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

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة
فرنســيس جانســون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics
Francis Jeanson

Mémoire

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

Thème

Etude APD du dédoublement, modernisation et/ou rectification de tracé pour augmenter la capacité de la ligne minière OUED KEBRIT – DJEBEL ONK, du PK18+800 au PK31+000 (Lot N07) incluant la gare d'EL MA LABIOD

Présenté par :

KROUMA Oussama
MERGUEGUE Youcef

Encadré par :

Mr GOUMETTRE Ahmed

Promotion 2022 /2023

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

REMERCIEMENT

Nous tenons d'abord à remercier dieu, de nous avoir donner la force et nous a guider au bon chemin pour arriver à ce moment particulier.

En premier lieu, nous aimerions remercier toute l'équipe de l'ENSTP commençant par la directrice Mme ***MEKIDECHE*** sans qui nous n'aurions pas fait autant et le directeur des études Mr. ***F.FEDGHOUCHE*** et le chef de département DIB Mr. ***K.HAMADI***, ainsi que l'administration du département Infrastructure de base : Mme. ***I.MAKOUDI***, Mme. ***M.BOUREBIA*** et Mme. ***N.BOUMEHREZ***, pour leur travail spectaculaire et leurs précieux conseils afin de nous diriger pour accomplir ce travail.

Ainsi, nous remercions notre encadrant Mr. ***GOUMETTRE*** Ahmed pour son aide et suivi sur chaque détail.

Sans oubliant, l'équipe de COSIDER et la SNTF qui ont fourni des efforts et ont sacrifié de leur temps dans le but de partager leur expérience professionnelle. Nous tenons également à remercier les honorables membres du jury, pour l'honneur qu'ils nous ont accordés en acceptant d'évaluer notre travail.

Finalement, nous gratifions la contribution de chaque personne dans ce modeste travail de loin ou de près, en particulier nos parents, familles et amis.

DEDICACE

Je dédie ce travail du fond de mon cœur à toutes les personnes qui me sont chères.

Je souhaite exprimer ma profonde gratitude à mes deux chers parents, ***RACHID*** et ***ZOUZOU HADJER***, pour avoir été constamment présents à mes côtés. Leurs prières, leur soutien infaillible et leurs encouragements ont été essentiels dans ma réussite. Leur amour et leur attention m'ont rendu heureux et ont renforcé ma confiance en moi, me permettant ainsi d'atteindre mes objectifs.

A mes frères et sœur très chers à mon cœur, ***IBTISSAM, BILAL, ZIAD, LAID*.**

A toute ma famille sans exception.

A mes coussins, ***YOUCEF, IBRAHIM, ISMAIL, AYOUB***.

A mon frère et ami ***YOUCEF MERGUEGUE***

À mes meilleurs amis :

ALAA EDDINE SALHI, WALID SOUIAH, OUSSAMA MELLOUK, AYMEN OURDJAK, RANIA, ABDERRAOUF, IMAD HADJKALI, OUSSAMA BENDERIHEM, AKRAM BELHAMRA, ABDERRAHIM, SOUFIANE, WAIL, ACHRAF SAI, DJAOUED, BILLEL, ABDELKADER.

A mes amis sans exception.

Je tiens à exprimer ma gratitude à ***YACINE HAMIDI, MOHAMED TAKKIEDINE LOKMANE***, ***ALI LATRECHE, SOFIANE FARES*** et ***AKRAM OMARI*** pour leur précieuse aide dans la réalisation de ce travail.

KROUMA OUSSAMA

DEDICACE

Je dédie ce travail du fond de mon cœur à toutes les personnes qui me sont chères.

Je souhaite exprimer ma profonde gratitude à mes deux chers parents, **AHMED** et **ABLA DERROUICHE**, vos prières sincères et vos encouragements sans faille m'ont donné la force et la détermination nécessaires pour surmonter les obstacles et atteindre mes objectifs. Qu'il s'agisse de mes études, de mes projets personnels ou de mes aspirations, vous avez toujours été là pour me guider et me rappeler que je suis capable de grandes choses. L'amour et l'attention que vous avez constamment manifestés à mon égard ont nourri ma confiance en moi et m'ont permis de croire en mes capacités. Vous m'avez soutenu dans mes décisions, même lorsque vous ne compreniez pas toujours mes choix, et vous m'avez toujours encouragé à suivre mes passions.

A mes frères et sœur très chers à mon cœur, **YASMINE, YOUMNA, ABDOU**.

A toute ma famille sans exception.

A mes coussins, TITA, ZIZOU, AYMEN, SOFIAN.

A mon frère et ami OUSSAMA KROUMA.

À mes meilleurs amis :

DJAAFR, LOMBARK, FARID, SAMI, RAOUF, WAIL, NADIR, HAKO, ABDERRAOUF, KHALED.

A mes amis sans exception.

MERGUEGUE YOUCEF

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 Introduction : 3
I.2 Collaboration entre les différents acteurs du projet : 3
I.3 Collaboration entre les Logiciels de BIM : 4
I.3.1 InfraWorks : 4
I.3.2 Civil 3D : 6
I.3.3 SketchUp : 9
I.3.4 3ds Max : 9
I.4 La collaboration entre Civil 3D, InfraWorks, SketchUp, 3ds Max : 10
I.5 Conclusion : 11

CHAPITRE II : PRESENTATION DU PROJET

II.1 Introduction 12
II.2 Présentation de la région d'étude : 13
II.3 Situation géographique : 14
II.4 Le relief : 14
II.5 Climat : 14
II.6 Sismicité : 14
II.7 Description Du Projet : 15
II.8 Caractéristique de notre projet : 15
II.9 Conclusion : 16

CHAPITRE III : SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

III.1 Introduction : 17
III.2 L'armement de la voie : 17
III.2.1 Le rail : 17
III.2.2 Caractéristiques de rails du type UIC 60 E1 : 19
III.2.3 Rôle des traverses : 21
III.2.4 Les attaches travers-rail : 21
III.2.5 L'appareil de voie : 22
III.3 Conclusion : 23

CHAPITRE IV : TRACE EN PLAN

IV.1 Introduction : 24
IV.2 Conditions à respecter dans la tracé en plan : 24
IV.3 Les éléments de tracé en plan : 25
IV.3.1 L'alignement : 25
IV.3.2 Arc de cercle : 25
IV.3.2.1 Dévers Théorique : 25
IV.3.2.2 Dévers réel ou pratique : 25
IV.3.2.3 Insuffisance de divers : 26
IV.3.2.4 Excès de dévers : 26
IV.3.2.5 Rayon minimum de l'arc de cercle : 27
IV.3.3 Courbe de raccordement : 27
IV.3.3.1 Variation de dévers dans le raccordement : 28
IV.3.3.2 Variation de l'insuffisance de divers dans le raccordement : 29
IV.3.4 Les doucines : 29

IV.3.5 Longueur minimale des éléments de tracé : 30
IV.4 Application au projet : 30

CHAPITRE V : PROFILE EN LONG

V.1 Introduction : 33
V.2 Définition : 33
V.3 Eléments de composition du profil en long : 33
V.3.1 Choix des alignements droits : 33
V.3.2 Choix des cercles : 34
V.4 Application au projet : 35
V.5 Conclusion : 35

CHAPITRE VI : ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

VI.1 Introduction : 36
VI.2 Description hydrologique : 36
VI.3 Etude hydrologique : 37
VI.3.1 Réseaux pluviométrie et hydrographie : 38
VI.3.2 Caractéristiques morphologiques des bassins versants : 39
VI.3.3 Le temps de concentration « tc » : 40
VI.3.3.1 Formule de Kirpich : 40
VI.3.3.2 Formule de VENTURA : 41
VI.3.3.3 Formule de PASSINI : 41
VI.3.3.4 Formule de GIANDOTTI : 41
VI.3.4 Caractéristiques climatiques et pluviométriques : 42
VI.3.4.1 Climat : 42
VI.3.4.2 Les précipitations : 42
VI.3.4.3 Pluies annuelles : 42
VI.3.5 Précipitations journalières : 42
VI.3.6 Calcul de l'intensité de pluie : 43
VI.3.7 Calcul du débit maximal dans les bassins (les débits de crue) : 43
VI.4 Ouvrages d'assainissement longitudinaux : 47
VI.4.1 Dimensionnement des fossés : 48
VI.4.2 Application sur notre projet : 49
VI.4.3 Dimensionnement du fossé proposé : 50
VI.5 Conclusion : 50

CHAPITRE VII : ETUDE GEOTECHNIQUE ET GEOLOGIQUE

VII.1 Introduction 51
VII.2 L'étude géologiques 51
VII.3 Aperçu géologique régionale 52
VII.4 Contexte géologique de ce tronçon 53
VII.4.1 Les familles géologiques 54
VII.5 Etude géotechnique 54
VII.5.1 Introduction 54
VII.5.2 Programme d'investigation géotechnique 54
VII.5.2.1 Tracé 55
VII.5.2.1.1 Reconnaissance de portance de la plate-forme : 55
VII.5.2.2 Ouvrage D'art : 56
VII.5.2.3 Essais au laboratoire et mécanique : 59

VII.6 Réutilisation des matériaux excavés : 63
VII.6.1 Classification des matériaux en vue de leur réutilisation : 63
VII.6.2 Bilan et stratégie des matériaux : 64
VII.6.2.1 Répartition des besoins et des ressources du projet terrassements : 64
VII.7 Conclusion : 64

CHAPITRE VIII : ASSISE FERROVIAIRE

VIII.1 Introduction : 65
VIII.1.1 Le ballast : 65
VIII.1.2 Sous – couche : 65
VIII.1.2.1 Sous-ballast : 66
VIII.1.2.2 La couche de fondation : 66
VIII.2 La plateforme : 66
VIII.2.1 Définition : 66
VIII.2.2 Classification des sols pour la plateforme : 67
VIII.2.3 Classe de portance de la plateforme : 68
VIII.2.4 Classe d'arase PST : 69
VIII.2.5 Plate- forme proposée : 69
VIII.2.6 Couche de forme : 69
VIII.3 Calcul des épaisseurs minimales des couches d'assise : 69

CHAPITRE IX : PROFILE EN TRAVERS

IX.1 Introduction : 71
IX.2 Profile en travers : 71
IX.2.1 Les éléments du profil en travers 71
IX.2.2 Profile en travers type de mon projet : 72
IX.3 Calcul des cubatures : 72
IX.4 Conclusion 72

CHAPITRE X : TERRASSEMENT ET OUVRAGE

X.1 Les terrassements : 73
X.1.1 Pente de talus : 73
X.1.1.1 Calcule la stabilité de talus : 73
X.1.1.2 Systèmes Redans : 74
X.2 Les ouvrages : 74
X.2.1 Les ouvrages d'art de notre projet : 75
X.2.1.1 Rétablissements routiers : 75
X.2.1.2 Piste à supprimer : 75

CHAPITRE XI : CONCEPTION DE LA GARE D'EL MA-LABIOD

XI.1 Introduction : 76
XI.2 Type de gare : 76
XI.3 Etude du plan de masse d'une gare : 76
XI.4 Aménagement de la gare : 77
XI.4.1 Installations d'une gare à voyageur : 77
XI.4.2 Marge de glissement à l'aval des signaux : 77
XI.4.3 Garage franc : 78
XI.4.4 La longueur utile d'une voie de stationnement : 78
XI.4.5 Heurtoir : 79

XI.5 Caractéristiques géométriques des gares : 79
XI.5.1 Déclivité dans les gares : 79
XI.5.2 Quai : 79
XI.5.2.1 La longueur de quai (normes SNTF) : 79
XI.5.2.2 La largeur des quais : 80
XI.5.2.3 Hauteur des quais : 80
XI.5.2.4 La distance à l'axe de la voie : 80
XI.5.2.5 L'entre axe des quais : 81
XI.5.2.6 Les appareils de voie : 81
XI.5.3 Description de La Gare el maa Labiodh : 83
XI.5.4 Application Au Projet : 83
XI.5.5 Assainissement dans les gares : 85
XI.5.5.1 Assainissement transversale : 85
XI.5.5.2 Assainissement longitudinal : 85
XI.6 Modélisation de la gare d'El Ma Labiod en utilisant des logiciels de BIM : 85
XI.6.1 Logiciels utilisés : 85
XI.6.2 Collaboration entre les logiciels de BIM : 86
XI.6.3 Résultats de la Collaboration : 86

CHAPITRE XII : SIGNALISATION FERROVIAIRE

XII.1 Introduction : 87
XII.2 Principes de la signalisation ferroviaire : 87
XII.3 Implantation des signaux en Algérie : 87
XII.4 Les différents types de blocs : 87
XII.4.1 Block Manuel (B.M) : 87
XII.4.2 Block automatique à permissivité restreinte (B.A.P.R) : 88
XII.4.3 Block automatique lumineux (B.A.L) : 88
XII.5 Système de Cantonnement (systèmes d'espacement des trains) : 88

CHAPITRE XIII : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIII.1 Introduction 92
XIII.2 Les éléments environnementaux pris en compte 92
XIII.2.1 Les ressource en eaux : 92
XIII.2.2 Patrimoine privé : 93
XIII.2.3 Les zones agricoles : 93
XIII.2.4 Le couvert forestier : 93
XIII.2.5 Les zones urbanisées : 94
XIII.3 Impact du projet sur l'environnement 94
XIII.3.1 Les terrassements 94
XIII.4 Mesures prises en compte : 95
XIII.5 Conclusion : 95

CHAPITRE XIV : DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF

CHAPITRE XV : PLANIFICATION

XV.1 Définition : 98
XV.2 Objectifs de la planification : 98
XV.3 Diagramme de Gantt : 98
XV.3.1 Définition : 98
XV.4 Le schéma explicatif de programme proposé : 99

CONCLUSION GENERALE

ملخص

هذه المذكرة عبارة عن دراسة مفصلة لمقطع سكة حديدية من مشروع تجديد الخط المنجمي بين عنابة وجبل العنق مع رفع السرعة الى 120 كلم/سا تحديدا من النقطة الكيلومترية 18+800 الى النقطة الكيلومترية 31+000 بتصميم محطة الماء الابيض.

صممت هذه الدراسة وفقا لمعايير الإتحاد الدولي للسكك الحديدية UIC وبناءا على توصيات الشركة الوطنية للنقل بالسكك الحديدية SNTF، باستخدام البرنامج التالية: CIVIL 3D, InfraWorks, 3DS MAX, SketchUp, Geo5.0, Primavera.

ABSTRACT

This thesis is a detailed study of a section of railway track from the mine renewal project between Annaba and Djebel Onk with an increase in speed to 120 km/h, specifically from PK 18+800 to PK 31+000, including the design of the EL MA LABIOD water station.

This study was designed according to the standards of the International Union of Railways (UIC) and based on recommendations from the National Railway Transportation Company (SNTF), using the following software: CIVIL 3D, InfraWorks, 3DS MAX, SketchUp, Geo5.0, Primavera.

RESUME

Le présent mémoire porte sur une étude avant-projet détaillée APD de la dédoublement et modernisation ou/et rectification de la ligne minière entre Annaba et Djebel Onk, avec une augmentation de la vitesse à 120 km/h, plus précisément du PK 18+800 au PK 31+000, incluant la conception de la station d'eau EL MA LABIOD.

Cette étude a été réalisée conformément aux normes de l'Union internationale des chemins de fer (UIC) et sur la base des recommandations de la Société nationale des transports ferroviaires algérienne (SNTF), en utilisant les logiciels suivants : CIVIL 3D, InfraWorks, 3DS MAX, SketchUp, Geo5.0, Primavera.

Liste des figures

Figure I-1- Collaboration entre les différents acteurs du projet....4
Figure I-2- Importer un modèle de projet (Model Builder) et le Modèle de projet détaillés en 3D....5
Figure I-3-Le modèle d'InfraWorks détaillée....5
Figure I-4- Délimitation des Bassins Versants dans InfraWorks....6
Figure I-5- Importation de Modèle InfraWorks dans Civil 3D....6
Figure I-6- Utilisation de Dynamo....7
Figure I-7- Utilisation de Véhicule Tracking....8
Figure I-8- Résultat dans infraWorks....8
Figure I-9- Utilisation de logiciels Traffic Analyst....9
Figure I-10- Utilisation de SketchUp....9
Figure I-11- Export ligne caractéristique vers 3ds Max....10
Figure I-12- Animation de 3ds Max....10
Figure I-13- Résultat finale....11
Figure II-1- Le réseau ferroviaire algérien et ses perspectives de développement....12
Figure II-2- Plan de localisation de la zone d'étude.....13
Figure II-3- Localisation de La Wilaya de Tébessa....14
Figure II-4- Localisation du projet....15
Figure III-1- Composants de la section transversale du rail....18
Figure III-2- Profil rail du type UIC60 E1....19
Figure III-3- Traverse bibloc....21
Figure III-4- les composantes d'attache type nabla....22
Figure III-5- Branchement à deux voies, et ses éléments constitutifs.....23
Figure III-6- Schéma illustrative de l'appareil de voie.....23
Figure IV-1- Les éléments de tracé en plan....29
Figure VI-1-Carte de situation de la région d'étude.....37
Figure VI-2-La délimitation des bassins versants....37
Figure VI-3- Carte des précipitations annuelles moyennes de l'est algérien, ANRH.....38
Figure VI-4- Carte simplifié des zones bioclimatiques de l'Est Algérien....38
Figure VI-5-Délimitation des bassins versants représenté en 3d par logiciel d'INFRAWORKS....39
Figure VI-6-La délimitation des Bassin Versant dans la Carte....39
Figure VI-7- Caractéristiques morphologiques des bassins versants.....40
Figure VII-1- Carte de zonage sismique de l'Algérie du Nord établie après le séisme du 21 mai 2003....52
Figure VII-2- Portion Carte géologique de la zone d'étude....53
Figure VII-3- Essais Sondage carottés....58
Figure VIII-1 : Épaisseurs des composants de la structure d'assise....70
Figure X-1- Analyse de la stabilité pour la géométrie de 3/2 (H/V).....74
Figure XI-1- Schématisation de la marge de glissement.....77
Figure XI-2- Schémas du garage franc....78
Figure XI-3- La longueur utile d'une voie de stationnement....79
Figure XI-4- Heurtoir....79
Figure XI-5- La hauteur du quai et la distance entre le bout du quai et l'axe de la voie....80
Figure XI-6- Schéma illustratif....82
Figure XI-7 Modélisation de la gare El Ma labiod en respectant le plan (quais, bâtiments, parking, Passage supérieur et Catenaire, Heurtoir)....86
Figure XII-1- Schéma illustratif de canton....88
Figure XIII-1- L'élevage dans la région....93

Liste des tableaux

Tableau III-1- Caractéristiques de rails du type UIC 60 E1 19
Tableau III-2- les caractéristiques d'appareils de voie qui j'utilise pour mon projet 23
Tableau IV-1-Valeurs limites du dévers 26
Tableau IV-2-Valeurs limites de l'insuffisance de dévers 26
Tableau IV-3- Valeurs limites de l'excès de dévers 27
Tableau IV-4- les valeurs de la courbure 28
Tableau IV-5- limitation de la courbure 28
Tableau IV-6- Limite da la variation de divers 28
Tableau IV-7- Limite de variation de l'insuffisance de devers dans les raccordements[15] 29
Tableau IV-8- Les longueurs minimales des alignements et des pleines courbes 30
Tableau IV-9- Paramètres géométriques du tracé 31
Tableau IV-10- Tableau récapitulatif des paramètres du tracé 32
Tableau V-1- Les déclivités par rapport les longueurs selon la norme SNTF 33
Tableau V-2- Les longueurs minimales des éléments de profile en long 34
Tableau V-3-Valeurs de Rayon vertical minimale 34
Tableau V-4-Valeurs des paramètres de profil en long 35
Tableau VI-1- Moyenne annelles et mensuelles des températures par période pour chacune des stations d'El Ma Labiod. 42
Tableau VI-2-Valeurs des pluies annuelles selon les fréquences choisies. 42
Tableau VI-3- Pluies maximales journalières (mm) 43
Tableau VI-4- Paramètres a et b des Courbes IDF pour la région de l'étude 43
Tableau VI-5- Résultats de calcul des débits par la méthode rationnelle 45
Tableau VI-6- Liste globale des ouvrages à projeter 47
Tableau VI-7- Débit de Plateformes 49
Tableau VI-8- Débit de bermes 49
Tableau VI-9- Débit de talus 50
Tableau VI-10- Débit totale de remblais et déblais 50
Tableau VI-11- Dimensionnement du fossé proposé 50
Tableau VII-1- Coefficient d'accélération de la zone A. 53
Tableau VII-2- Les familles géologique 54
Tableau VII-3-Résultats lithologiques de tracé 57
Tableau VII-4- Des résultats d'essais pénétromètres dynamiques lourds 58
Tableau VII-5- Essais Sondage carottés 58
Tableau VII-6- Essais SPT 59
Tableau VII-7- Synthèse des résultats de laboratoire. 61
Tableau VII-8- Taux de réutilisation 63
Tableau VII-9- Schéma des besoins et ressources 64
Tableau VIII-1- La classification de sol selon UIC 68
Tableau IX-1- Les cubatures de terrassement 72
Tableau X-1- des talus qui sont sup a 8m et le résultat de stabilité 74
Tableau X-2- Liste des ouvrages d'art pour mon projet 75
Tableau XI-1- Les branchements 82
Tableau XI-2- Les longueurs des voies utiles de la gare 84
Tableau XII-1- Les principaux signaux ferroviaires et leur indication 88

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Le secteur des travaux publics joue un rôle fondamental dans l'économie nationale, à la fois en facilitant les échanges commerciaux et en offrant de nombreux emplois. Contrairement à de nombreuses industries qui sont généralement concentrées géographiquement, le secteur des travaux publics est réparti sur l'ensemble du territoire du pays. Il est également un client important pour diverses industries telles que le bois, la mécanique, les métaux, les produits pétroliers, les équipements électriques et plastiques.

Parmi les domaines relevant des travaux publics, la construction d'infrastructures ferroviaires revêt une importance particulière, tant en Algérie que dans le monde entier. En effet, le transport ferroviaire est particulièrement adapté aux longues distances, permettant le transport de gros volumes de marchandises et le déplacement des personnes à des prix compétitifs. De plus, ce mode de transport est peu polluant.

Pendant la période coloniale, la configuration géographique de l'Algérie a conduit à un programme de chemins de fer marqué par la construction de la longue ligne est-ouest reliant Constantine à Alger et Oran, ainsi que par la création de lignes approximativement nord-sud dans les vallées des régions intérieures pour exploiter les richesses naturelles et desservir le grand sud, souvent avec des voies étroites.

Au XXe siècle, le réseau ferroviaire en Algérie colonisée a connu une croissance considérable, s'étendant sur plus de 5000 kilomètres à la fin de la Seconde Guerre mondiale. Cependant, les lignes construites présentaient de nombreuses et longues rampes atteignant 20 à 30 mètres par kilomètre, et la traction à vapeur ne permettait pas une exploitation satisfaisante.

Depuis l'indépendance, l'État s'est engagé dans la modernisation de ce réseau afin de permettre une meilleure exploitation. Des mesures ont été prises, telles que le renforcement et le doublement des voies, l'électrification du réseau ferré en utilisant les derniers systèmes de signalisation et la construction de gares modernes pour les passagers et les marchandises. L'objectif est d'améliorer l'efficacité et la capacité du réseau ferroviaire pour répondre aux besoins de transport croissants du pays.

Dans le cadre du développement du réseau ferré national, et du transport ferroviaire en général, l’agence national d’étude et suivi de la réalisation des investissements ferroviaires (ANESRIF) procède à la restructuration et la modernisation de plusieurs lignes ferroviaires.

Ce plan de développement intègre le dédoublement et la modernisation de la ligne ferroviaire entre les villes d'ANNABA, SOUK AHRAS, TEBESSA et DJEBEL ONK, par son importance au développement de l'économie nationale, car elle permet le transport de minerai de fer provenant des mines de OUENZA et BOUKHADRA et des minerais de phosphate provenant de DJEBEL ONK situés dans la localité de BIR EL ATER.

Dans ce modeste travail de de fin d'étude, nous allons procéder à une étude en APD du tronçon ferroviaire du PK18+800 au PK 31+000 reliant TENOUKLA à EL MA LABIOD, de longueur sur un linéaire de 12.2 km à pour dédoubler et modernisée la ligne minier est conçue pour une vitesse maximale de 120 km/h avec la conception de la gare pour le déplacement de passagers et marchandises.

CHAPITRE I :

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I. RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 Introduction :

Le BIM, acronyme de "Building Information Modeling" (Modélisation des Informations du Bâtiment), est une méthodologie collaborative qui permet de créer, gérer et partager des informations tout au long du cycle de vie d'un projet de construction ou d'infrastructure.

Il repose sur la création d'un modèle numérique en 3D qui intègre des données géométriques, techniques et temporelles sur les éléments constituant le bâtiment ou l'infrastructure. Ce modèle virtuel devient une représentation complète et précise du projet, pouvant être enrichie avec des informations telles que les coûts, les délais, les matériaux, les performances énergétiques, etc.

I.2 Collaboration entre les différents acteurs du projet :

Le BIM favorise une collaboration efficace entre les acteurs du projet tels que les ingénieurs, spécialistes en hydraulique, architectes et entrepreneurs. Il permet un travail synchronisé sur une plateforme commune où les informations sont partagées et échangées dans un environnement virtuel. Cette approche facilite la collaboration entre ces différents domaines :

- **Ingénierie des travaux publics :** Pour modéliser et simuler des infrastructures comme les routes, les ponts et les réseaux d'eau. Le BIM facilite la coordination précise entre les éléments et disciplines, permettant la résolution de problèmes et l'optimisation de la conception.
- **Hydraulique :** Peuvent intégrer des modèles hydrauliques dans l'environnement BIM pour analyser le comportement des systèmes de drainage des réseaux d'approvisionnement en eau, limitations des bassins versants, des canalisations, etc.
- **Architecture :** Ils peuvent intégrer la conception architecturale dans le modèle BIM global, facilitant ainsi la coordination et l'amélioration de la qualité globale du projet en prenant en compte les contraintes structurelles, les installations techniques et d'autres aspects.

- **Entrepreneurs :** Les entrepreneurs peuvent bénéficier du BIM en accédant à un modèle détaillé et précis qui facilite l'estimation des coûts, la planification de la construction et la gestion des ressources. En intégrant les différentes disciplines dans un modèle BIM partagé, le BIM favorise la collaboration, la coordination et la communication entre les différents acteurs du projet. Cela permet de prendre des décisions éclairées, d'optimiser les conceptions, de réduire les risques et d'améliorer l'efficacité globale du projet.



Figure I-1- Collaboration entre les différents acteurs du projet[1]

I.3 Collaboration entre les Logiciels de BIM :

Le BIM est une méthodologie qui utilise des logiciels spécifiques pour la modélisation et la gestion des informations liées aux projets de construction. Certains des programmes BIM utilisés dans les projets ferroviaire comme INFRAWORKS, CIVIL 3D, 3DS MAX et SKETCHUP.

I.3.1 InfraWorks :

C'est un Logiciel de modélisation et de conception d'infrastructure développé par Autodesk. Il est spécialement conçu pour les professionnels du secteur des travaux publics, de l'ingénierie civile et de l'aménagement du territoire.

- **La fonctionnalités MODEL BUILDER :**

La fonctionnalité de Model Builder permet de limites la zone d'infrastructure détaillés à partir de données géospatiales existantes et de sources de données en ligne.

[1] https://blog.tci-treuil.fr/building-information-modeling-bim/

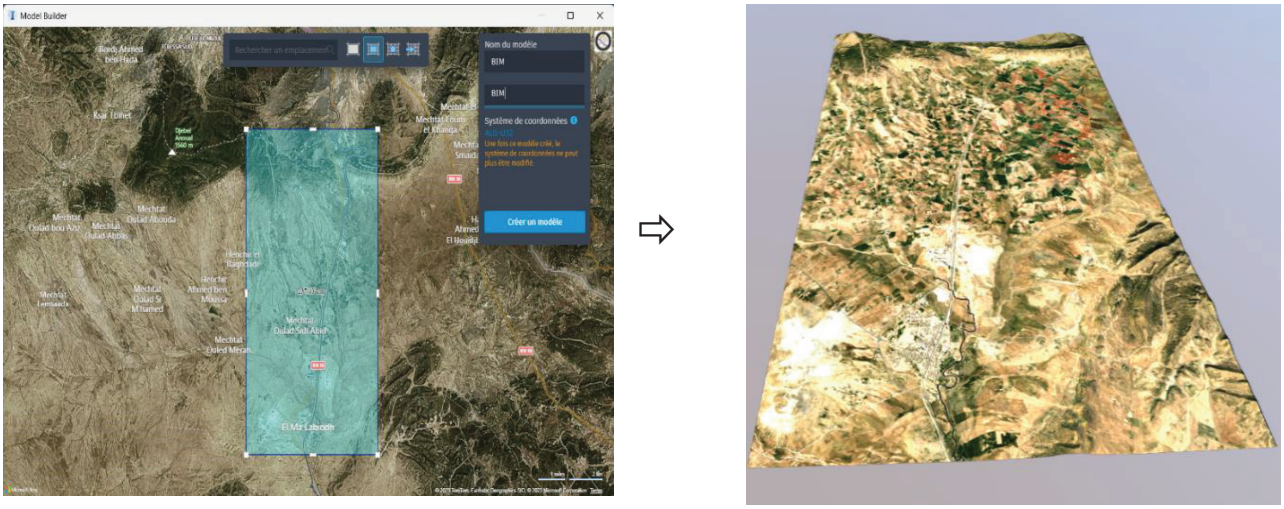


Figure I-2- Importer un modèle de projet (Model Builder) et le Modèle de projet détaillés en 3D

- **Données détaillés et précise d'infrastructure :** Le logiciel INFRAWORKS utilise des données topographiques, des images aériennes, des cartes ou des données de nuages de points pour créer automatiquement un modèle 3D de l'infrastructure, y compris les routes, les bâtiments, les réseaux d'eau, les systèmes de drainage, etc.



Figure I-3-Le modèle d'InfraWorks détaillée

- **Délimitations des Bassins Versants :** il est possible de délimiter des bassins versants, ce qui permet d'analyser le comportement des eaux de surface dans une zone géographique donnée. Cette fonctionnalité donne la géométrie de bassin versant.

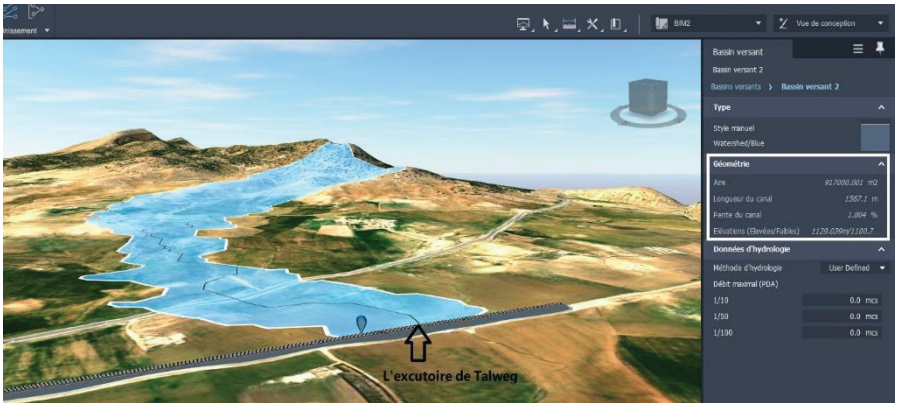


Figure I-4- Délimitation des Bassins Versants dans InfraWorks

InfraWorks offre plusieurs fonctionnalités qui permettent aux professionnels de l'industrie de travaux publics et de l'ingénierie civile de concevoir, visualiser et analyser des projets d'infrastructures de manière efficace.

I.3.2 Civil 3D :

Le logiciel Civil 3D, développé par Autodesk, est spécialement conçu pour les professionnels de l'ingénierie civile et des travaux publics. Il propose des fonctionnalités avancées pour la conception, l'analyse et la documentation de projets d'infrastructures. Voici quelques fonctionnalités :

- **Collaboration entre InfraWorks et Civil 3D :** Cette collaboration est l'importation d'un modèle InfraWorks en tant que surface dans Civil 3D, il permet d'utiliser les informations du modèle InfraWorks dans le cadre de travail spécifique avec Civil 3D, en tenant compte des éléments topographiques et de l'infrastructure existante.

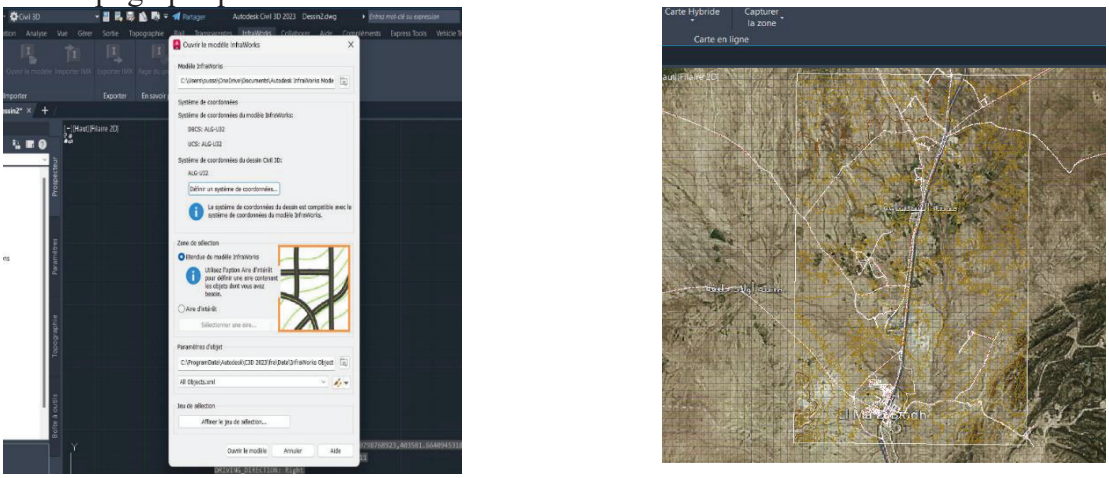


Figure I-5- Importation de Modèle InfraWorks dans Civil 3D

- **La Géométrie dans Civil 3D :** La géométrie dans Civil 3D englobe l'axe ferroviaire, le profil en long et le profil en travers. Ces fonctionnalités permettent de définir la géométrie d'un projet ferroviaire, y compris l'emplacement des gares. Le profil en long affiche les variations d'altitude le long de l'axe, tandis que le profil en travers représente la géométrie en plan horizontal. Avec Civil 3D, il est possible d'affecter des gares spécifiques, de générer des rapports et de calculer les volumes de terrassement. Ces outils facilitent la conception précise et la documentation détaillée des projets ferroviaires.

- **Dynamo dans Civil 3D :** Dynamo peut être utilisé pour automatiser des opérations répétitives, générer des géométries complexes, gérer des données et effectuer des analyses avancées. En utilise la dynamo pour poser les traverses 3D dans les 2 axes pour facilite le travail et gagne le temps.

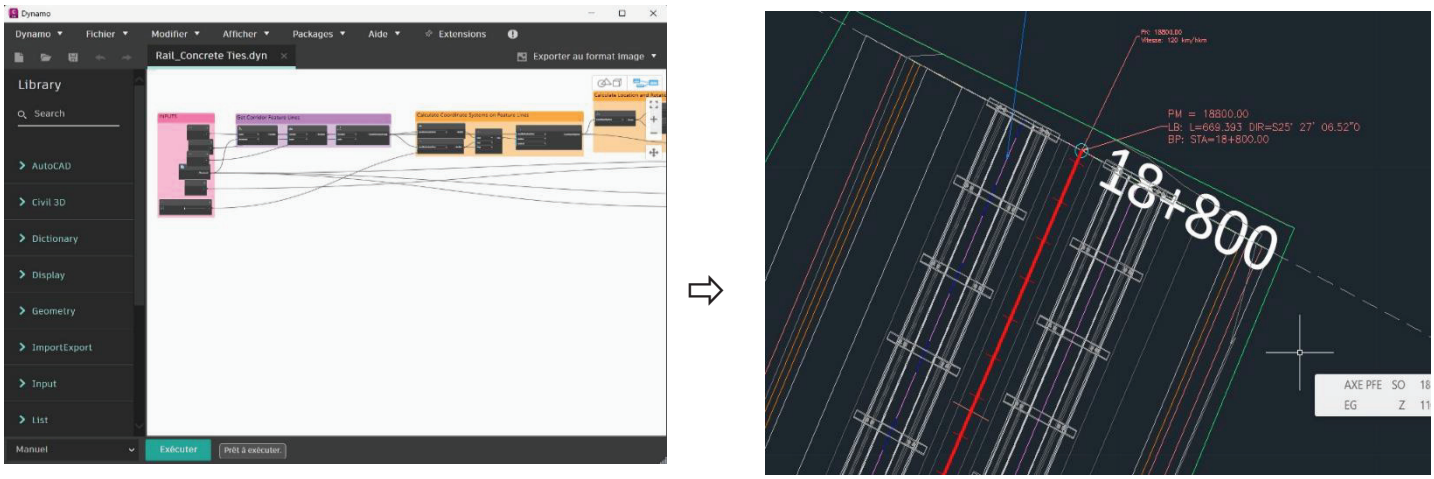


Figure I-6- Utilisation de Dynamo

- **Véhicule Tracking :** Est une fonctionnalité intégrée dans Civil 3D qui permet de simuler et d'analyser les mouvements des véhicules dans les projets d'infrastructures routières et ferroviaires. Cette fonctionnalité offre plusieurs avantages (Simulation réaliste, Évaluation de la sécurité, Optimisation des conceptions, Communication visuelle). Dans les projets ferroviaires véhicule tracking donné un aperçu du futur comme :

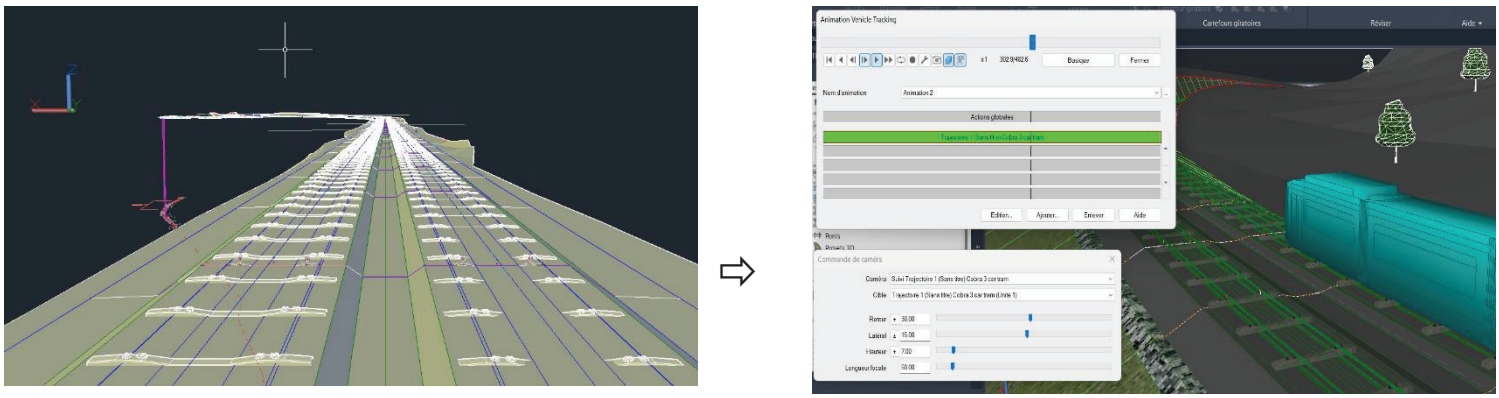


Figure I-7- Utilisation de Véhicule Tracking

- **Exporter le projet 3D vers InfraWorks :** Ci ça le collaborative entre les logiciels de BIM et la facilite de modélisée le projet. Le logiciel facilite l'importation et l'exportation pour donner une vision claire et futuriste.



Figure I-8- Résultat dans InfraWorks

Dans l'InfraWorks en utilise **Traffic Analyst** permet d'analyser et de simuler le trafic routier dans les projets d'infrastructures, modéliser les flux de circulation, de définir des itinéraires pour les véhicules, de spécifier des règles de conduite, Simulation de scénarios de trafic, et d'évaluer les performances du réseau routier avec Visualisation des résultats.

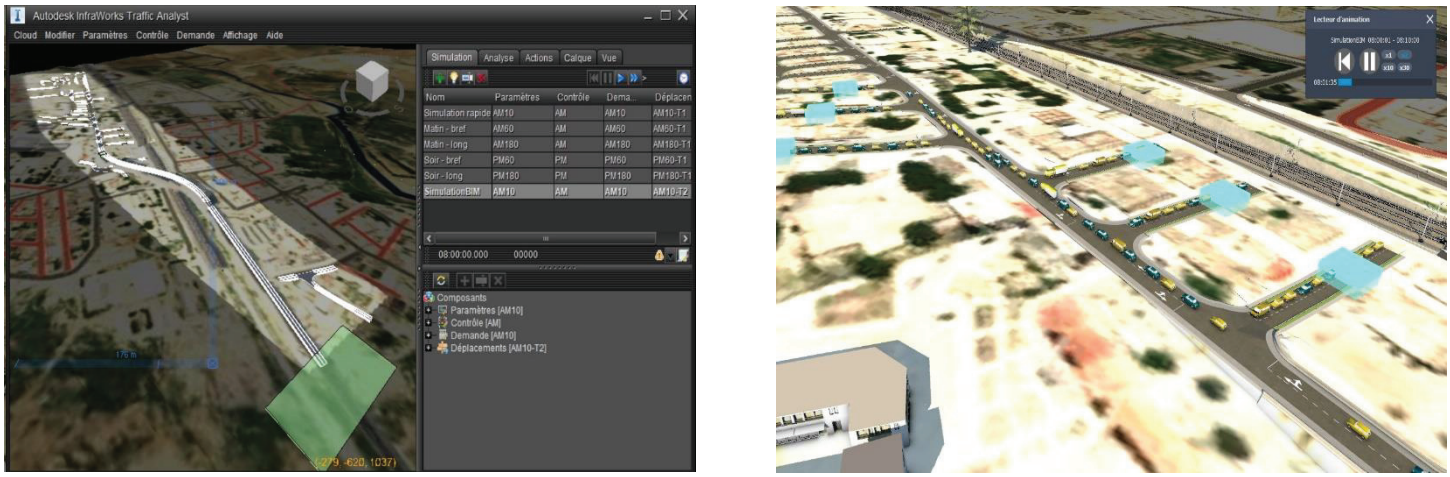


Figure I-9- Utilisation de logiciels Traffic Analyst

I.3.3 SketchUp :

SketchUp est un logiciel de modélisation 3D polyvalent développé par Trimble. Il est largement utilisé dans les domaines de l'architecture, de l'ingénierie, du design et de la construction, il y a quelques caractéristiques clés comme : Modélisation polyvalente, Bibliothèque d'objets, Intégration avec d'autres logiciels, Extensions et plugins.

Dans le domaine des projets ferroviaires, SketchUp est capable de modéliser des éléments tels que les traverses et les caténaires et exporter vers InfraWorks pour une presentation finie. Ce logiciel permet de créer des représentations 3D de ces composants essentiels, offrant ainsi la possibilité de visualiser et d'intégrer ces éléments dans la conception globale du projet.

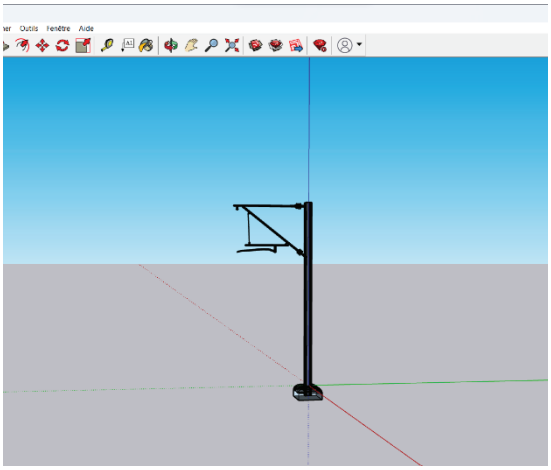


Figure I-10- Utilisation de SketchUp

I.3.4 3ds Max :

3ds Max est un logiciel de modélisation, d'animation et de rendu 3D développé par Autodesk. Il est largement utilisé dans les domaines de l'animation, 3ds Max peut créer animation des peoples, les trains, le trafics routières, etc.…

I.4 La collaboration entre Civil 3D, InfraWorks, SketchUp, 3ds Max :

Pour une présentation et animation finie avec rendering le modèle InfraWorks. En convert l'axe en ligne caractéristique de projet ferroviaire ou routière dans Civil 3D et export vers 3ds Max.

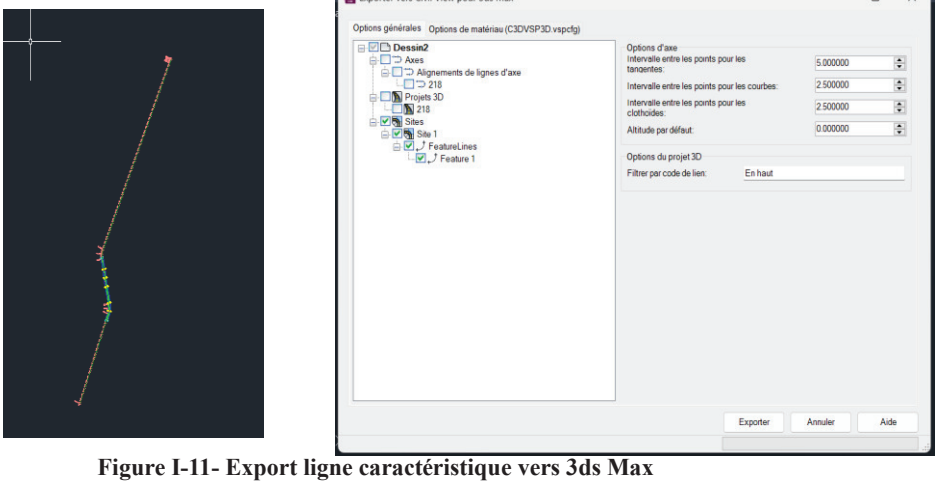


Figure I-11- Export ligne caractéristique vers 3ds Max

Dans 3ds Max, il est possible d'importer des données linéaires telles que des lignes caractéristiques. En utilisant la fonctionnalité de Civil View, il est également possible d'ajouter des éléments de circulation tels que des véhicules, des trains, des personnes, etc. Cela permet de

créer des scènes 3D réalistes avec des animations de trafic et des détails environnementaux pour des visualisations plus immersives.

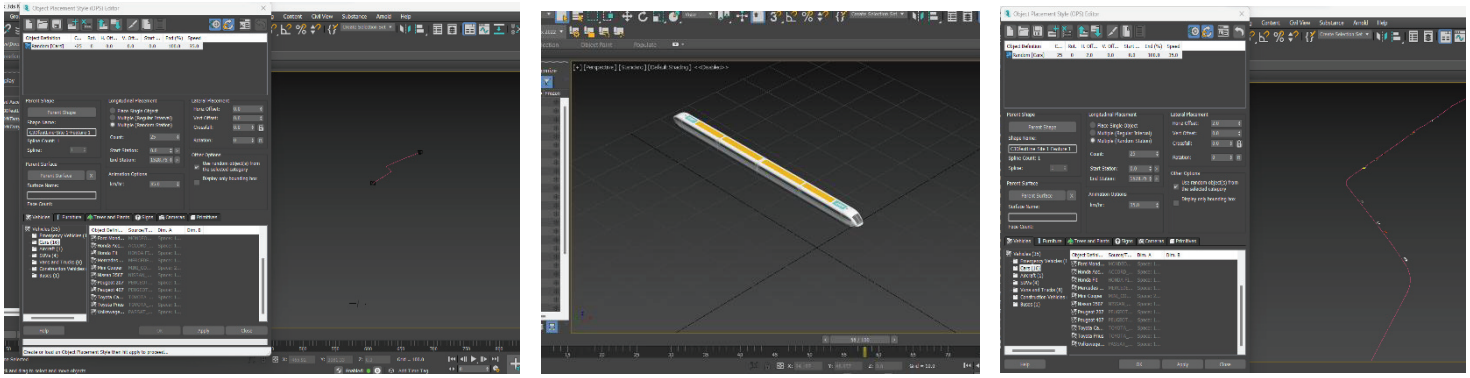


Figure I-12- Animation de 3ds Max

Pour finie le travail 3ds max export les fichier animée (Fichier Collada (.dae)) pour conserver l'animation des objets et importer vers InfraWorks pour un détail environnemental.



Figure I-13- Résultat finale

I.5 Conclusion :

En conclusion, la collaboration entre InfraWorks, Civil 3D, SketchUp et 3ds Max offre un écosystème complet pour la conception, l'analyse, la visualisation et la documentation des projets d'infrastructure. Cette collaboration permet une coordination efficace entre les phases du projet, favorisant une meilleure communication, une prise de décision éclairée et une amélioration de la qualité globale du projet.

CHAPITRE II :
PRESENTATION DU PROJET

II. PRESENTATION DU PROJET

II.1 Introduction

Les projets d'ANESRIF pour la restructuration du réseau ferroviaire en Algérie peuvent inclure la modernisation des infrastructures ferroviaires existantes, la construction de nouvelles voies ferrées pour les relier villes et les régions éloignées, l'achat de nouveaux trains et wagons pour améliorer la qualité du service, ainsi que la mise en place de systèmes de signalisation modernes pour améliorer la sécurité des passagers et des travailleurs du rail.

Les axes principaux sur lesquels l'ANESRIF se concentre pour la réception de ces projets peuvent varier en fonction des besoins et des priorités du réseau ferroviaire national. Cependant, certains des axes les plus importants peuvent inclure les lignes principales dépendant des grandes villes algériennes, les lignes de transport de marchandises et les lignes dépendant de l'Algérie à d'autres pays voisins pour encourager le commerce international.



Figure II-1- Le réseau ferroviaire algérien et ses perspectives de développement[2]

Nous sommes intéressés par la ligne Annaba - Djebel Onk qui est composé de trois tronçons :

[2] https://th.bing.com/th/id/R.a2493b74d0aa8ae8dac3b5d26af20fa4?rik=IBdXvFrNJMQqDg&riu=http%3a%2f%2fi16.servimg.com%2fu%2ff16%2f11%2f42%2f10%2f94%2f11110.jpg&ehk=6WgrwL4m76LxzYNf0oyQ%2fIwS0lFIhbRFEFFtLrSv%2bu4%3d&risl=&pid=ImgRaw&r=0)

- Tronçon 1 : ANNABA - BOUCHEGOUF

- Tronçon 2 : BOUCHEGOUF - OUED KEBERIT

- Tronçon 3 : OUED KEBERIT - DJEBEL ONK

Le tracé de notre mémoire de fin d'étude porte sur un projet de dédoublement, de modernisation et d'extension d'une ligne ferroviaire minière entre Annaba et Djebel Onk, dans le but d'augmenter le trafic et de répondre aux besoins de transport de minerais à Tébessa.

Qui nécessite des embranchements dont l'un est notre projet " la gares de EL MA LABIOD et TENOUKLA", de la troisièmes tronçon Oued KEBRIT - DJEBEL EL ONK.

La construction de ces nouvelles gares devrait permettre d'améliorer l'efficacité et la fiabilité du transport ferroviaire de minerais dans la région, en facilitant le chargement et le déchargement des marchandises. Ce projet pourrait également contribuer au développement économique de la région en favorisant les échanges commerciaux et en créant des emplois locaux.

Il est important de bien étudier les impacts environnementaux et sociaux de ce projet, ainsi que sa faisabilité technique et financière, pour assurer sa réussite à long terme.

II.2 Présentation de la région d'étude :

La région El Ma Labiod est une commune de la wilaya de Tébessa, située dans l'est de l'Algérie. Elle est située à environ 30 km au sud-ouest de la ville de Tébessa et s'étend sur une superficie d'environ 205 km². La région est caractérisée par un paysage semi-aride, avec des montagnes et des plaines désertiques. Le climat est chaud et sec en été, avec des températures pouvant atteindre les 40 degrés Celsius, et doux en hiver. Et cette région est principalement montagneuse, Elle est principalement connue pour ses importantes réserves de minerais, notamment le fer, le zinc, le plomb et le phosphate.



Figure II-2- Plan de localisation de la zone d'étude.[3]

[3] Dz - 12 - El Ma Labiodh - ويكيبيديا (ولاية تبسة) - الماء الأبيض (wikipedia.org)

II.3 Situation géographique :

La Wilaya de Tébessa est située à l'extrême nord-est du pays et fait partie des hautes terres orientales et des vastes steppes du pays. Sa superficie totale est d'environ 14 000 km². La ville de Tébessa, chef-lieu de wilaya, est située à environ 630 km à l'est d'Alger.

• Au Nord par Souk-Ahras.

• A l'Ouest par Khenchela et Oum el bouaghi.

• A l'Est, elle borde par Tunisie.

• Au Sud par El Oued.

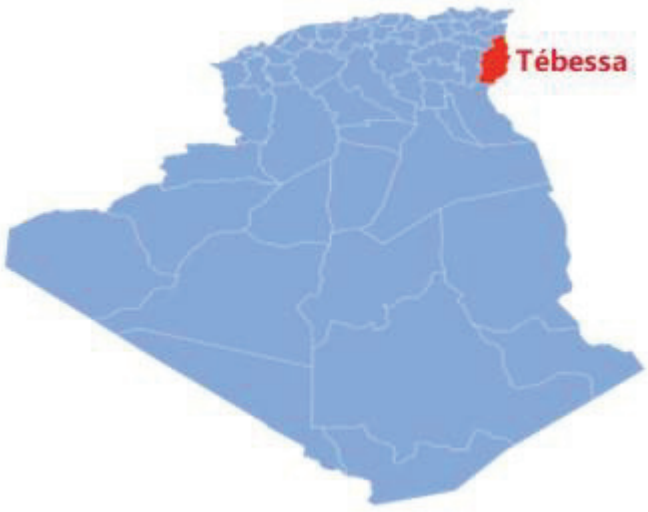


Figure II-3- Localisation de La Wilaya de Tébessa[4]

II.4 Le relief :

El Ma Labiod est une localité située dans la wilaya de Tébessa, en Algérie. Elle est caractérisée par un relief relativement plat, avec une altitude moyenne de 750 mètres au-dessus du niveau de la mer. La région est dominée par des plaines et des collines, avec quelques montagnes à l'horizon.

II.5 Climat :

Le climat de El Ma Labiod est de type méditerranéen, avec des étés chauds et secs et des hivers doux et pluvieux. Les températures moyennes annuelles varient de 16 à 20 degrés Celsius, avec des précipitations annuelles moyennes d'environ 300 millimètres.

II.6 Sismicité :

Sur la classification de la wilaya de Tébessa en tant que zone de sismicité faible, conformément au Règlement parasismique Algérien (RPA 99/version 2003). Cela confirme donc que la région d'El Ma Labiod, située dans la wilaya de Tébessa, est effectivement considérée comme étant à faible risque sismique comme pratiquement toutes les régions des hauts plateaux Algérien, c'est-à-dire en **zone 1**.

[4] Communes de la wilaya de Tébessa — Wikipédia (wikipedia.org)

II.7 Description Du Projet :

Dans le plan de dédoublement et la modernisation de la ligne ferroviaire entre les villes d'**ANNABA**, **SOUK AHRAS**, **TEBESSA** et **DJEBEL ONK**, par son importance au développement de l'économie nationale, car elle permet le transport de minerai de fer provenant des mines de **OUENZA** et **BOUKHADRA** et des minerais de phosphate provenant de **DJEBEL ONK** situés dans la localité de **BIR EL ATER**.

Le présent projet a pour objectif de présenter la conception de tracé de voie selon les référentiels du projet en suivant l'étude APD (Avant-projet détaillé). Concerne uniquement l'étude de tracé de voie entre les gares de **TENOUKLA** et de **EL MA BIOD** de la ligne ferroviaire Oued KEBRIT- TEBESSA- DJEBEL EL ONK.

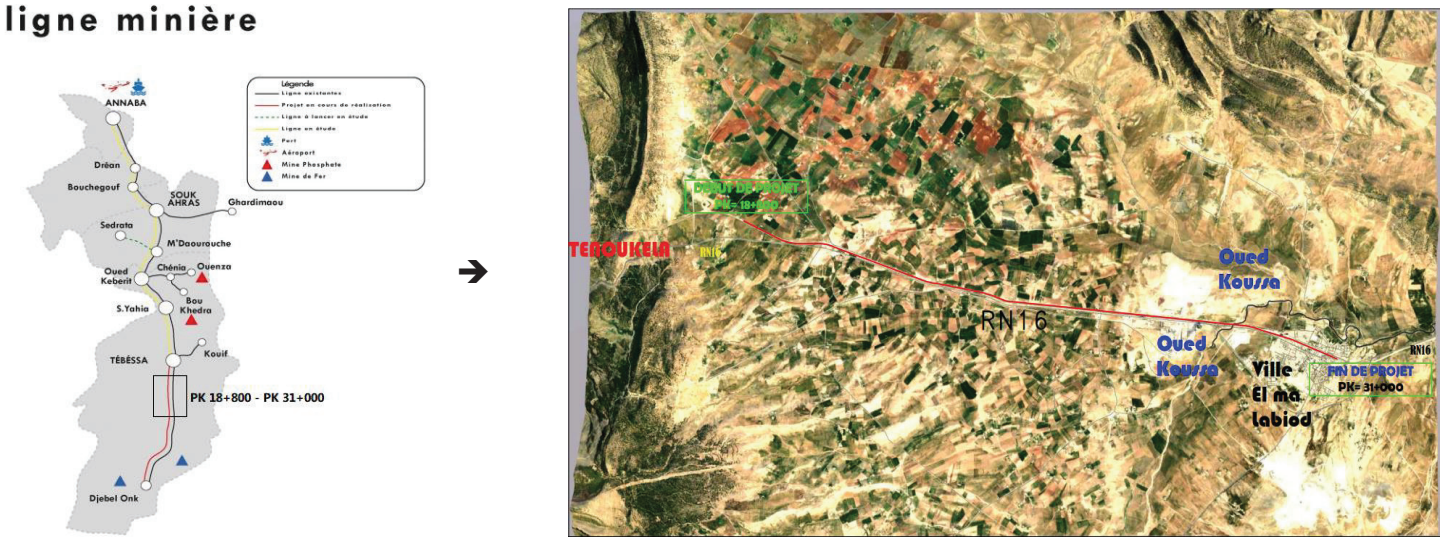


Figure II-4- Localisation du projet[5]

Notre étude est définie du Pk18+800 au Pk 31+000, avec l'aménagement de la gare D'El Ma Labiod.

II.8 Caractéristique de notre projet :

Les caractéristiques générales de la ligne sont résumées :

- La ligne est à voie double.
- Mode de traction mixte : électrique – diesel.
- Longueur :12.2 km.
- **Superstructure :** - Voie double équipée de rails UIC 60 E1 posés sur traverses Bi bloc.

[5] https://www.anesrif.dz/media/k2/items/cache/675d28c04794e3c683f4419536c4c15f_XL.jpg

- Logiciel a utilisé dans l'étude : « **CIVIL 3D 2023** »
- Écartement de la voie (standard) : 1435mm.
- Électrification : 25 KV.
- Charges à l'essieu : - Pleine voie 22.5 t. - Ouvrages d'art 25t.
- Distance axe voie – axe caténaire : 3.15m.
- Pente latérale plateforme : 4%.
- La vitesse de conception de la ligne est de 120 km/h pour le train voyageur, et d'une vitesse de 80km/h pour les trains marchandises.
- La ligne est mixte voyageurs/marchandises.
- Le type d'attaches : Attaches élastiques NABLA avec semelle élastique en élastomère d'une épaisseur de 9mm, collé sur la table d'appui des traverses.
- La longueur utile de la gare : 1300 m
- La pente maximale admissible du profil en long de la ligne est de 16‰ (exceptionnellement 18‰), et d'au niveau des gares : 0 ‰
- L'entraxe des voies est de 5,00 m.
- Les 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 65 km/h.

II.9 Conclusion :

Alors que le pays s'engage désormais à revitaliser le chemin de fer, il est important de veiller à ce que cet investissement soit bien planifié et géré, afin d'optimiser son impact. Il est également important de s'assurer que l'investissement profite à toutes les régions du pays, et pas seulement à quelques-unes, afin de réduire les inégalités économiques et sociales. Et il faut veiller à ce que cet investissement soit durable à long terme, car non seulement il contribue à stimuler l'économie, mais il protège également l'environnement pour les générations futures.

CHAPITRE III :

SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

III. SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

III.1 Introduction :

La superstructure ferroviaire est essentielle pour le bon fonctionnement du transport ferroviaire, car elle constitue la partie supérieure de la voie sur laquelle circulent les trains. Elle comprend différents éléments tels que les rails, les traverses, les fixations, les ballasts, les aiguillages et les signaux. Maintenir et moderniser cette superstructure sont des enjeux clés pour assurer la sécurité et la fluidité du trafic ferroviaire. Les entreprises ferroviaires et les gestionnaires d'infrastructures doivent donc accorder une attention particulière à la maintenance et à la mise à jour de ces éléments afin d'assurer un transport ferroviaire fiable et sécurisé.

III.2 L'armement de la voie :

L'armement de la voie comprend les rails, les traverses, les fixations et les ballasts, et constitue une partie essentielle de l'infrastructure ferroviaire, garantissant la sécurité et la fiabilité du transport ferroviaire.

III.2.1 Le rail :

Les rails sont des éléments en acier posés sur des traverses en bois ou en béton, formant la voie ferrée. Ils sont disposés en deux lignes parallèles avec un écartement standard de 1435 mm entre eux, ce qui est communément appelé l'écartement standard.

Afin d'assurer le centrage des roues des trains, les rails sont généralement inclinés par rapport au plan de roulement, avec une pente de 1/20. Cela permet de faciliter le guidage précis des roues lorsqu'elles traversent les voies.

Le rail remplit plusieurs fonctions essentielles :

1- Il supporte les charges provenant du poids du train, tant verticales que horizontales (comme la force centrifuge). La voie absorbe ces charges.
2- Il guide les roues du train et assure leur mouvement sur la voie.
3- Il permet la transmission du courant électrique, utilisé pour la signalisation et la traction des trains sur les lignes électrifiées.

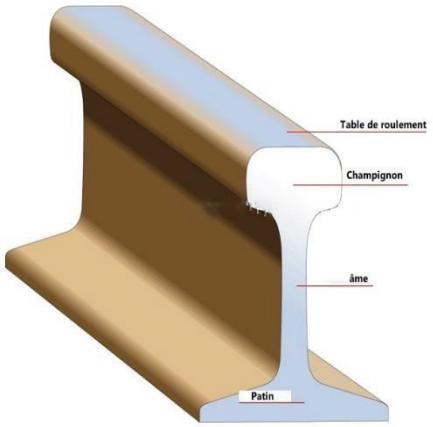


Figure III-1- Composants de la section transversale du rail[6]

Chaque composant du rail remplit un rôle spécifique :

- **Le patin :** Il constitue la partie inférieure du rail qui repose sur la traverse. Sa forme en "L" et sa fixation à la traverse permettent de répartir la charge du rail et de le maintenir en place.
- **Le champignon** : Il représente la partie supérieure du rail, formant la surface de roulement pour les roues du train. Sa forme bombée réduit les vibrations et les chocs, permettant aux roues de glisser en douceur sur le rail.
- **L'âme :** Située au centre du rail, elle relie le patin et le champignon. Avec sa forme en "I", elle assure la résistance et la rigidité du rail, étant fabriquée en acier de haute qualité pour résister aux contraintes induites par le passage des trains.
- **La table de roulement :** Elle est la surface supérieure du champignon, sur laquelle les roues du train roulent. Cette surface est usinée avec précision pour garantir une surface de roulement régulière et exempte de défauts. Un entretien régulier de la table de roulement est nécessaire pour assurer la sécurité et le confort des passagers.

Dans le projet "**Oued KEBRIT - TEBESSA - DJEBEL ONK**", le type de rail utilisé est le Vignole UIC 60 E1

[6] TRANSPORT & MACHINERY :: RAIL TRANSPORT :: RAILROAD TRACK :: RAIL SECTION image - Visual Dictionary Online

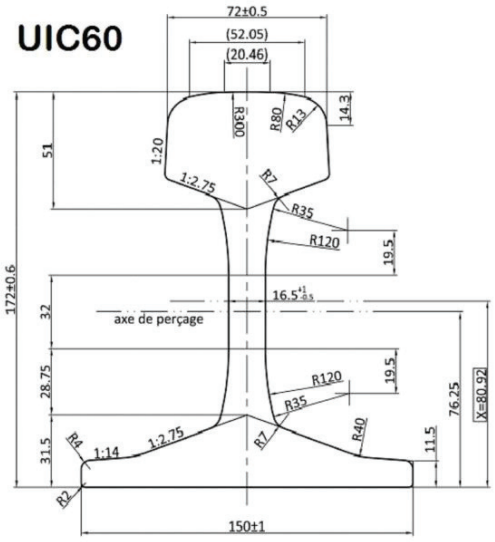


Figure III-2- Profil rail du type UIC60 E1[7]

III.2.2 Caractéristiques de rails du type UIC 60 E1 :

Tableau III-1- Caractéristiques de rails du type UIC 60 E1

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 ≥ 880 N/mm^2
Allongement	R ≥ 10%
Dureté au milieu de la table de roulement	260-300 HBW
Épaisseur âme	16.5 mm
Dimension indicative B	52.053 mm
Dressage	Classe A
Nuance	260 (carbone-manganèse)

[7] Rail En Acier Inoxydable,Uic60,Robuste,À Prix Utilisé - Buy Steel Rail Uic60,Heavy Rail,Competitive Price Product on Alibaba.com

III.2.1.2 Assemblage des rails :

Les rails utilisés dans la construction des voies ferrées sont généralement produits en longueurs allant de 18 à 36 mètres. Afin d'assurer la solidité et la continuité de la voie, il est nécessaire de relier solidement les extrémités des rails. Pour cela, deux méthodes sont utilisées : les éclisses et les soudures.

1- **Éclisses :** Les éclisses sont des fixations mécaniques en métal qui sont placées sur les côtés opposés des rails au niveau des âmes. Elles sont serrées à l'aide de boulons pour maintenir les rails en position et assurer un transfert efficace des charges d'un rail à l'autre.
2- **Soudures :** Après la fabrication des rails, qui sont souvent transportés par des trains, ils sont acheminés vers des ateliers de soudage électrique. Le soudage électrique permet de réaliser de longues barres soudées, appelées "LRS" (long rails soudés). Ces LRS, transportées sur des véhicules spéciaux, sont ensuite déposées sur les voies en construction ou en réparation. Les LRS constituent des unités élémentaires assez longues (environ 400 mètres), qui seront ultérieurement soudées entre elles par des soudures aluminothermiques.

III.2.2 Les traverses :

Les traverses en béton sont les plus utilisées en Algérie pour la construction des voies ferrées. Il existe deux types de traverses en béton :

- **Les traverses bibloc** : elles sont constituées de deux blocs de béton reliés par une entretoise en acier pour maintenir l'écartement des rails. Elles sont couramment utilisées pour les voies à faible trafic.
- **Les traverses monobloc** : il s'agit d'une poutre en béton précontrainte qui offre une meilleure résistance à la flexion que la traverse bibloc et une meilleure répartition des charges verticales, ce qui évite les poinçonnements. Les traverses monobloc sont couramment utilisées pour les voies à fort trafic.

Quant aux **traverses en bois**, elles étaient largement utilisées dans le passé, mais leur utilisation a diminué en raison de leur coût élevé et de leur durée de vie relativement courte. Cependant, elles sont encore utilisées dans certaines applications spécifiques telles que les appareils de voie.

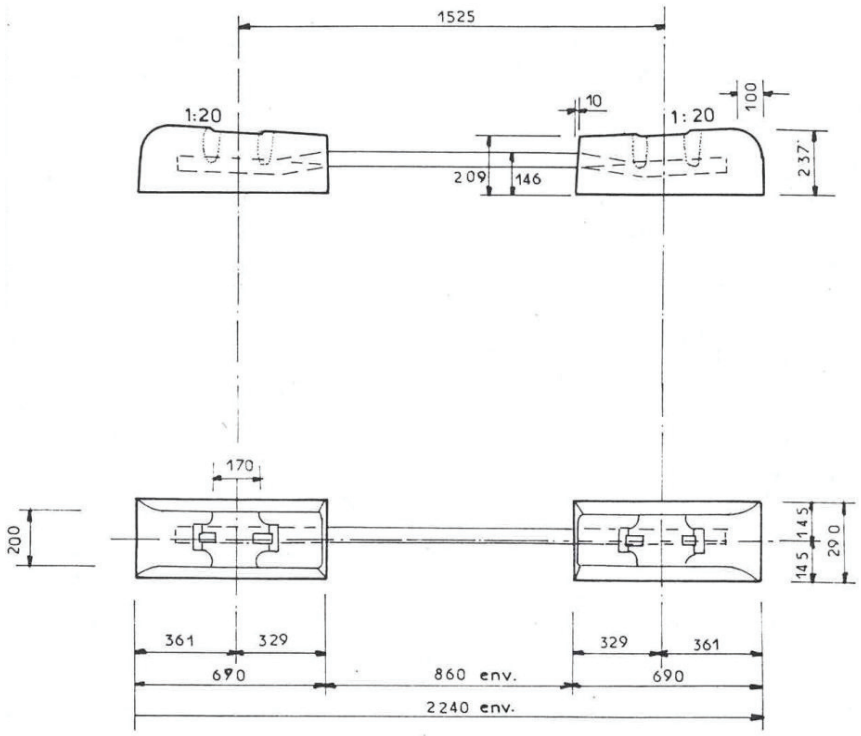


Figure III-3- Traverse Bi-bloc (SNTF REFERENTIEL)

III.2.3 Rôle des traverses :

Assurant la transmission des efforts entre le rail et le ballast. Elles sont responsables du maintien de l'écartement et de l'inclinaison du rail, contribuant ainsi à la stabilité de la voie. De plus, les traverses permettent une répartition uniforme des charges exercées par les trains sur le ballast, assurant ainsi la sécurité et la durabilité de la voie.

III.2.4 Les attaches travers-rail :

Les attaches travers-rail sont des pièces métalliques qui assurent la fixation du rail sur la traverse en permettant une certaine élasticité dans les sens verticaux et horizontaux. Elles sont fixées à la traverse à l'aide de tire-fond, qui sont des boulons spécialement conçus pour ce type d'attache. Il est à noter que le choix de l'attache travers-rail dépend du type de traverse utilisé (en bois ou en béton) et des caractéristiques du rail (type, poids, etc.).

L'utilisation d'une semelle d'élastomère cannelée de 9 mm d'épaisseur entre le rail et la traverse permet d'absorber les vibrations dans les rails, réduisant ainsi les nuisances sonores et les vibrations ressenties par les voyageurs. Les attaches travers-rail jouent donc un rôle important dans la sécurité et le confort des voyageurs.

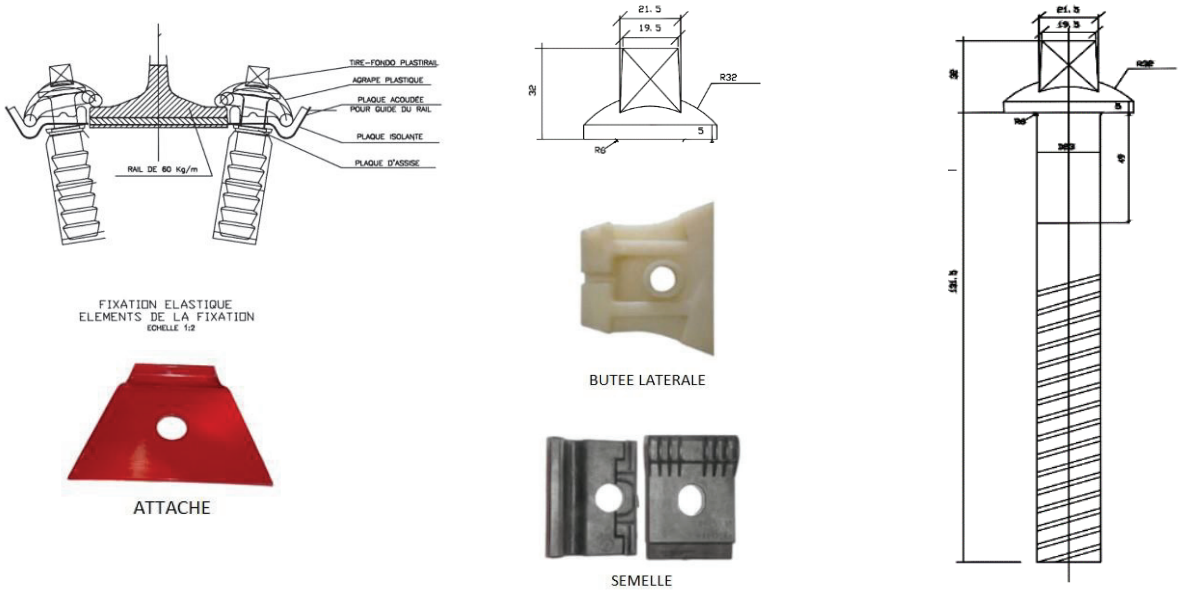


Figure III-4- les composantes d'attache type nabla

III.2.5 L'appareil de voie :

L'appareil de voie est un élément crucial des voies ferrées, car il permet aux trains de passer d'une voie à l'autre en toute sécurité. Les aiguillages sont les composants principaux des appareils de voie et ils sont souvent appelés ainsi dans le langage courant.

Les aiguillages peuvent être commandés électriquement ou manuellement et sont caractérisés par leur angle de déviation au cœur. Ils sont constitués de rails spéciaux, appelés croisements de rail, et d'éléments mobiles, comme les aiguilles, qui permettent de diriger le train vers la voie souhaitée.

Il est important de noter que les appareils de voie ne peuvent pas être posés en dévers et qu'aucune courbe de raccordement n'est possible pour la voie déviée. Par conséquent, le rayon minimum des aiguillages doit être déterminé en fonction de la vitesse souhaitée pour garantir la sécurité des trains.

Il existe trois catégories d'aiguillages :

- Le branchement simple,
- Le croisement ou traversée simple,
- La traversée jonction (simple ou double), qui est une combinaison des deux derniers.

Chacune de ces catégories d'aiguillages à sa propre configuration et est utilisée en fonction des besoins spécifiques de la voie ferrée.

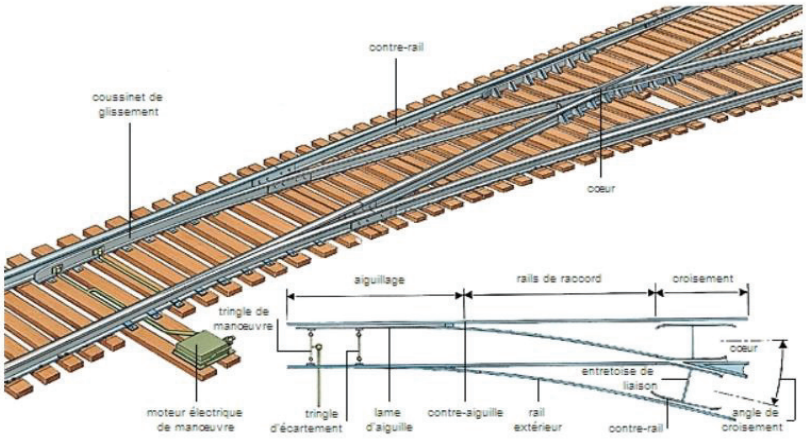


Figure III-5- Branchement à deux voies, et ses éléments constitutifs.[8]

Tableau III-2- les caractéristiques d'appareils de voie qui j'utilise pour mon 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

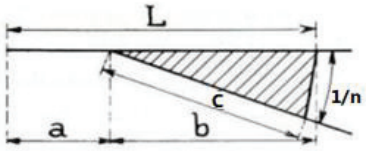


Figure III-6- Schéma illustrative de l'appareil de voie.

III.3 Conclusion :

Les couches d'assise d'une voie ferrée comprennent le rail, les traverses et le ballast. Le rail assure le contact entre le train et la voie, tandis que les traverses transmettent les efforts entre le rail et le ballast. Le ballast, quant à lui, répartit les charges et stabilise la voie. Ces éléments doivent être conçus pour assurer la stabilité de la voie, absorber les vibrations, réduire le bruit et garantir la sécurité et le confort du transport ferroviaire.

[8] https://www.larousse.fr/encyclopedie/images/Branchement_%C3%A0_deux_voies/1001440

CHAPITRE IV :

TRACÉ EN PLAN

IV. TRACÉ EN PLAN

IV.1 Introduction :

Le tracé en plan représente la trajectoire horizontale de la voie ferrée sur une carte topographique, utilisant des courbes de niveau pour représenter le relief du terrain. Il est composé de segments de droites et d'arcs de cercles reliés par des courbes de transition. En courbe circulaire de rayon R, un point en mouvement à une vitesse constante subit une accélération perpendiculaire à la trajectoire, $\mathbf{a} = \frac{V^2}{R}$, dirigée vers l'extérieur de la courbe.

Le tracé en plan est conçu pour minimiser les effets de cette accélération centrifuge lors du passage des courbes. De plus, les caractéristiques du tracé en plan doivent répondre aux exigences d'exécution et d'exploitation. Notre projet se distingue par deux vitesses :

- **V_r :** pour les trains rapides (voyageurs).
- **V_l :** pour les trains lents (marchandises).

IV.2 Conditions à respecter dans la tracé en plan :

Pour réaliser un tracé efficace sur le plan économique et technique, il est nécessaire de prendre en compte les facteurs clés et de respecter les règles suivantes :

1- Rester dans le couloir choisi, conformément à l'étude en phase d'Avant-Projet Détaillé (APD).
2- Assurer une connexion avec la voie existante au début et à la fin du projet.
3- Respecter les rayons et les longueurs minimum recommandés par la SNTF (Société Nationale des Transports Ferroviaires).
4- Utiliser autant que possible des tronçons en alignement rectiligne pour optimiser le tracé.
5- Suivre les courbes de niveau pour minimiser les travaux de terrassement.
6- Éviter, dans la mesure du possible, de traverser des cours d'eau et des routes afin de limiter les travaux de construction d'ouvrages d'art. Si un franchissement est inévitable, il est préférable de le faire perpendiculairement au cours d'eau ou dans les endroits les plus étroits.
7- Éviter les zones présentant des problèmes géologiques pour assurer la stabilité du tracé.

En respectant ces conditions, on peut concevoir un tracé ferroviaire optimal qui répond aux exigences techniques et économiques du projet.

IV.3 Les éléments de tracé en plan :

Les éléments constitutifs du tracé en plan d'une voie ferrée comprennent des segments linéaires et des courbes qui sont généralement reliés entre eux par des éléments de transition.

IV.3.1 L'alignement :

Un alignement droit dans le tracé en plan d'une voie ferrée correspond à une courbe de rayon infini (**R**=∞).

IV.3.2 Arc de cercle :

Lorsqu'un train se déplace à une certaine vitesse, lui et ses passagers sont soumis aux effets de la force centrifuge $\mathbf{Fc} = \frac{mVv^2}{R}$ dans les courbes. Cette force peut entraîner le déraillement du train et la fatigue de la voie. Pour la contrer, la voie est inclinée vers l'extérieur, créant un dévers entre les rails extérieur et intérieur, réduisant ainsi les risques.

IV.3.2.1 Dévers Théorique :

Le dévers requis pour compenser intégralement la force centrifuge est déterminé par la formule théorique de : $\mathbf{d_{th}} = \frac{11.8\,V^2}{R}$ mm pour une voie normale.

- **V :** la vitesse en km/h.
- **R :** le rayon de la courbe en m.

IV.3.2.2 Dévers réel ou pratique :

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

En réalité, il est impossible de rouler avec le dévers théorique en raison des différentes vitesses minimales des trains, notamment entre les trains rapides et les trains lents. Par conséquent, il a été convenu de définir un dévers réel.

- **Fixation du dévers Réel :**

- une première approche du dévers réel : $\mathbf{0{,}5\ d_{th} < d_p < 0{,}7\ d_{th}}$

- La seconde formule pour fixer le dévers réel, prend en considération le coefficient de dévers C : $\mathbf{d_p} = \frac{1000\,C}{R} < \mathbf{d_p\ (max)}$ ou $\mathbf{C = 0.006V^2}$

C doit être un multiple de 15

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

- **Le divers maximal d_p(max) en plain courbe :**

La valeur de divers maximal doit satisfaire la condition suivante :

Tableau IV-1-Valeurs limites du dévers[9]

Valeur recommandée (mm)	160
Valeur Maximale (mm)	180

IV.3.2.3 Insuffisance de divers :

L'insuffisance de dévers se produit lorsque la différence entre le dévers théorique nécessaire et le dévers réel appliqué est trop grande. Cela crée des forces transversales non compensées, pouvant être dangereuses à grande vitesse, entraînant des dommages ou des déraillements. Limiter ces forces est crucial en restreignant la valeur de l'insuffisance de dévers, notée I.

Insuffisance de divers est exprimée par la formule :

$$\mathbf{I = d_{th} - d_p = \frac{11.8 * Vv^2}{R} - d_p < I_{max}}$$

Limitation d'insuffisance de dévers en plein courbe :

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

Tableau IV-2-Valeurs limites de l'insuffisance de dévers[10]

Valeur recommande (mm)	Valeur maximale (mm)
150	160

IV.3.2.4 Excès de dévers :

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 dévers E.

Excès de divers est exprimé par la formule : $\mathbf{E = d_p - d_{th} = d_p - \frac{11.8\,Vm^2}{R} < Emax}$

Limitation d'Excès de devers en plein courbe : La SNTF à retenu Pour une vitesse V≤220 Km/h.

[9] Référentiel SNTF
[10] Référentiel SNTF

Tableau IV-3- Valeurs limites de l'excès de dévers[11]

Valeur recommande (mm)	Valeur maximale (mm)
110	130

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

Afin de réduire l'effet de la force centrifuge sur la voie, d'éviter l'usure du rail et de garantir le confort des passagers, il est nécessaire de respecter une valeur minimale pour le rayon de l'arc de cercle.

Le divers pour le rayon minimum :

$$\mathbf{d(R_{min})= \frac{Emax.V_{Voy}{}^2.\ Imax,.V_{mar}{}^2}{V_{Voy}{}^2 - V_{mar}{}^2} < dpmax}$$

La valeur de rayon minimal est le max entre :

- En fonction de I et Dp --- (Vitesse voyageurs) : $\mathbf{Rmin= \frac{11.8*Vmax^2}{Imax+dp}}$

- En fonction de Emax et Imax : $\mathbf{Rmin= \frac{11.8*(V_{voy}{}^2 - V_{mar}{}^2)}{Imax+Emax}}$

IV.3.3 Courbe de raccordement :

La discontinuité de la courbure au point de transition entre un tronçon rectiligne et un tronçon en arc de cercle entraîne une brusque apparition d'une accélération transversale. Ce changement soudain de l'accélération transversale n'est pas souhaitable en termes de confort des passagers et de stabilité transversale du véhicule. Par conséquent, il est nécessaire d'insérer un raccordement entre l'alignement rectiligne et la courbe circulaire afin de permettre une variation graduelle de l'accélération. Parmi les différentes courbes mathématiques qui répondent à cette exigence de variation continue de la courbure, la clothoïde est choisie.

Les courbes de raccordement sont construites dans les cas suivants :

- Entre un tronçon rectiligne et une courbe
- Entre deux courbes ayant la même direction mais des rayons différents
- Entre une courbe et une contre-courbe

[11] Référentiel SNTF

L'utilisation de ces courbes de raccordement est justifiée par le calcul de la variation de courbure, notée Δc.

Tableau IV-4- les valeurs de la courbure

Alignement-courbe	Deux courbes de même sens avec R1 ≠ R2	Une courbe et contre courbe
$\Delta c = \frac{1000}{R}$	$\Delta c = \frac{1000}{R1} - \frac{1000}{R2}$	$\Delta c = \frac{1000}{R1} + \frac{1000}{R2}$

Les courbes de raccordement sont recommandés si : $\Delta c \geq \frac{2000}{Vmax^2}$

Les courbe de raccordement sont obligatoires si :

Tableau IV-5- limitation de la courbure

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

IV.3.3.1 Variation de dévers dans le raccordement :

Il est essentiel de limiter la rotation et le gauchissement d'un véhicule sur les raccordements pour garantir un roulement régulier. Dans les raccordements paraboliques, le dévers varie graduellement de 0 à une valeur maximale **"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 :

Tableau IV-6- Limite da la variation de divers

1er Condition				2éme Condition	
Limite de la variation de devers[12]				Limite de variation de devers en fonction de rayon et devers de la courbe adjacente	
Valeur max normal		Valeur max Exceptionnelle		Valeur du devers en plein courbe	Valeur limite de la variation de devers
Par rapport la longeur	Par rapport au temps	Par rapport la longeur	Par rapport au temps	(R-100) /2 ≥ dp ≥ (R- 150) /2	$\frac{\Delta d}{\Delta I} \leq 2$ mm/m
$\frac{180}{Vmax}$=1.5 mm/m	50 mm/s	$\frac{216}{Vmax}$=1.8 mm/m	60 mm/s	(R-150) /2 ≥ dp ≥ (R- 150) /2	$\frac{\Delta d}{\Delta I} \leq 3$ mm/m
				$(R - 250)$ /3 dp	$\frac{\Delta d}{\Delta I} \leq 4$ mm/m

Il en résulte pour la longueur de raccordement L_{min} :

$\mathbf{L_{min}} = \frac{dp * Vmax}{180}$ et exceptionnellement $\mathbf{L_{min}} = \frac{dp * Vmax}{216}$

[12] Référentiel SNTF

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

Lorsque la vitesse du train dépasse sa vitesse d'équilibre, les passagers subissent les effets de la force centrifuge non compensée en raison de l'insuffisance de dévers.

Dans un raccordement parabolique, cette force augmente progressivement, et les passagers doivent s'adapter graduellement et idéalement inconsciemment à cette insuffisance constante dans la courbe. Cette variation d'insuffisance, notée "ΔI", est exprimée en mm/s par rapport à Δt : $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{(\Delta I)}{\frac{\Delta t}{v}}$ en m/s => V= v/3.6 V en km/h => D'où : $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\Delta I}{Lrp} * \frac{V}{3.6}$

Limite da la variation de l'insuffisance de divers :

Tableau IV-7- Limite de variation de l'insuffisance de devers dans les raccordements[13]

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

IV.3.4 Les doucines :

Un raccordement circulaire est utilisé pour limiter l'accélération du mouvement de roulis au changement de pente du rail haut. 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 : Les doucines sont nécessaires lorsque la vitesse des trains de voyageurs est égale ou supérieure à 60 km/h et qu'il y a une variation de dévers significative (supérieure à 60/*V*).

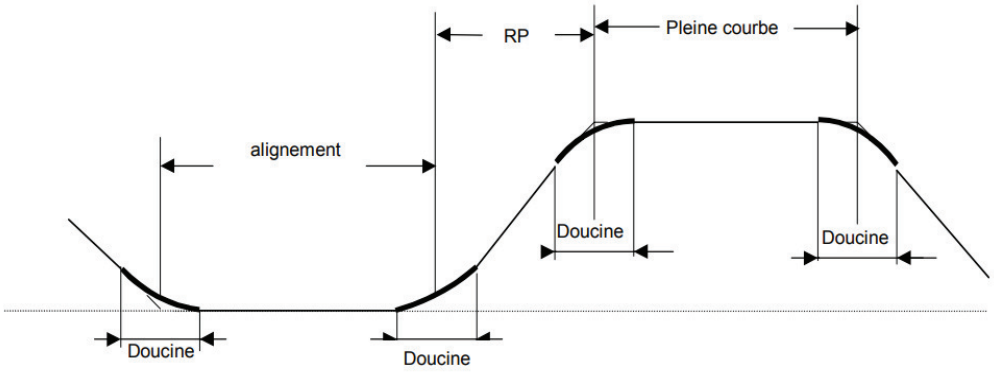


Figure IV-1- Les éléments de tracé en plan[14]

[13] Référentiel SNTF
[14] Page 18 IN 0272

IV.3.5 Longueur minimale des éléments de tracé :

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

Tableau IV-8- Les longueurs minimales des alignements et des pleines courbes[15]

Courbes avec RP et doucines		Courbes avec RP sans doucines		Courbes sans RP	
Valeur limite normale	Valeur limite exceptionnelle	Valeur limite normale	Valeur limite exceptionnelle	Valeur limite normale	Valeur limite exceptionnelle
$\frac{Vmax}{2} = 60\ m$	$\frac{Vmax}{3} = 40\ m$	$\frac{Vmax}{3} = 40\ m$	$\frac{Vmax}{5} = 24\ m$	$\frac{Vmax}{3} = 40\ m$	$\frac{Vmax}{5} = 24\ m$

IV.4 Application au projet :

- **Description de tracé au notre projet :**

Le tracé prend naissance au niveau du PK18+800 coïncidant à la gare de TENOUKLA ,la suite du tracé est un dédoublement parfait avec la projection d'une plateforme à voie unique du côté gauche de la voie existante, et élargissement de la plateforme existante sur 1m côté droit (sens des PK croissants) en essayant de respecter au maximum un entre axe de de 5m entre les deux plateformes (projetée et existante), avec des rayons de 1000m et 1200m avec de rectification d'un rayon, la fin du tracé est au PK31+000 coïncidant à la gare d'EL MA LABIOD.

- **Ajustements dans l'axe existant :**

  Rectification du rayon (R=900 m => R=1100 m) au PK 23+647.51.

- **Zone D'interception (Cisaillement) :** PK 29+945.03 au PK 30+146.23

  (Où la nouvelle voie rencontre la voie existante et se connecte à celle-ci, et vice versa pour l'autre voie.).

  Selon la SNTF on a les données suivantes :

[15] REFERENTIELS TECHNIQUES SNTF

	Vitesse de train rapides (Voyageurs)	Vitesse des trains lents (marchandise)
	120 km/h	**80 km/h**
	Paramètres géométriques de tracé en plan (SNTF)	
	Normale	Exceptionnelle
Excès de dévers	110 mm	130 mm
Insuffisance de dévers maximum	150 mm	160 mm
Dévers max	160 mm	180 mm
Variation de de l'insuffisance de dévers	$\frac{\Delta I}{\Delta t}$ = 75 mm/s	$\frac{\Delta I}{\Delta t}$ = 90 mm/s
Variation de dévers par rapport la longueur Δdp/ΔL	1.5 mm/m	1.8 mm/m
Variation de dévers en fonction du temps Δdp/Δt	50 mm/s	60 mm/s

Tableau IV-9- Paramètres géométriques du tracé

- Détails de calcule le rayon minimal :

$d(R_{min}) = \frac{Emax \cdot Vvoy^2 + Imax \cdot Vmar^2}{Vvoy^2 - Vmar^2}$ = **318 mm > d_{max} (SNTF) = 160mm**

On utilise **dmax = 160mm**.

Rayon minimale : $R_{min} = \frac{11.8 * Vmax^2}{Imax + dmax}$ **= 548.13 m. On prend : R_{min} = 580 m**

Avec : d_{max} = 160 mm

- Le coefficient de dévers : **C= 0.006* V_{max}^2** => C= 0.006 * 120^2 = **86.4**

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

  $0.5 < \frac{C}{0.0118 * Vmax\text{^}2} \leq 0.7$, alors dans ce cas on prend **C = 90**

  - Calculons d_p correspond à R=580 m : $d_p = \frac{1000 * 90}{580}$ **= 155.172 mm < d_p max =160 mm**

    Vérifiée.

- **Application au projet pour R = 1200 m :**

  - Dévers théorique : $d_{th} = \frac{11.8 * Vmax^2}{R}$ => $d_{th} = \frac{11.8 * 120^2}{1200}$ = **141.6 mm**

- Le dévers pratique : Sa valeur est comprise entre celle des trains rapides et celle des trains lents, elle est donnée par : $d_p = \frac{1000\,C}{R} = \frac{1000*90}{1200} = 75$ mm (Ce dernier ne doit pas dépasser la limite qui est de 160 (180mm exceptionnelle)). On utilise **dp = 80 mm**.

-Vérification de dévers pratique : 0.5* **d_{th}=70.8 < d_p = 80mm <** 0.7* **d_{th} = 99.12** Vérifiée

- Insuffisance de dévers : I= **$d_{th} - d_p$ = 141.6- 80= 61.6 mm.**

- Excès de devers : E = $d_p - d_{th} = d_p - \frac{11.8\,Vmar^2}{R}$ = 17.06 mm.

- La longueur de clothoïde : $L_{rp} = \frac{dp*Vmax}{180}$ = **53.33 m.** On utilise : **L_{rp}= 60 m.**

- Limite de la variation de dévers par rapport à la longueur : $\frac{\Delta d}{\Delta L} = \frac{80}{60}$ = **1.33 mm/m.**

- Limite de la variation de dévers par rapport le temps : $\frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{\Delta d}{Lrp} * \frac{V}{3.6}$ = **44.44 mm/s.**

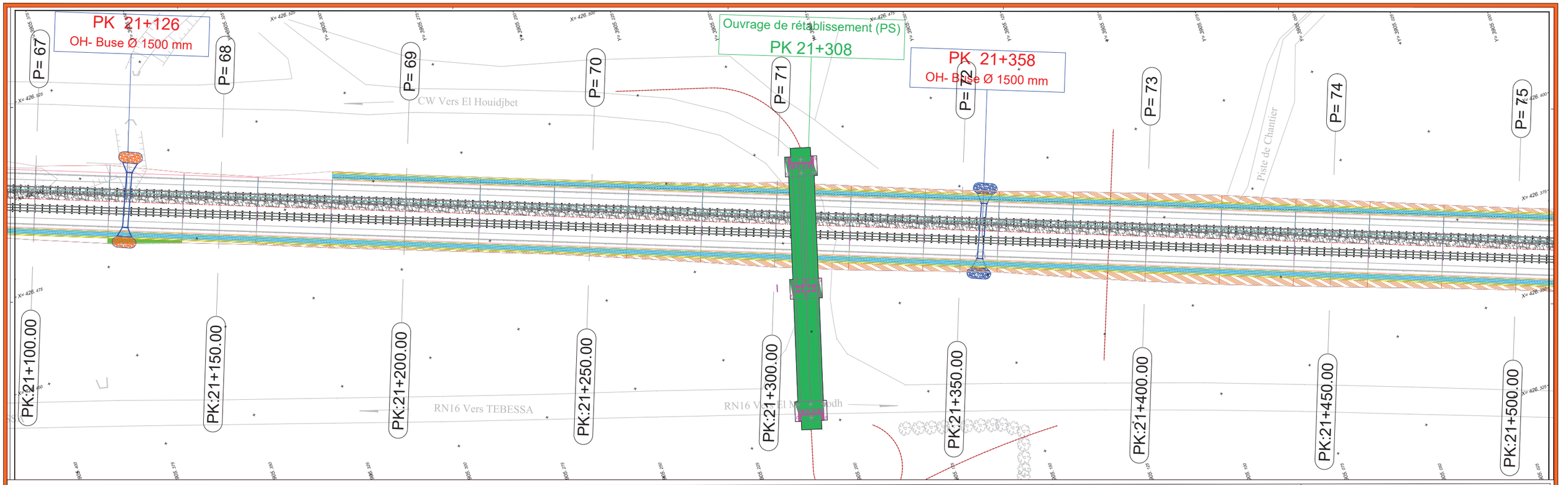
- La variation d'insuffisance de dévers : $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\Delta I}{Lrp} * \frac{V}{3.6} = \frac{61.66*120}{3.6*60}$ = **34.22 mm/s.**

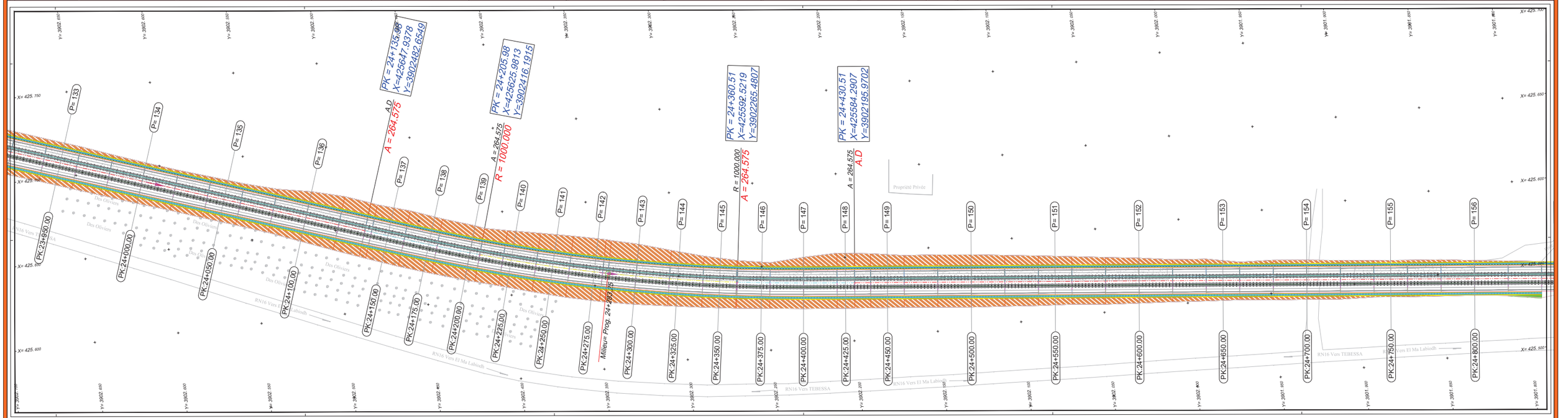
Dans le tableau suivant sont présentées le listing des paramètres et des dévers correspondant à chaque rayon qui se trouve pour le tracé sur plan du tronçon d'étude :

Tableau IV-10- Tableau récapitulatif des paramètres du tracé

Rayon (m)	dth (mm)	C	C adopté	C	dp (mm)	dp adopté	I (mm)	E (mm)	Lrp (m)	Lrp adopté	dd/dL (mm/m)	dI/dt (mm/s)	dd/dt (mm/s)
1200	141.60	86.40	90.00	0.53	75.00	80	61.60	17.07	53.33	60	1.33	34.22	44.44
1000	169.92	86.40	90.00	0.53	90.00	95	74.92	19.48	63.33	70	1.36	35.68	42.86
1100	154.47	86.40	90.00	0.53	81.82	90	64.47	21.35	60.00	70	1.29	30.70	47.22

NB : le tracé est réalisé à l'aide de logiciel **Civil 3D 2023** et les éléments du tracé en plan sont représentés dans l'Annexe A.





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

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

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	Titre	Année universitaire
Etude APD de dedoublement, modernisation de ligne minier De PK 18+800 au PK 31+000	KROUMA Oussama MERGUEGUE Youcef	Mr. Ahmed Goumettre	1/1000 1/2250	Vue en plan: 1- PK21+100 au PK21+500 2- PK23+950 au PK24+800	2022 / 2023

CHAPITRE V :

PROFIL EN LONG

V. PROFIL EN LONG

V.1 Introduction :

La construction du profil en long est cruciale pour évaluer un projet ferroviaire en termes économiques, en prenant en compte les terrassements, les ouvrages d'art et les tunnels.

V.2 Définition :

- **Le profil en long du terrain naturel :** représente la surface du terrain le long du tracé en plan, servant de base au profil en long du projet.
- **Le profil en long du projet :** est la représentation de l'alignement du projet, généralement composé de segments droits reliés par des courbes circulaires.
- **Déclivité :** est la tangente de l'angle formé par le profil en long avec l'horizontale, désignée comme une pente pour une descente et comme une rampe pour une montée.

V.3 Eléments de composition du profil en long :

V.3.1 Choix des alignements droits :

Le profil en long de la voie ferrée présente des déclivités très faibles pour garantir la sécurité, les vitesses de circulation appropriées et le confort des véhicules. La SNTF établit une limite maximale pour les pentes des segments droits. De plus, lors de l'implantation de la gare, un palier de longueur supérieure à 1300 m est généralement utilisé, avec des déclivités maximales spécifiques, on adopte en générale les déclivités maximales suivantes :

Tableau V-1- Les déclivités par rapport les longueurs selon la norme SNTF

		Formule		*Application*	
		Normal	***Exceptionnel***	***Normal***	***Exceptionnel***
Déclivité maximale	**L<3000 m**	**-**	**-**	**16 ‰**	**18 ‰**
	3000<L>15000 m	**-**	**-**	**16 ‰ à 13 ‰**	**18 ‰ à 15 ‰**
	L>15000 m	**-**	**-**	**13 ‰**	**15 ‰**
	Gares	**-**	**-**	**0**	**0**

La position des droites dans le profil en long dépend de plusieurs facteurs tels que l'évitement des terrassements inutiles, la minimisation du mouvement des terres, l'évitement de l'introduction d'une pointe basse dans une partie en déblais pour éviter les contraintes liées au terrassement et à l'évacuation des eaux pluviales. Dans les zones inondables, il est nécessaire

d'utiliser un profil en remblais. Les points de placement des appareils de voie ne doivent pas être en déclivité.

Il est important de respecter la longueur minimale des éléments du profil en long pour éviter les oscillations des véhicules dues aux variations des déclivités, tout en assurant une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

Tableau V-2- Les longueurs minimales des éléments de profile en long[16]

Valeur maximal normal	Valeur maximal exceptionnelle
V/2 = 60 m	V/2.5 = 48 m

Les segments droits du profil en long présentent des angles appelés "saillants" ou "rentrants" qui correspondent aux transitions vers les courbes circulaires.

V.3.2 Choix des cercles :

Lors d'un changement de déclivité, un véhicule subit une accélération verticale brutale aux extrémités du raccordement, ce qui entraîne des oscillations de la suspension et affecte le confort des passagers. Cette accélération peut être calculée à l'aide de la formule suivante :

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

Pour les vitesses inférieures à **220 km/h**, la valeur maximale de cette accélération est généralement de **0,22 m/s² (correspondant à une décélération de 0,05 g)**, ce qui est considéré comme une valeur de confort acceptable. Exceptionnellement, cette valeur peut atteindre 0,31 m/s². On peut calculer cette accélération en remplaçant la valeur d'Av dans la formule $\mathbf{Rv} = \frac{V^2}{3.6 * Av}$

Tableau V-3-Valeurs de Rayon vertical minimale[17]

Valeur maximal normal	Valeur maximal exceptionnelle
$0.35V^2$	$0.25V^2$

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

* Il ne doit pas y avoir d'interférence entres les courbes de transition en plans (clothoïde) et les courbe de raccordement en profil en long.

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

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

V.4 Application au projet :

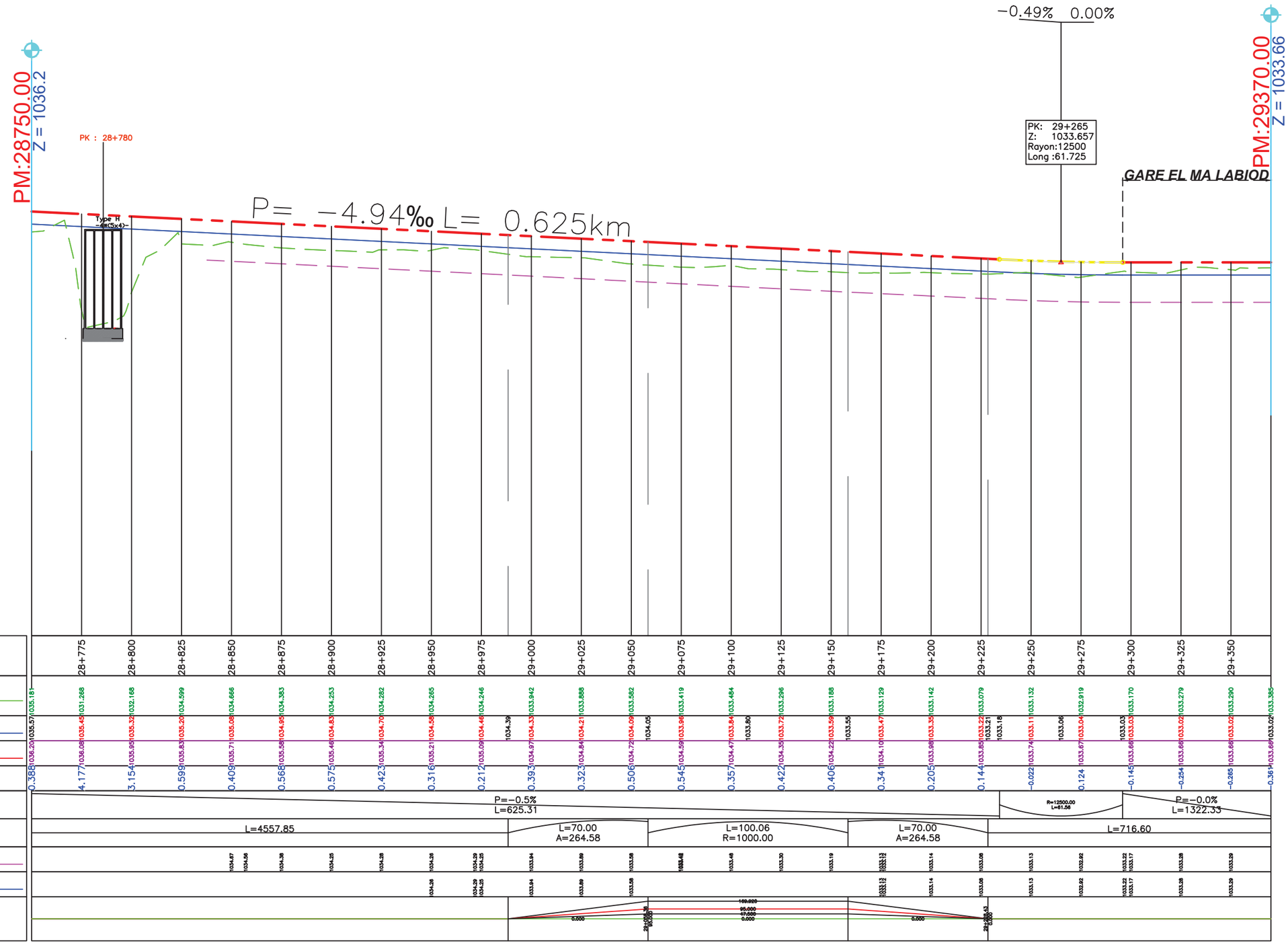
Listing de Profil en long Dans L'annexe B (Civil 2023)

Tableau V-4-Valeurs des paramètres de profil en long

		Formule		*Application*	
		Normal	***Exceptionnel***	***Normal***	***Exceptionnel***
Déclivité maximale	**L<3000 m**	**-**	**-**	**16 ‰**	**18 ‰**
	3000<L>15000 m	**-**	**-**	**16 ‰ à 13 ‰**	**18 ‰ à 15 ‰**
	L>15000 m	**-**	**-**	**13 ‰**	**15 ‰**
	Gares	**-**	**-**	**0 ‰**	**0 ‰**
	-	**$0.35V^2$**	**$0.25V^2$**	**5040**	**3600**
	-	**V/2**	**V/2,5**	**60**	**48**

V.5 Conclusion :

La construction du profil en long est une étape essentielle pour évaluer un projet ferroviaire, tant du point de vue économique que technique, en prenant en compte les déclivités, la coordination entre le tracé en plan et le profil en long, ainsi que l'emplacement des gares.



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

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

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	Titre	Année universitaire
Etude APD de dedoublement, modernisation de ligne minier De PK 18+800 au PK 31+000	KROUMA Oussama MERGUEGUE Youcef	Mr. Ahmed Goumettre	H: 1/1000 V: 1/100	Profil en long: Du PK 28+750 au PK29+370	2022 / 2023

CHAPITRE VI :

ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

VI. ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

VI.1 Introduction :

Pour éviter les perturbations de l'écoulement hydraulique causées par la création d'une nouvelle ligne, il est essentiel de dimensionner adéquatement les ouvrages hydrauliques afin d'assurer la continuité des débits des cours d'eau. De plus, pour protéger la plate-forme, un bon système de drainage est indispensable.

Le tracé de la ligne ferroviaire reliant **Tenoukla (PK18+800)** à la ville **El MA LABIOD (PK31+000)** traverse le bassin versant.

Ce bassin comprend plusieurs cours d'eau naturels très importants, dont les débits peuvent causer des dommages à certains endroits de cette voie ferrée. Il est donc crucial de bien évaluer ces débits afin de prendre des mesures pour prévenir de tels dommages.

Les différentes étapes suivies pour cette mission comprennent :

- La collecte et l'analyse de documents et d'études hydrologiques de la région.
- La collecte et l'analyse de cartes topographiques couvrant la zone du projet.
- La collecte de données pluviométriques auprès de l'ANRH pour la région de l'étude.
- L'utilisation des cartes topographiques pour identifier les tracés des oueds traversant la ligne ferroviaire et délimiter les bassins versants.
- Le calcul des paramètres physiques et géomorphologiques des bassins versants.
- L'évaluation des débits de crues pour différentes périodes de retour en utilisant la méthode rationnelle pour dimensionner les ouvrages hydrauliques.
- L'évaluation des débits de saturation pour chaque type d'ouvrage hydraulique en utilisant la section mouillée la vitesse d'écoulement et la rugosité de l'ouvrage, et le dimensionnement des ouvrages hydrauliques longitudinaux et transversaux.

VI.2 Description hydrologique :

Le projet de la ligne de chemin de fer ANNABA-DJEBEL ONK est composé de plusieurs parties visant à moderniser et doubler la ligne minière existante qui relie les villes d'Annaba,

Souk Ahras, Tébessa et Djebel ONK. Cette ligne s'étend sur environ 340 km et est principalement utilisée pour le transport de minerai de fer provenant des mines de Ouenza et Boukhadra, ainsi que des minerais de phosphate provenant de Djebel Onk, situés dans la localité de Bir El Ater. La région d'**El Ma Labiod** de notre projet (18+800 au 31+000), située dans le Sud-Est de l'Algérie et dans la wilaya de Tébessa, est traversée par la ligne de chemin de fer et se trouve à environ 25 km au Sud de la ville principale et à 35 km de la frontière algéro-tunisienne, le long de la route reliant Tébessa à El Oued.



Figure VI-1-Carte de situation de la région d'étude.

VI.3 Etude hydrologique :

Le corridor du projet, traverse les bassins versant **d'oued Medjerdah (BV N°12)** et **chotte Melrhir (BV N° 06)**.

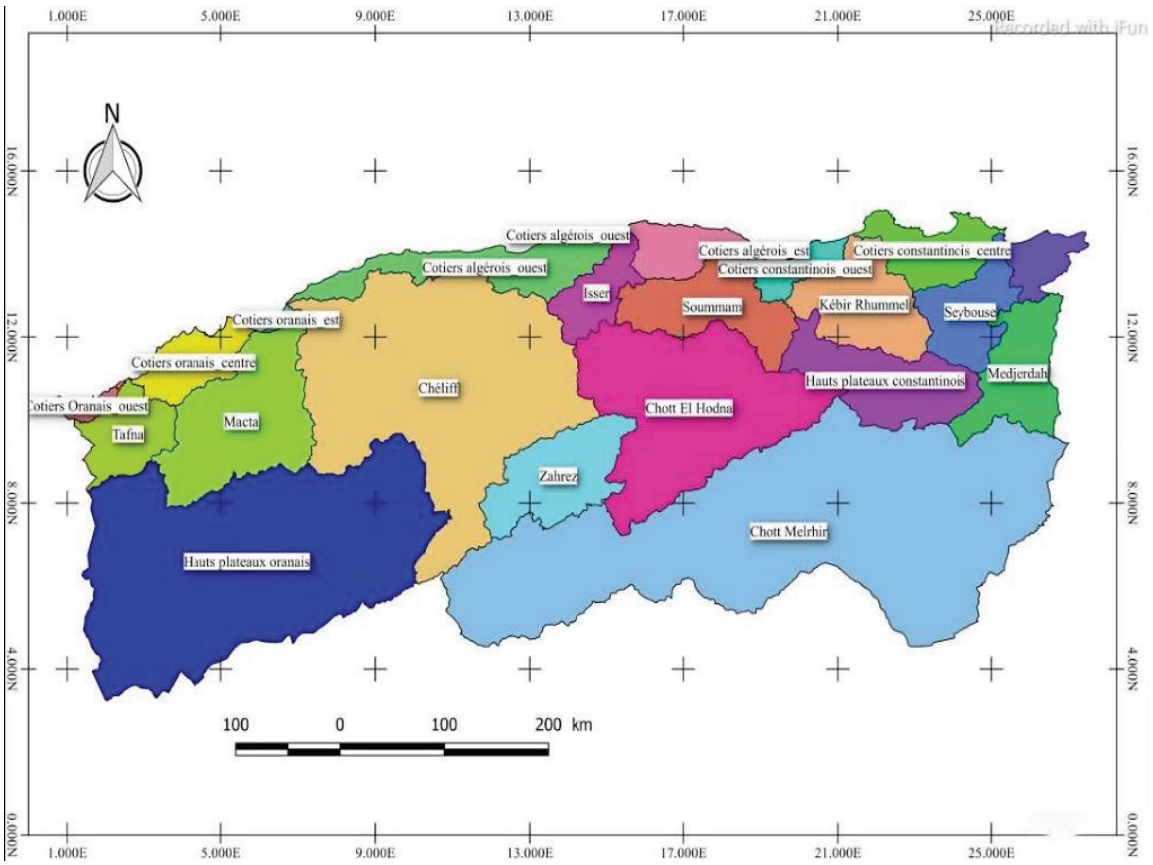


Figure VI-2-La délimitation des bassins versants[18]

[18] Capture YouTube : Créer une carte des grands bassins versants en Algérie-QGIS - YouTube

VI.3.1 Réseaux pluviométrie et hydrographie :

Le réseau hydrographique de la région d'étude est dense au nord, entre **Oued Kebrit** et **Tenoukla** avec des précipitations moyennes qui varies entre 300 et 400 mm. Au sud entre **Tenoukla** et **Djebel Onk** les précipitations annuelles varient entre 250 à 350 mm

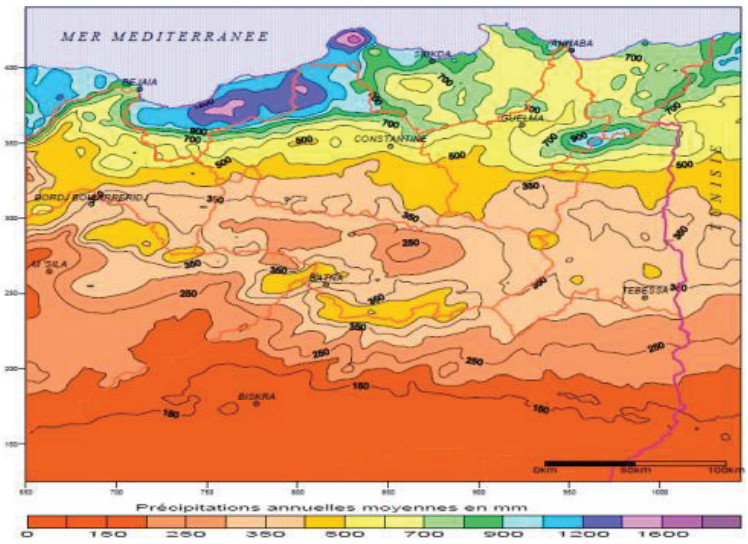


Figure VI-3- Carte des précipitations annuelles moyennes de l'est algérien, ANRH.[19]

La plaine **d'El-Ma-Labiod** est drainée essentiellement par L'**Oued Labiod** à écoulement intermittent du nord vers le sud, formé par la confluence des Oueds El-Gloussa et Oued Ouatât El Adjadj à l'Ouest et à l'Est par **oued E'Znad** et **Oued El ma-Lassouad**, tous à écoulement non permanent.

D'après la carte de délimitation des zones bioclimatiques, le projet s'inscrit dans sa partie nord dans le domaine semi-aride et au sud dans le domaine subaride.

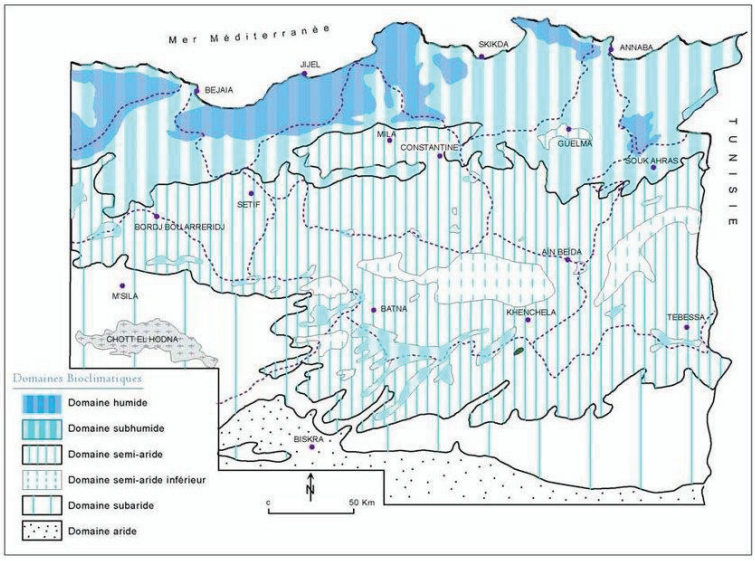


Figure VI-4- Carte simplifié des zones bioclimatiques de l'Est Algérien[20]

[19] https://images.app.goo.gl/yGBiZsQ7s5CGBRW19

[20] INFLUENCE DES PARAMETRES : GEOLOGIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE SUR LE COMPORTEMENT MECANIQUE DES SOLS DE LA WILAYA DE SETIF. - PDF Free Download (docplayer.fr)

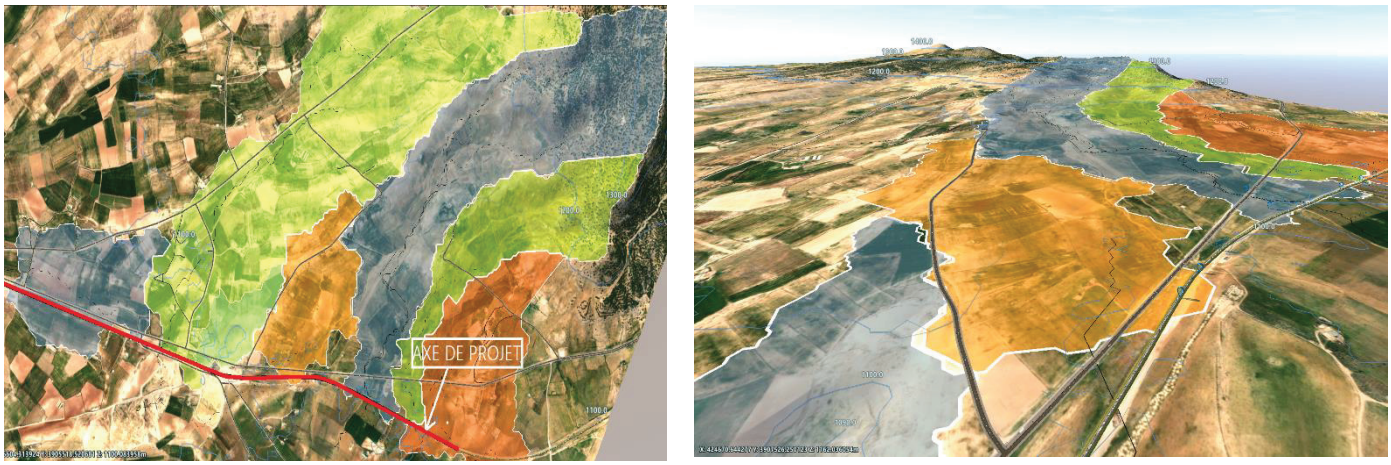


Figure VI-5-Délimitation des bassins versants représenté en 3d par logiciel d'INFRAWORKS

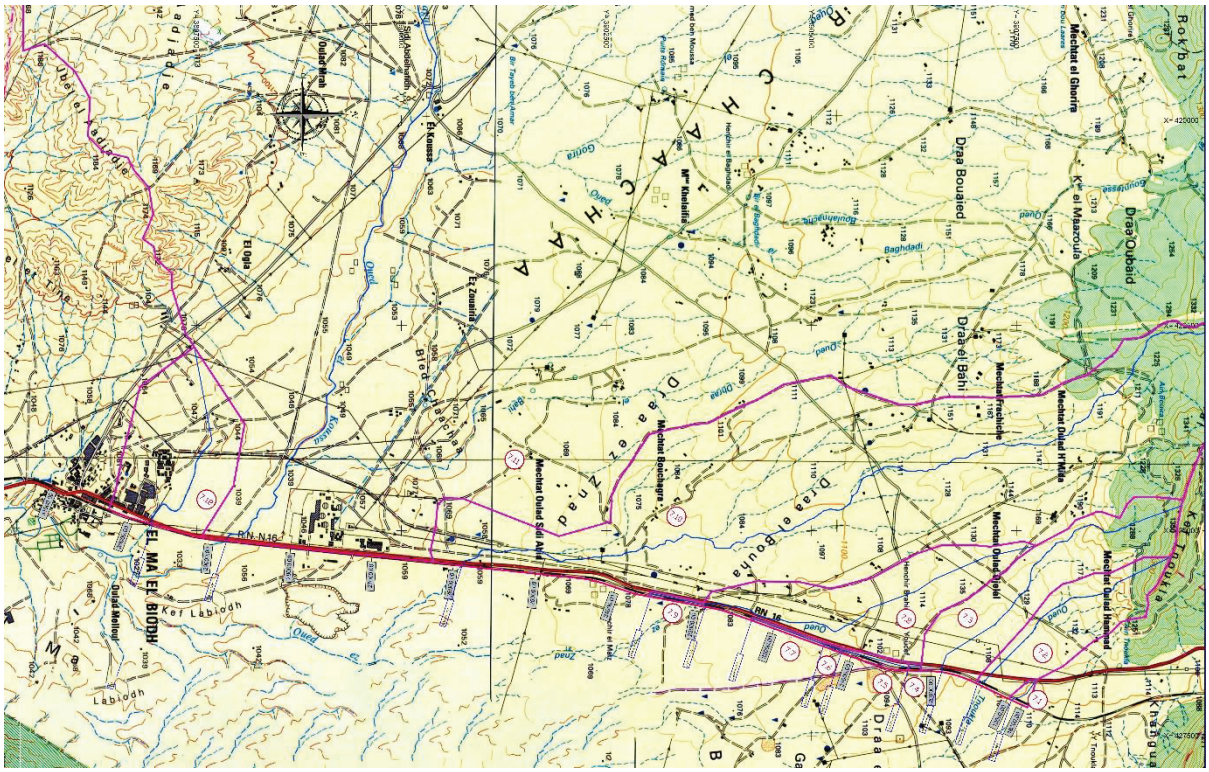


Figure VI-6-La délimitation des Bassin Versant dans la Carte

VI.3.2 Caractéristiques morphologiques des bassins versants :

La démarche pour déterminer les caractéristiques des bassins versants implique le calcul ou l'évaluation des paramètres essentiels pour estimer les débits de crue.

Les cartes d'état-major au 1/25 000 sont utilisées pour délimiter avec précision les lignes de partage des eaux des bassins, ce qui permet de déterminer leur superficie (S) en km² avec une précision acceptable.

Ci-dessous se trouve un tableau récapitulatif des caractéristiques des paramètres des bassins versants des Oueds qui traversent la nouvelle voie ferrée :

Avec :

- S (km²) : Surface. - **P (km) :** Périmètre. - **L (km) :** Longueur du cours d'eau principal.

- **Kc :** Indice de compacité. **- TC (h) :** Temps de concentration(h). - **Hmax(m)** : Altitude max.

- Hmin(m) : Altitude min.- **Hmoy(m) :** Altitude moyenne**. - Dh [m]** : différence entre l'altitude maximale et minimale du bassin. - **P [m/m] :** pente du talweg principal → **P [m/m]** = $\frac{Dh\,(m)}{L\,(m)}$

Figure VI-7- Caractéristiques morphologiques des bassins versants.

Indice de BV	N° Bassin versant	PK	S (Km²)	P (Km)	L (Km)	Kc	Hmax (m)	Hmin (m)	Hmoy (m)	Dh (m)	P (m/m)	Temps de concentration	
												Tc calcule et adoptée (h)	Formule Utilisée
7.1	**BV1**	**18+946**	0.057	1.012	0.470	1.186	1110	1104	1107	6	0.013	**0.200**	**Kirpich**
7.2	**BV2**	**19+402**	1.570	6.267	2.930	1.40	1350	1103	1226.5	247	0.084	**0.548**	**Ventura**
7.3	**BV3**	**19+866**	2.440	8.686	3.900	1.556	1350	1104	1227	246	0.063	**0.789**	**Ventura**
7.4	**BV4**	**20+277**	0.013	0.488	0.013	1.198	1105	1102	1103.5	3	0.230	**0.082**	**Kirpich**
7.5	**BV5**	**21+126**	0.087	1.863	0. 860	1.768	1102	1094	1098	8	0.010	**0.360**	**Kirpich**
7.6	**BV6**	**21+358**	0.012	0.549	0.220	1.40	1096	1094	1095	2	0.009	**0.131**	**Kirpich**
7.7	**BV7**	**22+291**	0.048	2.01	0.041	2.568	1094	1085	1089.5	9	0.219	**0.010**	**Kirpich**
7.8	**BV8**	**22+877**	2.590	9.237	4.390	1.607	1160	1079	1119.5	81	0.018	**1.507**	**Ventura**
7.9	**BV9**	**23+558**	0.038	1.428	0.670	2.052	1079	1076	1077.5	3	0.004	**0.364**	**Kirpich**
7.10	**BV10**	**25+895**	16.710	26.583	12.160	1.82	1590	1053	1321.5	537	0.044	**3.022**	**Passini**
7.11	**BV11**	**28+780**	289.441	81.324	30.967	1.338	1685	1031	1358	654	0.021	**7.917**	**Giandotti**
7.12	**BV12**	**29+723**	2.487	6.212	2.620	1.103	1070	1032	1051	38	0.015	**1.658**	**Ventura**

VI.3.3 Le temps de concentration « tc » :

Le temps de concentration, noté **"tc"**, est défini comme le laps de temps requis pour qu'une goutte d'eau atteigne le débit maximum. Des méthodes simplifiées peuvent être employées pour estimer le temps de concentration des bassins versants. Les formules utilisées dans ce projet :

VI.3.3.1 Formule de Kirpich :

Superficie comprise entre **0.004 et 0.81Km² :**

$$\mathbf{t_c} = \frac{(0.000325 \times L^{0.77})}{I^{0.385}}$$

Tc : Temps de concentration en heure**, I :** pente du bassin versant en m/m, **L :** Longueur du cours d'eau principal en (m).

VI.3.3.2 Formule de VENTURA :

Superficie inférieure à **5 Km² :**

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

- Tc : Temps de concentration en heure

- S : Surface du bassin versant en km²

- P : Pente moyenne du bassin versant en (m/m).

VI.3.3.3 Formule de PASSINI :

Superficie comprise entre **5 et 25 Km² :**

$$t_c = 0.11\frac{\sqrt[3]{S \times L}}{\sqrt{P}}$$

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).

VI.3.3.4 Formule de GIANDOTTI :

Superficie comprise entre 25 et 200 km² :

$$t_c = \frac{4\sqrt{S}+1.5L}{0.8\sqrt{h}}$$

L : Longueur du cours d'eau principal en km.

S : Surface du bassin versant en km².

h : H_{moy}- H_{min} (m).

VI.3.4 Caractéristiques climatiques et pluviométriques :

VI.3.4.1 Climat :

El ma labiod est une région semi-aride. Les températures dans cette région peuvent varier considérablement en fonction de la saison. En été, les températures moyennes diurnes peuvent atteindre jusqu'à 35 °C, avec des nuits chaudes autour de 20 °C. En hiver, les températures moyennes diurnes sont généralement comprises entre 10 et 15 °C, avec des nuits froides qui peuvent descendre jusqu'à 0 °C. Durant l'année, la température moyenne à la région est de 14.2°C et les précipitations sont en moyenne de 341 mm.

Tableau VI-1- Moyenne annelles et mensuelles des températures par période pour chacune des stations d'El Ma Labiod.

STATION	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moyenne Annuelle
El Ma-Labiod	20.9	14.8	9.7	5.6	4.4	5.8	8.7	12.3	16.6	21.8	25.1	24.5	14.2

VI.3.4.2 Les précipitations :

Les informations relatives à la région étudiée ont été obtenues auprès de l'Agence Nationale des Ressources en Eau (ANRH) et de l'Office National de la Météorologie (ONM). Cette section de l'étude se concentre spécifiquement sur deux aspects :

- Les précipitations annuelles et leurs variations au fil du temps.
- Les précipitations journalières maximales en tant que facteur déclencheur des crues.

VI.3.4.3 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.

Tableau VI-2-Valeurs des pluies annuelles selon les fréquences choisies.

Période de retour (ans)	**10**	**20**	**50**	**100**
Fréquence	0.9	0,95	0.98	0.99
El Ma Labiod (mm)	362,2	396,3	434,7	460,3

VI.3.5 Précipitations journalières :

Les précipitations journalières très rares et de forte intensité sont susceptibles de causer des crues à débit élevé, ce qui nécessite la protection des infrastructures hydrauliques.

Tableau VI-3- Pluies maximales journalières (mm)

Période de retour (ans)	**10**	**20**	**50**	**100**
Fréquence	0.9	0,95	0.98	0.99
El Ma Labiod (mm)	49,7	58,2	69,3	77,5

VI.3.6 Calcul de l'intensité de pluie :

La relation Intensité - Durée – Fréquence (IDF) recherchée est la suivante :

$$I = aT_c^b$$

- I : Intensité de la pluie (mm/h).

- Tc : Temps de concentration.

- a et b : Paramètres climatiques.

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

El Ma Labiod	**b**	**a**			
		Période de retour T (ans)			
		10	20	50	100
	-0.79	24.9	29.1	34.6	38.7

VI.3.7 Calcul du débit maximal dans les bassins (les débits de crue) :

Il est évident que déterminer le débit maximal d'un cours d'eau est important en raison des effets destructeurs bien connus de ces événements hydrologiques.

Pour calculer les débits de pointe de crue avec une période de retour de 10, 20, 50 et 100 ans, on utilise **la méthode rationnelle** pour les superficies inférieures à **25 km²** et **la méthode Mallet-Gauthier** pour les superficies supérieures à **25 km²**. Ces méthodes se basent sur les données pluviométriques.

A- Méthode rationnelle :

Pour les bassins versants dont la superficie ne dépasse pas **25 Km²** la méthode de calcul utilisée est la méthode rationnelle.

$$Q = \alpha \times C \times I \times A$$

Avec :

α = coefficient de conversion des unités (1/3,60) ;

Q= Débit de crue de fréquence déterminée en m^3/s

C=coefficient de ruissellement ;

I= Intensité de pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration en (mm/h) ;

A=superficie du bassin versant (Km^2).

- **Le coefficient de ruissellement :**

Le coefficient de ruissellement C est défini comme le pourcentage des eaux de pluie qui s'écoulent effectivement sur la surface du sol et rejoignent les ruisseaux et les rivières, par rapport à la quantité totale d'eau de pluie tombée sur cette surface. Ce coefficient dépend de plusieurs facteurs tels que :

* La nature du sol.

* L'état de végétalisation sur la terre écoulée.

* Dépendant de la pente du bassin versant.

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

- **Choix du coefficient de ruissellement :**

Il se détermine en prenant en considération trois paramètres à savoir l'occupation du sol (végétation, urbanisation) type de sol (Annexe C1) :

- Coefficient C1 : dépendant de la pente du bassin versant
- Coefficient C2 : dépendant de la nature du sol (perméabilité)
- Coefficient C3 : dépendant de la couverture végétale du bassin versant.

B- Méthode Mallet-Gauthier :

Pour les bassins versants dont la superficie supérieure à **25 Km²** la méthode de calcul utilisée est la méthode Mallet-Gauthier, et la formule comme suivant :

$$\boldsymbol{Q(T) = 2 \times K \times \log(1 + a \times Hm) \times (S/L^{0.5}) \times (1 + 4 \times LogT - LogS)^{0.5}}$$

* **Q** = débit fréquentiel de pointe en m^3/s.
* **S** = Surface B.V en Km^2.
* **L** = longueur de l'oued en Km.
* **T** = période de retour (10 ans)
* **Hm** = hauteur moyenne annuelle des pluies (m).
* **a** = coefficient d'influence (pris égale à 20 en Algérie).

* **K** = coefficient (facteur pluviométrique considéré dans sa variabilité) variant de 0.5 à 6,0 (on retiendra K = 2).

Résultats de calcul des débits par la méthode rationnelle et Mallet-Gauthier :

Les débits maximums prévus selon la méthode **rationnelle** (pour S ≤25 Km^2) et la méthode **Mallet-Gauthier (**S≥25 Km^2) pour un événement ayant une probabilité de se produire une fois tous les 100 ans, sont résumés dans le tableau ci-dessous :

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

					Hm (m)	**Hm (mm)**			
					0.0754 m	**75.4319484**			
BV	Indice de BV	**PK**	***S (km^2)***	***Tc Adoptée (h)***	Intensité [mm/h]	Cr	**Débit Q_{100} Méthode rationnelle (m^3/s)**	**Débit Q_{100} Mallet-Gauthier (m^3/s)**	**Q_{100} adoptée (m^3/s)**
1	7.1	**18+946**	0.057	**0.1989**	138.625	0.3	0.658		**0.658**
2	7.2	**19+400**	1.570	**0.5481**	62.234	0.36	9.771		**9.771**
3	7.3	**19+866**	2.440	**0.7899**	46.627	0.36	11.376		**11.376**
4	7.4	**20+277**	0.013	**0.0041**	2964.981	0.42	4.497		**4.497**
5	7.5	**21+126**	0.087	**0.3479**	89.118	0.3	0.646		**0.646**
6	7.6	**21+358**	0.012	**0.1263**	198.398	0.3	0.198		**0.198**
7	7.7	**22+291**	0.048	**0.102**	234.918	0.42	1.3155		**1.315**
8	7.8	**22+877**	2.590	**1.5047**	28.024	0.3	6.049		**6.049**
9	7.9	**23+558**	0.038	**0.3911**	81.243	0.3	0.257		**0.257**
10	7.10	**25+895**	16.710	**3.0214**	16.156	0.3	22.498	21.346	**22.498**
11	7.11	**28+780**	289.441	**7.9150**	7.550	0.3		212.440	**212.440**
12	7.12	**29+723**	2.487	**1.6630**	25.894	0.3	5.367		**5.367**

Le calcul du débit de saturation est déterminé par la formule de Manning Strickler :

$$Qs = V.Su \text{ et } V = Ks \times I^{1/2} \times Rh^{2/3}$$

Ks : coefficient de rugosité (Annexe C2) ;

I : pente longitudinale de l'ouvrage (m/m) ; Rh : rayon hydraulique = $\frac{\text{section mouillée}}{\text{périmètre mouillé}}$;

St : section totale de l'ouvrage (m²) ; Su : section utile de l'ouvrage b x Hu (m²) ; b : largeur de l'ouvrage (m) ; Hu : hauteur utile (m).

Pour le dalot :

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

Prédimensionnement du dalot :

-En cas Ht ≤ 2.5 m : 1 – $R_h = \frac{S_m}{P_m}$ ➔ Qa=Qs=Ks* $I^{1/2}$*$(\frac{0.8\ Ht*L}{1.6\ Ht+L})^{2/3}$; Avec : Ks=70 (béton)

Après calcul itérative. On tire Ht : $Ht_{i+1} = (\frac{Qa}{Ks*I^{\frac{1}{2}}*L})^{3/5} * (\frac{1+1.6+\frac{Ht_i}{L}}{0.8})^{2/5}$

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

Vérification des conditions d'auto-curage :

L'auto-curage fait référence à la capacité d'un système de drainage à transporter des particules solides. Ainsi, pour assurer un bon auto-curage, il est nécessaire que la capacité de transport des particules solides soit suffisante pour empêcher leur sédimentation et leur dépôt.

Afin de vérifier ces conditions, les critères suivants doivent être pris en compte :

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

Exemple de calcul pour BV1 (Buse Ø1500 mm) :

- ✓ -Vps = $\frac{Qps}{Sm}$ = 0.6263 m/s < 4 m/s.
- ✓ - Pour $\frac{Q}{Qps}$= 0.1 on a: $\frac{V}{Vps}$ = 0.638 => V= 0.638 * 1.212= 0.7738 m/s < 0.6 m/s
- ✓ - Pour $\frac{Q}{Qps}$= 0.01 on a: $\frac{V}{Vps}$= 0.32 => V= 0.32 * 1.212= 0.38784 m/s < 0.3 m/s

Tableau VI-6- Liste globale des ouvrages à projeter

N BV	PK	Q100 (m^3/s)	**Ouvrages Prévus**	Pm (m)	Sm (m^2)	Rh	Kst	I (m/m)	Qs (m^3/s)	V (m/s)	Si Q=0.1Qp alors V > 0.6m/s	Si Q=0.01Qp alors V > 0.3m/s
1	18+946	0.658	**1 Buse Ø 1500 mm**	4.712	1.767	0.375	70	0.015	**2.143**	1.213	0.774	0.388
2	19+400	9.771	**1 Dalot B=3 m, H= 2m**	9.200	4.800	0.522	70	0.002	**10.214**	2.128	1.358	0.681
3	19+866	11.377	**1 Dalot B=3 m, H= 2m**	9.200	4.800	0.522	70	0.004	**12.883**	2.684	1.712	0.859
4	20+279	4.497	**1 Dalot B=2 m, H= 2m**	7.200	3.200	0.444	70	0.002	**5.834**	1.823	1.163	0.583
5	21+126	0.646	**1 Buse Ø 1500 mm**	4.712	1.767	0.375	70	0.010	**1.750**	0.990	0.632	0.317
6	21+358	0.198	**1 Buse Ø 1500 mm**	4.712	1.767	0.375	70	0.012	**1.917**	1.085	0.692	0.347
7	22+291	1.315	**1 Buse Ø 1500 mm**	4.712	1.767	0.375	70	0.011	**1.835**	1.039	0.663	0.332
8	22+877	6.049	**1 Dalot B=2 m, H= 2m**	7.200	3.200	0.444	70	0.003	**7.145**	2.233	1.425	0.715
9	23+558	0.257	**1 Buse Ø 1500 mm**	4.712	1.767	0.375	70	0.012	**1.917**	1.085	0.692	0.347
10	25+895	22.498	**2 Dalot B=3 m, H= 3 m**	11.000	7.500	0.682	70	0.001	**25.722**	3.430	2.188	1.097
11	28+780	212.44	**4 Dalot B=5 m, H=4 m**	17.000	17.500	1.029	70	0.002	**223.411**	2.766	8.145	4.085
12	29+723	5.367	**Dalot B=1.5 m, H= 1.5 m**	5.400	1.800	0.333	70	0.010	**6.057**	3.365	2.147	1.077

- Les conditions d'auto- curages et de régime d'écoulement sont vérifiée.

VI.4 Ouvrages d'assainissement longitudinaux :

Ces ouvrages ont pour objectif de recevoir et drainer les eaux de pluie et internes afin de garantir la pérennité de la voie. Principes à respecter pour la conception :

- Mettre en place des fossés à section trapézoïdale dans les zones de déblai sur les accotements de la plate-forme.
- Assurer un écoulement par gravité des eaux de drainage longitudinal.

- Construire des fossés de crête dans les zones de déblai de grande hauteur pour éviter l'érosion des talus et l'accès des eaux de surface à la plate-forme.
- Protéger les lieux soumis à l'érosion par l'action des eaux au moyen d'un dissipateur d'énergie lorsque les débits d'un ouvrage d'assainissement s'y déversent.

VI.4.1 Dimensionnement des fossés :

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

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

Où :

- La surface mouillée : $Sm = (b + z.h).h$

- Le périmètre mouillé : $Pm = b + 2h.\sqrt{1+z^2}$

- Le rayon hydraulique : $Rh = Sm/Pm$ avec :

- *I* pente longitudinale de fossé.

- z la pente des berges.

Les hypothèses suivantes ont été posées pour la conception :

- Les fossés en béton (préfabriqués ou coulés sur place) ont un coefficient de rugosité Strickler Ks = 70.
- La pente longitudinale des fossés en zone de déblai est la même que celle du profil en long de la voie.
- Les fossés sont construits selon une forme trapézoïdale avec un talus présentant une pente de 3/2 (H/V).
- Le débit à évacuer est la somme des trois débits provenant de la plate-forme, des bermes et des talus : Qa = Qpf + Qb +Qt.
- Les débits sont calculés dans le scénario le plus défavorable, où il y a un remblai ou un déblai s'étendant sur une grande longueur et avec une hauteur importante.

Chaque débit est déterminé en utilisant la méthode rationnelle :

Q= 0.278 x C x I x A

Avec :

Q= Débit de crue de fréquence déterminée en m^3/s

C= coefficient de ruissellement ;

I= Intensité de pluie (mm/h) : A=Surface du bassin versant en km^2 considérer : (la plate-forme ; les bermes ; les talus).

VI.4.2 Application sur notre projet :

***CAS REMBLAI :**

Le cas plus défavorable :

Longueur= **950,00 m**

H_{talus}= **4,05 m**

Berme =**0.3 m**

Largeur de la plateforme=**6.8 m**

***CAS DEBLAIS :**

Le cas plus défavorable :

Longueur= **800,00 m**

H_{talus}= **9.08 m**

Berme = **0.3 m**

Largeur de la plateforme=**6.8 m**

I= Intensité de pluie (mm/h) **(20ans ; a=29.1, b= -0.79)**

A- Débit de Plateformes Qpf :

Tableau VI-7- Débit de Plateformes

Plateforme						
Cas	**Cr**	**P(m/m)**	**A(Km^2)**	**Tc(h)**	**I (mm/h)**	**Qpf (m^3/s)**
Remblais	0.7	0.04	0.00646	0.05104	305.25	**0.3834**
Déblais	0.7	0.04	0.00544	0.04684	326.69	**0.3456**

B- Débit de bermes Qb :

Tableau VI-8- Débit de bermes

Bermes						
Cas	**Cr**	**P(m/m)**	**A(Km^2)**	**Tc(h)**	**I (mm/h)**	**Qb (m^3/s)**
Remblais	0.5	0.04	0.00048	0.0139	852.3372	**0.05682**
Déblais	0.5	0.04	0.00057	0.0151	796.399	**0.06304**

C- Débit de Talus Qt :

Tableau VI-9- Débit de talus

Talus						
Cas	**Cr**	**P(m/m)**	**A(Km^2)**	**Tc(h)**	**I (mm/h)**	**Qt (m^3/s)**
Remblais	0.5	3/2	0.00694	0.00864	1242.2287	**1.197**
Déblais	0.5	3/2	0.01286	0.01187	973.5446	**1.738**

- **Débit totale Qa = Qpf + Qb + Qt** :

Tableau VI-10- Débit totale de remblais et déblais

Qa Remblais (m^3/s)	1.643
Qa Déblais (m^3/s)	2.141

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

Qa < Qs

VI.4.3 Dimensionnement du fossé proposé :

Tableau VI-11- Dimensionnement du fossé proposé

B	H	z	$S_m(m^2)$	$P_m(m)$	R_h	K_s	I(m/m)	Qs(m^3/s)
0.500	**0.500**	**1.5**	**0.625**	**2.303**	**0.271**	**70.000**	**0.005**	**2.594**

Donc: Qs = 2.549 m^3/s > Qa = 2.141 m^3/s

En conclusion, les types des fossés adoptés pour notre projet sont : (tracé nous prenons un fossé de : h=0.5m, b=0.5m, pente=3/2 H/V).

VI.5 Conclusion :

Il est crucial de réaliser une étude hydraulique de qualité dans le cadre d'un projet ferroviaire afin de garantir la durabilité de la voie. De plus, dans le domaine de l'assainissement, il est courant de surdimensionner les ouvrages hydrauliques pour anticiper le manque d'entretien dans notre pays et ainsi garantir leur pérennité.

CHAPITRE VII :

ETUDE GEOTECHNIQUE ET GEOLOGIQUE

VII. ETUDE GEOTECHNIQUE ET GEOLOGIQUE

VII.1 Introduction :

L'étude géotechnique et géologique est une étape cruciale dans la planification et la conception d'un projet de construction. Elle permet de comprendre les caractéristiques du sol et du sous-sol, qui sont essentielles pour garantir la stabilité de la construction. Pour ce faire, il est nécessaire de réaliser des carottages et des études géotechniques in situ et en laboratoire. L'étude géologique, qui repose principalement sur l'analyse de l'histoire du site, sera la première étape de ce processus.

VII.2 L'étude géologiques :

Une étude géologique pour un projet ferroviaire vise à comprendre la structure géologique et géotechnique de la zone où la voie ferrée sera construite afin de planifier et d'exécuter la construction de manière sûre et efficace. Voici quelques-uns des objectifs spécifiques des études géologiques dans les projets ferroviaires.

- Évaluation du risque géologique :

Les études géologiques doivent identifier les risques naturels tels que les glissements de terrain, les effondrements et les inondations. L'analyse de ces risques permet d'élaborer des mesures d'atténuation appropriées.

- Identifiez les caractéristiques géologiques de cette région :

Les prospections géologiques doivent identifier les différentes strates, leur composition, leur structure et leur résistance afin de sélectionner les meilleurs matériaux de construction et de planifier la construction ferroviaire. De plus, les études géologiques doivent déterminer les propriétés géotechniques locales telles que la perméabilité, la compressibilité, la résistance à la traction et la résistance à la compression pour déterminer la meilleure méthode de construction. Déterminer les exigences pour les matériaux de construction. Une étude géologique détermine le besoin de matériaux de construction tels que la grave concassée, le béton et les charges. Grâce à ces informations, vous pouvez estimer le coût de votre projet.

- Planification d'un itinéraire ferroviaire :

Enfin, les études géologiques permettent de planifier les tracés ferroviaires, en évitant les zones vulnérables et en utilisant les caractéristiques géologiques locales pour minimiser les coûts de construction.

VII.3 Aperçu géologique régionale :

Le territoire national est divisé en quatre (04) zones de séismicité croissante, définies sur la carte des zones de séismicité soit :

Zone 0 : sismicité négligeable

Zone I : sismicité faible

Zone II.a, II.b : sismicité moyenne

Zone III : sismicité élevée.

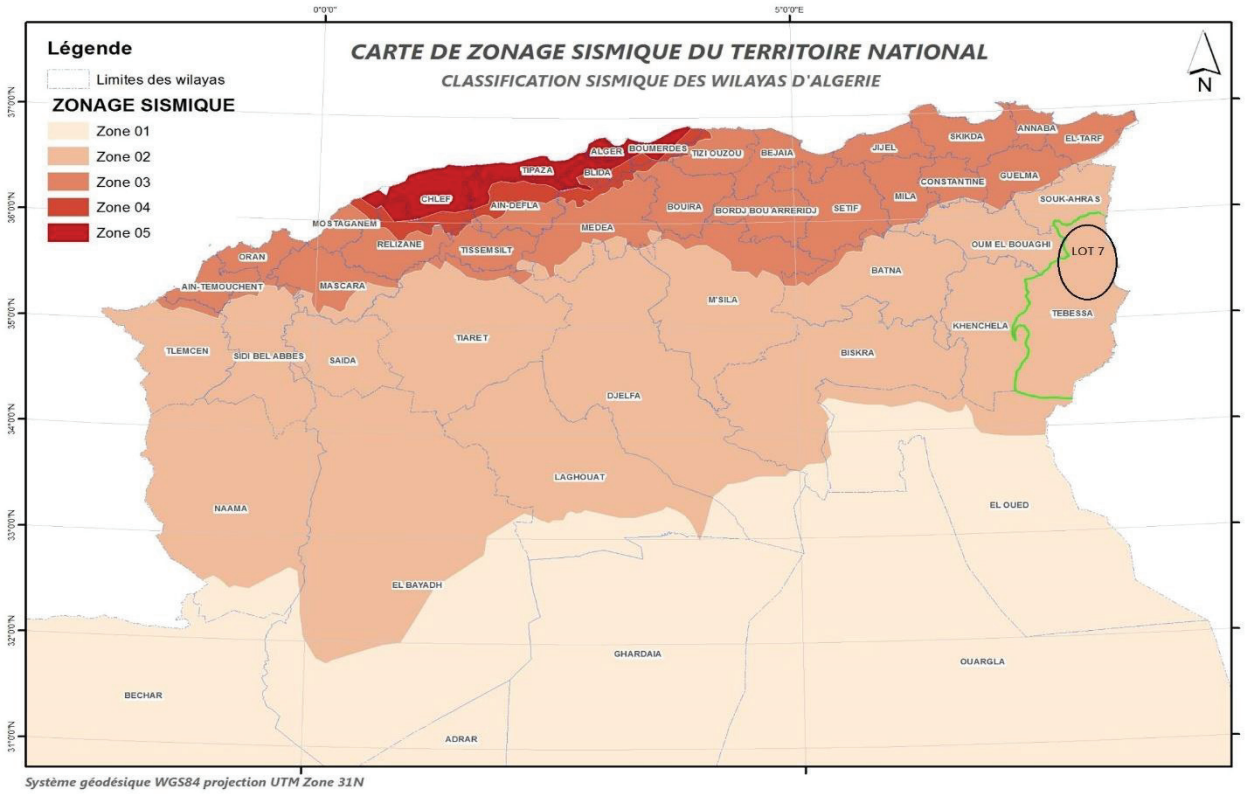


Figure VII-1- Carte de zonage sismique de l'Algérie du Nord établie après le séisme du 21 mai 2003.[21]

La région de Tébessa appartient dans la zone **(I)** de sismicité faible et Le calcul de la stabilité des ouvrages de groupe 1, tels que les ponts stratégiques, se base sur un coefficient d'accélération de **A = 0,15** (est indiqué dans le Tableau VII-1 ci-dessous), est un facteur important à prendre en compte lors de la conception et de la construction de ponts dans cette région. Cela signifie que les ponts peuvent être conçus pour résister aux tremblements de terre légers à modérés qui pourraient se produire dans la région.

[21] CARTE DE... - Service de SIG et Cartographie en Algérie | Facebook

Tableau VII-1- Coefficient d'accélération de la zone A.

Groupe de ponts	Zone sismique			
	Zone I	Zone II.a	Zone II.b	Zone III
1	0.15	0.25	0.3	0.4
2	0.12	0.2	0.25	0.30
3	0.10	0.15	0.2	0.25

VII.4 Contexte géologique de ce tronçon :

À la suite de la superposition de la carte géologique de **Tébessa** au 1/50 000 la géomorphologie du **lot 07 (PK 18+800 au PK 31+000)** est uniforme, présente un terrain plat, traversant une plaine s'étendant du col de **Tenoukla** à El **Ma El Biod** et traversant **Mechtat echaaba**. Le sol de ces plaines est constitué principalement de fragments de grès et de marne provenant des falaises à vocation agricole, Mechtat offre un horizon superficiel d'argile, de gravier et de sable. Voir Figure VII 2

- **m^{2-1} miocène moyen et inférieur :** Série gréseuse continentale de 150m de puissance à **Ain Bekkaria**, transgressive sur tous les terrains antérieurs. Un poudingue de base, très siliceux, existe par endroits, notamment au Sud de la feuille, souvent ferrugineux, admettant quelques intercalations de marne jaune ou verte.

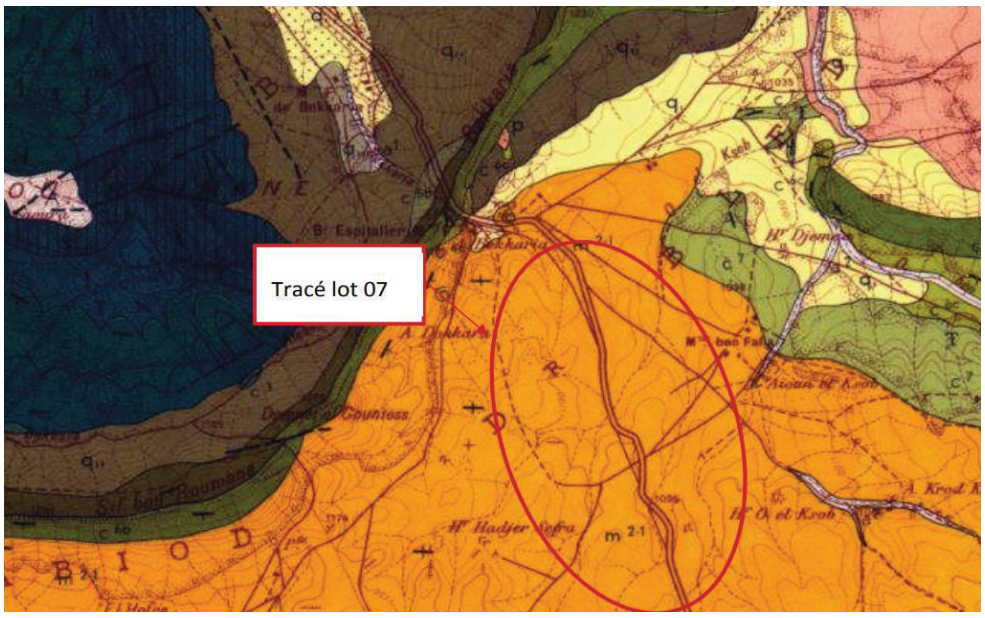


Figure VII-2- Portion Carte géologique de la zone d'étude

VII.4.1 Les familles géologiques :

Présentation des formations par familles géotechniques et classification GTR

Tableau VII-2- Les familles géologique

Famille Géologique	Description Lithologique	Classe GTR
A'	Sable lâche	**B1**
q	Argile sableuses des fonds des vallées	**B2 – A3 – A2**
QT1	Argiles sableuses du quaternaire	**A2 – A3 – C1B4**
qc	Argiles sableuses carbonatées moyennement compactes	**B5 – B6**
qcg	Argiles sableuses et conglomérats compactes	**B5- B6**
m	Marne	**A1 – A2 – A3**

VII.5 Etude géotechnique :

VII.5.1 Introduction :

La géotechnique étudie les sols, les roches et les phénomènes géologiques. Elle vise à localiser et à comprendre les couches de sols et de roches, en fournissant des informations sur leurs propriétés physiques et mécaniques.

Dans la construction ferroviaire, les études géotechniques sont indispensables pour assurer la sécurité des infrastructures et pour adapter les techniques de construction aux risques géologiques.

Ainsi, la géotechnique est essentielle dans les projets de génie civil et de construction d'infrastructures.

VII.5.2 Programme d'investigation géotechnique :

Nous proposons un programme de reconnaissance géotechnique pour notre tracé le long de tronçons **PK18+800** au **PK31+000 (Lot 07)**, après avoir examiné attentivement le tracé en plan et le profil en long.

- **Le tracé :** Ce programme évalue la qualité des sols et des roches, analyse les matériaux de remblais et étudie les conditions d'extraction et de réutilisation pour des fondations solides et résistantes aux trains.
- **Les ouvrages d'art :** Le programme analyse les sols en détail pour établir des fondations adéquates pour les ponts et tunnels, en prenant en compte les caractéristiques des sols et des roches ainsi que les conditions hydrogéologiques de la région.

VII.5.2.1 Tracé :

VII.5.2.1.1 Reconnaissance de portance de la plate-forme :

- **Puits de reconnaissance :**

Les puits de reconnaissance sont des forages utilisés pour observer les formations géologiques et prélever des échantillons de sol. Ils évaluent l'épaisseur de la terre végétale et permettent des analyses géotechniques en laboratoire. Un tube en acier est souvent inséré pour prévenir l'effondrement des parois et les échantillons de sol sont ensuite examinés en laboratoire.

Ils sont utilisés pour évaluer la stabilité des terrains et construire des fondations pour les bâtiments, les routes et autres projets nécessitant une connaissance approfondie des conditions géologiques.

-Essai au laboratoire :

Les échantillons prélevés sont soumis à une série d'essais pour déterminer leurs propriétés géotechniques. Ces essais comprennent des essais d'identification tels que la granulométrie, la sédiment métrie.

-les limites d'Atterberg.

- la teneur en eau naturelle.

- la densité spécifique

- l'essai d'indice de bleu VBS.

- Des analyses chimiques, notamment de sulfates et de carbonates, sont également effectuées. Et Des essais mécaniques tels que le Proctor modifié, le cisaillement rectiligne et l'essai œdométrique sont également réalisés pour évaluer la résistance du sol et sa capacité à supporter des charges.

- Section Remblais :

On a 7 puits de reconnaissance de 4 m profondeur utiliser dans le cas de remblais et prélèvement des échantillons avec des essais spécifiée dans chaque échantillon en laboratoire. (Le détails dans l'annexes D1)

- Section Déblais :

On a 10 puits de reconnaissance de 4 m profondeur utiliser dans le cas de déblais et prélèvement des échantillons avec des essais spécifiée dans chaque échantillon en laboratoire. (Le détails dans l'annexes D2)

VII.5.2.2 Ouvrage D'art :

-Essais In situ :

- Sondages carottés (8-22 m) : Des essais **SPT** sont prévus aux cotes prédéfinies **1.50, 3.00 et 6 m**, et des prélèvements d'échantillons intacts à chaque changement lithologique ou à des intervalles représentatifs.

- Essais PDL (jusqu'au refus) : Pénétromètres dynamiques lourds

- **Le programme d'investigation géotechnique** :

* 1 sondages carottés

* 3 pénétromètres dynamiques lourds (PDL)

* 3 essais SPT (Standard Pénétration Test).

VIII.8. Campagne De Reconnaissance Géotechnique :

Pour anticiper comment les différentes formations géologiques traversées par le projet ferroviaire se comporteront, une enquête géotechnique sur place est nécessaire. Cette enquête implique la réalisation de plusieurs essais in-situ, tels que :

Des activités de reconnaissance géotechnique ont été menées pour évaluer la qualité des sols rencontrés lors du projet. Celles-ci incluent :

- Des puits de reconnaissance
- Des essais de pénétration dynamique
- Des sondages mécaniques

Ainsi que des essais de laboratoire sur les échantillons provenant des puits et des sondages. Un laboratoire géotechnique a été chargé d'effectuer ces travaux de reconnaissance géotechnique ainsi que les essais de laboratoire sur les échantillons extraits des puits et des sondages.

- **Puits de reconnaissance : (PU)**
  - Dans la section étudiée (PK18+800 – PK 31+000), on a 8 puits (PU) comme suivants :

Tableau VII-3-Résultats lithologiques de tracé

Puits	PK	Profondeurs	Unités de sol	Lithologie
PU-1	**19+015,6**	00,00 m à 01,50 m	q	Argile sableuse graveleuse brunâtre.
		01,50m à 02,00m	qc	Sable fin peu argileux jaunâtre légèrement Oxydé.
		02,00 m à 03,50 m	qc	Sable fin à grossier jaunâtres consolidé.
PU-2	**20+280,0**	00,00 m à 01,00 m	q	Argile graveleuse brunâtre friable.
		1,00 m à 3,80 m	qc	Sable fin légèrement grossier jaunâtre avec des traces d'oxydation.
PU-3	**21+125,0**	0,00 m à 1,00 m	q	Argile brunâtre caillouteuse ferme.
		1,00 m à 02,20 m	qc	Sables grossier jaunâtre consolidé.
PU-4	**22+290,0**	0,00 m à 1,00 m	QT1	Argile graveleuse ferme brunâtre.
		1,00 m à 3,00m	qcg	Sable graveleux peu argileux brunâtre à jaunâtre.
		3,00 m à 4,00m	qc	Sables peu consolidé jaunâtre avec des traces D'oxydation
PU-5	**23+560,0**	0,00 m à 00,50 m	QT1	Limon argileux peu graveleux brunâtre.
		0,50 m à 2,50 m	qc	Sable argileux graveleux peu consolidé jaunâtre
PU-6	**24+762,8**	0,00 m à 0,50 m	QT1	Argile graveleuse brunâtre.
		0,50 m à 04,00 m	qcg	Argile sableuse gypseuse brunâtre à jaunâtres.
PU-7	**27+600,0**	0,00 m à 1,50 m	QT1	Argiles graveleuse brunâtre.
		1,50 m à 4,00m	qcg	Argile gypseuse peu sableuse brunâtre à jaunâtre.
PU-8	**29+885,0**	0,00 m à 1,00 m	QT1	Argile peu sableuse brunâtre caillouteuse
		1,00 m à 02,50 m	qc	Sable argileux gypseux jaunâtres peu friables.

Synthèse lithologique :

Présente une grande variété de lithologies, allant d'argiles sableuses à graveleuses, en passant par des sables fins peu argileux, des argiles caillouteuses et des limons argileux peu graveleux. On trouve également des sables fins à grossiers consolidés et des sables grossiers peu consolidés, avec des tracés d'oxydation. Certains échantillons présentent des caractéristiques gypseuses, tandis que d'autres sont brunâtres. La friabilité des échantillons peut varier, allant de ferme à peu friable.

- **Essais pénétromètres dynamiques lourds (PDL) :**

L'analyse des quatre (03) pénétrogrammes nous a permis de déterminer les observations suivantes :

Tableau VII-4- Des résultats d'essais pénétromètres dynamiques lourds

PK	Symbol	
21+600,0	PDL-1	Refus a 1.97 m
24+055,1	PDL-2	Refus a 2.25 m
27+000,0	PDL-3	Refus a 1.07 m

Essais de Sondage carottés : Réaliser un seul essai de sondage carottées dans notre tronçon :



Figure VII-3- Essais Sondage carottés

Tableau VII-5- Essais Sondage carottés

PK	Symbole	Position X	Position Y	Profondeur (m)	Profondeur SPT (m)
21+355,0	**SC-1**	**426 411,93**	**3 905 148,57**	**10**	**1,5-3-6**

- **Essais in situ :**
- **SPT :** trois essais SPT réalisée :

Tableau VII-6- Essais SPT

De 1.5 à 1.73 m	**N0**	**N1**	**Refus à 1,73m**
	13	50	
De 3 à 3.20 m	**N0**	**N1**	**Refus à 3,20m**
	23	50	
De 6 à 6.19 m	**N0**	**N1**	**Refus à 6,19m**
	35	50	

VII.5.2.3 Essais au laboratoire et mécanique :

1- Essais au laboratoire :

Le programme des essais au laboratoire se base sur les principes suivants :

A -Essais d'identification :

- **L'analyse granulométrique :** permet de déterminer les pourcentages des différentes familles de grains dans un échantillon, en utilisant le tamisage pour les grains d'un diamètre supérieur à **80 µm** et la sédimentométrie pour les grains les plus fins.
- **La teneur en eau** (w%) : est la quantité d'eau présente dans un échantillon de sol.
- **Les limites d'Atterberg** : permettent de détecter les teneurs en eau exprimées en pourcentage qui correspondent aux différentes limites des états, tels que la limite de liquidité et la limite de plasticité.
- **Les essais de propreté** : incluent l'équivalent de sable, qui est un indicateur de la propreté d'un sable ou d'une grave en mesurant la teneur en éléments fins.
- **L'essai au bleu de méthylène** (VBS) : également appelé essai au bleu, est utilisé pour déterminer l'argilosité d'un granulat de sable ou plus généralement d'un sol.

B- Essais d'identification chimique (pH – sulfates – carbonates – chlorures) : ces essais seront réalisés sur les échantillons provenant des horizons des fondations éventuels et ce afin d'étudier l'agressivité du sol vis-à vis du béton.

C- Essais de cisaillement direct (UU) non drainé non consolidé : ils seront réalisés au droit des échantillons provenant d'une part des horizons de fondations éventuels et d'autre part des talus de déblais.

D- Essais œdométriques : réalisés à raison d'un essai par sondage (mis à part les sondages sur déblai). Cet essai servira à évaluer les tassements sous les fondations.

E- Essais de résistance à la compression (RC) : ces essais sont prévus pour déterminer la résistance à la compression dans le cas de la présence des sols rocheux.

2- Les Essais mécaniques : incluent le Proctor modifié et les essais **CBR** imbibé.

A- ***L'essai Proctor modifié :*** permet de déterminer la quantité d'eau nécessaire pour atteindre la densité sèche optimale d'un sol par compactage.

B- ***L'essai CBR imbibé :*** est utilisé pour évaluer la capacité des matériaux à supporter les charges des remblais et des couches de forme, ainsi que la traficabilité des engins de terrassement. Cet essai de portance est un indicateur important pour la conception et la construction des routes et des infrastructures.

- Les résultats d'essais en laboratoires et les essais mécaniques sont mentionnés dans le tableau suivants :

Tableau VII-7- Synthèse des résultats de laboratoire.

Reference du puits		PU-1	PU-2	PU-3	SC-1			PU-4	PU-5	PU-6	PU-7	PU-8
PK		18+945	20+280	21+125	21+355			22+290	23+560	24+762	27+600	29+885
Profondeur de prélèvement (m)		2	2	2	0.5-0.75	5-5.40	8.60-8.90	2	2	2	2	2
Teneur en eau	w (%)	7,23	5,87	6.13	13,14	3,56	16,73	4,06	14.8	8.67	21,76	12,23
Densité humide	γ (g/cm3)				1,76	1,66	1,73					
Densité sèche	γ_d (g/cm3)				1,56	1,6	1,48					
Analyse Granulométrique (Tamisât)	50mm (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2mm (%)	92,98	91,54	91,68	95,7	94,92	98,88	73,57	76,02	96,44	97,83	92,75
	80µm (%)	33,53	24,74	9,29	60	2,97	59,3	17,04	50,12	61,18	90,9	64,91
Limites D'Atterberg	Wl (%)	30,00	31,00		38,00		52,00	33,00	41,00	31,00	59,00	30
	Wp (%)	17,00	21,00		23,00		15,00	21,00	20,00	19,00	28,00	17
	Ip	13,00	10,00		15,00		26,00	12,00	21,00	12,00	31,00	13
Equivalent de Sable (Piston)	ES	11,71	21,47	20,53	8,83	95,51	15,39	19,56	19,83	5,42	1,51	4,99
Valeur Bleu du sol	VBS			1,53								
Proctor Modifié	Wopm (%)	10.1	10.1	8,24	17.2	4.9	17.34	5,58	20.6	10,54	22.5	14,63
	γ_d max (g/cm3)	19,1	6.7	2,1	25.4	1.6	20,86	2,16	23.3	2	24	1,96
Essai CBR Imbibé 4jours	Indice CBR (10c/c)	8,51		31,22				8,17		4,44		3,57
	Indice CBR (25c/c)	12,1		34,84				49,1		9,62		13,64
	Indice CBR (55c/c)	13,39						53,5		12,49		20,75
Analyse	Chlorures (%)									0,05		

Chimique de sol	Sulfates (%)									413		
	Carbonates (%)									24,5		
	MO (%)									8,2		
Cisaillement à la Boite	C (bars)				0,33							
	φ				29,33							
	C'(bars)											
	φ'											
Œdomètre	Pc (bars)				1,65							
	CC (%)				14,2							
	Cg (%)				1,89							
	Cs (%)				0							
Unité géotechnique		q	q	q	q	A'	qc	qcg	QT1	qcg	qcg	QT1
Classe GTR (NFP 11-300)		B6s	B6ts	B2s	A2s	B2s	A3m	B6s	A2s	A2s	A3m	A2s
Classe UIC		**QS2**	**QS2**	**QS2**	**QS2**	**QS2**	**QS1**	**QS2**	**QS2**	**QS2**	**QS1**	**QS2**

Interprétation des résultats :

D'après la Classification GTR (NFP 11-300) : les sols présents sont majoritairement de la classe **A2** qui regroupe les sols composés de sable fin, d'argile, de limon, de marnes, représentant **36,4%** de la zone étudiée. Ensuite, on retrouve les sols de classe **B6**, qui sont des sables et des graves argileux à très argileux, avec une proportion de **27,3%.** Les sols de classe **B2**, constitués de sables argileux, représentent quant à eux **18,2%** de la zone. Enfin, on trouve les sols de la classe **A3**, qui sont des argiles marneuses très plastiques, également avec une proportion de **18%.**

B2s : Pour ces sols, il faut compenser l'insuffisance de la teneur en eau par un compactage intense, un arrosage ou une humidification. L'humidification dans la masse pour changer l'état est relativement facile à réaliser

- D'après la classification UIC 719R : le sol sous la ligne de chemin de fer est majoritairement classé dans la catégorie **QS2**, qui regroupe les sols de qualité **"moyenne"** avec une proportion de **81,81%**. En revanche, une petite proportion de ces sols, soit **18,18%**, est considérée comme **QS1** "**médiocre**" toutefois acceptable.

VII.6 Réutilisation des matériaux excavés :

VII.6.1 Classification des matériaux en vue de leur réutilisation :

La classification des matériaux excavés pour leur réutilisation est basée sur les directives de l'Union Internationale des Chemins de Fer (UIC) selon le code UIC 719R, et le GTR (NFP 11-300) qui s'applique aux ouvrages en terre et aux couches d'assises ferroviaires. Le tableau suivant présente la réutilisation de déblais :

Tableau VII-8- Taux de réutilisation

N Formation		Taux de réutilisation	N Formation	
UIC 719R			**GTR (NFP 11-300)**	
QT1	Argiles sableuses de quaternaire	95%	B6s, B2s, A2s	Pour remédier à l'insuffisance de teneur en eau des sols, on peut utiliser un compactage intense, un arrosage ou une humidification, l'humidification dans la masse étant relativement facile à réaliser.
A’	Sable lâche	0%	B6ts	**Sols normalement inutilisables en l'état** Mais dans certains cas leur humidification peut être envisagée pour les amener à l'état "s" ou "m".
q	Argiles sableuses des fonds des vallées	95%		
qc	Argiles sableuses carbonatées Moyennement compactes	100%	A3m	La plasticité de ces sols augmente les risques de glissement des remblais, en particulier avec une hauteur élevée, même dans des conditions optimales (teneur en eau, météo) de mise en œuvre.
qcg	Argiles sableuses et conglomérats Compactes	100%		
m	Marne	0%		

Le taux de réutilisation obtenu à la suite de l’exploitation est de 90%.

VII.6.2 Bilan et stratégie des matériaux :

VII.6.2.1 Répartition des besoins et des ressources du projet terrassements :

L'histogramme ci-après illustre la répartition des ressources et besoins du projet :

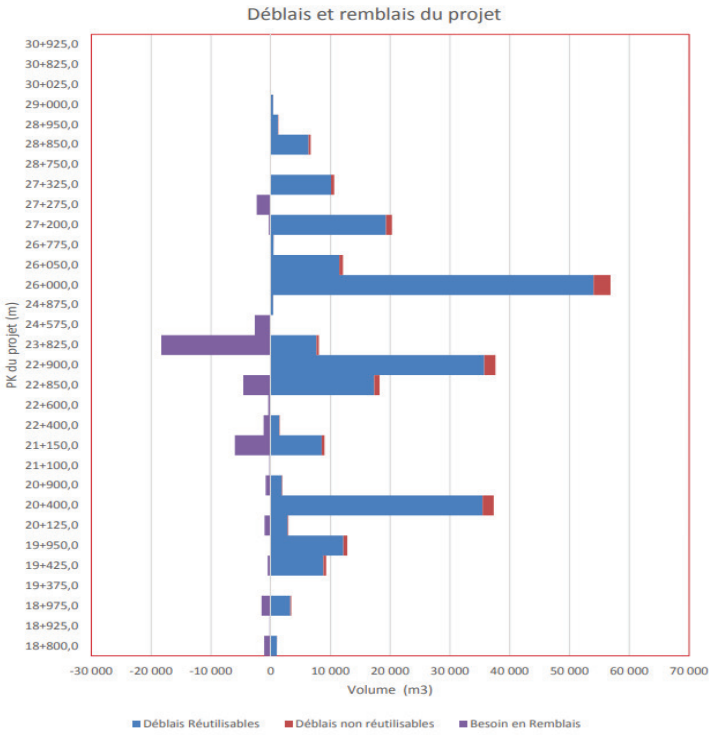


Tableau VII-9- Schéma des besoins et ressources

VII.7 Conclusion :

Selon l'étude géologique et géotechnique de la région, le sol est de majorités de QS2 donc on a classé le sol dans la région de LOT 7 en **QS2.**

CHAPITRE VIII :

ASSISE FERROVIAIRE

VIII. ASSISE FERROVIAIRE

VIII.1 Introduction :

L'infrastructure de la voie ferrée, qui est la structure d'assise servant à répartir les charges et amortir les vibrations. Les couches d'assise, comprenant la couche de ballast et la sous-couche, contribuent également à la stabilisation de la voie. L'épaisseur et la nature de ces couches dépendent de divers facteurs tels que les caractéristiques des sols de la plate-forme, les conditions climatiques et le trafic. L'épaisseur de la couche de ballast doit être prise en compte du dimensionnement de la sous-couche.

VIII.1.1 Le ballast :

Le ballast est un matériau granulaire concassé utilisé dans la construction des voies ferrées. Sa surface est entièrement concassée. Le ballast remplit plusieurs fonctions essentielles pour la voie ferrée :

- Il transmet les forces générées par le passage des trains au sol sans que celui-ci ne se déforme par tassement.
- Il assure un drainage efficace grâce à sa granulométrie particulière, permettant l'évacuation des eaux de surface.
- Il joue le rôle d'un amortisseur de vibrations très efficace grâce à sa propriété rhéologique, qui permet de dissiper l'énergie de vibration par frottement entre les éléments.

Les caractéristiques de ballast comme suivant :

- 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 proximité dans la classe 25 à 50 mm (pierre cassée).

VIII.1.2 Sous – couche :

La sous-couche est une couche intermédiaire entre la plateforme et le ballast qui offre plusieurs avantages. Elle permet une meilleure répartition des charges et une amélioration de la portance. Elle protège également contre l'érosion, le gel, les contaminations et contribue à l'amélioration des

propriétés vibratoires tout en facilitant l'évacuation des eaux. La sous-couche peut être mono ou multicouche, mais elle doit toujours inclure une couche de sous-ballast. En cas de sol de mauvaise qualité, une couche de fondation peut être ajoutée, ainsi qu'une couche anticontamination en sable avec une feuille géotextile. Cette sous-couche présente une pente transversale de 3 % à 5 %.

VIII.1.2.1 Sous-ballast :

Le sous-ballast est une couche essentielle dans la construction de la voie ferrée, qui est toujours présente, même sur les plateformes rocheuses. Son rôle principal est d'assurer une couche d'égalisation pour réduire la raideur de l'assise. Il est généralement constitué de gravier propre bien gradué 0/31.5 mm, avec au moins 30% de matériau concassé ayant une DRG ≥ 12 (Diamètre de la plus grosse roche), compacté à 100% OPN. En plus de son rôle d'égalisation, le sous-ballast contribue également à la répartition des charges transmises sur le sol de la plateforme.

VIII.1.2.2 La couche de fondation :

La couche de fondation, qui est généralement en grave propre bien graduée, doit être compactée à 100% OPN. Elle permet de supporter la circulation des engins de chantiers avant la mise en place de la couche de sous ballast. Cependant, elle n'est pas nécessaire sur les sols de bonne qualité. Les matériaux utilisés doivent répondre à des spécifications spécifiques, telles que le sous-produit de carrière du ballast (0/31,5 mm) proprement gradué avec un DRG> 10.

VIII.2 La plateforme :

VIII.2.1 Définition :

La plateforme est la partie de la voie ferrée qui est constituée par du sol rapporté (remblais) ou en place (déblais) et aménagée en couche de forme.

- La plateforme est constituée de sol rapporté ou en place, et aménagée en couche de forme.
- Si elle est constituée de remblais, sa qualité sera supérieure.
- Si elle est constituée de déblais, la couche de forme sera obtenue par compactage du fond de fouilles.

La plateforme doit remplir plusieurs critères, notamment la répartition des charges, l'évacuation des eaux, la protection contre la pénétration du ballast par les limons et les argiles, l'amortissement des vibrations et le rabattement des eaux souterraines.

Il est essentiel de souligner que la pose de chaque partie de la couche d'assise doit être inclinée transversalement pour permettre l'écoulement des eaux à travers les assainissements. Les pentes recommandées sont les suivantes :

- **4% pour une pente normale**
- 3% pour une zone désertique
- 5% pour une zone littorale.

VIII.2.2 Classification des sols pour la plateforme :

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

- L'identification géotechnique est utilisée pour déterminer la nature géotechnique du sol.
- Les conditions locales liées à l'hydrogéologie et à l'hydrologie sont considérées comme optimales si :
  - Il est important que la couche supérieure du sol ne soit pas située au-dessus d'une nappe phréatique naturelle, avec la mesure du niveau de la nappe effectuée avant toute intervention de rabattement complémentaire et en période climatique défavorable.
  - On considère que la plateforme est en bon état si elle ne subit pas de percolations naturelles d'eau à travers le sol, que ce soit de manière transversale, longitudinale ou verticale, qui pourraient être potentiellement polluées.
  - 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 :

○ Selon la fiche **UIC 719R**, la classe de qualité du sol de la plateforme, correspond des majorités au **QS2 (Sols moyens)** et parfois **QS1 (Sols médiocres) (18.18 %),** donc on a classé le sol dans la région de **LOT 7** en **QS2.**

Tableau VIII-1- La classification de sol selon UIC

Reference du puits	PU-1	PU-2	PU-3	SC-1			PU-4	PU-5	PU-6	PU-7	PU-8
PK	**18+945**	**20+280**	**21+125**	**21+355**			**22+290**	**23+560**	**24+762**	**27+600**	**29+885**
Classe GTR (NFP 11-300)	B6ts	B6ts	B2ts	A2s	B2s	A3m	B6s	A2ts	A2s	A3m	A2s
Classe UIC	**QS2**	**QS2**	**QS2**	**QS2**	**QS2**	**QS1**	**QS2**	**QS2**	**QS2**	**QS1**	**QS2**

VIII.2.3 Classe de portance de la plateforme :

La détermination des types de plateforme dépend des caractéristiques des sols qui composent le sommet des remblais ou des sols en place au niveau de la fondation de la plateforme en excavation. Ces caractéristiques incluent le type et l'état hydrique des sols, ainsi que leur épaisseur. Selon le code **UIC 719R**, ces facteurs permettent de définir les classes de qualité des sols et donc la classe de portance de la plateforme.

- En fonction de ces paramètres sont définis, selon le code **UIC719R,** trois types de plateforme (correspondantes à trois classes de capacité de support (AnnexeE1) :
  - **P1 : plate-forme de médiocre qualité.**
  - **P2 : plate-forme de moyenne qualité.**
  - **P3 : plate-forme de bonne qualité**.

VIII.2.4 Classe d'arase PST :

La classe d'arase est établie selon l'état géotechnique et l'état hydrique des terrains traversés (classification GTR). (Annexe E2)

La classe d'arase AR0 nécessite une amélioration d'arase en classe supérieure.
Selon les conditions géotechniques et en tenant compte de l'état hydrique, des classes d'arase allant de **AR1** à **AR2** ont été identifiées pour l'ensemble des déblais du notre tronçons **(PK18+800 au PK 31+000).** Pour les zones d'arase de faible portance EV2<20MPa, il sera prévu une substitution de PST d'une profondeur de **1m** en matériaux de classe conformes à celle utilisé en remblais courant et capable d'assurer les performances de EV2>50MPa et K<2 avec un compactage à 95% de l'OPM.

Pour les zones en remblai, une classe **AR2** a été retenue, vu que les familles géologiques donnent des sols QS2, ou QS1 améliorables en QS2. Cette hypothèse optimiste est retenue vu le caractère semi-aride de la région qui favorise des états hydriques des sols moyens à secs et donc améliorables en QS2.

VIII.2.5 Plate- forme proposée :

Après avoir pris en compte les informations mentionnées précédemment, y compris la classification de la qualité du sol de la région **QS2** et les directives fournies par les UIC, ainsi que notre plateforme de type **"P2 : plate-forme de bonne qualité"** qui a été dimensionnée pour un sol de type **QS2,** et en tenant compte du tonnage journalière important **Tf1 = 217000 T/J** et les prescriptions données par les UIC nous conseillons d'opter pour une plateforme de type **P3 (Bonne plateforme)** conçues pour offrir un niveau élevé de sécurité, de confort et de performance pour les voyageurs et les marchandises transportées sur les voies ferrées.

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

VIII.2.6 Couche de forme :

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

VIII.3 Calcul des épaisseurs minimales des couches d'assise :

Le calcul de l'épaisseur requise est déterminé à partir de la formulation fournie dans le code **UIC 719R,** comme indiqué ci-dessous, en utilisant les paramètres appropriés pour la section en cours d'étude. Les valeurs des différents paramètres en l'annexe E3.

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

Application au projet :

- **Les Valeurs de E : E=0.45m** pour les plateformes de classe de portance P3.
- **Les Valeurs d'a : 0 m** pour le groupe de la ligne **UIC 1 (selon le code UIC 714 : Tf1= 217000 T/J > Tf1= 130000 T/J).** Tf1= Trafic Fictif
- **Les Valeurs de b :**

b $= \frac{2.50-2.24}{2} =$ **0.13m** , pour les traverses béton (Bi-blocs) de longueur de **L= 2,24 m VAX U31.**

- **c = 0** ; pour un dimensionnement normal.
- **d = 0,05m** ; pour une charge nominale d'essieux **225kN.**
- **f = 0** ; pour toutes les lignes parcourues à **V < 160 km/h.**
- **g = 0** ; épaisseur du géotextile (pas de couche de forme).

$$e = 0{,}45 + 0 + 0{,}13 + 0 + 0{,}05 + 0 \text{ ; } e = 0{,}63 \text{ m} \approx \boxed{0.65 \text{ m}}$$

Soit approximativement **0,65 m**. Donc notre structure de voie :

- Epaisseur de la couche de ballast : **0.30 m.**
- Epaisseur de la couche de sous-ballast : **0.20 m**.
- Epaisseur de la couche de fondation : **0.15 m.**
- Epaisseur de la couche de Forme : **0.35 m.**

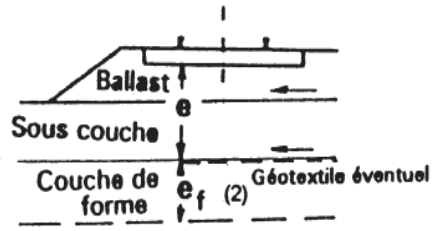


Figure VIII-1 : Épaisseurs des composants de la structure d'assise[22]

VIII-4 Conclusion :

En effectuant le dimensionnement, nous avons identifié les épaisseurs requises pour chaque couche afin de supporter et répartir la charge du matériel roulant. Nous avons suivi les normes actuelles de l'UIC en Algérie.

[22] UIC 719R page 57

CHAPITRE IX :

PROFIL EN TRAVERS

IX. PROFIL EN TRAVERS

IX.1 Introduction :

Les travaux de terrassement sont indispensables pour préparer un terrain en vue de la réalisation d'un projet de construction ou d'aménagement. Ils consistent en des opérations de creusement ou d'ajout de matériaux pour créer une surface plane et stable.

IX.2 Profil en travers :

Le profil en travers est essentiel pour concevoir et construire des projets ferroviaires. Il détermine les dimensions de la voie, les pentes des talus, les systèmes d'assainissement et les mesures de protection contre les risques naturels tels que les ensablements et les éboulements.

Un profil en travers type, utilisé pour les sections homogènes de la voie ferrée, regroupe toutes les dimensions et détails nécessaires, comme la largeur de la voie, les couches de la superstructure, les pentes des talus, les fossés et les murs de soutènement. Cela évite de dessiner chaque profil avec des dimensions spécifiques, ce qui simplifie la conception du projet et permet de gagner du temps.

IX.2.1 Les éléments du profil en travers

Le profil en travers type doit comprendre l'ensemble des éléments suivants :

Eléments de superstructure :

• Le type de rail employé.

• La distance entre les deux rails, ou l'écartement de la voie.

• La distance entre les axes (cas de plusieurs voies)

• Le type de traverse utilisé pour la construction de la voie.

• La valeur maximale de devers en courbe.

• L'épaisseur de la couche de ballast.

Eléments de l'infrastructure :

• Les épaisseurs et la nomination des chaque couches.

• Les pentes transversales de chaque couche.

• La pente latérale de la plate-forme.

Eléments du talus : • La pente de chaque talus.

Eléments d'assainissement :

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

IX.2.2 Profil en travers type de mon projet :

- Les rails UIC-60 sont espacés de 1435 mm Avec des travers Monoblocs VAX U-31.
- Type de ligne : doublement (Voie existant et nouvelle voie) voie mixte électrifié.
- La double voie repose sur une plateforme de largeur 13.80m symétrique.
- La pente latérale de la plateforme est de 4%.
- Largeur de marche pied : 1.5 m.
- Les talus de déblais et remblais 3H/2V.
- Epaisseur du ballast 30cm.
- Epaisseur de la sous- ballast 20cm.
- l'épaisseur de la couche de forme est de 35cm.

IX.3 Calcul des cubatures :

Les cubatures de terrassement représentent l'évolution des volumes de déblais et de remblais du projet, qui sont nécessaires pour obtenir une surface uniforme et parallèle à la ligne de projet.

Les éléments qui permettent d'obtenir cette évolution sont :

- Les profils en long.

- Les profils en travers.

- Les distances entre les profils.

Dans notre projet, le calcul des cubatures de terrassement a été effectué à l'aide d'un logiciel CIVIL 3D 2023. Les détails de calcul sont joints dans l'annexe F.

Tableau suivant représente les résultats de calcul automatique :

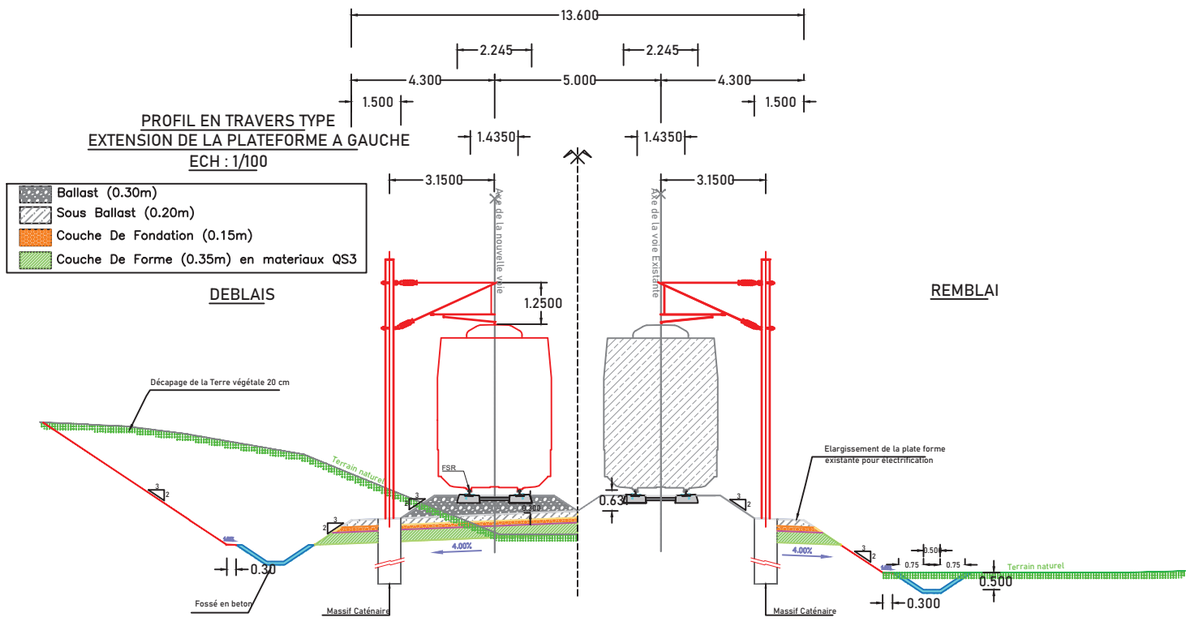
Tableau IX-1- Les cubatures de terrassement

Volume déblais (m^3)	Volume remblais (m^3)
135377.46	**23908.51**

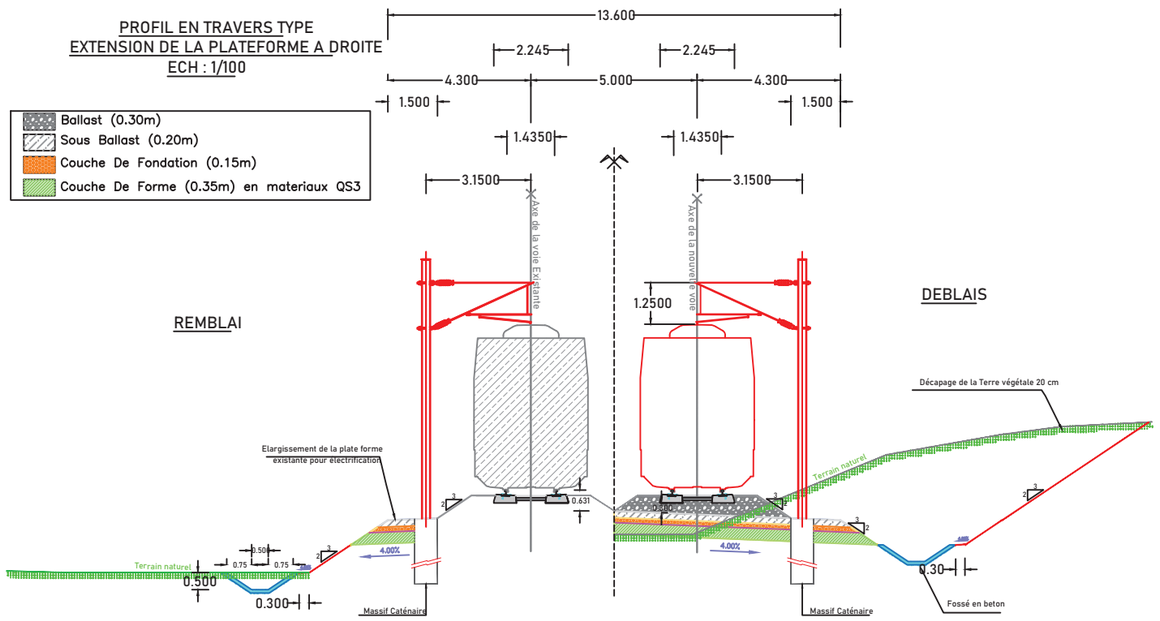
IX.4 Conclusion

En conclusion, un profil en travers est un outil essentiel pour comprendre la topographie d`un projet d'infrastructure et pour concevoir les éléments nécessaires à sa construction. Il permet de visualiser les courbes de niveau, les pentes, les élévations et les éléments linéaires tels que les routes et les canalisations.

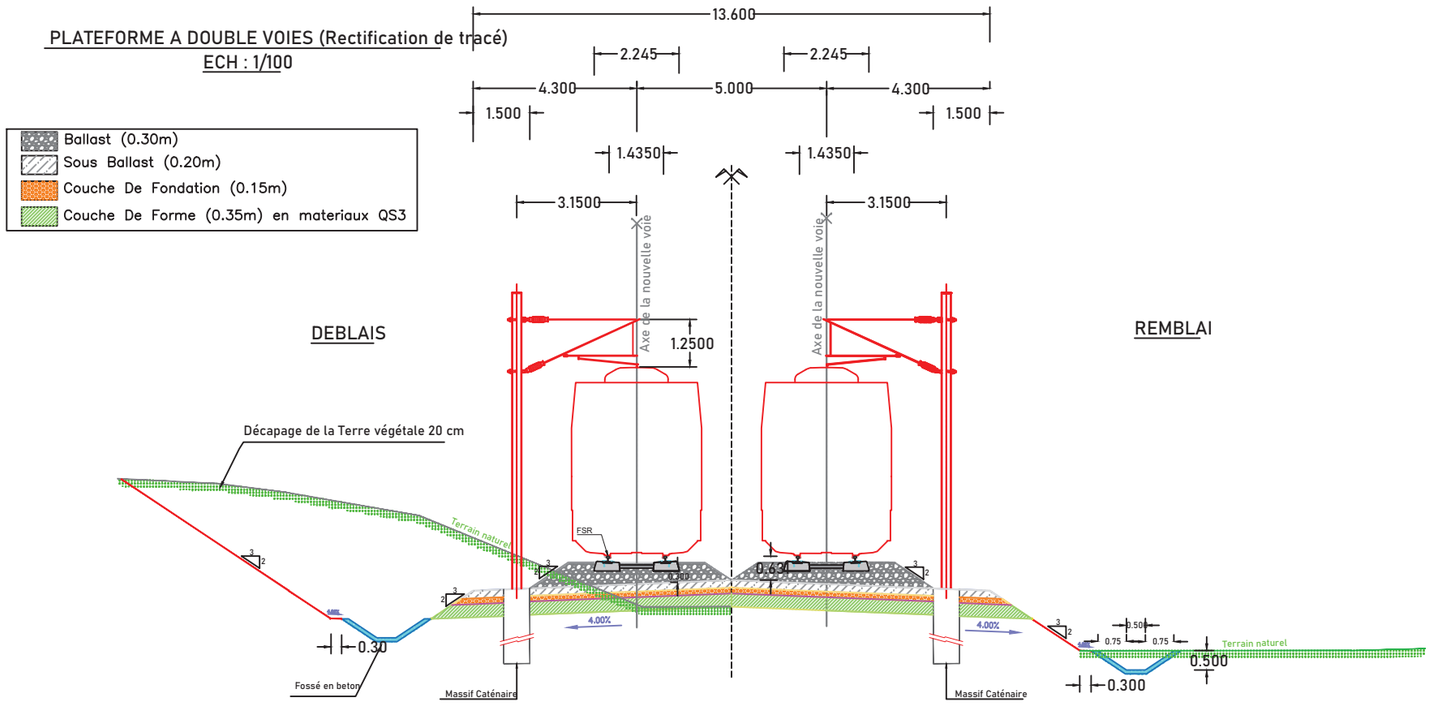
PROFIL EN TRAVERS TYPE
EXTENSION DE LA PLATEFORME A GAUCHE
ECH : 1/100



PROFIL EN TRAVERS TYPE
EXTENSION DE LA PLATEFORME A DROITE
ECH : 1/100



PLATEFORME A DOUBLE VOIES (Rectification de tracé)
ECH : 1/100



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

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

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	Titre	Année universitaire
Etude APD de dedoublement, modernisation de ligne thiès-tambacounda De PK 18+800 au PK 31+000	KROUMA Oussama MERGUEGUE Youcef	Mr. Ahmed Goumettre	1/100	PROFIL EN TRAVERS	2022 / 2023

CHAPITRE X :

TERRASSEMENT ET OUVRAGE

X. TERRASSEMENT ET OUVRAGE

X.1 Les terrassements :

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

X.1.1 Pente de talus :

Selon le référentiel technique de SNTF, les pentes de talus utilisées sont exprimées en fraction base sur hauteur.

- Pour les déblais, les pentes couramment utilisées sont de 1/2, 2/3, 1/1, **3/2**, 2/1, 2,5/1 et 3/1.
- Pour les remblais, les pentes couramment utilisées sont de **3/2** et 2/1.

Les pentes de talus sont déterminées en fonction des caractéristiques géotechniques, de la hauteur de l'ouvrage, de la topographie du site et des risques naturels pour assurer la stabilité générale de l'ouvrage.

X.1.1.1 Calcule la stabilité de talus :

Les principaux paramètres géotechniques employés dans les analyses de stabilité des talus sont les suivants :

- Poids spécifique γ.
- Cohésion c.
- Angle de frottement interne Φ.

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

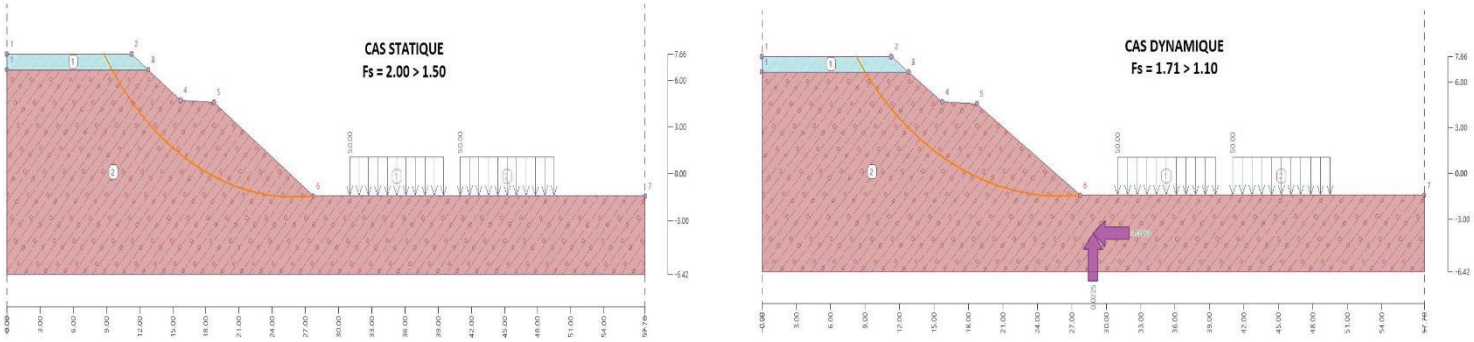
- Fs ≥ 1.5 à long terme.
- Fs ≥ 1.1 situation accidentel (séisme).

Résultats de calcule des stabilité des talus par **GEO 5.0 2020** dans les cas de notre projet (Déblais supérieure à Hmax > **8m** et il y'aucun remblai supérieur à 8m) (Annexe).

Tableau X-1- des talus qui sont sup a 8m et le résultat de stabilité

PK	Dispositions (H/V)	Hauteur (m)	Facteur de sécurité		Résultats	Lithologie
			Statique	Dynamique		
Déblais > 8m						
DBT 6-3 30+450	**3/2 Berme de 3m à 6m de Hauteur**	**9.08**	**2.00**	**1.71**	**Stable**	**De la crête au pied : q-qc**

Figure X-1- Analyse de la stabilité pour la géométrie de 3/2 (H/V).



La figure présente les sorties graphiques des analyses de stabilité pour le profil au Pk 30+450, montrant la représentation de la surface de rupture. Les résultats complets de ces analyses se trouvent dans l'annexe G.

X.1.1.2 Systèmes Redans :

Selon la norme IN033, il est indispensable de construire des redans d'accrochage pour garantir la continuité du comportement entre le nouveau remblai et les remblais existants. Les redans doivent présenter une géométrie qui s'adapte à la pente du talus existant afin de réduire les quantités de décaissement nécessaires. La partie horizontale des redans doit avoir une largeur supérieure à 0.6m.

Le schéma plan de phasage pour les principes de réalisation des redans et du remblai nouveau (Dans la pièce graphique)

X.2 Les ouvrages :

Le tracé ferroviaire doit être doté des ouvrages suivants pour répondre aux exigences techniques et économiques :

- Ponts (ferroviaires et routiers)

- Passages inférieurs
- Ouvrages hydrauliques et structures de protection.

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 :

- **Les passages supérieurs** : sont utilisés lorsque la vitesse des trains est élevée (≥ 100 km/h) et que la topographie ne permet pas d'autres options.
- **Les passages à niveau** : sont utilisés pour les routes à faible trafic.
- **Les passages inférieurs** : sont utilisés lorsque la topographie l'exige.

X.2.1 Les ouvrages d'art de notre projet :

X.2.1.1 Rétablissements routiers :

La réalisation du dédoublement sur le projet minier de **Annaba-Djebel Onk** ne prend pas en compte les passages à niveau. Dans notre projet, la voie existante coupe actuellement cinq passages à niveau, et la vitesse du train est supérieure à 100 km/h. Pour atteindre les conditions de sécurité il est nécessaire de supprimer ces cinq passages à niveau, de construire trois passages supérieurs, de supprimer deux pistes et de les relier à d'autres routes.

Tableau X-2- Liste des ouvrages d'art pour mon projet

Rétablissements routiers	Localisation	Ouvrage d'art
Rétablissement de CW vers Elhouijbet	21+308	Passage supérieure
Rétablissement Piste	27+312	Passage supérieure
Rétablissement de RN 16	30+793	Passage supérieure

X.2.1.2 Piste à supprimer :

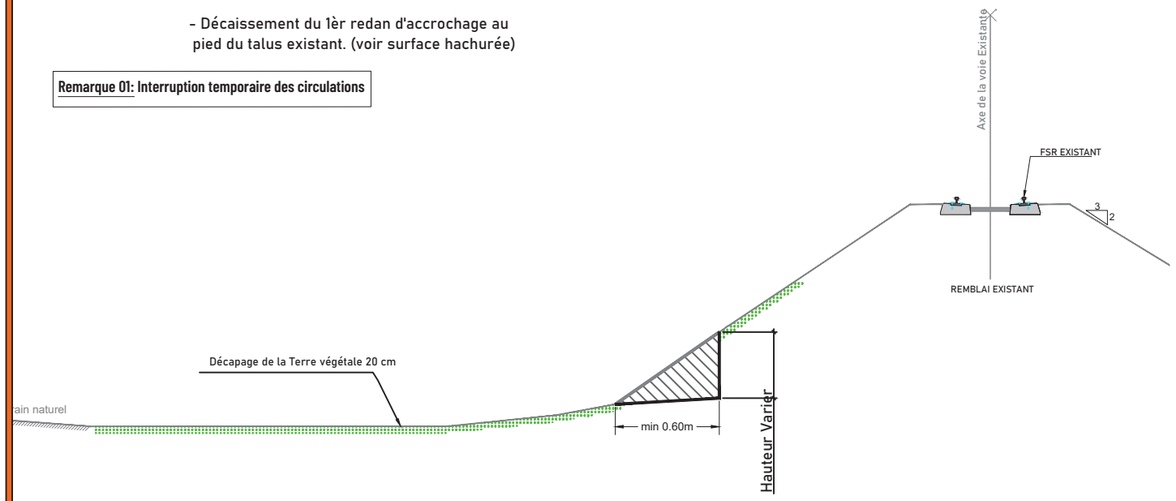
Il y a 2 pistes à supprimer PK **22+878 m** et PK **24+704 m.**

PLANS DE PHASAGE POUR LES PRINCIPES DE REALISATION DES REDANS ET DU REMBLAI NOUVEAU

PHASE 01

- Décaissement du 1èr redan d'accrochage au pied du talus existant. (voir surface hachurée)

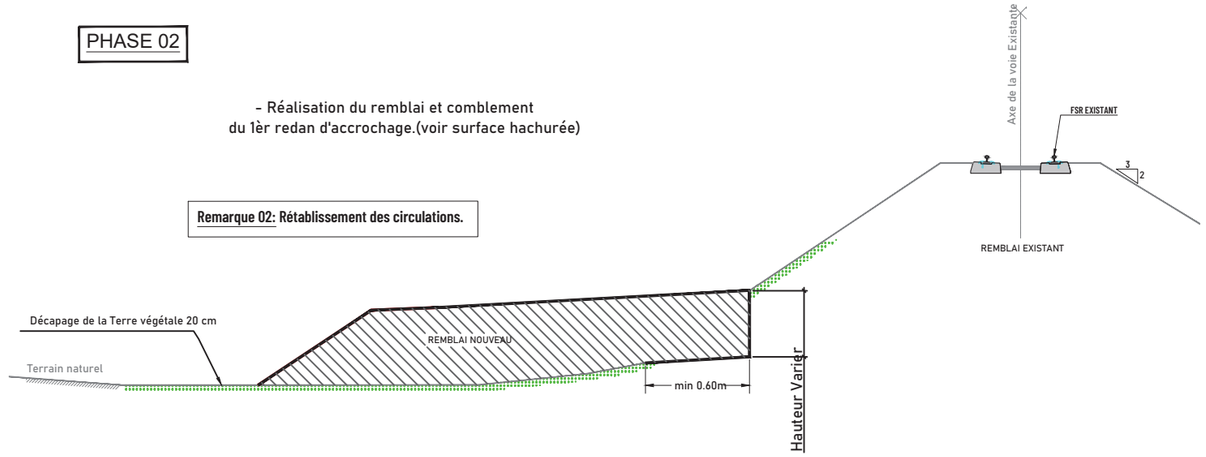
Remarque 01: Interruption temporaire des circulations



PHASE 02

- Réalisation du remblai et comblement du 1èr redan d'accrochage.(voir surface hachurée)

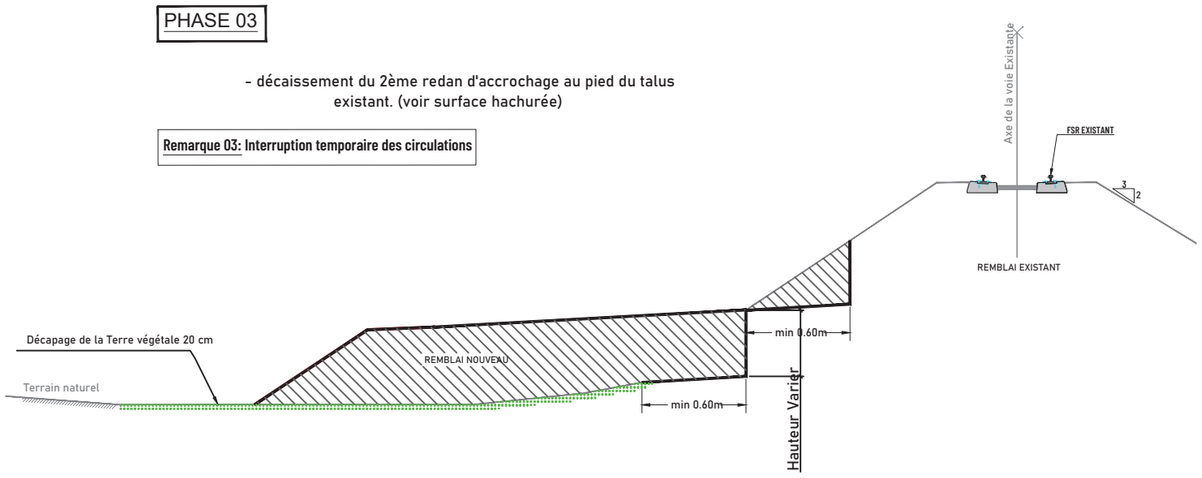
Remarque 02: Rétablissement des circulations.



PHASE 03

- décaissement du 2ème redan d'accrochage au pied du talus existant. (voir surface hachurée)

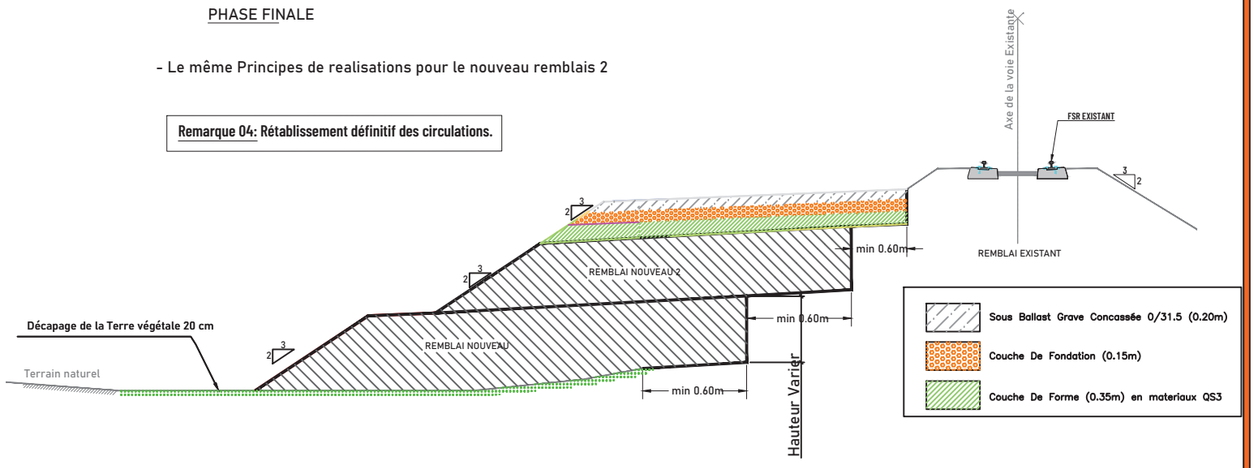
Remarque 03: Interruption temporaire des circulations



PHASE FINALE

- Le même Principes de realisations pour le nouveau remblais 2

Remarque 04: Rétablissement définitif des circulations.



ENSTP
المدرسة الوطنيـــة العليـــا للأشـــغال العموميـــة
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Build and Ground works engineering

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

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	Titre	Année universitaire
Etude APD de dedoublement, modernisation de ligne mixte De PK 18+800 au PK 31+000	KROUMA Oussama MERGUEGUE Youcef	Mr. Ahmed Goumettre	1/250	PLANS DE PHASAGE POUR LES PRINCIPES DE REALISATION DES REDANS ET DU REMBLAI NOUVEAU	2022 / 2023

CHAPITRE XI :

CONCEPTION DE LA GARE EL MA-LABIOD

XI. CONCEPTION DE LA GARE D'EL MA-LABIOD

XI.1 Introduction :

Une gare ferroviaire est un endroit où les trains s'arrêtent. Elle est équipée de diverses installations qui remplissent deux fonctions principales : permettre aux voyageurs de monter ou de descendre des trains, et permettre le chargement et le déchargement de marchandises pour certaines d'entre elles.

XI.2 Type de gare :

Les gares se répartissent en plusieurs types :

- **Les gares de voyageurs** : sont situées dans les grandes villes ou les zones à forte densité de population. Elles sont équipées de toutes les installations nécessaires pour accueillir les voyageurs.
- **Les gares de marchandises :** sont implantées dans des zones industrielles, agricoles et commerciales importantes, à proximité des ports, des mines, des raffineries de pétrole et des grands entrepôts. Elles sont dotées de toutes les installations nécessaires pour le chargement, le déchargement et le stockage des marchandises.
- **Les gares mixtes :** sont implantées dans des zones qui cumulent les activités industrielles, agricoles et commerciales. Elles sont équipées de plusieurs installations pour accueillir les passagers et pour charger, décharger et stocker les marchandises.
- **Les gares de croisement :** sont des gares de petite taille, généralement situées sur les lignes de chemin de fer à voie unique. Elles sont chargées de la réception des trains des deux côtés de la gare en toute sécurité après l'arrêt de l'un des deux trains (ou sans arrêt).

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

Pour concevoir une gare, il est nécessaire de prendre en compte les fonctions de toutes les installations de base qui la composent. Dans cette étape, trois éléments sont nécessaires pour l'étude du plan de masse :

- **Les catégories de voie** : qui permettent de déterminer le rôle et les constituants de la gare.
- **Le trafic :** qui est un élément crucial pour estimer l'importance de la gare et aménager ses installations en conséquence.

- **L'emplacement de la gare** : qui définit et détermine généralement les deux éléments précédents.

XI.4 Aménagement de la gare :

XI.4.1 Installations d'une gare à voyageur :

Les installations et constructions d'une gare ferroviaire dépendent de son type, de sa conception et de sa catégorie, et peuvent varier en conséquence.

- **Le bâtiment de voyageurs :** est un espace dédié aux voyageurs et peut inclure une variété d'installations telles qu'une salle d'attente, des guichets de vente de billets, un poste de sécurité, un kiosque, et d'autres équipements.
- **Les bâtiments à usages divers (B.U.D)** : sont des espaces de service réservés aux agents de chemin de fer.
- **Quais** : sont des bandes parallèles à la voie ferrée qui permettent l'accès aux trains.
- **Abris de quais :** sont des installations situées sur les quais et qui ont pour objectif de protéger les voyageurs des intempéries.
- **Les passages souterrains et les passerelles :** sont des constructions érigées dans les gares pour permettre aux voyageurs de traverser les voies et de changer de quai en toute sécurité.

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

C'est une section de voie qui se situe en aval d'un signal fermé, correspondant au parcours du train. Aucune autre circulation de train n'est autorisée sur cette section. Son objectif est de limiter les conséquences d'un accident et en cas d'interdiction d'occupation, d'éviter une collision en cas de non-arrêt du train avant cette marge.

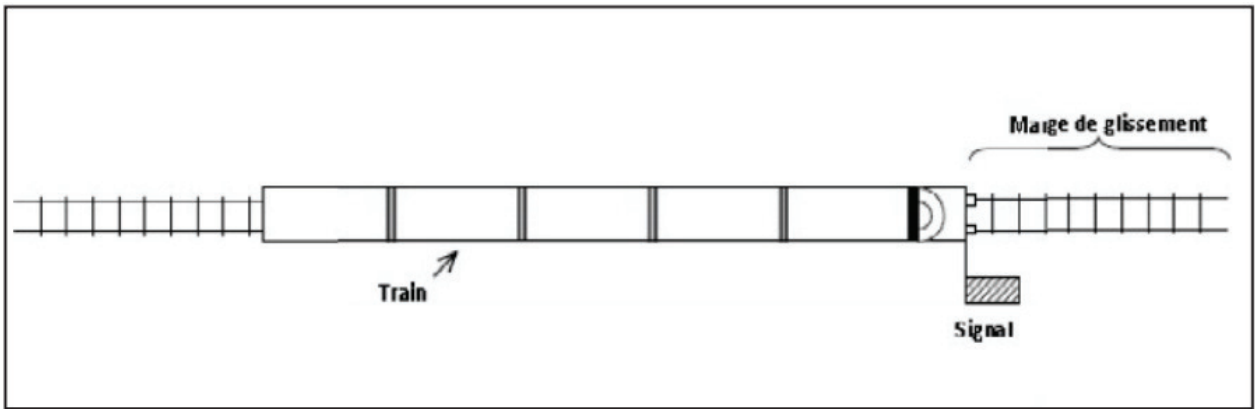


Figure XI-1- Schématisation de la marge de glissement.

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

-50 ≤ LG ≤ 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 ≥ 60 km/h.

-LG = 100m pour 40km/h ≤ V ≤ 60 km/h.

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

Remarque : Si la marge de glissement ne peut pas être réalisée, il est impératif de réduire la vitesse d'approche du train avant le signal pour éviter toute collision.

XI.4.3 Garage franc :

Le garage franc représente la zone de la voie dans laquelle les trains sont autorisés à circuler en gare. Sa valeur théorique est de 3,57 fois la distance entre les axes des voies directe et déviée. Cependant, pour des raisons de sécurité, le garage franc est généralement installé à 1 mètre de cette valeur théorique. Ainsi, la formule pour calculer le garage franc est la suivante :

$$\mathbf{GF = 3{,}57 \times N + 1 \text{ mètre}}$$

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

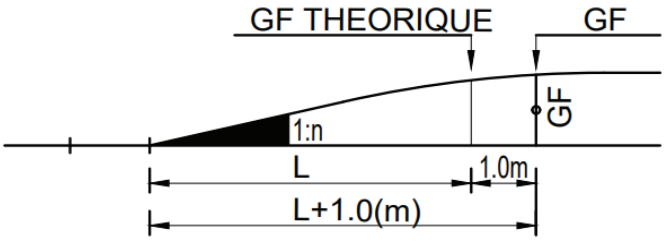


Figure XI-2- Schémas du garage franc

XI.4.4 La longueur utile d'une voie de stationnement :

Il est défini comme étant la distance entre deux garages francs, permettant au train de se garer sur la voie de dépassement sans entraver la circulation sur la voie principale ou les autres voies de dépassement adjacentes.

Les valeurs de la longueur utile sont définies dans la norme SNTF relative à l'aménagement des gares et au tracé des voies. Selon cette norme :

- La longueur utile minimale pour les trains voyageurs est de 426 m
- Les trains de marchandise sur la voie principale, elle est de 870 m.

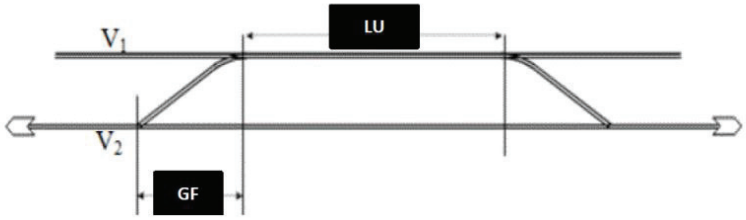


Figure XI-3- La longueur utile d'une voie de stationnement

XI.4.5 Heurtoir :

Sont des dispositifs placés à l'extrémité des voies de garage ou de sécurité pour signaler la fin de celles-ci et éviter que les véhicules en mouvement ne continuent leur chemin au-delà de la voie. Ils sont conçus pour absorber l'énergie cinétique des trains qui les heurtent, grâce à des tampons qui réduisent l'impact.



Figure XI-4- Heurtoir

XI.5 Caractéristiques géométriques des gares :

XI.5.1 Déclivité dans les gares :

La pente en gare doit être réglementée en fonction des différentes activités qui s'y déroulent. Dans notre projet, la pente sera maintenue à 0 ‰ pour prévenir tout mouvement indésirable des trains.

XI.5.2 Quai :

XI.5.2.1 La longueur de quai (normes SNTF) :

- Grande ligne 450 m.

- Service régional 350 m.

- Banlieue 225 m.

XI.5.2.2 La largeur des quais :

La SNTF recommande pour une telle gare

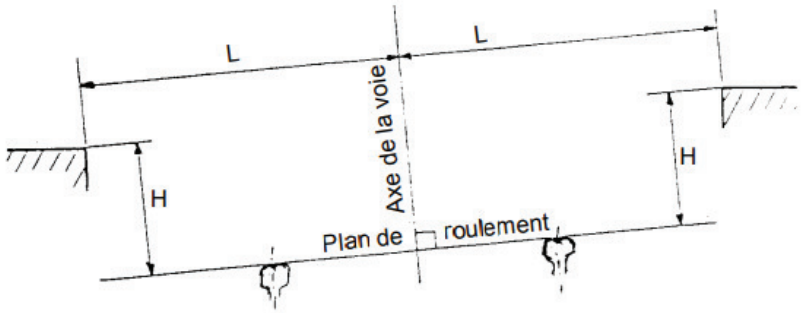
- Quai intermédiaire B > 8 m.

- Quai extérieur B ≥ 6m.

XI.5.2.3 Hauteur des quais :

La hauteur nominale des bordures des quais au-dessus du plan de roulement est fixée à 550mm.

La hauteur du quai dépend du type du matériel roulant qui est susceptible de s'arrêter dans ce quai.



H = Hauteur au-dessus du plan de roulement, perpendiculaire au plan de roulement

L = Distance par rapport à l'axe de la voie, parallèle au plan de roulement

Figure XI-5- La hauteur du quai et la distance entre le bout du quai et l'axe de la voie[23]

XI.5.2.4 La distance à l'axe de la voie :

Cette section traite de la distance entre l'axe de la voie et les bordures de quai. Pour les bordures de quai situées à une hauteur nominale de **550 mm** et de **760 mm**, la distance nominale à l'axe de la voie est égale à :

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

La valeur de S est donnée par la formule suivante :

[23] **(Source UIC741 OR)**

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

Où :

- R : représente le rayon de la voie en mètres.

- I : l'écartement de la voie en millimètres.

XI.5.2.5 L'entre axe des quais :

- e normal > 11.3 m.

- e minimal > 9.3 m.

XI.5.2.6 Les appareils de voie :

Les règles d'implantation selon la norme SNTF sont les suivantes :

1- **Conditions générales :** Les appareils de voie doivent être installés sur une pente constante. Il en va de même pour les communications.

En outre, dans les zones situées à proximité d'un ouvrage d'art, les appareils de voie doivent être placés à des distances minimales qui dépendent de la longueur L de l'ouvrage

Tableau XI-1 Longueurs minimal de tracé

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

Si la présence d'un appareil de dilatation est nécessaire en raison de la longueur L, l'appareil de voie devra être implanté à une distance minimale de 100 mètres de l'extrémité de l'appareil de dilatation.

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 ≤ 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 ≥ 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 ΔI/Δt 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.

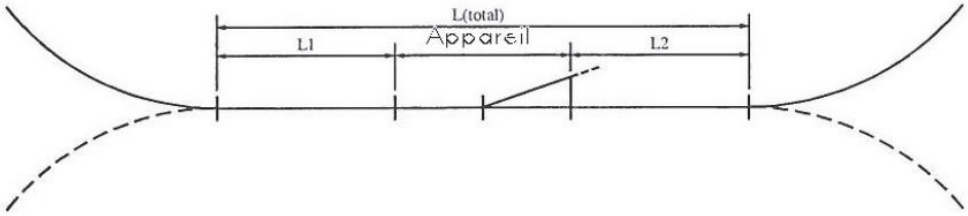


Figure XI-6- Schéma illustratif[24]

Tableau XI-1- Les 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)

[24] (REFERENTIEL TECHNIQUE SNTF)

*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 marchandise.	50	**R300- 1/9 tg (0,111)**
*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 tg (0,083)**

XI.5.3 Description de La Gare el maa Labiodh :

La gare de **El MA LABIOD** située sur le tronçon 2 de la ligne Oued KEBRIT -DJEBEL EL ONK. Elle commence au Pk 29+300 et elle se termine au Pk 30+600 d'une longueur totale de 1300m.

La gare de MA LABIOD se compose de 2 voies principale et d'une voie d'évitement plus d'une voie de garage d'une longueur utile de 240m. elle offre aussi un service de changement de voie en amont et en aval par des communications implantées en chapeau de gendarme.

Elle comporte aussi deux quais voyageur latéraux d'une longueur de 225m et de 6m de largeur dans le quai extérieur et 8 m dans les quais intermédiaire et d'un bâtiment voyageur.

XI.5.4 Application Au Projet :

Dans notre projet, la gare **d'El Ma Labiod** est située entre les PK **29+300** au PK **30+600** d'une longueur totale de 1300m. Il s'agit d'une gare intermédiaire est conçue pour un trafic voyageur. Elle dispose de trois voies de quai. Les voies principales sont **V1** et **V2** tandis que **V4** est destinée au stationnement. Le bâtiment voyageur est quant à lui situé au **PK :29+789**, du côté de la **RN16**.

- Longueurs de la marge de glissement :

- Comme V ≥ 60 km/h alors LG = 200m.

- La longueur du quai :

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

- Largeur des quais :

Selon la SNTF (aménagement et gare tracé des voies)

On prend :

- B= 6 m pour le quai extérieure (Quais 1)

- B= 8 m pour le quai intermédiaire (Quais 2).

- Hauteur des quais :

On prend pour notre cas quai mi-haut h= 55 cm.

- Entre–axe des quais :

On prend : e= 15.3 m (entre quai 1 et 2).

-La distance à l'axe de la voie :

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

- Entraxe entre les voies :

Entraxe entre les voies est de 5 m.

- La longueur utile d'une voie de stationnement :

Tableau XI-2- Les longueurs des voies utiles de la gare

N° Voie	Longueur utile (m)
1	**769**
2	**769**
4	**722**
Voie en tiroir (VT) = Voie de garage	**246**

- Longueur de garage de franc :

Pour l'appareils de voie type (UIC 60 E1-500-1/12) : **GF= 3.57*12 + 1 = 43.84 m**

Pour l'appareils de voie type (UIC 60 E1-300-1/9) : **GF= 3.57*9 + 1 = 33.13 m**

- La passerelle :

Elle permet le franchissement sans risques des voies. Pour notre gare, un passage supérieur 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 : $B \geq 2.4$ m, donc on prend : B= 2.5 m

La hauteur doit être : $H > 6.2$ m, donc on prend : H= 6.5 m

XI.5.5 Assainissement dans les gares :

XI.5.5.1 Assainissement transversale :

Pour garantir l'écoulement efficace des eaux pluviales dans les gares, il est important de mettre en place un système d'assainissement transversal. Ce système implique une pente de 2% en toit ou en V sur les quais, permettant ainsi l'évacuation des eaux vers les voies. Ensuite, les eaux sont évacuées grâce aux pentes transversales des plates-formes.

En d'autres termes, la mise en place d'un système de pente approprié permet aux eaux pluviales de s'écouler facilement sur les quais et les plates-formes de la gare, évitant ainsi la stagnation de l'eau qui peut causer des problèmes d'hygiène et de sécurité pour les passagers et le personnel de la gare.

XI.5.5.2 Assainissement longitudinal :

Pour collecter les eaux de ruissellement qui s'infiltrent dans le ballast et la plate-forme, des drains disposés longitudinalement avec des pentes de 4‰ sont utilisés. Ces drains permettent ensuite l'évacuation de ces eaux vers le réseau d'assainissement via les regards de visite.

XI.6 Modélisation de la gare d'El Ma Labiod en utilisant des logiciels de BIM :

L'utilisation des logiciels de BIM pour la modélisation de la gare d'El Ma Labiod offre de nombreux avantages dans la conception et la construction. Grâce à la précision et à la collaboration facilitée, les logiciels de BIM permettent une coordination efficace entre les acteurs du projet, favorisant une prise de décision éclairée. En intégrant les informations nécessaires, ils optimisent la planification, réduisent les erreurs et améliorent l'efficacité de la construction de la gare.

XI.6.1 Logiciels utilisés :

* InfraWorks. * Civil 3D. * 3ds Max. * SketchUp.

XI.6.2 Collaboration entre les logiciels de BIM :

La collaboration entre InfraWorks, Civil 3D, 3ds Max et SketchUp permet une modélisation complète et détaillée de la gare, avec des fonctionnalités avancées pour la conception, l'analyse, la visualisation et la documentation du projet.

- Dans InfraWorks, nous utilisons la fonctionnalité de Model Builder pour exporter notre zone de projet et l'importer dans Civil 3D.
- Dans Civil 3D, nous travaillons sur la géométrie, y compris le tracé en plan, le profil en long, le profil en travers et la conception de la gare, afin de créer un modèle 3D conforme aux normes de notre projet.
- Dans SketchUp, nous modélisons différents éléments tels que les traverses, les caténaires, etc., que nous exportons ensuite vers InfraWorks pour une intégration harmonieuse.
- En utilisant 3ds Max, nous ajoutons des animations de trains, du trafic et d'autres éléments pour finaliser la présentation du projet, que nous exportons vers InfraWorks pour une visualisation réaliste et immersive.

XI.6.3 Résultats de la Collaboration :



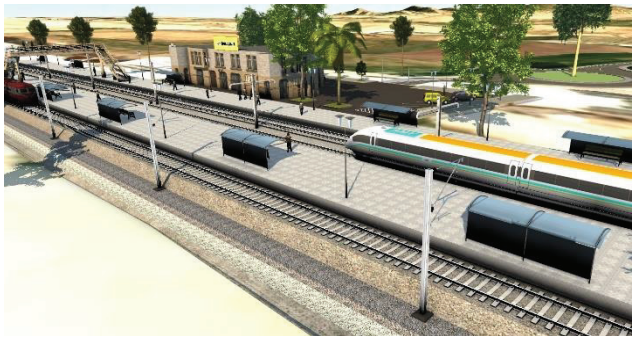
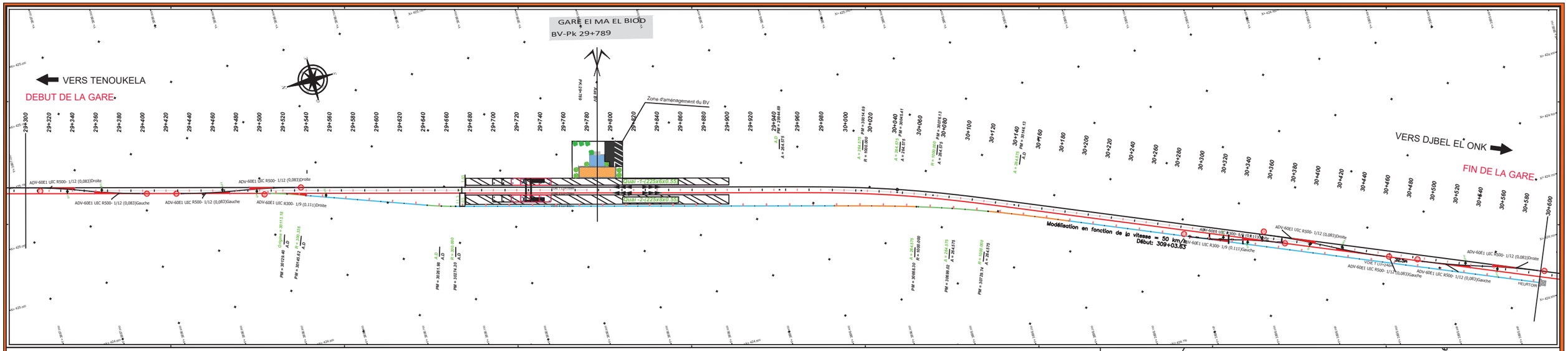
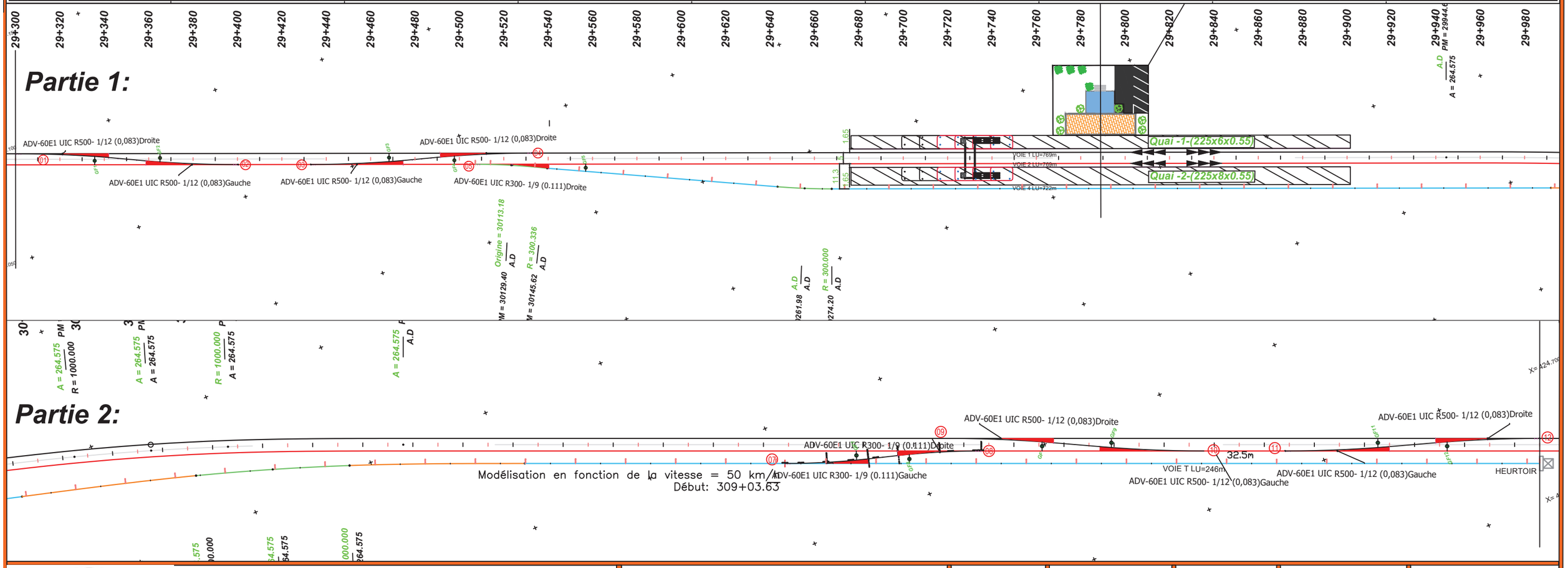




Figure XI-7 Modélisation de la gare El Ma labiod en respectant le plan (quais, bâtiments, parking, Passage supérieur et Catenaire, Heurtoir)



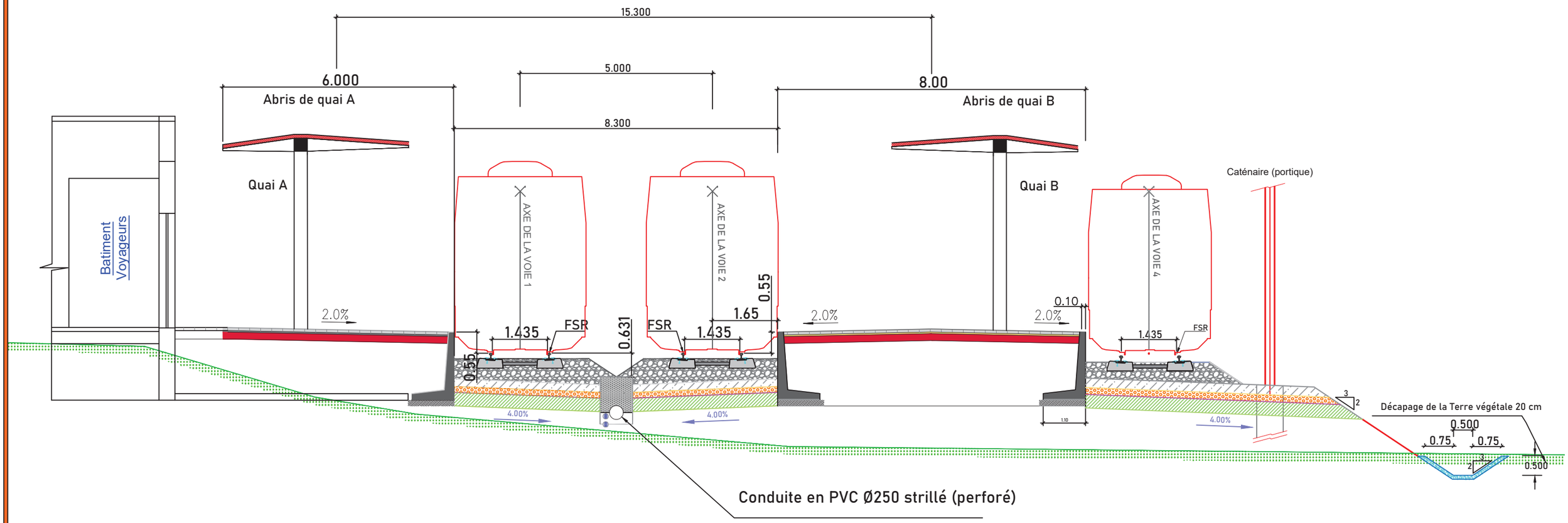


ENSTP
المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics
National School of Build and Ground works engineering

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

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	N° Planche	Année universitaire
Etude APD de dedoublement, modernisation de ligne minier De PK 18+800 au PK 31+000	Krouma Oussama Mergeugue Youcef	Mr. Goumettre Ahmed	1- 1/3000 2- 1/1700 3- 1/1700	Gare El ma labiod PK29+300 au PK30+600	2022 / 2023

PROFIL EN TRAVERS TYPE EN GARE
ECH : 1/100



- Ballast (0.30m)
- Sous Ballast (0.20m)
- Couche De Fondation (0.15m)
- Couche De Forme (0.35m) en materiaux QS3

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

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

PROJET DE FIN D'ETUDES	Réalisé par	Encadré par	Echelle	Titre	Année universitaire
Etude APD de dedoublement, modernisation de ligne mixte De PK 18+800 au PK 31+000	KROUMA Oussama MERGUEGUE Youcef	Mr. Ahmed Goumettre	1/100	PROFILE EN TRAVERS DE GARE EL MA LABIOD	2022 / 2023

CHAPITRE XII :

SIGNALISATION FERROVIAIRE

XII. SIGNALISATION FERROVIAIRE

XII.1 Introduction :

La signalisation ferroviaire assure la sécurité des trains en utilisant des repères visuels le long des voies ou dans des endroits spécifiques tels que gares et aiguillages. Ces repères comprennent des lumières colorées indiquant la marche, le ralentissement et l'arrêt. Des signaux de vibration avertissent les conducteurs en cas d'urgence et de visibilité limitée.

XII.2 Principes de la signalisation ferroviaire :

Les signaux sont utilisés pour transmettre des ordres et des informations essentielles à la sécurité de la circulation, notamment aux conducteurs.

La signalisation et la protection des trains devront satisfaire aux principes de base suivants :

▪ Les signaux assurent la commande des itinéraires pour les trains vers leur destination prévue.

▪ Les signaux garantissent la sécurité des mouvements de trains en prévenant les collisions et les déraillements.

▪ Les signaux assurent les performances spécifiques en termes d'écoulement du trafic et de rendement.

▪ Assurer la circulation dans les deux sens sur une même voie (nez à nez).

▪ La protection des circulations dans les gares (convergence, cisaillement…).

XII.3 Implantation des signaux en Algérie :

Les signaux ferroviaires se divisent en feux et panneaux. Les panneaux sont généralement situés à gauche de la voie, conformément à la circulation à gauche des trains, sauf si cela n'est pas possible.

XII.4 Les différents types de blocs :

Les différents types de blocs utilisés dans la gestion des signaux ferroviaires sont les suivants :

XII.4.1 Block Manuel (B.M) :

Utilisé sur les lignes peu fréquentées, ce système requiert l'ouverture manuelle du signal de block par un agent pour autoriser l'entrée sur la voie.

XII.4.2 Block automatique à permissivité restreinte (B.A.P.R) :

Utilisé sur les lignes moyennement fréquentées, ce système d'espacement utilise des signaux automatiques pour contrôler l'entrée des trains dans la voie suivante.

XII.4.3 Block automatique lumineux (B.A.L) :

Utilisé sur les lignes principales, ce système d'espacement utilise des signaux automatiques pour contrôler les trains en fonction de leur position et des conditions de circulation.

XII.5 Système de Cantonnement (systèmes d'espacement des trains) :

Il évite les rattrapages en fractionnant la ligne en cantons protégés par des signaux d'arrêt. Pour cette ligne à densité moyenne de circulation, le type de cantonnement utilisé est **le block automatique lumineux (BAL).**

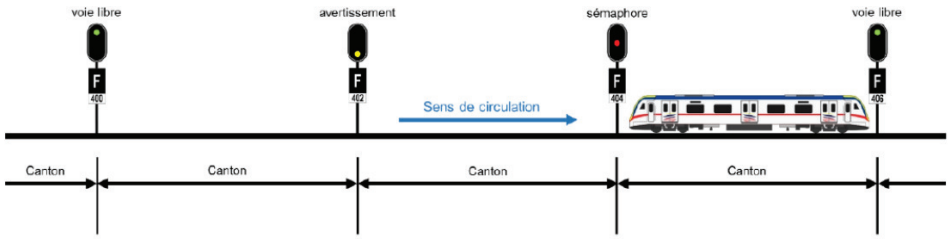
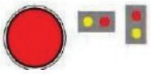


Figure XII-1- Schéma illustratif de canton

Tableau XII-1- Les principaux signaux ferroviaires et leur indication

SIGNAL	INDICATION	SIGNALISATION LUMINEUSE	SIGNALISATION MECANIQUE
Signal ouvert Voie libre	Le Voie Libre indique au conducteur que la circulation en marche normale est autorisée		
Le feu vert Clignotant (VL)	Il commande au Mécanicien de réduire la vitesse à 160 km/h		

Carré fermé + feux De nuit	Le carré commande l'arrêt et ne doit en aucun cas être franchi.		
Feu violet ou Carré Violet fermé + feu de Nuit	Commande l'arrêt, il est installé sur les voies de service, son ouverture seule.		
Guidon d'arrêt			
Sémaphore /Feux rouge	Il commande au mécanicien de s'arrêter avant le signal		
Feu rouge clignotant	Marche sans dépasser la vitesse de 15 km/h au franchissement de ce signal		
Feu blanc	Il commande ou confirme au conducteur l'observation de la marche en manœuvre		
Feu blanc clignotant	Il interdit dans tous les cas le départ en ligne d'un train		
Les feux de heurtoir	Ils servent à repérer de nuit, ou en gare, les heurtoirs de fin de voie		

L'avertissement/feu jaune	Il commande au mécanicien de pouvoir s'arrêter avant les signaux suivants : Carré, sémaphore, carré violet, un rouge clignotant		
Le feu jaune Clignotant(A)	Il commande au mécanicien d'être en mesure de s'arrêter avant le signal annoncé à distance réduite par le signal suivant.		
Le disque D	Il commande au mécanicien de marquer l'arrêt au premier signal ou aiguillage rencontré		
Le ralentissement 60	Le ralentissement 60 pour annonce une aiguille (ou plusieurs) en position "voie déviée" à passer à une vitesse maximale de 60 km/h.		
Le rappel de ralentissement 60			

Plaque d'identification	Indication
	La pancarte indique une zone à vitesse limitée (Zone d'action).
	Le TIV fixe indique la vitesse à respecter à distance.
	La pancarte indique la sortie de la zone à vitesse limitée (Reprise de vitesse).

	La pancarte indique le point d'arrêt des trains sur le quai concerné (Tête de Train).
	Cette pancarte pour annonce une zone à gabarit limité (pont, tunnel).
	Le tableau indique que le train est dirigé vers un dépôt.

Le système de signalisation classique est obsolète et doit être remplacé par l'ERTMS pour répondre aux besoins actuels du trafic ferroviaire.

XII.5 Définition du système ERTMS :

European Railways Traffic Management System signifie en Français système européen de la gestion de la circulation ferroviaire.

Les fonctions D'ERTMS :

Se compose essentiellement du système de contrôle/commande ETCS (European Train Control System) et du système de communication radio GSM-R (Global System for Mobiles – Railways) :

ETCS (European Train Control System) : est un système de contrôle des trains européen qui se compose de trois niveaux : ETCS niveau 1, ETCS niveau 2 et ETCS niveau 3.

- **ETCS niveau 1 :** le train reçoit son autorisation de mouvement via des balises au sol, basée sur l'occupation des cantons calculée par le centre de contrôle.
- **ETCS niveau 2 :** est un système de signalisation ferroviaire numérique basé sur la radiocommunication. L'autorisation de circuler et le signal de marche sont affichés dans la cabine du conducteur.
- **ETCS niveau 3 :** fournit une fonctionnalité d'espacement des trains entièrement basée sur la communication radio.

Conclusion : Grâce aux avancées des outils informatiques, le domaine de la signalisation ferroviaire a connu une forte croissance ces dernières années, jouant un rôle majeur dans la réduction des accidents et la fluidité du trafic ferroviaire.

CHAPITRE XIII :

IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIII. IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIII.1 Introduction

L'environnement est constitué de tout ce qui entoure et interagit avec les organismes vivants ainsi que les activités humaines. Les travaux publics ont un impact considérable sur l'environnement, notamment par la circulation qui les utilise. Malheureusement, cette utilisation contribue aux émissions de CO2. Afin de limiter les conséquences néfastes sur l'environnement, il est essentiel de procéder à une évaluation environnementale itérative sous la responsabilité du maître d'ouvrage. Cette démarche permet d'analyser les effets du projet sur l'environnement et de prendre des mesures préventives pour minimiser les dommages.

Dans cette étude, nous cherchons à examiner les différents effets, positifs et négatifs, de l'infrastructure dans un contexte technico-économique. Nous aborderons cette étude en trois parties distinctes :

Première partie : nous identifierons la zone la plus touchée par les effets de l'infrastructure.

Deuxième partie : nous dresserons un bilan des effets positifs et négatifs sur l'environnement.

Troisième partie : nous proposerons des solutions pour réduire ces effets et minimiser les dommages environnementaux.

XIII.2 Les éléments environnementaux pris en compte

L'EIE a émergé pour explorer les différents facteurs qui devraient être pris en compte dans une évaluation d'impact. Pour notre projet, ces éléments sont représentés par :

XIII.2.1 Les ressources en eaux :

Quand on parle d'infrastructures de transport, on entend des emprises bloquées, qui à leur tour réduisent les précipitations, les modifications des conditions de sol et d'écoulement des oueds, ce qui peut entraîner une érosion et une pollution chronique du milieu naturel. Contamination accidentelle et déversements de produits toxiques

Les zones proches des captages d'eau souterraine (puits, forages) et des réservoirs de montagne sont considérés comme particulièrement sensibles et ne doivent pas être perturbées.

Les zones proches des captages d'eau souterraine (puits, forages) et des réservoirs ceci est considéré comme particulièrement sensible, il faut donc éviter au maximum leurs perturbations.

Notre tracé passe au-dessus l'Oued koussa, pour les écarter, il nous faudra soit y aller en parallèle ou les contourner à l'aide d'ouvrages (ponts, buses, dalots), et les routes existantes non affecté par dédoublement de la voie.

XIII.2.2 Patrimoine privé :

Les projets routiers et ferroviaires, qu'ils soient terrestres, commerciaux ou résidentiels, traversent très souvent des terrains privés et publics nécessitant une démolition.

Notre projet est au-dessus du niveau de TENOUKLA et situé dans une zone agricolement active. Le dédoublement de la voie qui est de la période coloniale, traversent des terres privées avec de nombreuses fermes, causant de grands dommages à la nature.

XIII.2.3 Les zones agricoles :

Il est vrai que les zones agricoles en Algérie sont d'une importance économique considérable et qu'il est crucial de les promouvoir. Dans le cas spécifique de la zone de TENOUKLA, où la présence de bergers est élevée, la construction de dédoublement de la voie peut entraîner des perturbations pour les agriculteurs et le paysage environnant. Ainsi que des opportunités réduites en raison de l'érosion et du changement de la forêt. En plus de remplacer le terrain au profit des routes, la lithologie des zones affectées sera réhabilitée, créant des discontinuités dans certaines zones.



Figure XIII-1- L'élevage dans la région[25]

XIII.2.4 Le couvert forestier :

Les forêts de pins sauvages et de romarin représentent une grande richesse économique et naturelle, mais la construction d'infrastructures telles que les routes, les voies ferrées et les lignes électriques affecte négativement le couvert forestier, perturbant les écosystèmes et perturbant la migration des espèces animales. De plus, la construction d'infrastructures nécessite souvent le

[25] Aliment de bétail: augmentation de la ration d'orge subventionnée pour le mois de février (aps.dz)

déboisement de la végétation, ce qui peut entraîner une perte de biodiversité et une dégradation de la qualité des sols.

XIII.2.5 Les zones urbanisées :

Les zones urbanisées posent de réelles contraintes, comme c'est le cas pour la ville d'El Ma Labiod, où de nombreuses zones sont affectées par la construction de voies. Cela entraînera de lourdes conséquences, telles que la pollution sonore pour les maisons restantes, la fragmentation de l'espace urbain et le danger pour les personnes plus jeunes, ainsi que le déplacement de plusieurs familles.

XIII.3 Impact du projet sur l'environnement

Le chemin de fer se caractérise par sa nature linéaire et son impact complètement différent sur le milieu naturel. Ces effets peuvent être déterminés avec bon sens. Le premier impact touche le foncier au sens le plus large. Les chemins de fer affectent l'environnement au sens étymologique du terme et donc l'écosystème caractérisé par ses constituants.

Eau, air, flore et faune, sol et sous-sol. Au fil du temps, les demandes sociétales ont conduit à la création d'instruments juridiques de régulation pour ces domaines. La nouvelle infrastructure transformera non seulement le développement urbain, mais aussi le développement économique de la région.

XIII.3.1 Les terrassements

La construction d'un ouvrage, qu'il s'agisse d'une route, d'une voie ferrée ou de toute autre infrastructure, nécessite généralement un terrassement préalable. Le terrassement consiste à préparer le sol en le nivelant, en l'excavant ou en le remblayant selon les besoins spécifiques du projet.

Les déblais de grande hauteur peuvent affecter de manière significative la perception d'emplacements spécifiques, en particulier si elles sont présentes sur de longues distances. Voici quelques facteurs à considérer concernant la pente et son impact potentiel près du PK30+450 avec H_{max} = 9.08m.

Le remblai lui-même n'est pas très visible et se fond bien dans le paysage. Cependant, cela ne s'applique pas aux terrains spéciaux tels que les remblais de plus de 8 m qui nécessitent une berme de 3 m.

XIII.4 Mesures prises en compte :

Afin de minimiser les divers impacts de notre projet sur l'environnement, différentes mesures sont envisageables, se présentant sous les formes suivantes :

- Pour les passages au-dessus des systèmes d'irrigation, il est important de prévoir des dalots, des ponceaux ou des passages supérieurs en fonction des situations.

- En ce qui concerne la pollution sonore dans les zones urbanisées, si les niveaux sonores dépassent les seuils minimums, il est nécessaire de prévoir des digues, des éléments de construction formant un écran ou des merlons, entièrement subventionnés.

- Dans la mesure du possible, il convient de prévoir des passages souterrains dans les zones agricoles afin de limiter au maximum les dommages, ces zones étant particulièrement sensibles.

- Pour les zones forestières, même si le gain économique immédiat n'est pas évident, il est important de prévoir une campagne de reboisement dans les zones touchées.

- Pour assurer la sécurité des animaux dans les forêts, il est nécessaire de prévoir une clôture complète de la voie ferrée.

- Afin de ne pas perturber les écoulements naturels des cours d'eau (oueds), il convient de prendre des mesures visant à réduire les risques lors de la traversée des cours d'eau.

- Il est important de recycler les déchets des habitations détruites, qu'il s'agisse de ferraille, de béton ou de bois retirés, ainsi que les rails de l'ancienne voie ferrée, en les envoyant vers des entreprises de recyclage publiques.

XIII.5 Conclusion :

L'étude d'impact sur l'environnement est une démarche officielle qui vise à évaluer scientifiquement les conséquences d'un projet ou d'une activité sur l'environnement. Sa particularité réside dans le fait qu'elle encourage les opérateurs publics et privés à intégrer l'environnement dans leur stratégie d'action, afin de prévenir toute détérioration irréversible de l'environnement due à des travaux ou à des ouvrages.

CHAPITRE XIV :
DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

XIV. DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N	DESIGNATIONS DES TRAVAUX	U	QUANTITÉ	Prix Unitaire (DZD)	Montant Total (DZD)
	1- INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER				
1.01	Amenée du matériel et installation général du chantier	F	1.00	170,175,689.72	170,175,689.72
1.02	Repli du matériel et des installations du chantier	F	1.00	55,500,600.77	55,500,600.77
1.03	Fourniture et installation d'un laboratoire de chantier	F	1.00	30,000,000.00	30,000,000.00
TOTAL INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER					**255,676,290.49**
	2- ÉTUDE D'EXECUTION				
2.01	Étude d'exécution des terrassement	F	1.00	52,933,440.14	52,933,440.14
2.02	Étude d'exécution de drainage et assainissement	F	1.00	25,893,725.05	25,893,725.05
2.03	Étude d'exécution des quai et des Gares	F	1.00	16,342,408.27	16,342,408.27
TOTAL ÉTUDE D'EXECUTION POSE DE VOIE DE LA LIGNE					**95,169,573.45**
	3 - DEGAGEMENT DES EMPRISES				
3.01	Dépose de la voie existante.	ML	1,291.78	2,220.65	2,868,589.04
3.02	Dépose d'appareils de voie existants.	U	11.00	33,074.00	363,814.00
3.03	Démolition d'ouvrage massifs	M3	742.65	10,154.50	7,541,239.43
3.04	Démolition de buses en béton armé existantes	ML	127.56	2,988.00	381,149.28
TOTAL DEGAGEMENT DES EMPRISES					**11,088,643.75**
	4 - TERRASSEMENTS GENERAUX				
4.01	Décapage de terre végétale sur une épaisseur de 0,2 m	M3	47,586.33	500.00	23,793,165.00
4.02	Déblais en terrain meuble mis en remblai	M3	23,908.51	778.00	18,600,820.78
4.03	Déblais en terrain meuble mis en dépôt	M3	97,931.20	540.00	52,882,850.16
4.04	Fourniture et mise en œuvre de la couche de forme	M3	44028.87	885.54	38,989,325.54
4.05	Fourniture et mise en œuvre de la couche de fondation	M3	17427.37	3,200.00	55,767,584.00
4.06	Fourniture et mise en œuvre de la couche de s/ballast	M3	21890.49	3,200.00	70,049,568.00
TOTAL TERRASSEMENTS GENERAUX					**260,083,313.48**
	5 - DRAINAGE ET ASSAINISSEMENTS				
5.01	Fourniture et mise en œuvre de caniveau trapézoïdal en béton armé élément préfabriqué.	ML	20,684.83	7,300.00	150,999,259.00
5.02	Dalot en béton armé type A, B, C, C1, D, D1, D2, et F	M3	2,139.00	44,500.00	95,185,500.00
5.03	Protection des fondations en enrochement	M3	748.59	6,400.00	4,790,946.56
5.04	Fourniture et mise en œuvre de tranchée drainant avec buse perforée Ø 250 mm	ML	1,300.00	7,050.00	9,165,000.00
5.05	Buses de tuyaux en béton armé Ø 1500 mm	ML	100.70	7,500.00	755,250.00
TOTAL DRAINAGE ET ASSAINISSEMENTS					**260,895,957.56**
	6- TRAVAUX DE LA VOIE				
6.01	Ballastage voie nouvelle	M3	33,170.82	5,500.00	182,439,510.00
6.02	Fourniture des rails NEUFS UIC 60 (60,34 kg/m)	Tonne	1,758.04	121,250.00	213,161,937.75
6.03	Fourniture des traverses bi-bloc	U	23,692.00	8,245.00	195,340,540.00

6.04	Fourniture des attachés pour rails UIC 60	U	473,840.00	523.80	248,197,392.00
6.05	Pose de la voie	ML	13,257.30	5,626.00	74,585,569.80
6.06	Fourniture des appareils de voie simples UIC 60-500-1/12	U	8.00	15,899,976.16	127,199,809.28
6.07	Fourniture des appareils de voie simples UIC 60-300-1/9	U	3.00	12,626,324.23	37,878,972.69
6.08	Pose des appareils de voie simples UIC 60-500-1/12	U	8.00	614,526.52	4,916,212.16
6.09	Pose des appareils de voie simples UIC 60-300-1/9	U	3.00	543,302.82	1,629,908.46
6.1	Soudage électrique	U	1,407.00	9,500.00	13,366,500.00
6.11	Soudage aluminothermique	U	95.00	13,000.00	1,235,000.00
6.12	Traverses de Garage Franc	U	11.00	40,891.56	449,807.16
6.13	Heurtoir	U	1.00	936,686.56	936,686.56
TOTAL TRAVAUX DE LA VOIE					**1,101,337,845.86**
7 - BATIMENTS GARES ET AMENAGEMENT EXTERIEUR					
7.01	Réalisation des travaux d'aménagement extérieur de la gare de Maa Labiod	F	1	83,803,927.70	83,803,927.70
7.02	Réalisation du bâtiment Voyageurs de la gare de El Maa Labiod	M2	81.90	92,000.00	7,534,800.00
TOTAL TRAVAUX DE GARE					**91,338,727.70**
8 - SIGNALISATION ET ELECTRIFICATION					
8.01	Signalisation et électrification	F	1	251,195,292.00	251,195,292.00
TOTAL SIGNALISATION ET ELECTRIFICATION					**251,195,292.00**
PRIX TOTAL HORS TAXES					**2,352,724,042.30**
MONTANT DE LA T. V. A (19 %)					**447,017,568.04**
MONTANT DU PROJET EN T.T.C					**2,799,741,610.34**

Montant total en DA HT :

Deux milliards sept cent quatre-vingt-dix-neuf millions sept cent quarante et un mille six cent dix dinars trente-quatre centimes.

CHAPITRE XV :
PLANIFICATION

XV. PLANIFICATION

XV.1 Définition :

La planification peut être définie comme le processus visant à rechercher en permanence la meilleure manière d'utiliser de manière économique la main-d'œuvre et les autres ressources disponibles pour garantir l'efficacité de l'action entreprise, quant à lui, est l'un des documents de chantier essentiels qui concerne toutes les parties prenantes, allant du client à l'entreprise de réalisation. Il s'agit d'un outil de communication clé qui permet de coordonner les différentes activités, de définir les échéanciers et les séquences de travail, d'assigner les ressources nécessaires, de suivre l'avancement du projet, et de garantir que toutes les parties prenantes sont informées et alignées sur le déroulement des travaux.

XV.2 Objectifs de la planification :

1. Ordonner correctement les opérations : La planification vise à définir la séquence correcte des différentes activités ou tâches nécessaires pour atteindre un objectif donné.

2. Respecter les délais : La planification consiste à établir des échéanciers et des dates butoirs réalistes pour chaque tâche ou activité. L'objectif est de s'assurer que le travail est effectué dans les délais impartis, sans retard excessif.

3. Optimiser les ressources : La planification implique d'identifier les ressources nécessaires (telles que le personnel, les équipements, les matières premières, etc.) pour mener à bien les différentes tâches. L'objectif est d'optimiser l'utilisation de ces ressources, en veillant à ce qu'elles soient disponibles au bon moment et en quantité adéquate.

4. Maximiser la rentabilité : En planifiant de manière appropriée, on cherche à optimiser la rentabilité globale du projet ou de l'activité.

XV.3 Diagramme de Gantt :

XV.3.1 Définition :

Le diagramme de Gantt est un outil utilisé dans l'ordonnancement et la gestion de projet. Il permet de visualiser dans le temps les différentes tâches composant un projet, en représentant graphiquement les délais prévus pour leur réalisation et leur avancement.

Concernant les facteurs importants pour l'établissement d'un planning Gantt, voici quelques points à considérer :

1. Suite logique des travaux : Il est essentiel de définir les interdépendances entre les différentes tâches du projet.

2. Estimation du temps nécessaire : Il convient d'estimer le nombre total d'heures ou de jours requis pour l'exécution de chaque tâche, en se basant sur le devis quantitatif et les ressources disponibles.

3. Rendement des ressources matérielles : Il est important de prendre en compte le rendement du matériel disponible sur le chantier, tel que les équipements et les machines.

4. Délai d'exécution : Le délai global du projet doit également être pris en compte lors de l'établissement du planning.

- Application sur notre projet :

Le délai d'exécution du présent projet est arrêté à 438 Jours reparti conformément au Planning et qui se résume comme suit :

- Le délai d'exécution de la section **INSTALATION GENERALE DE CHANTIER** 73 jrs
- Le délai d'exécution de la section l'**ETUDE D'EXCUTION** 80 jrs
- **DEGAGEMENT DES EMPRISES** 87 jrs
- Les délais de **TERRASSEMENTS GENERAUX** de 219 jrs
- Les délais d'exécution **DRAINAGE ET ASSAINISSEMENTS** 202 jrs
- **TRAVAUX ET VOIES** 171 jrs.
- Finalement les délais de **BATIMENTS ET GARES** dans 155 jrs.

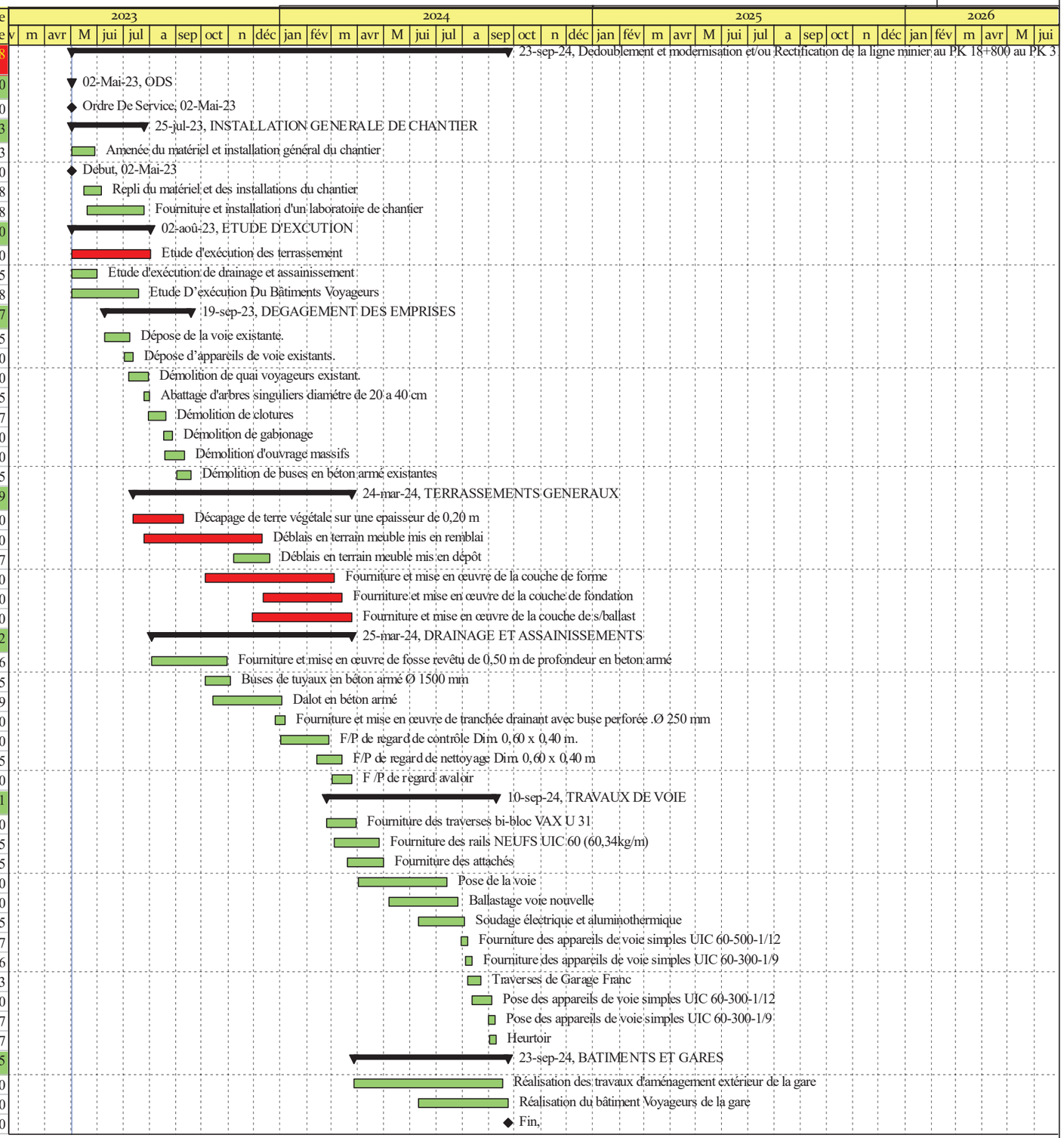
XV.4 Le schéma explicatif de programme proposé :

ENSTP

Dedoublement Et modernisation ou/Rectification de ligne minier au Pk18+800 au Pk 31+000, avec l'aménagement de la gare D'El Ma Labiodh.

02-jul-23 14:05

ID tâche	Nom de la tâche	U	Q	Durée
	Dedoublement et modernisation et/ou Rectification de la ligne minie			438
	ODS			0
A900	Ordre De Service			0
	INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER			73
A1000	Amenée du matériel et installation général du chantier	F	1	23
A1020	Debut			0
A1025	Repli du matériel et des installations du chantier	F	1	18
A1030	Fourniture et installation d'un laboratoire de chantier	F	1	58
	ETUDE D'EXCUTION			80
A1420	Étude d'exécution des terrassement	F	1	80
A1430	Étude d'exécution de drainage et assainissement	F	1	25
A1440	Etude D'exécution Du Bâtiments Voyageurs	F	1	68
	DEGAGEMENT DES EMPRISES			87
A1070	Dépose de la voie existante.	ML	1,291.78	25
A1080	Dépose d'appareils de voie existants.	U	9.00	10
A1090	Démolition de quai voyageurs existant.	M2	2700	20
A1100	Abattage d'arbres singuliers diamétre de 20 a 40 cm	U	15	5
A1110	Démolition de clotures	ML	8900	17
A1115	Démolition de gabionage	ML	4500	10
A1120	Démolition d'ouvrage massifs	M3	742.65	20
A1130	Démolition de buses en béton armé existantes	ML	127.56	15
	TERRASSEMENTS GENERAUX			219
A1150	Décapage de terre végétale sur une epaisseur de 0,20 m	M3	47586.33	50
A1160	Déblais en terrain meuble mis en remblai	M3	23908.51	120
A1170	Déblais en terrain meuble mis en dépôt	M3	97,931.20	37
A1180	Fourniture et mise en œuvre de la couche de forme	M3	44028.87	130
A1190	Fourniture et mise en œuvre de la couche de fondation	M3	17427.37	80
A1200	Fourniture et mise en œuvre de la couche de s/ballast	M3	21890.49	100
	DRAINAGE ET ASSAINISSEMENTS			202
A1210	Fourniture et mise en œuvre de fosse revêtu de 0,50 m de profondeur en beton armé	ML	20684.83	76
A1220	Buses de tuyaux en béton armé Ø 1500 mm	ML	100.7	25
A1230	Dalot en béton armé	M3	2139	69
A1242	Fourniture et mise en œuvre de tranchée drainant avec buse perforée .Ø 250 mm	ML	1300	10
A1245	F/P de regard de contrôle Dim. 0,60 x 0,40 m.	U	78	50
A1248	F/P de regard de nettoyage Dim. 0,60 x 0,40 m	U	39	25
A1250	F /P de regard avaloir	U	26	20
	TRAVAUX DE VOIE			171
A1300	Fourniture des traverses bi-bloc VAX U 31	U	23692	30
A1310	Fourniture des rails NEUFS UIC 60 (60,34kg/m)	T	1,758.04	45
A1320	Fourniture des attachés	U	473,840.00	35
A1340	Pose de la voie	ML	13,257.30	90
A1341	Ballastage voie nouvelle	M3	33170.82	70
A1345	Soudage électrique et aluminothermique	U	1,568.00	45
A1347	Fourniture des appareils de voie simples UIC 60-500-1/12	U	6	7
A1348	Fourniture des appareils de voie simples UIC 60-300-1/9	U	3	6
A1349	Traverses de Garage Franc	U	9	13
A1351	Pose des appareils de voie simples UIC 60-300-1/12	U	6	20
A1352	Pose des appareils de voie simples UIC 60-300-1/9	U	3	7
A1380	Heurtoir	U	1	7
	BATIMENTS ET GARES			155
A1390	Réalisation des travaux d'aménagement extérieur de la gare	F	1	150
A1400	Réalisation du bâtiment Voyageurs de la gare	M2	81.9	90
A1410	Fin			0



Actual Level of Effort · Actual Work · Remaining Work · Critical Remaining Work · Milestone · summary

ENSTP

- KROUMA Oussama
- MERGUEGUE Youcef

Encadrant : Mr. Ahmed Goumettre

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

L'investissement dans le secteur ferroviaire est considéré comme un point clé pour le développement socio-économique, et cela explique pourquoi il est considéré comme un secteur très sensible. En Algérie, le gouvernement alloue des budgets importants pour améliorer les services et étendre le réseau ferroviaire. Dans notre projet concerne l'étude de tracé de voie entre TENOUKLA et EL MA LABIOD sur la ligne ferroviaire Oued KEBRIT-TEBESSA-DJEBEL EL ONK.

Dans notre travail, nous avons abordé l'étude APD (Avant-Projet Détaillé) sur une distance de 12,20 kilomètres. Cela comprend des études géométriques pour définir précisément le tracé du projet, des études géologiques et géotechniques pour comprendre les caractéristiques mécaniques du sol, ainsi que des études hydrauliques pour déterminer les ouvrages nécessaires à l'évacuation des eaux pluviales et souterraines. Ces études doivent être accompagnées d'une conception des fondations et des terrassements, ce qui permettra de définir les volumes nécessaires et d'estimer le coût d'investissement du projet.

De plus, nous avons acquis une expérience dans l'utilisation de logiciels tels que CIVIL 3D, InfraWorks, 3DS MAX, SketchUp, Geo5.0 et Primavera P6 pour effectuer ces études. L'application des normes de l'UIC (Union internationale des chemins de fer) et de la SNTF (Société nationale des transports ferroviaires) a également été obligatoire pour mener à bien notre travail.

ANNEXES

ANNEXE A

Listing de la géométrie de l'axe en plan

Client: **OUKR** Your Company Name: **ENSTP**	Axe en plan : AXE PFE Logiciel **: Civil 3D 2023**
Préparer : **KROUMA OUSSAMA** **MERGUEGUE YOUCEF**	**Description :** Plage d'abscisse : Début :18+800.00, Fin: 31+000.00

ANNEXE A

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			18+800.00	427128.5184	3907570.5584
DR1	ANG=228.2798 (g)	669.393			
			19+469.39	426840.8457	3906966.1324
CLO2	A=268.328				
	R=1200.000	60.000			
			19+529.39	426815.5137	3906911.7440
ARC3	XC=427911.6028				
	YC=3906423.2886				
	R=1200.000	445.771			
			19+975.16	426712.9701	3906480.5577
CLO4	A=268.328				
	R=1200.000	60.000			
			20+035.16	426711.1059	3906420.5883
DR5	ANG=201.4478 (g)	275.946			
			20+311.11	426704.8308	3906144.7140
CLO6	A=264.575				
	R=1000.000	70.000			
			20+381.11	426702.4228	3906074.7593

ANNEXE A

ARC7	XC=425704.0894				
	YC=3906132.4695				
	R=1000.000	254.221			
			20+635.33	426655.8221	3905825.5414
CLO8	A=264.575				
	R=1000.000	70.000			
			20+705.33	426632.7899	3905759.4431
DR9	ANG=222.0884 (g)	1822.060			
			22+527.39	426013.2094	3904045.9609
CLO10	A=264.575				
	R=1000.000	70.000			
			22+597.39	425990.1772	3903979.8626
ARC11	XC=426941.9099				
	YC=3903672.9345				
	R=1000.000	93.301			
			22+690.69	425965.7215	3903889.8592
CLO12	A=264.575				
	R=1000.000	70.000			
			22+760.69	425952.1360	3903821.1941
DR13	ANG=211.6924 (g)	886.823			
			23+647.51	425790.1735	3902949.2867
CLO14	A=277.489				
	R=1100.000	70.000			
			23+717.51	425776.6607	3902880.6065
ARC15	XC=424702.0997				

ANNEXE A

	YC=3903115.8059				
	R=1100.000	91.779			
			23+809.29	425753.3215	3902791.8727
CLO16	A=277.489				
	R=1100.000	70.000			
			23+879.29	425731.2943	3902725.4320
DR17	ANG=221.0552 (g)	256.689			
			24+135.98	425647.9378	3902482.6549
CLO18	A=264.575				
	R=1000.000	70.000			
			24+205.98	425625.9813	3902416.1915
ARC19	XC=426582.5696				
	YC=3902124.7490				
	R=1000.000	154.534			
			24+360.51	425592.5219	3902265.4807
CLO20	A=264.575				
	R=1000.000	70.000			
			24+430.51	425584.2907	3902195.9702
DR21	ANG=206.7609 (g)	4557.850			
			28+988.36	425101.1542	3897663.7991
CLO22	A=264.575				
	R=1000.000	70.000			
			29+058.36	425092.9231	3897594.2886
ARC23	XC=424102.8753				
	YC=3897735.0203				

ANNEXE A

	R=1000.000	100.065			
			29+158.43	425073.9117	3897496.0888
CLO24	A=264.575				
	R=1000.000	70.000			
			29+228.43	425055.6062	3897428.5287
DR25	ANG=217.5876 (g)	716.605			
			29+945.03	424860.1419	3896739.0972
CLO26	A=264.575				
	R=1000.000	70.000			
			30+015.03	424840.2651	3896671.9825
ARC27	XC=423888.3183				
	YC=3896978.2459				
	R=1000.000	61.201			
			30+076.23	424819.7511	3896614.3325
CLO28	A=264.575				
	R=1000.000	70.000			
			30+146.23	424792.7643	3896549.7478
DR29	ANG=225.9401 (g)	853.766			
			31+000.00	424454.4306	3895765.8815

ANNEXE B

Profil: Abscisse Sommets et Raccordements

Client: **OUKR** Your Company Name: **ENSTP**	Axe en plan : AXE PFE Logiciel **: Civil 3D 2023**
Préparer : **KROUMA OUSSAMA** **MERGUEGUE YOUCEF**	**Description :** Plage d'abscisse : Début :18+800.00, Fin: 31+000.00 LONGUEUR DE L'AXE : 12200.000m

ANNEXE B

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			18+800	1107.489
D1	PENTE= -0.62%	458.913		
			19+259	1104.651
ARC1	S= 19+289 Z=1104.464			
	R= -10000.000	60.499		
			19+319	1104.460
D2	PENTE= -0.01%	846.132		
			20+166	1104.347
ARC2	S= 20+197 Z=1104.343			
	R= -8000.000	63.163		
			20+229	1104.089
D3	PENTE= -0.80%	8318.381		
			28+547	1037.297
ARC3	S= 28+578 Z=1037.049			
	R= -20000.000	61.823		
			28+609	1036.897
D4	PENTE= -0.49%	625.226		

ANNEXE B

			29+234	1033.809
ARC4	S= 29+265 Z=1033.657			
	R= -12500.000	61.725		
			29+296	1033.657
D5	PENTE= 0.00%	1322.554		
			30+618	1033.657
ARC5	S= 30+660 Z=1033.657			
	R= -10000.000	83.997		
			30+702	1033.304
D6	PENTE= -0.84%	297.586		
			31+000	1030.804

ANNEXE C

ANNEXE C1

Coefficient de ruissellement Cr

Couverture Végétale	Morphologie	Pente %	Terrain Sable grossier	Terrain Limoneux	Terrain Argileux
Bois	Presque plat	**p<5**	0.10	0.30	0.40
	Ondulé	**5≤p<10**	0.25	0.35	0.50
	Montagneux	**10≤p<30**	0.30	0.50	0.60
Pâturage	Presque plat	**p<5**	0.10	**0.30**	0.40
	Ondulé	**5≤p<10**	0.15	**0.36**	0.55
	Montagneux	**10≤p<30**	0.22	**0.42**	0.60
Culture	Presque plat	**p<5**	0.30	0.50	0.60
	Ondulé	**5≤p<10**	0.40	0.60	0.72
	Montagneux	**10≤p<30**	0.52	0.72	0.82

ANNEXE C2

Coefficient de rugosité Ks

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

ANNEXE D

ANNEXE D1

Les essais in situ et au laboratoire dans les Section de Remblais :

Essais Géotechniques					
Symbole	PK (Hmax)	Hauteur Max du Remblais (m)	Essais in Situ	Prof (m)	Essais au laboratoire
RBT1	**18+950**	1,95 m	Méthode de reconnaissance utilisant un seul puits avec prélèvement d'échantillons par couche et paraffinés.	4 m	- Essais d'identification - CBR - Essais œdométriques
RBT2	**19+400**	1,95 m	Méthode de reconnaissance utilisant un seul puits avec prélèvement d'échantillons par couche et paraffinés.	4 m	- Essais D'identification - CBR - Essais œdométriques.
RBT3	**21+125**	1,88 m	Méthode de reconnaissance utilisant un seul puits avec prélèvement d'échantillons par couche et paraffinés.	4 m	- Essais D'identification - CBR - Essais œdométriques. - Analyses chimiques.
RBT4	**22+875**	2,81 m	Méthode de reconnaissance utilisant un seul puits avec prélèvement d'échantillons par couche et paraffinés	4 m	- Essais D'identification - CBR - Essais œdométriques. - Analyses chimiques.
RBT5	**25+900**	4,05 m	Méthode de reconnaissance utilisant un seul puits avec prélèvement d'échantillons par couche et paraffinés	4 m	- Essais D'identification - CBR - Essais œdométriques. - Essais cisaillement de la boite.

ANNEXE D

					- Essai de résistance à la compression
RBT6	**28+775**	4,16 m	Méthode de reconnaissance utilisant un seul puits avec prélèvement d'échantillons par couche et paraffinés	4 m	- Essais D'identification - CBR - Essais œdométriques. - Analyses chimiques. - Essais cisaillement de la boite. - Essai de résistance à la compression
RBT7	**31+000**	1,59 m	Méthode de reconnaissance utilisant un seul puits avec prélèvement d'échantillons par couche et paraffinés.	4 m	- Essais D'identification - CBR - Essais œdométriques. - Analyses chimiques.

ANNEXE D2

Les essais in situ et au laboratoire dans les Section De Déblais :

Essais Géotechniques					
Symbole	PK (Hmax)	Hauteur Max du Déblais (m)	Essais in Situ	Prof (m)	Essais au laboratoire
DBT 1	**20+025**	3,68 m	Méthode de reconnaissance utilisant un seul puits avec prélèvement d'échantillons par couche et paraffinés.	4 m	- Essais D'identification - CBR - Essais œdométriques. - Analyses chimiques. - Essais cisaillement de la boite. - Essai de résistance à la compression

ANNEXE D

DBT 2-1	**20+500**	6,57m	Méthode de reconnaissance utilisant un seul puits avec prélèvement d'échantillons par couche et paraffinés.	4 m	- Essais D'identification - CBR - Essais œdométriques. - Analyses chimiques. - Essais cisaillement de la boite. - Essai de résistance à la compression
DBT 2-2	**22+450**	3,7 m	Méthode de reconnaissance utilisant un seul puits avec prélèvement d'échantillons par couche et paraffinés.	4 m	- Essais D'identification - CBR - Essais œdométriques. - Analyses chimiques. - Essais cisaillement de la boite. - Essai de résistance à la compression
DBT 3	**24+325**	4,12 m	Méthode de reconnaissance utilisant un seul puits avec prélèvement d'échantillons par couche et paraffinés	4 m	- Essais D'identification - CBR - Essais œdométriques. - Analyses chimiques. - Essais cisaillement de la boite.
DBT 4-1	**26+200**	4,88 m	Méthode de reconnaissance utilisant un seul puits avec prélèvement d'échantillons par couche et paraffinés	4 m	- Essais D'identification - CBR - Essais œdométriques. - Analyses chimiques. - Essais cisaillement de la boite. - Essai de résistance à la compression
DBT 4-2	**26+500**	5,33 m	Méthode de reconnaissance utilisant un seul puits avec prélèvement d'échantillons par couche et paraffinés	4 m	- Essais D'identification - CBR - Essais œdométriques.

ANNEXE D

DBT 5	**27+300**	2,09 m	Méthode de reconnaissance utilisant un seul puits avec prélèvement d'échantillons par couche et paraffinés	4 m	- Essais D'identification - CBR - Essais œdométriques
DBT 6-1	**29+000**	0,40 m	Méthode de reconnaissance utilisant un seul puits avec prélèvement d'échantillons par couche et paraffinés	4 m	- Essais D'identification - CBR - Essais œdométriques
GARE DBT 6-2	**30+025**	1.4 m	Méthode de reconnaissance utilisant un seul puits avec prélèvement d'échantillons par couche et paraffinés	4 m	- Essais D'identification - CBR - Essais œdométriques. - Analyses chimiques. - Essai de résistance à la compression
DBT 6-3	**30+450**	9.08 m	Méthode de reconnaissance utilisant un seul puits avec prélèvement d'échantillons par couche et paraffinés	4 m	- Essais D'identification - CBR - Essais œdométriques. - Analyses chimiques. - Essais cisaillement de la boite. - Essai de résistance à la compression

ANNEXE E

ANNEXE E1

La classe la portance de la plate-forme[26]

Classe de qualité du sol	Classe de portance de la plateforme	Couche de forme mettre en œuvre pour avoir cette portance	
		Qualité	Epaisseurs 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	**-**

ANNEXE E2

La classe d'arase selon GTR

Classe d'arase	Module EV2 (MPa)	Dénomination
AR0	**<20**	Sol impropre à toute utilisation en tant que sol support.
AR1	**>20 – 50**	Sol de qualité « **passable** ».
AR2	**> 50 - 120**	Sol de qualité « **bonne** ».
AR3	**> 120**	Sol de qualité « **très bonne** ».

[26] (Normes UIC 719R p.34)

ANNEXE E3

E	**0.70m**	Pour les plateformes de classe de portance P1.
	0.55m	Pour les plateformes de classe de portance P2.
	0.45m	Pour les plateformes de classe de portance P3.
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.
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)
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’’.
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.
f	**0**	Pour toutes les lignes parcourues à V ≤ 160 Km/h et pour les plates-formes de portance P3, des lignes parcourues à grande vitesse.
	0.05 m	Pour les plates-formes de classe de portance P2 des lignes parcourues à grande vitesse.
	0,10 m	Pour les plates-formes de classe de portance P1 des lignes parcourues à grande vitesse.

ANNEXE E

g	**0.01m**	Géotextile lorsque la couche de forme est en sol QS1 ou QS2.
	<u>0</u>	(Pas de géotextile), lorsque la couche de forme est en sol QS3.

ANNEXE F

ANNEXE F1

DECAPAGE DE TERRE VEGETALE 20 cm				
Abscisse: 31+000.000		**Surface m2**	**Vol.Inc. M3**	**Vol.Cum. M3**
	Terrain supprimé	4.11	205.1	47586.33

ANNEXE F2

	Type de surface	Surface	Vol.Inc.	Vol.Cum.
		m2	**m3**	**m3**
Abscisse: 31+000.000	Ballast	**2.40**	**120.02**	**33170.82**
	Sous Ballast	**1.69**	**84.47**	**21890.49**
	Couche De Fondation	**1.35**	**67.54**	**17427.37**
	Couche De Forme	**3.43**	**171.55**	**44028.87**

Rapport Quantitative de Matériaux

ANNEXE F3

Rapport Quantitative de Remblais et Déblais

Abscisse	Surface de déblai (m2)	Volume de déblai (m3)	Volume réutilisable (m3)	Surface de remblai (m2)	Volume de remblai (m3)	Vol. déblai Cum. (m3)	Vol. réutilisable Cum. (Cu.m.)	Vol. remblai Cum. (m3)	Vol. Net Cum. (m3)
31+000.000	6.75	289.48	289.48	7.1	360.25	135377.5	135377.5	23908.51	111469

ANNEXE G

Slope stability analysis

Input data

Project

Date : 6/19/2023

Settings

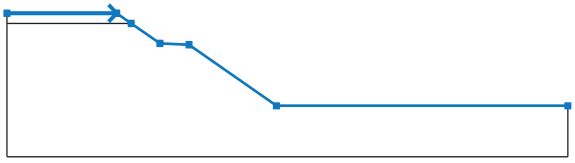
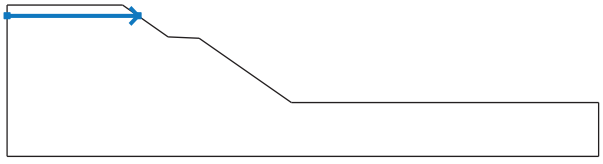
(input for current task)

Stability analysis

Earthquake analysis : Standard
Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors			
Permanent design situation			
Safety factor :	SF_s =	1.50	[–]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	7.66	11.28	7.66	12.78	6.66
		15.72	4.70	18.72	4.58	27.72	-1.42
		57.70	-1.42				
2		0.00	6.66	12.78	6.66		

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
1	Argile Sableuse q		20.00	12.00	20.00

ANNEXE G

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
2	Argile Sableuse caracteristique		28.00	15.00	20.50

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [–]
1	Argile Sableuse q		21.00		
2	Argile Sableuse caracteristique		21.00		

Soil parameters

Argile Sableuse q

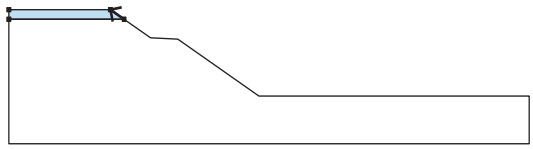
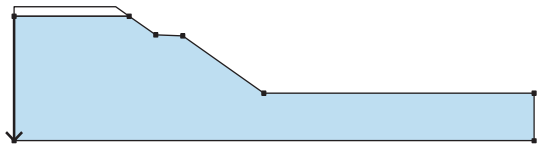
Unit weight : γ = 20.00 kN/m³
Stress-state : effective
Angle of internal friction : φ_{ef} = 20.00 °
Cohesion of soil : c_{ef} = 12.00 kPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 21.00 kN/m³

Argile Sableuse caracteristique

Unit weight : γ = 20.50 kN/m³
Stress-state : effective
Angle of internal friction : φ_{ef} = 28.00 °
Cohesion of soil : c_{ef} = 15.00 kPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 21.00 kN/m³

Assigning and surfaces

ANNEXE G

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		12.78	6.66	11.28	7.66	Argile Sableuse q
		0.00	7.66	0.00	6.66	
2		0.00	6.66	0.00	-6.42	Argile Sableuse caracteristique
		57.70	-6.42	57.70	-1.42	
		27.72	-1.42	18.72	4.58	
		15.72	4.70	12.78	6.66	

Surcharge

No.	Type	Type of action	Location z [m]	Origin x [m]	Length l [m]	Width b [m]	Slope α [°]	Magnitude q, q_1, f, F	q_2	unit
1	strip	permanent	on terrain	x = 31.00	l = 8.50		0.00	50.00		kN/m²
2	strip	permanent	on terrain	x = 41.00	l = 8.50		0.00	50.00		kN/m²

Surcharges

No.	Name
1	1
2	2

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Earthquake not included.

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	26.01	[m]	Angles :	α_1 =	-55.92	[°]
	z =	19.32	[m]		α_2 =	4.71	[°]
Radius :	R =	20.81	[m]				
The slip surface after optimization.							

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : F_a = 451.81 kN/m
Sum of passive forces : F_p = 902.50 kN/m

Sliding moment : M_a = 9402.24 kNm/m
Resisting moment : M_p = 18781.01 kNm/m

Factor of safety = 2.00 > 1.50
Slope stability ACCEPTABLE

ANNEXE G

Slope stability analysis

Input data

Project

Date : 6/19/2023

Settings

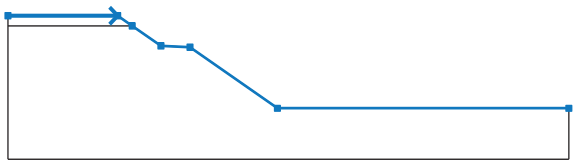
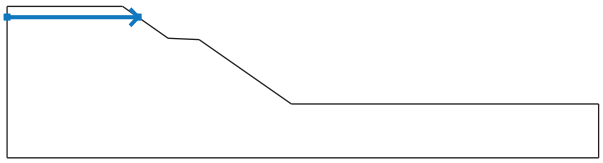
(input for current task)

Stability analysis

Earthquake analysis : Standard
Verification methodology : Safety factors (ASD)

Safety factors			
Seismic design situation			
Safety factor :	SF_s =	1.10	[–]

Interface

No.	Interface location	Coordinates of interface points [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0.00	7.66	11.28	7.66	12.78	6.66
		15.72	4.70	18.72	4.58	27.72	-1.42
		57.70	-1.42				
2		0.00	6.66	12.78	6.66		

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]
1	Argile Sableuse q		20.00	12.00	20.00
2	Argile Sableuse caracteristique		28.00	15.00	20.50

ANNEXE G

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [–]
1	Argile Sableuse q		21.00		
2	Argile Sableuse caracteristique		21.00		

Soil parameters

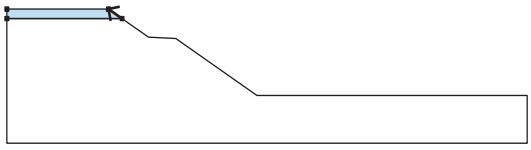
Argile Sableuse q

Unit weight : γ = 20.00 kN/m³
Stress-state : effective
Angle of internal friction : φ_{ef} = 20.00 °
Cohesion of soil : c_{ef} = 12.00 kPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 21.00 kN/m³

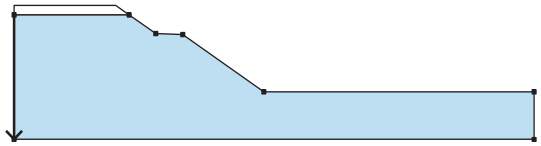
Argile Sableuse caracteristique

Unit weight : γ = 20.50 kN/m³
Stress-state : effective
Angle of internal friction : φ_{ef} = 28.00 °
Cohesion of soil : c_{ef} = 15.00 kPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 21.00 kN/m³

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		12.78	6.66	11.28	7.66	Argile Sableuse q
		0.00	7.66	0.00	6.66	

ANNEXE G

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
2		0.00	6.66	0.00	-6.42	Argile Sableuse caracteristique
		57.70	-6.42	57.70	-1.42	
		27.72	-1.42	18.72	4.58	
		15.72	4.70	12.78	6.66	

Surcharge

No.	Type	Type of action	Location z [m]	Origin x [m]	Length l [m]	Width b [m]	Slope α [°]	Magnitude q, q_1, f, F	Magnitude q_2	Magnitude unit
1	strip	permanent	on terrain	x = 31.00	l = 8.50		0.00	50.00		kN/m2
2	strip	permanent	on terrain	x = 41.00	l = 8.50		0.00	50.00		kN/m2

Surcharges

No.	Name
1	1
2	2

Water

Water type : No water

Tensile crack

Tensile crack not input.

Earthquake

Horizontal seismic coefficient : K_h = 0.0750
Vertical seismic coefficient : K_v = 0.0225

Settings of the stage of construction

Design situation : seismic

Results (Stage of construction 1)

Analysis 1

ANNEXE G

Circular slip surface

Slip surface parameters							
Center :	x =	26.07	[m]	Angles :	α_1 =	-54.24	[°]
	z =	20.51	[m]		α_2 =	4.30	[°]
Radius :	R =	21.99	[m]				
The slip surface after optimization.							

Slope stability verification (Bishop)

Sum of active forces : F_a = 531.61 kN/m
Sum of passive forces : F_p = 907.69 kN/m

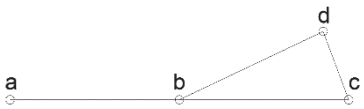
Sliding moment : M_a = 11690.15 kNm/m
Resisting moment : M_p = 19960.02 kNm/m

Factor of safety = 1.71 > 1.10
Slope stability ACCEPTABLE

ANNEXE H

Coordonnées d'Appareil de Voie

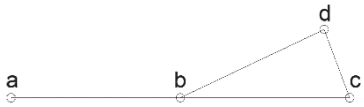
(1) ADV-60E1-500-1:12-D



	X	Y
a	425038.4874	3897358.9828
b	425032.8147	3897338.9741
c	425027.1419	3897318.9655
d	425025.4999	3897319.5057

Coordonnées d'Appareil de Voie

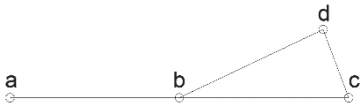
(3) ADV-60E1-500-1:12-G



	X	Y
a	424997.6042	3897233.1123
b	424991.9314	3897213.1037
c	424986.2586	3897193.0950
d	425987.9399	3897192.6930

Coordonnées d'Appareil de Voie

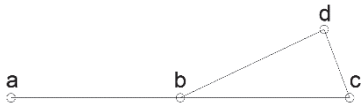
(2) ADV-60E1-500-1:12-G



	X	Y
a	425005.9656	3897262.6044
b	425011.6384	3897282.6131
c	425017.3111	3897302.6218
d	425018.9532	3897302.0816

Coordonnées d'Appareil de Voie

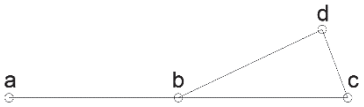
(4) ADV-60E1-300-1:9-D



	X	Y
a	424974.7032	3897134.0063
b	424980.3759	3897154.0150
c	424986.0487	3897174.0237
d	424984.3675	3897174.4256

Coordonnées d'Appareil de Voie

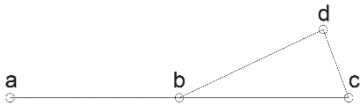
(5) ADV-60E1-300-1:9-D



	X	Y
a	424974.6413	3897162.7003
b	42473.1092	3897146.7148
c	424968.5770	3897130.7293
d	424966.8394	3897131.3276

Coordonnées d'Appareil de Voie

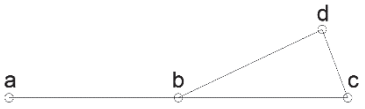
(7) ADV-60E1-300-1:9-G



	X	Y
a	424724.9811	3896411.6304
b	424718.3966	3896396.3752
c	424711.8121	3896381.1200
d	424713.5371	3896380.4862

Coordonnées d'Appareil de Voie

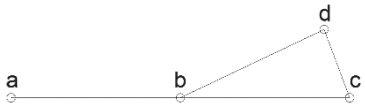
(8) ADV-60E1-300-1:9-G



	X	Y
a	424728.84	3896420.59
b	424720.597	3896401.496
c	424712.354	3896382.403
d	424713.96	3896381.784

Coordonnées d'Appareil de Voie

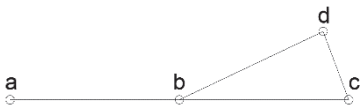
(9) ADV-60E1-500-1:12-G



	X	Y
a	424650.9793	3896227.5626
b	424642.7376	3896208.4681
c	424634.4960	3896189.3735
d	424636.1102	3896188.7550

Coordonnées d'Appareil de Voie

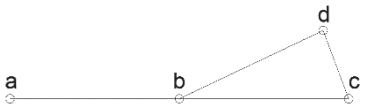
(10) ADV-60E1-500-1:12-D



	X	Y
a	424615.3096	3896132.3044
b	424623.5512	3896151.3990
c	424631.7929	3896170.4936
d	424630.1787	3896171.1120

Coordonnées d'Appareil de Voie

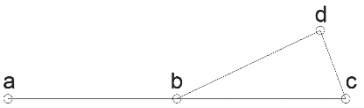
(11) ADV-60E1-500-1:12-D



	X	Y
a	424615.3096	3896132.3044
b	424623.5512	3896151.3990
c	424631.7929	3896170.4936
d	424630.1787	3896171.1120

Coordonnées d'Appareil de Voie

(12) ADV-60E1-500-1:12-D



	X	Y
a	424615.3096	3896132.3044
b	424623.5512	3896151.3990
c	424631.7929	3896170.4936
d	424630.1787	3896171.1120