.02 %	131.517	34+760.345	1011.867
Cercle 6	Rayon	-10000.000 m	82.397	34+891.863	1011.897
	Sommet Absc.	34+894.163 m			
	Sommet Alt.	1011.897 m			
Pente 7	Pente	-0.80 %	858.802	34+974.260	1011.577
Pente 8	Pente	-0.90 %	240.831	35+833.062	1004.698
Cercle 7	Rayon	6670.091 m	60.095	36+073.893	1002.528
	Sommet Absc.	36+133.988 m			
	Sommet Alt.	1002.257 m			
Pente 9	Pente	-0.00 %	1119.653	36+133.988	1002.257
Cercle 8	Rayon	-10000.000 m	61.399	37+253.642	1002.257
	Sommet Absc.	37+253.642			

		m			
	Sommet Alt.	1002.257 m			
Pente 10	Pente	-0.61 %	876.904	37+315.040	1002.069
Pente 11	Pente	-0.76 %	863.480	38+191.944	996.684
Cercle 9	Rayon	10000.000 m	77.498	39+055.424	990.165
	Sommet Absc.	39+130.921 m			
	Sommet Alt.	989.880 m			
Pente 12	Pente	0.02 %	493.792	39+132.921	989.880
Cercle 10	Rayon	-10000.000 m	79.398	39+626.713	989.979
	Sommet Absc.	39+628.713 m			
	Sommet Alt.	989.979 m			
Pente 13	Pente	-0.77 %	1628.838	39+706.111	989.680
Cercle 11	Rayon	10000.000 m	77.898	41+334.950	977.073
	Sommet Absc.	41+412.347 m			
	Sommet Alt.	976.773 m			
Pente 14	Pente	0.00 %	1276.884	41+412.847	976.773

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Cercle 12	Rayon	-13546.053 m	76.399	42+689.731	976.837
	Sommet Absc.	42+690.409 m			
	Sommet Alt.	976.837 m			
Pente 15	Pente	-0.56 %	618.154	42+766.130	976.625
Pente 16	Pente	-0.62 %	800.028	43+384.284	973.170
Cercle 13	Rayon	-47364.872 m	86.197	44+184.312	968.186
	Sommet Absc.	43+889.235 m			
	Sommet Alt.	969.105 m			
Pente 17	Pente	-0.80 %	1258.650	44+270.509	967.570
Cercle 14	Rayon	10000.000 m	98.197	45+529.159	957.438
	Sommet Absc.	45+609.656 m			
	Sommet Alt.	957.114 m			
Pente 18	Pente	0.18 %	522.113	45+627.356	957.130
Cercle 15	Rayon	-10000.000 m	83.099	46+149.469	958.054
	Sommet Absc.	46+167.169 m			
	Sommet Alt.	958.070 m			
Pente 19	Pente	-0.65 %	314.964	46+232.568	957.856
Cercle 16	Rayon	10000.000 m	65.399	46+547.532	955.796
	Sommet Absc.	46+612.931 m			
	Sommet Alt.	955.582 m			
Pente 20	Pente	0.00 %	1723.097	46+612.931	955.582
Cercle 17	Rayon	-10000.000 m	104.637	48+336.028	955.582
	Sommet Absc.	48+336.028 m			
	Sommet Alt.	955.582 m			
Pente 21	Pente	-1.05 %	1534.335	48+440.665	955.034
				50+000.000	938.979
Longueur totale de l'axe 18000.000 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 18000.000 mètre(s)					

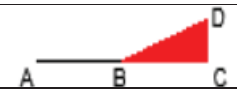
Annexe C :Classifications des sols selon UIC

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

Annexe D : Classes de qualité des sols selon le code UIC 719R.

Type de sol (Classification géotechnique)	Classe de qualité des sols
- Sols organiques. - Sols avec plus de 15% de fins, expansifs, humides, de haute plasticité et pas compactables. - Sols contaminés avec déchets, matière organique ou résidus. - Sols avec matériaux solubles (sel-gemme ou plâtre).	**QS0**
- Sols avec plus de 40% de fins (pas classifiables comme QS0). - Roches évolutives.	**QS1 (a)**
- Sols avec 15% à 40% de fins (pas classifiables comme QS0). - Roches friables. - Roches peu dures (MDE > 40 et LA >40%).	**QS1 (b)***
- Sols avec 5% à 15% de fins . - Sols avec moins de 5% de fins mais uniformes (Cu ≤ 6). - Roches moyennement dures (25% < MDE ≤ 40% et 30% < LA ≤ 40%)	**QS2**
- Sols avec moins de 5% de fins. - Roches dures (MDE ≤ 25% et LA ≤ 30%)	**QS3**

Annexe E : COORDONNEES DES APPAREILS DE VOIES

APPARIEL N°	PTS	COORDONNE		
		X(m)	Y(m)	TYPE D'APPARIEL
01	a	426078.0150	3891039.8240	UIC 60-500 1 /12 Déviation à droite.
	b	426087.2333	3891005.5777	
	c	426094.8732	3891002.577	
	d	426094.8732	3891002.8765	
02	a	426118.5693	38909446.6331	UIC 60-500 1 /12 Déviation à droite
	b	426109.3510	3890965.2562	
	c	426100.1327	3890984.5780	
	d	426101.7122	3890984.5780	
03	a	42131.8888	3880818.7689	UIC 60-190 1 /12 Déviation à gauche.
	b	426150.3035	3880801.1457	
	c	426150.3035	38900882.5228	
	d	426151.8102	3890883.3532	
04	a	426181.3759	3880831.0105	UIC 60-500 1 /12 Déviation à gauche
	b	426172.1576	388084.8336	
	c	426162.8383	3880888.2588	
	d	426161.4246	3880887.4289	
05	a	426161.4656	389086.8757	UIC 60-500 1 /12 Déviation à droit
	b	426170.6908	3880818.7364	
	c	426178.8162	3880818.7364	
	d	426178.3380	3880818.0346	
06	a	426489.4024	3890198.7704	UIC 60-500 1 /12 Déviation à gauche
	b	42648.1841	3890217.3936	
	c	426470.9658	3890236.0167	
	d	426469.4511	3890235.1868	
07	a	426481.6904	3890225.6122	UIC 60-500 1 /12 Déviation à droite
	b	426490.9087	38900206.9890	
	c	426500.1270	3890188.3655	
	d	426498.5461	3890187.6710	
08	a	426536.7814	3890103.4298	UIC 60-500 1 /12 Déviation à droit
	b	426545.8687	3890066.0721	
	c	42655.0887	3890066.9020	
	d	426556.6017	38900665.9020	
09	a	426522.2447	39890132.4217	UIC 60-500 1 /12 Déviation à gauche
	b	236512.0264	3990151.0444	
	c	426505.3865	3890170.8688	
	d	426503.8081	3890169.6675	
10	a	426589.1595	3890014.560	UIC 60-500 1 /12 Déviation à gauche
	b	426576.9412	3890033.1831	
	c	426567.7229	3890051.8083	
	d	426566.2452	3890050.2452	