République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة

فرنسـيس جانســون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson

Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Etude APD de dédoublement, modernisation et/ou rectification de tracé pour augmenter la capacité de la ligne minière Est Oued Keberit – Djebel Onk, sous tronçon Oued Keberit – Sidi Yahia du PK 55+750 au PK 76+675, avec la conception de la gare mixte de Sidi Yahia.

Présenté par :

HABCHI Mohamed Lokmane
BELDJOUHAR Mohamed Abdelkarim

Encadré par :

Mr. RAHMANI Mohamed El Hachemi

Promotion 2020 / 2021

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

ملخص:
قدرة لزيادة الطريق تصحيح أو / و والتحديث للازدواجية الأولي التفصيلي التصميم ودراسة تصميم المشروع هذا يجمع أونك وجبل كيبريت واد شرق التعدين خط.

يبدأ القسم الذي تمت دراسته من PK 55+750 إلى PK 76+675 ، على خط طوله 20.9 كم ، والذي من المخطط تصميمه لتصميم محطة مختلطة في مدينة سيدي يحيى.

تم تطوير المشروع وفقا للمعايير الدولية "UIC" (الاتحاد الدولي للسكك الحديدية)، والتوصيات الجزائرية من "SNTF" (الشركة الوطنية لنقل السكك الحديدية) باستخدام برنامج التصميم الهندسي " CIVIL3D 2020"،

و « AUTOCAD 2018 ».« COVADIS 2013»

الكلمات الرئيسية : التصميم والدراسة، السكك الحديدية، والمحطة المختلطة

Abstract:
This project synthesizes the design and study of preliminary detailed design of duplication, modernization and/or rectification of the route to increase the capacity of the mining line East Oued KebErit - Djebel Onk.

The section studied starts from PK 55+750 to PK 76+675, on a linear of 20.9 Km, on which it is planned to design a mixed station of the city of Sidi Yahia.

The project was developed according to the international standards 'UIC' (International Railway Union), and the Algerian recommendations of the 'SNTF' (National Railway Transport Company) using the geometric design software "Civil 3D 2020", « COVADIS 2013» and « AUTOCAD 2018 ».

Keywords : the conception and study, railway, passenger train station.

Résumé :

Le présent projet synthétise la conception et l'étude d'avant-projet détaillé de dédoublement, modernisation et/ou rectification du tracé pour augmenter la capacité de la ligne minière Est Oued Keberit - Djebel Onk.
Le tronçon étudié démarre du PK 55+750 au PK 76+675, sur un linéaire de 20.9 Km, sur lequel on prévoit une conception d'une gare mixte de la ville de Sidi Yahia.

Le projet a été élaboré suivant les normes international 'UIC' (Union International de chemin de fer), et les recommandations Algériennes de la 'SNTF' (Société Nationale de Transport Ferroviaire) en utilisant le logiciel de conception géométrique « Civil 3D 2020 », « COVADIS 2013» et « AUTOCAD 2018 ».

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

Remerciement

Nous remercions avant tout le dieu qui nous a donné le courage et la volanté pour réaliser ce travail.

On tient à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre encadreur M. RAHMANI Mohamed El Hachemi pour sa disponibilité, son écoute et ses précieux conseils.

Nous exprimons nos sincères remerciements à M.MORSLI Hocine pour son accueil au niveau du lieux de stage et son aimable soutien.

Nous tenons à remercier vivement l'ensemble du personnel de SYSTRA Algérie pour nous avoir accueillis, acceptés parmi eux et mis à notre disposition tous les moyens nécessaires pour le bon déroulement de notre stage de fin d'études.

Un grand merci à notre ami LAIMECHE Rabah pour son précieux aide et le temps qu'il nous a consacré.

Nous remercions tous les enseignants de l'ENSTP qui nous ont formés durant notre cursus.

Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, et qui nous feront le plaisir d'apprécier.

Dédicace

A mes très chers parents, pour leurs encouragement, conseils et leurs soutiens

permanant durant toutes mes années d'études qui m'ont donnée un magnifique modèle de labeur et de persévérance.

À mes très chères sœurs, qui ont toujours été présent pour moi,

m'accordant ainsi donc une immense estime de fierté et de solidarité.

À toutes ma famille et mes proches.

Une dédicace à mon ami Abdelkarim et à l'ensemble de mes collègues.

Mohamed Lokmane

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents, aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler. Ce travail est le fruit des sacrifices qu'ils ont fait pour mon éducation et ma formation. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

A mes grands-parents pour le soutien que j'ai eu de leurs parts depuis mon enfance.

Une dédicace à mon ami Lokmane et à l'ensemble de mes collègues et mes proches.

Mohamed Abdelkarim.

LISTE DES SYMBOLES ET ABREVIATIONS

Symbole	Désignation	Unité
R	Rayon de raccordement circulaire	m
Rmin	Rayon minimal	m
Lmin	Longueur minimale de l'alignement droit	m
dmax	Dévers maximum	mm
I	Insuffisance de dévers	mm
Imax	Insuffisance de dévers maximal	mm
E	Excès de dévers	mm
Emax	Excès de dévers maximal	mm
dv	Dévers théorique	mm
L	Longueur de la courbe de transition	m
dp	Dévers pratique	mm
C	Coefficient de dévers	-
L_{RP}	Longueur du clotoïde	m
A	Paramètre de clotoïde	m
$R_{V\ min}$	Rayon verticale minimal	m
dd/dl	Variation de dévers en fonction de la longueur	-
dI/dt	Variation d'insuffisance de dévers	-
dd/dt	Variation de dévers en fonction du temps	-
Rp	Résistance de pointe	-
WP	Limite de plasticité	-
WL	Limite de liquidité	-
IP	Indice de plasticité	-
Ic	Indice de consistance	-
γh	Poids volumique humide	t/m^3
γd	Poids volumique sec	t/m^3
Sr	Degré de saturation	-
ω	Teneur en eau naturel	-
Rc	Résistance à la compression	MPa
C'	Cohésion fictive du sol	kPa
Φ'	Angle de frottement fictif	°
ES	Equivalent de sable	Cm
A	Superficie du bassin versant	Ha
Qa	Débit d'apport	m^3/s
Qs	Débit de saturation	m^3/s
Cr	Coefficient de ruissèlement	-
I	Intensité de la pluie	mm/h
T	Période de retour de l'averse	Ans
Tc	Temps de concentration	H
Sm	Section mouillée	m^2
Pm	Périmètre mouillée	m
Kst	Coefficient de rugosité	-
Rh	Rayon hydraulique	m
P	Pente moyenne du bassin versant	-

H	Différence entre la cote moyenne et la cote minimale	m
L	Longueur du bassin versant	Km
Qps	Débit a plein section	m^3/s
m	Pente du fossé	-
V	Vitesse d'écoulement	m/s

Abréviation Désignation

APD Avant-Projet Détaillé.
APS Avant-Projet Détaillé.
SNTF Société Nationale des Travaux Ferroviaire.
ANESRIF Agence Nationale d'Etudes et Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaire.
ANRH Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.
ORGM Office National de Recherche Géologique Et Minière.
UIC Union Internationale Chemin de fer.
GTR Guide des Terrassement Routier.
LRS Long Rail Soudé.
BV Bassin versant.
PU Puits de reconnaissance.
SP **S**ondage pressiométrique.
SC Sondage carotté.
PDL Essai de pénétration dynamique lourd.
OT Ouvrage en Terre.
OH Ouvrage Hydraulique.
QSi Classe du sol (UIC).
Pi Classe de la plateforme.
GC Grave concassée.
GNT Grave non traité.
RN Route Nationale.
CC Chemin Communal.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II.1 Les ouvrages d'arts projetés du projet. 9
Tableau III.1 Longueur minimale des alignements de tracé Lmin en (m) 11
Tableau III.2 Valeurs limites du dévers Dmax 14
Tableau III.3 Valeurs limites de l'insuffisance du dévers Imax 14
Tableau III.4 Valeurs limites de l'excès de dévers Emax 15
Tableau III.5 Valeurs limites de variation du divers en fonction du temps (SNTF) 16
Tableau III.6 Limite de variation de l'insuffisance de dévers recommandés (SNTF) 16
Tableau III.7 Les valeurs calculées pour notre projet. 17
Tableau III.8 Les zones de rectifications et des dédoublements. 18
Tableau III.9 Les données de l'arc choisi pour l'exemple 21
Tableau III.10 Valeurs limites de la longueur minimales 24
Tableau III.11 Valeurs limites de rayon du profil en long 24
Tableau III.12 Paramètres du projet 25
Tableau III.13 Les coordonnées des points de profil en long 26
Tableau III.14 Caractéristique du notre profil en travers 28
Tableau IV.1 Présentation des formations par familles géotechniques 30
Tableau IV.2 Coefficient d'accélération de zone 31
Tableau IV.3 Démarche adoptée pour la détection et la gestion des risques 32
Tableau IV.4 Localisation des puits de reconnaissance et description lithographique 34
Tableau IV.5 Récapitulatif des sondages carottés 38
Tableau IV.6 Récapitulatif des essais pressiomètres 39
Tableau IV.7 Récapitulatif des essais au pénétromètre dynamique lourd 39
Tableau IV.8 Programme de reconnaissance géotechnique (Essais au laboratoire) 40
Tableau IV.9 Paramètres géo mécaniques des formations reconnues sur le LOT 05 41
Tableau V.1 Les sections en remblais 42
Tableau V.2 Les zones de remblais entre PK55+750 et PK 77+000. 42
Tableau V.3 Les sections en Déblais 43
Tableau V.4 Les zones de déblais entre PK55+750 et PK 77+000. 43
Tableau V.5 Valeurs des contraintes sismiques en fonction du coefficient d'accélération. 44
Tableau V.6 Les caractéristiques mécaniques des déblais 44
Tableau V.7 Récapitulatif des résultats de vérification de stabilité des talus en déblais. 44
Tableau V 8 Valeurs des contraintes sismiques en fonction du coefficient d'accélération. 46
Tableau V.9 Les caractéristiques mécaniques des remblais. 46
Tableau V.10 Récapitulatif des résultats de vérification de stabilité des talus en remblais 47
Tableau V.11 Récapitulatif des volumes de terrassement 47
Tableau V.12 Récapitulatif des volumes des couches d'assise 47
Tableau V.13 Classification de la qualité des sols (UIC 719R) 49
Tableau V.14 La classe de portance de la plateforme (fiche 719R) 50
Tableau V.15 Catégories pour la granularité norme (Norme NF 13450) 51
Tableau V.16 Catégories pour les valeurs maximales du coefficient d'aplatissement (Norme NF 13450) 52
Tableau V.17 Catégories pour la teneur en grains fins (Norme EN 13450) 52
Tableau V.18 Tableau des épaisseurs de la couche d'assise. 54
Tableau VI.1 Caractéristiques morpho métriques du bassin versant de l'oued Mellègue 55
Tableau VI.2 Moyenne annuelles et mensuelles des températures à la station de Tébessa 56
Tableau VI.3 Valeurs des pluies journalières selon les fréquences choisies 57
Tableau VI.4 La délimitation des bassins versants 57

Tableau VI.5 Les valeurs de C1.....60
Tableau VI.6 Les valeurs de C2.....60
Tableau VI.7 Les valeurs de C3.....60
Tableau VI.8 valeurs du paramètre « a » selon les fréquences 61
Tableau VI.9 valeurs du paramètre « b » selon la station. 61
Tableau VI.10 Les valeurs de débit d'apport pour chaque bassins versants 63
Tableau VI.11 valeurs du coefficient de rugosité 65
Tableau VI.12 La vérification hydraulique des ouvrages d'assainissement transversaux (type dalot) 66
Tableau VI.13 La vérification hydraulique des conditions d'auto-curage 67
Tableau VI.14 La vérification hydraulique des ouvrages d'assainissement transversaux (type buse) …… ….....68
Tableau VI.15 Coefficient de ruissellement (fossé) 69
Tableau VI.16 Coefficient de Strickler (fossé) 69
Tableau VI.17 Calcul des débits à évacuer dans le cas de remblai et déblai.....70
Tableau VIII.1 Les déclivités dans les gares 83
Tableau X.1 Evaluations des impacts prévisibles et les mesure à prendre pour chaque phase du projet (Impacts sonores)……..90
Tableau X.2 Evaluations des impacts prévisibles et les mesure à prendre pour chaque phase du projet (Risque d'accidents)……..……91
Tableau X.3 Evaluations des impacts prévisibles et les mesure à prendre pour chaque phase du projet (air) ……...91
Tableau X.4 Les effets des sources d'impacts……..91
Tableau X.5 Les sources d'impacts du projet et leurs répercutions…….92

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 Schéma exemplaire d'une alimentation avec le système 1X25KV. 3
Figure I.2 Schéma exemplaire du système d'alimentation 2X25 4
Figure I.3 Architecture des sous stations, poste de sectionnements et zones neutres 4
Figure I.4 Pantographe 5
Figure II.1 Réseau ferroviaire Algérien, existant et futur.....6
Figure II.2. La wilaya de Tébessa 7
Figure III.1 Les éléments du tracé en plan.....11
Figure III.2 les positions des dévers 12
Figure III.3 Schéma du dévers..... 13
Figure III.4 Déclivités maximales admissibles 24
Figure III.5 Schéma de raccordement circulaire 25
Figure IV.1 Géologie du LOT 05 (extrait de la carte géologique au 1/50 000ème n° 150, ORGM) 30
Figure IV.2 Carte de zonage sismique du territoire national (extrait RPOA) 31
Figure V.1 Structure d'assise avec couche de forme intégrée 50
Figure V.2 Structure d'assise avec couche de forme rapportée 51
Figure VI.1 Les bassins versants de l'Algérie 55
Figure VI.2 Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien. 56
Figue VI.3 Fosse trapézoïdale 68
Figure VII.1 Les constituants de la voie ferrée 72
Figure VII.2 Rail à gorge.....73
Figure VII.3 Rail à double champignon. 73
Figure VII.4 Rail à Vignole 73
Figure VII.5 Assemblage par éclissage 74
Figure VII.6 Assemblage par soudure 74
Figure VII.7 Travers en bois.....75
Figure VII.8 Travers Métallique.....76
Figure VII.9 Travers en béton monobloc et bi-blocs 77
Figure VII.10 Les Attache de type NABLA 77
Figure VII.11 Les Attaches de type E-clip.....77
Figure VII.12 Ballast sur la voie.....78
Figure VII.13 Profil du ballast et répartition des charges.....78
Figure VII.14 un branchement et ces éléments constitutifs 79
FigureVIII.1 Garage franc 82
FigureVIII.2 Bordures des quais 83
FigureVIII.4 Appareil de voie tg 1/12 500 60E1 85
Figure VIII.5 Appareil de voie tg 1/9 190 60E1 85
Figure VIII.2 Schéma de la gare de Sidi Yahya 85
Figure IX.1 Système ERTMS. 89
Figure IX.2 signalisation lumineuse 89

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I ELECTRIFICATION

I.1. INTRODUCTION 3
I.2. LES TYPES DE SYSTEME D'ELECTRIFICATION 3
I.3. ÉQUIPEMENT D'ÉLECTRIFICATION 5

CHAPITRE II PRESENTATION DU PROJET

II.1. INTRODUCTION 6
II.2. PRESENTATION DE WILAYA DE TEBESSA 7
II.2.1. Situation géographique 7
II.2.2. Situation démographique 7
II.2.3. Le relief 8
II.2.4. Infrastructures de base existantes 8
II.3. OBJECTIFS DU PROJET 8
II.4. CARACTERISTIQUE TECHNIQUE DU TRACE LOT 05 9
II.5. LES OUVRAGES D'ART DU PROJET 9

CHAPITRE II ETUDE GEOMETRIQUE DE LA VOIE

III.1. TRACE EN PLAN 10
III.1.1. Règles à respecter dans le tracé en plan 10
III.1.2. Catégorie de trafic 10
III.1.3. Elément du tracé en plan 11
III.1.4. Phasage des travaux pour dédoublement de la plateforme 19
III.1.5. Application numérique 20
III.1.6. Calcul des paramètres d'établissement du tracé 21
III.2. PROFIL EN LONG 23
III.2.1. Règle a respecté dans le profil en long 23
III.2.2. Les éléments du profil en long 23
III.2.3. Coordination du tracé en plan et du profil en long 25
III.2.4. Calcul des paramètres du projet 25
III.2.5. Exemple de calcul 26

Sommaire

III.3. Profil en travers 27
III.3.1. Les éléments du profil en travers 27
III.3.2. Le profil en travers type 27
III.3.3. Les profils en travers affectés au projet 28

CHAPITRE III ETUDE GEOTECHNIQUE

IV.1. APERÇUE GEOLOGIQUE..... 29
IV.1.1. Topographie du site..... 29
IV.1.2. Géologie locale..... 29
IV.1.3. Sismicité..... 30
IV.2. RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE 32
IV.2.1. Risque géotechnique 32
IV.2.2. Principes généraux de la campagne géotechnique..... 33
IV.2.3. Types et objectifs des essais 33
IV.2.4. Essai in-situ 33
IV.2.4.1. Étude de fondations des ouvrages hydrauliques 33
IV.2.4.2. Caractérisation des ouvrages en terre..... 34
IV.2.4.3 Programme géotechnique 34
IV.2.5. Essai au laboratoire 40
IV.2.6. Conclusion..... 41

CHAPITRE IV TERRASSEMENT ET ASSISE DE VOIE

V.1. SECTION EN REMBLAI..... 42
V.2. SECTION EN DEBLAI..... 43
V.3. VERIFICATION DE STABILITE DES TALUS 44
V.3.1. Application de l'étude de Stabilité des talus en déblai ..... …..44
V.3.2. Réutilisation des matériaux en déblai ..... …..45
V.3.3. Application de l'étude de Stabilité des talus en remblai..... …..46
V.4. CALCUL DES VOLUMES DE TERRASSEMENT..... …..47
V.5. PLATE-FORME FERROVIAIRE..... …..48
V.5.1. Classification de la plate-forme……. …….....48
V.6. DIMENSIONNEMENT DE LA COUCHE D'ASSISE..... 50
V.6.1. Types de structures d'assise..... …..50

Sommaire

V.6.2. Les constituants de la couche d'assise 51
V.7. STRUCTURES D'ASSISE RETENUES 54

CHAPITRE VI ETUDE HYDROLOGIQUE ET ASSAINISSEMENT

VI.1. PRESENTATION HYDROLOGIQUE DE LA ZONE 55
VI.1.1. Présentation générale 55
VI.1.2. Le climat 56
VI.1.3. Caractéristiques des bassins versants 57
VI.1.4. Estimation des débits d'apport (Qa) 59
VI.1.5. Application sur le projet 62
VI.2. ETUDE HYDRAULIQUE DE LA ZONE 64
VI.2.1. Drainage longitudinal 64
VI.2.2. Drainage transversal 64
VI.2.3. Application sur le projet 65
VI.3. CONCLUSION 71

CHAPITRE VII SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

VII.1. COMPOSANTES DE LA VOIE 72
VII.1.1 Les rails 72
VII.1.2. Les longs rails soudes 75
VII.1.3 Les travers 70
VII.1.4. Les attaches 76
VII.1.5. Le ballast 77
VII.1.6. Les appareils de voies 78
VII.2. Caractéristique et Type d'Installation pour Notre Projet ..... .79

Sommaire

CHAPITRE VIII CONCEPTION DE LA GARE DE SIDI YAHYA

VIII.1 INTRODUCTION..... 80

VIII.2 TYPES DE GARES 80

VIII.3 ETUDE DU PLAN DE MASSE D'UNE GARE 80

VIII.4 CONDITIONS DE CONCEPTION DES GARES 80

VIII.5 CONCEPTION GENERALE D'UNE GARE 81

VIII.6 LA GARE DE SIDI YAHYA 84

VIII.7 DESCRIPTION DU PLAN DES VOIES ET DES INSTALLATIONS 84

VIII.8 ASSAINISSEMENT DE LA GARE.....85

CHAPITRE IX SIGNALISATION

IX.1. INTRODUCTION…….86
IX.2. OBJECTIFS DE LA SIGNALISATION……...87
IX.3. SIGNAUX LUMINEUX……88

CHAPITRE X ETUDE D'IMAPCT SUR L'ENVIRENEMENT

X.1. INTRODUCTION…….89
X.2. DELIMITATION DE LA ZONE D'ETUDE……89
X.2.1. Zone d'influence indirecte…….89
X.2.2. Zone d'influence directe…….89
X.3. DESCRIPTION DE SITE ET SON ENVIRONNEMENT……89
X.3.1. Environnement physique……89
X.3.2. Environnement biologique…….90
X.4. IMPACTS SONORES……90
X.5. RISQUE D'ACCIDENTS……..91
X.6. IMPACTS SUR LA QUALITE DE L'AIR……91
X.7. IDENTIFICATION DES EFFETS DU PROJET……...91
X.8. IDENTIFICATION DES IMPACTS DU PROJET……92
X.9. CONCLUSION……...…92

CHAPITRE XI DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF.....93

CONCLUSION GENERALE 96

BIBLIOGRAPHIE.

ANNEXES.

Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE

Le développement durable fait partie de nos priorités lorsque nous commençons à travailler sur un projet, nous intégrons le transport collectif à l'aménagement du territoire pour créer des communautés dynamiques où il fait bon vivre. Ses infrastructures et équipements de transport collectif constituent un élément primordial pour garantir la liberté de déplacement des personnes et des biens, et pour assurer le fonctionnement et le développement de l'économie.
Parmi ces infrastructures on distingue le transport ferroviaire qui permet d'offrir aux voyageurs et aux chargeurs des services compétitifs avec les autres modes de transport, sur l'ensemble du territoire, pour répondre à des besoins très diversifiés, il est même devenu un enjeu économique, social et écologique. Avec d'autant d'avantages par rapport au transport routier, Il constitue également le moyen de transport le mieux adapté pour le déplacement de gros volumes sur de longues distances.
L'Algérie a réussi à développer son réseau des chemins de fer en agissant d'une manière optimiste suivant des programmes de développement bien étudiés.
Le réseau des chemins de fer algérien est aujourd'hui parmi les plus modernes d'Afrique. L'ambition des pouvoirs publics est de connecter toutes les villes d'Algérie entre elles par le réseau ferroviaire. Actuellement ce réseau est de plus de 4 000 km.

Notre thème qui consiste à établir une étude d'avant-projet détaillé APD pour la mise en double voie afin d'augmenter la capacité de la ligne ferroviaire minière Est, de ce fait, l'étude était répartie en trois sections :
Première section de la wilaya de ANNABA à BOUCHEGHOUF.
Deuxième section de BOUCHEGHOUF à OUED KEBERIT.
Troisième section de OUED KEBERIT à DJEBEL ONK.
Pour notre part nous nous sommes intéressés au sous tronçon de 21km reliant OUED KEBRIT - TEBESSA. Il débute de la gare d'OUED-KEBRIT PK 55+750 et se termine au PK 76+675. Afin de procéder à cette étude, on l'a reparti en dix chapitres :

Chapitre I : Electrification ferroviaire, ce chapitre bibliographique permet d'avoir une idée générale sur l'électrification ferroviaire et ses systèmes pour alimenter en énergie électrique les trains.

Chapitre II : Présentation du projet, ce chapitre présente la wilaya de Tébessa (situation géologique et démographique, relief),leur infrastructure de base (réseau routier et ferroviaire), et à la fin une description général du projet.

Chapitre III : L'étude géométrique, cette partie permet de désigner les caractéristiques géométriques nécessaires selon les normes spécifiques utilisée pour ce contexte tel qu'UIC (Union international des chemins de fer), SNCF (société nationale des chemins de fer France) et SNTF (société nationale de transport ferroviaire), Dans cette partie on a passé par trois chapitres principaux le tracé en plan, profil en long et profil en travers, en respectant toutes les exigences techniques des normes.

Chapitre IV: L'étude géotechnique, cette partie permet d'identifier la composition du sol support et de donner les caractéristiques géotechniques des différentes couches rencontrées, àpartir des essais in situ et des essais au laboratoire.

Chapitre V : Terrassement et assise de voie s'intéresse aussi à identifier les caractéristiques des matériaux utilisé pour la construction du remblai, les pentes des talus et la couche d'assise.

Chapitre VI : L'étude hydrologique et assainissement, dans cette partie on étudie la pluviométrie de la zone et déterminer les bassins versants pour dimensionner des exutoires a but d'évacuer les eaux de précipitation sur le long de tracé.

Chapitre VII : Superstructure de la voie, ce chapitre donne les définitions du rail et ces types, les différents systèmes de raccordement des rails, la définition des Long Rail Soudés (LRS), les traverses et ces différents types, les attaches, le ballast et on termine par un aperçu sur les appareils de voie.

Chapitre VIII : La conception de la gare de Sidi Yahya , cette phase consiste à proposer une conception adaptée au site, s'effectue en tenant compte des fonctions de toutes les installations de base qui la constituent et on répond au tout besoin.

Chapitre IX : La signalisation ferroviaire, dans cette partie on étudie la signalisation ferroviaire destinées à assurer la sécurité des usagers du rail.

Chapitre X : Pour un projet qui s'insère dans son environnement, on s'y focalisé sur l'analyse des impacts du projet sur l'environnement naturel, social et socio-économique, avec une préoccupation des terres agricoles et des reboisements affectés par le projet, on a proposé des mesures à prendre pour minimiser le maximum de ces impactes.

Chapitre XI : Devis quantitatif et estimatif, ce chapitre permet d'avoir une idée générale sur le cout du notre projet.

Enfin, ce mémoire est clôturé par une conclusion générale qui présente l'ensemble des résultats escomptés et les perspectives recommandés.

Recherche bibliographique

CHAPITRE I ELECTRIFICATION

I.1. INTRODUCTION

Le système d'électrification fait l'objet d'une étude pour décrire les critères de base pour la conception avec les critères mécaniques et électriques appropriées.
On peut diviser un système d'électrification en cinq grands ensembles :

- Lignes de haute tension pour l'alimentation des sous stations (Lignes HT SONELGAZ).
- Sous station de traction abaisseurs et ces équipements.
- Lignes d'alimentation du matériel mobile transportant l'énergie.
- Matériel mobile (trains).
- Circuit de retour.

I.2. LES TYPES DE SYSTEME D'ELECTRIFICATION

Afin de garantir l'alimentation en énergie, il existe deux systèmes d'électrification :

- Le système 1X25 KV /50Hz.
- Le système 2X25 KV /50Hz.

Pour notre projet, on propose l'utilisation du système 1X25 KV /50Hz

❖ Le système 1x25 kv /50hz

Dans le système 1X25Kv, l'alimentation est faite par l'intermédiaire de transformateurs monophasés (ou plusieurs), le courant industrielle HT (Haute Tension) est reçu coté primaire,donnant coté secondaire une tension de 25 KV-50Hz.
L'énergie est donc transportée par les caténaires jusqu'à son point d'utilisation pour être captée par le pantographe ensuite transformée sur la machine pour alimenter les moteurs de traction.
Il rejoint les rails par l'intermédiaire des essieux et des roues et retourne à la sous-station, à la fois par le sol et par les rails qui sont eux même reliés à la sous station par des câbles constituant l'arrière de retour.

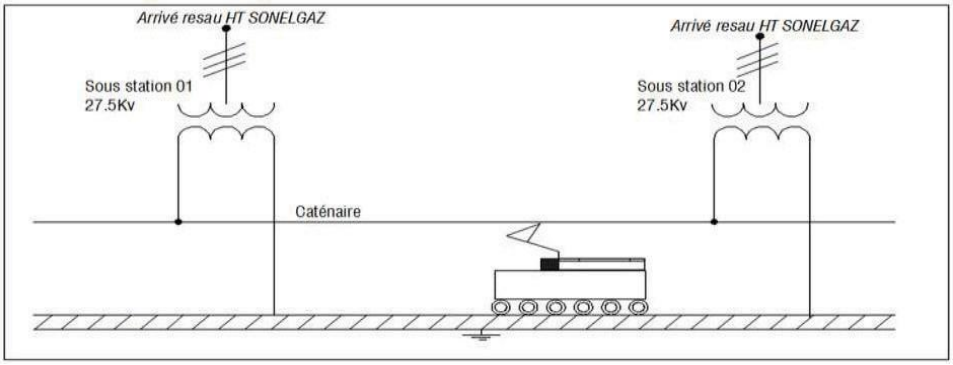


Figure I.1 Schéma exemplaire d'une alimentation avec le système 1X25KV.

❖ Le système 2x25 kv /50hz

Dans le système 2X25Kv, les autotransformateurs sont utilisés pour fournir une tension double par rapport la tension d'alimentation du matériel roulant.
L'avantage de ce système est que la tension du pantographe reste à 25Kv, mais la potentialité est supérieure puisqu'en fournissant de l'énergie à 50KV, les courants sont

partagés a deux, et donc les chutes de tension sont inférieures, ce qui nous permet d'augmenter la longueur des sections avec, et par conséquence, une réduction du nombre des sous stations.

Le système d'électrification 2x25KV nécessite des intervalles réguliers de postes autotransformateurs permettant de minimiser les chutes de tension ce qui permet d'augmenternotablement l'intervalle entre sous-stations de traction.
Dans le système 2x25 kV, on peut estimer une distance de séparation maximale entre les sousstations d'approximativement 55 – 70 km. Ces valeurs peuvent varier en fonction du trafic, caténaire employé, vitesse de la ligne, etc.

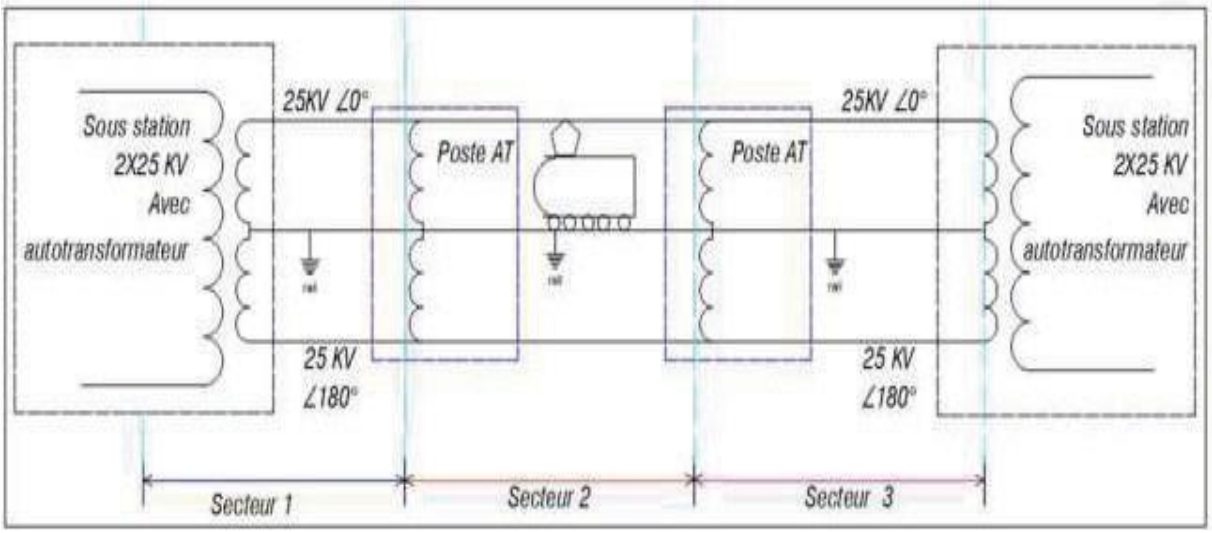


Figure I.2 Schéma exemplaire du système d'alimentation 2X25 avec poste autotransformateurs.

Architecture du système 1X25

La distance de séparation entre les sous stations varie de 30 à 45 Km selon les caractéristiquesdu tracé, vitesse maximale, trafic, tonnage transporté, et le type du matériel roulant. Par conséquent pour l'alimentation de la ligne objet de cette étude, qui a une longueur maximale de 38 km avec le système 1X25kv, 2 sous stations sont nécessaires avec un espacement maximum de 20 km. Le système d'alimentation 1x25 kV pour la ligne doit être conçu selon l'architecture suivante.

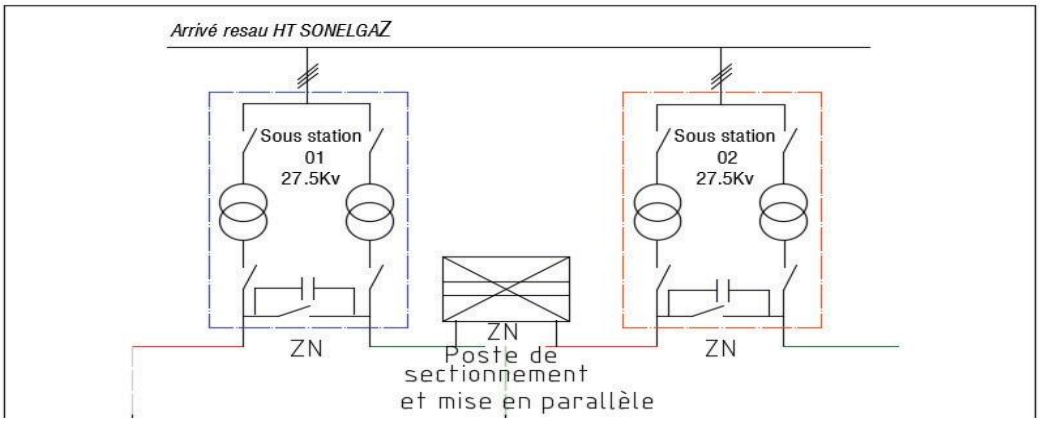


Figure I.3 Architecture des sous stations, poste de sectionnements et zones neutres

I.3. ÉQUIPEMENT D'ÉLECTRIFICATION

Le système d'électrification est doté d'équipements nécessaire

- **Les Supports :** le support est fréquemment en H en acier galvanisé, l'ancrage au sol est réalisé par une fouille bétonnée par des tiges. Généralement les supports utilisés pour la caténaire 25Kv sont de type HE-A, HE-B ou parfois jumelés (JHE-A, JHEB).
- **Le fil de contact :** le fil de contact rainuré fait partie du sous-système caténaire pour pouvoir transmettre l'énergie électrique aux locomotives, sur lesquels frotte le pantographe qui alimente l'engin moteur Pour le système d'alimentation 1X25 KV, le fil du contact recommandé est de 107mm² de section en cuivre dur électrolytique de 98% de conductibilité, sa masse est de 0.950 kg et sa charge de rupture a la traction de3831daN.



Figure I.4 Pantographe

- **Le feeder :** (AC Sr 228 ou 288mm2 à définir), qui participe à l'alimentation et à la distribution du courant de traction.
- **Circuit de retour :** Le circuit de retour du courant de la traction est composé du câble CDPA (câble de protection aérien) et les rails, des connexions rail – poteaux sont établies afin de mettre la liaison équipotentielle de l'ensemble du système. Les types de câbles à utiliser peuvent être en Al ou Al-acier.
- **Le Câble porteur :** Le porteur peut être en cuivre, bronze ou en acier, en fonction des critères dynamiques et des résultats du dimensionnement électrique.

À ce jour, la majorité des lignes du réseau ferroviaires en Algérie sont alimentées en traction électrique 1X25KV /50Hz. On se demandent pourquoi le système d'électrification 2X25KV /50Hz n'est pas utilisé en Algérie .

Chapitre II Présentation du projet

CHAPITRE II PRESENTATION DU PROJET

II.1. INTRODUCTION

L'Algérie a lancé depuis quelques années d'importants programmes d'infrastructures de base (autoroutes, nouvelles villes, lignes ferroviaires, habitat…). Étant donné l'augmentation du prix des matières premières sur les marchés internationaux, il est devenu nécessaire de chercher de nouveaux gisements et ressources minérales, pour pouvoir approvisionner ces grands chantiers et assurer le développement du pays à long terme.

Dans le cadre de son programme pour le développement des transports ferroviaires inscrit sur le Plan quinquennal du secteur du transport Algérien, l'ANESRIF prévoit l'aménagement du réseau ferroviaire national.

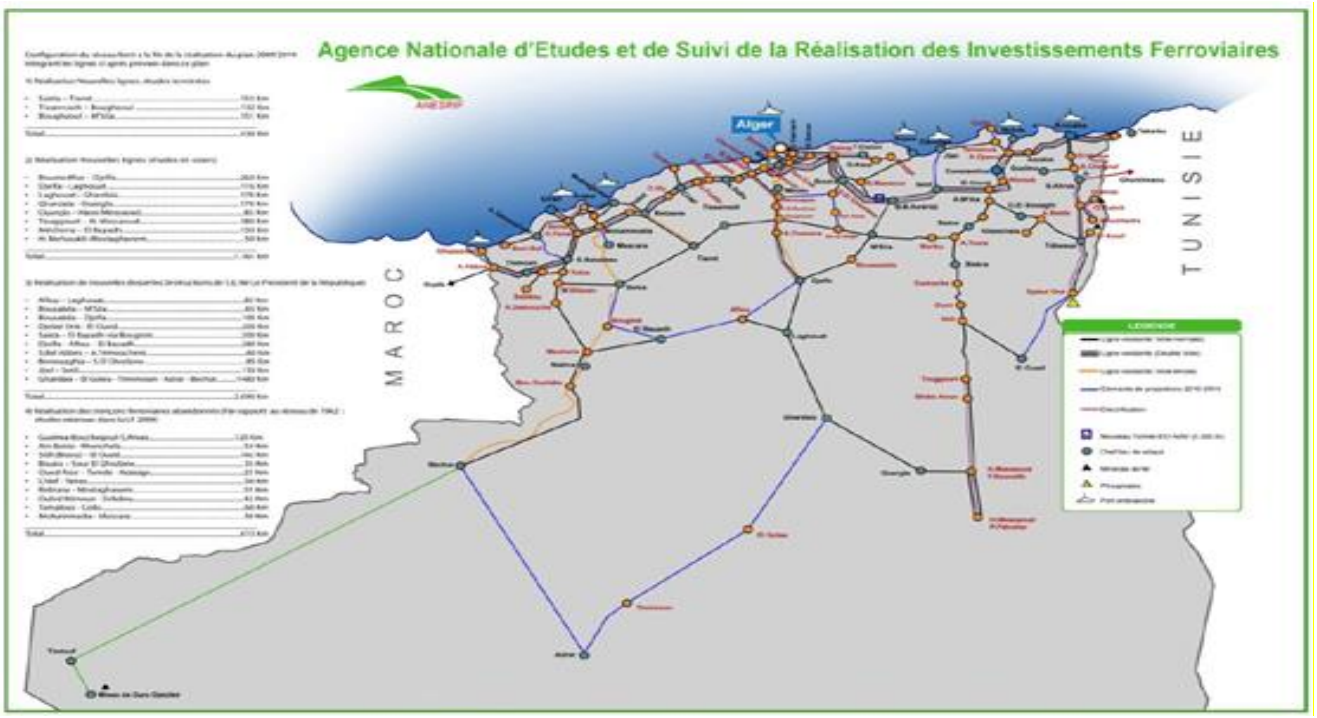


Figure I.1 Réseau ferroviaire Algérien, existant et futur

Les vieilles lignes ferroviaires nécessitent une modernisation et une augmentation de capacité, car ils ne repondent plus aux exigences des normes actualisées selon la SNTF et ces lignes sont incapables de supporter l'augmentation du trafic ferroviaire.

À cet effet 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 reliant les villes de ANNABA, SOUK AHRAS, TEBESSA et DJEBEL ONK. Cette réalisation est stratégique pour la région et elle permet le transport de quantité importante de minerai de fer provenant des mines de OUENZA et BOUKHADRA ainsi que les minerais de phosphate provenant de DJEBEL ONK situés dans la localité de BIR EL ATER.

Le plan de réalisation de ce projet priorise la section OUED KEBRIT- DJEBEL ONK sur un linéaire de 176km pour le transport du « phosphate ». Pour cela, l'étude de faisabilité du dédoublement de la ligne au niveau de cette section a été prise en charge sur deux tronçons distincts comme suit :

- Premier tronçon sur 68km OUED KEBRIT – TEBESSA.
- Deuxième tronçon sur 108km de TEBESSA - DJEBEL ONK.

Dans le cadre de ce projet, une étude d'avant-projet détaillé APD a été établie pour la mise en double voie afin d'augmenter la capacité de la ligne ferroviaire minière reliant la ville de Annaba à Djebel Onk sur 338 km à une vitesse de 120Km/h, nous nous sommes intéressés au sous tronçon de 21km du premier tronçon OUED KEBRIT - TEBESSA. Il débute de la gare d'OUED-KEBRIT PK 55+750 et se termine au PK 76+675.

II.2. PRESENTATION DE LA WILAYA DE TEBESSA

II.2.1. Situation géographique

La wilaya de Tébessa fait partie du grand ensemble régional des hauts plateaux Est.

C'est une wilaya frontalière avec la Tunisie sur une longueur 297Km (10 communes frontalières) et avec une superficie de 14227Km². Elle est limitée :

Au Nord par la wilaya de Souk Ahras.

A l'Ouest par la wilaya d'Oum El Bouaghi et Khenchla.

Au Sud par la wilaya d'el Oued.

A l'Est par la Tunisie.

II.2.2. Situation démographique

La population totale de la wilaya est estimée à 648 705 habitants, soit une densité de 46,7 hab/km²

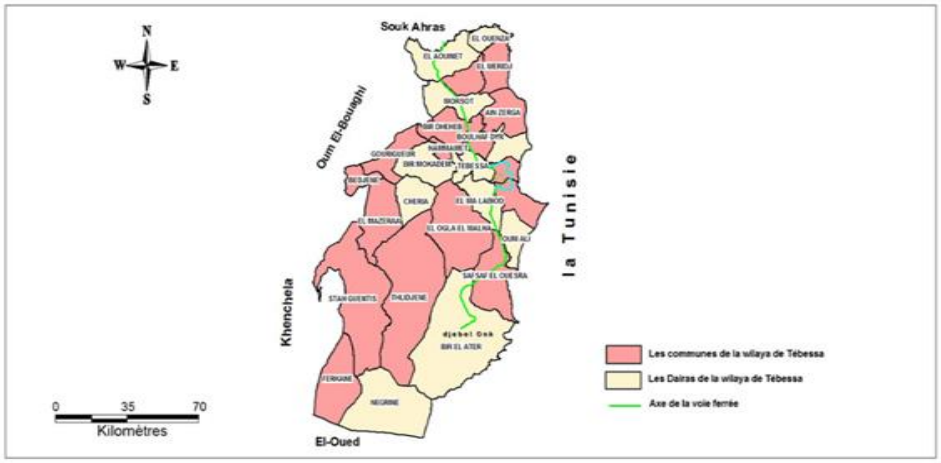


Figure I.2 La wilaya de Tébessa

II.2.3. Le relief

La Wilaya de Tébessa Les monts de Tébessa font partie de l'atlas saharien oriental. Ils forment un prolongement des Nemamcha, le terme « monts de Tébessa » est un ensemble hétérogène dont le seul lien apparent est encadré par le fossé Morsott-Tébessa.
Le passage des hautes plaines du Mellègue aux monts de Tébessa se manifeste par le resserrement des plaines et par l'agrégation des unités géomorphologiques tel que le val perché du Dyr et celui de Bourabaia.
Au sud, le fossé d'effondrement (Meddoud - Ain chabro) tranche brutalement les monts de Tébessa, interrompant des formes de reliefs sans être d'une symétrie parfaite.
Le fossé Chabro- Tébessa- Bekkaria : nommé fossé de Tébessa borde au Nord les massifs qui révèlent leurs formes avec une évidence d'autant plus impressionnante qu'il y est formé profondément un fossé dont la surface de remblais descend progressivement de 900 m
à Bekkaria et à 770m à Ain Chabro (Hammamet). Le graben a été comblé par une alternance sur plusieurs centaines de mètres de cailloutis calcaires, de sables, de marne et d'argile .

II.2.4. Infrastructures de base existantes

- **Réseau routier**

La Wilaya est dotée d'un important réseau routier, il constitue un axe stratégique et un carrefour entre les Wilayas de l'Est. Ce réseau est composé de :

- Routes nationales 564,9 Km.
- Chemins de Wilaya 418,4 Km.
- Chemins communaux 1 625,3 Km.

Les routes desservant notre projet sont la route nationale « RN16 » et la route nationale « RN88 »

- **Réseau Ferroviaire**

Le réseau ferroviaire de la Wilaya s'étale sur l'axe :

Annaba, Souk-Ahras, Tébessa, Djebel Onk sur une longueur de 176 Km dont 93 Km de ce réseau est électrifié.

II.3. OBJECTIF DU PROJET

Le présent projet est un tronçon de la ligne ferroviaire minière qui relie la ville de Oued Keberit à Djebel Onk plus précisément entre la gare de Oued-Keberit jusqu'à l'entrée de la gare de Sidi Yahya, identifier aussi sous le nom « LOT05 » du PK 55+750 au PK 76+675.
Les objectifs attendus de cette étude sont :

- Relier la ville de Annaba et Tébessa jusqu'à Djebel El Onk.
- L'atteinte d'une quantité de 13,5 Millions de tonnes d'acheminement du phosphate de Djebel El Onk à l'horizon 2019, et 19,5 Millions de tonnes à l'horizon 2025.

- L'atteinte d'une quantité de 3 Millions de tonnes d'acheminement du minerai de fer vers le pôle sidérurgique d'El Hadjar à l'horizon 2019, et 3,5 Millions de tonnes à l'horizon 2025.
- L'augmentation de la capacité de la ligne.
- L'amélioration du niveau de sécurité.
- L'amélioration des conditions d'exploitation.
- Création des postes d'emploi durables.

II.4. CARACTERISTIQUE TECHNIQUE DU TRACE LOT 05 :

Les caractéristiques techniques du tracé sont les critères de conception qui rappellent succinctement les paramètres de base qui dictent la géométrie du tracé et qui permettent d'assurer une cohérence de conception globale du projet.

Les caractéristiques techniques principales sont les suivantes :

- Trafic mixte voyageurs et marchandises.
- Vitesse voyageurs : VR = 120 Km/h.
- Vitesse marchandises : VL= 80 Km/h.
- Rampes verticales maximales de 16 ‰.
- L'écartement standard 1435 mm.
- Les gares sont conçues pour garer des trains de marchandises de 600m et des trains de voyageurs de 300m.
- Charges à l'essieu de 22.5 T pour la voie et des charges à l'essieu de 25 T pour les ouvrages d'art.

II.5. LES OUVRAGES D'ART DU PROJET

Nous avons rencontré plusieurs obstacles et infrastructures au niveau du tronçon étudié, pour cela nous avons projeté les ouvrages suivants :

Tableau I.1 Les ouvrages d'arts projetés du projet

Obstacle à franchir	PK de l'ouvrage	Ouvrage projeté
Oued Chabro	58+300	Pont rail ou autres
La route nationale « RN 16 »	64+900	Passage Supérieur

Chapitre II Etude géométrique de la voie

CHAPITRE III ETUDE GEOMETRIQUE DE LA VOIE

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

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

Pour concevoir le tracé d'une ligne ferroviaire, il faudra prendre en compte les enjeux des territoires desservis et respecte les contraintes de la vitesse ferroviaire (ligne à grande vitesse voyageurs ou ligne mixte voyageurs/fret) liées aux performances et services assignés au projet.

III.1. TRACE EN PLAN

Le tracé en plan représente la projection verticale sur un plan horizontal de la voie ferrée dans l'espace. Ce plan horizontal est en général une carte topographique d'échelle de 1/1000.
Dans les chemins de fer on trouve deux vitesses caractéristiques :
V_R : vitesse des trains rapides des voyageurs.
V_L : vitesse des trains lents des marchandises.

NB : Pour notre projet V_R= 120Km/h et V_L= 80Km/h.
Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de sécurité.

III.1.1. Règles à respecter dans le tracé en plan

Pour faire un tracé technico-économique, il est recommandé de respecter les règlessuivantes :

- L'adaptation du tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Eviter de passer sur les terrains agricoles et les zones forestières.
- Essayer de réduire les portés des ouvrages d'art au niveau des Oueds en les traversant sur un plan perpendiculaire.
- Eviter le passage sur les zones de grande importance tel-que, des transformateurs électriques.
- Essayer d'utiliser le maximum d'alignement droit et respecter la longueur minimale.

III.1.2. Catégorie de trafic

On distingue les catégories de trafic suivantes :

- **Catégorie I** Lignes à trafic mixte, avec vitesses des trains de voyageurs de 80 km/h à 120 km/hmaximum.
- **Catégorie II** Lignes à trafic mixte, avec vitesses des trains de voyageurs supérieures à 120 km/h et jusqu'à 200 km/h maximum.
- **Catégorie III** Lignes à trafic mixte, conçu pour une vitesse des trains de voyageurs supérieures à 200km/h et jusqu'à 300 km/h maximum.

- **Catégorie IV** Lignes à trafic mixte, avec vitesses des trains de voyageurs supérieures jusqu'à 230 km/h (ou 250 km/h sur ligne aménagées) avec des véhicules présentant des caractéristiques techniques spéciales de conception (faible masse par essieu, faible coefficient de souplesse, etc.).
- **Catégorie V** Lignes spécialement dédiées aux trafics voyageurs avec des vitesses comprises entre 250 km/h et 300 km/h.

Dans le cadre de ce projet, la vitesse de référence est celle des trains de voyageurs (V=120 km/h), donc la catégorie du trafic est : **Catégorie I.**

III.1.3. Elément du tracé en plan

Un tracé en plan est constitué de trois éléments géométriques : Une droite, un arc de cercle et une courbe de raccordement.

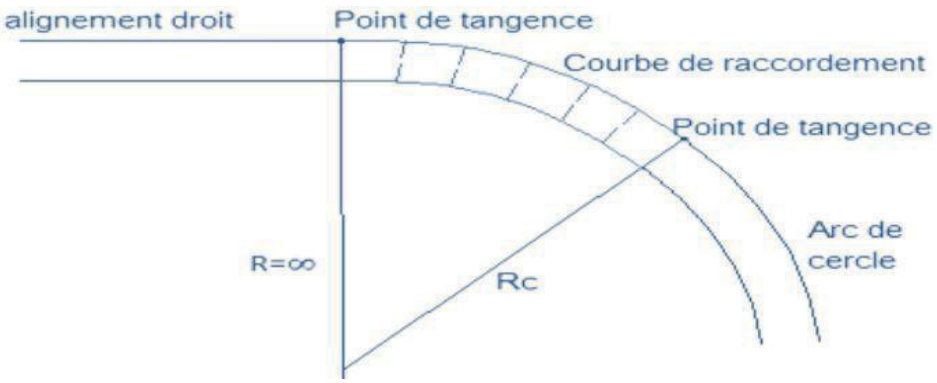


Figure III.1 Les éléments du tracé en plan

❖ **Alignement (R=∞)**

La conception d'une voie ferrée avec un maximum d'alignements droits offre un meilleur confort aux usagers ainsi qu'à leur sécurité, donc il est recommandé d'utiliser plus d'alignement dans le tracé en plan.

Les longueurs minimales des alignements doivent respecter les valeurs exprimées en mètres ci-après (la vitesse V est exprimée en km/h) :

Tableau III.1 Longueur minimale des alignements Lmin en (m) selon référentiel technique de SNTF

Valeur limite normale	**V_R /2**
Valeur limite exceptionnelle	**V_R /3**

❖ **L'Arc de cercle (R=constant)**

Dans les endroits où la topographie ne permet pas de réaliser les alignements, on doit recourir au raccordement circulaire ou le rayon sera le plus grand possible et sa valeur minimale dépend de la vitesse de base.

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

❖ **Le rayon minimal**

Le rayon de courbe minimum permettant de circuler à la vitesse maximale d'exploitation, avec l'insuffisance de dévers maximum **I**, il est déterminé à l'aide de l'équation suivante :

$$\boldsymbol{R_{min} = \frac{11,8 * V_{max}^2}{I_{max} + D_{max}} (m)}$$

D max : Dévers maximum en mm.
I max : Insuffisance de dévers maximum (mm).
V max : Vitesse de train rapide en Km/h.

❖ **Le dévers**

Le devers est la différence d'altitude entre les deux files de rails en un point de la voie.

Une courbe est posée en devers lorsque la file de grand rayon (rail extérieur a la courbe) est surélevée par rapport à la file petit rayon (rail intérieur a la courbe) et en contre- dévers lorsque la file de petit rayon est surélevée par rapport à l'autre.

.

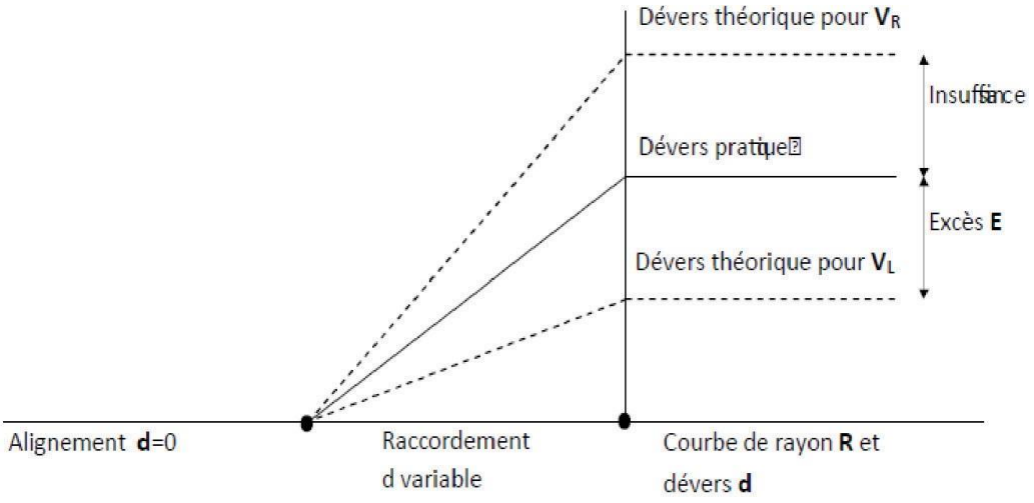


Figure III.2 les positions des dévers

Dans une courbe de rayon R la force centrifuge vaut : $F=MV^2/R$.

$tg\ (a)=F/P=V^2/Rg$

On a: d = 2e. sinα (α est trop petit donc : sinα ~ α).

$\Rightarrow d=2e.tg\alpha=e.V^2/Rg$

On aura :

$$d_{th}=11.8.V^2/R \text{ (mm)}$$

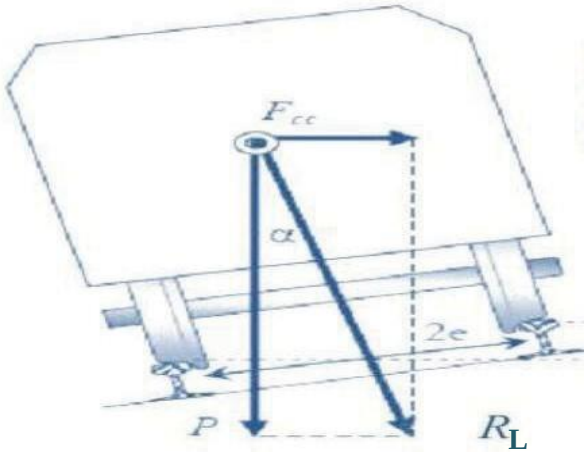


Figure III.3 Schéma du dévers

Avec :

Fcc: force centrifuge.

P: poids de véhicule.

RL: Résultante.

R : Rayon en m.

- **Dévers pratique (prescrit)**

Le choix du dévers à mettre en voie est un compromis, car il doit permettre la circulation, dans des conditions normales de sécurité et de confort, on est conduit à rechercher une valeur moyenne qui évite pour les trains les plus lents une surcharge trop grande sur le rail bas, pour cela on a convenu de définir un dévers effectif, il est Calculé suivant la formule :

Avec C : Le coefficient du dévers.

$$\mathbf{d_p = 1000 * \frac{C}{R}\ (mm)}$$

Les valeurs limites du dévers pratique, en voie principale et en voie de circulation sontindiquées dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.2 Valeurs limites du dévers Dmax selon référentiel technique de SNTF

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

- **Le coefficient du dévers**

Le coefficient de devers exprime la proportionnalité entre le devers prescrit t et la courbure.
A la création d'une ligne, le respect d'un coefficient de devers commun à toutes les courbes conduit à avoi r un rapport constant entre courbure et insuffisance de devers. La prise en compte de cette disposition constitue un facteur de con fort.
Le coefficient de dévers est donné par la formule suivante :

$$C=0.006 * V^2$$

- **Insuffisance de dévers**

Lorsque la vitesse d'un véhicule empruntant une courbe est plus élevée que la vitesse d'équilibre correspondant au dévers prescrit. Ce véhicule est soumis à une force centrifuge non compensée. Le devers de la voie est donc insuffisant et la résultante des forces se déplacevers l'extérieur de la courbe. On appelle insuffisance de divers (exprimée en mm) la différence entre le devers d'équilibre et le devers prescrit.

$$I=11.8 * \frac{V^2}{R} - dp \text{ (mm)}$$

Les valeurs limites de l'insuffisance de dévers pour les trains rapides, en voie principale et en voie de circulation sont indiquées dans le tableau ci-dessous

Tableau III.3 Valeurs limites de l'insuffisance du dévers Imax selon référentiel technique de SNTF

	Paramètres	**Insuffisance de dévers [mm]**
Valeurs Maximales (catégorie II)	Normal	150
	Exceptionnel	160

- **Excès de dévers**

Lorsque la vitesse d'un véhicule en courbe est plus faible que la vitesse d'équilibre correspondant au devers prescrit, ce véhicule est soumis à une force centripète non compensée. Le devers de la voie est donc excessif et la résultante des forces se déplace vers l'intérieur de la courbe. On appelle excès de devers (exprime en mm) la différence entre le dévers prescrit et le devers d'équilibre.
Cet excès de dévers est calculé comme suit :

On limite L'excès de dévers pour éviter l'usure prématurée du rail intérieur dans lescourbes causées Par les trains de marchandises qui ont des masses par essieu plus élevées.

Tableau III.4 Valeurs limites de l'excès de dévers Emax selon référentiel technique de SNTF

	Paramètres	**Excès de dévers [mm]**
Valeurs Maximales (catégorie II)	Normal	110
	Exceptionnel	130

❖ **La Courbe de Raccordement Progressif (CRP)**

Le passage d'un alignement à une courbe en dévers ne peut s'effectuer de façon instantanée, une variation progressive est nécessaire tant pour le confort du voyageur que pour le transport des marchandises et pour l'inscription des véhicules en voie.

Cette variation progressive de la courbure sur une certaine distance, permet en outre de faire varier progressivement le dévers depuis sa valeur nulle en alignement à la valeur « dp »prescrite pour la courbe considérée, ainsi que l'insuffisance correspondante.

Les propriétés de ce raccordement doivent donc :

- Assurer une courbure progressive entre l'alignement et l'arc de cercle.
- Être tangent à l'alignement et à l'arc de cercle.
- Avoir au point de tangence à l'alignement une courbure nulle (R=∞).
- Avoir au point de tangence à l'arc de cercle le même rayon R que lui.

❖ **Géométrie de la courbe de raccordement**

Les courbes de raccordement de la voie en plan doivent être conçues pour limiter la variation de l'accélération transversale non compensée, afin de répondre à des exigences de confort. Ces courbes de raccordement de la voie en plan peuvent être réalisées de différentesmanières.

La courbe la plus utilisée aujourd'hui est la clothoïde.

Les clothoïdes sont des courbes homothétiques, c'est-à-dire géométriquement semblables entre elles, On utilise ce type de raccordement afin

de :

- Introduire progressivement le devers.
- Concevoir un tracé esthétiquement satisfaisant.
- Respecter les conditions du confort et de sécurité.

❖ **Variation du dévers**

- **Variation en fonction du temps (Δd/Δt)**

Une limite de la variation de dévers (dd/dt) dans les courbes de translation est nécessairepour que la vitesse de rotation des véhicules ne nuise pas à leur stabilité.

$$\frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d * V\,max}{3.6 * L}$$

Tableau III.5 Valeurs limites de variation du divers en fonction du temps selon référentiel technique de SNTF

Valeur	Variation du dévers en fonction du temps[mm/s]
Normal	50
Exceptionnel	60

- **Variation en fonction de la longueur (Δd/Δl)**

Taux exprimé en mm/m suivant lequel le dévers augmente ou diminue par unité delongueur. La formule qui nous donne cette variation est :

$$\frac{\Delta d}{\Delta l} = \frac{3.6 * \Delta d}{Vmax * \Delta t} = \frac{dp}{L}$$

Sa limite est donnée en fonction de la vitesse comme suit :

Valeur limite normale $\frac{\Delta d}{\Delta l} = \frac{180}{V}$

Valeur limite exceptionnelle $\frac{\Delta d}{\Delta l} = \frac{216}{V}$

- **Variation d'insuffisance de dévers**

Pour les éléments de transition avec variations uniformes de la courbure et du dévers, on peut établir la relation suivante, où Δl est la variation totale d'insuffisance de dévers :

$$\frac{dl}{dt} = \frac{I*Vmax}{3.6*L}$$

Tableau III.6 Limite de variation de l'insuffisance de dévers recommandés selon référentiel technique de SNTF

Valeur	Variation de l'insuffisance de dévers [mm/s]
Normal	75
Maximal	90

❖ **Longueur de la clothoïde**

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

- Variation de l'insuffisance de dévers en fonction du temps ΔI/Δt.
- Variation de dévers en fonction de la longueur Δd/Δl.
- Variation de dévers en fonction du temps Δd/Δt.

Elle est calculée l'aide de la formule suivante :

$$L_{rp} = \frac{d_p}{\frac{dd}{dl}} = \frac{d_p}{\frac{180}{V_{max}}}$$

Concernant notre tracé, il comprend vingt-deux (22) rayons tous le long de l'axe projet, lors de la conception de la double voie on a opté pour dédoubler avec la voie existante néanmoins on est tombé sur des rayons inferieurs au rayon minimal Rmin=550m(voie existante), ce qui nous a mené vers la rectification de la voie, afin de respecter les critères de conception (vitesse et rayon minimal).
Le calcul se fait pour une vitesse maximale de 120Km/h et une vitesse minimale de 80Km/h.

Tableau III.7 Les valeurs calculées pour notre projet.

Rayon (m)	**570**	**600**	**800**	**1000**	**1500**
Le coefficient de dévers	90	90	90	90	90
Le dévers pratique (mm)	160	150	120	90	60
Le dévers théorique (mm)	300	283.2	212.4	170	113.3
L'insuffisance de dévers (mm)	142	133.2	99.4	80	53.2
L'excès de dévers (mm)	25.5	24.13	18.6	14.5	9.65
Longueur min de la clothoïde (m)	110	100	80	60	40
Variation de devers (mm/m)	1.14	1.15	1.2	0.9	0.45

Les valeurs calculées pour notre projet ont respecté les valeurs limites exigées par le référentiel technique de SNTF.

Vu la sinuosité du tracé de la voie existante et les faibles rayons existant, des zones de rectifications de tracé ont été prévus dans le but de modernisation de la ligne et l'augmentation de la vitesse et de la capacité de la ligne. Les zones de rectifications et des dédoublements sont citées ci-dessous sous forme de tableau.

Tableau III.8 Les zones de rectifications et des dédoublements

Zone	PK Début	PK Fin	Mode de conception du tracé
Zone 01	**55+750**	**56+050**	dédoublement de la voie existante à droite.
Zone 02	**56+050**	**56+975**	rectifications de tracé.
Zone 03	**56+975**	**57+575**	dédoublement de la voie existante à gauche.
Zone 04	**57+575**	**57+950**	rectifications de tracé.
Zone 05	**57+950**	**58+350**	dédoublement de la voie existante à gauche.
Zone 06	**58+350**	**58+600**	rectifications de tracé.
Zone 07	**58+600**	**59+075**	dédoublement de la voie existante à gauche.
Zone 08	**59+075**	**59+590**	rectifications de tracé.
Zone 09	**59+590**	**59+650**	dédoublement de la voie existante à droite.
Zone 10	**59+650**	**60+075**	rectifications de tracé.
Zone 11	**60+075**	**60+675**	dédoublement de la voie existante à droite.
Zone 12	**60+675**	**61+000**	rectifications de tracé.
Zone 13	**61+000**	**61+200**	dédoublement de la voie existante à droite.
Zone 14	**61+200**	**63+600**	rectifications de tracé.
Zone 15	**63+600**	**63+750**	dédoublement de la voie existante à droite.
Zone 16	**63+750**	**64+175**	rectifications de tracé.
Zone 17	**64+175**	**64+450**	dédoublement de la voie existante à droite.
Zone 18	**64+450**	**67+975**	rectifications de tracé.
Zone 19	**67+975**	**68+075**	dédoublement de la voie existante à droite.
Zone 20	**68+075**	**68+475**	rectifications de tracé.
Zone 21	**68+475**	**68+675**	dédoublement de la voie existante à droite.
Zone 22	**68+675**	**69+225**	rectifications de tracé.
Zone 23	**69+225**	**69+325**	dédoublement de la voie existante à droite.
Zone 24	**69+325**	**70+725**	rectifications de tracé.
Zone 25	**70+725**	**71+350**	dédoublement de la voie existante à droite.
Zone 26	**71+350**	**72+200**	rectifications de tracé.
Zone 27	**72+200**	**72+300**	dédoublement de la voie existante à droite.
Zone 28	**72+300**	**73+075**	rectifications de tracé.
Zone 29	**73+075**	**73+750**	dédoublement de la voie existante à droite.
Zone 30	**73+750**	**75+450**	rectifications de tracé.
Zone 31	**75+450**	**77+175**	dédoublement de la voie existante à droite.

III.1.4. PHASAGE DES TRAVAUX POUR DEDOUBLEMENT DE LA PLATEFORME

Dans le cas où la plate-forme de l'ancienne voie se trouve dans un mauvais état (Un mauvais fonctionnement hydraulique de la plateforme ou de la sous couche ou bien Ballast contaminé) on procède le dédoublement de la plateforme par ordre suivant :

- Phase 01 : Installation de la signalisation de ralentissement sur la voie 01 en exploitation.
- Phase 02 : Préparation des terrains de la voie 02 (Mis en place d'un rideau de palplanche et exécution des travaux de terrassement).
- Phase 03 : Mise en place du remblai (substitution, remplissage et compactage).
- Phase 04 : Mise en place des couches d'assise (couches de forme /sous Ballast).
- Phase 05 : Pose de voie 02(Nouvelle voie).
- Phase 06 : Basculement de la circulation vers la voie 02
- Phase 07 : Dépose voie 01 (voie existante).
- Phase 08 : Préparation des terrains (Dépose du ballast contaminé et de la partie supérieure du remblai (sur 1 m) de la voie 01.
- Phase 09: Re-compactage de la voie 01.
- Phase 10 : Mise en place des couches d'assise (couches de forme + sous couche).
- Phase 11 : Pose de voie 01 (Nouvelle voie)
- Phase12: Reprise de la circulation à vitesse de ligne après aptitude de la voie 02 et stabilisation de la voie 01.

III.1.5. Application numérique

- **Calcul du dévers associé au rayon minimal**

$$d_{Rmin} = \frac{V_R^2 + E_{max} + V_L^2 + I_{max}}{V_{max}^2 - V_L^2} = \frac{120^2 + 110 + 80^2 + 150}{120^2 - 80^2} = 236 \text{ mm} > 160 \text{ mm}$$

D'où $\rightarrow d_{Rmin} = 160$ mm

$$\frac{11.8 * V_L^2}{d_{max} - E} \geq R_{min} \geq \frac{11.8 * V_R^2}{d_{max} + I}$$

$$\frac{11.8 * 80^2}{160 - 110} \geq R_{min} \geq \frac{11.8 * 120^2}{160 + 150}$$

$$1510 \geq R_{min} \geq 550 \text{ (m)}$$

- **Calcul du coefficient de devers**

$C = 0.006 * V^2$

$C = 0.006 * 120^2 = 90$

- **Calcul du dévers pratique**

$$d_p = \frac{1000*C}{550} = \frac{1000*90}{550} = 163{,}63 \simeq 160\text{mm}$$

- **Calcul du dévers pratique**

$$d_{th} = \frac{11.8*V_{max}^2}{R} = \frac{11.8*120^2}{550} = 308{,}9\text{mm}$$

$$0{,}5d_{th} \leq dp \leq 0.7d_{th}$$

$$155 \leq 160 \leq 217 \text{ Vérifié}$$

- **Calcul d'Excès de devers** $E = d_p - \frac{11.8*V_L^2}{R_{min}} = 160 - \frac{11.8*80^2}{550} = 23\text{mm} < 110\text{mm}$

- **Calcul de l'insuffisance de dévers** $I = d_{th} - d_p = 308.9 - 160 = 148.94\text{mm} < 150\text{mm}$

- **Calcul de la longueur et le paramètre de clothoïde**

$$L_{rp} = \frac{d_p}{\frac{dd}{dl}} = \frac{d_p}{\frac{180}{V_{max}}} = \frac{160}{1.5} = 106.66 \text{ m} \longrightarrow L_{min} = 110 \text{ m}$$

$$A = \sqrt{R * L_{min}} = \sqrt{550 * 110} = 245.97$$

- **Variation de dévers**

$$\frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d*V_R}{3.6*L_{min}} = \frac{160*120}{3.6*110} = 48.48 \text{ mm/s} < 50 \text{ mm/s}$$

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

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{I*V_R}{3.6*L_{min}} = \frac{148.94*120}{3.6*110} = 45.13\text{mm/s} < 75\text{mm/s}$$

- **Variation de dévers en fonction de la longueur**

AN : 180/V=180/120= 1.5mm/m

$$\frac{dp}{L_{min}} = \frac{160}{110} = 1.45\text{mm/m} < 1.5\text{mm/m}$$

III.1.6. CALCUL DES PARAMETRES D'ETABLISSEMENT DU TRACE

Dans un calcul d'axe, la grande partie est celle de la courbe de clothoïde, cet élément géométrique particulier qui se définit par des formules mathématiques approchées. Le calcul se fait à partir d'un point dont on connaît ses coordonnées, il faut donc suivre les étapes suivantes pour calculer l'axe :

L'équation de la clothoïde $A^2 = L * R$

Calcul de la longueur de clothoïde : $L = \frac{A^2}{R}$

Calcul de l'angle de tangente : $\tau = \frac{L}{2R} * \frac{200}{\pi}$ (Gr)

Distance du centre de courbe parallèle à l'axe de l'alignement : $X_m = \frac{L}{2}$ (m)

Le ripage qui est la variation du rayon entre le début et la fin de clothoïde

$\Delta R = \frac{L^2}{24R}$ (m)

Le gisement entre les deux directions y (grade).

Prenons une partie de l'axe, elle se compose d'un alignement droit, d'une première branche de clothoïde du début K_{A1} et de fin K_{E1}, d'un arc de cercle de K_{E1} à K_{E2} et d'une deuxième branche de clothoïde de K_{E2} à K_{A2}.

Pour notre projet on choisit le premier virage au niveau du faisceau. Les coordonnées des sommets et le rayon utilisé sont comme suit :

Tableau III.9 :les données de l'arc choisi pour l'exemple.

Points	X	Y	Rayon(m)
S0	402825.0929	3976117.0423	600
S1	403331.6764	3975644.1824	
S2	402836.5	3974989.5037	

- **Calcul de la distance S_0S_1 :**

$\Delta X(s_1 - s_0) = X_{S1} - X_{S0}$ = 403331.6764 - 402825.0929 = 506.5835 m

$\Delta Y(s_1 - s_0) = Y_{S1} - Y_{S0}$ =3975644.1824 – 3976117.0423= -472.8599 m

$S_0S_1 = \sqrt{\Delta X(s1 - s0)^2 + \Delta Y(s1 - s0)^2}$= 692.98 m

- **Calcul du gisement S_0S_1**

$G(S_0S_1) = 200 + \alpha = 200 + \tan^{-1}\left\{\frac{\Delta X(s1 - s0)}{\Delta Y(s1 - s0)}\right\}$ $G(S_0S_1)$ =200+$\tan^{-1}\left\{\frac{506.58}{-472.85}\right\} = 147.8$ Gr

De la même façon on trouve :

$\Delta X(s_2 - s_1)$= -495.1767

$\Delta Y(s_2 - s_1)$=-645.6824

S_1S_2=820.85 m

$G(S_1S_2)$=241.22 Gr

- **Calcul de l'angle γ**

$$\gamma = |G(S_1S_2) - G(S_0S_1)| = |241.22 - 147.8| = 93.42 \text{ Gr}$$

- **Calcul de longueur de clothoïde L**

Le paramètre de clothoïde qui vaut A = 279.28 m

$$L = \frac{279.28^2}{600} = 129.99\text{m} \simeq 130 \text{ m}$$

- **Calcul de l'angle τ**

$$\tau = \frac{130}{2*60} * \frac{200}{\pi} = 6.9\text{Gr}$$

- **Calcul de tangent T**

$T = X_M + (R + \Delta R) * \tan\frac{\gamma}{2} = 607{,}04\text{m}$ tel que $X_M = \frac{L}{2}$

- **Calcul de la distance S0KA1 :**

$S_0K_{A1} = S_0S_1 - T = 692.98 - 607.07 = 85.91$ m

- **Calcul de la corde SL :**

$$SL = \sqrt{X_{KE}^2 + Y_{KE}^2} = \sqrt{L^2 + (\frac{L}{6 * R})^2} = \sqrt{130^2 + (\frac{130}{6 * 600})^2} = 130.018 \text{ m}$$

- **Calcul de l'angle polaire σ**

$$\sigma = \tan^{-1}\frac{Y_{KE}}{X_{KE}} = 2.3\ Gr$$

Vérification de non-chevauchement :

Pour vérifier la condition de non-chevauchement il faut que : $\tau = 6.9 < \frac{\gamma}{2} = 46.71$ Vérifié

- **Calcul du α :**

$\alpha = \gamma - 2\tau = 93.42 - 2*6.9 = 79.62$ Gr

- **Calcul de la longueur d'arc**

$$K_{E1}\ K_{E2} = \frac{\pi * R * \alpha}{200} = \frac{\pi * 600 * 79.62}{200} = 750.4 \text{ m}$$

III.2. PROFIL EN LONG

Le profil longitudinal est défini par la projection horizontale de la cote de la file basse desrails des voies sur un plan vertical passant par l'axe du tracé. Il est constitué de pentes uniformes reliées entre elles par des courbes circulaires

L'élaboration du profil en long est la tâche la plus importante, par laquelle on peut évaluerun projet ferroviaire, soit sur le plan économique ou paraitra l'importance des terrassements,soit sur le plan technique en voyant les déclivités, la coordination entre tracé en plan et profil en long et l'emplacement des gares.

III.2.1. Règles a respectées dans le profil en long

L'élaboration de la ligne de projet n'est pas arbitraire mais elle doit se baser sur des recommandations et des règles qui assurent la stabilité, la sécurité, le confort et l'évacuation des eaux. Parmi ces conditions les suivantes :

- Adapter la ligne rouge au terrain naturel pour minimiser les travaux de terrassement.
- Equilibre entre le volume des déblais et le volume des remblais.
- Eviter les hauteurs excessives des remblais.
- Evité les angles sortant en déblai.
- Eviter la coïncidence entre les rayons en profil en long et les rayons en tracé en plan.
- Ne pas dépasser une pente maximale ou rayon minimale préconisée par lesrèglements.

III.1.2. Les éléments du profil en long

❖ **Déclivités maximales**

La déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal, elle est dénommée « une pente » pour les descentes « une rampe » pour les montées. Ces dernières doivent respectés les recommandations exigées par le référentiel du SNTF en raison de sécurité et de confort dont :

- En déclivité de longueur inférieure à 3 000 m, elle ne doit pas dépasser 16‰ et exceptionnellement 18‰.
- En déclivité de longueur comprise entre 3 000 m et 15 000 m, elle diminue graduellement pour passer de 16‰ à 13‰.
- En déclivité de longueur supérieure à 15 000 m, la déclivité ne doit pas dépasser 13‰ et exceptionnellement 16‰.
- **Pente** : c'est la partie du tracé qui définit la descente.
- **Rampe** : c'est la partie du tracé qui définit la montée.
- **Palier** : c'est la partie de la ligne rouge qui se trouve en horizontale.

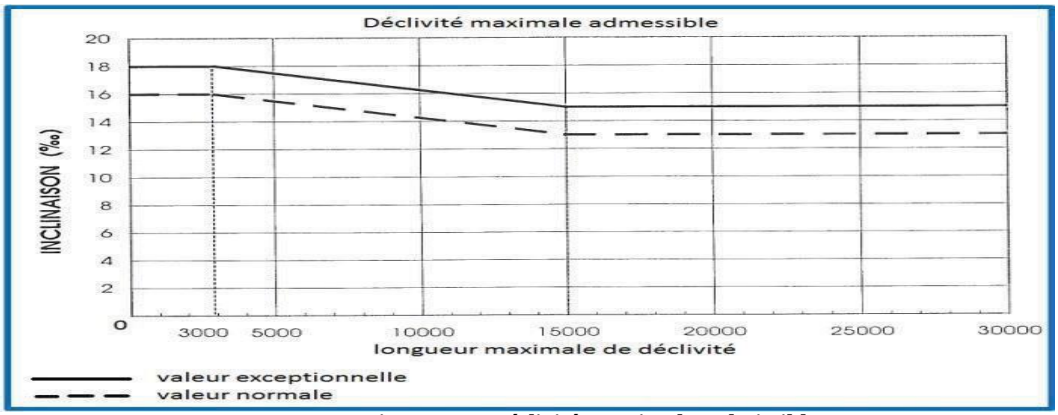


Figure III.4 Déclivités maximales admissibles

- **Longueur minimale des éléments du profil**

Afin d'éviter les oscillations des véhicules dues aux changements successifs des déclivités, un temps assez long doit se passer pour permettre aux suspensions d'amortie les oscillations, Ce temps est résumé dans une longueur bien définit :

Tableau III.10 Valeurs limites de la longueur minimales selon référentiel technique de SNTF

Valeur minimale normale	Valeur minimale exceptionnelle
$V_R/2$	$V_R/2,5$

V_R étant la vitesse du train le plus rapide exprimée en **km/h.**

- **Rayon de raccordement en profil (raccord vertical)**

C'est un arc de cercle qui assure la liaison entre deux déclivités de la ligne rouge pour le confort des voyageurs et pour limités les accélérations verticales des trains.
Dans la mesure du possible, la distance de 30 mètres entre l'extrémité d'un raccordement vertical et l'extrémité de la clothoïde est à respecter, cela facilitera la maintenance de la ligne.
Le rayon minimal de raccordement est donné fonction de la vitesse V dans le tableausuivant :

Tableau III.11 Valeurs limites de rayon du profil en long selon référentiel technique de SNTF

Valeur minimale normale	Valeur minimale exceptionnel
$0,35V^2_R$	$0,25\ V^2_R$

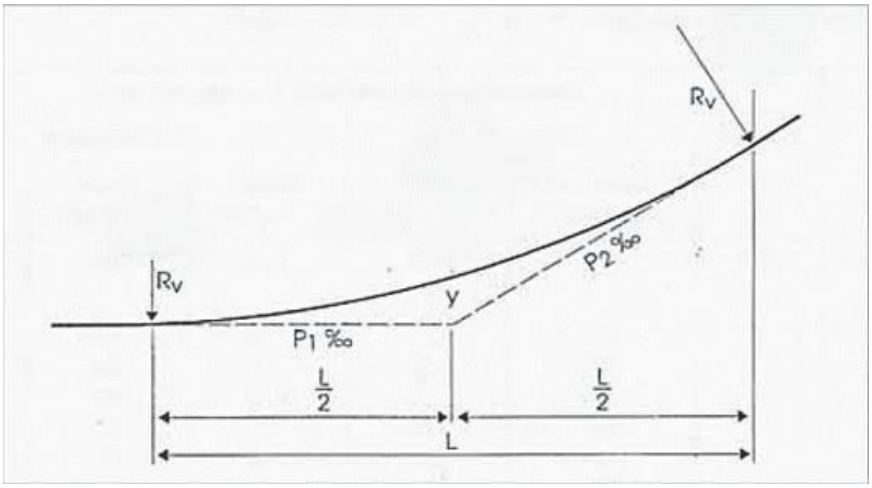


Figure III.5 Schéma de raccordement circulaire

III.2.3. Coordination du tracé en plan et du profil en long

Il est nécessaire de veiller à la bonne coordination du profil en long et du tracé en plan, pour cela on doit :

- Eviter la coïncidence entre les rayons en profil en long avec les rayons en tracé en plan.
- Ne pas placer une courbe en profil en long immédiatement après une courbe en tracé en plan.
- Eviter la coïncidence entre un raccordement progressif avec un rayon vertical.

Concernant notre tracé, on a pris les altitudes de la voie existante(FSR) comme référence pour dessiner la ligne rouge qui correspond au point P de la plateforme en gardant une distance de 0.631m, elle est calculée comme suite :

- Hauteur du rail : 0,172m.
- Hauteur de la traverse : 0,220m.
- Semelle cannelée de 0.009m. H=0.631m.
- Hauteur minimale de ballast : 0.300m.
- Différence de niveau par rapport point P : 0.07m

H= 0.631 m

III.3.4. Calcul des paramètres du projet

Tableau III.12 Paramètres du projet selon référentiel technique de SNTF

V_R	**120 km/h**
$R_{Min\ normal}$	**5040 m**
$R_{Min\ exceptionnel}$	**3600 m**
$L_{Min\ normale}$	**60 m**
$L_{Min\ exceptionnel}$	**48 m**
Déclivité Max	**16‰**
Longueur Max de la déclivité	**3 000 m**

III.2.5. Exemple de Calcul du Profil en Long

Pour cet exemple on prend les coordonnées des points de profil en long suivantes :

Tableau III.13 : les coordonnées des points de profil en long

Points	S(m)	Z(m)	Rayon(m)
A	**56025.03**	**620.957**	**13000**
B	**57153.94**	**621.095**	
C	**57545.19**	**619.20**	

- **Calcul des pentes**

$$P_1 = \frac{\Delta Z_1}{\Delta S_1} = \frac{621.095-620.957}{57153.94-56025.03} = 0.00012 = 0.12‰$$

$$P_2 = \frac{\Delta Z_2}{\Delta S_2} = \frac{619.2-621.095}{57545.19-57153.94} = -0.005 = -5‰$$

- **Détermination de T**

$$T = \frac{R}{2} * |P_2 - P_1| = \frac{13000}{2} * |-0.005 - 0.00012| = 33.28\text{m}$$

- **Calcul de la flèche F :**

$$F = \frac{T^2}{2 * R} = \frac{33.28^2}{2 * 13000} = 0.04\text{m}$$

- **Point du milieu de raccordement G**

$Z_G = Z_B + F = 620.957+0.04 = 620.997$ m

$P_{KG} = P_{KB} = 57135.94$ m

- **Point de début et de fin du raccordement**

  - **Début de raccordement A′:**

    $Z_{A'} = Z_B - (P_1 * T) = 621.095 - (0.00012 * 33.28) = 621.091$ m

    $P_{KA'} = P_{KB} - T = 57135.94 - 33.28 = 57120.66\text{m}$

  - **Fin de raccordement C′:**

    $Z_{C'} = Z_B - (P_1 * T) = 621.095 - (0.005 * 33.28) = 620.92$ m

    $P_{KC'} = P_{KB} + T = 57135.94 + 33.28 = 57187.22\text{m}$

III.3. PROFIL EN TRAVERS

Après les études du tracé en plan et du tracé en élévation qui recherchaient essentiellement l'évolution de l'axe de la voie, il s'agit maintenant de définir le 3éme élément d'un projet ferroviaire : Profil en travers**.**
Le profil en travers est le levé perpendiculaire à l'axe de la voie sur un plan vertical il contient tous les éléments de la superstructure, de l'infrastructure et d'assainissement.
Il permet de calculer les paramètres suivants :

- La position des points théoriques d'entrée en terre des terrassements.
- L'assiette du projet et son emprise sur le terrain naturel.
- Les cubatures (volumes de déblais et de remblais).

III.3.1 Les éléments du profil en travers

La plate-forme : C'est l'élément sur laquelle se repose la voie elle joue un rôle primordial dans la tenue de la voie. En outre, elle draine les eaux de surface pour les écouler à l'extérieur.

Assiette: C'est la surface de la voie délimitée par les terrassements.

L'emprise : La surface de terrain appartenant à la collectivité, c'est à dire dans les limites du domaine public, comprend la plate-forme, les talus et les fossés ououvrages.

La voie : C'est la partie de la voie ferrée affectée à la circulation des trains.

La berme: Elle supporte d'éventuels panneaux de signalisation et équipements (glissières de sécurités). Sa largeur dépend de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.

Le fossé : Ce sont les excavations aménagées latéralement de part et d'autre de la plate-forme, destinés à assainir la plate-forme et de talus en collectant les eaux de ruissellement.

III.3.2. Le profil en travers type

Description globale de notre profil en travers type et ces éléments essentiels que doivent être contenu :

- Le LOT 05 de la nouvelle ligne ferroviaire OUED KEBRIT-TEBESSA-DJEBEL ONK, repose sur une plateforme à double voie de 13.60 m en zone de rectification du tracé, et une demi-section de 6.80m en zone de dédoublement avec redans d'accrochage plateforme existante-plateforme projetée de dimensions minimales de 0.6mx0.6m , avec élargissement de la plateforme existante sur 1m pour permettre l'implantation des poteaux caténaires .
- L' entraxe des voies est fixé à 5,00 m.
- La plateforme retenue est un profil en toit, avec un sommet se situant entre les voies V1 et V2, en section de rectification, et un demi-profil en toit en zone de dédoublement, avec élargissement de la plateforme existante.

- L'infrastructure est constituée d'une couche de sous ballast de 25cm est une couche de fondation de 18 cm. Avec une couche de forme d'une épaisseur de 35cm correspondant à un sol support de qualité S2 conformément au rapport géotechnique.
- Les sous couches sont réalisées avec une pente de 4% vers l'extérieur de la plateforme.
- Des fossés de fond de déblai seront implantés sur plateforme dans les zones de déblai afin d'évacuer les eaux de ruissellement.
- Une piste de 1.00 m est implantée pour la circulation piétonnière du personnel de maintenance de la voie.
- Le gabarit vertical des ponts routes (hauteur libre) à dégager est le gabarit GB électrifié de 6.35m par rapport à la côte du rail la plus élevée.
- L'axe des poteaux caténaires est situé à 3,15 m de l'axe de la voie.
- Écartement de voies est de 1435mm.
- Des pentes de talus déblai/remblai de 3H/2V sur la majorité du tronçon.

III.3.3. Les profils en travers affectés au projet

Pour notre projet on caractérise nos profiles en travers comme se suit :

Tableau III.14 Caractéristique du notre profil en travers.

Type de ligne	double voie mixte électrifiée
Ecartement de la voie	1.435 m
Largeurs de la plate-forme	13.6 m
Pente latérale de la plate-forme	4%
Pente latérale de la couche du ballast	3H /2V
Epaisseur du ballast	30cm
Epaisseur du sous-ballast	25 cm
Epaisseur de la couche de fondation	18 cm
Pentes profils courants	déblai : 3H/2V et remblai : 3H/2V
Fossé trapézoïdale	b= 0.50 m ; h= 0.62 m avec une berme de 3H/2V

Chapitre III Etude Géotechnique

CHAPITRE IV ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE

Pour une bonne étude et une meilleure réalisation d'un projet ferroviaire, il s'avère nécessaire d'avoir une connaissance précise sur le sous-sol, de son comportement, de sa composition et de sa nature. Toutes ces informations vont contribuer à définir le terrain traversé par le tracé.
Les données sont déduites à partir des cartes géologiques, des sorties sur terrain et des investigations Géotechniques (les sondages, les essais en laboratoire, les essais in situ) sur le long du tracé et à l'endroit d'emplacement des ouvrages.

IV.1. APERÇU GEOLOGIQUE

IV.1.1. Topographie du site

La géomorphologie des terrains traversés est caractérisée par la vallée de Oued Chabro qui s'étend pour notre projet de Oued El Keberit au Nord jusqu'à Tébessa au Sud. Et ce, en passant par les pleines agricole de Mechtat R'mila, Mechtat ech Ekhchine, les terrains traversés sont à prépondérance limoneuse en surface et les sols de ces pleines sont essentiellement composés des débris gréseux et marneux issus des falaises qui les bordent.

IV.1.1. Géologie locale

À la suite de la superposition de la carte géologique de Aouinet au 1:50 000 avec le tracé du LOT 05 , les unités traversées par le tracé sur la zone sont les suivants :
(**qL) limons et cailloutis :** formations limoneuses remplissent le lit majeur de l'oued Chabro. Le lit mineur de cet oued est taillé dans ces formations qui sont donc antérieures à l'époque actuelle.
(q'L) limons: de couleur allant du brun-ocre au gris sombre, les limons fins associés à des niveaux de cailloutis anguleux se déposent dans toutes les régions basses. Il s'agit de résidu d'altération et lessivage des marnes environnantes. Ce processus est entamé depuis longtemps, comme en témoignent les épaisses accumulations qui s'observent dans les pleines d'El Meridj et de l'Oued Chabro.
(q''Cr)Croûte calcaire : la carapace calcaire s'observe de façon très générale dans la région. Elle se trouve surtout dans les dépressions et les pentes faibles. Dans la pleine d'effondrement de l'Oued Chebro, elle est probablement envoyée sous les limons récents.
(C6b) Marnes grises : 170m de calcaires massifs grisâtres, et gros bancs, renfermant parfois de nombreuses empreintes d'Inocerâmes.
(qM) Dépôt de marais : formations limoneuses non compacts.
(Qa) Alluvions récentes : Les alluvions actuelles sont peu importantes. Elles sont constituées de cailloutis calcaires.

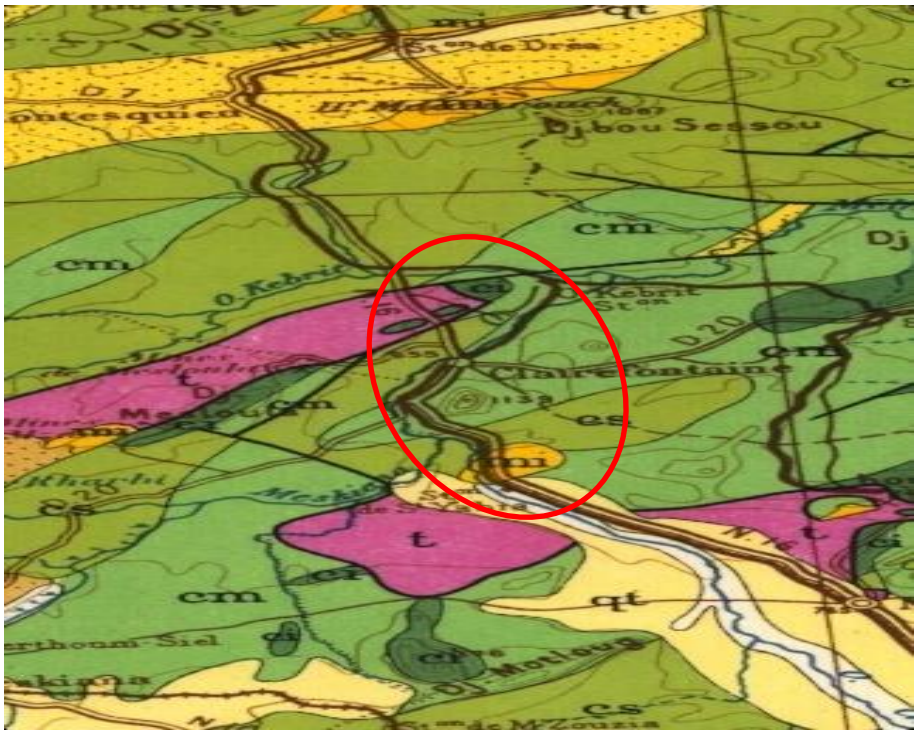


Figure IV.1 Géologie du LOT 05 (extrait de la carte géologique au 1/50 000ème n° 150, ORGM)

Tableau IV.1 Présentation des formations par familles géotechniques et classification GTR sur le LOT 05

Famille Géologique	Description lithologique
A'	Sable fin et limons lâche
qk	Colluvions
C2d	Marnes argileuses et bancs de grès
qM	Dépôt de marais
qL	Limons récents et actuels de Oued Chabro
ql	Limons récents
m3	Conglomérats grès
C2e	Marne argileuse grisâtre
C2a	Calcaires en plaquette et Marno-calcaires

IV.1.3. Sismicité

Le territoire national est divisé en quatre (04) zones de séismicité croissante, définies sur la carte des zones de séismicité et le tableau associé qui précise cette répartition par wilaya et par commune, soit :

- Zone 0 : sismicité négligeable
- Zone I : sismicité faible
- Zone II : sismicité moyenne
- Zone III : sismicité élevée

La région de Tébessa est située dans la zone (I) de faible sismicité, la conception et la réalisation du projet devra prendre en considération la sismicité de la région et au règlementparasismique Algérien en vigueur (RPA 99version 2003, RPOA 2008).

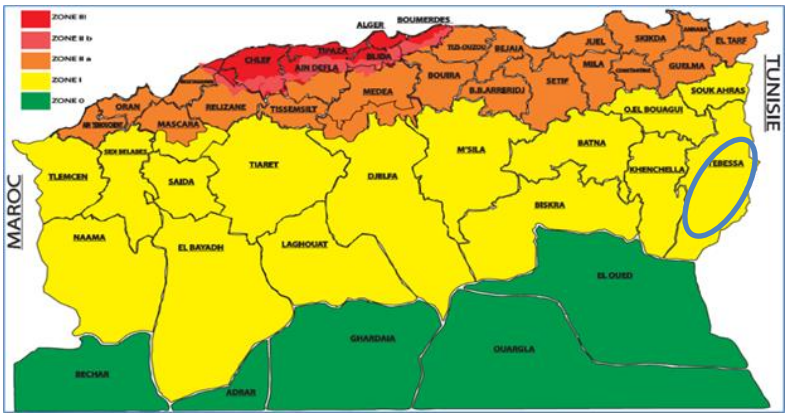


Figure IV.2 Carte de zonage sismique du territoire national (extrait RPOA)

- **Coefficient d'accélération de zone**

Le coefficient d'accélération de zone A est défini en fonction de la zone sismique et de l'importance de l'ouvrage, est indiqué dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV.2 Coefficient d'accélération de zone

Groupe d'ouvrage	Zone sismique			
	I	IIa	IIb	III
1	0.15	0.25	0.30	0.40
2	0.12	0.20	0.25	0.30
3	0.10	0.15	0.20	0.25

Le coefficient d'accélération de zone A est défini en fonction de la zone sismique et de l'importance de l'ouvrage, Le coefficient d'accélération retenu pour les calculs de stabilité est A = 0.15 qui correspond aux ouvrages de groupe 1 vu que le présent projet correspond à une liaison ferroviaire.

IV.2. RECONNAISSANCE GEOTECHNIQUE

IV.2.1. Risques géotechniques

En exploitant les données issues de la campagne géotechnique de la phase APS, ainsi qu'en exploitant les constats établis sur site durant le mois de mars 2021, nous avons pu identifier les risques majeurs qui concernent le lot05. Ainsi, nous présenterons sur le tableau ci-dessous, la probabilité de l'occurrence des aléas, ainsi que la démarche adoptée pour détecter et apprécier chaque type de risque en cours de cette étude et notamment au cours du programme d'investigation :

Tableau IV.3 Démarche adoptée pour la détection et la gestion des risques géotechniques

Risque	Type d'aléa	Probabilité	Dispositions lors de : * investigation / ** étude
Agressivité aux bétons	PH élevé, présence de sulfates	**Moyenne à forte**	*Programmation d'analyses chimiques sommaires sur échantillons provenant des horizons des fondations, incluant la détermination des taux de sulfates, chlorures, carbonates et PH.
Cavités	Dissolution du Gypse	**Faible**	/
	Carrières à ciel ouvert	**Non détecté**	/
Mouvement de terrain	Glissement, chute, éboulement, effondrement, coulée, érosion	**Faible ou non détecté**	/
	Retrait-gonflement des argiles	**faible** (marnes à Ma El Biod)	*Programmation de sondages carottés et des essais d'identification (limite d'Atterberg) ainsi que des essais œdométriques. ** Attention attirée quant à la réutilisation de ces matériaux en remblais.
Ensablement	Déplacement de dunes de sable	**Non détecté** (présence de sols sableux mais sans déplacements de sables)	/
Inondations	Inondations par remontée de nappe	**Faible** (niveaux pas assez élevés)	*Programmation de sondages équipés de piézomètre avec suivi périodique des battements de la nappe. **Prévoir des solutions de drainage des talus de déblais, amélioration de PST avec matériaux pour ZH, soutènement lors des phases transitoires.
	Inondations par crue	**Moyenne à forte**	

Sols compressibles	/	**Moyen**	*Programmation de sondages équipés de piézomètres avec suivi périodique des battements de la nappe. * Programmation de pénétromètres dynamiques pour vérification de la continuité lithologique. *Programmation de pénétromètres statiques permettant le calcul des tassements prévisionnels. ** Dimensionnent des solutions fonction de l'ampleur des tassements et de la nature des sols.
Sismicité	Accélérations sismiques	**Faible (zone 1)**	/
	Failles	**Faible**	** Exploitation des cartes géologiques au 1 /50 000ème (si indisponibles, une échelle plus grande) pour détermination de la présence de failles.
Liquéfaction des sols	/	**Faible**	* Programmation des sondages carottés équipés de piézomètres, plus essais d'indentification, plus programmation des essais SPT. ** le cas échéant, prévoir des solutions de type inclusions rigides, colonnes ballastées, etc.

IV.2.2. Principes généraux de la campagne géotechnique

Nous donnerons les principes généraux pour la détermination des implantations des essais, des objectifs attendus, des profondeurs à investiguer, suivant les différents types d'ouvrages et moyennant une adaptation dans le choix de type d'essais en fonction des différents types de sol.

IV.2.3. Types et objectifs des essais

La campagne d'investigation géotechnique complémentaire définie dans le présent document portera sur les différents essais à réaliser et dont les types et les objectifs diffèrent selon la nature des ouvrages en question et la nature des sols à investiguer. Elle comprend l'exécution de puits d'exploration, une série d'essais in-situ ainsi qu'une batterie d'essais en laboratoire comprenant des essais d'identification et des essais mécaniques.

IV.2.4. Essais in-situ

- Les essais in-situ prévus dans la campagne ont pour principaux objectifs :
- L'étude de fondation d'ouvrages hydrauliques.
- L'analyse des zones compressibles.
- L'étude de la stabilité des ouvrages en terre.
- La réutilisation des matériaux.
- La liquéfaction, le caractère expansif et de gonflement d'unités déterminées.

IV.2.4.1. Étude de fondations des ouvrages hydrauliques

Le premier objectif de cette campagne est la reconnaissance du terrain pour définir la fondation la plus adaptée pour chacun des OH prévus.

- **Des puits d'exploration à la pelle mécanique** ont été principalement proposés afin de déterminer les paramètres mécaniques et l'identification physico-chimique nécessaires pour le dimensionnement des OH ainsi que du mode de soutènement pour le phasage des travaux.
- **Des sondages carottés (SC)** ont également été proposés ; ces sondages ayant pour but le prélèvement d'échantillons intacts permettant l'identification physico-chimique et la détermination des paramètres mécaniques.

IV.2.4.2. Caractérisation des ouvrages en terre

Le lot05 présente des déblais et des remblais qui atteignent des hauteurs importantes.
Les sondages qui serviront à la caractérisation de ces ouvrages sont :

- **Des puits d'exploration à la pelle mécanique** permettant la vérification de la continuité lithologique dans les faibles déblais ainsi que le prélèvement d'échantillons remaniés pour la classification de l'arase et la classification GTR des matériaux en vue d'une éventuelle réutilisation en remblais.
- **Des sondages carottés (SC)** permettant le prélèvement d'échantillons intacts dans des déblais de grande hauteur pour l'identification lithologique et la détermination des paramètres mécaniques permettant la vérification de la stabilité des talus et la classification de l'arase de terrassement.
- **Des sondages pressiométriques (SP)** ont été principalement proposés afin de déterminer les paramètres mécaniques nécessaires pour le dimensionnement des OH transversales ainsi que du mode de soutènement pour le phasage des travaux.
- **Des pénétromètres dynamiques lourds (PDL)** pour les assises des remblais de faible hauteur.

IV.2.4.3. Programme Géotechnique

Le programme géotechnique réalisé sur le LOT05 a consisté en la réalisation de 34 puits d'exploration, 05 sondages carottés pour un total de 115ml, 04 sondages pressiométriques pour un total de 70ml, et 06 pénétromètres dynamiques lourds. Le choix de ces essais est défini selon nos besoins et dépend de la situation du terrain rencontré, on s'est référé aux résultats relevés au préalable lors de l'étude APS ainsi donc pour pouvoir mieux enrichir les résultats et aussi identifier les emplacements où les essais in-situ ont été effectués lors de l'APS.

Les tableaux ci-après présents des extrais des résultats obtenus le long du lot05 :

❖ Puits de reconnaissance

Tableau IV.4 Localisation des puits de reconnaissance et description lithographique

Référence du Puits	PK	Profondeur (m)	Lithologie
PU-5-1-APD	57+387	4	De 0,00m à 1m : limons argileux Argile caillouteux brunâtres. De 1m à 4m : Argile graveleuse brunâtres légèrement caillouteuse.
PU-5-2-APD	59+166	4	De 0,00 m à 1,50 m : argile graveleuse brunâtre. De 1,50 m à 1,60 m : marne grisâtre très ferme.
PU-5-3-APD	59+735	4	De 0,00 m à 1,50 m : limons argileux graveleux peu caillouteux brunâtres. De 1,50 m à 4,00 m : sable lâche fins jaunâtre
PU-5-4-APD	60+100	4	De 0,00 m à 2,00 m : argile graveleuse peu caillouteuse brunâtre. De 2,00 m à 2,50 m : marne légèrement altéré grisâtre.
PU-5-5-APD	60+564	4	De 0,00 m à 1,00 m : argile graveleuse brunâtre. De 1,00 m à 2,60 m : marno-calcaire grisâtre légèrement oxydé.
PU-5-6-APD	60+935	4	De 0,00 m à 1,00 m : argile graveleuse et caillouteuse brunâtre. De 1,00 m à 4,00 m : limons argileux peu sableux brunâtres.
PU-5-7-APD	61+127	4	De 0,00 m à 1,50 m : Argile graveleuse peu caillouteuse brunâtre. De 1,50 m à 1,60 m : Marne peu altéré très ferme.
PU-5-8-APD	61+500	4	De 0,00 m à 1,0 m : Argile graveleuse brunâtre. De 1,0 m à 4,00 m : Limons argileux peu sableux brunâtres.
PU-5-9-APD	62+192	4	De 0,00 m à 1,50 m : argile graveleuse peu caillouteuse brunâtre.
PU-5-10-APD	62+280	4	De 0,00 m à 1,00 m : argile graveleuse légèrement caillouteuse brunâtre. De 1,00 m à 03,50 m : limons argileux gypseux peu sableux brunâtres à verdâtres.
PU-5-11-APD	62+727	4	De 0,00 m à 01,50 m : limons argileux peu sableux caillouteux brunâtres. De 01,50 m à 01,60 m : marno-calcaire très ferme grisâtre.
PU-5-12-APD	64+278	4	De 0,00 m à 01,50 m : argile peu sableuse graveleuse brunâtre.
PU-5-13-APD	65+182	4	De 0,00 m à 01,50 m : limons argileux graveleux brunâtres. De 01,50 m à 04,00 m : Argile sableuse peu graveleuse brunâtre.

PU-5-14-APD	65+444	4	De 0,00 m à 01,50 m : argile graveleuse brunâtre. De 01,50 m à 04,00 m : limons argileux sableux brunâtres.
PU-5-15-APD	65+712	4	De 0,00 m à 01,00 m : argile peu caillouteuse brunâtre. De 01,00 m à 03,20 m : limons argileux sableux brunâtres. De 03,20 m à 03,50 m : marne très ferme légèrement altéré grisâtre.
PU-5-16-APD	66+300	4	De 0,00 m à 01,00 m : argile graveleuse brunâtre. De 01,00 m à 02,10 m : limons argileux peu sableux brunâtres. De 02,10 m à 02,20 m : marne grisâtre moyennement altéré très ferme
PU-5-17-APD	66+795	4	De 0,00 m à 01,00 m : argile graveleuse brunâtre. De 01,00 m à 02,20 m : limons argileux peu sableux brunâtres. De 02,20 m à 02,50 m : marne grisâtre légèrement altéré très ferme.
PU-5-18-APD	67+121	4	De 0,00 m à 01,00 m : argile caillouteuse brunâtre. De 01,00 m à 03,50 m : argile graveleuse peu sableuse légèrement oxydé brunâtre. De 03,50 m à 03,70 m : marne grisâtre légèrement altéré très ferme.
PU-5-19-APD	67+446	4	De 0,00 m à 01,0 m : Argile brunâtre caillouteuse. De 01,00 m à 02,40 m : Argile peu sableuse brunâtre. De 02,40 m à 02,50 m : Marne peu altéré très ferme grisâtre.
PU-5-20-APD	68+105	4	De 0,00 m à 01,00 m : argile graveleuse brunâtre. De 01,0 m à 02,50 m : argile peu sableuse brunâtre. De 02,50 m à 02,60 m : marne très ferme grisâtre.
PU-5-21-APD	68+833	4	De 0,00 m à 01,00 m : argile graveleuse brunâtre. De 01,0 m à 03,20 m : argile peu sableuse brunâtre. De 03,20 m à 04 m : marne très ferme grisâtre
PU-5-22-APD	69+264	4	De 0,00 m à 01,00 m : argile graveleuse brunâtre. De 01,0 m à 03,20 m : argile peu sableuse brunâtre. De 03,20 m à 04 m : marne très ferme grisâtre
PU-5-23-APD	69+735	4	De 0,00 m à 01,00 m : argile graveleuse brunâtre. De 01,0 m à 03,20 m : argile peu sableuse brunâtre. De 03,20 m à 04 m : marne très ferme grisâtre
PU-5-24-APD	70+165	4	De 0,00 m à 01,00 m : argile graveleuse brunâtre. De 01,0 m à 03,20 m : argile peu sableuse brunâtre. De 03,20 m à 04 m : marne très ferme grisâtre

PU-5-25-APD	70+950	4	De 0,00 m à 01,00 m : argile graveleuse brunâtre. De 01,0 m à 02,50 m : limon argile peu sableuse brunâtre. De 02,50 m à 03.5 m : marne très ferme grisâtre
PU-5-26-APD	71+556	4	De 0,00 m à 01,00 m : argile caillouteuse brunâtre. De 01,0 m à 03,50 m : argile graveleuse peu sableuse brunâtre. De 03,50 m à 04 m : marne très ferme grisâtre
PU-5-27-APD	71+966	4	De 0,00 m à 01,00 m : argile caillouteuse brunâtre. De 01,0 m à 03,50 m : argile graveleuse peu sableuse brunâtre. De 03,50 m à 04 m : marne très ferme grisâtre
PU-5-28-APD	72+082	4	De 0,00 m à 01,00 m : argile caillouteuse brunâtre. De 01,0 m à 03,50 m : argile graveleuse peu sableuse brunâtre. De 03,50 m à 04 m : marne très ferme grisâtre
PU-5-29-APD	72+910	4	De 0,00 m à 01,00 m : argile graveleuse brunâtre. De 01,0 m à 02,50 m : argile peu sableuse brunâtre. De 02,50 m à 02,60 m : marne très ferme grisâtre
PU-5-30-APD	73+165	4	De 0,00 m à 01,00 m : argile graveleuse brunâtre. De 01,0 m à 02,50 m : argile peu sableuse brunâtre. De 02,50 m à 02,60 m : marne très ferme grisâtre
PU-5-31-APD	73+642	4	De 0,00 m à 0,70 m : argile graveleuse brunâtre. De 0,70 m à 02,70 m : limon argileux peu sableuse brunâtre.
PU-5-32-APD	74+797	4	De 0,00 m à 02,50 m : argile limoneuse brunâtre. De 02,50 m à 4 m : marne très ferme grisâtre
PU-5-33-APD	75+670	4	De 0,00 m à 01,00 m : argile graveleuse brunâtre. De 01,0 m à 02,50 m : argile peu sableuse brunâtre.
PU-5-34-APD	76+060	4	De 0,00 m à 01,00 m : argile graveleuse brunâtre. De 01,0 m à 02,50 m : argile peu sableuse brunâtre.

❖ Sondages carottés

Tableau IV.5 Récapitulatif des sondages carottés

Référence sondage	PK / Type	Profondeur (m)	Litholohie
SC-5-1-APD	56+527 OT déblai	20	De0.00à1.30m : Limons argileux brunâtre. De 1.30 à 5.00 m : Argile graveleuse brunâtre légèrement caillouteuse. De 5.00 à 20.00 m : Marne grisâtre très ferme
SC-5-2-APD	58+132 OT remblai	30	De0.00à1.30m : Limons argileux brunâtre. De 1.30 à 5.00 m : Argile graveleuse brunâtre légèrement caillouteuse. De 5.00 à 30.00 m : Marne grisâtre très ferme
SC-5-3-APD	62+535 OT remblai	30	De0.00à1.30m : Argile brunâtre, ferme, à concrétions carbonatées à quelques graves. De 1.30 à 5.00 m : Marne grisâtre à aspect rocheux, tendre moyennement altéré, avec trace d'oxydation à fraction généralement sup-verticale. De 5.00 à 30.00 m : Marne grise à aspect rocheux, à fraction généralement oblique, peu a très peu altéré, à recristallisation de gypse aux niveaux des plans de fracturation.
SC-5-4-APD	70+097 OT déblai	15	De0.00à0.30m : Terre végétale De0.30à2.80m : Argile brune, ferme, à concrétions carbonatées. De 2.80à7.30 m :Argile brunâtre, ferme, à concrétions carbonatées. De 7.30 à 8.20 m : Argile sableuse brunâtre, ferme. De 8.20 à 15.00 m : Argile brune, ferme, peu-sableuse finement graveleuse en profondeur
SC-5-5-APD	72+701 OT remblai	20	De0.00à1.80m : Argile limoneuse brunâtre, ferme. De1.80à4.00m : Liment sableux, ferme, oxydée, brun-rougeâtre. De 4.00à7.00 m : Marne altéré oxydée avec quelque dépôt de gypse, très ferme, brun-grisâtre. De 7.00 à 20.00 m : Marne grise, très ferme, à trace d'oxydation, altéré à quelque dépôt gypsifère.

❖ **Essais pressiomètres (NF EN ISO 22476-4)**

Tableau IV.6 Récapitulatif des essais pressiomètres

Référence sondage	PK / Type	Profondeur (m)	Lithologie
SP-5-1-APD	58+300 O.A	20	De 0 à 4m : Sable fin jaunâtre De 4 à 20m : Marne grisâtre.
SP-5-2-APD	64+994 OT (remblai)	20	De 0 à 2m : Argile graveleuse, brunâtre. De 2 à 20m : Marne peu altéré.
SP-5-3-APD	71+740 OT (remblai)	15	De 0 à 4m : liment argileux sableux. De 4 à 15m : Marne légèrement altéré grisâtre.
SP-5-4-APD	74+573 OT (remblai)	15	De 0 à 4m : Argile jaunâtre peu sableuse. De 4 à 15m : Marne grisâtre.

❖ **Essai au pénétromètre dynamique lourd (NF P 94-114) :**

Pénétromètre dynamique lourd est un appareil capable de déterminer directement une résistance limite de sol, dits par abréviation PDL.

Tableau IV.7 Récapitulatif des essais au pénétromètre dynamique lourd

Référence essai	PK / Type ouvrage	
PDL-5-1-APD	57+118	OT (remblai)
PDL-5-2-APD	58+880	OT (déblai)
PDL-5-3-APD	66+096	OT (remblai)
PDL-5-4-APD	66+704	OT (remblai)
PDL-5-5-APD	67+258	OT (remblai)
PDL-5-6-AP	68+374	OT (remblai)

IV.5. Essais au laboratoire

Tous les échantillons prélevés dans les sondages et les puits de reconnaissance durant la campagne de reconnaissance, ont été transportés au niveau du laboratoire. Les essais ont été exécutés sur des échantillons intacts ou remaniés, ont subi des analyses pour une identification Physico-chimique, et la détermination des caractéristiques mécaniques du sol étudié.

Tableau IV.8 Programme de reconnaissance géotechnique (Essais au laboratoire)

Essais au laboratoire	Objectifs
Analyse granulométrique NF P94-056	Classification des sols Et dimensionnement de la plateforme
Valeur au bleu de méthylène NF P94-068	
Essai Proctor modifié NF P94-093	
Détermination de la teneur en eau NF P94-050	Déterminations des paramètres mécanique pour l'étude de stabilité des remblais/déblais
Essai de compressibilité à l'œdomètre NF P94-090-1	
Essai de cisaillement rectiligne à la boite NF P94-071-1	Etude du Tassement des sols

Classification du site étudié

Les sites sont classés en quatre (04) catégories en fonction des propriétés mécaniques des sols qui les constituent, d'après l'interprétation des résultats de la campagne disponibles à ce jour, il est possible de distinguer cinq familles géotechniques qui regroupent ou correspondent à des formations géologiques répertoriées dans la NF P11-300 (conforme au Guide Technique de réalisation des Remblais et couches de formes – GTR version 2000). Pour chaque famille géotechnique, les paramètres géomécaniques suivants ont été retenus, ainsi on a classifié notre site selon le règlement parasismique ouvrage d'art -RPOA- (ANNEXE C1)

Tableau IV.9 Paramètres géo mécaniques des formations reconnues sur le LOT 05

Famille géologique	**γ'**	**Classe GTR / UIC**	**C'**	**φ'**	**Pl**	**E**	**Classe du site**
Unité	**KN/m³**	-	**(KPa)**	**(°)**	**(MPa)**	**(MPa)**	
qk Colluvions	19.0	A3-A4	20	22	0,12	2,7	S4
C2d Marnes argileuses et bancs de grès	19.9	A3	20	25	4,9	186	S1
qM Dépôt de marais	18	-	-	-	-	-	S1
qL Limons et actuels de Oued Chebro	20	A2 / QS1 améliorable en QS2	49	27,5	2,6	32	S1-S2
ql Limons récents	19.5	A3 - A4	50	22	3,3	65	S1-S2
C2e Marne argileuse grisâtre	20.5	A3	20	25	4,9	135	S1
C2a Marno-calcaires	20.5	A4	40	10	1.1	27	S1

IV.2.6. Conclusion

Le profil en long géotechnique décrit une stratigraphie en bicouche où le substratum est constitué d'une formation de marnes grisâtre compacte à peu compacte. Cependant, cette lithologie change et se distingue en 02 sections :

Du PK 56+000 au PK 72+000 : la lithologie en bicouche est constituée de glacis récent formés de limons et d'argiles limoneuse brunâtre (q'L) sur les 1 à 4m puis une couche de marne grisâtre plus ou moins altérée.

Du PK 72+000 au PK 77+000 : La même lithologie décrite dans la section précédente sauf que la ligne ferroviaire longe sur cette section l'Oued Chabro. Par conséquent, on retrouve en couche supérieure les sols du lit majeur de cet Oued.

Chapitre V Terrassement et assise de voie

CHAPITRE V TERRASSEMNT ET ASSISE DE VOIE

On entend par terrassement toute modification d'un site pour la création d'une plate-forme ferroviaire et qui participe à la création des ouvrages en terre. Ces derniers peuvent être rasants (niveau du terrain naturel) ou établis en remblai ou en déblai, avec parfois de grandes hauteurs.

V.1. SECTION EN REMBLAI

Les principales zones de remblai le long du tracé ont fait l'objet d'un programme de reconnaissance géotechnique établi sur la base du profil longitudinal. Les deux tableaux suivants représentent les sections en remblai avec ses caractéristiques géotechniques et ses hauteurs maximales :

Tableau V.1 Les sections en remblais.

Classification selon Hr	$H_R \leq 3m$	$3m < H_R \leq 5m$	$5m < H_R \leq 15m$	$15m > H_R$	Total
Nombre	2	3	8	0	**13**
Linéaire cumulé (m)	1200	1600	6923	0	**9723**
% sur linaire total de remblais	12.3	16.5	71.2	0	**100**
% sur le linéaire total du LOT 05	**6**	**8**	**35**	**0**	**49**

Tableau V.2 Les zones de remblais entre PK55+750 et PK 76+675.

Action	Pk Initial	Pk Final	Lithologie	L (m)	Hmax (m)	Talus
Remblai	56+740	57+300	qL C2a	560	6,75	3H/2V
Remblai	57+525	57+665	qL C2a	1025	2,6	3H/2V
Remblai	57+887	58+550	qL C2a	663	13,12	3H/2V
Remblai	61+400	63+125	qL C2a	1725	14,75	3H/2V
Remblai	64+725	65+275	qL C2d qk	550	8,8	3H/2V
Remblai	65+575	65+750	qk C2d	175	2,6	3H/2V
Remblai	65+775	66+500	qk C2d	725	3,9	3H/2V
Remblai	67+725	69+150	qk C2d	1425	5,84	3H/2V
Remblai	71+425	71+850	ql C2e	425	7,3	3H/2V
Remblai	72+075	72+950	ql C2e	875	8,9	3H/2V
Remblai	74+225	74+925	qL C2e	700	6,5	3H/2V

V.2. SECTION EN DEBLAI

Les principales zones de déblais le long du tracé ont fait l'objet d'un programme de reconnaissance géotechnique établi sur la base du profil longitudinal. Les deux tableaux suivants représentent les sections en déblai avec ses caractéristiques géotechniques et ses hauteurs maximales :

Tableau V.3 Les sections en Déblai.

Classification selon H_D	$H_D \leq 3m$	$3m < H_D \leq 5m$	$5m < H_D \leq 15m$	$H_D > 15m$	Total
Nombre	3	1	1	1	**5**
Linéaire cumulé (m)	698	175	975	251	**2099**
% sur linaire total de déblais	33	8	46	12	**100**
% sur le linéaire total du LOT 05	**33**	**1**	**5**	**1**	**40**

Tableau V.4 Les zones de déblais entre PK55+750 et PK 76+675.

Action	Pk initial	Pk final	Lithologie	Longueur (m)	Hmax (m)	Talus
Déblai	55+950	56+457	qL C2a	507	2,8	3H/2V
Déblai	56+489	56+740	qL C2a	251	16,84	3H/2V
Déblai	58+775	58+950	qL C2a	175	3,6	3H/2V
Déblai	59+287	59+428	qL C2a	141	2,4	3H/2V
Déblai	60+150	60+200	qL C2a	50	2	3H/2V
Déblai	69+650	70+625	qk C2d	975	11,55	3H/2V

❖ La Sécurité dans les zones de déblais :

La prévention des instabilités locales, qui est détectée pendant l'excavation des déblais, il convient de prévoir des mesures de stabilisation et de soutènement des talus, tels que le traitement avec des boulons d'ancrage, des grilles à mailles hexagonales, le gunitage. Comme critère général :

- Lorsque les déblais sont effectués dans des terrains rocheux, il peut être possible de disposer au pied des talus pour récupérer les possibles blocs qui pourraient se détacher.
- Pour la stabilisation des talus, il faudra disposer des fossés de crête de talus, ainsi que des tuyaux en descente en béton. De la même façon, la surface des talus sera traitée avec des plantations.
- Dans le cas où peuvent apparaitre des instabilités locales avec détachement des blocs, il est à envisager le rabotage localisé de blocs, la projection de béton, le boulonnage local, la disposition de grillage antichute
- Il est recommandé de disposer des fossés revêtus dans les bermes pour contrôler l'eau d'écoulement et éviter son infiltration dans les déblais.

V.3. VERIFICATION DE STABILITE DES TALUS

Pour la vérification de stabilité des talus soit en déblais et remblai on a utilisé le logiciel 'TALREN V4', et on a choisi la méthode de Bishop pour les ruptures circulaires, les facteurs de sécurité globaux, à prendre en considération :

- Fs ≥1.5 l'analyse en conditions statiques.
- Fs ≥1 l'analyse en conditions sismiques.

V.3.1. Application de l'étude de Stabilité des talus en déblai

Les actions sismiques sont appliquées en étant des forces statiques équivalentes, constantes et proportionnelles au poids propre du terrain ; ces actions sont déterminées en faisant référence aux normes parasismiques algériennes (Règles Parasismiques Ouvrages d'Art – RPOA) :
Accélération sismique de la zone : A= 0.15g m/s2

Tableau V.5 Valeurs des contraintes sismiques en fonction du coefficient d'accélération.

A	σ_H	σ_V
0,15	$\sigma_H = 0,5 \times A$	$\sigma_V = 0,3 \times \sigma_H$
	σ_H = 0,075	**σ_V = 0,022**

Le calcul du facteur de stabilité au condition sismique se détermine par deux cas

- **Cas Pesant :** On prend **(σ_H ;σ_V)** positives. (σ_H = 0,075 ; σ_V = 0,022)
- **Cas Allégeant :** On prend **(σ_H)** positive et **(σ_V)** négative. (σ_H = 0,075 ; σ_V = -0,022)
  - **Les caractéristiques mécaniques du plus haut déblai Hmax= 16.75 m**

Tableau V.6 Les caractéristiques mécaniques des déblais

PK Début- fin	Profondeur (m)	Nature terrain	Paramètres géotechniques		
			γ_h (KN/m^3)	C (KN/m^3)	φ (degré)
56+489 56+740	**0.00 – 1.80**	Argile récents oued chabro	20	49	27.5
	1.80 –4.80	Marno-calcaires	20.5	20	25

- **Résultats de vérification de stabilité des talus en déblais**

Tableau V.7 Récapitulatif des résultats de vérification de stabilité des talus en déblais.

PK Début- fin	Géométrie des talus				Facteur sécurité			Observations
	Longueur (m)	Hauteur Max (m)	Pente proposé	Berme/ Talus (m)	Condition statique	Condition sismique Allégeant/Pesant		
56+489 56+740	251	16.84	3H /2V	3m / 6m	1.75	1.49	1.48	Stable

- **Conclusion :**

Pour des raisons de stabilité, mais aussi visant la création d'accès pour d'éventuels entretiens ; des risbermes de 3 m de largeur ont été adoptées chaque 6m de hauteur pour les zones de déblais avec une pente de 3H/2V.

Les risbermes de stabilité ont été prévues pour assurer la stabilité des talus sur le Lot05 tous les 6m en hauteur. Leur largeur est de 3 m et leur pente est de 4% vers la plateforme.
Le principe d'une inclinaison vers l'aval des bermes permet d'éviter les cunettes de drainage qui sont généralement défavorables pour la pérennité des talus en raison de risques d'infiltration qui peuvent conduire à dégrader les matériaux en place et engendrer des désordres. L'objectif est d'assurer un écoulement le long du talus. De plus la création de cunette requiert une surveillance et une maintenance de ce drainage.

V.3.2. Réutilisation des matériaux de déblais (déblais mise en remblais) :

En raison des coûts importants des travaux de terrassements, les constructeurs essaient d'utiliser le maximum des sols extraits en remblais pour réduire les coûts de transport et d'achat des matériaux d'apport. Les conditions de réutilisation des matériaux sont définies par le GTR.
Dans notre projet, d'après les résultats obtenus des paramètres géomécaniques des formations reconnues sur le LOT 05 (voir Tableau III.9). On constate que le taux de réutilisation de ses matériaux est nul en raison de la prépondérance des formations limoneuses plastiques(Ip >25 et EV2<20MPa). Exception faite de la formation de l'argiles récents d'Oued Chebro qui donne un QS1 améliorable en QS2 permettant d'être réutiliser en remblai. Ce taux faible de réutilisation nous conduit à recourir aux matériaux provenant de gites naturels.

- **Recherche des gites**

Il est nécessaire de rechercher les gites de matériaux au voisinage de notre projet. A cet effet, on doit réaliser une compagne d'investigation spécifique à la recherche des gites. Cette compagne est composée d'essais mécaniques et d'identifications afin de retenir les matériaux conformes aux exigences du GTR. On doit recourir en priorité aux gites les plus proches aux ateliers de compactage.

V.3.3. Application de l'étude de Stabilité des talus en remblai

Au-delà d'une certaine hauteur limite de remblai, il y'a risque de rupture, se présentant généralement sous forme de glissement de talus.

Les méthodes d'études de stabilité des pentes permettent de déterminer cette hauteur limite pour un coefficient de sécurité donné, connaissant :

- Les caractéristiques géométriques du remblai et des couches du sol de fondation.
- Les caractéristiques mécaniques du remblai et du sol de fondation.
- Le régime hydraulique (le plus souvent définition du niveau de la nappe).

❖ **Application au projet**

Pour les calculs des facteurs de sécurité on a utilisé le logiciel 'TALREN 4.0', en utilisant la méthode de Bishop simplifiée.

On a pris en considération l'effet d'une surcharge additionnelle de 50 kPa appliquée sur la tête du remblai, correspondant aux charges transmises au sommet de la couche de ballast par l'intermédiaire d'une traverse bi-bloc, afin de simuler le trafic sur la voie ferrée.

Les actions sismiques sont appliquées en étant des forces statiques équivalentes, constantes et proportionnelles au poids propre du terrain ; ces actions sont déterminées en faisant référence aux normes parasismique algériennes (Règles Parasismiques Ouvrages d'Art – RPOA) :

Tableau V.8 Valeurs des contraintes sismiques en fonction du coefficient d'accélération.

A	σ_H	σ_V
0,15	$\sigma_H = 0,5 \times A$	$\sigma_V = 0,3 \times \sigma_H$
	σ_H = 0,075	**σ_V = 0,022**

- **Les caractéristiques mécaniques du plus haut remblai (Hmax=14.75m)**

Tableau IV.9 Les caractéristiques mécaniques des remblais.

PK Début- fin	Profondeur (m)	Nature terrain	Paramètres géotechniques		
			γ_h (KN/m^3)	C (KN/m^3)	φ (degré)
61+400 à 63+125	**0.0 – 1.50**	Argile limoneuse	19.5	50	22
	1.50 – 5	Marne grisâtre	20.5	20	25
	5 – 10	Marno-calcaire	20.5	40	10

Le tableau suivant montre une synthèse des calculs de stabilité dans un remblai

TableauV.10 Récapitulatif des résultats de vérification de stabilité des talus en remblais.

PK Début- fin	Géométrie des talus				Facteur sécurité				Observation
	Longueur (m)	Hauteur Max (m)	Pente proposé	Berme/ Talus (m)	Condition statique (interne/externe)		Condition sismique (pesant/allégeant)		
61+400 63+125	1725	14,75	3H/2V	3m / 6m	1.67	1.59	1.4	1.38	Stable

NB : les figures de la vérification de stabilité (cercles de rupture) sont représentées dans annexe (C2 et C3)

V.4. CALCUL DES VOLUMES DE TERRASSEMENT :

Les cubatures des terrassements sont calculées après définition du terrain naturel, et du projet par le tracé en plan, le profil en long et le profil en travers.
Le calcul des cubatures de terrassement a été fait à l'aide du logiciel « CIVIL 3D », les tableaux ci-après résument les résultats obtenus :(les résultats détaillés dans annexe…)

Le tableau suivant indique les quantités de déblai et remblai dans notre projet :

Tableau V.11 Récapitulatif des volumes de terrassement

Terrassement	Volume (m3)
Remblais	**341688**
Déblais	**1301375**

Tableau V.12 Récapitulatif des volumes des couches d'assise

Terrassement	Volume (m3)
Ballast	**118362**
Sous-ballast	**67143**
Couche de fondation	**52075**
Couche de forme	**107452**

V.5. PLATE-FORME FERROVIAIRE

Constituée de sol rapporté en remblai ou en place en déblai, la partie supérieure de la plate-forme est aménagée en couche de forme, a une pente transversale de 4%. Dans le cas d'un remblai, cette couche de forme est d'un sol de qualité meilleure. Son taux de compactage est de 95% OPM. Parfois la couche de forme est traitée aux liants hydrauliques, en revanche dans le cas de déblais elle est obtenue par compactage à 95% OPM sur une épaisseur minimale de 30cm.

V.5.1. Classification de la plate-forme

La classification selon la norme UIC 719 R, dont La qualité d'un sol dépend des deux paramètres suivants :

- La nature géotechnique du sol.
- Les conditions hydrogéologiques et hydrologiques locales.

Ces conditions sont réputées bonnes si :

- La couche supérieure du sol considéré est hors de toute nappe naturelle (niveau de cette dernière mesuré avant toute opération de rabattement complémentaire et en période climatique défavorable).
- La plateforme n'est pas le siège de percolations (pénétration par l'eau circulant dans le sol (éventuellement pollué)) naturelles transversales, longitudinales ou verticales nocives.
- Les eaux de pluie sont évacuées correctement de la plateforme et les dispositifs longitudinaux de drainage sont en bon état de fonctionnement.

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 plate-forme correcte et nécessitant certaines mesures confortatives (substitution du matériau sur une certaine épaisseur, traitement aux liants, utilisation de géotextiles, renforcement par pieux, etc.). Pour cette raison, ces sols ne sont pas mentionnés ici lors du dimensionnement des couches d'assise et des couches de forme.
- **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.

Tableau V.13 Classification de la qualité des sols (UIC 719R)

Classification des sols (Identification géotechnique)	Classe de qualité de sol
0.1 Sols organiques 0.2 Sols fins (comportant plus de 15% de fines) foisonnés, humides et donc non compactables 0.3 Sols thixotropes (quick-Clay par exemple) 0.4 Sols comportant des matériaux solubles (sels gemme ou gypse) 0.5 Sols comportant des matériaux polluants (déchets industriels, par exemple) 06 Sols mixtes « minéraux organiques »	QS0
1.1 sols comportant plus de 40% de fines (sauf sols 0.2) 1.2 Roches très évolutives par exemple : - craies de ρd<1.7 t t/m3 et de friabilité forte - Marnes - Schistes altérés 1.3 sols comportant de 15 à 40% de fines (sauf sols 0.2) 1.4 roches évolutives par exemple : -Craies de ρd<1.7 t/m 3 et de friabilité faible -Schistes non altérés 1.5 Roches tendres par exemple : Si micro Deval en présence d'eau (MDE)>40 et Los Angeles (LA) >40	QS1
2.1 Sols comportant de 5 à 15% de fines 2.2 Sols comportant moins de 5% de fines mais uniforme (Cu<6) 2 .3 Roches moyennement dures Par exemple : Si 25<MDE≤40 et 30<LA≤40	QS2
3.1 Sols comportant moins de 5% de fines 3.2 Roches dures Par exemple : Si MDE≤25 et LA≤30	QS3

❖ Classe de portance de la plate-forme

La portance d'une plateforme dépend de :

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

On peut distinguer les trois classes de portance de plateforme suivantes :

- ✓ P3 : bonne plate-forme.
- ✓ P2 : plate-forme moyenne.
- ✓ P1 : plate-forme mauvaise.

.

Tableau V.14 La classe de portance de la plateforme (fiche 719R)

Classe de qualité du sol	Classe de portance envisagée pour la plateforme	Couche de forme à mettre en œuvre pour obtenir cette classe de portance	
		Qualité	Epaisseur minimale (m)
QS_1	P1 P2 P2 P3	QS_1 QS_2 QS_3 QS_3	- 0.50 0.35 0.50
QS_2	P2 P3	QS_2 QS_3	- 0.35
QS_3	P3	QS_3	-

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.

V.6. DIMENSIONNEMENT DE LA COUCHE D'ASSISE

La couche d'assise est la partie située en dessous des travers elle comprend la couche de Ballast et la sous couche. Elle assure l'amortissement qui résulte du contact Rail-Roue et aussi elle répartie les charges provenant des travers d'une manière uniforme sur la plate-forme.
La couche d'assise joue un rôle important dans la stabilité longitudinale et transversale dela voie, et dans l'évacuation des eaux par drainage.

V.6.1. Types de structures d'assise

Structures d'assise avec une couche de forme intégrée
Lorsque la couche de forme constituera le sommet de la partie supérieur de terrassement (PST), elle est de même nature que l'ouvrage en terre et amélioré par compactage.

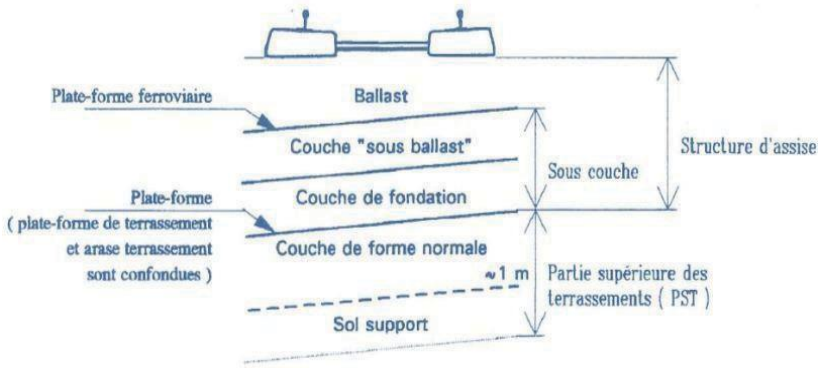


Figure V.1 Structure d'assise avec couche de forme intégrée

Structures d'assise avec couche de forme rapportée

Lorsque la couche de forme constituée en matériau granulaire de meilleure qualité que ceux qui constituent l'ouvrage en terre.

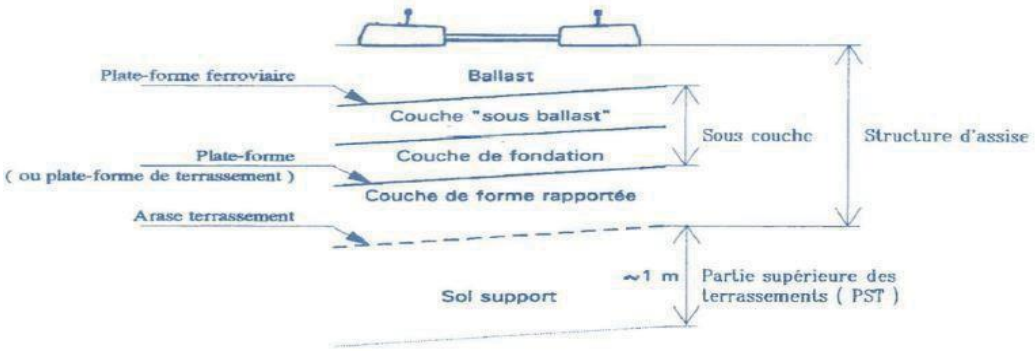


Figure V.2 Structure d'assise avec couche de forme rapportée

V.6.2. Les constituants de la couche d'assise

- **Ballast**

Les exigences du Ballast utilisé dans le chemin de fer sont décrites selon la norme NF EN 13450 (Août 2003) sous l'intitulé « **Granulats pour ballasts de voies ferrées »**

- **Classe Granulaire**

La classe du ballast de voie ferrée doit être désignée par deux dimensions de tamis en millimètre, **d** correspondant au plus petit tamis et **D** au plus grand, pour les ballasts de voies ferrées, D = 50 mm ou 63 mm et d = 31,5 mm.

- **Granularité**

La granularité du Ballast dans les réseaux ferroviaires est définie à partir de la norme EN 933-1, il doit être conforme aux catégories représentées dans le tableau suivant :

Tableau V.15 Catégories pour la granularité norme (Norme NF 13450).

Maille de tamis mm	**Ballast de voie ferrée 31,5 mm / 50 mm**			**Ballast de voie ferrée 31,5 mm / 63 mm**		
	Pourcentage en masse de passant					
	Catégorie de granularité					
	A	B	C	D	E	F
80	100	100	100	100	100	100
63	100	97 à 100	95à100	97à99	95à99	93à99
50	70 à 99	70 à 99	70à99	65à99	55à99	45à70
40	30 à 65	30 à 70	25à75	30à65	25à75	15à40
31.5	1 à 25	1 à 25	1à25	1à25	1à25	0à7
22.4	0 à 3	0 à 3	0à3	0à3	0à3	0à7
31.5 à 50	≥ 50	≥ 50	-	-	-	-
31.5 à 63	-	-	-	-	-	-
NOTE 1 L'exigence pour le passant au tamis de 22,4 mm s'applique au ballast de voie ferrée échantillonné sur le lieu de production. NOTE 2 Dans certains cas, il est permis d'utiliser un tamis de 25 mm au lieu du tamis de 22,4 mm si une tolérance de 0 à 5 s'applique (0 à 7 pour la catégorie F).						

❖ La forme

La forme du Ballast de voie ferrée doit être définie par le coefficient d'aplatissement selonla norme EN 933-3, ce coefficient Il doit être exprimée par la catégorie correspondante spécifiée dans le tableau suivant :

Tableau V.16 Catégories pour les valeurs maximales du coefficient d'aplatissement (Norme NF 13450)

Coefficient d'aplatissement	Catégorie FI
≤ 15	**FI15**
≤ 20	**FI20**
≤ 35	**FI35**
> 35	**$FI_{Déclaré}$**
Aucune exigence	**FI_{NR}**

❖ La propreté

La propreté du Ballast est déterminée par la teneur en fin conformément à la norme EN 933-1, les exigences sur la propreté sont données dans le tableau suivant :

Tableau V.17 Catégories pour la teneur en grains fins (Norme EN 13450)

Maille de tamis mm	Pourcentage maximal passant en masse				
	Catégorie de teneur en fines				
	A	B	C	Déclarée	D
0,063	0,5	1,0	1,5	> 1,5	Aucune exigence
NOTE L'exigence s'applique au ballast de voie ferrée échantillonné sur le lieu de production.					

❖ Sous couche

La sous couche est la partie intermédiaire entre la couche de Ballast et la plate-forme, elle peut être constitué d'une seule couche (monocouche) ou plusieurs couches (multicouche).
Elle comprend du haut vers le bas d'une couche de sous ballast en grave propre bien gradué (0/31.5), puis une couche de fondation si on a une mauvaise plate-forme et aussi s'il y a lieu de poser une couche anti-contaminatrice complété par des feuilles de géotextile ou géo-membrane.

❖ Le rôle de la sous couche

La sous-couche a pour fonction :

- D'assurer, en complément du ballast, la répartition des charges transmises au niveau de la plate-forme.
- D'assurer la transition granulométrique entre le ballast et la plate-forme.
- De protéger la plate-forme du ruissellement des eaux de pluie qui s'infiltrentrelativement vite à travers le ballast.
- De protéger la plate-forme du gel.

V.7. STRUCTURES D'ASSISE RETENUES

Données d'entrée

- Classe de qualité du sol : QS2
- Classe de PST : 2
- Classe de l'arase : AR2
- Le classement de la ligne est le groupe 1
- Traverses type VAX U31 L= 2.24m
- Charge à l'essieu de 225 KN

Conformément à la fiche UIC 719 R relative au dimensionnement des couches d'assise, l'épaisseur de la couche de ballast et des sous couches est calculée suivant la formule ci-dessous :

e = E + a + b + c + d + f + g e : étant l'épaisseur de la couche du ballast et des sous couches ;

- E = 0,55 m classe de portance P2 qui correspond à une arase AR2
- a = 0 pour le groupe de la ligne UIC 1

$b = \frac{2.50-2.24}{2}$; pour les traverses béton de longueur de L= 2,24 m, soit b= 0,13 m

- 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 $\leq$ 160 km/h.
- g = 0 épaisseur du géotextile.
- e = 0,55 + 0 + 0,13 + 0 + 0,05 + 0 ; e = 0,73 m

❖ **Synthèse de la solution**

Nous proposons les épaisseurs des couches d'assise pour une portance P2 (la plus attendue sur le lot05 suivant les résultats des essais géotechniques) comme ci- dessous :
Epaisseur de la couche de ballast : 0.30 m
Epaisseur de la couche de sous ballast : 0.25 m
Epaisseur de la couche de fondation : 0.18 m
Epaisseur de la couche de forme : 0.35 m
Soit un total de 0.78 m en matériaux granulaire + 0.30 m de ballast.

Les épaisseurs des différentes couches sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau V.18 Tableau des épaisseurs de la couche d'assise

Couche	Epaisseur(m)	Matériaux
Ballast	0.30	GC 25/50 mm
Sous-ballast	0.25	GNT 0/31.5mm
Couche de fondation	0.18	GNT 0/31.5 mm
Couche de forme	0.35	GNT 0/40mm

Chapitre VI Etude Hydrologique et assainissement

CHAPITRE VI ETUDE HYDROLOGIQUE ET ASSAINISSEMENT

Le tracé de la voie ferrée traverse un certain nombre de bassins versants hydrologiques qu'on se propose d'étudier. Les précipitations avec de fortes intensités provoquent des inondations sur certains endroits de la voie ferrée qui présentent une topographie favorable à ces catastrophes. L'assainissement des infrastructures ferroviaires, est l'un des problèmes techniques les plus importants auquel on doit faire attention lors des études conceptuelles.
Dans cette étude on va établir un système opérationnel d'évacuation des eaux pour assurer la stabilité de l'infrastructure. Ce système doit assurer le captage des eaux zénithales et celles des nappes phréatiques.

VI.1. PRESENTATION HYDROLOGIQUE DE LA ZONE

VI.1.1. Présentation générale

La région d'étude se situe à l'extrême Est algérien, sur le territoire de la wilaya de Tébessa, le tracé de la ligne minière tronçon Oued Keberit Tebessa traverse le bassin versant de l'oued Mellègue qui porte le numéro 12 selon la codification de l'Agence Nationale des Ressources Hydraulique (A.N.R.H). La région d'Oued Keberit est caractérisé par un nombre important d'affluents qui la parcourent, et qui déversent pour l'essentiel à oued Keberit lequel par la suite jette à oued Mellague. Ce qui fait de la région un bassin versant ponctué par un nombre important de chaabets qui drainent beaucoup d'eau en hiver, la région voit certaines parties en plaine basse inondées, ce qui lui permet d'emmagasiner des quantités d'eau non négligeables qui constituent des sources hydriques.

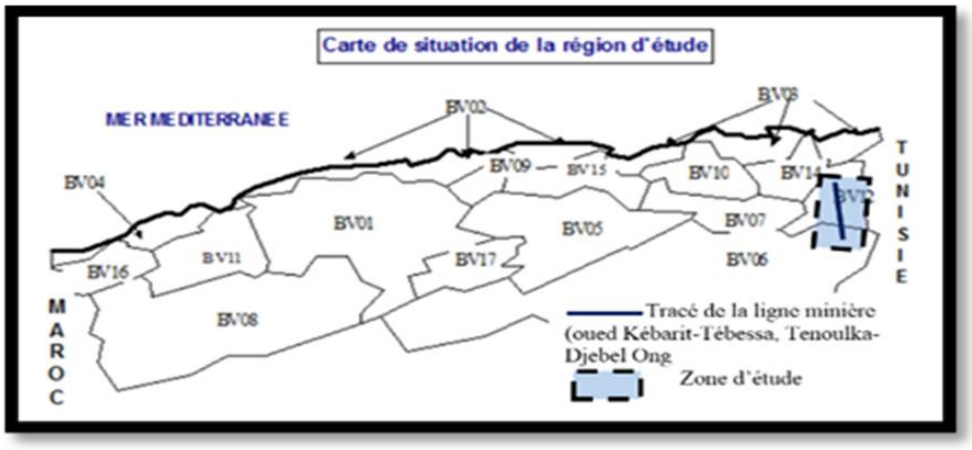


Figure VI.1 Les bassins versants de l'Algérie

Tableau V.1 Caractéristiques morpho métriques du bassin versant de l'oued Mellègue

N°SBV	S(Km²)	P(Km)	Lw(m)	Hmin(m)	Hmax(m)	Hmoy(m)
12	7811.57	609.24	4362.21	250	1600	925

VI.1.2. Le climat

- **Températures**

Tableau VI.2 Moyenne annuelles et mensuelles des températures à la station de Tébessa

STATION	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moyenne Annuelle
Tébessa	22.6	16.5	11.3	7.3	6.0	7.4	10.3	14.0	18.2	23.4	26.7	26.2	15.8

L'examen du tableau précédent révèle que la température la plus basse a été observée en janvier avec 6.0°C tandis que le maximum apparaît en juillet avec 26.7°C. Pour la température moyenne, elle est estimée à 15.8°C.

- **Humidité (les zones bioclimatiques)**

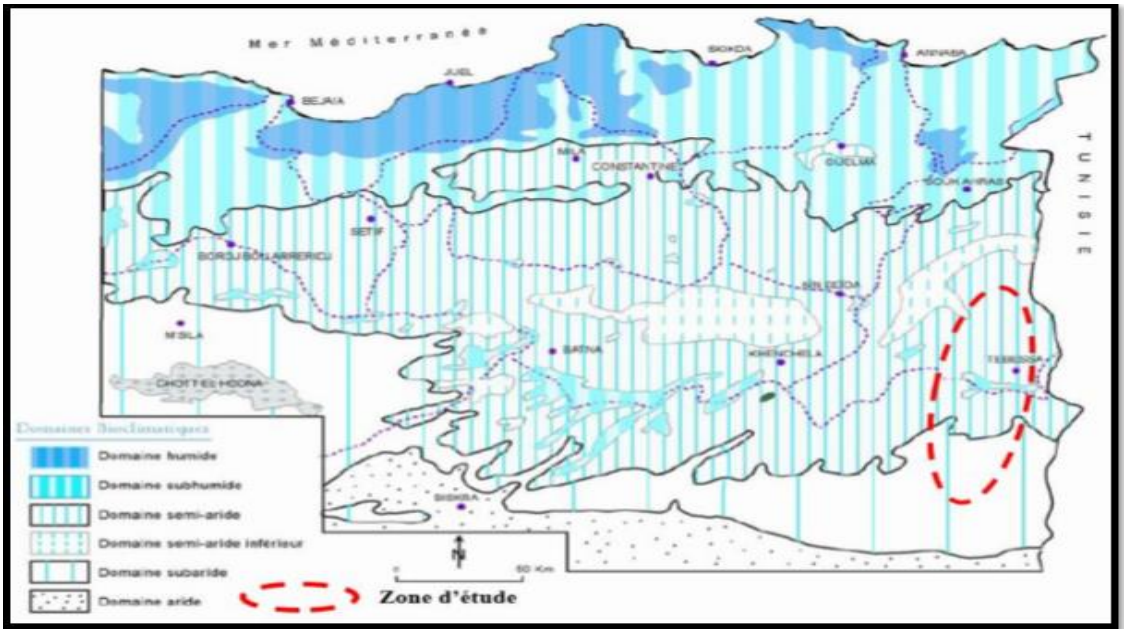


Figure VI.2 Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien.

- Humide (pluviométrie annuelle P supérieure à 900 mm).
- Subhumide (P > 600 mm environ).
- Semi-aride (300-350 < P < 550-600 mm, net déficit hydrique).
- Subaride (P < 350 mm, nombre de mois secs > nombre mois humides).
- Aride (P < 150 mm, 12 mois biologiquement secs).

D'après cette carte la zone d'étude est caractérisée par un climat semi-aride (entre oued Kebrit et Tébessa).

❖ **Précipitations**

Sont dénommées précipitations, toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (pluie, averse) que sous forme solide (neige, grêle) et les précipitations déposées (rosée, givre).

Les précipitations constituent l'unique « entrée » des principaux systèmes hydrologiques continentaux que sont les bassins versants.

Dans le tableau suivant nous présentons les pluies journalières pour différentes fréquences.

Tableau VI.3 Valeurs des pluies journalières selon les fréquences choisies.

T[ans]	100	50	20	10
Fréquence	0,99	0,98	0,95	0,9
El Aouinet	77,49	69,95	59,9	52,13

VI.1.3. Caractéristiques des bassins versants

Le bassin versant en une section d'un cours d'eau est défini comme la surface drainée par ce cours d'eau et ses affluents en amont de la section. Tout écoulement prenant naissance à l'intérieur de cette surface doit donc traverser la section considérée, appelée exutoire, pour poursuivre son trajet vers l'aval.

Les caractéristiques des bassins versants comportant la superficie et périmètre, la longueur du thalweg principal et sa pente longitudinale ont été déterminées à partir de ces cartes topographiques. Ce sont des paramètres physiques fixes qui régissent les conditions de formation des crues.

La délimitation des lignes de partage et des contours des bassins versants, leurs surfaces, leurs exutoires ont été déterminés à l'aide d'un SIG (système d'information géographique) en utilisant le logiciel Global Mapper les paramètres suivants ont été déterminés.

Le tableau suivant montre les différentes caractéristiques des paramètres de bassins versants entre PK56+000 - PK76+675

Tableau VI.4 La délimitation des bassins versants

n° BV	PK	A (km²)	P (km)	Hmax (m)	Hmin (m)	Lw (m)	Pente (m/m)	Tc (h)
01	57+387	0.797	5.633	640	620	710	0,03	0,65
02	59+166	0.0683	1.116	740	620	1980	0,06	0,14
03	59+735	3.015	9.274	644	626	430	0,04	1,1
04	60+100	0.2501	2.486	638	625	520	0,03	0,37
05	60+564	0.1032	1.388	760	624	2780	0,05	0,18
06	60+935	0.2191	2.444	645	632	570	0,02	0,42
07	61+127	0.3613	3.484	657	635	880	0,03	0,44
08	61+500	0.091	1.592	650	635	480	0,03	0,22
09	62+192	0.535	4.972	680	636	730	0,06	0,38
10	62+280	0.0576	1.168	680	634	740	0,06	0,12
11	62+727	21.475	24.441	694	636	1010	0,06	12,52

12	64+278	0.2029	2.629	690	637	850	0,06	0,23
13	65+182	0.668	5.19	740	640	1880	0,05	0,46
14	65+444	0.932	6.202	746	638	743	0,15	0,32
15	65+712	0.1101	1.586	890	664	2220	0,1	0,13
16	66+300	0.3641	3.425	685	670	530	0,03	0,44
17	66+795	0.533	5.704	840	680	1430	0,11	0,28
18	67+121	0.4257	4.325	930	680	1470	0,17	0,2
19	67+446	0.1966	2.068	1100	683	1950	0,21	0,12
20	68+105	0.655	5.451	1060	685	1970	0,19	0,24
21	68+833	0.3257	3.015	1040	690	2050	0,17	0,18
22	69+264	0.2241	2.508	800	688	1290	0,09	0,2
23	64+735	0.0659	1.059	1030	668	2050	0,18	0,08
24	70+165	0.0517	1.048	740	686	880	0,06	0,12
25	70+950	0.606	4.947	900	685	1370	0,16	0,25
26	71+556	0.96	6.244	740	690	600	0,08	0,44
27	71+966	0.1484	1.733	890	690	1080	0,19	0,11
28	72+082	2.222	9.559	930	690	1950	0,12	0,55
29	72+910	15.121	21.549	760	690	1300	0,05	13,28
30	73+165	2.199	8.558	800	682	1770	0,07	0,71
31	73+642	0.74	4.968	695	680	520	0,03	0,63
32	74+797	0.1737	2.15	850	679	2410	0,07	0,2
33	75+670	0.532	3.418	900	679	2090	0,11	0,28
34	76+060	0.747	4.971	697	676	800	0,03	0,63

- PK : point kilométrique.
- A : Surface du bassin versant (Km^2).
- P : Périmètre du bassin versant (Km).
- L : Longueur du plus long cours d'eau (Km).
- Hmax : Altitude maximale (m).
- H min : Altitude minimale (m).

VI.1.4. Estimation des débits d'apport (Qa)

Pour estimer les débits de crue des différents bassins versant obtenus par délimitation, on utilise plusieurs méthodes qui sont élaborées en fonction de la pluie et des caractéristiques physiques des bassins versants.

Pour évaluer le débit maximal des bassins versants, on a utilisé les formules suivantes :

- **La formule rationnelle**

$$Q_{max} = K.C.I.A$$

K=0.278 : Coefficient qui permet de convertir les (mm/h) en (l/s).
Q_{max} : Débit maximale de la crue de période de retour voulue (m3/s).
I : Intensité maximale des précipitations (mm /h).
A : Aire d'apport en (Km2).

C : Coefficient de ruissellement.

- **Formule de transition : ($10\ Km^2 < A < 50\ Km^2$) :**

$$Q_T = \alpha\ Q_{(RT)} + \beta\ Q_{(CT)}$$

Tel que :

- Q_T: débit de projet de période de retour T.
- $Q_{(RT)}$: débit fourni par la formule rationnelle, période de retour T.
- $Q_{(CT)}$: débit fourni par la formule Crupédix, période de retour T.

α, β : coefficients de pondération : $\alpha = (50-A)/40.$, $\beta = 1 - \alpha$.

- **Formule Crupedix : ($50\ Km^2 < A < 100\ Km^2$)**

$Q100 = b' \times Q10$ $\qquad Q_{10} = A^{0,8} * \left(\frac{Pj}{80}\right)^2 * R$

Tel que :
A [km2] : surface du bassin versant.
PJ [mm / j] : Précipitation journalière maximale décennal.
R coefficient régional :
R = 0,2 pour des terrains perméables.
R = 1,5 à 1,8 pour des terrains imperméables.
R = 1 pour des terrains intermédiaires.
Avec : $1,4 \leq b' \leq 4$

Le paramètre « b' » dépend de la superficie du bassin versant :
Jusqu'à 20 km2, b' est déterminé en appliquant la formule rationnelle (calcul de Q10 et Q100 comme si la formule rationnelle était applicable) : $b' = Q_R100/Q_R10$.
Au-delà de 20 km2, b' est déterminé à partir des données provenant des cours d'eau jaugés sur des bassins versants représentatifs à proximité du projet.

- **Formule de TURAZZA**

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

Qmax % : débit de crue de période de retour voulue (en m3/s)

Tc: temps de concentration du bassin.

P tc % : pluie de durée tc et de période de retour voulue.

$$P(t) = 1.13 \times Pj\% \times (\frac{t}{24})^b$$

Cr: coefficient de ruissellement du bassin versant.

Pj % : Hauteur de pluie journalière de période de retour voulue.

❖ **Détermination du coefficient de ruissèlement (Cr)**

Le coefficient de ruissellement a Pour but de caractériser la capacité d'un bassin versant à ruisseler

Le coefficient de ruissellement **Cr** est calculé selon la formule Kenessey :

$Cr = C1 + C2 + C3$

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

C2 : dépend de la perméabilité du terrain, donné à partir de l'information concernant la nature du sol et de ses caractéristiques.

C3 : dépend de la couverture végétale du bassin versant

Tableau VI.5 Les valeurs de C1

Pente (%)	Intervalle	Valeur prise
Pente ≤ 3.5	0.01 - 0.05	0.04
3.5 < Pente ≤ 11	0.06 - 0.1	0.08
11 < Pente ≤35	0.12 - 0.2	0.16
Pente >35	0.22 - 0.3	/

Tableau VI.6 Les valeurs de C2

Nature du terrain	Intervalle	Valeur prise
Terrains imperméables	0.22 – 0.3	/
Terrains pas assez perméables	0.1 – 0.2	0.15
Terrains perméables	0.06 – 0.1	/
Terrains très perméables	0.03 – 0.05	/

Tableau VI.7 Les valeurs de C3

Etat de végétalisation	Intervalle	Valeur prise
Terrains rocheux	0.22 – 0.3	/
Gazon	0.17– 0.25	0.2
Champs labour	0.07 – 0.15	/
Forêts et les sols sableux	0.03 – 0.05	/

❖ Temps de concentration

Par définition, C'est la durée que met la goutte d'eau la plus lointain dans le bassin versant pour atteindre l'exutoire, il Dépendant des caractéristiques du bassin drainé et il est estimé respectivement d'après Ventura, Passini, comme suit :

- **Superficie inférieure à 5 km²**

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

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

- Tc : temps de concentration (heure).
- S : superficie du bassin versant (Km²).
- I : pente moyenne du bassin versant (m/m).

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

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

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

- Tc : temps de concentration (heure) ;
- S : superficie du bassin versant (Km²) ;
- L : longueur du cours d'eau principal (Km) ;
- I : pente moyenne du bassin versant (m/m).

❖ Intensité de la pluie

L'intensité de la pluie est déterminée comme ce suit :

$$I(t, T) = a(T) * t^{-b}$$

- I(t, T) : Intensité de pluie en mm/h.
- T : période de retour.
- t : temps en heures.
- a et b : paramètres de Montana.

Tableau VI.8 Valeurs du paramètre « b »

Station	b
TEBESSA	0,76

Tableau VI.9 Valeurs du paramètre « a » selon les fréquences

T(ans)		10	20	50	100
a(T)	TEBESSA	28,7	33,1	38,9	43,2

VI.1.5. Application sur le Projet

Dans notre projet, la majorité des bassins versants qui traversent le LOT05 se caractérisent par des petites surfaces, ce qui nous a mené à appliquer

- La méthode de Ventura pour le calcul de T_c
- La méthode rationnelle ainsi celle de TURAZZA

➢ On distingue deux bassins versants dont leurs superficies est supérieure à 5Km^2, BV11 et BV29, donc le temps de concentration sera calculé par la **formule de Passini**, pour le calcul du débit on a utilisé la méthode de transition ainsi celle de TURAZZA.

Application Numérique

Bassin versant N° 11 :

10 Km^2 < A = 21.475 km^2 < 50 Km^2 On applique **la Formule de transition**

A = 21.475 km^2

J = 0.06 m / m.

Calcul temps de concentration d'eau Tc:

5 km^2 < A = 21.475 km^2 <25 km^2, on applique la formule de Passini, on obtient Tc(100ans) =12.52h

D'où I(100ans) =$43.2*\frac{1}{12.52^{0.76}}$=6.33mm/h tel que : a=43.2(100ans) et b=0.76

Coefficient de ruissellement :

Couverture : pré
3.5%< pente = 6% > 11%
Limon argileux
} **C =0,43**

Calcul de débit maximal dans les bassins $Q_{(R100)}$ (formule rationnelle) :

Q(RT)=0.278*0.43*6.33*21.475=16.25m^3/s

Calcul de débit maximal dans les bassins Q_{10} (Formule Crupedix) : b' = 2. Et R=1

Précipitation journalière maximale décennal Pj (f=0.9) = 52.13 mm

$\mathbf{Q_{10}}=21.475^{0.8} * (\frac{52.13}{80})^2 * 1=4.99 m^3/s$

Q(CT)=$Q_{(C100)}$=2*4.99=9.88 m^3/s

Calcul de α et β

$\alpha = \frac{50-21.475}{40} = 0.71$ β=1-0.71=0.29

Donc : $\mathbf{Q_{T100}} = \alpha\ \mathbf{Q_{(R100)}} + \beta\ \mathbf{Q_{(C100)}}$ = 0.71 (16.25) + 0.29 (9.88) = 14.4 m^3/s.

En utilisant aussi la méthode de **TURAZZA**, on trouve

$$Qmax = \frac{Ptc\ \% \times S \times Cr}{3.6\ \times Tc} = \frac{47.26 * 21.475 * 0.43}{3.6 * 12.52} = 9.68\ m^3/s$$

On déduit Qmoy=$\frac{Q(Tansition)+Q(Turazza)}{2} = \frac{14.4+9.68}{2} = 12.97 m^3/s$

➢ On a pris la moyenne des débits d'apport maximaux calculés pour déterminer le dimensionnement des ouvrages transversaux.

Le tableau suivant indique les valeurs du débit d'apport calculé par 3 méthodes

Tableau VI.10 Les valeurs de débit d'apport pour chaque bassins versants

BV	$I_{100ans(mm/h)}$	$P(t_c)$	$A(Km^2)$	Cr	$Q_{(turraza)}$	$Q_{(ratio)}$	$Q_{transition}$	$Q_{moy}(m^3/s)$
1	59,93	4,99	0,797	0,39	0,66	5,18	/	2,92
2	192,5	1,55	0,0683	0,43	0,09	1,57	/	0,83
3	40,18	7,44	3,015	0,43	2,44	14,48	/	8,46
4	91,97	3,25	0,2501	0,39	0,24	2,49	/	1,37
5	159,03	1,88	0,1032	0,43	0,13	1,96	/	1,05
6	83,52	3,58	0,2191	0,43	0,22	2,19	/	1,21
7	80,62	3,71	0,3613	0,39	0,33	3,16	/	1,75
8	136,53	2,19	0,091	0,39	0,1	1,35	/	0,73
9	90,13	3,32	0,535	0,43	0,56	5,76	/	3,16
10	216,42	1,38	0,0576	0,43	0,08	1,49	/	0,79
11	6,33	47,26	21,475	0,43	9,68	/	14,4	12,97
12	132	2,27	0,2029	0,43	0,24	3,2	/	1,72
13	77,94	3,84	0,668	0,43	0,67	6,22	/	3,45
14	102,7	2,91	0,932	0,51	1,2	13,57	/	7,39
15	203,65	1,47	0,1101	0,51	0,18	3,18	/	1,68
16	80,62	3,71	0,3641	0,43	0,37	3,51	/	1,94
17	113,67	2,63	0,533	0,51	0,71	8,59	/	4,65
18	146,79	2,04	0,4257	0,51	0,62	8,86	/	4,74
19	216,42	1,38	0,1966	0,51	0,32	6,03	/	3,18
20	127,8	2,34	0,655	0,51	0,9	11,87	/	6,39
21	159,03	1,88	0,3257	0,51	0,48	7,34	/	3,91
22	146,79	2,04	0,2241	0,43	0,27	3,93	/	2,1
23	294,53	1,02	0,0659	0,51	0,12	2,75	/	1,44
24	216,42	1,38	0,0517	0,43	0,07	1,34	/	0,71
25	123,89	2,41	0,606	0,51	0,83	10,64	/	5,74
26	80,62	3,71	0,96	0,43	0,97	9,25	/	5,11
27	231,22	1,29	0,1484	0,51	0,25	4,86	/	2,56
28	68,05	4,4	2,222	0,51	2,52	21,44	/	11,98
29	6,05	49,42	15,121	0,43	6,72	/	9,93	8,83
30	56,04	5,34	2,199	0,43	1,98	14,73	/	8,36
31	61,37	4,87	0,74	0,39	0,62	4,92	/	2,77
32	146,79	2,04	0,1737	0,43	0,21	3,05	/	1,63
33	113,67	2,63	0,532	0,43	0,6	7,23	/	3,92
34	61,37	4,87	0,747	0,39	0,63	4,97	/	2,8

Dans le PK 58+300 se trouve un oued dont sa superficie est grande avec un débit maximal qui vaut 1601.56 m^3/s (valeur donnée). Vu l'importance du débit on opte pour la réalisation d'un ouvrage d'art, il est nécessaire de déterminer le NPHE(niveau des plus hauts eaux) et en respectant une hauteur minimale de 1.5m entre la partie inferieur du tablier et le NPHE.

VI.2. ETUDE HYDRAULIQUE DE LA ZONE

Le réseau d'assainissement est constitué d'un assemblage d'ouvrage élémentaires ; linéaire ou ponctuels ; superficiel ou enterres, Son rôle est de collecter les eaux superficiel ou internes et de les canaliser vers un exutoire ; le pont de rejet hors la plateforme ferroviaire.

L'assainissement des plateformes ferroviaires comprend :

- Les ouvrages de collecte longitudinale.
- Les ouvrages transversaux.
- Les ouvrages de raccordement.

VI.2.1. Drainage longitudinal

Le drainage longitudinal a pour but de dimensionner des dispositifs permettant d'évacuer les eaux de pluie qui s'écoulent sur la plate-forme, les eaux de ruissellement des talus et des bassins versants et les pollutions chroniques, accidentelles et saisonnières potentielles.

-Les critères de dimensionnement

Ils sont basés essentiellement sur la pérennité, la sécurité et le bon fonctionnement durant la vie de l'ouvrage, citant ci-dessous les principaux critères de dimensionnement :

- Tout le système de drainage fonctionne en gravité.
- Fossés trapézoïdaux seront placés aux extrémités de la plateforme dans la zone de déblai.
- A la base des remblais seront prévus des fossés de pied de talus afin d'éviter l'érosion du merlon.

Pour ce projet les ouvrages longitudinaux sont dimensionnés pour une période de retour de 10 ans

VI.2.2. Drainage transversal

Le drainage transversal a pour rôle d'assurer la continuité des cours d'eau naturels et de protégé, le projet des eaux traversant le projet

- Les facteurs influençant le choix des ouvrages hydrauliques

On distingue plusieurs facteurs ; on peut citer :

- L'importance du débit à évacuer, qui fixe la section d'écoulement et le type de l'ouvrage.
- Les caractéristiques hydrauliques de l'ouvrage (coefficient de rugosité et de perte de charge).
- Forme de la section d'écoulement, (une section d'écoulement rectangulaire permet, dans le cas de faible hauteur, d'évacuer des débits plus importants qu'une section circulaire).
- La largeur du lit : un ouvrage unique adapté au débit à évacuer et à la largeur du lit de la rivière est généralement préférable à des ouvrages multiples qui augmentent les pertes de charges et rendent plus difficiles le passage des corps flottants.
- La rapidité et la facilité de mise en œuvre Il existe 3 types d'ouvrage transversal qui sont : buse, dalot et pont.

Pour ce projet les ouvrages transversaux sont dimensionnés pour une période de retour de 100 ans

VI.2.3. Application sur le projet

Dans le cadre de notre projet de « Dédoublement, modernisation et/ou rectification de tracé pour augmenter la capacité de la ligne minière Est Oued Keberit – Djebel Onk (175km) », en a tenu compte des résultats obtenues lors de l'étude APS que tous les ouvrages hydrauliques existants vont être abandonnés et remplacés par de nouveau OH vu leurs états actuels qui ne sont plus favorable vis-à-vis leurs exploitation et leurs durabilité, d'autre part vu la rectification du tracé adopté, on a opté pour la réalisation d'un nouvel ouvrage.

❖ **Débit de saturation**

Les écoulements superficiels interceptés par l'infrastructure ferroviaire seront rétablis par la mise en place d'ouvrages hydrauliques adaptés et réalisés dans les règles de l'art.
Ces ouvrages seront dimensionnés pour un évènement pluvieux d'occurrence centennale.
Le calcul du débit de saturation est déterminé par la formule de Manning Strickler :

Qs=V.Su et $\mathbf{V=Kst.I^{1/2}\ Rh^{2/3}}$

- Kst : coefficient de rugosité.
- I : pente longitudinale de l'ouvrage (m/m).
- Rh : rayon hydraulique= section mouillée/périmètre mouillé.
- Su : section utile de l'ouvrage (m^2).
- b : largeur de l'ouvrage (m).
- Hu : hauteur utile (m).

Tableau VI.11 Valeurs du coefficient de rugosité

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

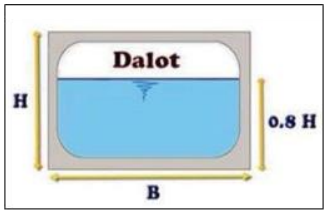
Pour le cadre de ce projet, tous les ouvrages hydrauliques sont conçus en béton armé, dont leurs coefficients de rugosité de Manning-Strickler est égal à 70.

❖ **Dimensionnement des dalots**

Les dalots sont des ouvrages transversaux de section rectangulaire ou carrée et exécutés exclusivement en béton armé. Ils sont constitués d'un radier, de deux murs et d'une dalle. Ils ont une capacité d'évacuation des débits plus importants que ceux des buses, ils sont placés sous les remblais, disposés sous le tracé, identifiés par la largeur (B) et la hauteur (H).
Selon SNTF Les dimensions minimales des dalots est celle de dalot (1.5 m x 1 m) et l'écoulement ne dépasse pas une vitesse de 5 m/s.
On calcule les dimensions du dalot en utilisant la formule de Manning Strickler

$\mathbf{Q = K_S \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}}$

La surface mouillée : Sm= Hu.B / Hu=0,8*H
Le périmètre mouillé : Pm= B+2Hu.
Le rayon hydraulique :R*h*=Hu.B/(B+2Hu)
Avec I = 0,5%



Ht ≤ 2.5 m : Hu =80% la hauteur totale.

Ht > 2.5 m : Hu = Ht-0.5.

Le tableau suivant montre les différentes dimensions des dalots calculés dans le LOT05, avec un débit Qs supérieur par rapport au débit maximale de chaque bassin versant Qmoy.

Tableau VI.12 La vérification hydraulique des ouvrages d'assainissement transversaux(type dalot)

BV	ks	$S_m(m^2)$	$P_m(m)$	Sm^(5/3)	P_m^(2/3)	I^0,5	$Qs(m^3/s)$	Q_{moy} (m^3/s)	Qs>Qmoy	B(m)	H(m)
1	70	1,8	3,9	2,66	2,47	0,07	3,13	2,84	Vérifié	1,5	1
2	70	1,8	3,9	2,66	2,47	0,07	3,13	0,85	Vérifié	1,5	1
3	70	3,2	5,2	6,94	3,00	0,07	11,35	8,57	Vérifié	2	2
4	70	1,8	3,9	2,66	2,47	0,07	3,13	1,25	Vérifié	1,5	1
5	70	1,8	3,9	2,66	2,47	0,07	3,13	1,02	Vérifié	1,5	1
6	70	1,8	3,9	2,66	2,47	0,07	3,13	1,49	Vérifié	1,5	1
7	70	1,8	3,9	2,66	2,47	0,07	3,13	1,7	Vérifié	1,5	1
8	70	1,8	3,9	2,66	2,47	0,07	3,13	0,73	Vérifié	1,5	1
9	70	1,8	3,9	2,66	2,47	0,07	5,26	3,19	Vérifié	1,5	1,5
10	70	1,8	3,9	2,66	2,47	0,07	3,13	0,76	Vérifié	1,5	1
11	70	8,4	8,3	34,71	4,09	0,07	15,48	12,97	Vérifié	2,5	2
12	70	1,8	3,9	2,66	2,47	0,07	3,13	1,73	Vérifié	1,5	1
13	70	1,8	3,9	2,66	2,47	0,07	5,26	3,53	Vérifié	1,5	1,5
14	70	2,4	4,4	4,30	2,68	0,07	7,83	7,31	Vérifié	2	1,5
15	70	1,8	3,9	2,66	2,47	0,07	3,13	1,72	Vérifié	1,5	1
16	70	1,8	3,9	2,66	2,47	0,07	3,13	2,13	Vérifié	1,5	1
17	70	1,8	3,9	2,66	2,47	0,07	5,26	4,78	Vérifié	1,5	1,5
18	70	1,8	3,9	2,66	2,47	0,07	5,26	4,72	Vérifié	1,5	1,5
19	70	1,8	3,9	2,66	2,47	0,07	5,26	3,15	Vérifié	1,5	1,5
20	70	2,4	4,4	4,30	2,68	0,07	7,83	6,48	Vérifié	2	1,5
21	70	1,8	3,9	2,66	2,47	0,07	5,26	4,00	Vérifié	1,5	1,5
22	70	1,8	3,9	2,66	2,47	0,07	3,13	2,05	Vérifié	1,5	1
23	70	1,8	3,9	2,66	2,47	0,07	3,13	1,43	Vérifié	1,5	1
24	70	1,8	3,9	2,66	2,47	0,07	3,13	0,79	Vérifié	1,5	1
25	70	2,4	4,4	4,30	2,68	0,07	7,83	5,74	Vérifié	2	1,5
26	70	1,8	3,9	2,66	2,47	0,07	5,26	5,18	Vérifié	1,5	1,5
27	70	1,8	3,9	2,66	2,47	0,07	3,13	2,49	Vérifié	1,5	1
28	70	4	5,7	10,07	3,19	0,07	15,48	12,13	Vérifié	2,5	2
29	70	7	7,5	25,61	3,83	0,07	9,92	8,83	Vérifié	2	1,8
30	70	2,88	4,88	5,82	2,87	0,07	9,92	8,19	Vérifié	2	1,8
31	70	1,8	3,9	2,66	2,47	0,07	3,13	2,73	Vérifié	1,5	1
32	70	1,8	3,9	2,66	2,47	0,07	3,13	1,63	Vérifié	1,5	1
33	70	1,8	3,9	2,66	2,47	0,07	5,26	3,86	Vérifié	1,5	1,5
34	70	2,4	4,4	4,30	2,68	0,07	4,57	2,65	Vérifié	2	1

N.B : Dalot (2x1.8) retenu étant dalot (2x2) pour le calcul du devis quantitatif estimatif (page 93)

✓ **Vérification les conditions d'auto-curage**

1ere condition : pour Q_a /Q_{ps}=0.1 il faut V écoulement >0.6 m/s.

2ème condition : pour Q_a /Q_{ps}= 0.01 il faut V écoulement >0.3 m/s.

Le régime de ruissèlement est gravitaire (régime fluvial). H > h critique tel que $h_{critique}=\sqrt[3]{\frac{Q^2}{g*B^2}}$

Vps= Qs / S_m

Tableau VI.13 La vérification hydraulique des ouvrages d'assainissement transversaux

Vps (m/s)	Vps< 4m/s	Vps*0,64	V> 0,6	Vps*0,32	V> 0,3	h(crtique)	H> h(critique)
2,95	Vérifié	1,89	Vérifié	0,94	Vérifié	0,76	Vérifié
2,95	Vérifié	1,89	Vérifié	0,94	Vérifié	0,76	Vérifié
3,58	Vérifié	2,29	Vérifié	1,14	Vérifié	1,49	Vérifié
2,95	Vérifié	1,89	Vérifié	0,94	Vérifié	0,76	Vérifié
2,95	Vérifié	1,89	Vérifié	0,94	Vérifié	0,76	Vérifié
2,95	Vérifié	1,89	Vérifié	0,94	Vérifié	0,76	Vérifié
2,95	Vérifié	1,89	Vérifié	0,94	Vérifié	0,76	Vérifié
2,95	Vérifié	1,89	Vérifié	0,94	Vérifié	0,76	Vérifié
2,95	Vérifié	1,89	Vérifié	0,94	Vérifié	1,08	Vérifié
2,95	Vérifié	1,89	Vérifié	0,94	Vérifié	0,76	Vérifié
4,98	Vérifié	3,19	Vérifié	1,59	Vérifié	1,58	Vérifié
2,95	Vérifié	1,89	Vérifié	0,94	Vérifié	0,76	Vérifié
2,95	Vérifié	1,89	Vérifié	0,94	Vérifié	1,08	Vérifié
3,30	Vérifié	2,11	Vérifié	1,06	Vérifié	1,16	Vérifié
2,95	Vérifié	1,89	Vérifié	0,94	Vérifié	0,76	Vérifié
2,95	Vérifié	1,89	Vérifié	0,94	Vérifié	0,76	Vérifié
2,95	Vérifié	1,89	Vérifié	0,94	Vérifié	1,08	Vérifié
2,95	Vérifié	1,89	Vérifié	0,94	Vérifié	1,08	Vérifié
2,95	Vérifié	1,89	Vérifié	0,94	Vérifié	1,08	Vérifié
3,30	Vérifié	2,11	Vérifié	1,06	Vérifié	1,16	Vérifié
2,95	Vérifié	1,89	Vérifié	0,94	Vérifié	1,08	Vérifié
2,95	Vérifié	1,89	Vérifié	0,94	Vérifié	0,76	Vérifié
2,95	Vérifié	1,89	Vérifié	0,94	Vérifié	0,76	Vérifié
2,95	Vérifié	1,89	Vérifié	0,94	Vérifié	0,76	Vérifié
3,30	Vérifié	2,11	Vérifié	1,06	Vérifié	1,16	Vérifié
2,95	Vérifié	1,89	Vérifié	0,94	Vérifié	1,08	Vérifié
2,95	Vérifié	1,89	Vérifié	0,94	Vérifié	0,76	Vérifié
3,90	Vérifié	2,50	Vérifié	1,25	Vérifié	1,58	Vérifié
4,72	Vérifié	3,02	Vérifié	1,51	Vérifié	1,36	Vérifié
3,48	Vérifié	2,22	Vérifié	1,11	Vérifié	1,36	Vérifié
2,95	Vérifié	1,89	Vérifié	0,94	Vérifié	0,76	Vérifié
2,95	Vérifié	1,89	Vérifié	0,94	Vérifié	0,76	Vérifié
2,95	Vérifié	1,89	Vérifié	0,94	Vérifié	1,08	Vérifié
3,30	Vérifié	2,11	Vérifié	1,06	Vérifié	0,81	Vérifié

❖ **Dimensionnement des buses**

Le fil d'eau à l'amont en entrée de collecteur doit respecter :

Pour une buse :

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

On calcule les dimensions des buses en utilisant la formule de Manning Strickler

$$\mathbf{Q_s = K_S \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}}$$

Tableau VI.14 Valeurs des débits

Ø (m)	$S_m(m^2)$	P_m(m)	ks	I^0,5	$Qs_{(BUSE)}$ (m^3/s)
1,5	0,44	2,36	70	0,07	0,69
1	0,44	2,36	70	0,07	0,69
0,8	0,28	1,88	70	0,07	0,39
0,5	0,11	1,18	70	0,07	0,13

Le débit $Q_{s(Ø=1500)}$ =0.69 m^3/s, on remarque qu'il est inférieur au débit moyen de tous les bassins versants. Cela dit on n'opte pas pour la réalisation des buses.

❖ **Dimensionnement des fossés**

Les dispositifs de drainage longitudinaux ont pour fonction de recevoir ou de drainer les eaux de pluie qui s'écoulent sur la plate-forme dans les structures d'assise, les eaux de ruissellement des talus et des bassins versants et les eaux internes éventuelles.

Un fossé d'une section trapézoïdale (avec déclivité du talus 2:3), sera mis en place dans les zones de déblai, au niveau des accotements de la plate-forme.

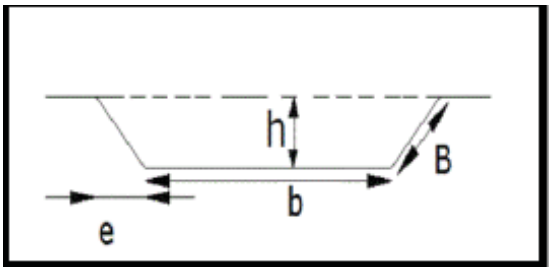


Figure VI.3 Fosse trapézoïdale

La pente ne doit pas être trop faible (<0,2%) : risque de débordement et de colmatage (boucher et fermer).

La pente ne doit pas être trop forte (>3%) : risque de ravinement (érosion et affouillement).

Pour le dimensionnement des fossés, on a opté pour une approche générale en calculant le débit de cru on prend le cas le plus défavorable (Hmax) qui présente le grand débit entre le déblai et le remblai, on le calcule pour les talus, berme et la plateforme par la méthode rationnelle.

Qa= 0.278*C*I*A(m^3/s)

Puis on détermine la hauteur utile du fossé par la méthode de Manning-Strickler pour que ce débit(Qc) soit supérieur à la somme des débits de plateforme, berme et talus, ainsi l'évacuation des eaux sera maintenue.

Tableau VI.15 Coefficient de ruissellement

Couverture	Coefficient de ruissellement
Chaussées et partie revêtues	1
Accotement en grave stabilisé traitée	0.8
Plateforme ferroviaire	0.85
Talus	0.4
Bassin versant naturel	0.3

En utilisant la formule de Manning-Strickler

$$\mathbf{Qc = K_S \times S_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}}$$

- Qc : Débit décennal (en m^3/s).
- Ks : Coefficient de rugosité Strickler.
- Sm : Superficie de la section du fossé $S_m = (b+z.h).h$
- Le périmètre mouillé $S_m = b+2h.\ (1+z^2)^{1/2}$
- Rh : Rayon hydraulique $R_h = S_m/P_m$, avec : $z = \frac{1}{m}$ (m : pente de la berge)
- I : Pente (La déclivité longitudinale des fossés en zone de déblai est identique au gradient du profil en long de la voie)
- La hauteur maximale admissible de remplissage pour l'écoulement dans les fossés est la hauteur totale.

Pour notre cas la pente de talus est de $m = tg\,\alpha = 2/3 = (1/z)$ ce qui donne z=1.5

Les valeurs du coefficient de Strickler sont :

Tableau VI.16 Coefficient de Strickler

Couverture	Coefficient de ruissellement
Collecteurs drainants en fibres ciment, PVC	80
Collecteurs béton	70
Collecteurs drainants en fonte ductile	90
Fossés béton(préfabriqué ou coulé en place)	60
Fossés terre non revêtus	30

On prend Ks=60 ; b=0.5m ; I=1% ; z=1.5

$$Qc = K_S * (b + z * h) * h * \left[\frac{(b + z * h)h}{b + 2h\sqrt{1 + z^2}}\right]^{\frac{2}{3}} * \sqrt{I}$$

Par itération de la valeur de (h), on déduit le débit capable Qc et on vérifie : Qc > (Qpf + Qb +Qt)

Le tableau suivant indique le débit de crue de la plateforme, bermes et talus.

Tableau VI.17 Calcul des débits à évacuer dans le cas de remblai et déblai

		Remblai	Déblai
		Le cas le plus défavorable : Longueur = 1725 m Htalus = 14.8 m Bermes = 0.3m Largeur de plateforme =13.6m	Le cas le plus défavorable : Longueur = 251 m. Htalus = 16.8 m. Bermes = 0.3 m. Largeur de plateforme =13.6 m.
Plateforme	Cr	0.9	0.9
	P (m/m)	0.04	0.04
	A(Km^2)	0.023460	0.003413
	Tc(h)	0.097	0.037
	I (mm/h)	169.02	351.6
	Q (m^3/s)	0.99	0.28
Les bermes	Cr	0.39	0.39
	P (m/m)	0.04	0.04
	A(Km^2)	0.000517	0.00008
	Tc(h)	0.014	0.006
	I (mm/h)	735.9	1401.16
	Q (m^3/s)	0.041	0.012
Les talus	Cr	0.4	0.4
	P (m/m)	0.66	0.66
	A(Km^2)	0.025530	0.004216
	Tc(h)	0.025	0.01
	I (mm/h)	473.64	950.35
	Q (m^3/s)	1.34	0.45
Qa (m^3/s)		Qpf + Qb +Qt = 2.37 m^3/s	Qpf + Qb +Qt = 0.74m^3/s

Les types des fossés adoptés pour notre projet sont :

En remblai : un fossé de dimensions : b=0.5m, h=0.62m (Qc=2.42 m^3/s), on prend h=0.7m.

En déblai : un fossé de dimensions : b= 0.5m, h=0.36m (Qc=0.79 m^3/s), on prend h=0.5m.

VI.3. CONCLUSION

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

- Collecter et évacuer les eaux superficielles sur l'emprise de l'ouvrage (plateforme et talus).
- Collecter et évacuer les eaux internes (drainage).
- Rétablir les petits écoulements naturels (petits ouvrages de franchissement).
- Lutter contre la pollution routière.

Chapitre VII Superstructure de la voie

CHAPITRE VII SUPERSTRUCTURE DE LA VOIE

La superstructure ferroviaire englobe toutes les installations fixes qui permettent d'assurer le bon guidage des wagons à leur trajectoire et de supporter les efforts transversaux, longitudinaux et verticaux. Elle se compose de deux files de barre en acier appelées (rails) posées parallèlement sur des supports transversaux que l'on nomme (traverses) reposant sur une couche de ballast.
Le but de ce chapitre est d'apporter des notions simples mais indispensables de la voie ferrée et ses composantes.

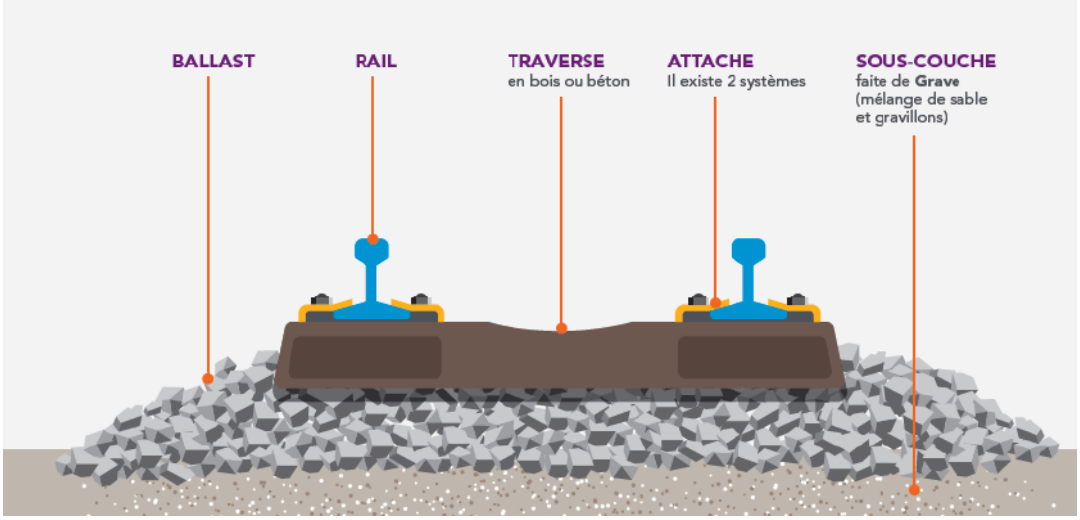


Figure VII.1 Les constituants de la voie ferrée

VII.1. COMPOSANTES DE LA VOIE

La voie ferroviaire est constituée de :

VII.1.1. Les rails

Le rail est un élément linéaire en acier, doté d'un profil particulier. La mise en parallèle de deux files de rails crée une voie ferrée. Le rail doit assurer les fonctions suivantes :

- Supporter la charge des roues et les efforts dynamiques qui en résultent.
- Former une surface de roulement continue et plane qui permet de minimiser les efforts de traction (faible résistance spécifique à l'avancement).
- Assurer le guidage des wagons en courbe, en reprenant les efforts transversaux dus à la force centrifuge.
- Reprendre les efforts longitudinaux provoqués par l'accélération, le freinage et la résistance au roulement des convois.

❖ **Les différents types du rail**

Plusieurs profils de rail ont été utilisés depuis l'existence des véhicules guidés mais il ne reste que trois types principaux qui sont :

- **Rail à gorge**

Ces rails sont utilisés pour les voies encastrées dans les chaussées routières, notamment pour les installations industrielles et les lignes de tramway.

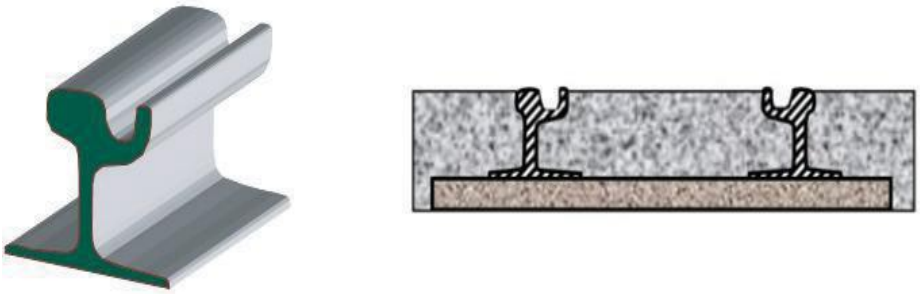


Figure VII.2 Rail à gorge

- **Les rails à double champignon**

Le rail à double champignon symétrique avait été conçu pour permettre de retourner le rail usé et donc de doubler sa durée de vie. Le défaut de ce système était que le rail était retourné, il était déjà abimé (poinçonnements dû à l'écrasement au niveau des berceaux). Ce principe a été abandonné de nos jours.



Figure VII.3 Rail à double champignon

- **Le rail Vignole**

Le rail moderne est généralement du type « Vignole », dans une section transversale, on distingue le patin qui s'appuie sur la traverse, le champignon qui constitue le chemin de roulement, et l'âme, filet vertical qui relie le champignon au patin.

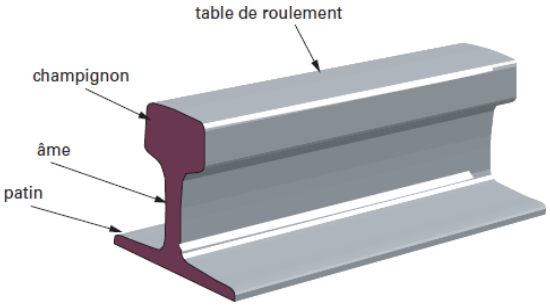


Figure VII.4 Rail à Vignole

❖ **Système de raccordement des rails**

❖ **L'éclissage**

C'est l'assemblage de deux rails consécutifs à l'aide de deux éclisses. L'éclissage doit satisfaire aux conditions suivantes :

- ✓ Relier les rails de façon qu'ils se comportent comme une poutre continue.
- ✓ Avoir la même qualité d'acier que le rail.
- ✓ Empêcher les mouvements verticaux des extrémités des rails l'une par rapport àl'autre.



Figure VII.5 Assemblage par éclissage

❖ **Soudures**

✓ **Soudure électrique ou forgeage :**

Utilisée essentiellement en atelier. Le principe est de relier les deux extrémités à souder, l'un à une anode et l'autre à une cathode, puis de les rapprocher. L'arc électrique engendré provoque la fusion du métal et son forgeage.

✓ **Soudure aluminothermique :**

Réalisé en voie par réaction chimique très exothermique sur une charge de métal d'apport.

Les grands avantages qu'elle offre cette méthode sont :

- ➢ Une réduction des couts d'entretien de la voie.
- ➢ Une meilleure qualité de roulement et plus grand confort pour les voyageurs.



Figure VII.6 Assemblage par soudure aluminothermique

VII.1.2. Les longs rails soudes

Les longs rails soudés (L.R.S) sont des barres dont la longueur est suffisante pour qu'un, au moins, de ses points reste fixe, quelles que soient les variations de température
Les longs rails soudés ou LRS, appelés aussi " barres longues ", constituent une méthode moderne de pose des voies ferrées qui présente l'intérêt de supprimer la plupart des joints de rails sur des longueurs importantes, souvent de plusieurs kilomètres. Ces barres longues sont produites en atelier par la soudure de rails élémentaires. Cette soudure effectuée en atelier fixe ou semi-mobile est faite par étincelage et forgeage ou bien encore par induction et forgeage.

Ces barres longues, dont la souplesse autorise le transport sur des rames de wagons plats, sont ensuite posées et soudées entre elles sur place par soudure aluminothermique ou soudureélectrique.
Les LRS présentent deux avantages, qui sont la conséquence de la suppression des joints :

- Réduction des coûts d'entretien de la voie.
- Meilleure qualité de roulement et plus grand confort pour les voyageurs.

VII.1.3. Les Traverses

Une traverse est un élément fondamental de la voie ferrée. C'est une pièce posée en travers de la voie ferre sous les rails.
D'après la SNTF la disposition des traverses sur le long de la voie est généralement entre 1666-1667 traverses/Km.
Les traverses doivent remplir les fonctions suivantes :

- Répartition des charges verticales transmises par le rail sur le ballast.
- Maintien l'écartement des rails.
- Renforcement et renouvellement aisé du ballast.On distingue trois types de traverse :

-Les traverses en bois :

Fabriqués en bois exotique dure elles sont généralement en chêne, elles assurent la souplesse et l'isolement élastique, néanmoins leur inconvénient est celui de la sensibilité aux attaques atmosphériques.



Figure VII.7 Travers en bois

-Les traverses métalliques :

Sont des produits industriels de fabrication simple, en aciers, elles ont une forme d'U renversé, leurs extrémités sont enfoncées dans le ballast pour empêcher tout déplacement, vue leurs légèreté (environ 80 Kg) elles sont faciles à poser, cependant, elles sont bruyantes et conductrices d'électricité, donc nécessitent des dispositifs d'isolement couteux.



Figure VI.8 Travers Métallique

-Traverses en béton :

Les travers en béton coutent moins cher ce qui a élevé leur utilisation à travers le monde, ainsi que leur poids important assure un bon ancrage de la voie dans le ballast, en revanche elles ont inconvénients notamment l'exigence d'un plus en ballast que d'autres types de traverses.

Il existe deux types de traverses en béton : traverse bi-bloc, elle est constituée de deux blochet en béton armé séparés par une barre métallique.

VII.1.4. Les attaches

Les attaches rail-traverse assurent la fixation du rail sur la traverse. Elles assurent à la fois une élasticité dans le sens vertical et horizontal.

Il existe plusieurs types d'attaches mais les plus utilisés et connues sont les suivantes :

- Les anciennes attaches pour les traverses en bois étaient des crampons puis des tirefonds. Le premier type serrait mal le patin, le rail pouvant alors se relever de la traverse et le deuxième était tellement rigide que le rail pouvait soulever la traverse ense redressant.
- Pour les traverses métalliques, le système d'attache est constitué de boulons qui fixent les crapauds sur le patin.
- Le développement technologique a permis de concevoir et mettre en œuvre des attaches élastiques qui peuvent résister d'une manière élastique aux mouvements. On distingue deux types L'attache NABLA et L'attache de type E-clip.

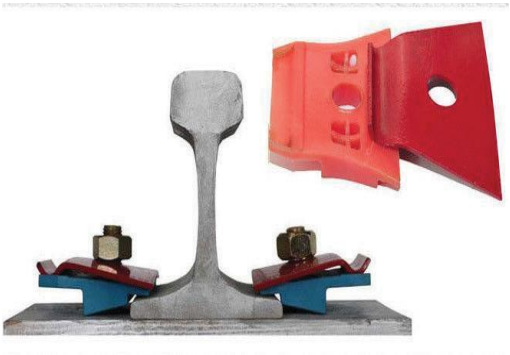


Figure VII.10 Les Attache de type NABLA



Figure VII.9 Les Attaches de type E-clip

VII.1.5. Le ballast

On appelle ballast le lit de pierre ou de gravier sur lequel repose une voie de chemin de fer. La couche de ballaste est composé de pierres de granulométrie 25/50, de type plutonique (granite, diorite…. etc.). Pour le nivellement on utilise du gravillon de 10 mm à 35 mm extrait des carrières appelées ballastières. Le ballast subit deux types d'usure :

- Contamination pars des matériaux parasites (terre, herbes…).
- Tassement du ballaste sous les traverses, ce qui provoque une déformation verticale de la vois.



Figure VII.11 Ballast sur la voie

Le ballast a pour rôle de :

- Répartir sur la plate-forme les charges concentrées qu'elle reçoit des traverses.
- Amortir une partie très importante de la vibration grâce à ses propriétés rhéologiques.
- Assurer, en raison de sa granulométrie, le drainage rapide de la voie.
- Permettre de rectifier rapidement le nivellement au moyen du bourrage-Dressage mécanisme.
- S'opposer par le frottement de ses éléments entre eux et contre les traverses à tout déplacement de la voie (Le choix de la grosseur du ballast dépend de la nature des traverses).

VII.1.6. Les appareils de voies

L'exploitation des voies ferre exige des dispositifs de liaison et d'intersection des itinéraires que l'on désigne appareil de voie. C'est un dispositif de guidage permettant le passage d'une voie à une autre en assurant la continuité des voies par extension.

❖ **Types d'appareil de voies**

-Les Branchements: permettent à l'itinéraire de ce ramifié en deux ouexceptionnellement en trois.

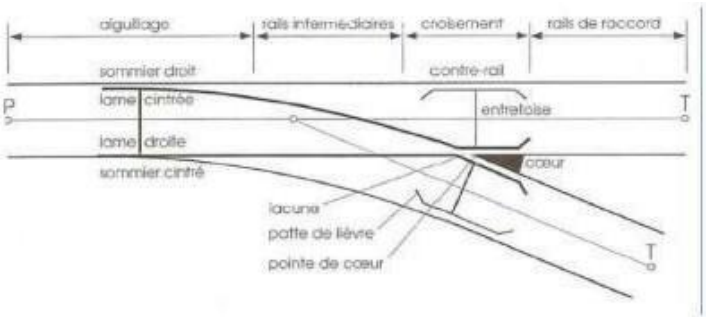


Figure VII.12 Un branchement et ces éléments constitutifs

-Les Traverses : permettent l'intersection de deux itinéraires. On distingue :

Les traversées jonction simples (TJS) permettant la jonction des voies uniquement dans un sens de circulation

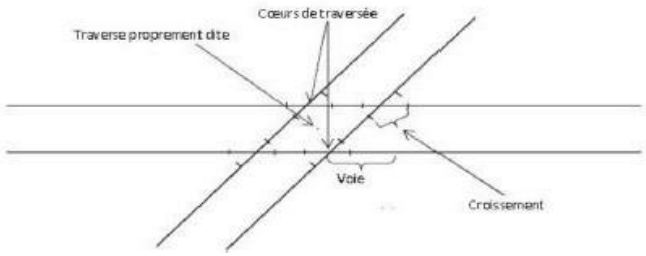


Figure VII.13 Schéma d'une traversée jonction simple

Des traversées jonction doubles (TJD) permettant la jonction des voies dans les deuxsens de circulation.

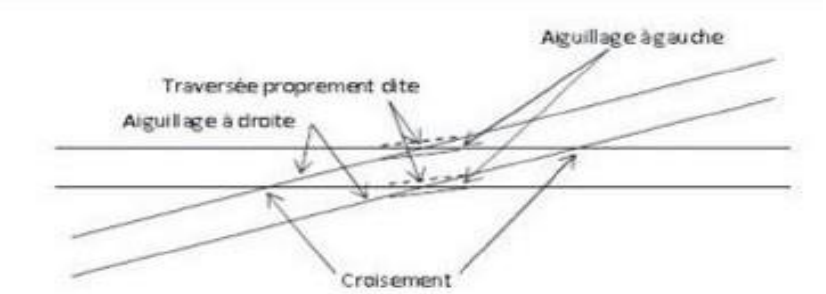


Figure VII.14 Schéma de traversée jonction double

VII.2. CARACTERISTIQUE ET TYPE D'INSTALLATION POUR NOTRE PROJET

Pour la voie
Rail UIC60 E1.
Traverses bi-bloc, type Vax U31.
Attache élastique type Nabla.
Pour les appareils de voies
Appareil simple 60 E1 -300-1/9.
Appareil simple 60 E1- 500 -1/12.

Chapitre VIII Conception de la gare de Sidi Yahia

CHAPITRE VIII CONCEPTION DE LA GARE DE SIDI YAHIA

VIII.1. INTRODUCTION

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

VIII.2. TYPES DE GARES

- **Gares voyageurs**

Les gares souvent perçues principalement comme des bâtiments, sont en fait des ensembles fonctionnels plus larges, conçus pour regrouper toutes les fonctions centrées sur l'accès au train, dont l'information sur le voyage, l'achat des titres de transports, ainsi que divers services commerciaux liés au voyage. Pour certaines gares, le passage de nombreux voyageurs justifie l'installation de fonctions annexes au déplacement proprement dit, tels que des commerces variés.

- **Gare marchandise**

Les gares de marchandises assuraient la totalité du traitement du trafic de marchandises. Elles étaient dotées de halles à marchandises et de vastes cours de débord, dans lesquelles s'opérait le transbordement des chargements entre les wagons et les véhicules routiers assurant la livraison terminale vers les installations des clients (expéditeurs ou destinataires).

- **Gare de triage**

Une gare de triage est une gare ferroviaire spécialisée ou les wagons de marchandises isolés de leur rame initiale sont triés pour être incorporés dans de nouveaux trains de marchandises (fret).

VIII.3. ETUDE DU PLAN DE MASSE D'UNE GARE

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

Catégories de la voie : elle permet de déterminer le rôle et les constituants de la gare.

Le trafic : c'est un élément très important pour estimer et évaluer l'importance de la gare afin de l'aménager d'une manière convenable.

L'emplacement de la gare : généralement, c'est l'élément qui définit et détermine les deux éléments précédents.

VIII.4. CONDITIONS DE CONCEPTION DES GARES

- Les gares doivent répondre à un certain nombre de condition :
- L'étude du bâtiment de voyageurs (B.V) doit respecter le plan d'urbanisme.
- Il faut séparer entre les flux de voyageurs entrant et sortants.

- Analyser avec précision tous les mouvements et manœuvres qui comporte aussi l'exploitation de la gare aux heures de pointe.

VIII.5. CONCEPTION GENERALE D'UNE GARE

❖ **Installations d'une gare à voyageurs**

-Le bâtiment voyageur (BV)

C'est l'élément central de gares voyageuses. On distinguera deux types de gares de voyageurs :

- Les gares terminus : Le bâtiment est généralement au bout des quais, il est composé symétriquement : un côté pour les départs, et l'autre pour les arrivées.
- Les gares de passage : Le bâtiment est généralement le long des voies, du côté orientévers le centre de l'agglomération. On accède aux quais par une passerelle ou un souterrain. Il arrive qu'il soit placé au-dessus des quais.

-Les bâtiments à usages divers (B.U.D)

C'est un espace de service réservé aux agents de chemins de fer.

-Quais et voies

Plateformes d'accès aux trains doivent présenter un état de surface plan et continu sur toute la longueur de la rame la plus longue appelée à y stationner.

Un quai de gare est un aménagement parallèle à la voie ferrée et permettant l'accès auxtrains.

-Abris de quais

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

-Les passages sous terrain et les passerelles

Sont construits dans les gares afin de permettre aux voyageurs de traverser la voie et dechanger le quai en pleine sécurité.

-Installations de la base d'une gare de marchandises

- Un BS (bâtiment de service) pour accomplir les formalités de l'acte commercial.
- Des cours de débord pour embarquement et débarquement des marchandises.
- Quais de débord.
- Halle de stockage.
- Parking pour stationnement des véhicules.
- L'emplacement de chacun de ces éléments doit tenir compte de l'autre pour permettre un fonctionnement souple et ordonné.

❖ **Réseau de voie**

-Garage franc

- Le garage franc marque la limite de la partie de voie à occuper par les trains en gares.
- Le garage franc est implanté par rapport au cœur de l'appareil de voie à une distance de 3.57m.
- Il assure qu'il n'y aura pas de collision entre le train dévié et le train dans la voie principale.

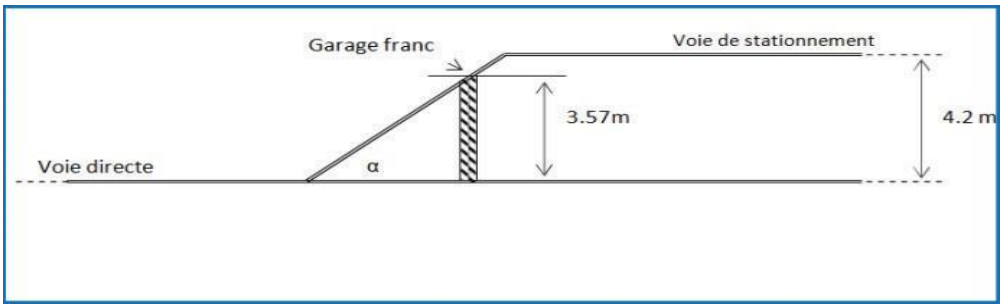


Figure VIII.1 Garage franc

-La longueur utile d'une voie de stationnement

C'est la longueur nécessaire permettant au train de stationner sur la voie de dépassement sans gêner la circulation sur la voie principale ou les autres voies de dépassement voisines.
La longueur utile est la distance séparant deux garages francs, elle est donnée par laformule suivante :
Des recommandations SNTF (aménagement et gare-tracé des voies)
Pour les voies de gare voyageurs : une longueur minimale de 1200 m.
Pour les voies de gare marchandises : une longueur minimale de 870 m.

-Un heurtoir

Un heurtoir, ou parfois butoir, est un dispositif placé à l'extrémité d'une voie ferrée en cul-de-sac, pour arrêter d'éventuels véhicules en dérive et les empêcher de continuer leur cheminen dehors de la voie. Conçus pour absorber l'énergie cinétique des trains qui les heurtent par l'intermédiaire de tampons situés à la même hauteur que l'attelage des trains.

-Les caténaires

Ce sont des lignes électriques aériennes assurant l'alimentation des engins de traction en marche les particularités de gabarit obligé conditionnent notamment la maintenance infrastructure :

- Fil de contact de 150 mm^2 avec porteur.
- Hauteur constante de 5.08 m.

❖ **Caractéristiques géométriques des gares**

-La déclivité dans les gares

En gare, la déclivité est à limiter en fonction des activités qui y sont prévues selon les valeurs reprises dans le tableau suivant :

Tableau VIII.1 Les déclivités dans les gares

Activité en gare	Déclivité maximale
Service voyageur seul	< 10‰
Service voyageur et modification de composition des rames	<5‰
Service voyageur et stationnement prolongé des rames	<1‰

-Quais

Dans les gares à voyageurs, les quais servent à l'embarquement ou au débarquement des voyageurs.

-Longueur des quais

Grande ligne 450 m.

Service régional 350 m (normes SNTF).

Banlieue 225 m.

-Largeur des quais

Cependant, la **SNTF** recommande pour une telle gare :

Quai intermédiaire **B ≥ 8 m.**

Quai extérieur **B ≥ 6m.**

- **Dimensionnement de la hauteur d'un quai**

On utilise les fiche UIC (741)

La hauteur nominale des bordures des quais au-dessus du plan de roulement sont fixée à 550 mm pour des quais concernés par du trafic voyageurs grandes lignes et banlieue dans certaines conditions, une hauteur différente peut être appliquée par exemple 760 mm.

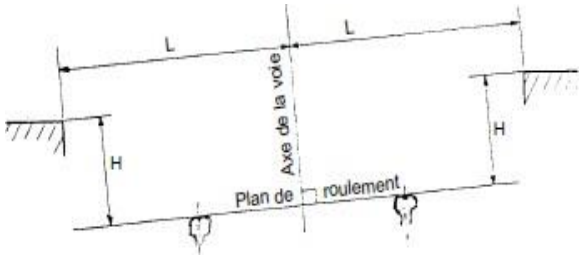


Figure VIII.2 Bordures de quais

H : la hauteur au-dessus du plan de roulement.

L : la distance par rapport à l'axe de la voie parallèle au plan de roulement.

- **Détermination de la distance à l'axe de la voie**

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

La valeur de S est donnée par la formule : Sm = 3750 / R + (I-1435) / 2

I : l'écartement de la voie en mm.R : rayon de la voie en m.

-Largeur des toitures des quais

Pour un quai intermédiaire de 8 m de largeur on prend la largeur de la toiture de 7 m.
Pour un quai intermédiaire de 6 m on prend la largeur de la toiture de 5 m.
Pour un quai extérieur de 6 m de largeurs on prend la largeur de la toiture de 5.5 m. hauteur libre : H = 3.1 m.

-Entraxe des quais

- e normal > 11.3 m.
- e minimal > 9.3 m (norme SNTF).

VIII.6. LA GARE DE NOTRE PROJET

La déclivité de notre gare (trafic Mixte) est de 0‰.

- **Langueur de garage franc**

  GF= 3.57*N +1 Ou N : varie selon l'ouverture de l'appareil de voie.
  Pour UIC 300 1/9 : GF= 3.57*9+1= 33.13 m ≃ 34m
  Pour UIC 500 1/12 : GF=3.57*12+1= 43.84 m ≃ 44m

- **La longueur du quai**

  Pour notre gare on prend 250 m comme longueur des quais.

- **Largeur des quais**

  On prend B= 8m.

- **Hauteur des quais**

  On prend pour notre cas h= 55 cm.

- **La distance entre le quai et l'axe de la voie**

  L (mm) =1650 mm.

- **Entraxe des quais**

  On prend : e=14m.

- **La longueur utile de stationnement**

  Selon la SNTF la longueur utile est de Lu=1200m.

VIII.7. DESCRIPTION DU PLAN DES VOIES ET DES INSTALLATIONS

La gare de Sidi Yahia est une nouvelle gare située entre PK76+050 et PK 77+250, conçue pour le trafic mixte, le plan de voie contiendra deux voies principales, une voie de service, deux quais et un bâtiment voyageur.

Le plan des voies et des installations de la gare de Sidi Yahia est décrit ci-dessous :
2 quais intermédiaires (Quai A : 250,0 x 8,0 m / Quai B : 250,0 x 8,0 m).
Passerelle piétons destinée à la commodité et la sécurité des voyageurs.
2 voies principales + 1 voies de service.
L'entraxe est fixé à 5m au niveau de la gare.
Appareil de voie : UIC60 E1 1/12 500 (8 unités) et UIC60 E1 1/9 300 (2 unités).

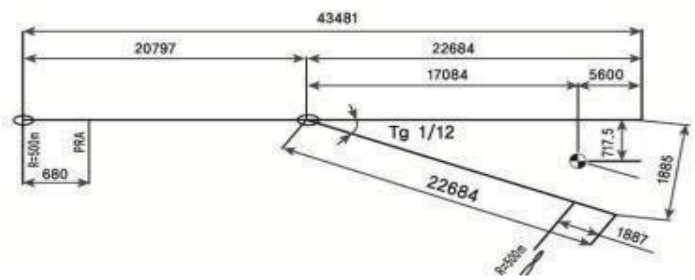
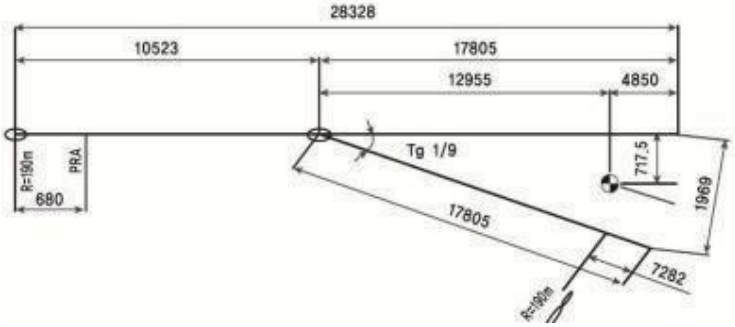


Figure VIII.3 Appareil de voie tg 1/12 500 60E1



FigureVIII.4 Appareil de voie tg 1/9 190 60E1

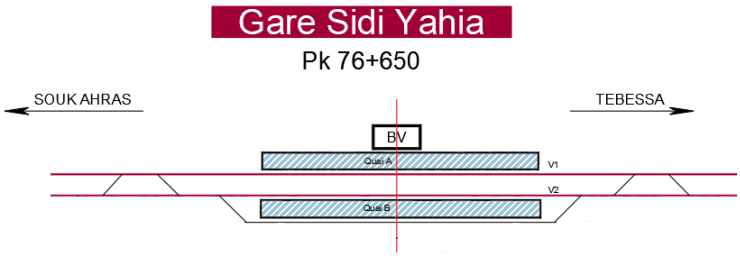


Figure VIII.5 Schéma de la gare de Sidi Yahia

VIII.8. ASSAINISSEMENT DE LA GARE

Pour faciliter le ruissellement des eaux pluviales dans les gares, les quais doivent avoir une pente de 2% en toit de telle sorte à évacuer ces eaux vers les voies ensuite ces eaux sont dirigées grâce aux pentes transversales des plateformes.

Chapitre IX
SIGNALISATION

CHAPITRE IX SIGNALISATION

IX.1. INTRODUCTION

La signalisation ferroviaire mise en œuvre aujourd'hui sur les lignes classiques est lumineuse. Il est fait usage de panneaux portant un ou plusieurs feux de couleur, en principe disposés sur un écran noir bordé d'un liseré blanc de forme oblongue ou circulaire. La signalisation comporte également des tableaux lumineux ainsi que des tableaux ou pancartes.

IX.2. OBJECTIFS DE LA SIGNALISATION

La signalisation s'adressant aux trains circulant en vitesse est donc constituée le plus souvent d'un "couple" de signaux (annonce et exécution).

Les indications portées par les signaux ont pour but de donner aux agents concernés de prescrire l'arrêt, une limitation de vitesse, éventuellement une indication de direction et les informations qu'ils doivent respecter afin d'assurer la sécurité des circulations, des travaux, celle des agents qui les exécutent et celle des tiers. Elles constituent une convention au moyen de laquelle les exploitants, les mainteneurs de l'infrastructure et les conducteurs communiquent entre eux. La signalisation doit assurer en toute sécurité :

- La circulation dans les deux sens sur une même voie (nez à nez)
- L'espacement des circulations pour éviter les rattrapages.
- La protection des circulations dans les gares (convergence, cisaillement…)
- Elle doit aussi éliminer les risques de déraillement par excès de vitesse ou de chargement et réduire au minimum les possibilités de heurter avec des obstacles (en particulier au droit des passages sup)

Principes de base

La signalisation doit satisfaire aux principes de base suivants :

- Assurer la commande des itinéraires pour que les trains arrivent à leur destination prévue.
- Assurer la sécurité de chaque mouvement de trains en empêchant toute collision ou déraillement.
- Assurer les performances spécifie en termes d'écoulement du trafic et de performances à atteindre.
- En mode nominal, le système de signalisation et de protection des trains comprendra les principaux sous-systèmes suivants :
  - ✓ La détection des trains.
  - ✓ La commande et contrôle des aiguillages.
  - ✓ Les signaux latéraux.
  - ✓ Les autorisations à pied d'œuvre.
  - ✓ Les postes d'enclenchements.
  - ✓ Le poste de commande centrale (PCC).

IX.3. SIGNAUX LUMINEUX :

Tous les signaux seront des signaux de type LED, doivent être visibles à une distance minimum de 1000 mètres. Les signaux localisés sont situés du côté de la voie du sens de circulation des trains, Ils sont fixés sur des mats, les mats sont fixés sur une base en béton dont la taille doit être calculée de manière à assurer une très bonne fixation pour tenir compte des conditions climatiques particulières et de la force du vent. Les matériaux utilisés devront de préférence être du type inoxydable, sinon ils devront être traités pour être résistants à la corrosion. Les signaux seront équipés d'écrans de couleur noire entourant les unités lumineuses.

Dans les courbes, des lentilles appropriées doivent permettre d'élargir le rayon lumineux horizontalement.

- **Fonctions de signalisation**

Les signaux assurent habituellement une signalisation d'annonce et un rappel, on distingue :

- Signaux d'arrêt.
- Signalisation de limitation de vitesse.
- Des signaux indicateurs de direction.
- Des signaux de départ des trains.
- Des signaux et tableaux à inscriptions diverses.
- Des signaux de sortie de certains faisceaux ou groupes de voies convergentes.
- Des signaux propres aux manœuvres.

- **Visibilité des signaux hauts**

Les signaux hauts, supposés implantés à droite ou à gauche à 2.42m de l'axe de la voie, et dont la hauteur est comprise entre 2.8m et 6.3m au-dessus du plan de roulement doivent être visibles à une distance supérieure ou égale à 10m du plan de front des tampons.

- **Visibilité des signaux bas**

Les signaux bas, supposés implantés à droite ou à gauche, à 1.75m de l'axe de la voie et à 0.240m au-dessus su plan de roulement, doivent rester continus-éléments visible.

- **Sous-système signalisation ERTMS**

C'est un système de contrôle/commande assurant un trafic ferroviaire standardisé et interopérable. Il est composé de :

- L'ETCS (European Train Control System) qui est le système de commande contrôle des trains.
- GSM-R qui sert de support radio à ce dernier. L'interopérabilité permet d'augmenter la capacité des lignes assurant une plus grande rentabilité pour les opérateurs.

L'ERTMS permet aussi :

- La circulation des trains à la vitesse maximum de 220 km/h sur la base d'une signalisation de cabine associée à un contrôle de vitesse de sécurité.
- Le système ERTMS assure, l'espacement des trains, et la fonction de supervision et de contrôle de la vitesse des trains.

❖ Les niveaux de l'ERTMS

On distingue trois niveaux, en fonction de la manière suivant laquelle l'autorisation de mouvement est fournie au train :

Niveau 1 : le train reçoit son autorisation de mouvement via des balises au sol ; cette autorisation de mouvement est calculée par le centre de contrôle en fonction de l'occupation des autres cantons). La signalisation latérale est nécessaire.

Niveau 2 : le train se repère à l'aide des balises au sol, transmet sa position au centre de contrôle via le GSM-R, qui lui communique son autorisation de mouvement en fonction de l'occupation des autres cantons. La signalisation latérale est optionnelle

Niveau 3 : le train se repère à l'aide des balises au sol, échange ses données avec le centre de contrôle et détermine lui-même son autorisation de mouvement en fonction de la position des autres trains. La superposition avec signalisation latérale ou une autre signalisation en cabine n'est pas envisagée.



Figure IX.3 signalisation lumineuse

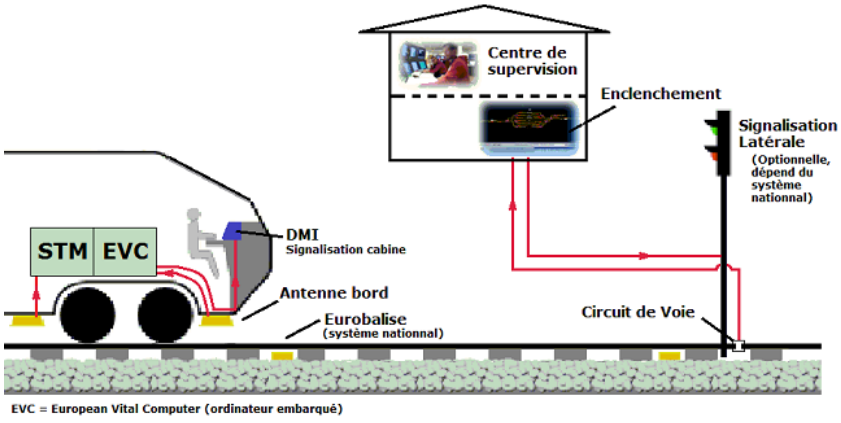


Figure IX.2 Système ERTMS

Chapitre X

Etude d'Impact sur l'Environnement

CHAPITRE X ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONEMENT

X.1. INTODUCTION

Dans cette phase d'étude, on présente une analyse détaillée des impacts directs et indirects du projet objet de l'étude sur l'environnement social et naturel, tout en identifiant les zones sensibles qui doivent être protégées contre ces impacts. Cette étude porte sur l'analyse environnementale et sociale de la zone abritant le projet, de 20km, il prend son origine au niveau de la gare ferroviaire d'Oued el Kebrit, en traversant la gare de Aouinet jusqu'à la gare de Sidi Yahia.

X.2. DELIMITATION DE LA ZONE D'ETUDE

La zone d'influence environnementale du projet se divise en deux parties. Une zone d'impact direct pour les aspects biophysiques et une zone d'influence diffuse pour les aspects socio-économiques. La zone d'impact direct est définie comme la zone des effets environnementaux directs liés à la réhabilitation ou l'amélioration de voie ferrée.

Elle couvre une zone de 50 m de part et d'autre de la voie. Toutefois, dans les villes, il y a une zone de sécurité dans laquelle, il n'y a pas effectivement d'activités humaines. Cette distance est de 25 mètres de part et d'autre de l'axe des rails.

Cette zone d'impact direct est là où les ressources naturelles peuvent être perturbées et où ils sont situés les dépôts de matériaux et d'outils de travail, les lieux de stationnement des engins et leurs alentours immédiats.

X.2.1. Zone d'influence indirecte

La zone d'influence indirecte est située dans la wilaya de Tébessa. . S'étale sur une superficie de 13 878km², et compte une population estimée
à 648 705Habitants avec une densité moyenne de 46.7 hab /km²

X.2.2. Zone d'influence directe

C'est la zone composée d'une bande d'environ 01 km (500m de l'axe du projet sur les deux rives de l'axe de la ligne ferroviaire), c'est la zone qui subit le plus des impacts positifs et/ou négatifs du projet. S'étale sur une superficie de 411 km², et compte une population estimée
à 21 683 Habitants avec une densité moyenne de 52.8 hab /km²

X.3. DESCRIPTION DE SITE ET SON ENVIRONNEMENT

X.3.1. Environnement physique

- **Climat :** La zone d'étude est caractérisée par un climat tempéré Semiaride, Sec et Froid.
- **Température :** T max (°C) : 26,7.
  T min (°C) : 6.
  T moy. (°C) : 15,8.
- **Vents :** Un vent fort, frais et sec souvent du nord souffle à une vitesse moyenne de 14,1Km/h. Elle dure plus de 6 mois du mois de Novembre jusqu'au mois de Mai.

- **Relief :** La zone présente moyennement accidenter à montagneux, formant de multiple bassins versants sur les plateaux.
- **Sismologie :** La région étudiée est classée dans la zone sismique I, à Sismicité faible.

X.3.2. Environnement biologique

- **La Faune**

Elle renferme un potentiel cynégétique important. Notre étude sert aussi à protéger l'habitat de la faune sauvage commune qui existe dans la région. Parmi Les espèces les plus remarquables :

- **Espèces de mammifères :** Mouflon à manchette, lièvre des buissons, hyène rayée, petite gerbille à queue courte, gerbille à queue massue, le sanglier
- **Espèces de reptiles :** L'agame, le caméléon commun, le lézard, la couleuvre, les serpents...etc.
- **Espèces d'oiseaux :** Canard siffleur, canard chipeau, canard souchet, sarcelle divers, oie cendrée, marmaronette marbrée.

- **La Flore**

L'étude floristique de la région du nord de Tébessa montre que la flore a une composition assez variée. La couverture végétale est formée surtout par des espèces appartenant aux familles des composées, des légumineuses, des graminées, des crucifères, des labiées , des cistacées, des pinacées et des fagacées

X.4. IMPACTS SONORES

Tableau X.1 Evaluations des impacts prévisibles et les mesure à prendre pour chaque phase du projet (Impacts sonores)

impact	Localisation	mesure
Les nuisances générées par les travaux sont : -Présence d'engins de terrassements et au -Trafic des camions transportant les, matériaux et équipements de construction. -Les nuisances générées par le passage des trains.	Oued Kebrit Aouinet Sidi Yahya	La circulation des engins doit être limitée à l'intérieur des emprises du projet et des pistes d'accès, dans des horaires bien définis. -Les travaux de nuit ne seront effectués qu'en cas d'urgence (rétablissement de routes ou de réseaux). -Conception des merlons pour l'isolation sonore.

X.5. RISQUE D'ACCIDENTS

Tableau X.2 Evaluations des impacts prévisibles et les mesure à prendre pour chaque phase du projet (Risque d'accidents)

Impact	Mesure
La présence d'engins de chantiers accroît les risques d'accident pour les travailleurs et même pour les habitants situés à proximité des voies d'accès au chantier.	Des signalisations claires des chantiers et pistes d'accès seront mises en place afin de limiter les risques d'accident.

X.6. IMPACTS SUR LA QUALITE DE L'AIR

Tableau X.3 Evaluations des impacts prévisibles et les mesure à prendre pour chaque phase du projet (air)

Impact	Mesure
-Des émanations de gaz par les installations de combustion, gaz d'échappement des engins. -Des émissions de poussières dues au transport de matériaux par les camions. -Une dispersion accidentelle de produits chimiques gazeux.	Pour diminuer la pollution de l'air à cause de la génération de poussière il est recommandé : -L'irrigation des zones de chantier de façon régulière. -Bâchage de camions : Durant le transport de matériaux.

X.7. IDENTIFICATION DES EFFETS DU PROJET

Les composantes physiques (sols, eaux, air), biologiques (végétation et faunes sauvages), humaine et socio-économiques seront affectées directement ou indirectement, négativement ou positivement à différents degrés pendant et après les travaux de renouvellement ou d'amélioration de voie ferrée.

Tableau X.4 Les effets des sources d'impacts

Sources d'impacts	Effets positifs	Effets négatifs
Pendant les travaux	-Amélioration de l'emploi de la main d'œuvre locale. -Développement du petit commerce local. -Augmentation des revenus des populations.	-Dégradation des ressources végétales. -Irrégularité du trafic et incommodité des retards et incertitudes. - Influence des ouvriers et autre personnel étranger sur les mœurs. - Déchets solides, liquides - Bruits (véhicules/ engins)
Pendant l'exploitation de la voie	-Régularité du trafic et sécurité des personnes et des biens. -Développement des échanges et renaissance de la confiance des usagers. -Augmentation du trafic passager et fret Augmentation des revenus de la SNTF	- Résurgence du chômage des jeunes. -Augmentation des risques d'accident. - Augmentation des vols à bord des trains.

X.8. IDENTIFICATION DES IMPACTS DU PROJET

Tableau X.5 Les sources d'impacts du projet et leurs répercutions

Source impact	Impact
-L'installation et le repli du chantier	- Pollution du sol (déchets solides et liquides) - Pollution visuelle(déchets solides et liquides)
-L'aménagement de places d'arrêt et de stockage des matériaux(ballast, rail…)	-Pollution du sol (déchets solides et liquides) -Pollution visuelle(déchets solides et liquides) -Déchets de débroussaillement
-Le débroussaillement de l'emprise de la voie	-Déchets de débroussaillement -Pollution visuelle(déchets solides)
- Le curage des fossés, des caniveaux et l'aménagement des exutoires	-Accélération de l'écoulement des eaux pluviales - Erosion hydrique -Envasement des bas-fonds
- Le terrassement et l'assainissement de la plateforme	-Pollution visuelle(déchets solides) - Risque d'érosion en aval du plateau -Déchets des purges et du décapage
-La substitution de la voie -Le ballastage et le réglage - Le bourrage - Le dressage et le nivellement	- Pollution de l'air par la poussière
-La soudage des rails	- Pollution sonore
-Libération des contraintes -Pose de contre-rails - Pose de signaux	-Pollution visuelle
-Le reboisement des abords de la voie à la traversée des villages et ville	-Embellissement du parcours -Délimitation de l'emprise de la voie

X.9. CONCLUSION

Ce rapport d'étude environnementale est un élément constitutif de l'étude économique, technique et environnementale des travaux de réalisation de notre projet . Cette étude traite principalement de l'état actuel de l'environnement immédiat de la voie, de l'identification et de l'évaluation des impacts et des effets que les travaux auront sur cet environnement, les mesures utiles et nécessaires pour atténuer les impacts négatifs, un plan de surveillance et de suivi des impacts du projet et des éléments d'évaluation sommaire de ces mesures.

Chapitre XI Devis Quantitatif et Estimatif

Désignations des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Installation de chantier et étude d'exécution				
Amenée du matériel et installation général du chantier	F	1.00	5 000 000.00	5 000 000.00
Repli du matériel et des installations du chantier	F	1.00	2 000 000.00	2 000 000.00
Fourniture et installation d'un laboratoire de chantier	F	1.00	3 181 237.50	3 181 237.50
COUT INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER				**10 181 237.00**
Terrassement				
Décapage de terre végétale 0.50 m	M^3	220 820	400.00	88 328 000.00
Déblai en terrain meuble mis en dépôt	M^3	1 301 375	600.00	780 825 000.00
Remblai d'apport en matériaux sélectionné	M^3	341 688	2 900.00	990 895 200.00
Fourniture et mis en œuvre du sous ballast de 0.2m ép	M^3	67 143	3 800.00	255 143 400.00
Fourniture et mis en œuvre de la couche de fondation de 0.18m ép	M^3	52 075	3 800.00	197 885 000.00
Fourniture et mis en œuvre de la couche de forme de 0.35m ép	M^3	107 452	3 800.00	408 317 600.00
COUT TERASSEMENT				**2 721 394 200.00**
Travaux de la voie				
Fourniture des rails UIC 60 (60.34kg/m)	T	17 000	121 000.00	454 730 342.00
Ballastage	M^3	118 362	4 200.00	294 924 840.00
Traverses bi-bloc	U	33 333	7 600.00	369 724 800,000
Pose d'une appareil de voie UIC 60 1/12 500	U	8	620 000.00	4 960 000.00
Fourniture d'un branchement d'appareil de voie UIC 60 1/12 500	U	8	14 200 000.00	113 2600 000.00

Pose d'une appareil de voie UIC 60 1/9 300	U	2	267 317.44	534 634.88
Fourniture d'un branchement d'appareil de voie UIC 60 1/9 300	U	2	12 700 000.00	25 252 648.46
Pose du rail UIC 60	Ml	40 000	6 300.00	380 148 640.20
Attache NABLA	U	133 333	440.00	42 296 517.12
COUT TRAVEAUX DE LA VOIE				**1 686 172 500.00**
Assainissement généraux				
Fossés trapézoïdaux en béton armé	Ml	4200	8 700.00	36 540 000.00
Dalot en béton armé (1.5x1)	M^3	255	47 000.00	11 985 000.00
Dalot en béton armé (1x2)	M^3	12	47 000.00	564 000.00
Dalot en béton armé (1.5x1.5)	M^3	144	47 000.00	6 768 000.00
Dalot en béton armé (1.5x2)	M^3	63	47 100.00	2 967 300.00
Dalot en béton armé (2x2)	M^3	24	47 100.00	1 130 400.00
Dalot en béton armé (2.5x2)	M^3	10	47 100.00	470 100.00
COUT ASSINISSEMENT GENERAUX				**60 001 800.00**
Gare de sidi yahia				
Bâtiment voyageur	U	1	20 000 000.00	20 000 000.00
Quai	M^2	4 000.00	40 000.00	160 000 000.00
Abris de quais	M^2	560	92 000.00	51 520 000.00
Electrification	Km	20	43 000 000.00	860 000 000.00
Signalisation	100 000 000.00			100 000 000.00
COUT GARE de sidi Yahia				**1 191 520 000.00**
Ouvrage d'art				
Pont rail	M^2	1	20 000 000.00	20 000 000.00
Passage sup	M^2	1	15 000 000.00	15 000 000.00
COUT Ouvrage d'art				**35 000 000.00**

Récapitulation

N° Lot	Désignations des lots	Montants (DA)
Lot N°01	Installation de chantier et étude d'exécution	10 181 237.00
Lot N°02	Terrassement	2 721 394 200.00
Lot N°03	Travaux de la voie	1 686 172 423.00
Lot N°04	Assainissement généraux	60 001 800.00
Lot N°05	Gare et ouvrages d'arts	1 191 520 000.00
Lot N°06	Ouvrage d'art	35 000 000.00
Montant total hors taxe		**5 704 269 660.00**

T.V.A (19%)	**1 083 811 235.40**
Montant total avec la taxe (19%)	**6 788 080 835.00**
SIX MILLIARD SEPT CENT QUATRE VINGT HUIT MILLION QUATRE VINGT MILLE ET HUIT CENT TRENTE CINQ DINARS ALGERIENS.	

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

De nos jours, les infrastructures de transport symbolisent le degré du développement de pays, du fait qu'elles permettent les échanges commerciaux et facilitent les déplacements et les communications. Pour cela, l'état a investi dans le domaine ferroviaire en lançant un programme de modernisation des anciennes lignes et création de nouvelles lignes.
Le tronçon étudié fait partie du projet de dédoublement électrifié à trafic mixte entre Oued Keberit et Sidi Yahya du PK 55+750 au PK 76+675.

L'étude d'avant-projet détaillé nous a permis d'utiliser le bagage théorique durant les années de formation à l'ENSTP en le mettant en pratique d'une part, et de préparer à l'intégration à la vie professionnelle d'une autre part.

Ce travaille nous a permis de combiner entre les conditions et les exigences dans les normes (UIC, SNTF), et les contraintes rencontrer dans la zone d'étude où on était dans l'obligation de rectifier le tracé afin d'améliorer le confort des usagers. Notamment cette étude, nous a permis la conception de la gare mixte de Sidi Yahia

Finalement elle nous a familiarisées avec les outils informatiques, par l'utilisation des logiciels comme AUTOCAD 2018, COVADIS 2013, CIVIL 3D 2020, GLOBAL MAPER, TALREN V4.

LA BIBLIOGRAPHIE

[1] Monsieur MORSLI, cours 1-actualisé à distance sur power point 2020.

[2] Monsieur MORSLI, récapitulatif cours Vf avril mai juin 2020.

[3] Monsieur RAHMANI, cours hydraulique 2019.

[4] SYSTRA Algérie, «rapport géotechnique».

[5] SETIRAIL, « Etude préliminaire de de La Ligne Minière ».

[6] SETIRAIL, « Rapport de l'étude hydrologique et hydraulique », géotechnique de la ligne minière EST, 21/11/18.

[7] SETIRAIL, « Rapport de synthèse géotechnique de la ligne minière EST, 21/11/18.

[8] SNTF, Référentiel technique, version 02, chapitre 6 : Géométrie de la voie, 22/12/2005.

[9] SNTF, Référentiel technique, version 02, Chapitre 7.2.3 Hydraulique drainage,22/12/2005.

[10] SNTF, Référentiel technique, version 02, chapitre 9 Constituants de la voie, 22/12/2005.

[11] UIC719 R, Ouvrages en terre et couches d'assise ferroviaire, 2e Edition, 01/01/1994.

[12] UIC741 OR, Quais des gares à voyageurs, 3eme Edition, 01/01/1993.

[13] UIC703 R, Caractéristiques de tracé des voies parcourues par des trains de voyageursrapides, 2eme Edition, 01/01/1989.

[14] AHMIN Mourad, les mammifères sauvages d'Algérie.

[15] Mémoire, inventaire de la faune apoidienne dans la région de Tébessa.

[16] www.Fr.db-city.com.

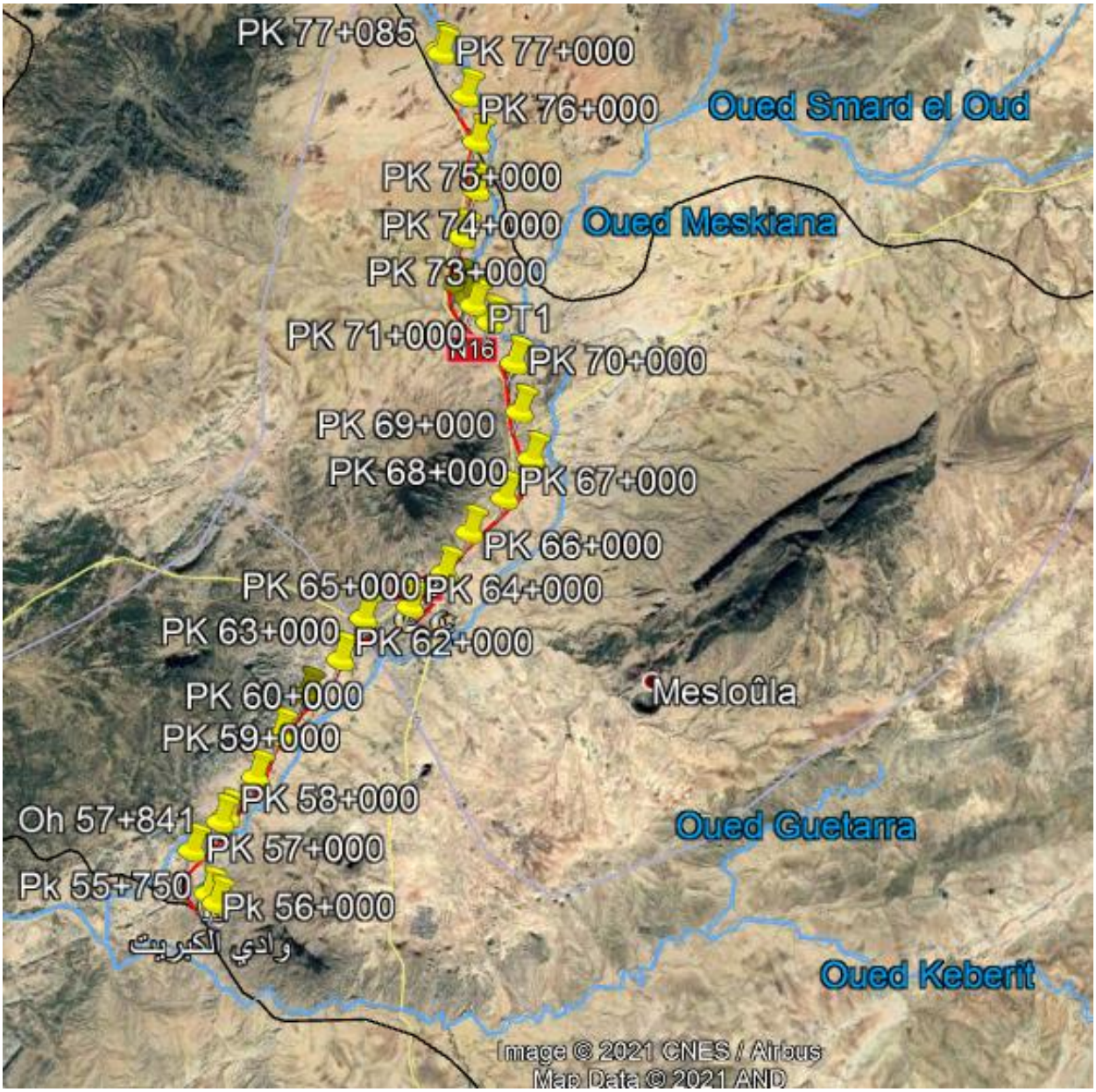
[17] www.Dz.freemeteo.com.

[18] Etude d'impact environnemental des travaux de renouvellement et d'amélioration sur la voie ferrée DAKAR-BAMAKO.

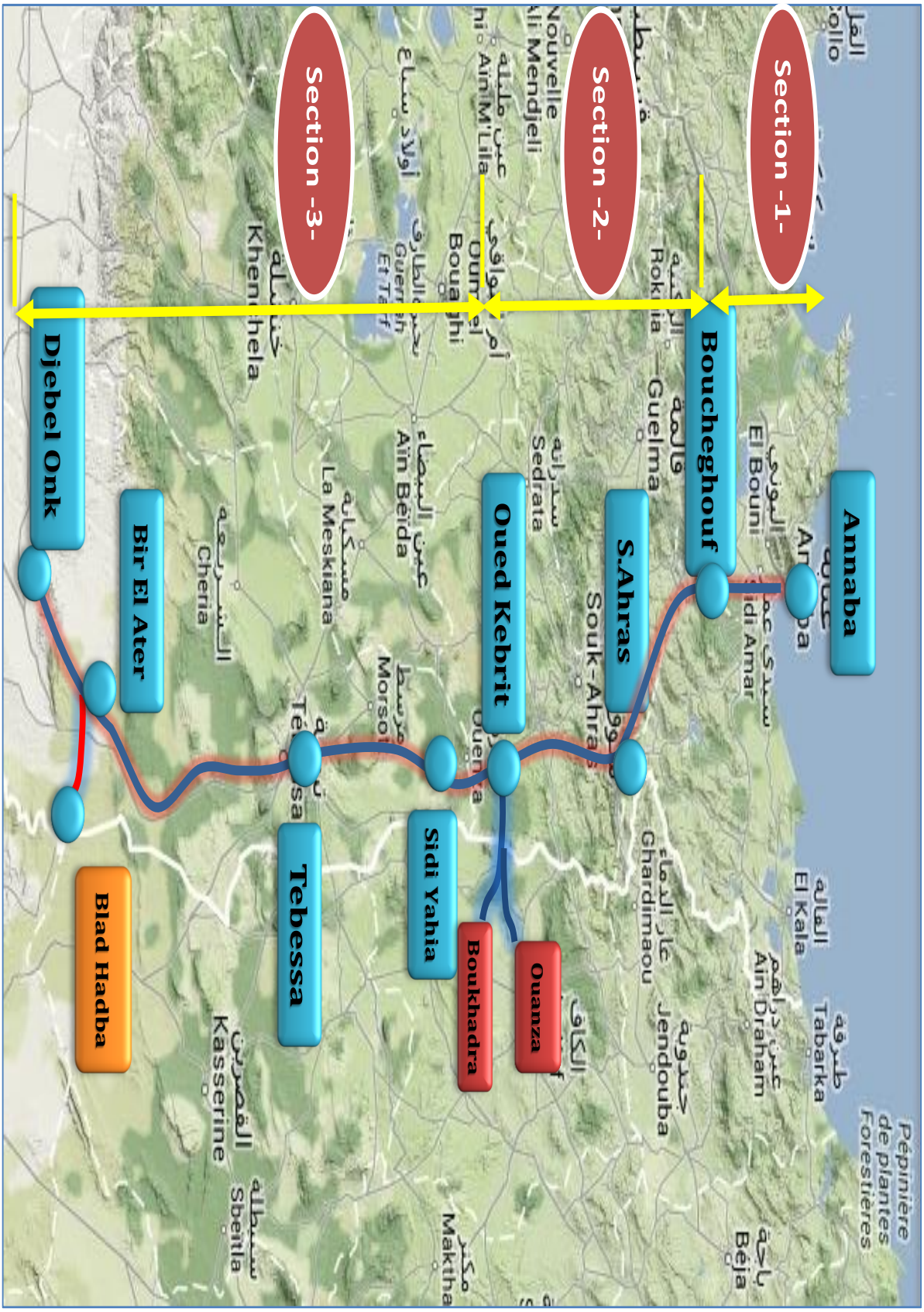
[19] www.Mtp.gov.dz.

ANNEXES

ANNEXE (A1) PROJECTION DU TRACE LOT05 SUR GOOGLE EARTH



ANNEXE (A1) Ligne Ferroviaire Minière Est



ANNEXE (A2) Listing de la géométrie de l'axe en plan

ENSTP **Préparé par: BELDJOUHAR / HABCHI**

Date: 15/05/2021 09:34:37

Axe en plan: Axe lot 05
Description: Dédoublement de ligne ferroviaire Oued Kebrit – Djbel Onk
Plage d'abscisse : Début: 55750.00, Fin: 76691.57

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			55750.00	402597.4635	3976270.1325
DR1	ANG=144.9435 (g)	318.162			
			56068.16	402839.5795	3976063.7175
CLO2	A=279.285				
	R=600.000	130.000			
			56198.16	402935.3481	3975975.9066
ARC3	XC=402498.9995				
	YC=3975564.0816				
	R=600.000	792.709			
			56990.87	403005.8524	3975242.9895
CLO4	A=279.285				
	R=600.000	130.000			
			57120.87	402928.5793	3975138.5325
DR5	ANG=242.8460 (g)	489.545			
			57610.42	402623.4204	3974755.7375
CLO6	A=282.843				
	R=800.000	100.000			
			57710.42	402562.7381	3974676.2756
ARC7	XC=403218.2169				
	YC=3974217.6389				
	R=800.000	133.631			
			57844.05	402495.6073	3974560.9106
CLO8	A=282.843				
	R=800.000	100.000			
			57944.05	402456.5050	3974468.8914
DR9	ANG=224.2542 (g)	430.283			
			58374.33	402296.5109	3974069.4604
CLO10	A=252.982				

	R=800.000	80.000			
			58454.33	402265.5341	3973995.7108
ARC11	XC=401538.6902				
	YC=3974329.9232				
	R=800.000	63.401			
			58517.73	402236.7938	3973939.2169
CLO12	A=252.982				
	R=800.000	80.000			
			58597.73	402195.4228	3973870.7551
DR13	ANG=235.6657 (g)	506.150			
			59103.88	401926.4621	3973441.9807
CLO14	A=282.843				
	R=800.000	100.000			
			59203.88	401875.1087	3973356.1940
ARC15	XC=402578.0414				
	YC=3972974.2443				
	R=800.000	279.652			
			59483.53	401786.8072	3973092.3477
CLO16	A=282.843				
	R=800.000	100.000			
			59583.53	401776.1788	3972992.9316
DR17	ANG=205.4540 (g)	79.866			
			59663.40	401769.3450	3972913.3589
CLO18	A=282.843				
	R=800.000	100.000			
			59763.40	401758.7166	3972813.9427
ARC19	XC=400967.4824				
	YC=3972932.0462				
	R=800.000	189.563			
			59952.96	401708.8835	3972631.5060
CLO20	A=282.843				
	R=800.000	100.000			
			60052.96	401667.4954	3972540.4920
DR21	ANG=228.4967 (g)	645.631			
			60698.59	401388.0494	3971958.4699
CLO22	A=282.843				
	R=800.000	100.000			
			60798.59	401342.9062	3971869.2588

ARC23	XC=400644.7595				
	YC=3972259.8881				
	R=800.000	96.977			
			60895.57	401290.5463	3971787.7023
CLO24	A=282.843				
	R=800.000	100.000			
			60995.57	401228.2226	3971709.5212
DR25	ANG=244.1716 (g)	547.638			
			61543.21	400878.0088	3971288.5018
CLO26	A=279.285				
	R=600.000	130.000			
			61673.21	400798.5775	3971185.6765
ARC27	XC=401298.6347				
	YC=3970854.1002				
	R=600.000	277.615			
			61950.82	400703.1545	3970927.6075
CLO28	A=279.285				
	R=600.000	130.000			
			62080.82	400696.5834	3970797.8416
DR29	ANG=200.9223 (g)	100.642			
			62181.46	400695.1254	3970697.2106
CLO30	A=279.285				
	R=600.000	130.000			
			62311.46	400688.5543	3970567.4446
ARC31	XC=400093.0741				
	YC=3970640.9519				
	R=600.000	679.974			
			62991.44	400278.7850	3970070.4158
CLO32	A=279.285				
	R=600.000	130.000			
			63121.44	400152.6533	3970039.2201
DR33	ANG=286.8632 (g)	101.370			
			63222.81	400053.4339	3970018.4502
CLO34	A=279.285				
	R=600.000	130.000			
			63352.81	399927.3022	3969987.2546
ARC35	XC=400113.0131				
	YC=3969416.7185				

	R=600.000	92.917			
			63445.72	399841.5228	3969951.7820
CLO36	A=279.285				
	R=600.000	130.000			
			63575.72	399730.1975	3969884.7815
DR37	ANG=263.2109 (g)	223.241			
			63798.97	399543.2060	3969762.8358
CLO38	A=279.285				
	R=600.000	130.000			
			63928.97	399437.0052	3969687.9776
ARC39	XC=399817.1734				
	YC=3969223.7879				
	R=600.000	97.158			
			64026.12	399367.1403	3969620.6131
CLO40	A=279.285				
	R=600.000	130.000			
			64156.12	399288.4632	3969517.2096
DR41	ANG=239.1087 (g)	318.700			
			64474.82	399104.7641	3969256.7783
CLO42	A=279.285				
	R=600.000	130.000			
			64604.82	399033.7528	3969147.9676
ARC43	XC=399558.5715				
	YC=3968857.1665				
	R=600.000	161.937			
			64766.76	398975.2154	3968997.5077
CLO44	A=279.285				
	R=600.000	130.000			
			64896.76	398954.0195	3968869.3160
DR45	ANG=208.1332 (g)	123.221			
			65019.98	398938.3201	3968747.0994
CLO46	A=282.843				
	R=800.000	100.000			
			65119.98	398923.5184	3968648.2185
ARC47	XC=398137.9537				
	YC=3968799.5065				
	R=800.000	304.928			
			65424.91	398810.8625	3968366.8475

CLO48	A=282.843				
	R=800.000	100.000			
			65524.91	398753.3333	3968285.0740
DR49	ANG=240.3564 (g)	1624.983			
			67149.89	397790.8487	3966975.8025
CLO50	A=282.843				
	R=800.000	100.000			
			67249.89	397733.3195	3966894.0289
ARC51	XC=398406.2282				
	YC=3966461.3699				
	R=800.000	618.884			
			67868.78	397622.5247	3966300.7188
CLO52	A=282.843				
	R=800.000	100.000			
			67968.78	397646.6652	3966203.6942
DR53	ANG=183.1494 (g)	130.900			
			68099.68	397680.9096	3966077.3534
CLO54	A=282.843				
	R=800.000	100.000			
			68199.68	397709.0705	3965981.4186
ARC55	XC=398466.6302				
	YC=3966238.5243				
	R=800.000	152.024			
			68351.70	397771.2721	3965842.9524
CLO56	A=282.843				
	R=800.000	100.000			
			68451.70	397824.2871	3965758.1825
DR57	ANG=163.0939 (g)	240.973			
			68692.67	397956.2892	3965556.5809
CLO58	A=316.228				
	R=1000.000	100.000			
			68792.67	398009.6603	3965472.0273
ARC59	XC=397146.7112				
	YC=3964966.7365				
	R=1000.000	301.063			
			69093.74	398120.6830	3965193.4056
CLO60	A=316.228				
	R=1000.000	100.000			

			69193.74	398140.0891	3965095.3180
DR61	ANG=188.6264 (g)	168.524			
			69362.26	398170.0372	3964929.4761
CLO62	A=547.723				
	R=1500.000	200.000			
			69562.26	398209.9352	3964733.5365
ARC63	XC=399665.0235				
	YC=3965097.8412				
	R=1500.000	921.257			
			70483.52	398685.7924	3963961.5725
CLO64	A=547.723				
	R=1500.000	200.000			
			70683.52	398842.9153	3963837.8931
DR65	ANG=141.0388 (g)	699.422			
			71382.94	399401.9766	3963417.6053
CLO66	A=282.843				
	R=800.000	100.000			
			71482.94	399480.6258	3963355.8733
ARC67	XC=398960.8987				
	YC=3962747.6925				
	R=800.000	583.375			
			72066.31	399753.6797	3962854.9227
CLO68	A=282.843				
	R=800.000	100.000			
			72166.31	399762.9423	3962755.3700
DR69	ANG=195.4200 (g)	155.136			
			72321.45	399774.0935	3962600.6351
CLO70	A=282.843				
	R=800.000	100.000			
			72421.45	399779.2014	3962500.7830
ARC71	XC=398979.2371				
	YC=3962493.2293				
	R=800.000	170.361			
			72591.81	399762.7279	3962331.5441
CLO72	A=282.843				
	R=800.000	100.000			
			72691.81	399738.4594	3962234.5515
DR73	ANG=216.9346 (g)	86.138			

			72777.95	399715.8152	3962151.4428
CLO74	A=282.843				
	R=800.000	100.000			
			72877.95	399691.5467	3962054.4502
ARC75	XC=400475.0375				
	YC=3961892.7649				
	R=800.000	67.424			
			72945.37	399680.7170	3961987.9218
CLO76	A=282.843				
	R=800.000	100.000			
			73045.37	399672.9700	3961888.2398
DR77	ANG=203.6114 (g)	759.339			
			73804.71	399629.9170	3961130.1226
CLO78	A=279.285				
	R=600.000	130.000			
			73934.71	399627.2379	3961000.2180
ARC79	XC=400226.4392				
	YC=3961031.1672				
	R=600.000	110.322			
			74045.03	399642.9969	3960891.1846
CLO80	A=279.285				
	R=600.000	130.000			
			74175.03	399682.3492	3960767.3549
DR81	ANG=178.1125 (g)	92.748			
			74267.78	399713.6121	3960680.0348
CLO82	A=282.843				
	R=800.000	100.000			
			74367.78	399745.3456	3960585.2218
ARC83	XC=398976.7910				
	YC=3960363.1319				
	R=800.000	157.746			
			74525.53	399773.9619	3960430.3526
CLO84	A=282.843				
	R=800.000	100.000			
			74625.53	399778.2056	3960330.4600
DR85	ANG=198.6233 (g)	279.426			
			74904.95	399784.2477	3960051.0997
CLO86	A=282.489				

	R=570.000	140.000			
			75044.95	399792.9939	3959911.4672
ARC87	XC=400357.0590				
	YC=3959993.5075				
	R=570.000	238.095			
			75283.05	399874.7733	3959689.6975
CLO88	A=282.489				
	R=570.000	140.000			
			75423.05	399958.7749	3959577.8160
DR89	ANG=156.3948 (g)	1268.520			
			76691.57	400761.2831	3958595.4096

ANNEXE (A3) Listing du Profil en Long

ENSTP **Préparé par : BELDJOUHAR / HABCHI**

Date: 27/05/2021 10:41:36

Profil en long : PL lot05 (voie existante)
Description: Dédoublement de ligne ferroviaire Oued Kebrit – Djebel Onk
Plage d'abscisse : Début: 55750.00, Fin: 76691.44
LONGUEUR DE L'AXE : 20941.440m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			55750.00	621.584
D1	PENTE= 0.01%	850.000		
			56600.00	621.634
D2	PENTE= 0.01%	550.000		
			57150.00	621.678
D3	PENTE= -0.46%	425.006		
			57575.01	619.720
D4	PENTE= 0.08%	1049.994		
			58625.00	620.584
D5	PENTE= 0.89%	449.999		
			59075.00	624.603
D6	PENTE= 0.74%	525.001		
			59600.00	628.483
D7	PENTE= 0.73%	499.994		
			60099.99	632.144
D8	PENTE= 0.42%	500.005		
			60600.00	634.242
D9	PENTE= 0.58%	500.000		
			61100.00	637.138
D10	PENTE= 0.68%	275.001		
			61375.00	639.012
D11	PENTE= 0.02%	725.003		
			62100.00	639.193
D12	PENTE= 0.21%	499.996		
			62600.00	640.226
D13	PENTE= 1.43%	574.999		
			63175.00	648.450
D14	PENTE= 1.35%	425.000		

			63600.00	654.174
D15	PENTE= 0.47%	600.014		
			64200.01	656.978
D16	PENTE= 1.02%	199.985		
			64400.00	659.009
D17	PENTE= 1.20%	575.001		
			64975.00	665.886
D18	PENTE= 1.01%	1124.999		
			66100.00	677.284
D19	PENTE= 1.03%	510.729		
			66610.73	682.525
D20	PENTE= 0.15%	489.276		
			67100.00	683.240
D21	PENTE= 0.05%	2199.999		
			69300.00	684.242
D22	PENTE= -0.30%	1799.998		
			71100.00	678.828
D23	PENTE= -0.23%	1149.995		
			72249.99	676.144
D24	PENTE= 0.43%	1350.001		
			73600.00	681.963
D25	PENTE= 0.59%	1099.997		
			74699.99	688.433
D26	PENTE= 0.53%	800.007		
			75500.00	692.667
D27	PENTE= 0.00%	1191.438		
			76691.44	692.672

Profil en long : Ligne rouge
Description: Dédoublement de ligne ferroviaire Oued Kebrit – Djebel Onk
Plage d'abscisse : Début: 55750.00, Fin: 76691.44
LONGUEUR DE L'AXE : 20941.440m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			55750.00	620.952
D1	PENTE= 0.00%	274.995		
			56025.00	620.957
D2	PENTE= 0.01%	1122.514		
			57147.51	621.047
ARC2	S= 57184.11 Z=621.050			
	R= -13000.000	73.188		
			57220.70	620.847
D3	PENTE= -0.55%	280.847		
			57501.55	619.289
ARC3	S= 57538.26 Z=619.085			
	R= -13000.000	73.431		
			57574.98	619.089
D4	PENTE= 0.01%	775.018		
			58350.00	619.166
D5	PENTE= 0.29%	274.555		
			58624.55	619.952
ARC5	S= 58657.24 Z=620.045			
	R= -10000.000	65.384		
			58689.93	620.352
D6	PENTE= 0.94%	395.065		
			59085.00	624.066
D7	PENTE= 0.74%	991.072		
			60076.07	631.351
ARC7	S= 60108.45 Z=631.589			
	R= -20000.000	64.758		
			60140.83	631.722
D8	PENTE= 0.41%	534.167		
			60675.00	633.919
D9	PENTE= 0.59%	345.001		
			61020.00	635.962
D10	PENTE= 0.68%	2580.353		

			63600.35	653.545
ARC10	S= 63640.45 Z=653.818			
	R= -25000.000	80.200		
			63680.55	653.963
D11	PENTE= 0.36%	99.448		
			63780.00	654.321
D12	PENTE= 0.48%	406.316		
			64186.31	656.273
ARC12	S= 64226.75 Z=656.468			
	R= -13000.000	80.873		
			64267.19	656.913
D13	PENTE= 1.10%	182.816		
			64450.00	658.929
D14	PENTE= 1.20%	549.996		
			65000.00	665.512
D15	PENTE= 1.01%	550.003		
			65550.00	671.074
D16	PENTE= 1.02%	1060.708		
			66610.71	681.851
ARC16	S= 66654.24 Z=682.293			
	R= -9000.000	87.059		
			66697.77	682.314
D17	PENTE= 0.05%	2564.107		
			69261.87	683.561
ARC17	S= 69297.17 Z=683.579			
	R= -20000.000	70.594		
			69332.47	683.471
D18	PENTE= -0.30%	1367.532		
			70700.00	679.309
D19	PENTE= -0.28%	650.000		
			71350.00	677.501
D20	PENTE= -0.23%	851.983		
			72201.98	675.534
ARC20	S= 72241.75 Z=675.442			
	R= -13000.000	79.531		
			72281.51	675.594
D21	PENTE= 0.38%	768.487		
			73050.00	678.521

D22	PENTE= 0.51%	749.943		
			73799.94	682.354
D23	PENTE= 0.58%	1645.751		
			75445.70	691.850
ARC23	S= 75483.34 Z=692.067			
	R= -13000.000	75.280		
			75520.98	692.066
D24	PENTE= -0.00%	1170.462		
			76691.44	692.041

ANNNEXE (B1) RESULTAT DU SANDAGE CARROTE

GEO LAB
GEOMAC LABORATOIRE

RAPPORT DE FORAGE

Sondage : SC-5-1-EXE

Projet : Ligne minière Est-T1
Endroit : Lot 05
Dossier N° : 01/GEO/PR/2018
Client : SYSTRA Algérie

Date début : 03/07/2018
Date fin : 03/07/2018
Profondeur forée (m) : 10
Niveau d'eau (m) :

Coordonnées GPS:
X : 400 399
Y : 3 970 091
Z :

Boue de forage : eau claire
Type forage : carotté
Foreuse : Tecoinsa TP50

Etat des échantillons :
Intact | Remanié | Paraffiné | Roche

Échelle (m)	Élévation (m) / Profondeur (m)	Récupération (25 50 75 100)	SPT (N1 + N2)	RQD	Tubage	Carottier	État	Profondeur échantillon	Niveau d'eau	Symboles	DESCRIPTION	ESSAIS DE LABORATOIRE
	-0,30 / 0,30										*Argile brunâtre, ferme, à concrétions carbonatées, à quelque grave.*	
1,0		89 %						0,60 – 0,85				
2,0		100 %						2,00 – 2,35			*Marne grisâtre à aspect rocheux, tendre, moyennement altéré, avec trace d'oxydation, à fraction généralement sup-verticale.*	
3,0												
4,0		100 %										
5,0	-5,00 / 5,00	68 %			101	CR						
6,0												
7,0		89 %						7,30 – 7,80			*Marne grise à aspect rocheux, à fraction généralement oblique, peu a très peu altéré, à recristallisation de gypse aux niveaux des plans de fracturation.*	
8,0												
9,0		100 %										
10,0	-10,00 / 10,00										*Fin du forage à une profondeur de 10 m.*	
11,0												
12,0												
13,0												
14,0												
15,0												
16,0												
17,0												

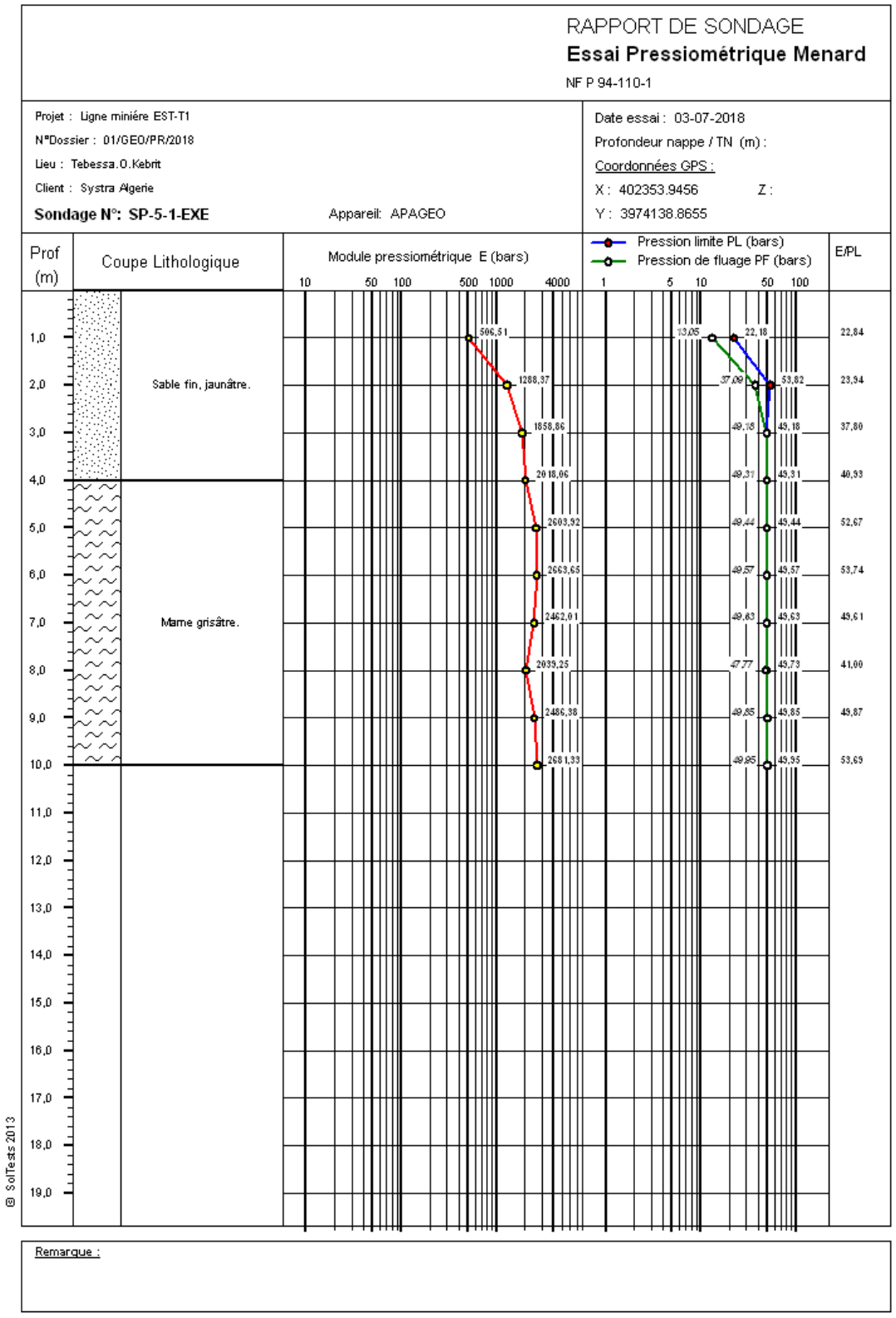
REMARQUES :

TYPE D'ECHANTILLON :
CF : Carottier fendu
TM : Tube à paroi mince
PS : Tube à position fixe
CR : Tube carottier
TO : Tube ouvert

ABREVIATIONS :
AG : Analyse granulométrique
S : Sédimentométrie
L : Limites d'Atterberg(WL,IP)
W : Teneur en eau
PV : Poids volumique(Gd, Gh)
AC : Analyse chimique
CIS : Cisaillement rectiligne
TR : Cisaillement Triaxial
Rc : Résistance à la compression
OED : Essai oedométrique
GL : Gonflement libre
R : Refus à l'enfoncement

Préparé par :
Vérifié par :
09/07/2018
Page : 1 de 1

ANNEXE (B2) RESULTAT DU SONDAGE PRESSIOMETRIQUE

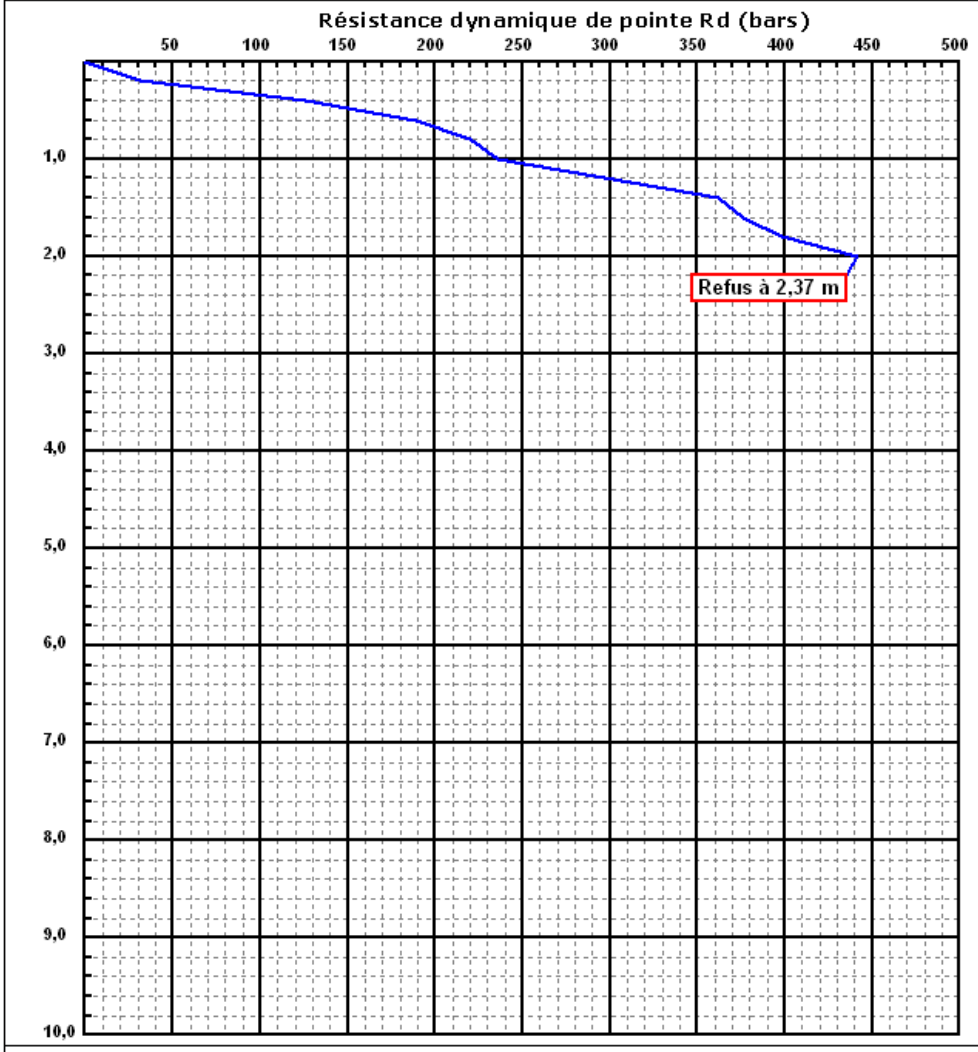


ANNEXE (B3) RESULTAT DU PENETROMETRE DYNAMIQUE LOURD

Essai de Pénétration Dynamique

INTITULE : Ligne miniére EST-T1
N°DOSSIER : 01/GEO/PR/2018
LIEU : Tebessa.O.Kebrit
CLIENT : Systra Algerie
DATE ESSAIS : 04-07-2018

Référence essai : PDL-5-1-EXE
Localisation : LOT 05
Coordonnées GPS :
X : 400959.7404 Z :
Y : 3971335.0783



Caractéristiques du pénétromètre dynamique

Masse enclume + guidage Mouton (m') : 25 kg
Masse du Mouton (m) : 64 kg
Hauteur de chute (H) : 75 cm
Aire de la section droite de la pointe (A) : 20 cm²

Longueur des tiges : 1 m
Masse d'une tige (m') : 8,5 kg
Enfoncement (e) : 20 cm

Formule de Battage :

$$Rd = \frac{m^2 \times H}{A \times e/N \times (m + \sum m')}$$

© SolTests 2013

ANNEXE (B4) RESULTATS DES ESSAI AU LABORATOIRE

PK	lithologie	Classe GTR	état hydrique	Teneur en eau	Analyse granulométrique (Tamisat)				Limites d'Atterberg				E.S	VBS	Proctor Modifié	
				w (%)	50mm (%)	2mm (%)	80µm (%)	2µm (%)	Wl (%)	Wp (%)	Ip	Ic	ESP	VBS	Wopm (%)	Yd max (g/cm3
56+630	ql	A2	H	9,15	100	98,2	94,4	48,05	46,02	27,51	18,51	1,99	20,72			
56+930	ql	A1	H	9,21	93,39	50,59	36,81	19,73					9,64	1,16	7,83	2,12
58+010	ql	A2	Ts	6,19	100	95,96	73,72	39,27	53,57	28,91	24,66	1,92	5,07		11,42	2,02
58+930	ql	A2	Ts	7	100	95	87,57	43,53	41,05	19,42	21,63	1,57	15,09			
59+160	ql	A2	Ts	7,29									4,65	2,28	16,24	1,81
60+240	ql	A3	Ts	6,55	100	90,05	82,21	37,23	70,3	36,78	33,52	1,9	4,14		10,03	2,02
60+800	ql	A3	Ts	2,68	95,2	72,68	54,31	16,89	55,64	29,51	26,13	2,03	7,23		8,89	2,08
61+350	ql	A3	Ts	3,76	100	99,39	96,12	28,88	60,41	30,02	30,39	1,86	1,28		10,67	2,01
62+180	ql	A1		2,03	89,4	56,79	47,39	15,63					5,62	0,7		
64+960	ql	A2	s	15,32	100	97,01	84,51	52,9	40,15	20,06	20,09	1,24	2,78			
65+500	qK	B5		3,84	93,24	44,18	31,65	20,58					10,1	0,58	8,17	2,15
65+880	qK	B5		4,56	96,64	47,95	30,69	9,94					11,24	0,53	8,93	2,12
66+300	ql	A1		5,15	100	98,16	89,62	38,44	28,81	18,57	10,24	2,31	1,95			
66+900	ql	A1		4,35	100	77,25	72,49	28,64					5,98	1,16	11,63	1,99
68+170	ql	A1		4,47	100	64,21	50,24	29,28	28,1	17,48	10,62	2,23	9,38		9,24	2,1
70+150	qK	A3	ts	6,66	100	87,43	78,68	35,17	63,39	35,46	27,93	2,03	2,79		12,98	1,9
70+620	qK	A3	ts	5,61	100	93,56	87,18	38,48	65,64	35,64	30	2	3,46		12,33	1,88
71+460	ql	A3	ts	12,91	100	95,03	87,81	57,74	57,44	30,63	26,81	1,66	1,45		10,91	1,91
72+000	ql	A3	ts	8,09	100	82,75	75,46	46,19	60,27	30,75	29,52	1,77	3,88		11,11	2,01
72+460	ql	A2	ts	8,7	100	97,04	89,91	50,79	38,84	19,58	19,26	1,56	3,73			

ANNEXE (C1)

Tableau Classification des sites (extrait RPOA)

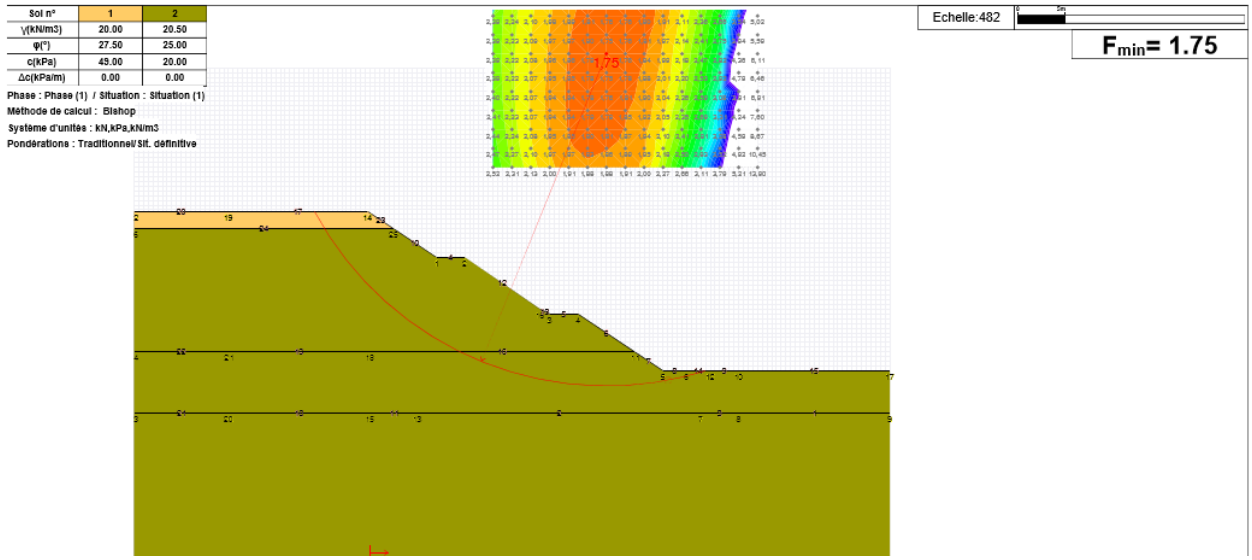
Catégorie	Description	q_c (MPA)	N (nbr de coups)	pl (MPA)	E_p (MPA)	q_u (MPA)	V_s (m/s)
S_1	Rocheux (a)	-	-	>5	>100-	>10	≥800
S_2	Ferme	>15	>50	>2	>20	>0.4	≥400 - < 800
S_3	Meuble	1.5 ~ 15	10 ~ 50	1 ~ 2	5 ~ 20	01 ~ 0.4	≥200 - < 400
S_4	Très meuble ou présence de 3m au moins d'argile molle (b)	<1.5	<10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

Paramètres géo mécaniques des formations reconnues sur le LOT 05

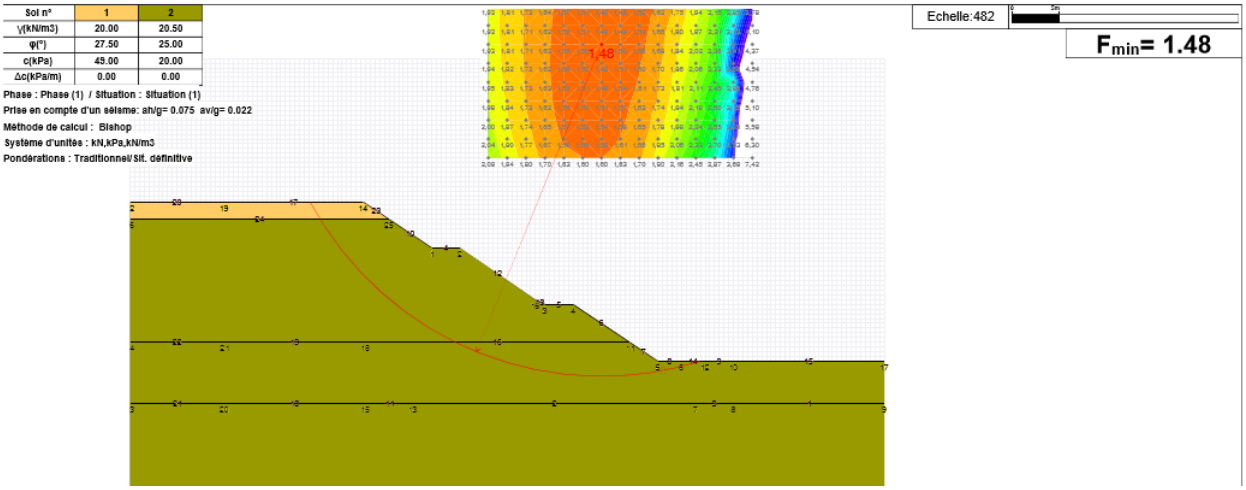
Famille géologique	γ'	EV2	Classe GTR / UIC	Taux de réutilisation	Mode d'excavation	Classe d'arase	C'	φ'	Pl	E
Unité	KN/m³	MPa	-	(%)	(%)	-	(KPa)	(°)	(MPa)	(MPa)
A' Sable fin et limons lâche	19.3	< 20	A2	0	100% meuble	S0	10	25	0,6	1
qk Colluvions	19.0	20 - 50	A3-A4	0	100% meuble	S1	20*	22*	0,12	2,7
C2d Marnes argileuses et bancs de grès	19.9	< 20	A3	0	100% meuble	S0	20*	25*	4,9	186
qL Limons récents et actuels de Oued Chebro	20	< 20	A2 / QS1 améliorable en QS2	60	100% meuble	S1 - S2	49	27,5	2,6	32
ql Limons récents	19.5	< 20	A3 - A4	0	100% meuble	S1 - S2	50	22	3,3	65
C2e Marne argileuse grisâtre	20.5	-	A1 – A2 –A3	0	100% meuble	S0	20	25	4,9	135
C2a Calcaires en plaquette et Marno-calcaires	20.5	-	A4	0	100% meuble	S0	40	10	1.1	27

ANNEXE (C2) Vérification de stabilité des talus en déblais avec logiciel TALREN V4

Vérification de stabilité pour les déblais au PK 56+527 condition statique

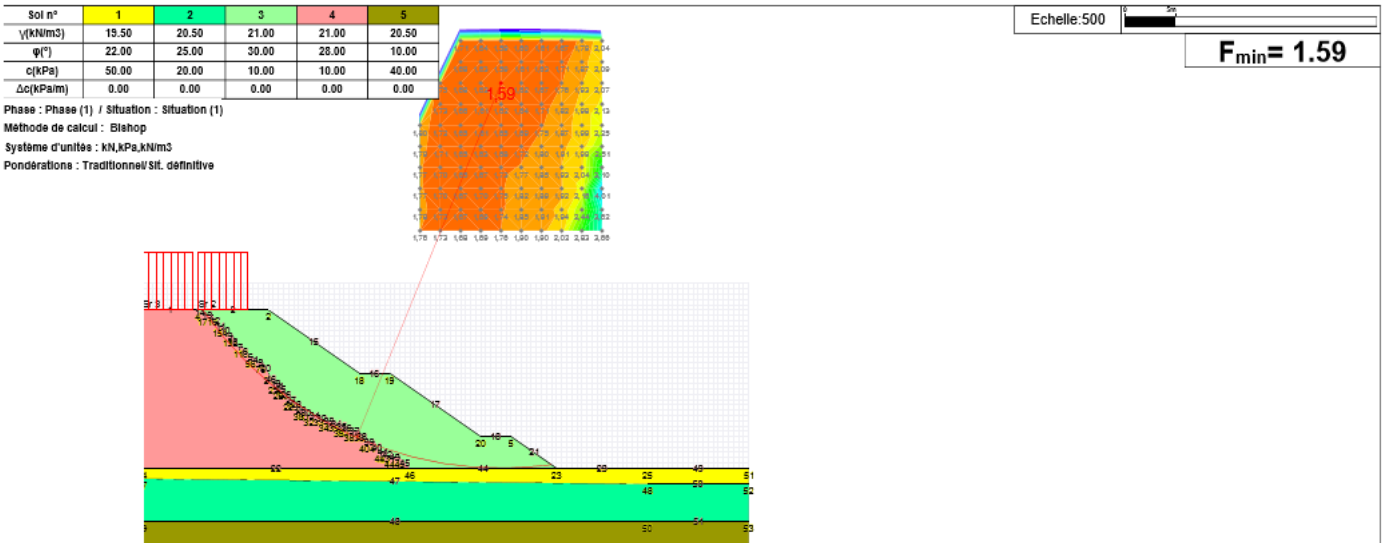


Vérification de stabilité pour les déblais au PK 56+527 condition sismique

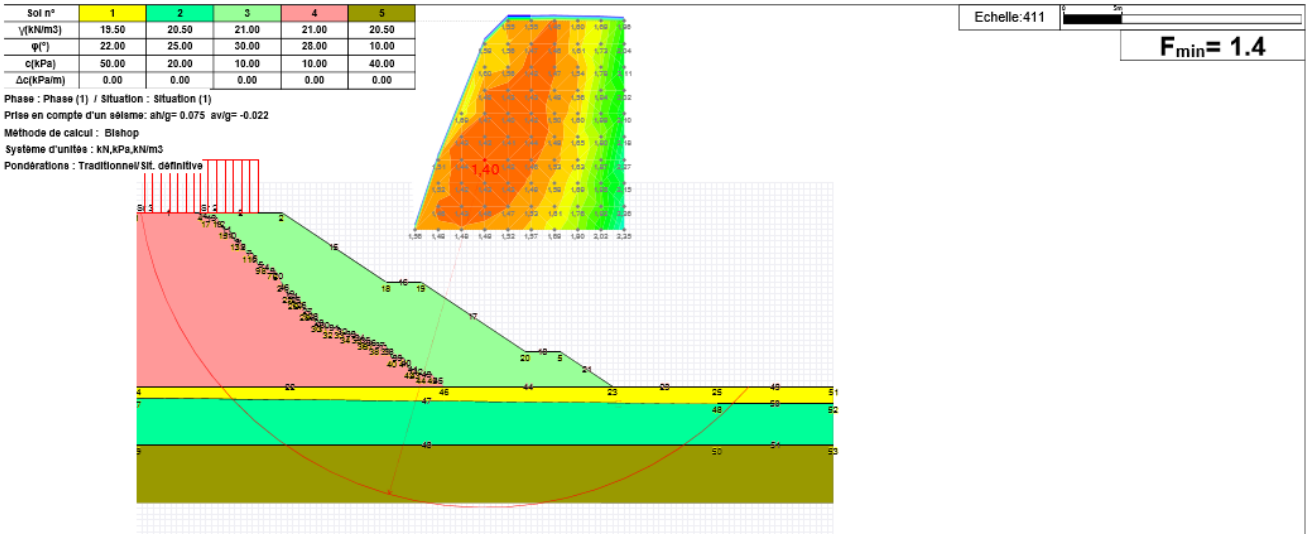


ANNEXE (C3) Vérification de stabilité des talus en remblais avec logiciel TALREN V4

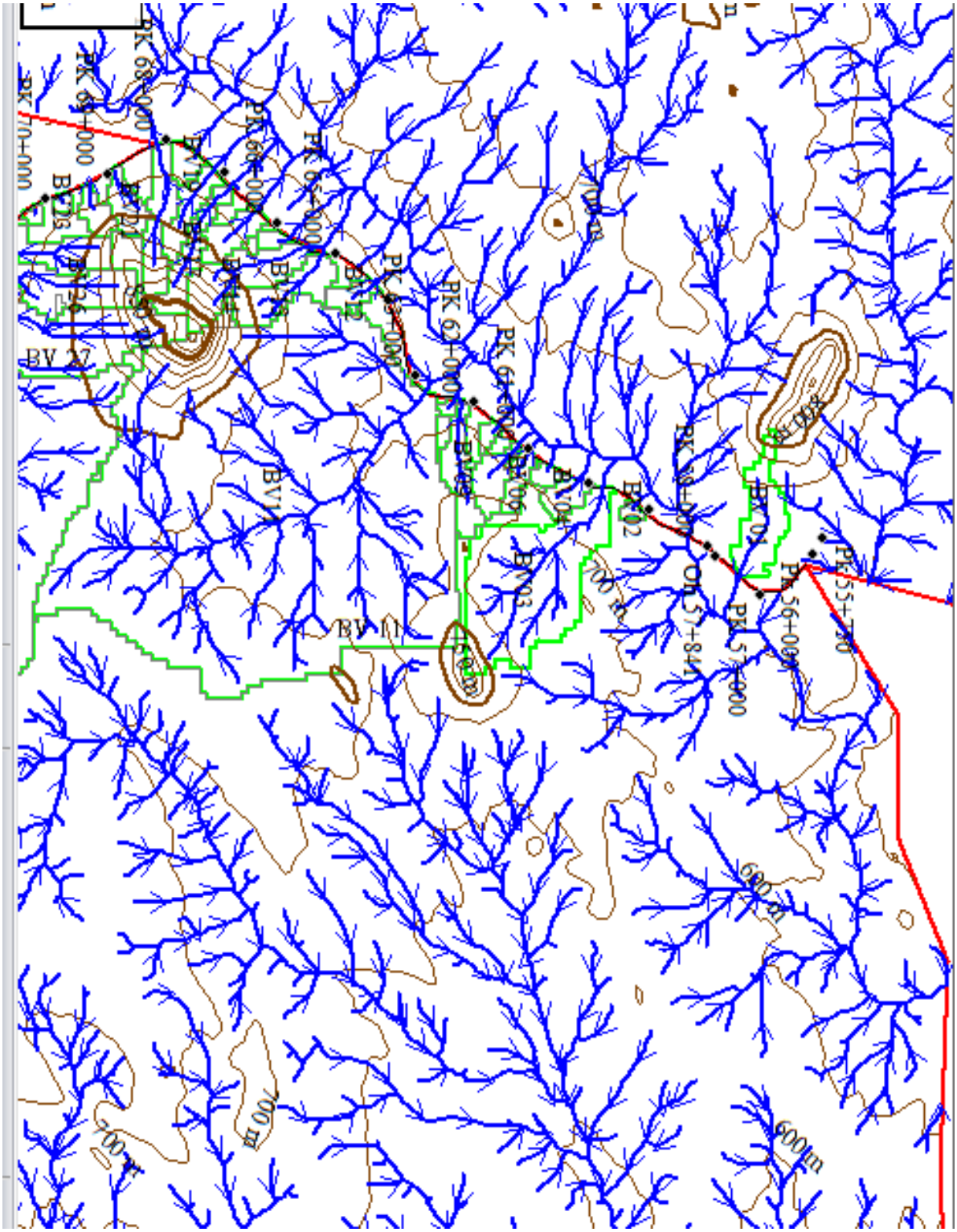
Vérification de stabilité pour les remblais au PK 62+535 condition statique interne



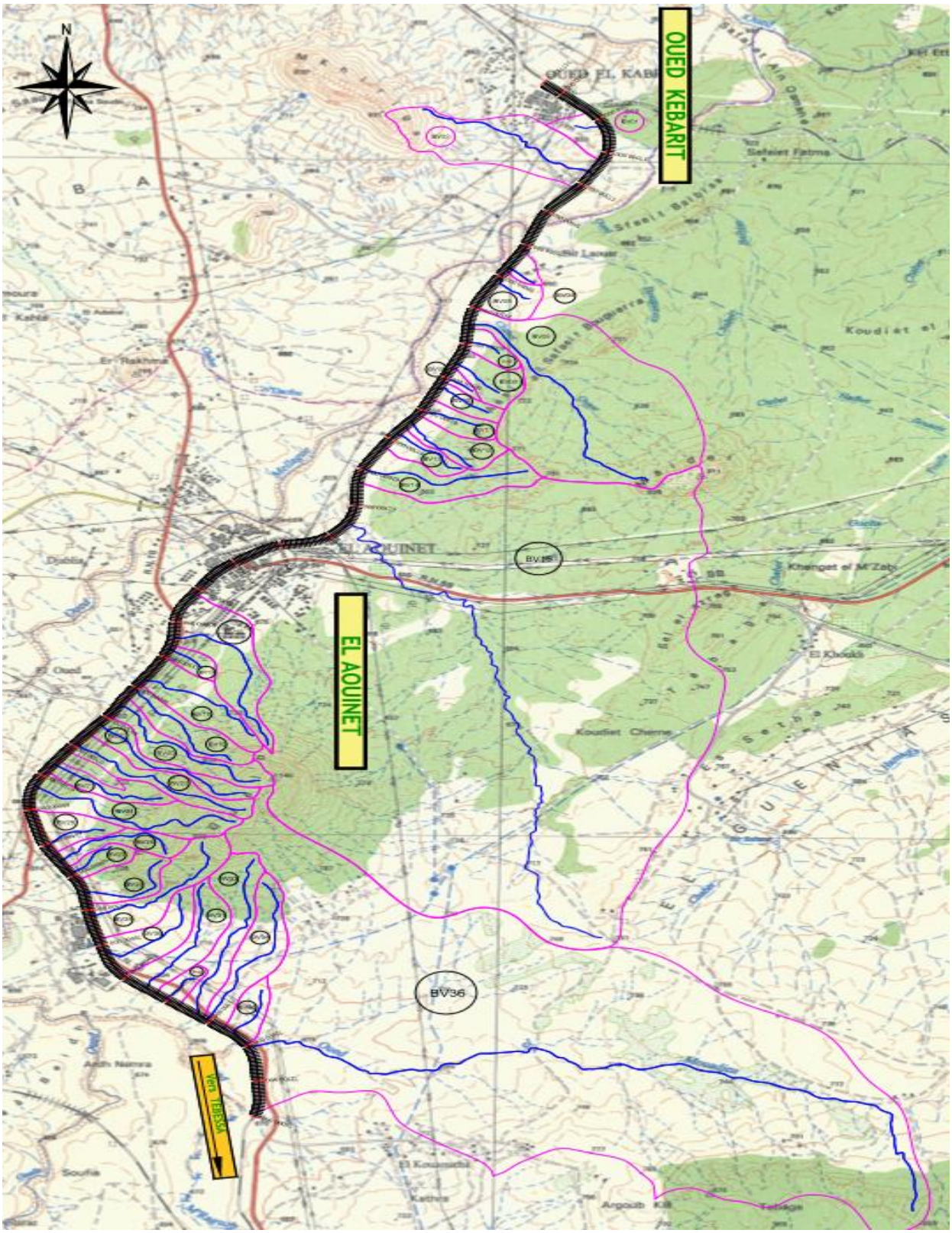
Vérification de stabilité pour les remblais au PK 62+535 condition sismique



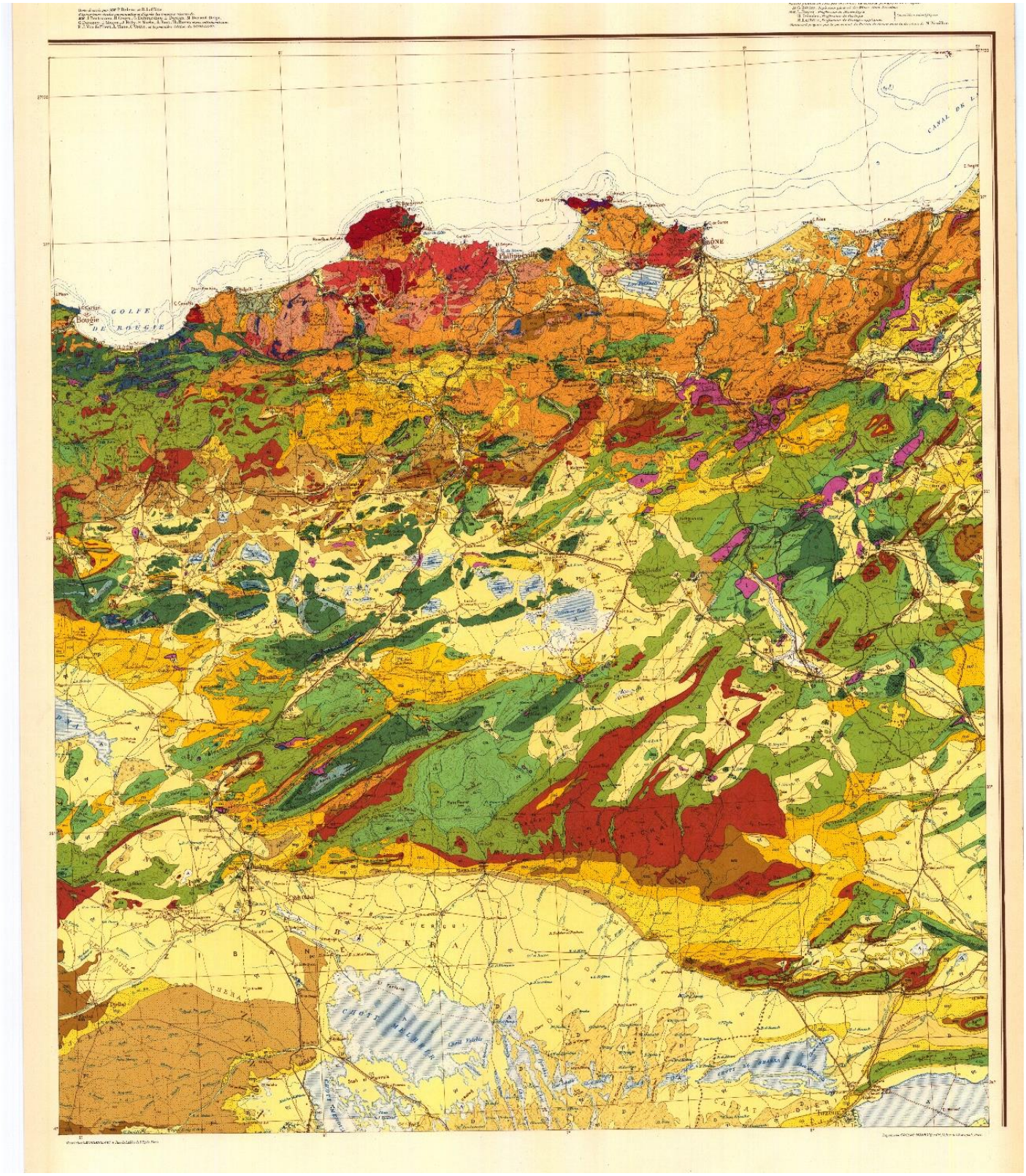
ANNEXE (D1) DELIMITATION DES COURT D'EAU TRAVERSANT NOTRE TRACE SUR GLOBAL MAPPER



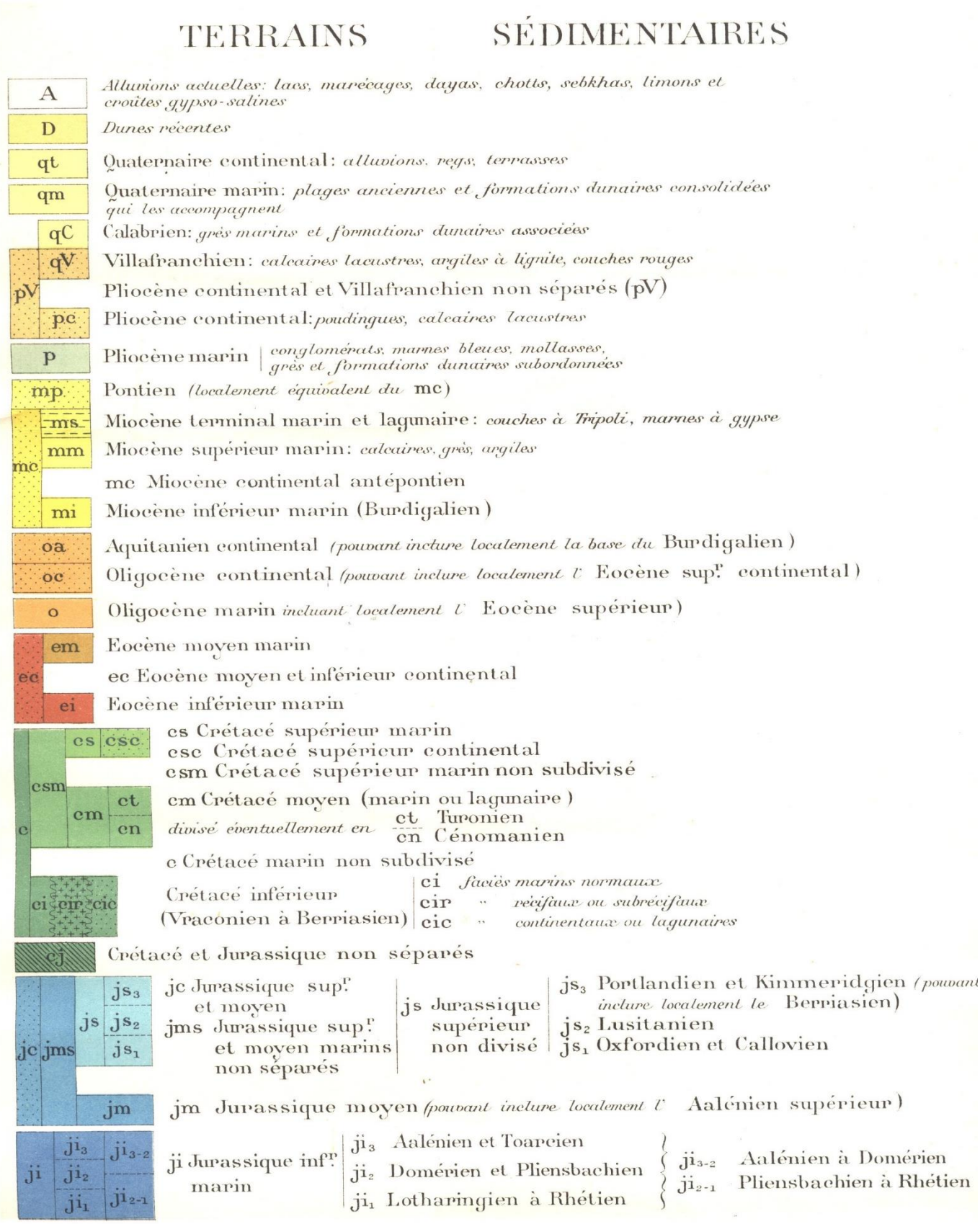
ANNEXE (D2) Carte des bassins versant du tracé



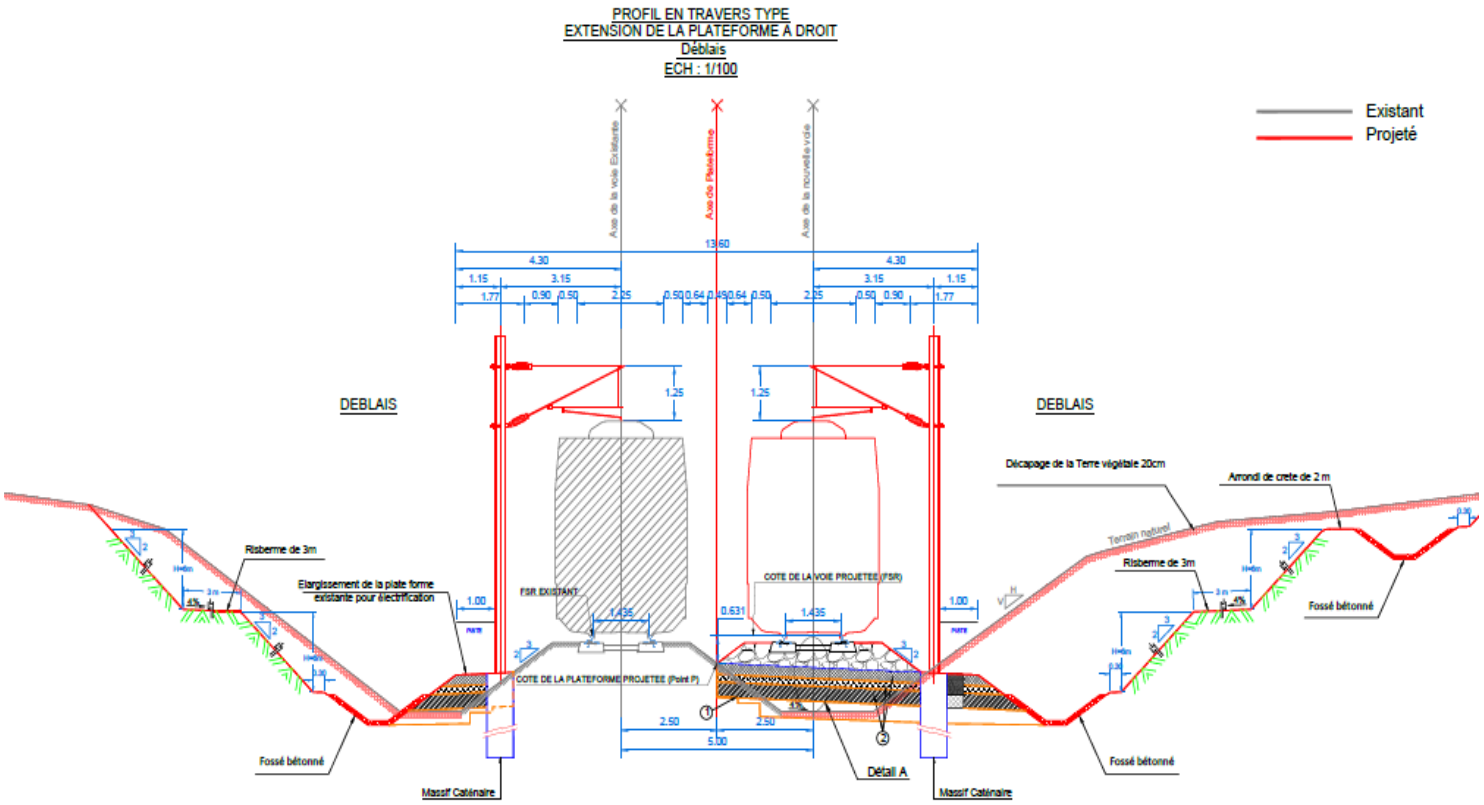
ANNEXE (D3) Carte géologique du Nord-Est algériens (1/ 500000éme)



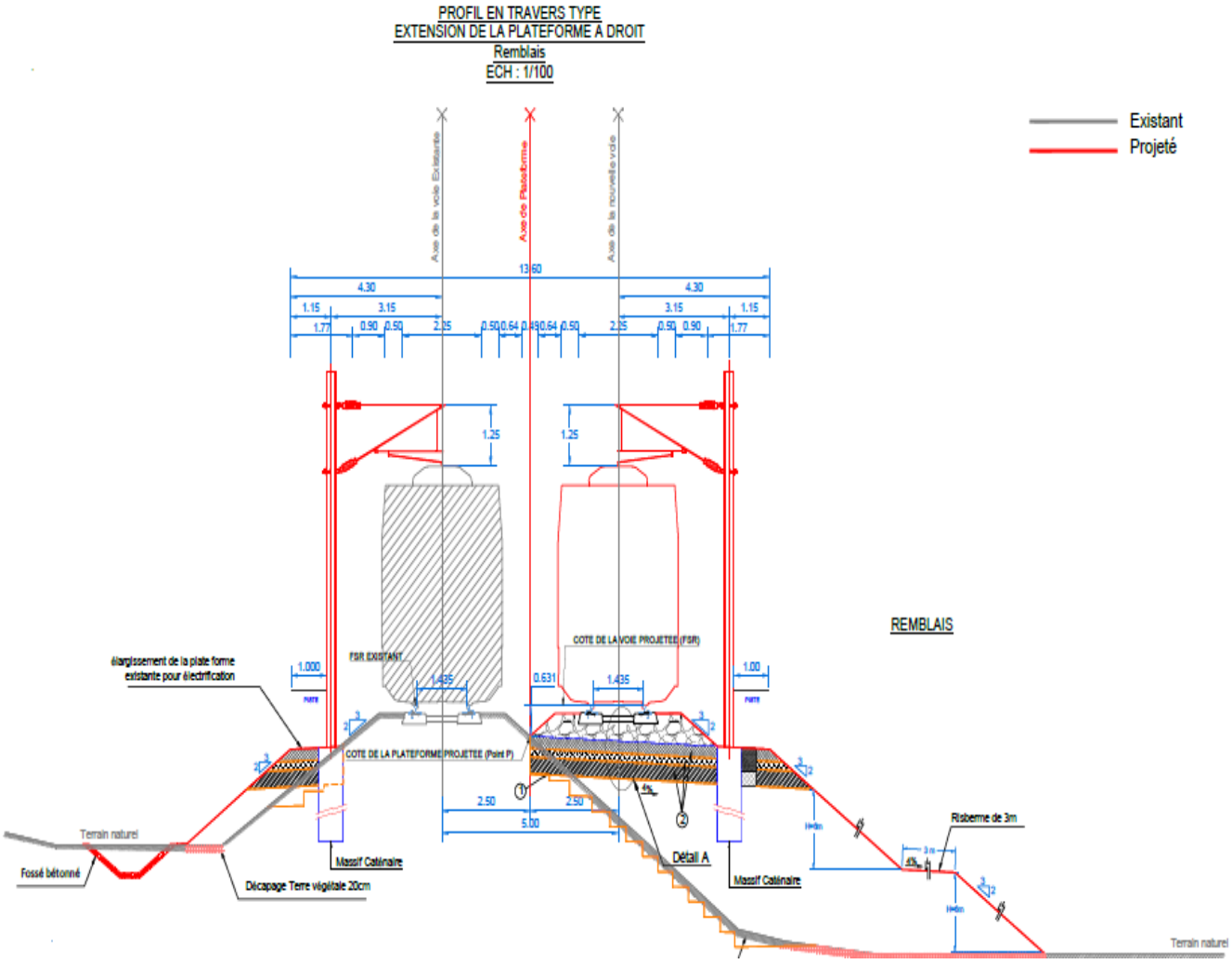
TERRAINS SÉDIMENTAIRES



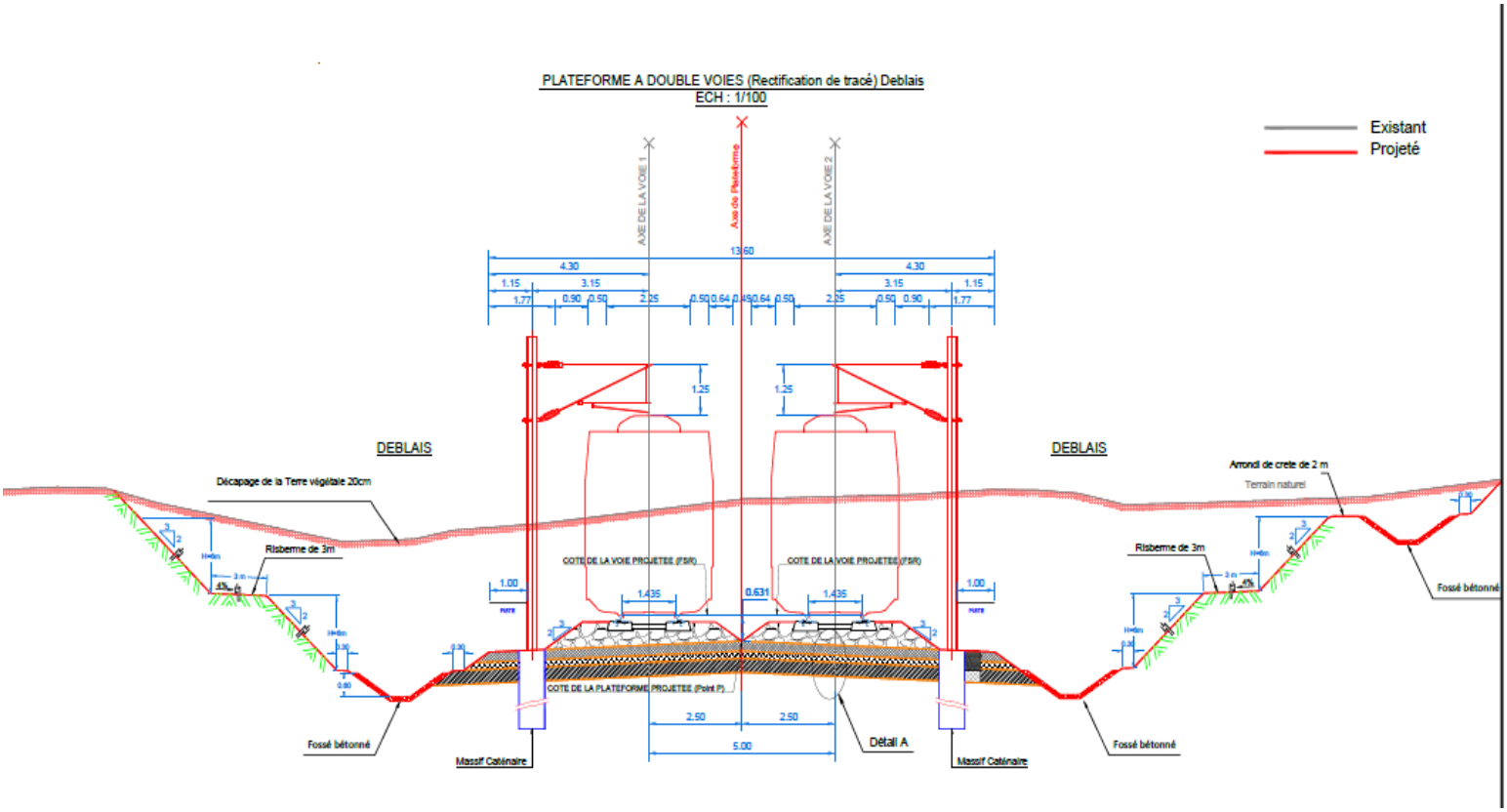
ANNEXE (E1) PROFIL EN TRAVERS TYPES
Extension à droite-Cas Déblai



ANNEXE (E2) PROFIL EN TRAVERS TYPES
Extension à droite-Cas Remblai



ANNEXE (E3) PROFIL EN TRAVERS TYPES
Rectification-Cas Déblai



ANNEXE (E4) PROFIL EN TRAVERS TYPES
Rectification-Cas Remblai

