République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العمومية
فرنسـيس جانســون
École Nationale Supérieure des Travaux Publics
Francis Jeanson

Mémoire

Pour l'obtention des diplômes d'Ingénieur d'État et de Master
Filière : Travaux Publics
Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Etude de faisabilité et D'APD de la nouvelle ligne ferroviaire TISSEMSILT –BOUGHEZOUL Du PK 86+000 au PK 108+500, Avec la conception de la gare CHAHBOUNIA

Présenté par :
-KHELIFI AYYOUB

Encadré par :
-Mr.GRAIT RABAH

Promotion 2020/2021

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

REMÈRCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier Allah, le clément et le miséricordieux de m'avoir donné la santé et le courage de mener à bien ce modeste travail.

La première personne que je tiens à remercier est mon encadrant Mr. GRAIT RABAH, pour l'orientation, la confiance, la patience qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port.

Je remercie vivement Mme. SERAJI WIDAD pour son encadrement exceptionnel, à sa confiance, à son soutien incessant et à son encouragement permanent.

Un gros merci à tous les personnels de L'ENSTP pour leurs précieux conseils et leurs efforts spécialement Mme. Bourebia et Mme. Makoudi

Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE 1

CHAPITRE I : *RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE*

I.1 Introduction : 3

I.2 La naissance de chemin de fer : 3

I.3 Histoire de chemin en Algérie : 4

I.3.1 Période coloniale 4

I.3.2 Après l'indépendance de l'Algérie 6

I.4 Conclusion : 6

CHAPITRE II :*PRESENTATION DU PROJET*

II.1 Introduction : 7

II.2 Présentation du site : 7

II.2.1 Relief : 8

II.2.2 Climat : 8

II.2.3 Sismicité : 8

II.3 Présentation du projet : 8

II.3.1 Les caractéristiques du projet 9

II.3.2 Superstructure 10

II.4 Conclusion : 11

CHAPITRE III :ÉTUDE DE FAISABILITE

III.1 Introduction : 12

III.2 Présentation des variantes : 12

III.2.1 . Caractéristiques géométriques globales : 13

III.2.2 Description des variantes 13

III.3 Geologie 14

III.3.1 Critères techniques : 16

III.3.2 Comparaison des deux variant 16

III.3.3 Conclusion : 16

CHAPITRE *IV* :*SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE*

IV.1 Introduction: 17

IV.2 Les couches d'assise : 17

IV.2.1 Le rail : 17

IV.2.2 Les travers : 20

IV.2.3 Les attaches travers-rail : 21

IV.2.4 L'appareil de voie : 22

IV.3 Conclusion : 23

CHAPITRE V :TRACE EN PLAN

V.1 Introduction : 24

V.2 Conditions a respecté dans le tracé en plan : 24

V.3 Les Elément de tracé en plan 25

V.3.1 L'alignement : 25

V.3.2 Arc de cercle : 25

V.3.2.1 Devers Théorique 25

V.3.3 Courbe de raccordement : 28

V.3.4 Les doucines : 31

V.3.5 Longueur minimale des éléments de tracé : 32

V.4 Application au projet : 33

V.5 Conclusion 35

CHAPITRE VI :PROFIL EN LONG

VI.1 Introduction : 36

VI.2 Définition : 36

VI.3 Eléments de composition du profil en long : 36

VI.3.1 Choix des alignements droits : 36

VI.3.2 Choix des cercles : 38

VI.4 Application au projet : 39

VI.5 Conclusion : 39

CHAPITRE I :ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

VII.1 Introduction : 40

VII.2 Etude hydrologique : 40

VII.2.1 Caractéristiques morphologiques des bassins versants : 42

VII.2.1.1 Le temps de concentration 44

VII.2.2 Caractéristiques climatiques et pluviométriques : 45

VII.2.2.1 Climat 45

VII.2.2.2 Les précipitation 45

VII.2.2.3 Calcul de l'intensité de pluie 46

VII.2.3 Calcul du débit maximal dans les bassins (les débits de crue) : 47

VII.3 Etude Hydraulique : 50

VII.4 Zones Marecajeuses 52

VII.4.1 Buses d'équilibre: 53

VII.4.2 Tapis drainant: 53

VII.5 Ouvrages d'assainissement longitudinaux : 54

VII.5.1 Dimensionnement des fossés 55

VII.6 Conclusion 58

CHAPITRE VIII :ETUDE GEOTECHNIQUE ET GEOLOGIQUE

VIII.1 L'étude géologiques 59
VIII.1.1 Introductions : 59
VIII.1.2 Aperçu géologique régionale : 59
VIII.1.3 Contexte géologique de ce tronçon 60
VIII.1.4 Risques géologiques : 61
VIII.2 ETUDE GEOTECHNIQUE : 61
VIII.2.1 Introduction : 61
VIII.2.2 Programme d'investigation géotechnique : 62
VIII.2.3 Campagne De Reconnaissance Géotechnique : 70
VIII.3 Conclusion ..... **Erreur ! Signet non défini.**

CHAPITRE IX :ASSISE FERROVIAIRE

IX.1 Introduction : 80
IX.2 Le ballast 80
IX.3 Caractéristique de ballast 80
IX.4 Sous couche : 81
IX.4.1 Rôle de la sous couche : 81
IX.5 La plate-forme : 81
IX.6 Classification des sols pour la plateforme 81
IX.7 Les classes de la portance de la plateforme : 83
IX.8 Calcul des épaisseurs minimales des couches d'assise 84
IX.9 Application au projet 86
IX.10 Conclusion : 87

CHAPITRE X :.PROFILE EN TRAVERS

X.1 Introduction : 89
X.2 Profile en travers : 89
X.2.1 Les éléments du profil en travers 89
X.2.2 Profile en travers type de mon projet : 90
X.3 Calcul des cubatures 91
X.4 Conclusion 91

CHAPITRE I :LES OUVRAGES D'ART

XI.1 Introduction 92
XI.2 Influence sur le choix du type d'ouvrage 92
XI.3 Croisement avec une route 93
XI.4 Définition et catégories des ponts 93
XI.5 Les ouvrages d'art de notre projet 94

XI.6 Conclusion 94

CHAPITRE XII :CONCEPTION DE LA GARE CHAHBOUNIA

XII.1 Introduction : 95

XII.2 Type de gare : 95

XII.3 Etude du plan de masse d'une gare : 96

XII.4 Aménagement de la gare 96
XII.4.1 Installations d'une gare à voyageur : 96
XII.4.2 Marge de glissement à l'aval des signaux : 97
XII.4.3 Garage franc : 98
XII.4.4 Heurtoir : 98

XII.5 Caractéristiques géométriques des gares 99
XII.5.1 XI.6 La longueur utile d'une voie de stationnement 99
XII.5.2 Déclivité dans les gares : 99
XII.5.3 Quai 100
XII.5.4 Les appareils de voie 101

XII.6 Application Au Projet 104

XII.7 Assainissement dans les gares 105
XII.7.1 Assainissement transversale : 105
XII.7.2 Assainissement longitudinal : 105

XII.8 Profile en travers type : voir annexe 105

CHAPITRE XIII :SIGNALISATION FERROVIAIRE

XIII.1 Introduction : 106

XIII.2 Les principaux risques ferroviaires 106

XIII.3 Implantation des signaux en Algérie: 107

XIII.4 Principe de signalisation ferroviaire : 107
XIII.4.1 Signalisation classique : 107
XIII.4.2 Signalisation moderne 112

XIII.5 Conclusion : 113

CHAPITRE XIV :.IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIV.1 Introduction : 114

XIV.2 Analyse De L'état initial: 114
XIV.2.1 Environnement physique : 114
XIV.2.2 RESSOUCES ET POTENTIALITES 116
XIV.2.3 Habitats et biodiversité 116
XIV.2.4 Indicateurs Socio-économiques : 117

XIV.3 Identification et description des impacts 117
XIV.3.1 Les impacts positifs du projet : 117
XIV.3.2 Les impacts négatifs : 117

XIV.4 Les mesures prises pour minimiser les impacts : 119

CHAPITRE V :Devis estimatif et quantitatif

CONCLUSION GENERALE …….125

RESUME

Le présent projet consiste essentiellement à l'étude avant-projet détaillé (A.P.D) d'un tronçon de la nouvelle ligne ferroviaire Tissemsilt –Boughezoul (tronçon de 22 km), avec aménagement de la gare de Chahbounia.

L'identification des caractéristiques techniques les plus appropriées pour la ligne ferroviaire projetée sera basée sur les recommandations ainsi que les pratiques qui sont suivies par la SNTF et les autres systèmes ferroviaires plus développés normes UIC (union internationale de chemin de fer), la modélisation géométrique du projet a été exécutée sous logiciel CIVIL 3D 2021

مـــلخـــــص

تتعلق هذه المذكرة بدراسة تفصيلية أولية لما قبل المشروع (A.P.D)لجزء من خط السكة الحديدية الجديد الرابط بين بوغزول و تيسمسيلت (**22** كيلومتر) **.** مع تهيئة محطة الشهبونية.

وسيعتمد تحديد الخصائص التقنية لخط السكة الحديدية المقترح على التوصيات وكذلك الممارسات التي يتبعها (SNTF الشركة الوطنية للنقل بالسكك الحديدية) وغيرها من أنظمة السكك الحديدية الأكثر تطوراً معايير UIC (الاتحاد الدولي للسكك الحديدية)، وقد تم تنفيذ النمذجة الهندسية للمشروع تحت برنامج CIVIL 3D 2021

Summary

This project is mainly to study detailed design (ODA) of a section of the new railway line Tissemsilt –Boughezoul (section 22 km), with development of the station Chahbounia

The identification of the most appropriate specifications for the proposed railway line will be based on the recommendations and practices which are followed by SNTF (National Railway Transport Company) and other more developed rail systems UIC standards (International Federation of Railways), geometric modeling of the project was carried out under CIVIL 3D 2021 software

Liste des figures

Figure I.1 La journée d'ouverture de la ligne ferroviaire Stockton et Darlington 4
Figure I.2 Les réseaux ferroviaires algériens..... 5
Figure II.1 1 Plan de situation de la zone d'étude 7
Figure II.2 Localisation du projet..... 9
Figure III.1 image satellitaire illustrative des deux variantes..... 13
Figure III.2 oued Faidh..... 14
Figure:III.3 Portion Carte géologique de la zone d'étude 15
FigureIV.1 les constituant de la section transversal de rail..... 18
Figure IV.2 Profil rail du type UIC60 E1..... 18
Figure IV.3 Travers bibloc 20
Figure IV.4 attache type nabla..... 21
Figure V.1 Schémas illustratif pour les doucines 31
Figure VII.1 Image satellitaire des bassins versant délimités 41
Figure VII.2 Carte de situation de la région étudiée..... 42
Figure VII.3 Ouverture du lit au niveau de l'oued Ouassel pk107+660 43
Figure VII.4 profile type de la zone inondable 54
Figure:VIII.1 les chaines montagneuses en Algerie 59
Figure:VIII.2 Portion Carte géologique de la zone d'étude 60
Figure XII.1 Schématisation de la marge de glissement..... 97
Figure XII.2 Schéma illustratif de garage franc..... 98
Figure XII.3 un heurtoir 99
Figure XII.4 longueurs minimal de tracé..... 101
Figure XII.5 schéma illustratif..... 103
Figure XIII.1 schéma illustratif de canton..... 108
Figure XIV.1 modèle numérique de terrain SRTM..... 116

Liste des tableaux

Tableau IV-1 Caractéristiques de rails du type UIC 60 E1 19
Tableau IV-2 les caractéristiques d'appareils de voie de projet 23
Tableau V-1 Valeurs limites du dévers 26
Tableau V-2 Valeurs limites de l'insuffisance de dévers 26
Tableau V-3 Valeurs limites de l'excès de dévers 27
Tableau V-4 les valeurs de la courbure 28
Tableau V-5 limitation de la courbure 28
Tableau V-6 Le calcule Pour le projet 29
Tableau V-7 Limite de la variation de devers par rapport à la longueur 29
Tableau V-8 Limite de la variation de devers par rapport au temps 29
Tableau V-9 Limite de variation de divers en fonction de rayon et devers de la courbe adjacente 30
Tableau V-10 Limite de variation de l'insuffisance de devers dans les raccordements .. 31
Tableau V-11 Les longueurs minimales des alignements et des pleines courbes, entre milieu de doucines 32
Tableau V-12 Les longueurs minimales des alignements et des pleines courbes sans doucines 32
Tableau V-13 Les longueurs minimales des alignements et pleines courbes sans RP 33
Tableau V-14 Paramètres géométriques du tracé 33
Tableau VI-1 les longueurs minimales des éléments de profile en long 38
Tableau VI-2 Valeurs de Rayon vertical minimale 38
Tableau VI-3 Valeurs des paramètres de profil en long 39
Tableau VII-1 Caractéristiques morphologiques des bassins versants 43
Tableau VII-2 pluies maximales journalières (mm) 46
Tableau VII-3 Coefficient C1 48
Tableau VII-4 Coefficient C2 48
Tableau VII-5 Coefficient C3 49
Tableau VII-6 Résultats de calcul des débits par la méthode rationnelle 49
Tableau VII-7 Résultats de calcul des débits par la méthode de Turazza 50
Tableau VII-8 Liste globale des ouvrages à projeter 52
Tableau VII-9 Listing des buses d'équilibres 53
Tableau VIII-1 tableau récapitulatif des résultats des essais d'identification et de propreté des sols et leur classification GTR 74
Tableau 1-1 tableau récapitulatif Des Essais mécaniques 76
Tableau IX-1 la classe la portance de la plate-forme (normes UIC 719R p.34) 83
Tableau IX-2 structure de la voie ..... Erreur ! Signet non défini.
Tableau X-1 Les cubatures de terrassement 91
Tableau XI-1 Liste des ouvrages d'art pour mon projet 94
Tableau XII-1les branchements 103
Tableau XIII-1 Les principaux signaux ferroviaires et leur indication 109

INTRODUCTION GENERALE :

Les moyens de transport sont les méthodes par lesquels les marchandises et les personnes sont transportées d'un endroit à un autre, Avant l'invention des roues, les gens restaient isolés des autres communautés et ne pouvaient se déplacer qu'à pied sur de courtes distances. Leur invention a changé la vie humaine, aujourd'hui il est possible de voyager autour de la Terre et dans l'espace. Le transport est également un élément important de l'économie, car il est lié à la circulation des personnes et des marchandises. Il a facilité l'accès des entreprises aux matières premières et à leurs clients, élargissant ainsi les possibilités d'acheter et de vendre les biens nécessaires, et amélioré l'accès au marché du travail en reliant les producteurs et les consommateurs, ce qui a permis d'économiser le coût et le temps de transport des marchandises sur les longues distances, il est possible d'utiliser plusieurs modes de transport parmi lesquels on cite :

1. **Le transport routier**

Le transport routier comprend l'utilisation de voitures, de vélos, de camions et d'autobus, ce dernier est plus flexible par rapport aux autres moyens de transport, en outre il a une grande capacité de transporter des marchandises sur de courtes distances, mais le coût élevé de son entretien reste un grand problème

2. **Le chemin de fer**

Est un mode de transport terrestre qui sert la circulation des traines, Parmi ses caractéristiques les plus importantes, il est moins cher, sûr et confortable pour les passagers de longue distance et a la capacité d'accueillir et de transporter des marchandises lourdes et volumineuses.

3. **Transport maritime**

Le transport maritime est le mode le plus important pour la marchandise, il est considéré comme le mode le plus Economique

4. **Le transport aérien**

Est une activité de transport de passagers ou de fret effectuée par voie aérien est un mode de transport rapide.

STRUCTURE DE PROJET DE FIN D'ETUDES :

Le présent projet a pour objet l'étude préliminaire et d'APD du tronçon chahbounia – boughezoul sur 22 km dans le cadre de la réalisation de la Rocade des Hauts Plateaux. Après l'introduction générale une présentation de projet tel que le relief, la climatologie, sismicité...etc. On a fait une étude préliminaire à travers laquelle nous choisissons le couloir d'étude. Ensuite nous définissons les différents composants de la voie, Puis on est passé à la conception géométrique du tracé après on a présenté l'étude géotechnique et géologique et le dimensionnement de la structure d'assise, puis on détermine et on dimensionne les installations de drainage, après cela vient le chapitre des ouvrages

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

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Recherche bibliographique

I.1 Introduction :

Dans le cadre de processus de développement global, l'Algérie a mis tous les moyens. pour le développement de son transport ferroviaire en engageant le dédoublement, la modernisation, l'électrification et la réalisation des nouvelles lignes ferroviaires, la construction des gars moderne pour les passagers et les marchandises a été aussi un peu partout à travers le territoire national.

Parmi les objectifs stratégique, l'état doit mettre en œuvre un plan national qui vise a relier toutes les régions de l'Algérie au réseau ferré afin d'atteindre un réseau capable de stimuler l'économie du pays.

I.2 La naissance de chemin de fer :

Les deux principales composantes du chemin de fer « les voies et la locomotive ont été développées durant la révolution industrielle (1750-1840). Pour des raisons politiques et économiques, où il a été construit pour atteindre des zones isolées et aider à renforcer l'unité politique. La première voie ferrée au monde est mise en service en 1825 au Royaume-Uni par l'ingénieur George Stephenson qui relie par rails les villes de Stockton et Darlington. Sur cette ligne destinée au transport du charbon, les wagons étaient tirés par des locomotives à vapeur.

En 1830, la première ligne de chemin de fer destinée aux voyageurs est construite entre Manchester et Liverpool. C'est sur cette ligne à deux voies, uniquement empruntée par des locomotives à vapeur, qu'est mis pour la première fois en service le transport régulier de voyageurs.

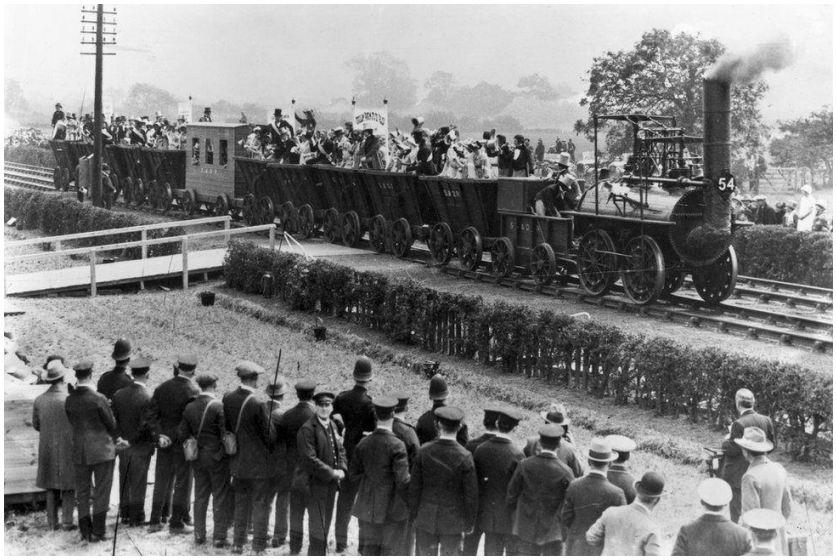


Figure I.1 La journée d'ouverture de la ligne ferroviaire Stockton et Darlington[1]

I.3 Histoire de chemin de fer en Algérie :

I.3.1 Période coloniale

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

I.3.1.1 Premier plan de développement

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

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

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

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

[1] Stockton and Darlington Railway: What's so special about a 200-year-old railway? - BBC News

I.3.1.2 Deuxième plan de développement.

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

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

I.3.1.3 Troisième plan de développement.

- Entre 1907 et 1946 une 3ème campagne d'investissement ajoute 1 614 km au réseau
- Au début de l'année 1925 on comptait 4724 km de chemins de fer auxquels il faut ajouter 127 km de tramways
- En 1941 le Transsaharien relie l'Afrique noire à la Méditerranée.
- A la fin de la Seconde Guerre Mondiale le réseau ferroviaire algérien s'étend sur plus de 5 000 km.

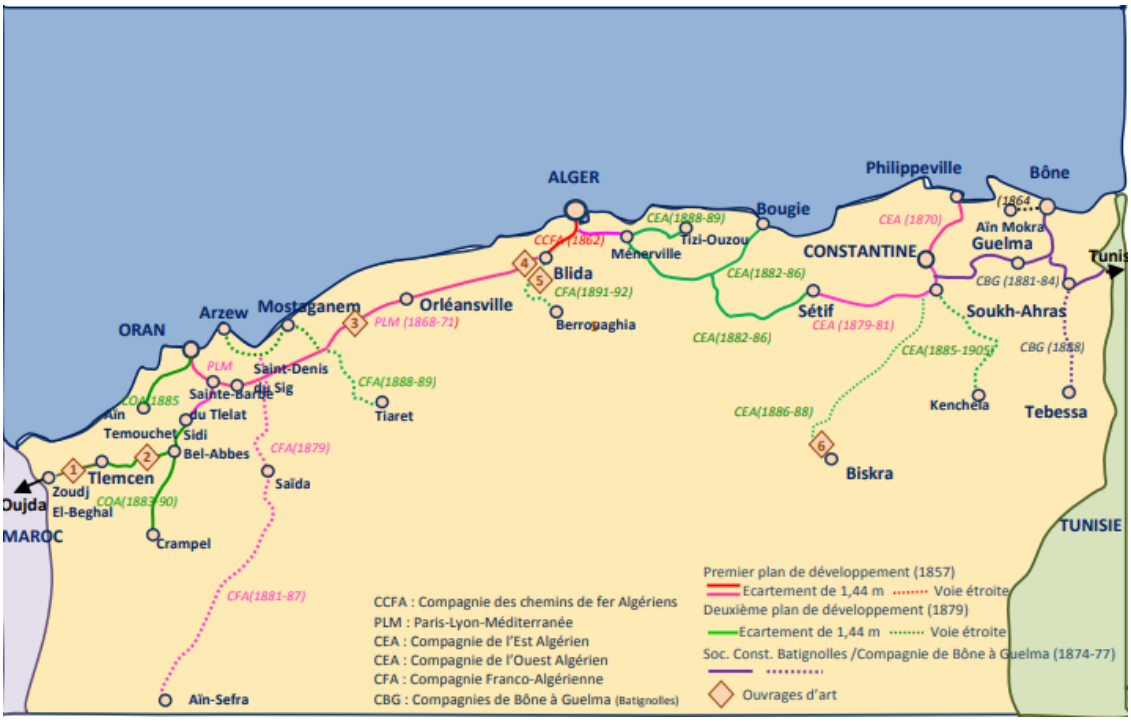


Figure I.2 Les réseaux ferroviaires algériens[2]

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

[2] histiore et culture patrimoine d' Ain kermès : Algérie. Lignes de chemin de fer construites au 19ème siècle (ainkerme.blogspot.com)

I.3.2 Après l'indépendance de l'Algérie

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

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

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

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

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

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

I.4 Conclusion :

Un grand pays d'une superficie énorme comme l'Algérie doit avoir un réseau densifié de chemins de fer malheureusement ce n'est pas le cas, donc l'amélioration de ce secteur est plus que nécessaire pour les investissements et l'augmentation des échanges entre les différentes régions du pays.

CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET

II. Présentation du projet

II.1 Introduction :

Dans le secteur des transports, le chemin de fer Tissemsilt –Boughezoul est l'un des projets importants qui contribueront à la relance de la mobilité économique dans les zones des hauts plateaux

II.2 Présentation du site :

La zone d'étude se situe entre la commune de boughezoul et celle de chahbounia exactement au sud de la ville de Médéa. La ville de Médéa, chef-lieu de wilaya est située à environ 70 Km au Sud d'Alger. La Wilaya de Médéa est limitée par les wilayat suivantes:

- Blida au Nord
- Chlef et Tiaret à l'Ouest
- Bouira à l'Est
- Djelfa au Sud

Elle est composée de 64 communes et 19 Daïrat avec une population de 800 000 habitants (RGPH 2008) et une superficie de l'ordre de 8 700 Km2

-



Figure II.1 1 Plan de situation de la zone d'étude[3]

[3]https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9d%C3%A9a

II.2.1 Relief :

La zone d'étude se situe dans région des hauts plateaux d'altitude dont l'altitude varie de 600 à 670m.

II.2.2 Climat :

Un climat méditerranéen, avec des étés secs et des hivers humides, règne dans cette région.

II.2.3 Sismicité :

Le classement des Hauts Plateaux en une zone d'activités sismiques oblige impérativement à considérer le facteur sismique

D'après le Règlement parasismique Algérien « RPA 99/version 2003 » Le territoire national est divisé en cinq (05) zones, la zone d'étude ce situer dans zone sismique « II a» (sismicité moyenne).

II.3 Présentation du projet :

Le présent projet a pour objet l'étude dans les phases (étude de faisabilité et Avant-projet détaillé) la ligne de chemin de fer Tissemsilt –Boughezoul exactement entre les points kilométriques (Pk 86+000 et Pk 108+000) dans le cadre de la réalisation de la Rocade des Hauts Plateaux et ses interconnexions avec la rocade Ferroviaire est-ouest (Oran - Alger - Annaba).

Le tracé constitue une nouvelle liaison ferroviaire entre Tissemsilt et Boughezoul Sur L = 131,065 km, cette ligne est conçue comme ligne de Grande vitesse (LGV) sur voie normale, avec des caractéristiques géométriques selon les Standards UIC.

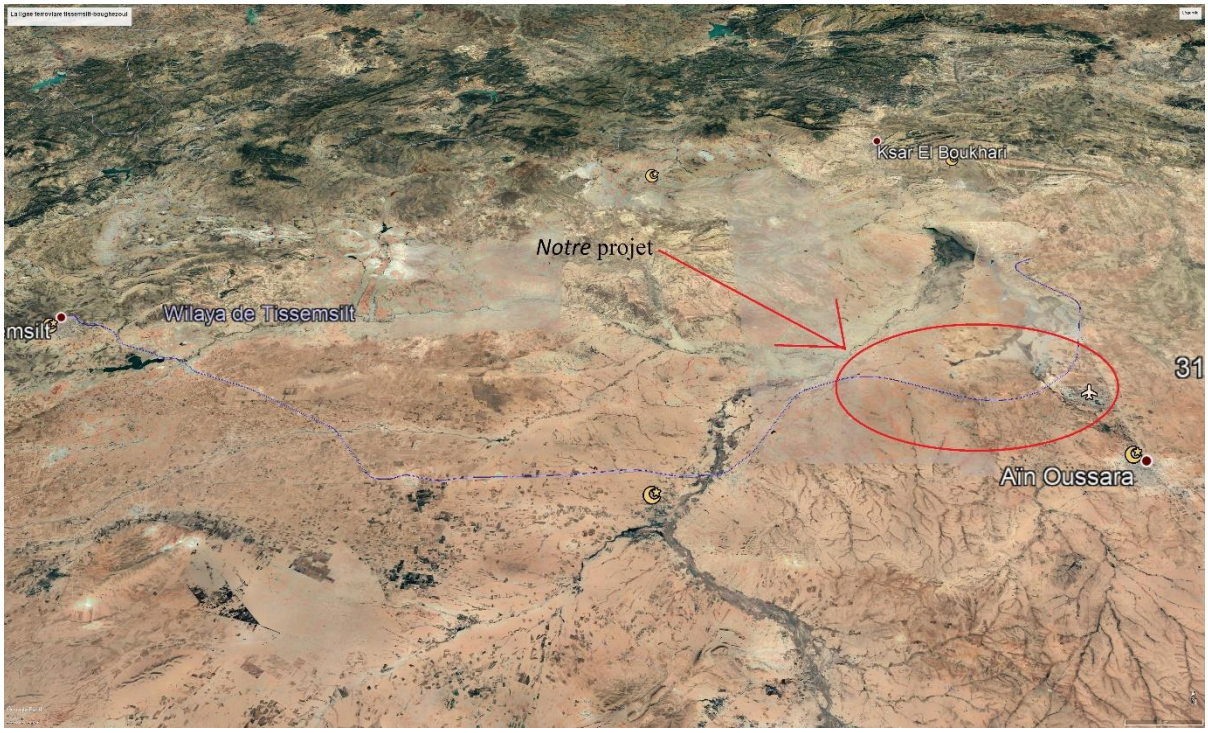


Figure II.2 Localisation du projet

Notre étude est définie du PK 86+000 au PK 108, avec l'aménagement d'une gare de chahbounia.

II.3.1 Les caractéristiques du projet

- **Conditions de Base :**

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

- **Caractéristiques de Base :**

- Longueur 22+578km
- Caractéristiques géométriques selon les standards UIC
- Pont-rail et pont-route prévus pour double voie
- Trafic mixte voyageurs et marchandises
- Traction actuellement diesel
- Gares de croisement conçues pour garer des trains de 750 m

II.3.1.1 Caractéristiques de la Voie

- **Ecartement :**

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

- **Gabarit :**

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

- **Charges à l'essieu :**

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

- **Vitesses :**

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

- **Entraxes des voies :**
- L'axe de la deuxième voie sera placé ultérieurement à 4,20 m de l'axe de la voie unique

II.3.2 Superstructure

– Rails :

En pleine voie et en gares, rail UIC 60 E1

– Traverse :

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

– Attache :

Attaches élastiques de type NABLA

– **Appareils de voie** :

Choisis dans la gamme ci-après :

- UIC-60 300-1 :9 avec une vitesse de 50 km/h
- UIC-60 500-1 :12 avec une vitesse de 60 km/

II.4 Conclusion :

Le pays consent actuellement un grand investissement pour la relance de ce secteur, ceci va permettra l'émancipation de nombreuse région qui va sortir en mémé temps de leur isolement géographique.

CHAPITRE III : ÉTUDE DE FAISABILITE

III. Étude de faisabilité

III.1 Introduction :

Les études préliminaires accompagnent l'étude économique de faisabilité. Les choix de tracé appartenant aux autorités qui auront à décider du principe de l'opération, le souci du projeteur est de présenter diverses variantes de trace et leurs couts de construction.

A ce stade de l'étude, on utilise les documents existants (cartes au 1/ 50000 ou au 1/ 25000, cartes géologiques)

Cette étude préliminaire est, avant tout un travail d'ingénieur, basée à la fois sur la synthèse des renseignements existants et sur les indispensables reconnaissances sur le terrain, au moins des points clés (topographiques, géologiques, hydrologiques, d'urbanisation, etc.). Elle comprend :

- Un tracé d'axes sur cartes,
- Un profil en long du terrain naturel et du projet,
- Une première étude géologique,
- Une étude de terrassement limitée au ca1cul des volumes de déblais et remblais, complétée par une estimation forfaitaire des transports,
- Un inventaire des ouvrages importants (création et rétablissements routiers, ouvrages hydrauliques importants avec une appréciation des petits rétablissements),
- Une estimation du cout. L'intérêt de ces estimations réside surtout dans les comparaisons entre variantes.

III.2 Présentation des variantes :

Le projet présente l'étude de tracé de la voie ferrée reliant la ville de chahbounia et la nouvelle ville boughezoul. cette étude permet de concevoir deux variantes afin de trouver la meilleure solution adaptée pour la réalisation de mon projet

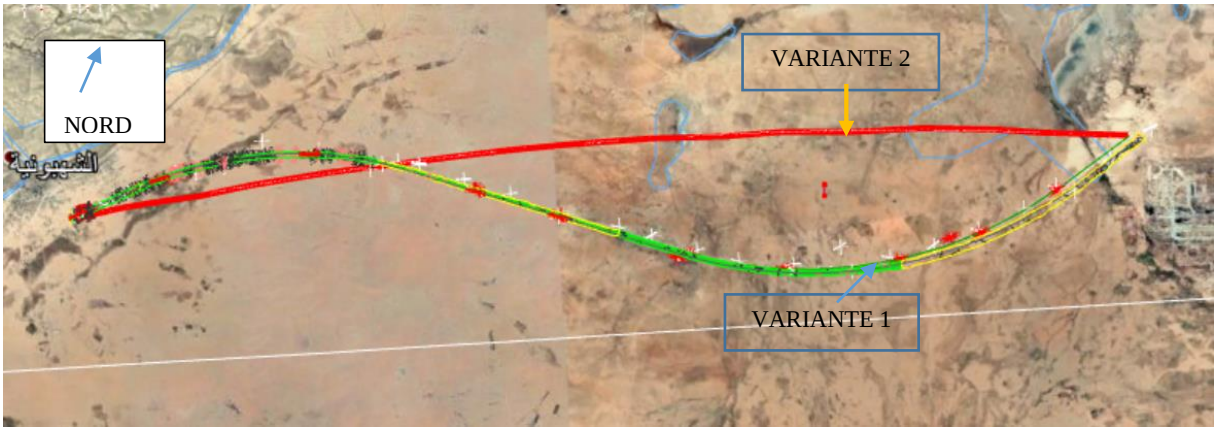


Figure III.1 image satellitaire illustrative des deux variantes

III.2.1 . Caractéristiques géométriques globales :

Cette ligne nouvelle à voie unique est conçue pour une vitesse maximale de 160 km/h. Les caractéristiques géométriques et techniques pour les études préliminaire seront basées sur les caractéristiques fondamentales et les recommandations UIC et S.N.T.F

III.2.2 Description des variantes

III.2.2.1 Variante 1

Au premier lieu l'origine de la variante 1 est de PK86+000 à l'ouest de la commune chahbounia cette dernière contourne une zone épisodiquement inondable du Dait el kahla. Le tracé Sud-Est qui rallonge la ligne a permis d'éviter les Sebkha situées plus en Nord (au sud de la ville de Boughezoul).

Passant par un terrain a un relief plat, des terrains agricoles et des pistes donc elle nécessite des passages supérieur pour permettre aux agriculteurs de se déplacer des deux côtés du rail, cette variante traverse les deux cours d'eaux oued Ouassel ,oued Faidh,ce dernier comme son nom l'indique était en crue (voir photo ci dessous) sur les cartes elle est dénommée "marécages de Chahbounia"



Figure III.2 oued Faidh

III.2.2.2 Variante 2

Au 2ème lieu la seconde variante représente la trajectoire la plus courte. Cette dernier travers plusieurs sebkha passant par un terrain a un relief plat, des terrains agricoles et des pistes donc elle nécessite des passages supérieur pour permettre aux agriculteurs de se déplacer des deux côtés de la voie, elle franchissent oued Ouassel avec un lit plus grand par rapports a la 1er variant donc il aura un pont rail de longueur plus important, aussi elle franchisse oued Faidh, comme son nom l'indique était en crue sur les cartes elle est dénommée "marécages de Chahbounia"

III.3 Geologie

D'après l'analyse de la carte géologique au 1/50000ème:nous avons conclu que le tracé des deux variantes s'étant généralement sur des ***roches cohérentes néogènes*** et des formations ***quaternaires,*** limon et les tufs sablo-argileux (sols fins à grenu) donc des Roch sédimentaires.

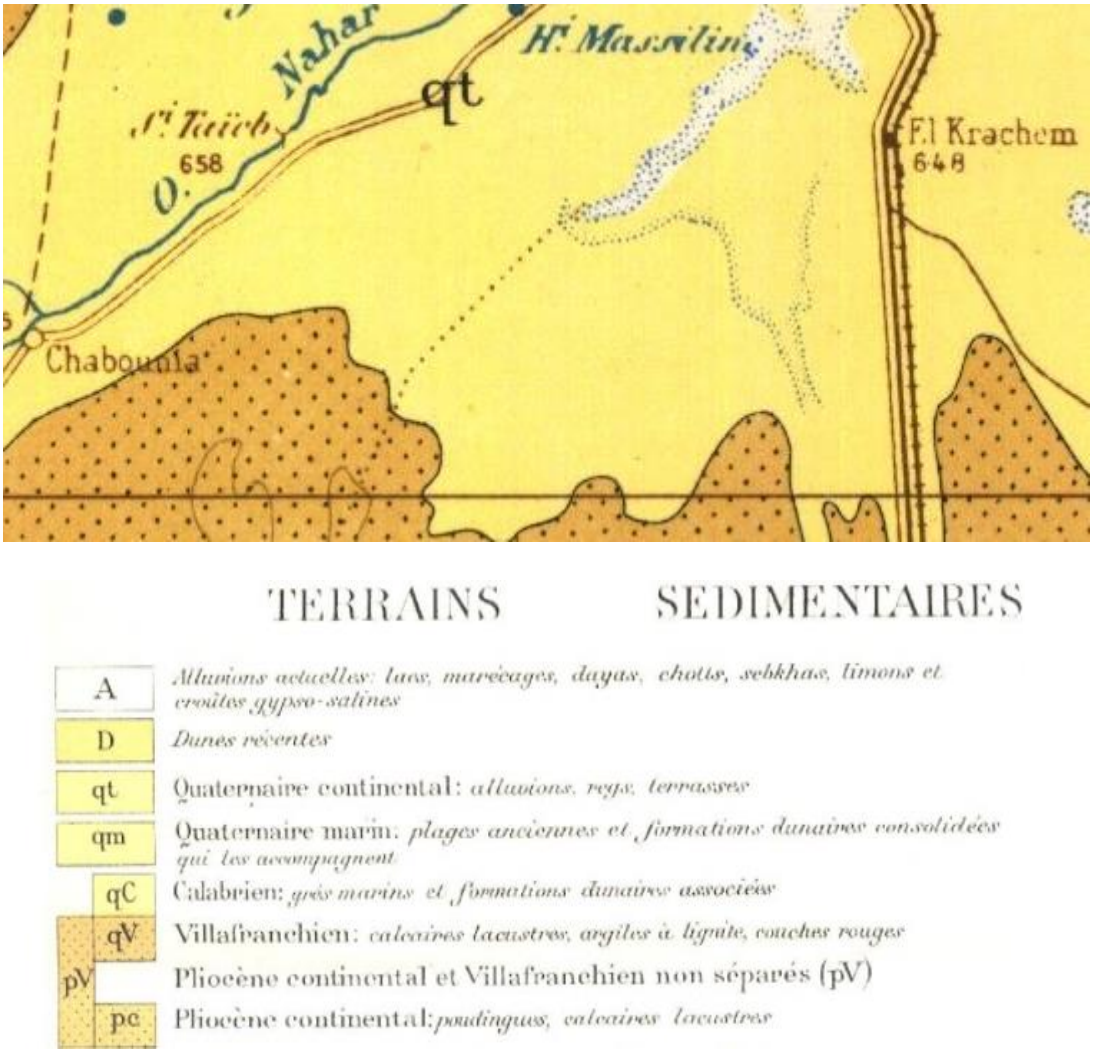


Figure:III.3 Portion Carte géologique de la zone d'étude

III.3.1 Critères techniques :

Désignation	Variante1	Variante2
Longueur Total (m)	**22597.838m**	**21492.600m**
Nombre de virages	**2**	**1**
Rayon min (tracé en plan)	**7500m**	**80000**
Divers théorique max	**25**	**2**
Déclivité max	**6.2‰**	**9.4‰**
Nombre de raccordement (profil en long)	**9**	**6**
Nombre de pont rail	**1**	**1**
Longueur pont rail (m)	**330**	**1500**
Volume des Remblais (m^3)	**354727**	**600876**
Volume des déblais (m^3)	**114372**	**198519**
Portion de la zone inondable traversée (Km)	**1.8305**	**Plus de 5km**

III.3.2 Comparaison des deux variant

Nous allons faire une comparaison entre les deux variantes, d'après la carte d'état-major de la région et de la Catre géologique a 1/50000. Le terrain traversé pour les deux conceptions est de forme plane (faible dénivelé) avec une géologie représentée par des formations néogènes et quaternaires, d'autre part ces variantes passent par oued ouassel donc il est nécessaire de construire un pont rail. Ce dernier est plus long pour la 2eme variante. En plus de cela elle traverse des zones inondables qui sont nombreuses pour la 2^{eme} conception. Qui conduit à l'inévitabilité de traiter son sol et de payer plus de frais

III.3.3 Conclusion :

Grace à L'analyse comparative et multicritère des deux variantes, nous a permis d'opter pour la variante 01 qui présente les critères techniques et économiques les plus avantageuses. Donc on va étudier cette variante plus approfondiment dans la phase avant-projet détaillé APD

CHAPITRE IV : SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

IV. Superstructure de la voie

IV.1 Introduction:

Une structure de voie ferrée est conçue pour fournir un transport sécurise s'inscrivant dans une démarche de développement durable. Ceci exige que la voie supporte la masse roulante et sa répartition sur le sol en plus d'assurer le guidage des roues des véhicules par les deux files de rails, Pour obtenir ce résultat, les différents composants du système doivent assurer des fonctions spécifiques dans la structure de la voie. Celle-ci se divise en deux sous-structures : les couches d'assise et la plate-forme

IV.2 Les couches d'assise :

Les couches d'assise sont constituées de plusieurs éléments

IV.2.1 Le rail :

Les rails sont des poutres en acier mises bout à bout et posées sur les travers en deux lignes parallèles afin de constituer la voie ferrée,

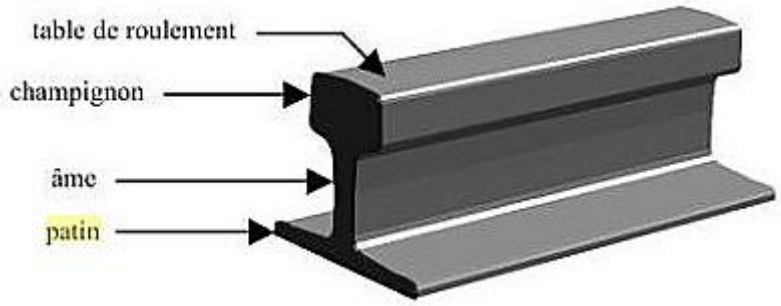
Pour favoriser le centrage des roues de traine, Les rails sont généralement inclinés par rapport au plan de roulement avec une pente de 1/20

Le rail doit assurer les fonctions suivantes :

1. Supporter les efforts provoqués par la charge roulante, La voie donc reprend les efforts verticaux (poids) et horizontaux (force centrifuge) transmis par le train. Elle est également soumise à des efforts longitudinaux (la dilation ou la rétractation des rails, action d'accélération et de freinage)
2. Réaliser le guidage des roues et ces mouvements
3. Transmet le courant électrique, pour assurer la signalisation et pour la traction des traines sur les lignes électrifier

Les caractéristiques mécaniques et géométriques de la section transversale de rail sont spécialement conçues pour remplir 1 2, 3

. Pour cela en présente le profil de rail utilisé actuellement (rail VIGNOLE)

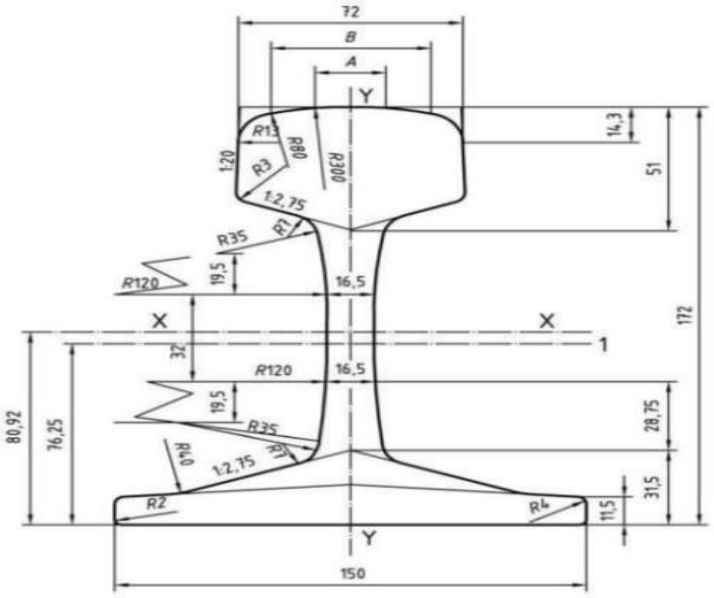


IV.1 les constituant de la section transversal de rail[4]

Pour une section transversale d'un rail du type Vignole on distingue

- Le patin qui s'appuie sur la traverse
- Le champignon qui constitue la table de roulement
- L'âme : c'est la partie verticale qui relie le champignon au patin

Dans notre projet on utilise le rail Vignole du type 60 E1



IV.2 Profil rail du type UIC60 E1[5]

[4] Construction de la LGV V.2 - FreeLUG
[5] 1: Vignole-rail profile (60 E1) [www.voestalpine.com] | Download Scientific Diagram (researchgate.net)

Tableau IV-1 Caractéristiques de rails du type UIC 60 E1[6]

Caractéristique	Valeur
Masse	60.21 kg/ml
Surface de la section	76.7 cm^2
Hauteur du rail	172 mm
Largeur du champignon	72 mm
Largeur du patin	150 mm
Moment d'inertie (axe x-x)	3038.3 cm^4
Moment d'inertie (axe y-y)	512.3 cm^4
Résistance à la traction	$R \geq 880$ N/mm^2
Allongement	$R \geq 10\%$
durté au milieu de la table de roulement	260-300 HBW

IV.2.1.1 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 :

1. **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
2. **Soudures :** après fabrication ,les rail de 18 à 36 mètre sont transporté par des trains , vers des ateliers de soudage électrique ,le soudage électrique permet de

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

réaliser des long barres soudées (dites « LRS »)qui , transportées par des véhicules spéciaux (train en général) , seront déposée sur des voie soit en construction neuve ,soit sur de long portion en réparations ,Ces LRS constituent des unités élémentaire assez long (400 mètre) que seront ultérieurement soudées entre elle par des soudure aluminothermique

IV.2.2 Les travers :

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

Il ne sera question que des traverses les plus utilisées en Algérie :

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

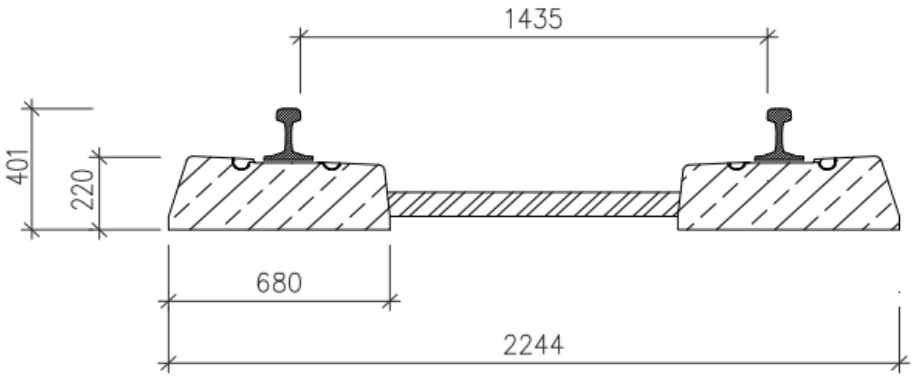


Figure IV.3 Travers bibloc[7]

[7] AGENCENATIONALED'ETUDESET DE SUIVI DE LA REALISATION DES INVESTISSEMENTS FERROVIAIRES DIRECTION VOIE OUVRAGE BATIMENT

IV.2.2.1 Rôle de travers **:**

La transmission des efforts entre le rail et le ballast se fait par cette pièce qu'assure en même temps le maintien de l'écartement et l'inclinaison du rail 1/20

IV.2.3 Les attaches travers-rail :

Elles permettent la fixation du rail sur le travers par l'intermédiaire du tire-fond, elles assurent à la fois une élasticité dans les sens verticale et horizontal, une semelle d élastomère cannelée de 9 mm d'épaisseur est posée entre le rail et la traverse afin d'assurer l'absorption des vibrations dans les rails



Figure IV.4 attache type nabla[8]

[8] http://www.railfasteners.fr/big_img.html?etw_path=http://www.railfasteners.fr/1-4-elastic-rail-clip.html&big_etw_img=1-rail-fastening/4-4-1b.jpg

IV.2.4 L'appareil de voie :

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

Il existe trois catégories d'aiguilles :

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

En général, les appareils de voie sont construits en atelier avant d'être installées à leur emplacement définitif, trois éléments constitutifs permettent de construire tous ces appareils :

- Aiguillage (la partie mobile)
- Le croisement proprement dit (qui comprend essentiellement le cœur de croisement)
- Une partie intermédiaire

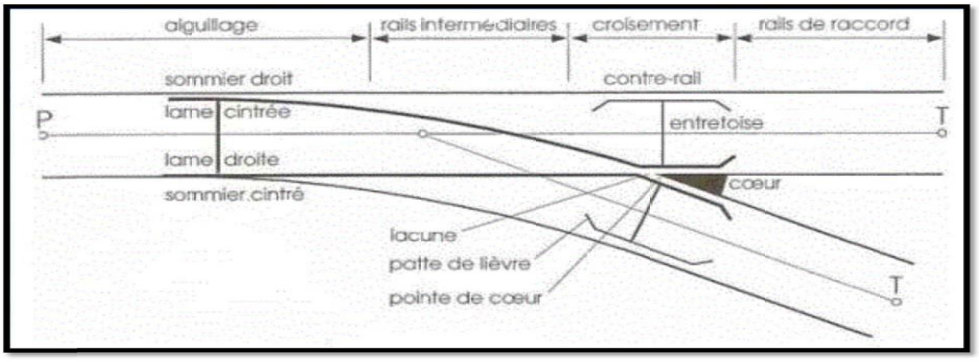


Figure IV-5 Un branchement et ses éléments constitutifs.[9]

Pour mon projet j'utilise :

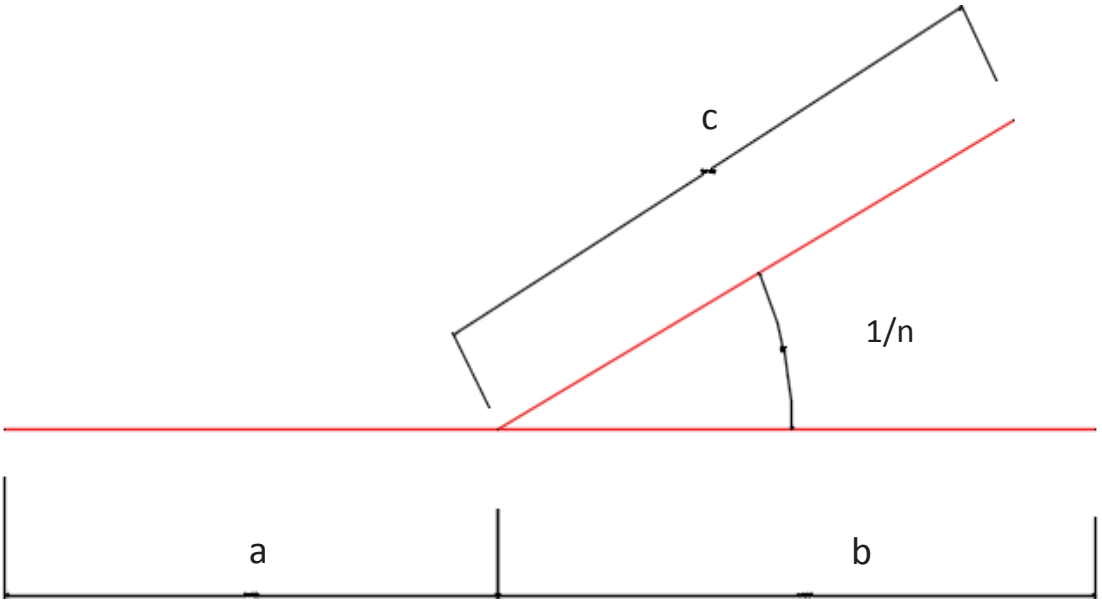
- UIC-60 300-1:9 avec une vitesse de 50 km/h

[9] SNCF 2003, IN2915

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

Tableau IV-2 les caractéristiques d'appareils de voie de projet

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



IV-6 shéma 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

IV.3 Conclusion :

Les couches d'assise sont constituées de plusieurs élément : le rail constituer le premier élément de contact entre le véhicule et la voie, la géométrie de sa section est justifiée pour

permettre une bonne répartition des contraintes son rôle est de guidé le traine et de repartir la charge sur plusieurs traverses .la travers transmet les efforts entre le rail et le ballast.

CHAPITRE V : TRACE EN PLAN

V. Tracé en plan

V.1 Introduction :

Le tracé en plan dessine la trajectoire de la ligne vue du dessus, ce dernier représente la projection horizontale de la voie sur une carte topographique ou un plan de situation où le relief du terrain est représenté par des courbes de niveau. Il est constitué par une succession de segments de droites et d'arcs de cercles raccordés entre eux par des courbes de transition.

En courbe circulaire de rayon R, tout point de masse m animé d'une vitesse constante subit une accélération perpendiculaire à la trajectoire, de valeur : $a=\frac{V^2}{R}$ (dirigée vers l'extérieur de la courbe). L'établissement de tracé d'une voie ferrée, tant en plan qu'en profil, résulte de la nécessité de limiter les effets de cette accélération centrifuge produite lors du franchissement de ces courbe. D'autre part les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions d'exécution et d'exploitation

Notre projet est caractérisé par deux vitesses :

Vr : vitesse des trains rapides (voyageurs)

Vl : vitesse des trains lents (marchandises)

V.2 Conditions a respecté dans le tracé en plan :

Pour faire un tracé économique et technique, on doit analyser les facteurs les plus déterminants et respecter les règles suivantes :

- Comme c'est une étude en APD, on ne doit pas sortir du couloir choisi
- Raccordement à la voie existante au début et fin du projet.
- Respecté Le rayon et les longueurs minimum recommandé par la SNTF
- Utiliser le maximum d'alignement.
- Suivre les courbes de niveau afin de diminuer les terrassements
- Eviter le franchissement des oueds et des routes dans la mesure du possible pour éviter les travaux d'ouvrages d'art, dans le cas où on ne peut pas éviter ça, il est préférable que le franchissement se fait perpendiculairement à la ligne d'écoulement des oueds ou bien dans les endroits les plus étroits.
- Eviter les zones où il y a des problèmes géologiques

V.3 Les Elément de tracé en plan

Le tracé en plan d'une voie ferrée est constitué d'alignements et de courbes raccordés le plus souvent entre eux par des éléments de transition

V.3.1 L'alignement :

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

V.3.2 Arc de cercle :

Comme tout mobile se déplaçant à une certaine vitesse, un train et ses passagers subissent les effets de la force centrifuge Fc= $\frac{mVv^2}{R}$ dans les courbe, cette force peut conduire au déraillement du train et la fatigue de la voie, pour composer cette attraction vers l'extérieur de la courbe, il est nécessaire d'incliner la voie vers l'extérieur, cette différence de niveau entre le rail extérieur et le rail intérieur d'une même voie s'appelle le divers

V.3.2.1 Devers Théorique :

La valeur théorique du dévers qui compense entièrement la force centrifuge est égale à $\frac{11,8V^2}{R}$ mm pour une voie-normale, où 'V est la vitesse en km/h et 'R' le rayon de la courbe en m

V.3.2.2 Dévers réel ou pratique :

- **Influence du trafic mixte (voyageurs et marchandises) sur la valeur du dévers :**

En pratique, rouler en dévers théorique est impossible car les trains roulent à des vitesses minimales différentes selon leur nature (trains lents et trains rapides), Pour cela, il a été convenu de définir un devers réel

- **Fixation du dévers Réel :**

- une première approche du dévers réel

0, 5dth<dp<0,7dth

- La seconde formule pour fixer le dévers réel, prend en considération le coefficient de dévers C

  dp=$\frac{1000C}{R}$ <dp (max) ou C=0 ,006V^2

  C doit être un multiple de 15

La SNTF a retenu Pour une vitesse V≤220 Km/h

- **le divers maximal dp(max) en plain courbe :**

  La valeur de divers maximal doit satisfaire la condition suivante

Tableau V-1 Valeurs limites du dévers[10]

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

V.3.2.3 Insuffisance de divers

Le dévers théorique qui assure l'équilibre de train rapide est supérieur aux dévers pratique, ce qui donne des efforts transversaux non compense qui peuvent présenter un danger au-delà d'une certaine vitesse (déplacement ou dégradation de la voie ou déraillement), Donc on limite la valeur de ces efforts en limitant la valeur de la différence des devers. C'est la limitation de la valeur de l'insuffisance de devers I

Insuffisance de divers est exprimée par la formule :

I= dth – dp=$\frac{11.8*Vv^2}{R}$- dp<Imax

Limitation d'insuffisance de dévers en plain courbe :

La SNTF à retenu Pour une vitesse V≤220 Km/h

Tableau V-2 Valeurs limites de l'insuffisance de dévers[11]

Valeur recommande [mm]	150
Valeur maximale [mm]	160

[10] REFERENTIELS TECHNIQUES SNTF
[11] REFERENTIELS TECHNIQUES SNTF

V.3.2.4 Excès de devers

Le dévers théorique qui assure l'équilibre de train lent est inférieur aux devers pratique**,** **ce** qui donne des efforts transversaux non compense qui tend a poussé le véhicule vers l'intérieur de la **voie**, Donc on limite la valeur de ces efforts en limitant la valeur de la différence des devers. C'est la limitation de la valeur de l'excès de devers E

Excès de divers est exprimé par la formule :

$E=dp-dth=dp-\frac{11.8*Vm^2}{R}$**<Emax**

Limitation de L'Excès de dévers en plain courbe

La SNTF a retenu Pour une vitesse V≤220 Km/h

Tableau V-3 Valeurs limites de l'excès de dévers[12]

Valeur recommande [mm]	**110**
Valeur maximale [mm]	130

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

Pour limiter l'effet de la force centrifuge sur la voie et pour éviter l'usure du rail et assurer le confort des passagers une valeur minimale est admise pour le rayon.

Le divers pour le rayon minimum :

$d(Rmin)=\frac{Emax.VVoy^2+Imax.Vmar^2)}{Vvoy^2-Vmar^2}$**<dpmax**

La valeur de rayon minimal est le max entre :

- En fonction de I et Dp ---- (Vitesse voyageurs)

  $Rmin=\frac{11.8*Vm^2}{Imax+dp}=$

– En Fonction de E max et Imax

$Rmin=\frac{11.8(Vvoy^2-Vmar^2)}{Imax+EMAX}$

[12] REFERENTIELS TECHNIQUES SNTF

V.3.3 Courbe de raccordement :

La discontinuité de courbure au point de contact entre un alignement et un arc de cercle provoque l'apparition instantanée d'une accélération transversale. Ce changement brusque de l'accélération transversale n'est pas souhaitable du point de vue du confort de voyageurs et de la stabilité transversale du véhicule. Donc, il faut introduire entre l'alignement et la courbe circulaire un raccordement qui puisse assurer une variation graduelle d'accélération.

Parmi les courbes mathématiques qui satisfont à la condition souhaitée d'une variation continue de la courbure. On choisit la clothoïde

On construit des courbes de raccordement entre :

- Un alignement et une courbe
- Entre deux courbes de même sens avec des rayons différents
- Une courbe et contre courbe

L'emploi des courbes de raccordement se justifier par le calcul de la courbure Δc

Tableau V-4 les valeurs de la courbure

Alignement-courbe	$\Delta c=\frac{1000}{R}$
deux Courbe de même sens avecR1≠R2	Δc=1000/R1-1000/R2
Une courbe et contre courbe	Δc=1000/R1+1000/R2

Les courbes de raccordement sont recommandés si

$$\Delta c \geq \frac{2000}{Vmax^2}$$

Les courbe de raccordement sont obligatoires si

Tableau V-5 limitation de la courbure

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

Le calcule Pour mon projet

Tableau V-6 Le calcule Pour le projet

Raccordement recommandé si	$\mathbf{R} \leq \frac{1000*160^2}{2000}$=12800m
Raccordement obligatoire	$\mathbf{R} \leq \frac{1000*160^2}{7000}$=3657.1m

V.3.3.1 Variation de dévers dans le raccordement :

Pendant son mouvement sur les raccordements, un véhicule subit une rotation progressive autour d'un axe parallèle à celui de la voie et un gauchissement normalement limité par l'action des ressorts de suspension. Donc, le gauchissement et la vitesse de rotation doivent être limités pour assurer un roulement régulier dans les raccordements.

Dans le raccordement parabolique, le divers varier progressivement de 0 à dp

, la variation de divers Δd sur la longueur Δl est exprimé par :

$\frac{\Delta d}{\Delta l}$ En (mm/m)

Limite da la variation de divers :

La variation de divers doits satisfaire aux deux conditions suivantes

- **1ère condition :** fonction de la vitesse du mouvement le plus rapide

Cette torsion ne peut pas dépasser les valeurs ;

Tableau V-7 Limite de la variation de devers par rapport à la longueur[13]

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

Tableau V-8 Limite de la variation de devers par rapport au temps[14]

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

[13] REFERENTIELS TECHNIQUES SNTF
[14] REFERENTIELS TECHNIQUES SNTF

2ème condition : fonction des valeurs du devers et du rayon de la plein courbe adjacente aux raccordements considérés :

Tableau V-9 Limite de variation de divers en fonction de rayon et devers de la courbe adjacente

Valeur Du Devers En plein courbe	Valeur limite de la variation de dévers
$(R-100)\ /2 \geq dp \geq (R-150)\ /2$	$\Delta d/\Delta l \leq 2mm/m$
$(R-150)\ /2 \geq dp \geq (R-250)\ /3$	$\Delta d/\Delta l \leq \mathbf{3}\ mm/m$
$(R-250)\ /3 \geq dp$	$\Delta d/\Delta l \leq \mathbf{4}\ mm/m$

Il en résulte pour la longueur de raccordement Lmin

Lmin=$\frac{dp*Vmax}{180}$ et exceptionnellement Lmin=$\frac{dp*Vmax}{216}$

V.3.3.2 Variation de l'insuffisance de divers dans le raccordement :

Dès que la vitesse du train est supérieure à la vitesse d'équilibre, le voyageur subit l'effet de la force centrifuge non compensée, due à l'insuffisance de devers.

Dans le raccordement parabolique cette force est croissant et le voyageur doit s'adapter progressivement, et si possible inconsciemment, a l'insuffisance constante du plain courbe.

Cette variation d'insuffisance « ΔI ». s 'exprime par rapport à Δt en mm/s.

$\frac{\Delta I}{\Delta t}=\frac{\Delta I}{\frac{\Delta L}{v}}$ v en m/s

V=v/3.6 V en km/h

D'où $\frac{\Delta I}{\Delta t}=\frac{\Delta I}{\Delta L}*\frac{V}{3.6}$

Limite da la variation de l'insuffisance de divers :

Tableau V-10 Limite de variation de l'insuffisance de devers dans les raccordements[15]

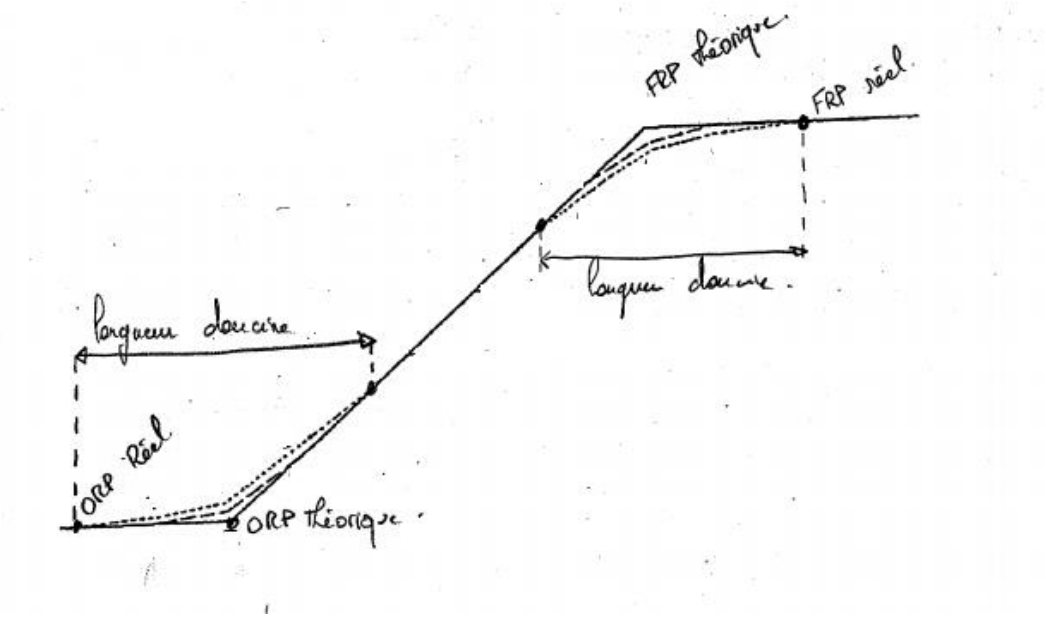
Valeur limite normale	**75 mm/s**
Valeur limite exceptionnelle	**90m/s**

V.3.4 Les doucines :

Au changement de pente du rail haut entre un raccordement progressif et un élément de tracé constant (alignement ou pleine courbe), le véhicule subit une accélération du mouvement de roulis. Pour limiter cette accélération, il est nécessaire d'introduire un raccordement circulaire entre les pentes du rail haut centré sur le point de rupture de pente (ORP ou FRP).

L'emploi des doucines :

Lorsque la vitesse des trains de voyageurs est supérieure ou égale à 60 km/h et la variation de dévers significative (supérieure à$\frac{60}{V}$), il est nécessaire d'insérer des doucines sur les extrémités des RP



V.1 **Schémas illustratif pour les doucines**

[15] REFERENTIELS TECHNIQUES SNTF

V.3.5 Longueur minimale des éléments de tracé :

Afin de ne pas engendrer de sollicitations des véhicules défavorables au confort d'une part et de pouvoir les maintenir par bourrage dressage mécanique lourd d'autre part, les éléments de tracé doivent être d'une longueur suffisante. Courbes avec RP et doucines

V.3.5.1 Courbes avec RP et doucines :

Les doucines ont des longueurs normales comprises entre 30 et 40 m. La longueur minimale peut-être exceptionnellement abaissée à 20 m.

Les longueurs minimales des alignements et des pleines courbes, entre milieu de doucines, doivent respecter les valeurs du tableau ci-dessous :

Tableau V-11 Les longueurs minimales des alignements et des pleines courbes, entre milieu de doucines[16]

Valeur normale	$\frac{Vmax}{2}$=80m
Valeur exceptionnelle	$\frac{Vmax}{3}$=53.33m

La longueur minimale normale du RP entre milieux de doucines est de 60 m.

Exceptionnellement cette longueur peut être abaissée à 50 m.

V.3.5.2 Courbes avec RP sans doucines :

Les longueurs minimales des alignements et des pleines courbes doivent, dans ce cas respecter les valeurs du tableau suivant :

Tableau V-12 Les longueurs minimales des alignements et des pleines courbes sans doucines[17]

Valeur normale	$\frac{Vmax}{3}$=53.33m
Valeur exceptionnelle	$\frac{Vmax}{5}$= 32m

La longueur minimale des RP est de 30 m pour le bourrage.

[16] REFERENTIELS TECHNIQUES SNTF
[17] REFERENTIELS TECHNIQUES SNTF

V.3.5.3 Courbes sans RP

Les longueurs minimales des alignements et pleines courbes doivent respecter les valeurs du tableau ci-dessous :

Tableau V-13 Les longueurs minimales des alignements et pleines courbes sans RP[18]

Valeur normale	$\frac{Vmax}{3}$=53.33m
Valeur exceptionnelle	$\frac{Vmax}{5}$= 32m

V.4 Application au projet :

Selon la SNTF on a les données suivantes :

Tableau V-14 Paramètres géométriques du tracé

Vitesse des trains rapides (voyageurs).	160 km/h
Vitesse des trains lents (marchandise)	100 km/h
Excès de dévers (valeur limite normale)	110mm
Insuffisance de dévers maximum	150 mm
Dévers max	160 mm
Variation de dévers (valeur limite normale)	150 mm
Variation de l'insuffisance de dévers (Valeur limite normale)	75~~mm~~m/s
Variation de dévers (valeur limite normale)	1.125 $\overline{mm/m}$

- **Calcul le rayon minimal :**

d(Rmin)= $\frac{\boldsymbol{Emax}.\mathrm{VVoy}^2+\mathrm{Imax}.\mathrm{Vmar}^2)}{\mathrm{Vvoy}^2-\mathrm{Vmar}^2}$<**dpmax** **AN** $\frac{\mathbf{100}.160^2+150.100^2)}{160^2-100^2}$ **=260mm/m v**

d(Rmin) utilisé d(Rmin)=160mm/m

La valeur de rayon minimal est le max entre :

- En fonction de I et Dp ---- (Vitesse voyageurs)

[18] REFERENTIELS TECHNIQUES SNTF

- Rmin=$\frac{11.8*Vm^2}{Imax+dp}$ **AN :** $\frac{11.8*100^2}{150+160}$ **=974.45m**

– En Fonction de E max et Imax

- Rmin =$\frac{11.8(Vvoy^2 - Vmar^2)}{Imax+EMAX}$ **AN :** $\frac{11.8(160^2 - 100^2)}{150+110}$

=708 m

Rmin utilisé Rmin=1000m

- Calculons dp correspond a R=1000 m dp=1000*160/1000=160 mm

V.4.1 Application au projet pour R = 7500 m :

- dp=$\frac{Rmin*d(Rmin),}{R}$ AN : dp=$\frac{1000*160,}{7500}$ =21.33 mm
- Dp utilisé dp=30 mm
- dth=$\frac{11.8*Vv^2,}{R}$ AN: dth=$\frac{11.8*160^2,}{7500}$=40.28 mm
- dl=$\frac{11.8*Vm^2,}{R}$ AN: dl=$\frac{11.8*100^2,}{7500}$ =15.73 mm
- $I = dth - dp$ AN: I = 40.28 − 30=10.28mm
- $E = dp - d$th AN : E = 30 – 15.733=14.267mm
- 3657.1m<R<12800m Les courbes de raccordement sont recommandés
- **Δd/Δl=180/Vmax** AN : **Δd/Δl=180/160**=1.125
- (RP)min=$\frac{1}{\Delta d/\Delta l}$*dp AN: $L(RP)$min =$\frac{1}{1}$*30=30m

  (RP) utilisé (RP)=70
- $\frac{\Delta I}{\Delta t}=\frac{I}{L}*\frac{V}{3.6}$ AN: $\frac{\Delta I}{\Delta t}=\frac{10.28}{70}*\frac{160}{3.6}$

  =6.527mm/s
- $\frac{\Delta dp}{\Delta t}=\frac{dp}{Lrp}*\frac{V}{3.6}$ AN: $\frac{\Delta dp}{\Delta t}=\frac{30}{70}*\frac{160}{3.6}$

  =44.44mm/s

V.4.2 Application au projet pour R = 9000 m :

- dp=$\frac{Rmin*d(Rmin),}{R}$ AN : dp=$\frac{1000*160,}{9000}$ =17.77 mm
- Dp utilisé dp=20 mm
- dth=$\frac{11.8*Vv^2,}{R}$ AN: dth=$\frac{11.8*160^2,}{9000}$=33.564 mm
- dl=$\frac{11.8*Vm^2,}{R}$ AN: dl=$\frac{11.8*100^2,}{9000}$ =13.11 mm
- $I = dth - dp$ AN: I = 33.564−20=13.564mm
- $E = dp - d$th AN : E = 20 – 13.11= 6.9mm
- 3657.1m<R<12800m Les courbes de raccordement sont recommandés
- **Δd/Δl=180/Vmax** AN : **Δd/Δl=180/160**=1.125
- (RP)min=$\frac{1}{\Delta d/\Delta l}$*dp AN: $L(RP)$min =$\frac{1}{1}$*20=20m

  (RP) utilisé (RP)=60
- $\frac{\Delta I}{\Delta t}=\frac{I}{L}*\frac{V}{3.6}$ AN: $\frac{\Delta I}{\Delta t}=\frac{13.564}{60}*\frac{160}{3.6}$

  =10.047mm/s

R(m)	$d_{L(min)}$	$d_{th(max)}$	d_p	dp utilisé	I	E	(RP) min	$L(RP)$ utilisé
R = 7500 m	15.73mm	40.28mm	21.33mm	30 mm	10.28mm	14.267mm	30m	70m
R = 9000 m	13.11mm	33.564mm	17.77mm	20 mm	13.564mm	6.9mm	20m	60m

V.5 Conclusion

On peut conclure que L'étude géométrique du tracé de la voie a pour but d'obtenir un bon roulement des trains qui peuvent atteindre une vitesse de 160 km/h.

On a basé dans le calcul sur les paramètres géométriques et techniques recommandés par l'UIC et les règles de la SNTF.

Dans Après la fin de ce chapitre, nous parlons dans le prochain chapitre à propos de Profil en long.

CHAPITRE VI : PROFIL EN LONG

VI. Profil en long

VI.1 Introduction :

La construction du profil en long est la tâche la plus importante par laquelle on peut évaluer un projet ferroviaire, soit sur le plan économique là ou paraîtra l'importance des terrassements (quantité de déblai et de remblai), ouvrage d'art, tunnel…etc.

VI.2 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 :**

On appelle déclivité la tangente de l'angle qui fait le profil en long avec l'horizontale, elle prend le nom de pente pour une descente et rampe pour une monte.

VI.3 Eléments de composition du profil en long :

VI.3.1 Choix des alignements droits :

Le profile en long de la voie ferre est caractérisé par des valeurs très faible de déclivités pour assurer des vitesses de circulation convenables et la sécurité lors de freinage en pente est confort au démarrage de véhicule en rampe, donc la déclivité des droites ne peut pas dépasser un certain maximum fixé par la SNTF

D'autre part, on emploie un palier de longueur supérieur à 800m pour l'implantation de la gare, on adopte en générale les déclivités maximales suivantes :

- 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‰.

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

- Eviter les terrassements inutiles
- Minimiser le mouvement des terres
- Eviter d'introduire une pointe bas du profile en long dans une partie e déblais, qui risque de crées de contraintes à savoir :

Celles qui sont liées aux difficultés de terrassement et à l'évacuation des eaux pluviales.

La solution est soit de relever ce point au-dessus du terrain naturel soit d'atténuer les déclivités arrivant de chaque cote de ce point bas.

- Dans les zones inondables, il est obligatoire de passer avec un profil en remblais
- Les points de placement des appareils de voie ne doivent pas être en Déclivité.
- Respecter la longueur minimale des éléments de profile en long, Afin d'éviter les oscillations des véhicules dues aux variations successives des déclivités
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

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

Valeur maximal normal	V/2=80
Valeur maximal exceptionnelle	V/2,5=64

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

VI.3.2 Choix des cercles :

Lorsqu'un véhicule traverse un changement de déclivité, il subit une accélération verticale brutale aux extrémités du raccordement, qui provoque une oscillation de la suspension du véhicule et perturbe le confort des voyageurs.

Cette accélération est donnée par la formule suivante :

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

Pour une vitesse inférieur 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 $Rv=\frac{V^2}{3.6^2*.Av}$ on trouve

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

Valeur normale	0.35 V^2
Valeur exceptionnelle	0.25 V^2

La position des cercle par rapport au terrain naturel dépend de plusieurs facteur tel que :

- Il ne doit pas y avoir d'interférence entres les courbes de transition en plans

[19] REFERENTIELS TECHNIQUES SNTF
[20] REFERENTIELS TECHNIQUES SNTF

(clothoïde) et les courbe de raccordement en profil en long

- Les points de placement des appareils de voie ne doivent pas être en courbe

VI.4 Application au projet :

Tableau VI-3 Valeurs des paramètres de profil en long

	Valeur maximale normale	Valeur maximale exceptionnelle
Vitesse (Km/h)	160	/
Rayon de raccordement en profil minimum (m)	9000	6400
Longueurs minimales des pentes/rampes	80	64
Déclivité maximum des pentes/rampes en pleine voie	16‰	
Déclivité maximum des pentes/rampes en gare et en gare de croissement	0 ‰	0‰

VI.5 Conclusion :

On peut conclure que La constitution du profil en long est la tâche la plus importante par laquelle on peut évaluer un projet ferroviaire, soit sur le plan économique, soit sur le plan technique en voyant les déclivités, la coordination entre le tracé en plan et le profil en long et l'emplacement des gares.

CHAPITRE VII : ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDROLOGIQUE

VII. Etude hydrologique et hydraulique

VII.1 Introduction :

La création d'une ligne nouvelle perturbe l'écoulement hydraulique. Alors, il faut assurer la continuité des débits des cours d'eau en dimensionnant suffisamment les ouvrages hydrauliques. D'autre part, la protection de la plate-forme nécessite un bon drainage.

Le tracé de la ligne ferroviaire reliant la ville de Tissemsilt à celle de Boughezoul traverse le bassin versant du Chellif.

Ce bassin contient un certain nombre de cours d'eau naturels très importants dont les débits peuvent causer des dégâts en certains endroits de cette voie ferrée et qu'il faut par conséquent bien les évaluer pour s'en prémunir.

L'objectif principal de la présente étude hydrologique est donc la prédétermination des débits de crues tout le long du nouveau tracé de cette voie ferrée afin d'éviter toute inondation de celle-ci, et de prévoir ainsi l'aménagement hydraulique de protection le plus approprié.

Description hydrologique :

Du pk 85(Chahbounia) au pk 130 (Boughezoul) le tracé contourne par le sud une zone épisodiquement inondable du Dait el kahla. Ce tracé Sud-Est qui rallonge la ligne a permis d'éviter les Sebkha situées plus en Nord (au sud de la ville de Boughezoul).

VII.2 Etude hydrologique :

L'hydrologie est la science qui étudie l'évolution des eaux en surfaces et dans le sous-sol. Elle traite ses propriétés physiques, mécaniques et techniques dans son ensemble. En d'autres termes, une étude hydrologique permet de connaître les caractéristiques climatiques et pluviométriques d'une région.

Apres avoir élaboré la trace de la voie ferre suivie par une étude hydraulique, ce tracé a été projeté sur une carte topographique contenant les cours d'eaux, en analysants les intersections

obtenues et selon le débit de crue provenant du bassin versant On dimensionne les ouvrages tout en respectant les conditions d'auto curages

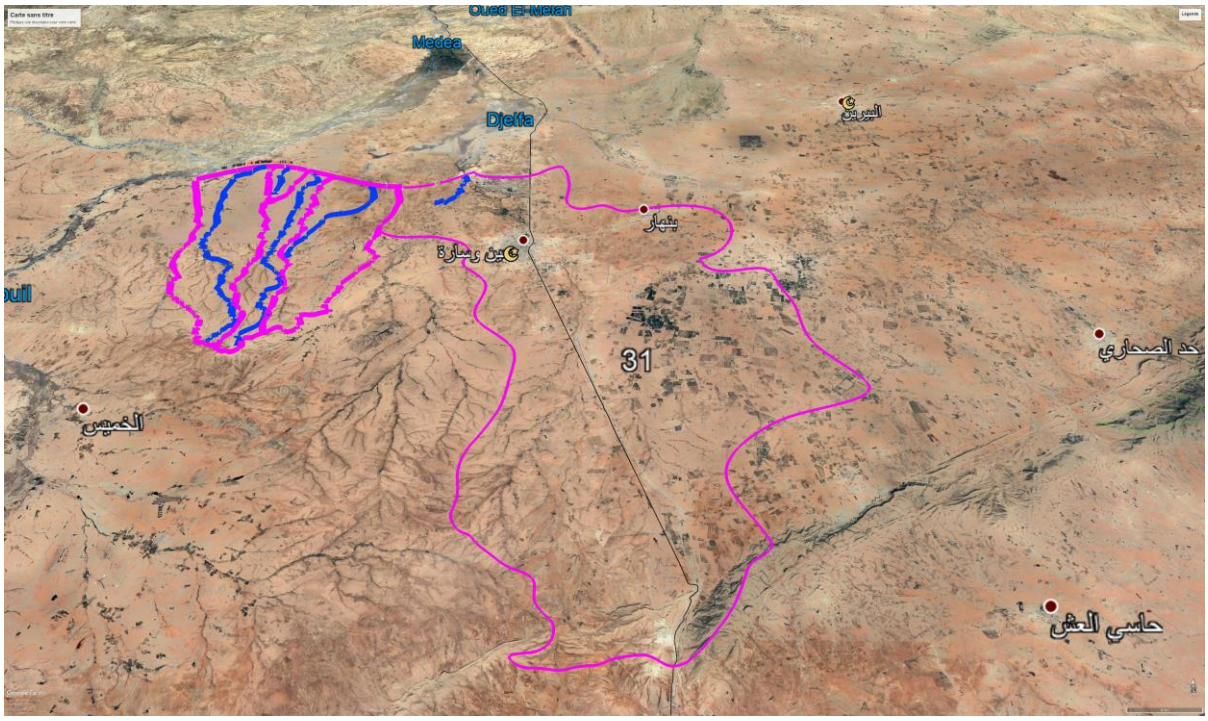
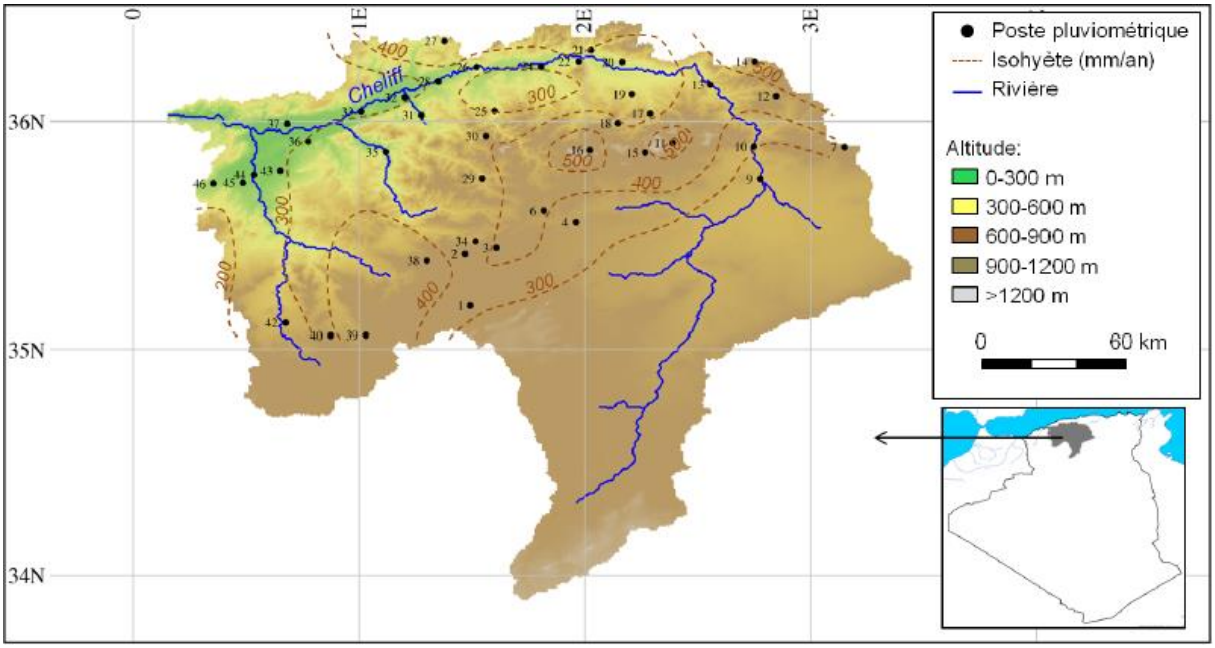


Figure VII.1 Image satellitaire des bassins versant délimités

Le tracé de la ligne ferroviaire reliant la ville de Tissemsilt à celle de Boughezoul traverse le bassin versant du Chellif.

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

A l'Ouest, le bassin du Chéliff est délimité au Nord par les monts du Dahra et au Sud par L'Atlas Saharien.



VII.2 Carte de situation de la région étudiée[21]

VII.2.1 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.

- La Délimitation des lignes de partage des eaux est faite sur les cartes d'état-major au 1/25 000.
- Les caractéristiques des paramètres de bassins versants des Oueds traversant la nouvelle voie ferrée sont données par le tableau récapitulatif si dessous :

Avec :

- S (km^2) : Surface.
- P (km) : Périmètre
- L (km) : Longueur du cours d'eau principal
- K_c: Indice de compacité
- T_C (h) : Temps de concentration en heures

[21] https://www.erudit.org/fr/revues/rseau/2014-v27-n3-rseau01631/1027805ar/

- H_{max}(m) : Altitude max
- .H_{min}(m) : Altitude min
- H_{moy}(m) : Altitude moyenne
- P(%): pente du talweg principal en %.
- C : coefficient de ruissellement

Tableau VII-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) Giandotti	Passini	tc Adopté
1	89+660	107,19	55,63	1.5	26,69	702,00	661,19	681,60	20,41	40,81	0,002	22,54	-	**22,54**
2	91+700	10,59	14,66	1.26	4,00	705,00	658,73	681,87	23,14	46,27	0,012	-	3,50	**3,50**
3	94+120	57,03	52,77	1.96	24,93	725,00	659,89	692,45	32,55	65,11	0,003	14,81	-	**14,81**
4	99+640	103,32	51,51	1.42	12,26	845,00	648,52	746,76	98,24	196,48	0,016	7,45	-	**7,45**
5	107+660	858,18	155,49	1.49	5,89	1 030,00	637,68	833,84	196,16	392,32	0,067	11,25		**11,25**



Figure VII.3 Ouverture du lit au niveau de l'oued Ouassel pk107+660

VII.2.1.1 Le temps de concentration « tc »:

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

VII.2.1.1.1 Les formules de détermination du temps de concentration :

Les formules de détermination du temps de concentration sont utilisées suivant la superficie du bassin versant :

A. Superficie inférieure à 5 Km²

Tc est calculé par la formule de **VENTURA** :

$$t_c = 0.127\sqrt{\frac{S}{P}}$$

- Tc : Temps de concentration en heure
- S : Surface du bassin versant en km²
- P : Pente moyenne du bassin versant en (m/m).

B. Superficie comprise entre 5 et 25 Km :

Tc est calculé par la formule de **PASSINI :**

$$t_c = 0{,}11\,\frac{\sqrt[3]{S \times L}}{\sqrt{P}}$$

- L : Longueur du cours d'eau principal en km
- S : Surface du bassin versant en km²
- P : Pente moyenne du bassin versant en (m/m).

C. Superficie Supérieur à 200 Km² :

Tc est calculé par la formule de **GIANDOTTI** :

$$t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1{,}5L}{0{,}8\sqrt{H}}$$

- L : Longueur du cours d'eau principal en km
- S : Surface du bassin versant en km²
- H =hmoy-hmin

VII.2.2 Caractéristiques climatiques et pluviométriques :

VII.2.2.1 Climat :

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

VII.2.2.2 Les précipitations :

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).

Dans cette partie on s'intéresse en particulier :

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

VII.2.2.2.1 Pluies annuelles :

La pluie annuelle moyenne dans la région est comprise entre 250 et 350 mm d'après la carte des pluies de l'Algérie du Nord de l'ANRH,

VII.2.2.2.2 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 VII-2 pluies maximales journalières (mm)

Période de retour-T (ans)	Fréquence	Ksar el Boukhari
10	0.9	75.34
100	0.99	117

VII.2.2.3 Calcul de l'intensité de pluie :

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

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

La relation Intensité - Durée - Fréquence recherchée est la suivante :

$$I = A T c^{b}$$

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

Vu l'importance des pluies de courtes durées dans la détermination des débits maximales du projet, et la non disponibilité de données pluviographique à Boughzoul, nous avons pris en considération la station pluviographique de Ksar el Boukhari qui se rapproche le plus de Boughezoul sachant que elle est la mieux représentative de cette région

VII.2.3 Calcul du débit maximal dans les bassins (les débits de crue) :

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

A. La méthode rationnelle :

Le débit de crue pour les bassins versants de superficie inférieure à 200 km^2 a été calculé en appliquant la méthode rationnelle dont l'expression est de la forme suivante :

$$QA = 0.278\ C.I.\ A$$

Dans laquelle :

- QA : Débit de crue de fréquence déterminée en m3/s.
- C : Coefficient de ruissellement.
- I : Intensité de pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration en (mm/h).
- A : Surface du bassin versant en (km^2).

B. La méthode de TURAZZA :

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

$$Qmax\% = Ptc\ \% * A * C / (3{,}6 * tc)$$

- Qmax % : débit de crue de période de retour voulue (en m3/s)
- tc : temps de concentration du bassin (en heures)
- Ptc % : pluie de durée **tc** et de période de retour voulue en mm
- C : coefficient de ruissellement du bassin.
- A : superficie du BV en Km².

- **Le coefficient de ruissellement :**

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

- La nature du sol.
- L'état de végétalisation sur la terre écoulée.
- dépendant de la pente du bassin versant.

$$C=\frac{\text{hauteur d'eau ruisselée en mm}}{hauteur\ d'eau\ précipité\ en\ mm}*100$$

- **Choix du coefficient de ruissellement :**

Le coefficient de ruissellement est estimé par la méthode préconisée de KENESSEY qui est la somme de trois (03) coefficients partiels :

Coefficient C1 : dépendant de la pente du bassin versant.

Tableau VII-3 Coefficient C1

Pente	C1		
≤ 3,5 %	0,01	0,03	0,05
Entre 3,5 et 11 %	0,06	0,08	0,10
Entre 11 et 35 %	0,12	0,16	0,20
> à 35 %	0,22	0,26	0,30

Coefficient C2 : dépendant de la nature du sol (perméabilité)

Tableau VII-4 Coefficient C2

Nature du sol	C2		
Imperméable	0,22	0,26	0,30
Peu perméable	0,10	0,15	0,20
Perméable	0,06	0,08	0,10
Très perméable	0,03	0,04	0,05

Coefficient C3 : dépendant de la couverture végétale du bassin versant.

Tableau VII-5 Coefficient C3

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

La connaissance et la détermination de ces paramètres sont indispensables pour la prédétermination des débits de projet nécessaires pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques.

VII.2.3.1 Résultats de calcul des débits par la méthode rationnelle :

Les débits de pointes calculés par la méthode rationnelle pour une période de retour centennale, et cela pour les bassins versants dont la superficie est inférieure ou égale à 200Km² sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau VII-6 Résultats de calcul des débits par la méthode rationnelle

BV	AIRE Km^2	Coefficient de Ruissellement	L Km	DH m	P %	tc h	I_{100} mm/h	Q_{100} m^3/s
1	107,19	0,23	26,69	41	0,2	22,54	4,14	28,36
2	10,59	0,23	4,00	46	1,2	3,50	15,28	10,34
3	57,03	0,23	24,93	65	0,3	14,81	5,56	20,25
4	103,32	0,23	12,26	196	1,6	7,45	9,00	59,43

VII.2.3.2 Résultats de calcul des débits par la méthode de Turazza:

Concernant le bassin versant N°5 dont la superficie étant supérieure à 200 Km² et qui se trouvent au niveau des PK 107+660 on a utilisées la méthode de TURAZZA, l'utilisation de cette dernière nécessite la connaissance des pluies de durée « Tc »

Pour une pluie $\boldsymbol{Pj}\%=117$

Tableau VII-7 Résultats de calcul des débits par la méthode de Turazza

PK	N°BV	Ptc(100) (mm)	A(Km2)	C	Tc (h)	Q100 (m^3/s)
107+660	**5**	77.71	858,18	0,28	11,25	461,06

VII.3 Etude Hydraulique :

Methode utilisée

Méthode de MANNING STRICKLER pour le dimensionnement des dalots : Les écoulements superficiels interceptés par l'infrastructure ferroviaire seront rétablis par la mise en place d'ouvrages hydrauliques adaptés et réalisés dans les règles de l'art.

Ces ouvrages seront dimensionnés pour un événement pluvieux d'occurrence centennale. Le calcul de débit de saturation est déterminé par la formule de MANNING-STRICKLER

$$Qs = V.\ Su \quad et \quad V = Kst\ I^{½}\ Rh^{2/3}$$

- I: Pente longitudinale de l'ouvrage (m/m).
- Rh: Rayon hydraulique = $\frac{section\ \text{mouillé}}{\text{Périmètre mouillé}}$
- St: Section totale de l'ouvrage (m^2)
- Su: Section utile de l'ouvrage b x Hu (m^2).
- b: Largeur de l'ouvrage (m)
- Hu: Hauteur utile (m).
- Ks : Coefficient de rugosité.
    - Ks=**30** en terre

- Ks=**40** buses métalliques
- Ks=**50** maçonneries
- Ks=7**0** bétons

Le tirant d'air (différence entre la côte des plus hautes eaux et la côte de l'intrados) doit être ménagé pour laisser le passage des corps flottant détritus, branchages, etc.… qui peuvent au passage sous un ouvrage hydraulique (pont, dalot) s'accrocher et boucher peu à peu les sections d'écoulement.

Pour un canal rectangulaire (dalot), le dimensionnement consiste à déterminer sa section et la profondeur d'eau tout en évitant les ouvrages profonds en tenant compte des contraintes du projet.

Pré dimensionnement du dalot :

Rh=$\frac{Sm}{Pm}$=$\frac{0.8Ht*L}{1.6Ht+L}$

Qa=Qs=Ks* $I^{\frac{1}{2}}$*0.8Ht*L*($\frac{0.8Ht*b}{1.6Ht+b}$)$^{\frac{2}{3}}$

ks=70 (béton)

Après calcul itérative .on tire Ht

Ht_{i+1}=($\frac{\text{Qa}}{\text{Ks}* I^{\frac{1}{2}}*L}$)$^{\frac{3}{5}}$*($\frac{1+1.6*\frac{Ht_i}{L}}{0.8}$)$^{\frac{2}{5}}$

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

Vérification du régime d'écoulement :

Hu=0.8Ht $>$ $\boldsymbol{hc}$ =($\frac{\text{Qa}}{\text{g}* b^2}$)$^{\frac{1}{3}}$; g=9.81

Vérification des conditions d'auto curages :

L'auto curage c'est l'aptitude de conduite d'assainissement à transporter la particule solide, donc une bonne auto curage impose que la capacité de transport des particules solide soit suffisante pour éviter leur sédimentation et leur dépôt

Pour vérifier ces conditions il faut vérifier :

- V > 0.6 m/s pour : Q = 0.1 Qps.
- V > 0.3 m/s pour : Q = 0.01 Qps
- Vps < 4 m/s

Tableau VII-8 Liste globale des ouvrages à projeter

N° BV	Exutoire au PK	$Q_{projet}(100)$ m^3/s	Dalot bxh	hum	pente %	Qsat m3/s	Vps(m/s)	hc	Description constructive	Si Q=0.1Qp alors V > 0.3m/s	Si Q = 0.01Qps Alors V > 0.3 m/s
1	89+660	28,36	**2x (2.50x2.00)**	1,5	0,5	28,76	3,78	0.61	Dalot	2.41	0.35
2	91+700	10,34	**1x (2.00x2.00)**	1,5	0,5	10,56	3.45	0.55	Dalot	2.20	0.32
3	94+120	20,25	**1x (3x2.50)**	2	0,5	26,80	3.38	0.61	Dalot	2.15	0.31
4	99+640	59,43	**6x (2.50x1.50)**	1	0,8	63,48	3.96	0.54	Dalot	2.52	0.37
5	107+660	461,06		-	-	-	-		OA		OA

Remarque : les conditions d'auto curages et de régime d'écoulement sont vérifiées.

VII.4 Zones Marecajeuses

Pour notre tronçon, nous avons fait la remarque suivante : dans la majorité des cas le terrain était plat (du moins dans la partie du tracé de la voie) et par conséquent marécageux (zone inondable), ce qui nous poussés à prendre les mesure suivantes :

- On est obligés de passer avec un profil en remblais
- Ajouter des buses d'équilibre.
- La mise en œuvre du matériau drainant.

Ces solutions permettent d'améliorer les caractéristiques de drainage,et augmenter la capacité de support des terrains de fondation des remblais.

VII.4.1 Buses d'équilibre:

Les buses d'équilibre ont pour role principal d'équilibrer les quantites d'eaux de chaque coté de la ligne ferroviaire.Leur positionnement éxact a été donné par la configuration du terrain et du tracé.

Tableau VII-9 Listing des buses d'équilibres

86+560	1500
87+055	1000
87+407	1500
88+195	1500
88+355	1500
88+610	1500
88+885	1500
89+748	1000
93+322	1500
93+550	1500
94+363	1500
96+515	1500
101+565	1500
101+817	1500
103+015	1500

VII.4.2 Tapis drainant:

Définition : 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 renforcemen dans la fondation.
- Dans le contact du matériau drainant avec les matériaux de remblai on devra mettre un géotextile de séparation.

Les caracteristique de la Géotextile d séparation:

- Masse surfacique > 300 g/m^2
- Résistance au poinçonnement statique CBR > 3.5 kN
- Résistance à la traction > 20 kN/m
- Déformation à l'effort de traction maximale > 80%

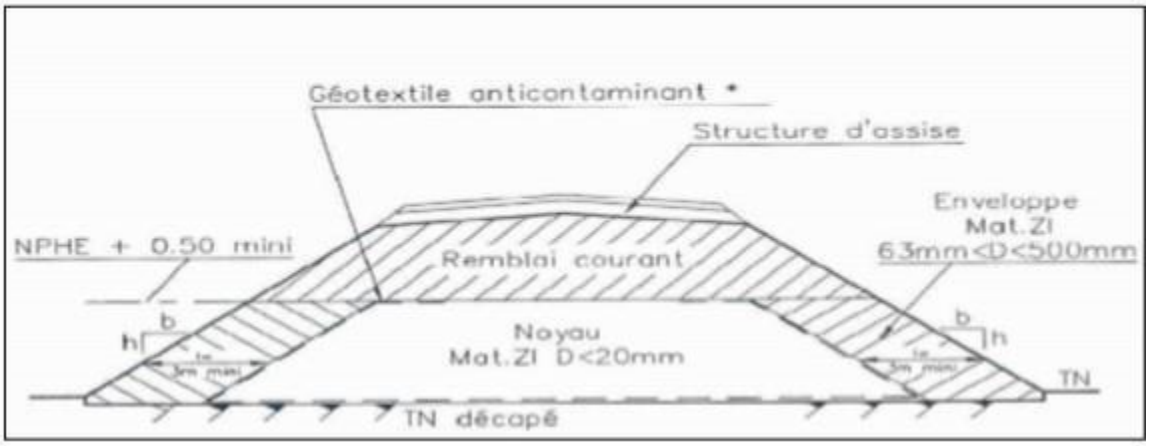


Figure VII.4 profile type de la zone inondable

VII.5 Ouvrages d'assainissement longitudinaux :

Les ouvrages d'assainissement longitudinal récupèrent les eaux de ruissellement venant de la plateforme et les talus ainsi que les eaux interne (eaux infiltrées dans les structures d'assise ou nappe phréatique) afin de garantir la durabilité de la structure.

On a également adopté, pour la conception générale du système de drainage longitudinal, les principes suivants:

- Un fossé à section trapézoïdale sera mis en place dans les zones de déblai, au niveau des accotements de la plate-forme
- L'écoulement des eaux du drainage longitudinal se fera toujours par gravité, sans avoir recours à des stations de pompage qui impliqueraient des coûts d'investissement initial et d'entretien du système plus chers
- Dans les zones de déblai de grande hauteur, en vertu de l'inclinaison du terrain adjacent, des fossés de crête permettant d'éviter l'érosion des talus et l'accès des eaux de surface à la plate-forme seront prévus;
- Des fossés de drainage, de taille différente selon la quantité d'eau reçue, ont été disposés dans les déblais, des deux côtés du palier de la voie.

VII.5.1 Dimensionnement des fossés

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

$$Qs = Ks.\, R_h{}^{2/3}.\, S_m.\, I^{1/2}$$

Où

- La surface mouillée : $Am = (b+z.h).h$
- Le périmètre mouillé $Pm = b+2h.\sqrt{1 + z2}$
- Le rayon hydraulique : $R_h = S_m/P$ avec :
- I pente longitudinale de fossé
- z la pente des berges.

Les hypothèses suivantes ont été émises pour le dimensionnement:

- Coefficient de rugosité Strickler Ks = 50 (correspondant à des fossés consolidés, revêtement en béton grossier).
- Pente - La déclivité longitudinale des fossés en zone de déblai est identique au gradient du profil en long de la voie.
- Forme de construction - Profil trapézoïdal avec déclivité du talus 2:3.

- 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 : $Qa=Q_{pf}+Q_b+Q_t$.
- Le Calcul des débits se fait dans le cas le plus défavorable, où il y a un remblai ou un déblai qui s'étend sur une grande longueur avec 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 :

$$\boldsymbol{Q = 0.278.C.I.A}$$

- Q : Débit de crue correspondant au bassin versant, avec une période de retour T (m^3/s).
- C : Coefficient de ruissellement
- I : Intensité de pluie (mm/h).
- A : Surface du bassin versant considérer : la plate-forme / les bermes / les talus, en (km^2).

		CAS REMBLAI	CAS DEBLAI
		Le cas plus défavorable : Longueur=4918.681 m H_{talus}= 3.5 m Berme =0 m Largeur de la plateforme=8 m	**Le cas plus défavorable :** Longueur=1094 m H_{talus}= 3.2 m Berme = 0m Largeur de la plateforme=8m
Plateforme	**C_r**	0.7	0.7
	P(m/m)	0.04.04	0.04
	A(Km^2)	0.0394	0.00876
	Tc(h)	0.126	0.059
	I (mm/h)	17.01	20.47
	Q_{pf} (m^3/s)	0.13	0.035
Talus	**C_r**	0.5	0.5
	P(m/m)	1/22/3	2/3
	A(Km^2)	0.0385	0.006312
	Tc(h)	0.035	0.012
	I (mm/h)	25.671	33.9
	Q_T (m^3/s)	0.137	0.0297
Q_a (m^3/s) (totale)		**$Q_{pf}+Q_B+Q_T=0.267$**	**$Q_{pf}+Q_B+Q_T=0.0647$**

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).

VII.6 Conclusion

Le tracé de la voie ferrée traverse une zone à une faible densité de drainage (réseau hydrographique presque nul), une caractéristique des zones à faibles pentes.

Les différents oueds qui se trouvent dans cette partie de la zone sont oued Ouassel et oued faidh.

CHAPITRE VIII: ETUDE GEOTECHNIQUE ET GEOLOGIQUE

VIII. Etude géotechnique et géologique

VIII.1 L'étude géologiques

VIII.1.1 Introductions :

L'étude géologique a pour objectif de prévenir tous 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 pourraient déstabiliser l'ouvrage, une grande partie de ce travail se concentre sur l'interaction entre le sol de fondation et la structure, l'étude doit se conclure par le dimensionnement d'ouvrages en garantissant la stabilité .

VIII.1.2 Aperçu géologique régionale :

La région de Médéa appartient à la chaîne montagneuse de l'Atlas tellien et à l'extrémité nord des hauts plateaux, voir la figure suivante :

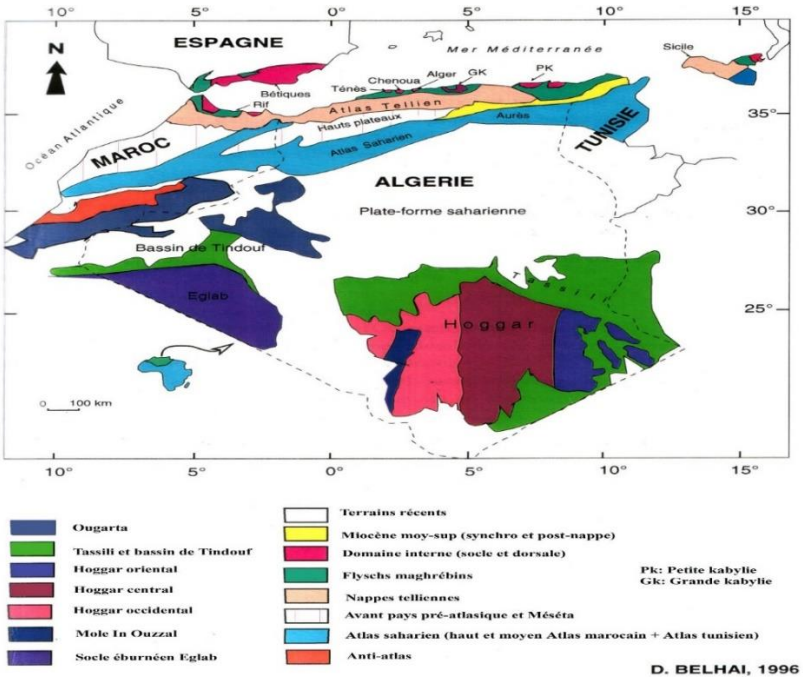


Figure:VIII.1 **les chaines montagneuses en Algerie**[22]

[22] La montagne en Algérie : origines, évolutions et disparitions – TRANS Nr. 23 (inst.at)

Les formations du Néogène sont développées sur tout le territoire de la région et sont représentés par les formations miocènes et pliocènes, constitués essentiellement d'argiles marneuse, calcaires organogènes, grès et conglomérats. De plus Les dépôts du Quaternaire sont représentés par les formations de pentes limons, sable, argiles et galets

VIII.1.3 Contexte géologique de ce tronçon

Sur le plan géologique le tracé s'étend généralement sur des ***roches cohérentes néogènes*** et des formations ***quaternaires,*** limons et argiles (sols fins); au niveau de Boughezoul, le sous-sol est composé des roches sédimentaires et des roches évaporitiques (gypse, anhydrite, sel gemme). Le tronçon du **Pk 86 + 000** jusqu'au **Pk 108 + 600,** contourne la zone **épisodiquement inondable**, et présumée en partie saline du Daiet el Kahla

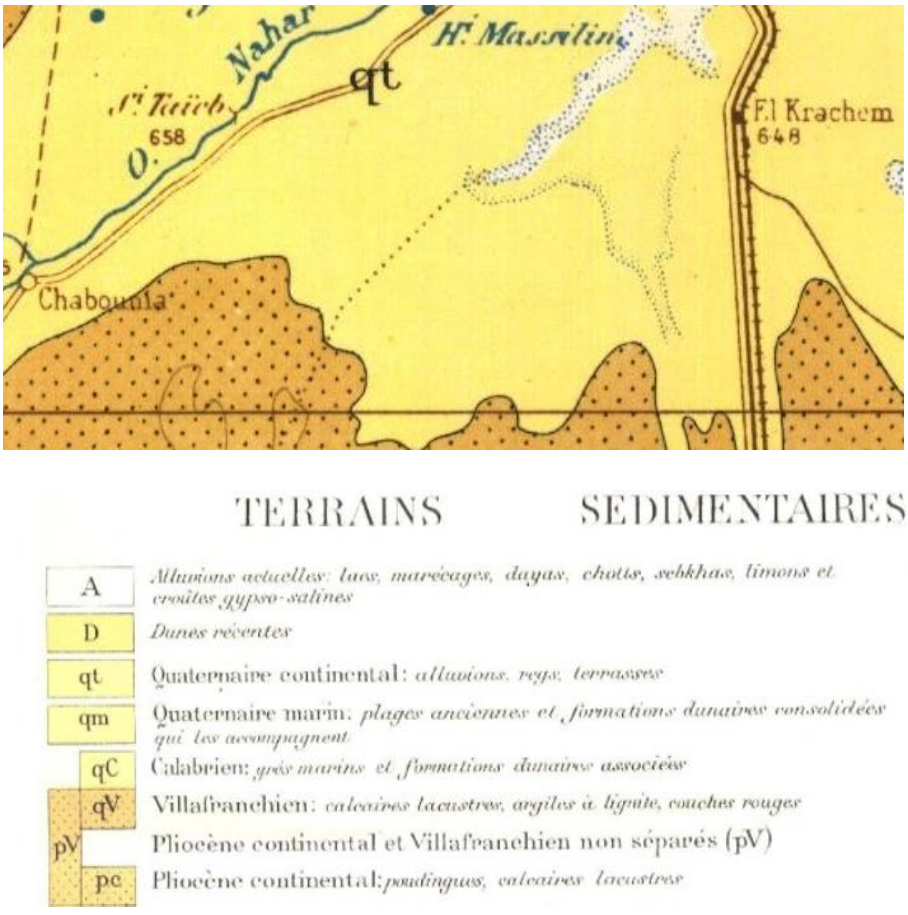


Figure:VIII.2 Portion Carte géologique de la zone d'étude

VIII.1.4 Risques géologiques :

La majeure partie du tracé ne pose pas de une grande difficulté d'ordre géologique ou seul le troncon du pk 85 au pk 121 qui est sujet à innondations avec fluctuation de la nape phréatique.

Le projet en question est situé dans la zone de sismicité moyenne. La conception et la réalisation du projet devront tenir compte de la sismicité de la région et se référer à la réglementation. En effet, pour le calcul dynamique des ouvrages projetés, il y ' a lieu de se référer au règlement parasismique algérien en vigueur.

VIII.2 ETUDE GEOTECHNIQUE :

VIII.2.1 Introduction :

Les éléments géologiques recueillis doivent être complétés par des éléments géotechniques précis, conduisant à la connaissance du comportement du sol vis-à-vis des efforts extérieur

A ce stade de l'étude, on désire connaitre les caractéristiques fondamentales des terrains : granulométrie, sédimentométrie, limites d'Atterberg, les essais chimique, teneur en eau naturel, ces donnée serviront à classer les sols pour permettre à la détermination de la classe de la plateforme nécessaire au dimensionnement de la structure d 'assise

En dehors des essais d'identification, on procède à des essais de compression simple, cisaillement, compression triaxiale, essais œdométriques, qui permettent de ca1culer : la stabilité des ouvrages en terre, les tassements des terrains sous les remblais et les pentes à donner aux talus de déblais et de remblais. Enfin, on procède à des essais in situ en vue de déterminer la portance des ouvrages

Description de 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 4 m).

VIII.2.2 Programme d'investigation géotechnique :

Apres avoir analysé le tracé en plan et le profil en long de la voie ferrée, nous proposons le programme de reconnaissance géotechnique pour notre tracé le long de linge ferroviaire chahbounia-boughezoul et les objectifs de ce programme sont :

Tracé :les conditions de fondation des remblais, les conditions d'extraction et la nature des matériaux envisageant leurs réutilisation pour le corps des remblais, la partie supérieur des terrassements (PST) et couche de forme, portance des remblais et de l'arase, etc. ;

Ouvrage d'art :

Les études de sol pour la construction d'ouvrage et notamment la définition de la fondation

VIII.2.2.1 Tracé :

VIII.2.2.1.1 Reconnaissance de portance de la plate-forme :

-Puits de reconnaissance :

Les puits de reconnaissance représente un forage dans la terre permettre d'observer directement en profondeur la nature des formations présentes, d'évaluer l'épaisseur de la terre végétale pour le décapage et de procéder au prélèvement d'échantillons remaniés pour l'identification et la caractérisation géotechnique en laboratoire.

-Essai au laboratoire

Pour les échantillons prélevés on prévoit la réalisation des essais suivants :

- Essais d'identification (Granulométrie, Sédimentométrie, Limites d'Atterberg, teneur en eau naturelle, densité spécifique, essai d bleu VBS) ;
- Analyses chimiques (Sulfates, Carbonates) ;
- Essais mécaniques (, Proctor modifié, Cisaillement rectiligne et l'essai œdométriques).

Localisation	Type d'ouvrage en terre	Profondeur m	Essai géotechnique Essais in situ	Prof	Essais au laboratoire
86+000	Remblais	2.2 m	1 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	5m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - Essais œdométriques - Essais cisaillement rectiligne.
87+500	Remblais	2.8 m	01 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	5 m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - Essais œdométriques - Essais cisaillement rectiligne.
89+000	Remblais	2.9 m	01 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	5 m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - Essais œdométriques - Essais cisaillement rectiligne.

90+500	Remblais	3	01 puits de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	5 m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - Essais œdométriques - Essais cisaillement rectiligne.
92+000	Remblais	3.7m	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	5 m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - Essais œdométriques - Essais cisaillement rectiligne
93+500	Remblais	3.5 m	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	5m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - Essais œdométriques
95+000	Remblais	3.7	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	5m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - Essais œdométriques

96+500	Remblais	3,4	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	5m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - essais œdométriques
98+000	Remblais	2,1	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	5m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - essais œdométriques
99+600	Remblais	2.05	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	5m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - Essais œdométriques
101+000	Remblais	2 ,8	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	5m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - Essais œdométriques
102+500	Remblais	2.1	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	5m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - Essais œdométriques - Essais cisaillement rectiligne
104+000	Remblais	1 ,15	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	5m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - essais œdométriques

105+500	Remblais	2	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	5m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - essais œdométriques
107+300	Déblai	3,2	01 puit de reconnaissance avec un prélèvement d'un échantillon paraffiné par couche	5m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - Essais œdométriques - Essais cisaillement rectiligne

VIII.2.2.2 Ouvrage d'Art

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 :

-Essais In situ :

- la réalisation d'un sondage carotté de 5ml de profondeur avec prélèvement des échantillons intact.
- essai au pénétromètre dynamique au niveau de chaque ouvrage SPT

-Essais de laboratoire

- Essais d'identification (Granulométrie, Sédimentométrie, Limites d'Atterberg, teneur en eau naturelle, densité spécifique, essai d bleu VBS) ;
- Analyses chimiques (Sulfates, Carbonates) ;
- Essais mécaniques (, Proctor modifié, Cisaillement rectiligne et l'essai œdométriques).

Localisation	Type d'ouvrage	Essai géotechnique		
		Essais in situ	Prof	Essais au laboratoire
86+200	Passage supérieur (pont routier) a un seul travée de de 24.30 m	- Sondage carotté de avec prélèvement des échantillons intact. - Essai au pénétromètre statique SPT	5m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - Essais œdométriques - essais cisaillement rectiligne.
87+957	Passage supérieur (pont routier) a un seul travée de de 24.30 m	- sondage carotté de avec prélèvement des échantillons intact. - Essai au pénétromètre statique SPT	5 m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - essais œdométriques - essais cisaillement rectiligne.
91+000	Passage supérieur (pont routier) a un seul travée de de 24.30 m	- sondage carotté de avec prélèvement des échantillons intact. - Essai au pénétromètre statique SPT	5 m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - essais œdométriques - essais cisaillement rectiligne.

Remarque :

Le tracé que j'ai choisi diffère de tracé établi par le bureau d'étude, ce qui donne une différence dans de programme géotechnique. Je vais donc utiliser le programme que ce dernier fait pour interpréter les résultats et dimensionner les couches d'assise.

94+400	Passage supérieur (pont routier) a un seul travée de de 24.30 m	- sondage carotté de avec prélèvement des échantillons intact. - Essai au pénétromètre statique SPT	5 m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - essais œdométriques - essais cisaillement rectiligne
96+249	Passage supérieur (pont routier) a un seul travée de de 24.30 m	- sondage carotté de avec prélèvement des échantillons intact. - Essai au pénétromètre statique SPT	5m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - essais œdométriques - essais cisaillement rectiligne
98+874	Passage supérieur (pont routier) a un seul travée de de 24.30 m	- sondage carotté de avec prélèvement des échantillons intact. - Essai au pénétromètre statique SPT	5m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - essais œdométriques - essais cisaillement rectiligne
100+889	Passage supérieur (pont routier) a un seul travée de de 24.30 m	- sondage carotté de avec prélèvement des échantillons intact. - Essai au pénétromètre statique SPT	5 m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - essais œdométriques

103+181	Passage supérieur (pont routier) a un seul travée de de 24.30 m	- sondage carotté de avec prélèvement des échantillons intact. - Essai au pénétromètre statique SPT	5 m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - essais œdométrique - essais cisaillement rectiligne
104+950	Passage supérieur (pont routier) a un seul travée de de 24.30 m	- sondage carotté de avec prélèvement des échantillons intact. - Essai au pénétromètre statique SPT	5 m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - essais œdométriques - essais cisaillement rectiligne
106+740	Passage supérieur (pont routier) a un seul travée de de 24.30 m	- sondage carotté de avec prélèvement des échantillons intact. - Essai au pénétromètre statique SPT	5m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - essais œdométriques - essais cisaillement rectiligne
104+000	Passage supérieur (pont routier) a un seul travée de de 24.30 m	- sondage carotté de avec prélèvement des échantillons intact. - Essai au pénétromètre statique SPT	5m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - essais œdométriques - essais cisaillement rectiligne

105+500	Passage supérieur (pont routier) a un seul travée de de 24.30 m	- sondage carotté de avec prélèvement des échantillons intact. - Essai au pénétromètre statique SPT	5m	- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - essais œdométriques - essais cisaillement rectiligne
107+300	Pont rail avec 7 travées de de 40 m	- sondage carotté de avec prélèvement des échantillons intact. - Essai au pénétromètre statique SPT		- Essais d'identification - CBR - Analyses chimiques - essais œdométriques - essais cisaillement rectiligne

VIII.2.3 Campagne De Reconnaissance Géotechnique :

Afin de prévoir le comportement géotechnique des différentes formations que va traverser le projet du chemin de fer, une campagne d'investigation géotechnique in-situ, consistant à l'exécution des essais suivants :

-Essai in situ

La réalisation de 16 puits de reconnaissance chaque 1,5 Km, afin de permettre une reconnaissance des conditions géologiques de la plateforme du tracé.

-Essai laboratoire

- Essais d'identification (Granulométrie, Sédimentométrie, Limites d'Atterberg, teneur en eau naturelle, densité apparente) ;
- Analyses chimiques (Matière organique, Sulfates $SO4^{-2}$ et Carbonates Caco3)
- Essais mécaniques (, Proctor modifié Des essais CBR imbibé).

VIII.2.3.1 Essai in situ

Puits de reconnaissance :

Puits n°	PK	Profondeur (m)	Lithologie
Pt1	**86+000**	0.00-0.70	Terre végétale formée d'argile limoneuse marron à marron rougeâtre, plastique.
		0.70-3.20	Argile silteuse moyennement carbonatée, grise à grise verdâtre à plages blanches, plastique.
Pt2	**87+500**	0.00-1.00	Terre végétale formée d'argile limoneuse marron à marron rougeâtre, plastique.
		1.00-1.50	Sable argileux à gypse jaunâtre à blanchâtre, plastique
		1.50-3.20	Argile silteuse, jaunâtre à jaune verdâtre à plage blanche, compacte
Pt3	**89+000**	0.00 – 0.80	Terre végétale formée d'argile limoneuse marron à marron rougeâtre, plastique.
		0.80 – 1.20	Argile limoneuse, marron à marron verdâtre, plastique à plages blanches
		1.20 – 1.40	Encroutement de calcaire, dur à très dur, en forme de dalle à la base, marron à maronna beige à plage noire
Pt4	**90+500**	0.00 – 0.50	Terre végétale formée d'argile limoneuse marron à marron rougeâtre, plastique.
		0.50 – 1.10	Argile sableuse carbonatée, grise verdâtre à plage blanche, plastique
		1.10 – 2.20	Encroutement de calcaire, moyennement dur u sommet, devenant dur à très dur à la base
Pt5	**91+000**	0.00 – 0.30	Terre végétale formée d'argile limoneuse marron à marron rougeâtre, plastique.
		0.30 – 1.30	Argile sableuse gypsifère, jaune verdâtre plastique
		1.90 – 2.40	Sable argileux à gypse jaunâtre à blanchâtre, plastique
Pt6	**92+500** **Pk**	0.00-0.70	Terre végétale formée d'argile limoneuse marron à marron rougeâtre, plastique.
		0.70-1.00	Argile silteuse, gris verdâtre à plages blanches, gypsifère, plastique.
		1.00-2.50	Calcaire argilo-sableux fortement sableux blanchâtre à beige

Pt7	**93+000**	0.00-0.80	Terre végétale formée d'argile limoneuse marron à marron rougeâtre, plastique.
		0.80-2.20	Argile silteuse, gris verdâtre à plages blanches, gypsifère, plastique.
		2.20-3.10	Marne grise, gypsifère à plage noire tendre à moyennement indurée.
Pt18	**94+500**	0.00 – 0.80	Terre végétale formée d'argile limoneuse marron à marron rougeâtre, plastique.
		0.80 – 3.00	Sable argileux, carbonatée, jaunâtre à blanchâtre, compacte à la base (Tuf), friable au sommet.
Pt9	**96+000**	0.00 - 0.40	Terre végétale formée d'argile limoneuse marron à marron rougeâtre, plastique.
		0.40 – 3.00	Calcaire argilo-sableux jaunâtre à blanchâtre, compacte à la base(Tuf), présence d'encroûtement de calcaire moyennement dur entre 0.40 et 0.60 m.
Pt10	**97+500**	0.00-0.60	Terre végétale formée d'argile limoneuse marron à marron rougeâtre, plastique
		0.60-1.50	Sable argileux gypsifère jaunâtre à blanchâtre
Pt11	**99+000**	0.00-0.80	Terre végétale formée d'argile limoneuse marron à marron rougeâtre, plastique
		0.80-1.50	Argile sableuse à silto-sableuse, marron verdâtre à plages blanches, plastique.
		1.50-3.20	Argile silteuse grise à grise verdâtre à plages blanches.
Pt12	**101+500**	0.00-0.80	Terre végétale formée d'argile limoneuse marron à marron rougeâtre, plastique
		0.80-3.30	Sable argileux gypsifère, jaunâtre à plages blanches
Pt13	**103+000**	0.00-1.2	Terre végétale formée d'argile limoneuse marron à marron rougeâtre, plastique
		1.20 – 2.40	Sable argileux gypsifère, jaunâtre à plages blanches, plastique
Pt14	**104+500**	0.00-1.00	Terre végétale formée d'argile limoneuse marron à marron rougeâtre, plastique
		1.00-2.40	Conglomérats hétérogène 0.01<d<0.04 à matrice de sable argileux, jaunâtre à marron jaunâtre, gypsifère.
Pt15	**106+000**	0.00 -0.60	Terre végétale formée d'argile limoneuse marron à marron rougeâtre, plastique
		0.60- 2.50	Sable argileux à rare conglomérats hétérogène 0.01<d<0.03m marron à marron verdâtre plastique.

Pt16	**107+500**	0.00 -0.70	Terre végétale formée d'argile limoneuse marron à marron rougeâtre, plastique
		0.70-2.50	Sable argileux à rares conglomérats hétérogènes 0.01<d<0.03m marron à marron verdâtre

Synthèse lithologique: généralement des argiles silteuse gris-verdâtre à blanchâtre gypsifère plastique et sables argileuses gypsifère, le tout est recouvert par une couche de terre végétale.

VIII.2.3.2 Analyse du laboratoire :

Tous les échantillons prélevés à partir des puits de reconnaissance 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 γ_d, ;
- Essais de propreté (Equivalent de sable, Essai au Bleu Méthylène VBS)
- Essais mécaniques (Des essais Proctor modifié. Dés essais CBR imbibé).

- Analyses chimiques (Matière organique, Sulfates $SO4^{-2}$ et Carbonates Caco3) ;

VIII.2.3.2.1 Essai d'Identification :

1. Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique permet de détecter les pourcentages des différentes familles de grains constituant l'échantillon, Elle s'effectue par tamisage pour les grains d'un diamètre supérieur à 80 µm et par sédimentométrie pour les grains les plus fins.

2. Teneur en eau :

Le teneur en eau représente la quantité d'eau contenu dans un échantillon de sol

3. Limites d'Atterberg :

Les limites d'Atterberg permettent de détecter les teneurs en eau (exprimées en %) correspondant aux limites des différents états (limite de liquidité, limite de plasticité)

4. Essais de propreté :

L'équivalent de sable est un indicateur caractérisant la propreté d'un sable ou une grave. Il indique la teneur en éléments fins.

5. **Essai au Bleu Méthylène VBS :** L'essai au bleu de méthylène, ou « essai au bleu », est Utilisé pour déterminer l'argilosité d'un sable d'un granulat et plus généralement d'un sol.

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

Tableau VIII-1 tableau récapitulatif des résultats des essais d'identification et de propreté des sols et leur classification GTR

Puits (n°)	Teneur en eau	Poids spécifique γ_d	Densité humide γ_h	VBS	Équivalent de sable Es	Limites d'Atterberg				Granulométrie Passants (mm)						Classification
	%	t/m³	t/m³	%	%	WL	WP	IP	Ic	50	20	5	0.40	0.08	0.02	NFP 11-300
Pt 1	16.70	1.54	1.80	1.05		20.69	Non	mesurable		100	97	93	69	51	06	C1A1
Pt 2	26.38	1.21	1.53	1.19			Non	mesurable		100	91	82	73	70	09	C1A1
Pt 2'	-	-	-	-		2.10	Non	mesurable		100	90	82	74	72	09	C1A1
Pt 3	30.2	1.33	1.71	2.12	-	27.25	16.9	10.3	0.28	100	85	83	67	50	06	C1A1
Pt 3'	-	-	-	1.84	15	30.80	Non mesurable			100	90	82	75	36	04	C1A1
Pt 4	25.42	1.39	1.75	0.80	17	38.00	Non mesurable			100		98	75	53	07	C1A1
Pt 5	19.17	1.38	1.64	0.99	-	34.90	27.43	7.47	2.10	100	99	92	65	52	06	C1A1
Pt 5'	-	-	-	0.79	-	36.55	Non mesurable			100	95	88	71	42	09	C1A1
Pt 6	11.53	1.39	1.56	0.81	-	Non mesurable				100	97	96	42	19	02	C1B5
Pt 7	12.80	1.50	1.69	2.82	-	41.30	23.28	18.02	1.65	100	94	62	43	21	03	C1B6
Pt 7'	-	-	-	2.35	-	49.0	33.0	16.0	2.26	100	94	64	41	21	03	C1B6
Pt 8	21,5	1,30	1,58	1,83		31.15	Non	mesurable		100	93	65	40	22	03	C1B5

Pt 9	12,4	1.72	1.93	1.70		31.38	Non	mesurable		100	93	65	40	22	03	**C1B6**
Pt 10	17.64	1.50	1.76	0.83	15	Non mesurable				100	83	66	24	01	/	**C1B2**
Pt 11	14.26	1.70	1.94	1.49	-	70.50	40.15	30.35	1.85	100	88	59	16	02	/	**C1B2**
Pt11'	-	-	-	1.17	-	19.90	15.02	4.88	1.15	100	99	89	65	48	06	**C1A1**
Pt 12	13.68	1.66	1.89	0.73	-	Non mesurable				100	99	96	90	54	09	**C1A1**
Pt 13	11.93	1.49	1.66	1.16	15	32.10	27.25	4.85	1.15	100	99	98	89	64	08	**C1A1**
Pt 14	9.03	1.67	1.82	0.84	17	Non mesurable				100	100	90	35	15	/	**C1B5**
Pt 15	12.34	1.43	1.61	1.52	13	36.86	24.23	12.63	1.94	100	100	97	83	70	09	**C1A1**
Pt 16	10.24	1.55	1.71	1.41	14	24.82	16.78	8.04	1.81	100	99	94	82	53	07	**C1A1**

Interprétation des résultats

- L'analyse granulométrique montre un pourcentage de passants à 80µ compris entre **1% et 72 %,**.Ces résultats montrent qu'on est en présence d'un terrain à prédominance de **sols grenus à grains fins.**
- Les résultats des limites d'Atterberg réalisés sur les échantillons ont donné des indices de plasticité « IP » variables entre **4.85%** et **30.50%** et des limites de liquidité entre **2.1** % et **70.5** %, Ces résultats montrent que les sols sont **non plastiques à peu plastique**,
- degré de pollution du sol par la phase argileuse ou limoneuse présente. Donc la valeur obtenue varie entre **13**%et **17** % .ce qui signifie que ce sont des sols très argileux et impropre

Qualificatif de la fraction du sol constituée d'éléments inférieurs à 400 µm en fonction de l'indice de plasticité

Indice de plasticité (%)	Qualificatif
$I_P \leq 12$	non plastique
$12 < I_P \leq 25$	peu plastique
$25 < I_P \leq 40$	plastique
$I_P > 40$	très plastique

VIII.2.3.2.2 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 imbibé :

Est un essai de portance qui donne l'aptitude des matériaux a supporter les charge des remblais et des couche de forme, il permet d'évaluer la traficabilité des engins des terrassements.

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

Tableau VIII-2 tableau récapitulatif Des Essais mécaniques

Puits (n°)	PROCTOR MODIFIE		CBR	
	γ_{opm} (t/m3))	W_{OPM} (%)	ICBR 95% γ' OPM	ICBR 100% γ' OPM
Pt 1	1,92	12,90	14	21
Pt 2	1,93	15,40	12	16
Pt 2'	1,81	15,35	10	15
Pt 3	1,70	16,95	10.0	8.00
Pt 3'	1,90	8,00	12.0	10.00
Pt 4	1,78	9,40	22	29
Pt 5	1,80	14,80	NULLE	NULLE
Pt 5'	1,81	8,60	05	09
Pt 6	1,69	9,25	21	26
Pt 7	1,71	14,40	07	10
Pt 7'	1,68	15,05	NULLE	NULLE
Pt 8	1,79	13,30	5.50	11
Pt 9	2,02	12,80	48	69
Pt 10	1,95	12,05	NULLE	NULLE

Pt 11	1,85	14,80	NULLE	NULLE
Pt 11'	1,95	12,10	NULLE	NULLE
Pt 12	1,92	12,63	5.00	8.00
Pt 13	1,76	12,87	5.00	10.00
Pt 14	2,13	8,31	5.00	13.00
Pt 15	1,81	10,71	3.00	4.00
Pt 16	1,95	10,01	5.00	8.00

Interprétation des résultats

- Les résultats des limites d'essai Proctor sur les échantillons ont donné Les valeurs de densités optimale (γ_{dOPM}) varient entre **1,68** t/m^3 et **2.13** t/m^3, Et des teneurs en eaux optimales (W_{OPM}) varient entre 8,00 % et 15,35%, Ces résultats montrent que le matériau analysé, présente une forte densité au compactage,
- Les essais de portance CBR ont donné bonne valeurs d'indices CBR à **100%** de compacité, les valeurs obtenus varient entre 04% et 69%

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

VIII.2.3.2.3 Analyses chimiques :

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

Puits Profondeur (m)	**Carbonates CaCo3**	**Sulfates SO4**	**MO %**
Pt 1	32	0.65	0.65
Pt 2	26	0.65	Nulle
Pt 2'	28	0.62	Nulle

Pt 3	38	1.22	0.12
Pt 3'	58	1.25	Nulle
Pt 4	64	2.45	Nulle
Pt 5	20	2.48	Nulle
Pt 5'	20	2.48	Nulle
Pt 6	20	1.15	Nulle
Pt 7	20	0.77	0.35
Pt 7'	38	0.50	0.28
Pt 8	32	0.79	Nulle
Pt 9	50	0.80	Nulle
Pt 10	32	1.22	Nulle
Pt 11	20	0.75	2.48
Pt 11'	28	2.48	Nulle
Pt 12	16	0.85	0.30
Pt 13	10	2.43	Nulle
Pt 14	16	1.15	0.35
Pt 15	16	1.28	Nulle
Pt 16	32	0.58	Nulle

Interprétation des résultats

- Le taux des carbonates varie entre 10 % et 46 % avec une moyenne de 33 % ce qui confirme les formations des encroutements calcaire du sol. Son taux en sulfates est nul
- l'échantillon de sol analysé présente un degré d'agressivité 2.48 à nul vis à vis du béton. Des mesures de précaution particulière à prendre pour la confection du béton au contact de ce sol. Le ciment ordinaire n'est pas toléré pour la fabrication du béton au contact de ce sol.

CHAPITRE IX : ASSISE FERROVIAIRE

IX. Assise ferroviaire

IX.1 Introduction :

A partir d'essais de laboratoire et in situ de plus en plus perfectionnés, la mécanique des sols nous fournit les donnes nécessaires pour dimensionner la structure d'assise, et assurer leur stabilité en fonction des sols sur lesquels doivent être reposées

Nous avons défini dans le chapitre constituent de la voie la couche d'assise, et afin de compléter ce dernier, nous présenterons dans ce chapitre le ballast, la sous couche et la plat forme

IX.2 Le ballast

Techniquement l'acier a été utilisé pour les rails mais ce matériau présenterait un problème, il a tendance à s'allonger et à se rétrécir sous l'effet des variations de température, c'est ainsi que les ingénieurs ont développé un moyen de réguler ce phénomène en créant le ballaste

Définition : 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
- Transmettre des efforts engendrés par le passage des trains au sol, sans que celui-ci ne se déforme par tassement
- Absorbe les vibrations
- Maintient la dilatation thermique à un niveau minimum
- Empêche les plantes de pousser par-dessous

IX.3 Caractéristique de ballast

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

IX.4 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

IX.4.1 Rôle de la sous couche :

La sous couche assure plusieurs fonction 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

IX.5 La plate-forme :

Définition : 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.

IX.6 Classification des sols pour la plateforme

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

- La nature géotechnique du sol ; à cet égard, on utilise l'identification géotechnique.
- Les conditions hydrogéologiques et hydrologiques locales ; ces conditions, sont réputées bonnes si :
  - La couche supérieure du sol considéré est hors de toute nappe naturelle (niveau de cette dernière mesuré avant toute opération de rabattement complémentaire et en période climatique défavorable).
  - La plateforme n'est pas le siège de percolations (pénétration par l'eau circulant dans le sol (éventuellement pollué)) naturelles transversales, longitudinales ou verticales nocives,

- Les eaux de pluie sont évacuées correctement de la plateforme et les dispositifs longitudinaux de drainage sont en bon état de fonctionnement. Si l'une au moins de ces trois conditions n'est pas remplie, les conditions hydrogéologiques et hydrologiques sont réputées mauvaises. On distingue, selon que les conditions ci-dessus soient bonnes ou mauvaises et selon les modalités de tableau, 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	Granulométrie		Limite	Classification GTR et NF P11-300	Classe de qualité du sol
	50	0,08	I_p		
Pt 1	100	51	-	**C1A1s**	**QS1**
Pt 2	100	70	8.75	**C1A1s**	**QS1**
Pt 2'	100	72	-	**C1A1s**	**QS2**
Pt 3	100	50	10.35	**C1A1m**	**QS1**
Pt 3'	100	36	-	**C1A1s**	**QS2**
Pt 4	100	49	-	**C1A1m**	**QS1**
Pt 5	100	38	-	**C1A1s**	**QS2**
Pt 5'	100	48	7.47	**C1A1m**	**QS1**
Pt 6	100	19	-	**C1B5s**	**QS2**
Pt 7	100	21	18.02	**C1B6m**	**QS2**
Pt 7'	100	21	16.0	**C1B6m**	**QS2**
Pt 8	100	22	-	**C1B5s**	**QS2**
Pt 9	100	25	-	**C1B6m**	**QS2**

Pt 10	100	01	-	**C1B2m**	**QS1**
Pt 11	100	02	-	**C1B2m**	**QS1**
Pt 11'	100	48.80	4.88	**C1A1s**	**QS2**
Pt 12	100	55	-	**C1A1m**	**QS1**
Pt 13	100	64	4.85	**C1A1m**	**QS1**
Pt 14	100	15	-	**C1B5s**	**QS2**
Pt 15	100	70	12.63	**C1A1m**	**QS2**
Pt 16	100	53	8.04	**C1A1m**	**QS1**

Selon la fiche UIC 719R, la classe de qualité du sol de la plateforme, correspond globalement au **QS2** et parfois **QS1**

IX.7 Les classes de la portance de la plateforme :

La portance d'une plate-forme dépend :

- De la qualité du sol constituant le corps de remblais ou du sol en place du fond du déblai.
- De la qualité et de l'épaisseur de la couche de forme (lorsque cette dernière existe).

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

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

Tableau IX-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 e_f(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 de ce qui précède, notamment la classe des qualités du sol support QS1 et QS2, ainsi que les prescriptions données par les UIC nous conseillons d'opter pour une plateforme de type P 3 (Bonne plateforme) dimensionnée préalablement pour un tel type de sol (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 :

Couche de forme

1- Sur les matériaux **QS1**, une couche de forme dont la qualité de sol est **QS3** et cela sur une épaisseur de **50 cm**.
2- Sur les matériaux **QS2**, une couche de forme dont la qualité de sol est **QS3** et cela sur une épaisseur minimale de **35cm**.

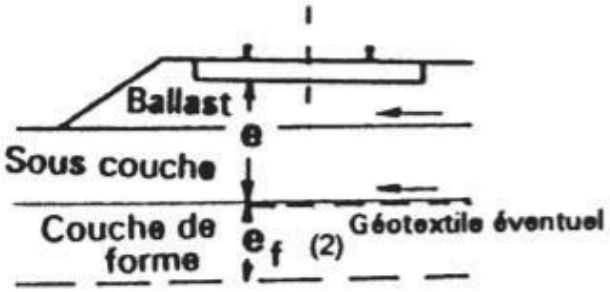
IX.8 Calcul des épaisseurs minimales des couches d'assise

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

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

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

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



Les Valeurs de E :

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

Les Valeurs de a :

- 0 m pour les lignes des groupes UIC 1 et 2 (ou lignes à V>160 km/h quel que soit le groupe (UIC).
- -0.05 m pour les lignes de groups UIC (3,4).
- -0.10 m pour les lignes de groupe UIC (5, 6,7, 8,9) avec voyageurs.
- -0.15 m pour les lignes de groupe UIC (7, 8,9) sans voyageurs.

Les Valeurs de b :

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

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 $V \leq 160$ 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.

IX.9 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= **- 0,10** pour ligne UIC 5

b=0.13

c= 0,00 m pour voie nouvelle

d= 0,00 m pour charge pour essieux 200 KN

f= 0,00 pour vitesse V≤ 160 KN/h

g= 0 (Pas de géotextile), couche de forme sol QS3.

e=0.45-0.1+0.13+0+0+0+0=0.48

On prend e=0.5

IX.10 Conclusion :

Le dimensionnement nous a permis de mettre en évidence les épaisseurs des différents couches devant être présentes pour supporter et diffuser la charge transmise par le matériel roulant. Nous avons respecté les normes de l'UIC en vigueur en Algérie.

CHAPITRE X : PROFILE EN TRAVERS

X. Profile en Travers

X.1 Introduction :

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

X.2 Profile en travers :

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

Un projet ferroviaire consiste à dessiner un grand nombre de coupes transversales. Pour évite de dimensionner chaque profil tous seul, nous établissons d'abord un profil unique appelé « profile en travers type » qui contient toutes les détails constructifs pour une section homogène donnée (larguer de la voie, entraxe, berme, pente des talus, fossés, les constituent de la voie et leur dimension …etc.)

Remarque : un projet ferroviaire peut avoir plusieurs profile en travers types, comme c'est le cas pour mon projet

X.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 (cas de plusieurs voies), pour notre projet on a une seule voie.
- Le type de traverse utilisé.
- La valeur de devers en courbe (maximum).
- L'épaisseur de la couche de ballast.

Eléments de l'infrastructure :

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

. **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

X.2.2 Profile en travers type de mon projet :

La voie unique repose sur une plate-forme de 8,00 m de largeur, Au-dessus du fond de déblai respectivement de la surface supérieure de remblai nivelé, la fondation de la voie consiste en une couche de fondation et en sous-ballast. La superstructure est posée sur le sous-ballast. Chaque couche présente un dévers de 4 % vers l'extérieur du corps de la voie. L'arêtes etrouve à droite (dans le sens du kilométrage) de l'axe de la voie,à 2,10m de distance pour rendre possible un aménagement ultérieur à voie double. La superstructure se compose de rails UIC-60 espacé de 1.435 m et de traverses bi-bloc sur ballast. Du côté gauche de la voie (dans le sens du kilométrage), une bande latérale est prévue pour l'installation des poteaux d'une caténaire prévue et, parallèlement, pour une conduite de télécommunication, en résumé le profile en travers type caractérisé comme suit

- Ecartement de la voie : 1.435 m (standard).
- Largeurs de la plate-forme : 8 m.
- Pente latérale de la plate-forme : 4%.
- Pente latérale de la couche du ballast : 3/2.
- Épaisseur du ballast : 30cm.
- Épaisseur du sous-ballast : 15 cm.
- Épaisseur de couche de forme :

- Sur les matériaux **QS1**, une couche de forme dont la qualité de sol est **QS3** et cela sur une épaisseur de **50 cm**.
- Sur les matériaux **QS2**, une couche de forme dont la qualité de sol est **QS3** et cela sur une épaisseur minimale de **35cm**.

- Pente (déblai : 1.5H/1V et remblai : 2H/1V).
- Fossé trapézoïdal (b= 0.50 m ; h= 0.50 m).

X.3 Calcul des cubatures

Les cubatures de terrassement c'est l'évolution des cubes des déblais et des remblais que comporte le projet afin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous 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

CIVIL 3D 2021, les détails de calcul sont joints dans l'annexe.

Tableau suivant représente les résultats de calcul automatique :

Tableau X-1 Les cubatures de terrassement

Volume déblais (m^3)	**Volume remblais (m^3)**
114372	354727

X.4 Conclusion

On peut conclure que Prendre en considération le gabarit nécessaire pour l'extension de voie, Donc la nouvelle ligne repose sur une plate-forme de 8m de largeur.

CHAPITRE XI : LES OUVRAGES D'ART

XI. Les ouvrages d'art

XI.1 Introduction

Pour concevoir un meilleur tracé qui répond aux exigences techniques et économiques tout en assurant la perméabilité transversale de la ligne ferroviaire a projeté et le franchissement des différentes infrastructures existantes et aussi les cours d'eau, on doit doter cette nouvelle ligne des ouvrages d'art suivants :

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

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

Dans tous les cas le choix du type d'ouvrage dépend des contraintes imposées, ces conditions sont de deux sortes :

- **Données naturelles :**

Ecoulement des eaux nature du sol, etc….

- **Exigences techniques :**

Elles sont portées, programme de charge gabarit, etc….

Toutefois, les contraintes dimensionnelles et fonctionnelles sont :

- l'obstacle franchi
- Gabarit.
- Tirait d'eau.
- Adaptation architecturale à la région.

XI.3 Croisement avec une route

En général, les problèmes de croisement doivent prendre en considération la nature et le débit de chaque voie traversée afin d'analyser cas par cas tous les types de croisements en fonction de la vitesse de base maximale.

On prévoit en effet, trois solutions possibles :

- **Passage supérieur :** Si la vitesse des trains est importante $\geq$ 100 km/h et si la topographie ne le permet pas.
- **Passage à niveau :** pour les routes de faibles débits
- **Passage inférieur de la route :** rarement envisagée, c'est lorsque la topographie l'exige (niveau de roulement de train élevé).

XI.4 Définition et catégories des ponts

D'une façon générale, un pont est un ouvrage en élévation, construit in situ, permettant à une voie de circulation de franchir un obstacle naturel ou artificiel : rivière, vallée, route, voie ferrée, canal, etc.

La voie portée peut être :

- Une voie routière (pont-route).
- Piétonne (passerelle).
- ferroviaire (pont-rail).

XI.5 Les ouvrages d'art de notre projet

Liste des ouvrages d'art pour mon projet

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

Type de passage	Localisation
pont route	86+200
pont route	87+957
Dalot	89+660
pont route	91+000
Dalot	91+700
Dalot	94+120
pont route	94+400
pont route	96+249
pont route	98+874
Dalot	99+640
pont route	100+889
pont route	103+181
pont route	104+950
pont route	106+740
Pont rail	107+600

XI.6 Conclusion

On peut conclure que dans notre projet les ouvrages d'art plus utilisé Sont Dalot et Passage supérieur.

CHAPITRE XII : CONCEPTION DE LA GARE CHAHBOUNIA

XII. Conception de la gare chahbounia

XII.1 Introduction :

Une gare ferroviaire est le lieu d'arrêt des trains. Une gare comprend diverses installations qui ont une double fonction : permettre la montée ou la descente des voyageurs, ou le chargement et le déchargement des marchandises et pour certaines d'entre elles,

XII.2 Type de gare :

Gare de voyageur : Les gares de voyageurs sont généralement implantées dans les grandes villes, et dans les lieux de grandes populations, ces gares sont chargées de tous installations pour recevoir les voyageurs

Gare marchandise :

Les gares de marchandise sont implantées dans les lieux industriels, agricoles et commerciaux importants, à proximité des grandes villes, des ports, des mines, des raffineries de pétrole et des grands laboratoires.

Les gares marchandise sont chargées de toutes les installations pour le chargement, le déchargement et le stockage des marchandises. Émis et reçus par eux.

Gare mixte :

Ces gares seront implantées dans la ville industrielle, agricole et commerciale, et elles seront chargées de plusieurs installations pour recevoir les passagers et pour charger, décharger et stocker les marchandises délivrées par la gare.

Gare de croisement :

C'est l'une des plus petites gares, Ces gares sont implantées généralement sur les chemins de fer à voie unique, et elles sont chargées d'effectuer le travail de réception des trains des deux côtés de la gare en toute sécurité après l'arrêt de l'un des deux (ou sans arrêt).

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

La conception de la gare s'effectue en tenant compte des fonctions de toutes les installations de base qui la constituent. Dans ce stade (03) éléments sont nécessaires pour l'étude du plan de masse :

- **Catégories de la voie :** elle permet de déterminer le rôle et les constituants de la gare.
- **Le trafic :** c'est un élément très important pour estimer et évaluer l'importance de la gare afin de l'aménager d'une manière convenable.
- **L'emplacement de la gare :** généralement, c'est l'élément qui définit et détermine les deux éléments précédents.

XII.4 Aménagement de la gare

XII.4.1 Installations d'une gare à voyageur :

Le bâtiment de voyageurs (B.V) : C'est un espace réservé aux voyageurs dans lequel on peut trouver une salle d'attente, guichet de billet, poste de sécurité, kiosque...etc.

Les bâtiments à usages divers (B.U.D) : Qui comprennent des locaux de service exclusivement réservés aux agents du chemin de fer, tels que cabine de signalisation, magasin, magasin des coulis, bureaux….

Quais : C'est une bande parallèle à la voie ferrée qui permet l'accès aux trains.

Abris de quais : C'est une installation sur le quai qui a pour but de protéger les voyageurs des intempéries.

Les passages sous terrain et les passerelles : ils sont construits dans les gares afin de permettre aux voyageurs de traverser la voie et de changer le quai en pleine sécurité.

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

C'est le tronçon de voie situé au prolongement d'un parcours du train à l'aval d'un signal fermé, et aucune autre circulation de train n'est autorisée dans cette marge, qui, pour certains réseaux, doit être libre de toute occupation.

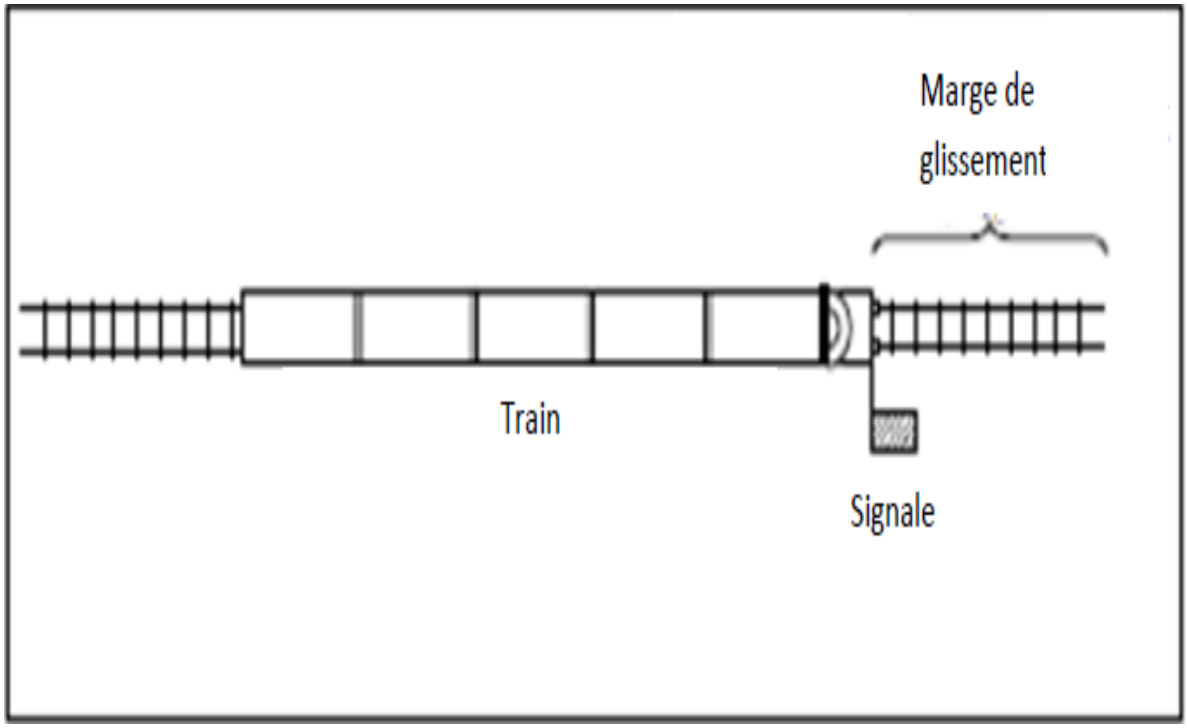


Figure XII.1 Schématisation de la marge de glissement

But de la marge de glissement : Elle a pour but de minimiser les conséquences d'un accident de collision lorsqu'un train n'a pas pu d'arrêter avant cette marge, faute de freinage ou rails glissants.

Longueurs de la marge de glissement :

$50 \leq LG \leq 200$, 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.

Remarque: Lorsqu'on ne peut pas réaliser cette marge, faute de quoi, on doit systématiquement réduire la vitesse d'entrée avant le signal.

XII.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 donnée par la formule suivante

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

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

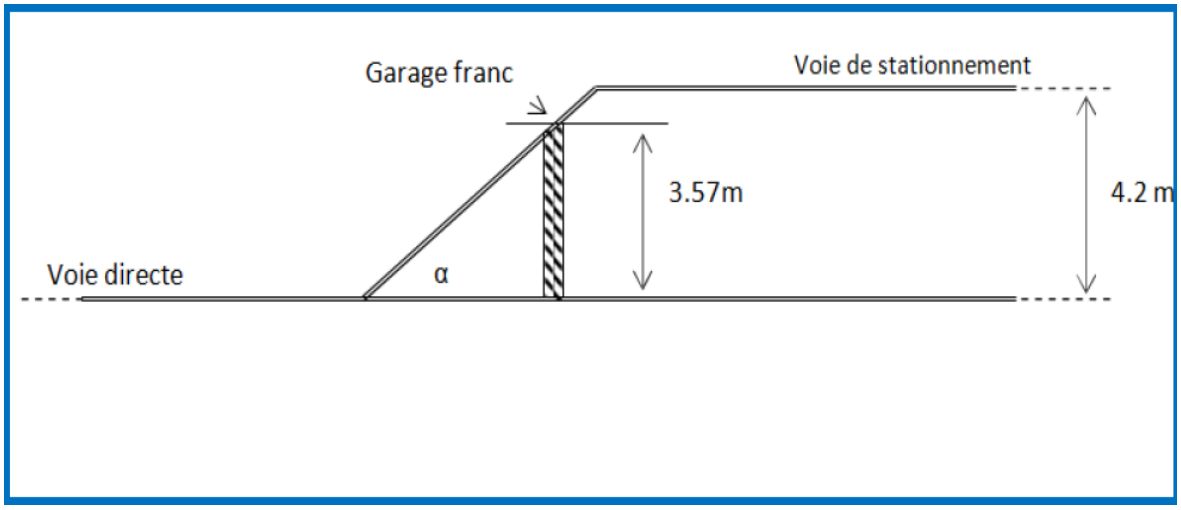


Figure XII.2 Schéma illustratif de garage franc

XII.4.4 Heurtoir :

Il s'agit de dispositifs placés à l'extrémité d'une voie ferrée pour arrêter les trains qui ne s'arrêtent pas à temps, ou en cas de dérive, pour les empêcher de quitter la voie.



Figure XII.3 un heurtoir[23]

XII.5 Caractéristiques géométriques des gares

XII.5.1 XI.6 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. Donc La longueur utile représente la distance séparant deux garages francs.

XII.5.2 Déclivité dans les gares :

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

[23] https://s3.eu-west-3.amzonaws.com/a-t-v/thumbnails/1080o/ermont_040-5c500bbb8e31c.jpeg

XII.5.3 Quai

1. La longueur de quai (normes SNTF) :

- Grande ligne 450 m.

- Service régional 350 m.

- Banlieue 225 m.

2. La largeur des quais :

la SNTF recommande pour une telle gare

- Quai intermédiaire B > 8 m

- Quai extérieur B ≥ 6m

3. Hauteur des quais :

la hauteur du bord du quai devra être de 350, 550 ou de 760 mm au-dessus de la surface de roulement, et cela selon le type du matériel roulant qui est susceptible de s'arrêter dans ce quai.

4. 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 :

$$S\ (mm)= (3750/R) + ((I-1435)/2)$$

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

- I : l'écartement de la voie (mm).

5. L'entre axe des quais :

- e normal > 11.3 m.

- e minimal > 9.3 m.

XII.5.4 Les appareils de voie

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

1. Conditions générale :

Les appareils de voie seront implantés en déclivité constante. Il en sera de même des communications.

. D'autre part, dans les zones situées à proximité d'un ouvrage d'art, les appareils de voie devront être situés à des distances minimales qui sont fonction de la longueur L de celui-ci:

Figure XII.4 longueurs minimal de tracé[24]

L_{min}	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.

[24] REFERENTIEL TECHNIQUE SNTF

2. 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
- $100 \leq Vd < 160$: 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.
- $Vd \geq 160$: la condition ci-dessus est obligatoire. Quelle que soit Vd, la longueur des raccordements sera calculée afin d'obtenir une variation maximale d'insuffisance de dévers $\Delta I/\Delta t$ de 75 mm/s (valeur normale) et 90 mm/s (valeur exceptionnelle).

En talon de la voie directe :

Longueur minimale d'alignement L2, à réserver, doit être supérieure à 50m.

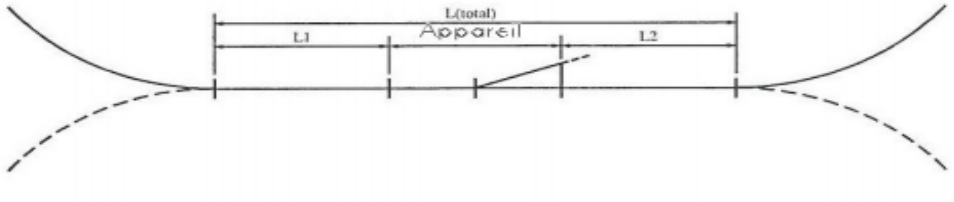


Figure XII.5 schéma illustratif[25]

Tableau XII-1les branchements

Domaine d'emploi du branchement	Vitesse(Km/h)	Type de branchement
• Dans les faisceaux de classement, remisage, voie de nettoyage et toutes les voies de manœuvre.	40	R190- 1/7 tg (0,143) R190- 1/9 tg (0,111)
• Comme branchement d'entrée et de sortie de voies de quais les trains de voyageurs. • Dans le faisceau de transfert de la a gare de marchandises. • Dans la voie de circulation des trains marchandises	50	R300- 1/9 tg (0,111)

[25]REFERENTIEL TECHNIQUE SNTF

• Comme branchement d'entrée et de sortie des voies de quai utilisées par les trains de banlieue ou de voyageurs. • Dans les communications des voies de ligne. • Dans la bifurcation d'une voie de ligne Comme branchements d'entrée et de sortie des gares.	60	R500- 1 /12 (0,083)

XII.6 Application Au Projet

La nouvelle gare de chahbounia située au début de mon projet, est en effet une gare intermédiaire conçue comme gare voyageurs composée de trois voies de quai. Les voies A (voie principale), B et C sont destinées à recevoir des trains d'une longueur maximale de 750m dont des séparations par des quais intermédiaires de 8m de large et de 300 m de long sont préconisées. Cette gare intermédiaire sera caractérisée par un trafic voyageur moyen.

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

Comme V ≥ 60 km/h alors LG = 200m

- **La longueur du quai :**

Pour notre gare on prend 300 m comme longueur des quais.

- **Largeur des quais :**

On prend B= 6 m pour les quais extérieurs, et 8 m pour les quais intermédiaires.

- **Hauteur des quais :**

On prend pour notre cas h= 55 cm.

- **Entre–axe des quais :**

On prend: e= 15.3 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 :**

Selon le maitre de l'ouvrage longueurs utiles des voies de la gare sont

• Voie A est de 1460 m

• Voie B : Lu=1200 m

• Voie C : Lu=1150m (voie de service)

- **Longueur de garage de franc** :

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

Pour l'appareil de voie type 1/9 : lg= 38m

- **La passerelle**

Elle permet le franchissement sans risques des voies.

Pour notre gare, un passage souterrain est conçu pour les déplacements des passagers au sein de la gare, entre les quais et les bâtiments des voyageurs dont les dimensions sont : La largeur doit être : B ≥ 2.4 m, donc on prend : B= 3 m La hauteur doit être : H ≥ 2.4 m, donc on prend : H= 3 m

XII.7 Assainissement dans les gares

XII.7.1 Assainissement transversale :

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

XII.7.2 Assainissement longitudinal :

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

XII.8 Profile en travers type : **voir annexe**

CHAPITRE XIII : SIGNALISATION FERROVIAIRE

XIII. Signalisation ferroviaire

XIII.1 Introduction :

Dès la mise en service des premier trains il est apparu évident qu'il fallait implantés le long de la voie des signaux, c'était le seul moyen pour que le conducteur de véhicule connaitre son environnement, donc Savoir où se trouve le train placé devant lui, savoir à quel endroit il fallait s'arrêter ,connaitre la vitesse à laquelle il devait rouler donc la signalisation c'est le fondement de la sécurité ferroviaire

XIII.2 Les principaux risques ferroviaires

La signalisation est un moyen de donner des ordres au conducteur d'un véhicule et a pour Objectif d'éviter :

1. Les risques de la circulation ferroviaire :
   - collision nez à nez : il s'agit d'une collision frontale entre deux trains quand ils se retrouvent face à face sur la même voie
   - collision par rattrapage : c'est le risque de collision par l'arrière lorsqu'un train percute un autre train qui se trouve devant lui.
2. Les risques de déraillement (limitation de vitesse dans les courbes, les zones d'aiguillage et de travaux
3. Le franchissement dans les passages à niveau
4. Permettre un freinage sans risque par une distance d'arrêt suffisante dans certains cas, lamise en scène des signaux d'arrêt s'avère nécessaire :
   - signal d'annonce d'arrêt,
   - signal de ralentissement et de rappel de ralentissement indiquant au mécanicien une limitation de vitesse sur un aiguillage franche en voie déviée ou à l'entrée des gares ou encore à cause des travaux temporaires.

La signalisation ferroviaire permet aussi d'optimisé les circulations et d'augmenter le débit d'une ligne ferroviaire.

XIII.3 Implantation des signaux en Algérie:

Les signaux ferroviaire se partage en deux catégorie sont les feux et les panneaux, ces dernier sont implanter généralement à gauche de la voie car les trains circule à gauche sauf dans le cas où le positionnement n'est pas possible.

XIII.4 Principe de signalisation ferroviaire :

XIII.4.1 Signalisation classique :

Le canton est une portion de voie ferrée alimente par une énergie électrique qui est la base du système permettant l'espacement des trains, ce qui permet d'éviter les rattrapages

Remarque : une voie ferre est composée de plusieurs canton et chaque canton est isole indépendamment par un joint isolant

XIII.4.1.1 Principe de base de cantonnement

La ligne de chemin de fer est divisée en plusieurs secteurs que l'on appelle des cantons. Chaque canton, est protégé par un signal, le cantonnement le moyen généralement employé pour assurer l'espacement des trains circulant dans le même sens sur une même voie.

Par principe, on n'admet que la présence d'un seul train dans un canton donné. Lorsqu'un train entre dans un canton, les essieux du train engendrent un court-circuit entre les deux fils du rail. Cela provoque la fermeture du signal à l'entrée du canton, il présente donc un feu rouge. Lorsque le train pénètre dans le canton suivant, le signal protégeant présente à son tour un feu rouge, alors que le signal du premier canton présente désormais un feu orange, Lorsque le train pénètre dans le troisième, le signal le protégeant donne l'indication feu rouge. Le signal du second canton donne l'indication feu jaune, et le signal du premier canton donne désormais l'indication voie libre. (Feu vert). Pour ce type de signalisation, il n'y a donc pas d'intervention humaine. C'est le train qui se protège lui-même

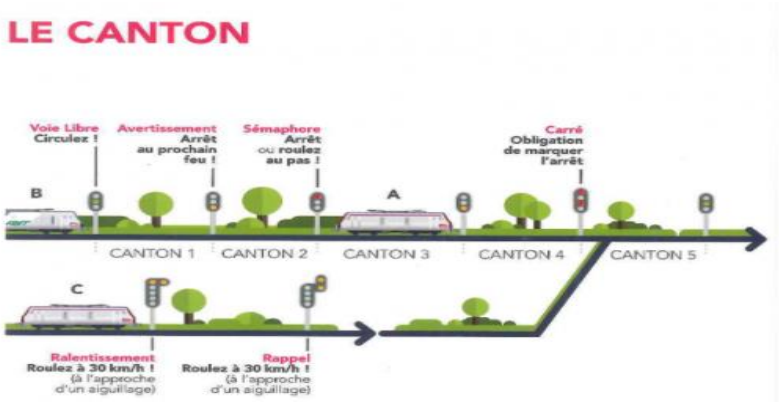


Figure XIII.1 schéma illustratif de canton[26]

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.).
- Le block automatique à permissivité restreinte (B.A.P.R.).
- Le block automatique lumineux (B.A.L.).

1. **Le block manuel :** est utilisé sur des lignes peu fréquentées, dont l'exploitation est assurée manuellement. Le nombre de signaux implantés sur les voies est très réduit,les installations de commande sont simples, L'inconvénient ce type de block est qu'il ne permet pas un gros débit sur les lignes.

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

3. **Le block automatique lumineux :** est utilisé sur les lignes principales. Ce système est automatique et permet un débit maximal sur une ligne, d'autre part il autorise également

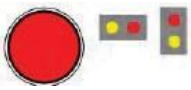
[26] Les fondamentaux de la SNCF : Le canton, le circuit de voie et la signalisation – Tours – Orléans – Paris (maligne-ter.com)

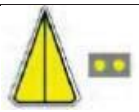
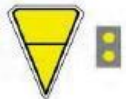
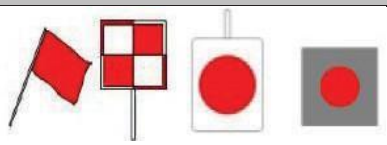
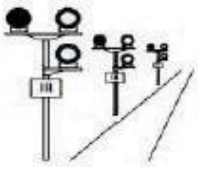
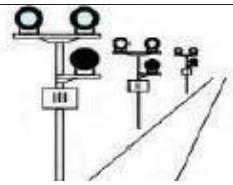
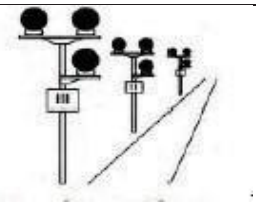
un espacement réduit des circulations puisque le franchissement des signaux d'espacements fermés en marche à vue est autorisé.

Tableau XIII-1 Les principaux signaux ferroviaires et leur indication[27]

Signal	Indication	Signalisation Lumineuse	Signalisation mécanique
Signal ouvert Voie libre	Le Voie Libre indiqueau conducteur que la circulation en marchenormale est autorisée		
Le feu vert Clignotant (VL)	Il commande au Mécanicien de réduirela vitesse à 160 km/h		
Carré fermé + feux De nuit	Le carré commande l'arrêt et ne doit en aucun cas être franchi.	ou 	
Feu violet ou Carré Violet fermé + feu de Nuit	Commande l'arrêt, ilest installé sur les voies de service, son ouverture seule.		
Guidon d'arrêt			
Sémaphore/feu Rouge	Il commande au mécanicien de s'arrêteravant le signal		

[27] Etude APD de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique avec une vitesse 220 Km/h entre Boughezoul - Djelfa sur un tronçon du PK136+00au PK141+00 avec conception de la gare intermodale d'Ain Oussera- IGHEMINE Nassim

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 lescas le départ en ligne d'un train		
Les feux de heurtoir	Ils servent à repérer denuit, 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 enmesure de s'arrêter àquai sur une distance réduite		
Le ralentissement 30 Fermé	Limiter la vitesse à 30km/h Pour franchir uneaiguille		
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 uneligne Verticale		
	Refouler par l'allumagealterné de deux feux blancs sur une ligne horizontale		
	Arrêter par l'extinction complète des feux présentés.		
Le signal fin de caténaire	Fin de caténaire		

XIII.4.2 Signalisation moderne

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

Les systèmes de signalisation classique a été installé il y a 80 ans, il était révolutionnaire et adapte aux besoins de l'époque .mais aujourd'hui nous avons besoin de faire circuler beaucoup plus de train qu'avant , et avec l'augmentation du trafic et de la demande la SNTF doit installer L'ERTMS pour améliorer les performances et augmenter les capacités de circulation du réseaux existant

XIII.4.2.1 Définition du système ERTMS :

European **R**ailways **T**raffic **M**anagement **S**ystem signifie en Français système européen de la gestion de la circulation ferroviaire

Fonctionnement d'ERTMS :

Avec L'ERTMS il existe des balises au sol qui communique avec un autre système à bord de train. Contrairement à l'ancienne version ERTMS permet de transmettre via une antenne sa position et sa vitesse de façon continue à n'importe quel moment

Grace à ce système les informations d'accélération et de ralentissement, d'arrêté sont transmises de façon continue et directement au conducteur de train qui peut ajuster sa conduite a

tout moment donc on peut rouler plus vite et plus rapprochée donc faire passer plus de trains par heure et même faire repartir de façon plus fluide le trafic.

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

XIII.5 Conclusion :

Avec l'apparition des outils informatique de plus en plus performante, le domaine de la signalisation ferroviaire s'est beaucoup développé ces derniers années, contribuant ainsi avec une grande part dans la diminution des accidentes et la facilité de circulation du matériel roulant.

CHAPITRE XIV : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIV. Impact sur l'environnement

XIV.1 Introduction :

Le transport ferroviaire par les différentes nuisances qu'il génère est devenu, Une préoccupation majeure pour les responsables de Conception, construction et exploitation d'infrastructures ferroviaire

A cet effet, une étude d'impact sur l'Environnement a été faite pour essaies d'intégrer mon projet dans le paysage initial sans nuire à l'environnement.

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 illustre et évalue les impacts susceptibles d'être engendrés, enfin la dernière partie fait l'objet des mesures à envisager en faveur de l'environnement.

La caractérisation environnementale de la situation actuelle est élaborée sur la base d'un certain nombre d'informations recueillies et avec des observations visuelles de la nature des terrains qui sera traversé par le tracé

XIV.2 Analyse De L'état initial:

XIV.2.1 Environnement physique :

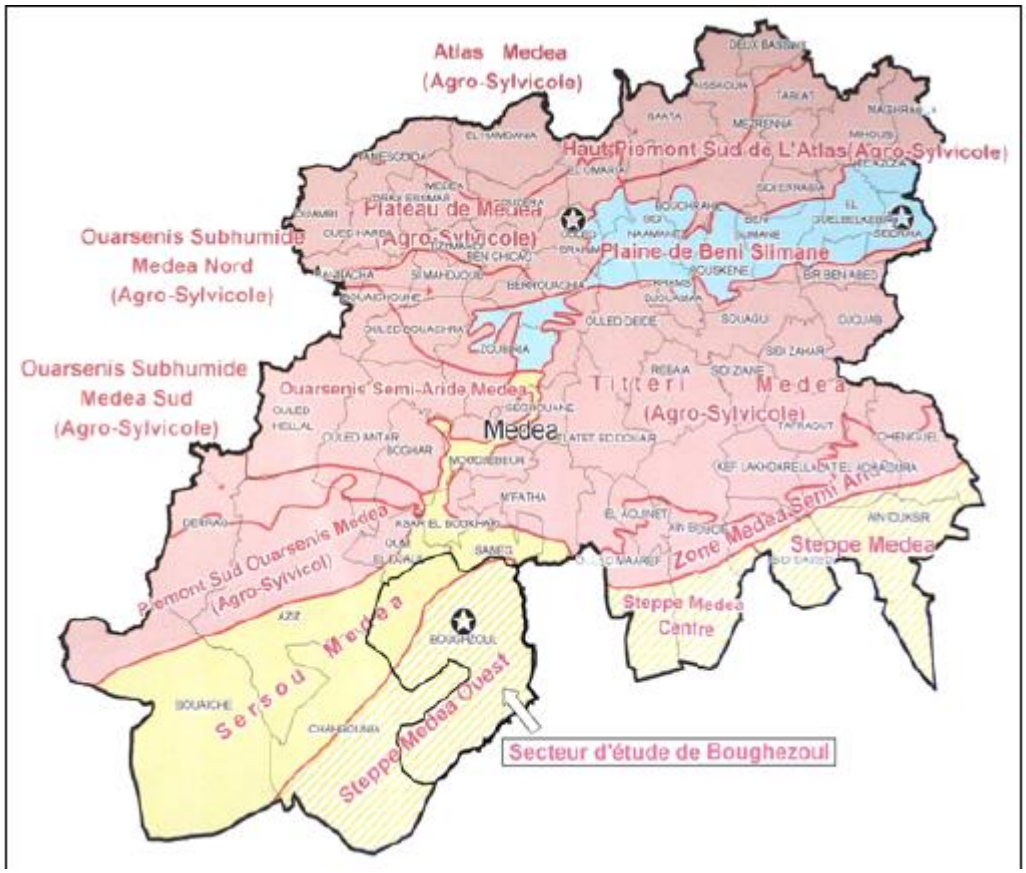
XIV.2.1.1 Situation

La zone d'étude fait partie de la Daïra de Chahbounia, elle est située à environ 80 km au sud de la ville de Médéa chef-lieu de wilaya.

La distance séparant le chef-lieu de commune de chahbounia est de 26 KM

XIV.2.1.2 Unités Biographiques :

La commune s'étend sur une superficie de 1 515 km². Cette superficie se répartit comme suit d'après la carte ci-après :



- Les parcours steppiques s'étendent sur 29 451 ha
-
- les terrains incultes recouvrent, une superficie de 4 723 hectares
-
- Les terrains érodés dont la superficie est de 4 838 hectares
-
- les terrains agricoles totalisent 5 651 hectares

XIV.2.1.3 CLIMAT

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

XIV.2.1.4 Relief

La carte des altitudes, générée à partir d'un modèle numérique de terrain SRTM

Fait ressortir la répartition suivante :

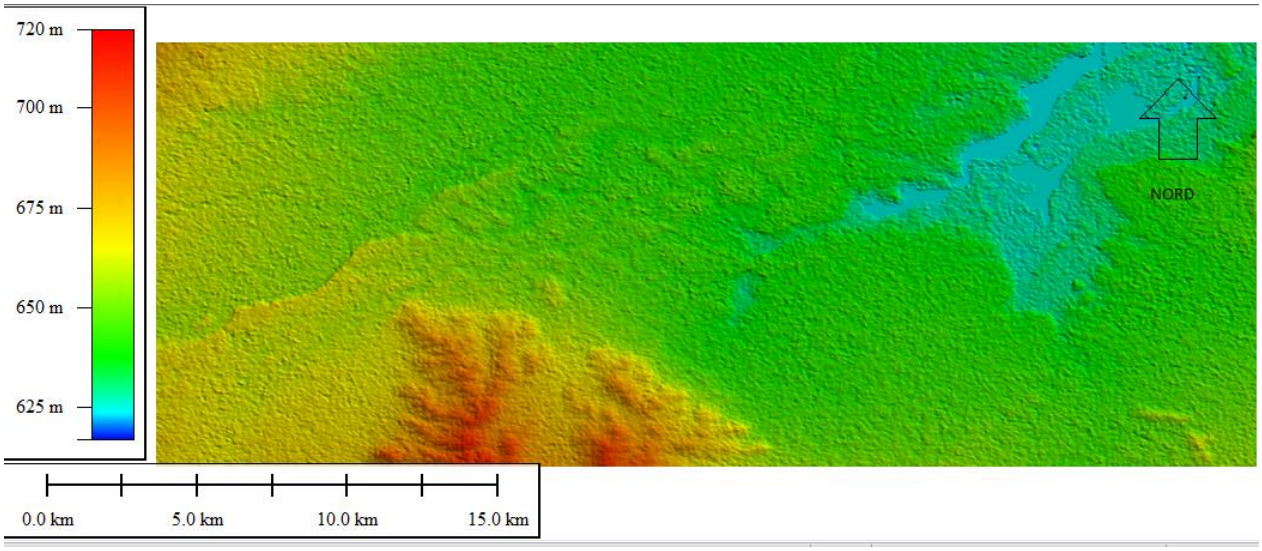


Figure XIV.1 modèle numérique de terrain SRTM

Cette répartition indique qu'une grande partie de la zone d'étude est située à une altitude de 600 à 700 mètres.

XIV.2.2 RESSOUCES ET POTENTIALITES

XIV.2.2.1 RESSOURCES EN EAU :

XIV.2.2.1.1 RESSOURCES EN EAUX DE SURFACES

Le tracé de la voie ferrée traverse une zone à une faible densité de drainage (réseau hydrographique presque nul), une caractéristique des zones à faibles pentes.

Les différents oueds qui se trouvent dans cette partie de la zone sont oued Ouassel et oued faidh.

XIV.2.2.1.2 RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES

Il existe des forages destinés à l'alimentation en eau potable dont le débit moyen est estimé à 15 l/s.

XIV.2.3 Habitats et biodiversité

XIV.2.3.1 Végétation Et Flore :

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

XIV.2.3.2 La Faune :

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

XIV.2.4 Indicateurs Socio-économiques :

XIV.2.4.1 Population :

Il a une population de 39 429 hab. (2008) personnes sur une superficie de 1 515 km². La densité de population de chahbounia est de 26 habitants par Kilomètres carrés.

XIV.2.4.2 Agriculture :

Le secteur de l'agriculture occupe 44% de la population.

Les parcours sont très répandus, ils englobent 65,7% du territoire de la commune et reflète la vocation agropastorale de la région. Ces parcours sont du type steppique et compensé par une maigre céréaliculture. Cet élevage est caractérisé par une conduite extensive.

L'élevage est composé de bovins, ovins, caprin et camelins. L'élevage ovin représente la principale activité de la commune

XIV.3 Identification et description des impacts

XIV.3.1 Les impacts positifs du projet :

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

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

XIV.3.2 Les impacts négatifs :

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

Les ressources naturelles concernées par les effets du tracé sont :

- L'air.
- L'eau
- La faune et la flore.

XIV.3.2.1.1 L'air :

La pollution résultant du fonctionnement des moteurs à combustion interne diesel est caractérisée par des émissions de polluant gazeux et l'évaporation d'hydrocarbures

- **Effets sur la santé** : Il s'agit de nuisances sensorielles (bruit, odeurs) de l'irritation des voies respiratoires, des yeux et de tous les effets toxiques
- **Effets sur l'environnement** : Ils concernent principalement
    - L'effet sur la végétation
    - L'effet sur le patrimoine

XIV.3.2.1.2 L'eau

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

XIV.3.2.1.3 La faune et la flore :

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

XIV.3.2.2 Effets sur les activités humaines:

La nouvelle ligne ferroviaire Boughzoul chahbounia a des effets sur l'occupation des sols et les déplacements des personnes permet ces effet on cite :

- Une perte de l'espace agricole
- Une coupure de l'espace agricole
- Une déstructuration du parcellaire
- Une interruption des circulations agricoles
- Une coupure des réseaux de drainage et d'irrigation

XIV.4 Les mesures prises pour minimiser les impacts :

Impacts sur la qualité de l'air :

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

Impacts sur les eaux superficielles et les eaux souterraines :

Impact	Mesure
Impacts sur les eaux souterraines ▪ Risques de pollution par rejets directs d'eaux de lavage, d'eaux usées. ▪ Risque de pollution par une mauvaise gestion des déchets. ▪ Le rabattement des nappes par pompage qui conduit à un abaissement du niveau des nappes phréatiques ainsi qu'une modification du régime d'écoulement des eaux souterraines.	▪ La mise en végétation immédiate des talus, des fossés et berges de cours d'eau, en saison favorable ▪ Le traitement des eaux de chantier dans des bassins de décantation/ filtration provisoires avant rejet dans les cours d'eau sensibles. ▪ Le rejet à l'aval des captages, au-delà de leur aire d'alimentation après décantation. ▪ En cas de dépôts de fines après un orage, le nettoyage immédiat du chantier

Impact sur les eaux superficielles ▪ Dérivations des écoulements durant la construction de l'ouvrage. ▪ La pollution des eaux. ▪ L'érosion des talus en cours de création	▪ Drainage et collecte des eaux de ruissellement issues des terrassements dans des bassins de décantation avant rejet dans le cours d'eau. ▪ Stockage du carburant, confinement et maintenance du matériel sur des aires aménagées à cet effet. ▪ Mise en œuvre d'une toile ou grille de protection dans les secteurs sensibles à l'érosion.

Impacts sur la flore :

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

Impacts sur la faune :

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

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

Type de passage	Localisation
pont route	86+200
pont route	87+957
pont route	91+000
pont route	94+400
pont route	96+249
pont route	98+874
pont route	100+889
pont route	103+181
pont route	104+950
pont route	106+740
pont route	86+200
pont route	87+957

Impacts sur les habitants :

Impact	Localisation	Mesure
Destructions de construction	87+560	Compensation financière aux habitants touchée
Traverse des terrains agricoles	Le long de tracé	Crée des ponts routier pour permettre aux agriculteurs de déplacé des deux cote de rail Crée des pistes parallèle a la voie ferrée

CHAPITRE XV. DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF

XV. Devis estimatif et quantitatif

Article	Désignation	Unité	Prix unitaire	Quantité	Montant
1	**INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER**				
1,1	Amenée du matériel et installation générale du chantier	F	30 770 000	1	**30 770 000**
2	**TERRASSEMENT**				
2,1	Décapage de terre végétale sur épaisseur de 0,40 m	m³	500,00	70 372	**35 186 000**
2.2	Déblai mis en dépôt	m³	496	34 372	**17 048 512**
2,3	Remblais d'apport	m³	690,00	354 727	**244 761 630**
2,4	Fourniture et mise en œuvre de la couche de forme	m³	885,54	93 509,95	**82 806 801,12**
2,5	Fourniture et mise en œuvre de tapis drainant	m³	3 200,00	10 059,70	**32 191 040**
2,6	Fourniture et mise en œuvre de la couche de s/ballast	m³	3 200,00	36 006,42	**115 220 544**
PRIX TOTAL	**527 214 527,1**				
3	**TRAVAUX DE LA VOIE**				
3,1	Ballastage voie nouvelle	m³	3 841,52	50 660,99	**194 615 206,3**
3,2	Fourniture des rails NEUFS UIC 60	T	173 880,00	3175.114	**552 088 822.32**
3,3	Fourniture des traverses bi-bloc	U	9 151,95	44734	**409 403 331,30**
3,4	Fourniture des attachés pour rails UIC 60	U	434,72	89467	**38 893 094,24**
3,5	**Fourniture des appareils de voie simples**				

	UIC 60-500-1/12	U	154 335 81,05	4	**61 734 324,2**
	UIC 60-300-1/9	U	12 626 324,23	2	**25 252 648,46**
3,6	**Pose des appareils de voie simples**				
	UIC 60-500-1/12	U	614 526,52	4	**2 458 106,08**
	UIC 60-300-1/9	U	543 302,82	2	**1 086 605,64**
3,7	Soudage électrique et aluminothermique	U	20 806,50	1559	**32 437 333,50**
PRIX TOTAL	**1317969472.04**				
4	**DRAINAGE ET ASSAINISSEMENTS**				
4,1	Fourniture et mise en œuvre de fosse de 0,50 m de profondeur	ML	4 500,00	28574,12	**128583540**
4,2	Dalot en béton armé type A, B,C,C1,D,D1,D2,…….. et M	ML	44 500,00	24,4	**1085800**
4,4	Buses de tuyaux en béton armé Ø 1000 mm	U	87 763	2	**175526**
4,6	Buses de tuyaux en béton armé Ø 1500 mm	U	125 000,00	13	**1625000**
PRIX TOTAL	**131 469 866**				
PRIX TOTAL FINAL	**1 976 653 865.14**				

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

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

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

Des grands projets qui auront, sans doute, des répercussions positives sur le développement.

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

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

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

De plus, Ce travail nous a permis de développer notre côté informatique, par l'utilisation des logiciels comme AUTOCAD, CIVIL3D, GLABALE MAPPER .INFRAWORKS …..

Annexe

Annexe A

Annexe A1 : Listing de la géométrie de l'axe en plan

Client: ENSTP **Préparé par : KHELIFI AYYOUB**

LOGICIEL: civil 3D 2021 Date: 19/06/2021 05:44:28

Axe en plan: la ligne ferroviaire Tissemsilt –boughezoul
Description: étude APD de la ligne de chemin de fer Tissemsilt –Boughezoul
Plage d'abscisse : Début: 86+000.000, Fin: 108+597.838

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			86+000.000	465172.7221	3932835.4409
DR1	ANG=77.8477 (g)	1627.496			
			87+627.496	466702.6783	3933390.3980
CLO2	A=724.569				
	R=7500.000	70.000			
			87+697.496	466768.5200	3933414.1648
ARC3	XC=469293.0020				
	YC=3926351.8003				
	R=7500.000	5200.699			
			92+898.195	471865.6176	3933396.7736
CLO4	A=724.569				
	R=7500.000	70.000			
			92+968.195	471931.2956	3933372.5581
DR5	ANG=122.5868 (g)	5622.453			
			98+590.648	477203.5756	3931419.3449
CLO6	A=734.847				
	R=9000.000	60.000			
			98+650.648	477259.8618	3931398.5637
ARC7	XC=480358.2699				
	YC=3939848.4079				
	R=9000.000	8301.538			
			106+952.186	485222.0374	3932275.8413

CLO8	A=734.847				
	R=9000.000	60.000			
			107+012.186	485272.4489	3932308.3785
DR9	ANG=63.4410 (g)	1585.652			
			108+597.838	486603.7472	3933169.7370

Annexe A

Annexe A2 : Listing de la géométrie de l'axe en plan

Client: ENSTP **Préparé par : KHELIFI AYYOUB**

LOGICIEL: civil 3D 2021 Date: 19/06/2021 05:44:28

Axe en plan: la ligne ferroviaire Tissemsilt –boughezoul
Description: étude APS de la ligne de chemin de fer Tissemsilt –Boughezoul
Plage d'abscisse : Début: 86000.00, Fin: 107492.60

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			86000.00	465173.0000	3932837.5000
DR1	ANG=92.4674 (g)	2657.801			
			88657.80	467812.2182	3933151.2419
ARC2	XC=477255.8718				
	YC=3853710.5885				
	R=80000.000	17637.593			
			106295.39	485413.5363	3933293.5799
DR3	ANG=106.5030 (g)	1197.204			
			107492.60	486604.5000	3933171.5000

Annexe B

Annexe B1 : Listing de la géométrie de profil en long

Client: ENSTP **Préparé par : KHELIFI AYYOUB**

LOGICIEL: civil 3D 2021 Date: 19/06/2021 05:44:28

Profil en long : la ligne ferroviaire Tissemsilt –boughezoul
Description: étude APD de la ligne de chemin de fer Tissemsilt –Boughezoul
Plage d'abscisse : Début: 86+000.000, Fin: 108+597.838
LONGUEUR DE L'AXE : 22597.838m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			86+000.000	666.154
D1	PENTE= 0.00%	607.536		
			86+607.536	666.154
PAR1	S= 86+823.328 Z= 666.154 Point élevé= 666.154m (86+607.536)			
	R= 230000.000	431.583		
			87+039.119	665.749
D2	PENTE= -0.19%	1060.544		
			88+099.663	663.759
D3	PENTE= -0.11%	818.200		
			88+917.863	662.892
PAR3	S= 88+999.613 Z= 662.805 Point bas= 662.870m (88+958.154)			
	R= 38000.000	163.498		
			89+081.362	663.070
D4	PENTE= 0.32%	432.577		
			89+513.939	664.472
PAR4	S= 89+598.986 Z= 664.748 Point élevé= 664.641m (89+617.693)			
	R= 32000.000	170.093		
			89+684.032	664.572
D5	PENTE= -0.21%	1002.807		

			90+686.839	662.493
ARC5	S= 90+779.767 Z= 662.300 Point bas= 662.321m (90+852.686)			
	R= -80000.000	185.856		
			90+872.695	662.324
D6	PENTE= 0.03%	1103.807		
			91+976.502	662.600
D7	PENTE= 0.08%	1803.646		
			93+780.148	664.043
D8	PENTE= -0.11%	504.126		
			94+284.273	663.474
ARC8	S= 94+459.283 Z= 663.277 Point élevé= 663.474m (94+284.273)			
	R= -90000.000	350.017		
			94+634.291	662.399
D9	PENTE= -0.50%	1398.244		
			96+032.534	655.385
PAR9	S= 96+071.934 Z= 655.188 Point élevé= 655.385m (96+032.534)			
	R= 68500.000	78.799		
			96+111.334	654.945
D10	PENTE= -0.62%	945.127		
			97+056.461	649.117
PAR10	S= 97+108.136 Z= 648.798 Point bas= 648.831m (97+148.958)			
	R= 15000.000	103.351		
			97+159.811	648.835
D11	PENTE= 0.07%	4947.749		
			102+107.561	652.415
D12	PENTE= -0.08%	2820.456		
			104+928.017	650.267
PAR12	S= 105+155.907 Z= 650.093 Point élevé= 650.267m (104+928.017)			
	R= 120000.000	455.779		
			105+383.797	649.054
D13	PENTE= -0.46%	1729.993		

			107+113.789	641.165
PAR13	S= 107+745.204 Z= 638.286 Point bas= 638.982m (108+071.386)			
	R= 210000.000	1262.829		
			108+376.619	639.204
D14	PENTE= 0.15%	221.219		
			108+597.838	639.525

Annexe B

Annexe B2 : Listing de la géométrie de profil en long

Client: ENSTP **Préparé par : KHELIFI AYYOUB**

LOGICIEL: civil 3D 2021 Date: 19/06/2021 05:44:28

Profil en long : la ligne ferroviaire Tissemsilt –boughezoul
Description: étude APS de la ligne de chemin de fer Tissemsilt –Boughezoul
Plage d'abscisse : Début: 86000.00, Fin: 107492.60
LONGUEUR DE L'AXE : 21492.600m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			86000.00	663.349
D1	PENTE= 0.00%	439.294		
			86439.29	663.349
PAR1	S= 86650.00 Z= 663.349 Point bas= 663.349m (86439.29)			
	R= 108000.000	421.412		
			86860.71	664.171
D2	PENTE= 0.39%	1237.086		
			88097.79	668.998
PAR2	S= 90004.83 Z= 676.440 Point élevé= 672.700m (89994.93)			
	R= 486200.000	3814.083		
			91911.87	668.921
D3	PENTE= -0.39%	621.782		
			92533.66	666.469
D4	PENTE= -0.22%	3435.458		
			95969.11	658.911
PAR4	S= 96132.79 Z= 658.551 Point élevé= 658.911m (95969.11)			
	R= 65000.000	327.342		
			96296.46	657.366
D5	PENTE= -0.72%	1136.370		

			97432.83	649.143
PAR5	S= 98745.95 Z= 639.642 Point bas= 641.813m (99458.94)			
	R= 280000.000	2626.252		
			100059.08	642.456
D6	PENTE= 0.21%	252.116		
			100311.19	642.996
PAR6	S= 101545.31 Z= 645.642 Point élevé= 644.099m (101340.01)			
	R= 480000.000	2468.230		
			102779.42	641.941
D7	PENTE= -0.30%	2358.461		
			105137.88	634.868
PAR7	S= 105743.42 Z= 633.052 Point bas= 633.969m (105737.64)			
	R= 200000.000	1211.075		
			106348.96	634.903
D8	PENTE= 0.31%	1143.639		
			107492.60	638.399

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/m^3 et de friabilité forte – Marnes - Schistes altérés. 1.3 Sols comportant de 15 à 40 % de fines (sauf sols 0.2). 1.4 Roches évolutives par exemple : - Craies de ρd < 1.7 <t/m3 et de friabilité faible - Schistes non altérés. 1.5 Roches tendres par exemple : Si Microdeval en présence d'eau (MDE)>40 et Los Angeles LA>40.
QS2 : Sols moyens	2.1 Sol comportant de 5 à 15% de fines. 2.2 Sols comportant moins de 5% de fines mais uniformes (Cu≤6). 2.3 Roches moyennement dures par exemple : Si 25<MDE≤40 et 30<LA<40.
QS3 : Bons sols	3.1 Sols comportant moins de 5% de fines 3.2 Roches dures par exemples : Si MDE≤25 et LA≤30

Annexe D

Annexe D1 : COORDONNEES DES APPAREILS DE VOIES

APPAREIL N°	Pts	COORDONNEES		A B C D
		X(m)	Y(m)	TYPE D'APPAREIL
1	A	463975.7616	3932343.1558	UIC 60– 500 1/12 déviation à Droite
	B	463995.1554	3932350.6632	
	C	464014.5514	3932358.1712	
	D	464015.1078	3932356.5347	
2	A	464098.3389	3932385.2443	UIC 60– 500 1/12 déviation à Droite
	B	464117.7337	3932392.7521	
	C	464137.1286	3932400.2599	
	D	464137.6851	3932398.6233	
3	A	464184.3830	3932412.3660	UIC 60– 190 1/9 déviation à Gauche
	B	464174.2880	3932409.3947	
	C	464158.3484	3932404.7038	
	D	464158.9542	3932402.9772	
4	A	465255.7471	3932827.0928	UIC 60– 190 1/9 déviation à Droite
	B	465265.2110	3932831.6941	
	C	465280.1543	3932838.9588	
	D	465280.8621	3932837.2726	
5	A	465337.6254	3932864.9762	UIC 60– 500 1/12 déviation à Gauche
	B	465337.6254	3932864.9762	
	C	465298.8357	3932849.9605	
	D	465299.5261	3932848.3758	
6	A	465458.5410	3932917.1446	UIC 60– 500 1/12 déviation à Gauche
	B	465439.1462	3932909.6367	
	C	465419.7513	3932902.1289	
	D	465420.4384	3932900.5426	

S

AnnexeD2 : PIQUETAGE APPAREIL DE VOIE

N°	PK	TYPE APPAREIL	DEVIATION	SENS
01	84+700	UIC 60- 500 1/12	DD	VA-----> VB
02	84+830	UIC 60- 500 1/12	DD	VB-----> V4
03	84+920	UIC 60- 190 1/9	DG	V4-----> VS1
04	86+070	UIC 60- 190 1/9	DD	V4-----> VS2
05	86+160	UIC 60- 500 1/12	DG	VB-----> V4
06	86+290	UIC 60- 500 1/12	DG	VA-----> VB