

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

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية
فرنسيس جانسون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics

Francis Jeanson



Mémoire

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

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Matériaux et Structure

Thème

**Étude APD de la nouvelle ligne ferroviaire à
voie unique AIN BEIDA - F'KIRINA avec la
conception de la gare voyageurs de F'KIRINA
du PK 05+500 au PK 20+400**

Présenté par :

**MECHOUEK Nihad
AHMIME Katia**

Encadré par :

Mr. DERRADJI Ayachi

Promotion 2022 / 2023

Remercîment

Au premier lieu, nous tenons à remercier Dieu qui nous a donné le courage et la volonté pour terminer ce travail.

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'études.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements pour, Mr. Derradji, d'avoir accepté de nous encadrer pour notre projet de fin d'études, ainsi que pour son soutien, ses remarques pertinentes et son encouragement.

Nous remercions également chaleureusement tous les enseignants le personnel de l'Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics ainsi que la directrice Mme Mekideche sans qui nous n'aurions pas fait autant.

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

Que tous ceux ou celles qui nous ont apportés leur soutien et qui nous ont aidé, de près ou de loin, pour l'achèvement de ce projet trouvent ici l'expression de notre vive et sincère reconnaissance, en particulier nos parents, familles et amis.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

Aux prunelles de mes yeux, je ne pourrai jamais trouver des expressions adéquates pour vous décrire, non par avarice d'expression, mais plutôt qu'aucun mot n'est égale à votre Just valeur, aux deux personnes qui ont sacrifié toutes leurs forces et toute leur vie pour m'élever, et me relever, qui se sont donner au sens propre du terme Just pour me voir fleurir et n'ont pas manqué une seule fraction de seconde pour m'encourager, à toi chère MAMAN, à toi cher PAPA.

A toute ma famille.

A celui avec qui j'ai travaillé, mon binôme Katia, ce Travail est le fruit de nos efforts.

Nihad Mechouek

Dédicace

En tout premier lieu, je remercie le bon Dieu, Merci pour toutes tes bénédictions envers moi, pour la force que tu me donnes.

J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail :

Mes parents qui m'ont accompagné à chaque instant de ma vie, vous étiez la plus grande épaupe sur laquelle je pouvais compter.

A mon cher frère Chakib je tiens à te remercier pour ton soutien et ta présence. Tu as su m'accompagner dans cette épreuve, comme tu l'as fait à chaque étape de ma vie.

A mon petit chat adorée et toute la famille AHMIME

A celui avec qui j'ai travaillé, mon binôme Nihad, ce Travail est le fruit de nos efforts.

Katia Ahmime

Résumé :

Le présent projet consiste essentiellement à l'étude avant-projet détaillé (A.P.D) d'un tronçon de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique du Pk 05+000 au Pk 20+000 AIN EL BEIDA F'KIRINA Avec une conception de la gare FEKIRNA.

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

ملخص :

يتمثل هذا المشروع في دراسة التصميم الأولي التفصيلي لخط السكة الحديدية ذات المسار الوحيد عين البيضاء - فكيرينا مع تصميم محطة القطار "فكيرينا"

على طول المقطع النقطة الكيلومترية 05 إلى غاية النقطة الكيلومترية 20 يخضع المشروع لمعايير الاتحاد الدولي لسكك الحديدية و توصيات الشركة الوطنية لنقل بسكك الحديدية تم دراسة هذا المشروع باستخدام برامج النمذجة الهندسية

CIVIL 3D و GOOGLE EARTH PRO.

Abstract :

The present project summarizes a study and conception for a detailed design of the project of a new single-track railway line on the section from Pk 05+000 to Pk 20+ 000 of AIN EL BEIDA FEKIRINA and the design of the FEKIRINA station.

This project was drawn up in according to UIC's (international union of railway) standards and the Algerian SNTF's (National rail Transportation Company) recommandations. Using the geometric design software of CIVIL 3D and the GOOGLE EARTH PRO.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
-----------------------------------	----------

CHAPITRE I : Recherche Bibliographique

I.1 Introduction	2
I.2 Fonction principale	2
I.3 Les types de traverses	2
I.3.1 Traverses en bois	2
I.3.1.1 Introduction	2
I.3.1.2 Essences	3
I.3.1.3 Fabrication	3
I.3.1.4 Dimension	3
I.3.1.5 Fixation	3
I.3.1.6 Recyclage	3
I.3.1.7 Avantages	3
I.3.1.8 Inconvénients	4
I.3.1.9 Domaines d'emploi	4
I.3.2 Traverses métalliques	4
I.3.2.1 Introduction	4
I.3.2.2 Forme et Dimension	5
I.3.2.3 Avantages	6
I.3.2.4 Inconvénients	6
I.3.3 Traverses en béton	6
I.3.3.1 Introduction	6
I.3.3.2 Conception des traverses	7
I.3.3.3 Avantages	7
I.3.3.4 Inconvénients	7
I.3.3.5 Traverses bi bloc	7
I.3.3.6 Traverses monobloc	8
I.3.4 Traverses plastiques ou composites	9

I.4 Les traverses les utilisés en Algérie	9
I.5 Conclusion	9

CHAPITRE II : Présentation du projet

II.1 Introduction	10
II.2 Présentation du site	10
II.2.1 Localisation	10
II.2.2 Situation administrative de la zone d'étude	11
II.2.3 Topographie et géomorphologie	12
II.2.4 Climat et hydrographie	12
II.2.5 Hydrologie	13
II.2.6 Relief	13
II.2.7 Sismicité	13
II.3 Présentation du projet	14
II.3.1 Objectifs du projet	15
II.3.2 Les caractéristiques de notre projet	15
II.4 Conclusion	15

CHAPITRE III : Superstructure de la voie

III.1 Introduction	16
III.2 Dimensionnement et armement de la voie	16
III.2.1 La voie	16
III.2.2 Le rail	17
III.2.2.1 Caractéristiques de rails du type UIC 60 E1	17
III.2.2.2 Les longs rails soudés (LRS) et le soudage des rails	18
III.2.3 Les traverses	19
III.2.3.1 Rôle de traverses	19
III.2.4 Le système d'attache	19
III.2.5 L'appareil de voie	20
III.2.5.1 Le branchement	20
III.2.5.2 Les traversées	21
III.3 Conclusion	22

CHAPITRE IV : Tracé en Plan

IV.1 Introduction	23
IV.2 Conditions et règles à respecter dans le tracé en plan	23
IV.3 Paramètres de conception du tracé de la voie	23
IV.3.1 Longueur minimum des éléments de tracé	24
IV.3.2 Devers	24
IV.3.2.1 Devers théorique	24
IV.3.2.2 Devers pratique	24
IV.3.2.3 Insuffisance du devers	25
IV.3.2.4 Excès de devers	25
IV.3.2.5 Variation du devers	26
IV.3.2.6 Variation du devers dans le temps	26
IV.3.2.7 Variation de l'insuffisance du devers	26
IV.3.3 Rayon minimale	26
IV.3.3.1 calcul de devers associé au nouveau rayon	27
IV.3.3.2 Calcul de devers théorique	27
IV.3.3.3 Devers théorique des trains lents	27
IV.3.3.4 L'insuffisance de devers	27
IV.3.3.5 L'excès de devers	27
IV.3.3.6 Calcul de la longueur minimal de raccordement progressif (clothoïde)	27
IV.3.4 Paramètre de la clothoïde	27
IV.3.5 Variation de devers	27
IV.3.5.1 En fonction de temps	27
IV.3.5.2 En fonction de longueur	27
IV.3.6 Variation de l'insuffisance de devers	27
IV.4 Application sur Projet	28
IV.5 Conclusion	28

CHAPITRE V : Profil en Long

V.1 Introduction	29
V.2 Eléments géométriques du profil en long	29

CHAPITRE VI : Etude Géologique et Géotechnique

VI.1 Introduction	30
VI.2 Contexte géologique	30
VI.2.1 Géologie régionale	30
VI.2.2 Géologie locale	32
VI.2.3 Sismicité	32
VI.3 Etude géotechnique	33
VI.3.1 Introduction	33
VI.3.2 Programme d'investigation géotechnique	33
VI.3.2.1 Lot ouvrages courant	33
VI.3.2.2 Lot tracé	34
VI.3.3 Résultats des investigations géotechnique	35
VI.3.3.1 Hydrogéologie	35
VI.3.3.2 Essais de pénétromètre dynamique (PDL)	36
VI.3.3.2.1 Principe de l'essai au pénétromètre dynamique (NF P94-115)	36
VI.3.3.2.2 Interprétation des résultats	37
VI.3.3.3 Essais de « Standard Pénétration Test » SPT	38
VI.3.3.4 Essais pressiométriques	39
VI.3.3.4.1 Classification sismique du sol	39
VI.3.3.4.1.1 Principe	39
VI.3.3.4.2 Interprétation des résultats	40
VI.3.4 Normes et légende des essais au laboratoire	40
VI.3.4.1 Essais identification physique	40
VI.3.4.2 Essais mécaniques	41
VI.3.4.4 Analyses chimiques : Mode opératoire LCTP	41
VI.3.5 Les résultats des essais au laboratoire	41
VI.3.5.1 Les puits de reconnaissances	41
VI.3.5.1.1 Interprétation des résultats	43
VI.3.5.2 Les sondages carottés	43
VI.3.5.2.1 Interprétation des résultats	43

VI.3.5.3 Analyses Chimiques	46
VI.3.5.3.1 Interprétation des résultats	47
VI.3.6 Unités géotechniques	48
VI.3.6.1 Unité 01 : Alluvions récents ou actuelles	48
VI.3.6.2 Unité 02 : Argile marneuse plus au moins limoneuse	48
VI.3.6.3 Unité 03 : Argile tufacé	49
VI.3.6.4 Unité 04 : Marne argileuse	49
VI.3.7 Interprétations des résultats	49
VI.4 Contraintes géotechniques	50
VI.4.1 Les zones inondables	50
VI.4.1.1 Phasage des travaux	52
VI.4.2 Agressivité des sols	52
VI.4.2.1 Interprétations	53
VI.4.2.2 Recommandations	55
VI.4.2.3 Recommandations générales	55
VI.4.2.4 Recommandations particulières	56
VI.4.3 Risque de dissolution des gypses	56
VI.4.3.1 Localisation	56
VI.4.3.2 Recommandations	57
VI.5 Conclusion	57

CHAPITRE VII : Dimensionnement de la couche d'assise ferroviaire

VII.1 Introduction	58
VII.2 Couche de ballast	58
VII.3 Sous-couche	59
VII.3.1 Rôle de la sous-couche	59
VII.3.2 Elle se constitue de	59
VII.3.2.1 Une couche sous ballast	59
VII.3.2.2 Une couche de fondation	60
VII.3.2.3 Une couche anti-contaminant	60
VII.4 La plate-forme	60

VII.4.1 Définition	60
VII.4.2 Classification des sols pour la plateforme	60
VII.4.3 La classe de portance pour la plateforme	61
VII.4.4 Plate-forme proposée	61
VII.5 Calcul de l'épaisseur minimale " e" des couches d'assises	62
VII.6 Application au projet	63
VII.7 Conclusion	64

CHAPITRE VIII : Etude Hydrologique et Hydraulique

VIII.1 Introduction	65
VIII.2 Etude hydrologique	65
VIII.2.1 Caractéristiques morphologiques des bassins versants	66
VIII.2.2 Caractéristiques climatiques et pluviométriques	67
VIII.2.2.1 Température	67
VIII.2.2.2 Pluviométrie	68
VIII.2.3 Cartographie	69
VIII.2.4 Les précipitations	70
VIII.2.5 Le temps de concentration « Tc »	70
VIII.2.6 Calcul de l'intensité de pluie	72
VIII.2.7 Coefficients de ruissellement	73
VIII.2.8 Calcul du débit maximal dans les bassins (les débits de crue)	74
VIII.3 Etude hydraulique	77
VIII.3.1 Introduction	77
VIII.3.2 Types d'ouvrages transversaux	77
VIII.3.2.1 Les buses	77
VIII.3.2.2 Les dalots	77
VIII.3.3 Dimensionnement des ouvrages transversaux	77
VIII.3.3.1 Méthode de MANNING STRICKLER	77
VIII.3.3.2 Standardisation de la dimension des ouvrages hydrauliques	78
VIII.3.3.3 Application : Dimensionnement d'un dalot	79
VIII.3.3.4 Dimension du système de drainage transversal le long du tracé	80

VIII.3.4 Dimensionnement des ouvrages longitudinaux	81
VIII.3.4.1 Introduction	81
VIII.3.4.2 Dimensionnement des fosses	81
VIII.3.4.2.1 Application sur le projet	82
VIII.3.4.2.1.1 Les hypothèses suivantes ont été émises pour le dimensionnement	82
VIII.3.4.2.1.2 Calcul des débits d'apport	82
VIII.3.4.2.1.3 Dimensionnement des fossés	84
VIII.4 Zone inondable	85
VIII.4.1 Ouvrage d'équilibre : (buse)	85

CHAPITRE IX : Profil en travers

IX.1 Introduction	86
IX.2 Les éléments du profil en travers	86
IX.2.1 Eléments de l'infrastructure	86
IX.2.2 Eléments de la superstructure	86
IX.2.3 Eléments du talus	86
IX.2.4 Eléments d'assainissement	86
IX.3 Profil en travers type de notre projet	87
IX.4 Calcul des cubatures	87

CHAPITRE X : Terrassement et Ouvrages

X.1 Les terrassements	88
X.1.1 Introduction	88
X.2 Les ouvrages	88
X.2.1 Introduction	88
X.2.2 Le choix du type d'Ouvrage	89
X.2.3 Recommandation sur le choix du type d'ouvrage	89
X.2.3.1 Croisement Route-Rail	89
X.2.4 Les ouvrage de notre projet	90
X.2.4.1 Croisement avec routes	90
X.2.4.2 Piste à supprimer	91
X.2.4.3 Piste à dévier	91

X.2.4.4 Liste des ouvrages hydraulique	91
X.2.4.5 Les ouvrages de transports de gaz	92
X.2.4.5.1 Protections proposées pour les conduites du Gaz	92
X.2.4.6 Réseau des lignes électriques	92
X.3 Conclusion	93

CHAPITRE XI : Conception et aménagement de la gare

XI.1 Introduction	94
XI.2 Type de gares	94
XI.2.1 Gare de voyageur	94
XI.2.2 Gare marchandise	94
XI.2.3 Gare mixte	94
XI.2.4 Gare de croisement	94
XI.2.5 Gare de tirage	94
XI.3 Etude du plan de masse d'une gare	95
XI.4 Aménagement de la gare	95
XI.4.1 Installations d'une gare à voyageur	95
XI.4.2 Marge de glissement à l'aval des signaux	95
XI.4.2.1 But de la marge de glissement	96
XI.4.2.2 Longueurs de la marge de glissement	96
XI.4.2.1 But de la marge de glissement	96
XI.4.2.2 Longueurs de la marge de glissement	96
XI.4.3 Garage franc	96
XI.4.4 Heurtoir	96
XI.5 Caractéristiques géométriques des gares	97
XI.5.1 La longueur utile d'une voie de stationnement	97
XI.5.2 Déclivité dans les gares	97
XI.5.3 Quai	97
XI.5.4 Types des appareils de voie	99
XI.6 Application au projet	99
XI.7 Assainissement de la gare	101

XI.7.1 Assainissement transversale	101
XI.7.2 Assainissement longitudinale	101

CHAPITRE XII : Electrification

XII.1 Introduction	102
XII.2 Le système d'électrification	102
XII.2.1 Les avantages du système 2X25Kv	103
XII.2.2 Les inconvénients du système 2X25Kv	103
XII.3 Catenaire	103
XII.3.1 Les éléments du caténaire	104
XII.3.1.1 Le support	104
XII.3.1.2 Le fil de contact	104
XII.3.1.3 Le Câble porteur	105
XII.3.1.4 Le Câble porteur	105
XII.3.1.5 Circuit de retour	105
XII.3.1.6 Les pendules	105
XII.3.1.7 Les Consoles	105
XII.4 Conclusion	106

Chapitre XIII : Signalisation ferroviaire

XIII.1 Introduction	107
XIII.2 Les objectifs de la signalisation ferroviaire	107
XIII.3 Les risques ferroviaires	107
XIII.4 Implantation des signaux en Algérie	107
XIII.5 Principe de signalisation ferroviaire	108
XIII.5.1 Signalisation classique	108
XIII.5.1.1 Principe de base de cantonnement	108
XIII.5.1.2 Les différents types de blocks	108
XIII.5.2 Signalisation moderne	112
XIII.5.2.1 Définition du système ERTMS	112
XIII.5.2.2 Fonctionnement d'ERTMS	112
XIII.5.2.3 Les niveaux de l'ERTMS	113

XIII.6 Conclusion	113
-------------------------	-----

CHAPITRE XIV : Etude d'Impact sur l'environnement

XIV.1 Introduction	114
XIV.2 Objectifs de cette étude	114
XIV.3 Description de l'état initial de la zone d'étude	114
XIV.3.1 Milieu physique	114
XIV.3.1.1 Géomorphologie	114
XIV.3.1.2 Géologie	115
XIV.3.1.3 Climatologie	116
XIV.3.1.4 Hydrologie	118
XIV.3.1.4.1 La commune de Ain Beida	118
XIV.3.1.4.2 La commune de F'kirina	118
XIV.3.1.5 Hydrogéologie	118
XIV.3.2 Milieu naturel	118
XIV.3.2.1 Faune	118
XIV.3.2.2 Flore	119
XIV.3.2.2.1 La commune de Ain Beida	119
XIV.3.2.2.2 La commune de F'kirina	120
XIV.3.3 Milieu humain	120
XIV.3.3.1 Commune de Ain Beida	120
XIV.3.3.2 Commune de F'Kirina	122
XIV.4 Identification et description des impacts	123
XIV.4.1 Les impacts positifs du projet	123
XIV.4.2 Les impacts négatifs	123
XIV.5 Les mesures proposées pour les impacts sur l'environnement	124
XIV.6 Conclusion	126

CHAPITRE XV : Devis Estimatif et Quantitatif

CHAPITRE XV : Devis Estimatif et Quantitatif	127
--	-----

CONCLUSION GENERALE.....	129
---------------------------------	------------

Liste des figures :

• Figure I.1 Traverse en bois	3
• Figure I.2 Traverse métallique	5
• Figure I.3 Traverse en béton	7
• Figure I.4 Traverse bibloc	8
• Figure I.5 Traverse monobloc	9
• Figure II.1 Situation géographique	10
• Figure II.2 Zone d'implantation du projet	11
• Figure II.3 Situation administrative de la zone d'étude	11
• Figure II.4 Extrait de la carte de pluviométrie annuelle du Nord de l'Algérie au 1/500 000 (ANRH)	12
• Figure II.5 Extrait de la carte des ressources en eaux souterraines et de réseau hydrographique de Tebessa au 1/200 000 (ANRH 2006)	13
• Figure II.6 Situation du projet dans la carte sismique de l'Algérie (CGS 2003)	14
• Figure II.7 Localisation du projet	14
• Figure III.1 Les constituants de la voie de ce projet	16
• Figure III.2 Rail Vignole type UIC 60 E1	18
• Figure III.3 Traverse bibloc	19
• Figure III.4 Description d'une aiguille	21
• Figure VI.1 Carte géologique de Oum El Bouaghi	31
• Figure VI.2 Oum El Bouaghi dans la carte structurale de la chaîne alpine d'Algérie orientale au 1/500 000 (Vila 1978)	31
• Figure VI.3 Légende des formations traversées du PK 05+500 au PK 20+400	32
• Figure VI.4 Situation du projet dans la carte sismique de l'Algérie (CGS 2003)	33
• Figure VI.5 Extrait de la carte hydrogéologique de Oum El Bouaghi au 1/200 000 (ANRH 2006)	36
• Figure VI.6 Carte satellitaire montrant la zone jugée « inondable »	51
• Figure VII.1 Epaisseur des couches d'assise	62
• Figure VIII.1 Carte du réseau hydro climatologique (Bassin n°07)	66
• Figure VIII.2 Histogramme des températures moyennes mensuelles	68
• Figure VIII.3 Histogramme de la répartition pluviométrique mensuelle	69
• Figure VIII.4 Carte d'Etat major (image satellitaire)	69
• Figure VIII.5 Fossé de forme trapézoïdale	82
• Figure X.1 Protections proposées pour les conduites du Gaz	92
• Figure XI.1 Schématisation de la marge de glissement	95
• Figure XI.2 Schéma illustratif de garage franc	96
• Figure XI.3 Heurtoirs	97
• Figure XI.4 Longueur utile	97
• Figure XI.5 la hauteur du quai et la distance entre le bout du quai et l'axe de la voie	

(Source UIC741 OR)	98
• Figure XI.6 La hauteur du quai et la distance entre le bout du quai et l'axe de la voie (source UIC741 OR)	100
• Figure XI.7 Les dimensions du passage souterrain dans la gare	101
• Figure XII.1 Schéma exemplaire du système d'alimentation 2X25 avec poste autotransformateurs	102
• Figure XII.2 Caténaire	104
• Figure XII.3 Fil de contact 107mm ² rainures pour caténaire 1x25Kv	105
• Figure XIII.1 Le canton	108
• Figure XIV.1 Etages bioclimatiques de la zone d'étude	116

Liste des tableaux :

• Tableau I.1 Dimensions des traverses métalliques	5
• Tableau IV.1 Paramètres de conception du projet	23
• Tableau IV.2 Valeurs limites des longueurs minimales des éléments du tracé (SNTF) ...	24
• Tableau IV.3 Valeurs limites du devers (SNTF)	25
• Tableau IV.4 Valeurs limites de l'Insuffisance du devers (SNTF)	25
• Tableau IV.5 Valeurs limites de l'excès du devers (SNTF)	25
• Tableau IV.6 Valeurs limites de la variation du devers (SNTF)	26
• Tableau IV.7 Valeurs limites de la variation de l'insuffisance du devers (SNTF)	26
• Tableau VI.1 Coordonnées des essais in situ réalisés lot ouvrages courants	34
• Tableau VI.2 Coordonnées des essais in situ réalisés lot tracé	34
• Tableau VI.3 Mesures piézométriques des sondages carottés réalisés entre le PK 05+400 au PK 20+400	35
• Tableau VI.4 Résumé des résultats aux pénétromètres dynamiques (PDL)	37
• Tableau VI.5 Résultats des essais S.P.T réalisées dans le tronçon allant du PK 05+500 au PK 20+400	38
• Tableau VI.6 Résumé des résultats des essais pressiométriques réalisés dans le tronçon Pk 05+500 au PK 20+400	39
• Tableau VI.7 Résumé des résultats des essais de laboratoire réalisés sur les échantillons des puits de reconnaissance PK 05+500 au PK 20+400	42
• Tableau VI.8 Résumé des résultats des essais de laboratoire réalisés sur les échantillons des sondages carottés	44
• Tableau VI.9 Résumé des analyses chimiques effectués sur les échantillons prélevés du PK 0+000 au PK 20+400	46
• Tableau VI.10 Valeurs de bleu de méthylène (VBS)	47
• Tableau VI.11 Résumé des analyses des sulfates effectués sur les échantillons prélevés du PK 5+500 au PK 20+400	52
• Tableau VI.12 Classification des sols du tronçon PK 0+000 au PK 20+400 selon le degré d'agressivité	54
• Tableau VI.13 Localisation des zones à risque de dissolution des gypses	56
• Tableau VII.1 La classe de portance de la plate-forme (normes UIC 719R)	61
• Tableau VII.2 les valeurs des différents paramètres pour le calcul de l'épaisseur	63
• Tableau VII.3 Structure d'assise ferroviaire	64
• Tableau VIII.1 Les caractéristiques des bassins versants	67
• Tableau VIII.2 Moyennes mensuelles des températures (°C) (station d'Ain Beida)	68
• Tableau VIII.3 Répartition pluviométrique mensuelle (station d'Ain Beida)	68
• Tableau VIII.4 Valeur de coefficient de Montana (a et b) en fonction de période de retour (t)	72
• Tableau VIII.5 Valeur des intensités obtenues en mm/h	73
• Tableau VIII.6 Calcul des débits à évacuer dans le cas de remblai et déblai	83
• Tableau VIII.7 Dimensionnement du fossé proposé	84
• Tableau IX.4 Les cubatures de terrassement	87

- Tableau X.1 récapitulatif des PK et leurs ouvrages d'assainissement91
- Tableau XIII.1 Les principaux signaux ferroviaires et leur indication109
- Tableau XIV.1 Moyenne mensuelle des températures (en °C)116
- Tableau XIV.2 Moyenne annuelle des précipitations (en mm)117
- Tableau XIV.3 Durée annuelle de l'insolation (en heure)117
- Tableau XIV.4 Moyenne annuelle de l'humidité (en %)117
- Tableau XIV.5 Moyenne annuelle des vitesses de vents (en m/s)118
- Tableau XIV.6 Recensement des espaces forestiers de la commune de Ain Beida120
- Tableau XIV.7 Recensement de la population de la commune d'Ain Beida120
- Tableau XIV.8 Répartition de l'activité commerciale121
- Tableau XIV.9 Listing des activités de la commune121
- Tableau XIV.10 Production agricole d'Ain Beida122
- Tableau XIV.11 Evolution démographique de la commune122

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Le développement des pays se repose en très grande partie sur les infrastructures de transports, l'économie des pays est régit par la capacité de déplacement tant elle facilite le transfert d'idées, de matériels et de ressources et améliore la productivité de la population ce qui contribue grandement au PIB de la nation.

Dans cette optique, l'homme a toujours su faire preuve d'imagination et créativité, en commençant d'abord par le transport par animaux et pour cela de simple chaussée composée de pierre et de chaux suffisait.

Avec l'évolution des véhicules il a fallu créer des chaussées puissantes afin de pouvoir supporter les machines lourdes et rapides, mais l'invention qui révolutionna totalement le transport est la voie ferrée, principalement pour la marchandise, c'est l'invention qui a permis aux état unis de devenir la puissance qu'elle est, et jusqu'à aujourd'hui c'est le moyen le plus rentable.

L'Algérie étant munie d'une grande superficie elle a eu besoin de construire de vaste méga projet d'infrastructure de transport, son réseau routier est d'ailleurs le plus dense d'Afrique avec 108 302 km de route, le projet le plus célèbre étant l'auto route Est-Ouest qui relie Annaba à l'extrême Est.

Parmi ces infrastructures on retrouve le chemin de fer qui représente un enjeu écologique économique et social tant ses avantages sont énormes, le réseau ferroviaire Algérien est d'ailleurs le plus développé d'Afrique, une grande partie de ces ouvrages ont néanmoins besoin de modernisation pour coller avec les défis économiques et sociaux des temps modernes.

Le réseau des chemins de fer algérien est aujourd'hui parmi les plus modernes d'Afrique. Il fait son apparition à la fin du XIXe siècle. Il sert au transport de personnes et de marchandises.

Le schéma directeur des transports du pays a inscrit plusieurs projets dans le domaine des infrastructures de transport, notamment les infrastructures ferroviaires en général et en particulier le projet de la nouvelle ligne ferroviaire Ain Beida - F'kirina qui s'encadre dans le programme pour l'amélioration du transport et la contribution à la relance de la mobilité économique dans les zones des hauts plateaux.

Dans ce modeste travail nous allons faire une étude en APD de la ligne ferroviaire à voie unique Aïn Beida-Fkirina sur une longueur de 14.9 km, exactement entre les points kilométriques (PK 05+500 et PK 20+400) dans le cadre de réalisation et modernisation de la rocade ferroviaire des hauts plateaux et leurs interconnexions.

Notre étude est définie du PK 05+500 au PK 20+400 avec la conception de gare voyageurs de F'kirina.

CHAPITRE I : Recherche Bibliographique

Chapitre I : Recherche Bibliographique : Les traverses de chemin de fer

I.1 Introduction :

Une traverse est un élément fondamental de la voie ferrée. C'est une pièce posée en travers de la voie, sous les rails, pour en maintenir l'écartement et l'inclinaison, et transmettre au ballast les charges des véhicules circulant sur les rails.

I.2 Fonction principale :

Le rôle des traverses est de maintenir les rails à l'écartement normal et de répartir la charge que les rails reçoivent des essieux sur une étendue suffisante de ballast pour ne pas dépasser une certaine charge unitaire.

Et aussi :

- Répartir les charges verticales : Augmenter la surface d'appui sur le ballast
- Ancrer la voie transversalement : Contribuer à la stabilité du châssis de voie en charge (efforts des véhicules) ou à vide (stabilité LRS)
- Contribuer à la position géométrique des rails : écartement et inclinaison notamment
- Intégrer l'interface avec les systèmes d'attaches

I.3 Les types de traverses :

On rencontre, à l'heure actuelle, quatre types de traverses :

- Les traverses en bois,
- Les traverses métalliques,
- Les traverses en béton armé.
- Traverses plastiques ou composites

I.3.1 Traverses en bois :

I.3.1.1 Introduction :

Les traverses en bois constituent encore la très grande majorité des traverses utilisées dans le monde. Traditionnellement elles sont en bois dur (chêne ou plus rarement en hêtre ou en azobé, la ligne ferroviaire Bombay-Madras inaugurée par les Britanniques était notamment soutenue par des traverses en teck) équarris. Le bois est apprécié pour sa résistance et sa flexibilité, pour sa facilité de mise en œuvre. Mais de durée de vie réduite (20 à 30 ans) car putrescible, il est imprégné sous pression d'un pesticide cancérigène, insecticide et fongicide, interdit à d'autres usages, la créosote de goudron de houille. Pour éviter l'apparition de fentes, liées aux successions de périodes humides et sèches, on peut cercler les têtes de traverses à l'aide de feuillards métalliques, c'est le frettage.



Figure I.1 Traverse en bois.

I.3.1.2 Essences :

- Bois indigène : principalement chêne mais aussi hêtre et pin.
- Bois exotique : azobé.

I.3.1.3 Fabrication :

- Abattage, débardage et débitage en traverses blanches
- Dessiccation, frettage, entaillage et perçage
- Imprégnation de créosote (remplacée par l'utilisation d'essences de bois exotique)

I.3.1.4 Dimension :

Leurs dimensions sont généralement, à la SNCF, de 2,6 m de long, 25 cm de large et 15 cm d'épaisseur (les bois d'appareils ont des longueurs variant de 2,60 à 6,00 m.). Elles sont entaillées pour permettre l'appui des rails. La zone d'appui, dite « table de sabotage », est délimitée de manière à déterminer l'écartement des rails et leur inclinaison (au 1/20e à la SNCF). Une traverse pèse environ 80 kg.

I.3.1.5 Fixation :

La fixation des rails sur les traverses en bois se fait grâce à des tire-fonds et des attaches élastiques, parfois munies de semelles en caoutchouc pour limiter le bruit.

I.3.1.6 Recyclage :

Le recyclage des traverses en bois traité est réglementé dans plusieurs pays en raison de la nocivité de la créosote, produit classé cancérigène.

I.3.1.7 Avantages :

- Assure une bonne élasticité de la voie
- Bonne isolation électrique

I.3.1.8 Inconvénients :

- Sensibilité aux agents atmosphériques (surtout pour le chêne)
- Résistance latérale peu élevée
- Coûts d'entretien devenant élevés
- Utilisation de créosote

I.3.1.9 Domaines d'emploi :

- En pose neuve ou en régénération de la voie
 - Zones courtes entre appareils de voie posés sur plancher bois,
 - Zones où l'utilisation de traverses béton ne permet pas de dégager le gabarit sans travaux coûteux (tunnel, quais...),
- En maintenance, remplacement de traverses bois (nécessité de conserver un plancher homogène).

I.3.2 Traverses métalliques :

I.3.2.1 Introduction :

La traverse métallique est un produit industriel de fabrication simple. Elle est constituée d'un laminé en forme de U renversé, embouti à ses extrémités, pour former des bêtes qui s'enfoncent dans le ballast et s'opposent au déplacement transversal de la voie. Le rail est fixé au moyen de crapauds qui appuient sur le bord du patin. Ces crapauds sont serrés par des écrous vissés sur des boulons et la combinaison de deux ou trois modèles permet de réaliser une gamme progressive d'écartement de la voie. On peut également adapter des dispositifs élastiques. La traverse métallique, en acier, est relativement légère (80 kg) et est principalement utilisée dans des voies à circulation de moyenne vitesse. N'étant pas isolantes, elles demandent qu'un soin particulier soit apporté aux attaches et leur isolation afin d'être compatibles avec les systèmes de signalisation faisant appel aux courants de voie. Un bourrage de qualité remplissant bien les moules de la traverse, lui permet d'atteindre une stabilité optimum pour les tracés sinueux.

Deux facteurs déterminants font apparaître un regain d'intérêt pour les traverses métalliques :

- Le façonnage des bêtes en version longue augmente considérablement leur stabilité latérale, permettant par là le soudage en long rail soudé de la ligne pour des rayons de l'ordre de 200 m.
- L'autre aspect de plus en plus pris en compte est leur excellent bilan écologique, fortement influencé par la possibilité qu'elles offrent d'être régénérées et recyclées dans des lignes de seconde importance.



Figure I.2 Traverse métallique.

I.3.2.2 Forme et Dimension :

Les traverses métalliques actuellement employées rappellent par leur forme celle d'une auge renversée. Cette forme, obtenue par laminage, s'inspire de la traverse métallique primitive Le Crenier ; elle fournit au rail une bonne surface d'appui, s'accroche bien dans le ballast et emboîte convenablement celui-ci.

Dimensions des traverses métalliques :

Tableau I.1 Dimensions des traverses métalliques :

	S.N.C.B	Allemagne
Longueur de la traverse	2.550 m	2.500 m
Hauteur	10 cm (Angleur) 9.5 cm (Ougrée)	10 cm
Largeur de la base	26.6 cm (Angleur) 26 cm (Ougrée)	26 cm
Largeur de la table	13.5 cm (Angleur) 13 cm (Ougrée)	13.5 cm
Epaisseur de la table	8 mm (Angleur) 11 mm (Ougrée)	9 mm
Epaisseur des ailes	8 mm (Angleur)	9 mm

Les ailes latérales, légèrement obliques, se raccordent à la table par des pans coupés pour supprimer les coins qui se bourrent difficilement.

Les bords inférieurs des ailes, renforcés pour résister aux coups des outils de bourrage, présentent une section triangulaire qui facilite leur pénétration dans le ballast.

Quant aux bouts, ils sont emboutis à chaud à la presse de manière à fermer la traverse aux deux extrémités et emprisonner le noyau de ballast. Ces bouts présentent un épanouissement nervure qui offre une plus grande résistance au ripage transversal de la voie.

Ainsi conçue, la traverse métallique, bien bourrée, constitue un bon ancrage dans le ballast et s'oppose au déplacement longitudinal de la voie.

Les portées d'assise des rails sont généralement inclinées par rapport à la partie centrale de la traverse pour donner aux rails l'inclinaison de 1/20 vers l'axe de la voie.

I.3.2.3 Avantages :

- Imputrescible
- Peu d'entretien

I.3.2.4 Inconvénients :

- Traverses légères
 - Difficile à maintenir sur les voies chargées
 - Résistance latérale faible malgré l'utilisation de bèches d'ancrage
- Corrosion
- Difficultés pour assurer l'isolement électrique entre les 2 files de rail

I.3.3 Traverses en béton :

I.3.3.1 Introduction :

La traverse en béton, qui a une durée de vie plus importante (50 ans), fut introduite il y a plusieurs décennies pour pallier les inconvénients du vieillissement naturel du bois. Son utilisation fut appliquée alors aux lignes faiblement chargées.

À partir des années 1970, l'emploi de la traverse en béton fut généralisé en France à l'ensemble des lignes. À cette époque en effet, la maîtrise technologique était sensiblement meilleure et surtout, son prix de revient comparé à celui de la traverse en bois fut l'argument principal de cette décision. Les caractéristiques techniques des traverses en béton sont détaillées dans la norme européenne EN 13230.

L'utilisation des traverses en béton est en nette augmentation, tant à cause de leur qualité intrinsèque que pour le prix élevé des traverses en bois. Les traverses en béton, par leur poids important, assurent un bon ancrage de la voie dans le ballast. Elles sont en particulier utilisées pour les lignes nouvelles à grande vitesse. La fixation des rails se fait par des attaches élastiques munies de dispositifs isolants en caoutchouc.

Il en existe de deux types, la traverse bibloc et la traverse monobloc.



Figure I.3 Traverse en béton.

I.3.3.2 Conception des traverses :

Capacité à supporter les moments de flexion générés par les charges de roue :

- Moment de flexion positif sous rail qui correspond au moment appliqué au droit de l'axe du rail et qui génère une tension au niveau de la partie inférieure de la traverse.
- Moment de flexion négatif au centre des traverses monobloc qui correspond au moment appliqué au centre de la traverse et qui génère une tension au niveau de la partie supérieure de la traverse

I.3.3.3 Avantages :

- Longévité
- Résistance latérale de la voie importante

I.3.3.4 Inconvénients :

- Fragilité aux chocs du béton
- Risque de corrosion des traverses bi-bloc au niveau des entretoises
- Risque d'attrition prématurée du ballast \Rightarrow épaisseur de ballast sous traverse plus importante qu'avec les traverses en bois
- Tenue du nivellement plus délicate dans le cas de plateformes médiocres

I.3.3.5 Traverses bi bloc :

Formées de deux blocs de béton, les blochets, reliés par une entretoise métallique, qui absorbe les efforts en milieu de traverse. Il existe deux modèles de blochets :

La traverse à blochets de 68 cm, qui a pour dimensions :

- Longueur = 2 245 m
- Largeur = 29 cm (à la base des blochets)
- Épaisseur = 17 ou 22 cm (dans l'axe de la table)

La traverse à blochets de 84 cm, qui a pour dimensions :

- Longueur = 2 415 m
- Largeur = 29 cm (à la base des blochets)
- Épaisseur = 22 cm (dans l'axe de la table)



Figure I.4 Traverse bibloc.

I.3.3.6 Traverses monobloc :

En béton précontraint, amincies dans leur partie centrale, armées de fils à haute résistance.

- L'ancienne génération (modèles V.W, SCOP, ...), fabriquée jusqu'en 1967, a les caractéristiques suivantes :
 - Longueur = 2 30 m, largeur = 25 cm et épaisseur = 14 cm
- La nouvelle génération, fabrications à partir des années 1974 environ, présente les caractéristiques suivantes :
 - Longueur = 2 50 m, largeur = 29 cm et épaisseur = 17 ou 20 cm



Figure I.5 Traverse monobloc.

I.3.4 Traverses plastiques ou composites :

La traverse plastique est habituellement fabriquée à partir d'un recyclât de polyoléfine et renforcée de fibres. Elle est respectueuse de l'environnement. La traverse composite est une alternative à la traverse en bois imprégnée de créosote, l'Union européenne envisageant une restriction sur l'utilisation de la créosote dans les années à venir. La traverse plastique possède d'excellentes caractéristiques mécaniques, supérieures à la traverse en bois. Elle résiste très bien aux intempéries et aux produits chimiques. Elle peut aussi permettre une réduction de nuisance sonore. Plusieurs pays de l'Union européenne ont déjà opté pour cette traverse 100% recyclable. Elle peut être installée en voie standard, en appareil de voie ou encore sur des ouvrages d'art (pont, tablier métallique non-ballasté).

I.4 Les traverses les utilisés en Algérie sont :

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

I.5 Conclusion :

Les traverses de chemin de fer sont des éléments clés de la superstructure de la voie ferrée, qui assurent le maintien en place des rails et la répartition des charges sur le ballast. Elles peuvent être en bois, en béton, ou en matériaux composites, et leur choix dépend de différents critères tels que la disponibilité locale, le coût, la résistance et la durabilité.

En conclusion, les traverses de chemin de fer jouent un rôle crucial dans la stabilité et la sécurité de la voie ferrée. Leur choix et leur entretien appropriés sont essentiels pour garantir une exploitation ferroviaire sûre, fiable et confortable.

CHAPITRE II : Présentation du Projet

Chapitre II : Présentation du projet

II.1 Introduction :

Dans le secteur des transports, le chemin de fer Aïn Beida-Fkirina est l'un des projets importants qui contribueront à la relance de la mobilité économique dans les zones des hauts plateaux.

II.2 Présentation du site :

II.2.1 Localisation :

La région de Aïn Beida-Fkirina fait partie de la wilaya d'Oum El Bouaghi, cette dernière est issue du découpage administratif de 1974 alors qu'elle dépendait de l'ancien département de Constantine. Historiquement, elle fait partie de la région Chaouia avec la Wilaya de Batna et la Wilaya de Khenchela.

La wilaya d'Oum El Bouaghi est divisée en 12 daïras et 29 communes avec 07 wilayas limitrophes à savoir : au sud la wilaya de Khenchela, au nord ouest la wilaya Constantine, à l'est la wilaya de Tebessa, au sud ouest la wilaya Batna, à l'ouest la wilaya de Mila, au nord est Souk Ahras et au nord la wilaya de Guelma. Elle s'étend sur superficie de 7638.13 km² a une distance moyenne entre 90 KM et 100 km des principaux chefs lieux de wilaya. Sa position stratégique lui permet d'être un pôle commercial important notamment pour ces deux daïras : Ain Mlila et Ain Fakroun.



Figure II.1 Situation géographique.

Les coordonnées UTM WGS 84 (32S) approximatives du centre de la zone (PK 10+000) sont ; X=352256, Y=3955076.

Chapitre II : Présentation du projet



Figure II.2 Zone d'implantation du projet.

II.2.2 Situation administrative de la zone d'étude :

Le tracé relie deux (2) communes : Ain Beida – Fkirina. La zone d'étude est définie par les limites :

La zone d'étude est définie par les limites :

- Au Nord par la comune de Berriche.
- A l'Ouest par les communes d'Oum El Bouaghi et Ain Zitoun.
- A l'Est par les communes de Zorg et El Djazia.
- Au Sud par les communes de M'toussa (wilaya de Khenchela) et Oued Nini.

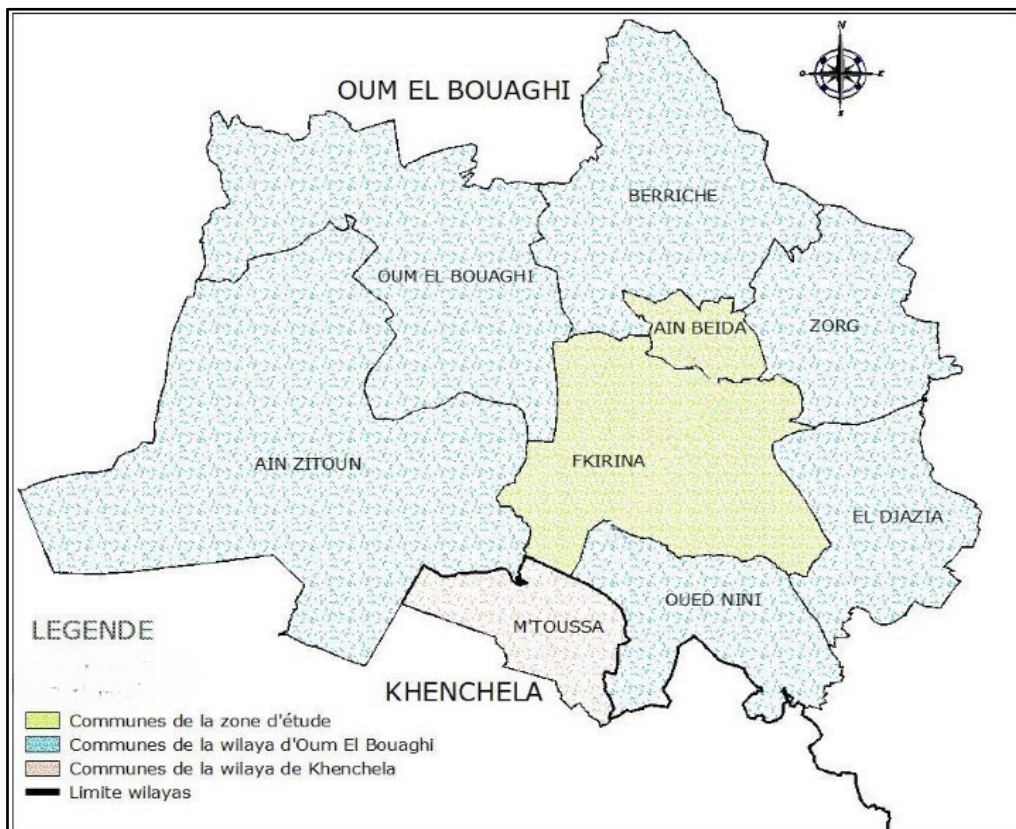


Figure II.3 Situation administrative de la zone d'étude.

Chapitre II : Présentation du projet

II.2.3 Topographie et géomorphologie :

La wilaya est située au contact du Tell et des Aurès ; au nord de la wilaya, on distingue les versants méridionaux du Tell. Au centre, la haute plaine, l'altitude varie de 700 mètres à 900 mètres et parsemées de petits massifs montagneux isolés qui se dressent au-dessus comme le djebel Sidi Rghiss (1 635 mètres d'altitude), le djebel Rherour (1 273 mètres, djebel Amama 1 337 mètres), ceux-ci forment la partie est de l'Aurès. Au sud, elle est jalonnée par des dépressions endoréiques (Garet) ou Sebkhha (lac salé). Les Garet sont moins salées que les Sebkhhas.

Le point culminant de la wilaya est le Djebel Guerioun, 1 729 mètres d'altitude près de Aïn M'lila. La majorité des oueds sont endoréiques; ils coulent en direction des lacs salés et non vers la mer Méditerranée, sauf oued Settara et les affluents du Rummel.

II.2.4 Climat et hydrographie :

Les températures dans la région varient entre 11 à 15°C en hiver et 30 à 35°C l'été. La région présente une pluviométrie entre 200 et 400 mm/an. Les vents fort ($V > 16\text{m/s}$) sont rares dans la région.

Le climat de la Wilaya d'Oum El Bouaghi est semi-aride caractérisé par des hivers très froids moyennement pluvieux et des étés très chauds et secs.

L'orographie est caractérisée par des zones montagneuses et hautes plaines au Nord de la Wilaya et une zone steppique au Sud.

Les oueds se dirigent vers le Sud-Ouest, à la zone déprimée de Garet et Tarf.

La région de F'kirina possède une petite nappe superficielle exploitée par de nombreux puits, ses possibilités sont très réduites mais ont néanmoins permis la réalisation d'un habitat très dispersé.

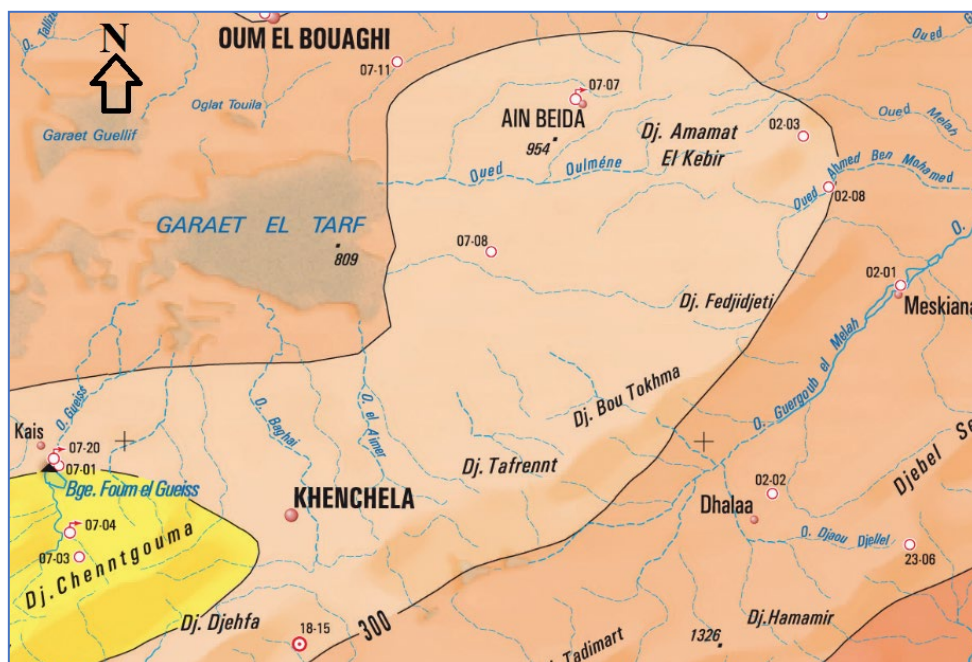


Figure II.4 Extrait de la carte de pluviométrie annuelle du Nord de l'Algérie au 1/500 000 (ANRH).

II.2.5 Hydrologie :

Le réseau hydrographique de la wilaya d'Oum El Bouaghi est représenté par des cours d'eau exoréiques drainant la partie nord (Oueds Cherf, M'gaisba et Znati) et endoréiques représentés par des chenaux rejoignant un ensemble de sebkhas situés au Sud de la Wilaya. Ces cours d'eau sont temporaires.

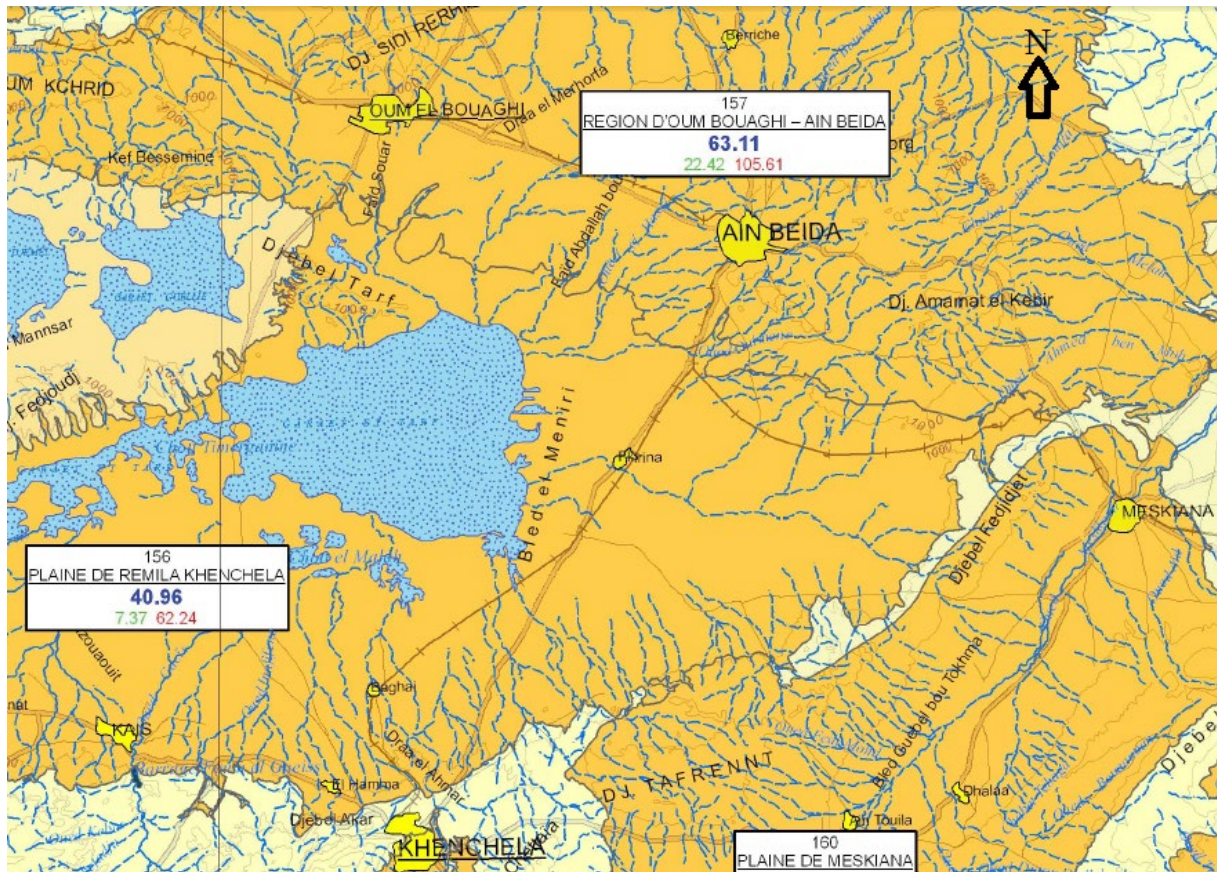


Figure II.5 Extrait de la carte des ressources en eaux souterraines et de réseau hydrographique de Tebessa au 1/200 000 (ANRH 2006).

II.2.6 Relief :

La zone d'étude se situe dans région des hauts plateaux d'altitude dont l'altitude varie de 750 mètres à 900 mètres.

II.2.7 Sismicité :

D'après le document technique réglementaire D.T.R – B.C. 2.48 des règles parasismiques algériennes RPA99/version 2003. La zone d'étude est classée zone sismique I de sismicité faible.

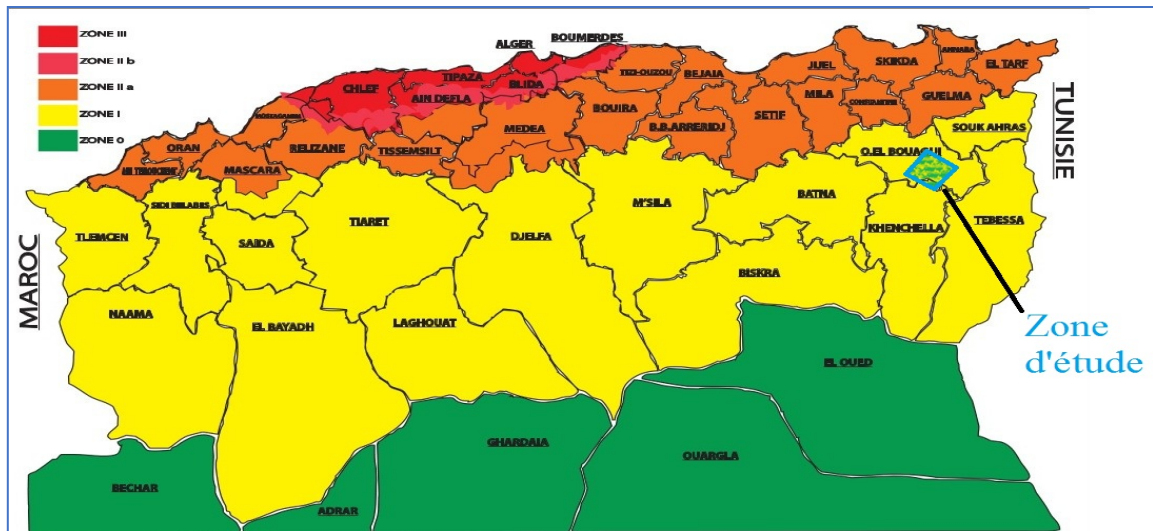


Figure II.6 Situation du projet dans la carte sismique de l'Algérie (CGS 2003).

II.3 Présentation du projet :

Le présent projet a pour objet l'étude d'APD (Avant-projet détaillé) de la ligne ferroviaire à voie unique Aïn Beida-Fkirina sur une longueur de 14.9 km, exactement entre les points kilométriques (PK 05+500 et PK 20+400) dans le cadre de réalisation et modernisation de la rocade ferroviaire des hauts plateaux et leurs interconnexions.

Notre étude est définie du PK 05+500 au PK 20+400 avec la conception de gare voyageurs de F'kirina.

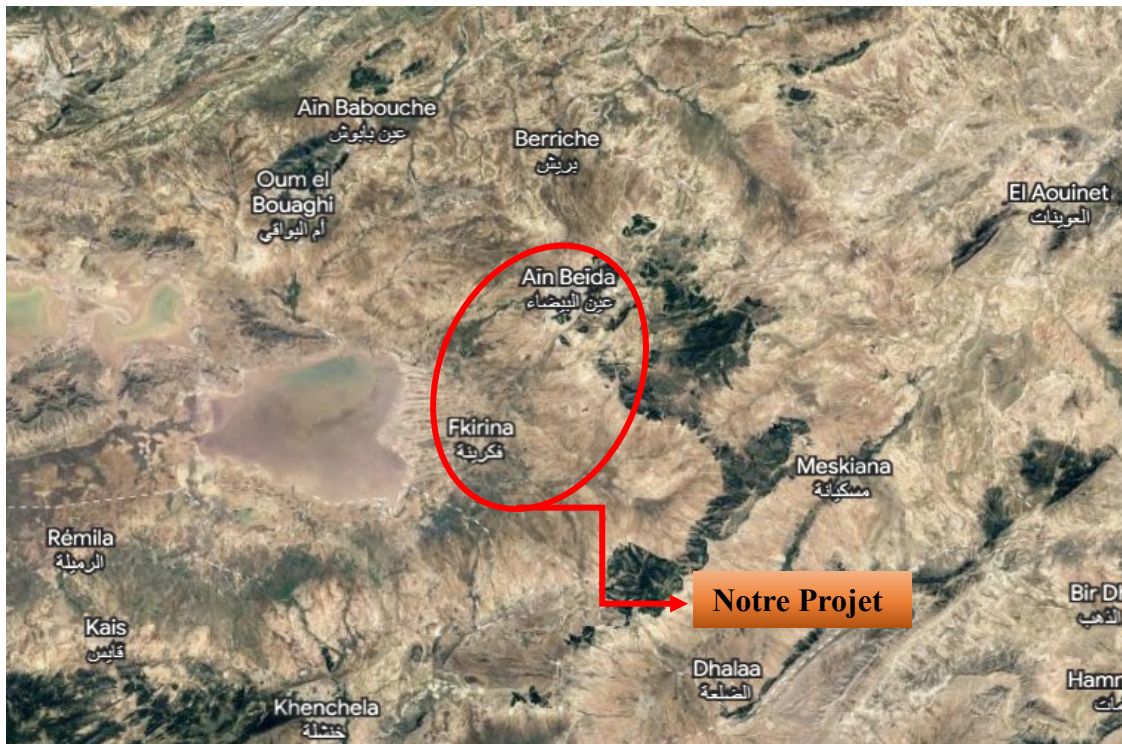


Figure II.7 Localisation du projet.

II.3.1 Objectifs du projet :

- Connecter les communes d'Ain Beida et F'kirina, qui assurent le service de transport ferroviaire voyageurs et de marchandises.
- L'amélioration les performances du chemin de fer
- Relier les villes de la zone d'étude au réseau ferré.
- Gain de temps pour les voyageurs empruntant la ligne.
- Création de postes d'emploi pour les populations locales.
- Le développement d'autres secteurs : l'industrie, le tourisme, l'habitat, commerce.

II.3.2 Les caractéristiques de notre projet :

- Ligne à voie unique.
- Caractéristique de la voie : ligne mixte (voyageurs et marchandises).
- Vitesse max des trains de voyageurs : 160 km/h.
- Vitesse max des trains de marchandises : 100 km/h
- Type de rail : UIC 60 E1
- Type de traverse : Béton Bi-Bloc
- Ecartement de la voie (standard) : 1435mm.
- Logiciel a utilisé dans l'étude « CIVIL3D »
- Électrification en 25KV / 50 Hz.
- La charge normale d'essieu de 25 Ton/axe.
- Largeur de la plateforme : 8m.

II.4 Conclusion :

Le pays fait actuellement de gros investissements pour relancer ce secteur, ce projet ferroviaire entraînera également le renforcement des infrastructures de base, ce qui permettra également de désenclaver toutes les zones que ces lignes traversent du nord au sud et de l'est à l'ouest du pays, assurant leur développement.

CHAPITRE III :

Superstructure de la voie

Chapitre III : Superstructure de la voie

III.1 Introduction :

La voie ferre est constituée par deux parties distinguées (la superstructure et l'infrastructure)

L'infrastructure de la voie ferrée comporte en plus de l'ouvrage en terre les ouvrages d'arts, les galeries souterraines et les tranchés.

La superstructure est constituée par un assemblage d'éléments qui permettant la transmission à la plate-forme, des charges statiques et dynamiques des roues. Pour pouvoir supporter les efforts verticaux, transversaux et longitudinaux, La superstructure de la voie comporte deux files de barres en acier appelés « rails » posées parallèlement sur des supports transversaux en béton qui sont « traverses », Les rails sont fixés sur les traverses par « les attaches ». Et pour permettre la ramification et la jonction des voies, on utilise « les appareils de voie ».

III.2 Dimensionnement et armement de la voie :

III.2.1 La voie :

La voie est constituée par un assemblage d'éléments qui distribuent et transmettent les charges de trains uniformément à la plateforme.

Pour ce projet, la voie est constituée de longs rails soudés en barres continues, posés avec des attaches élastiques sur traverses bi-bloc en béton armé et de ballast.

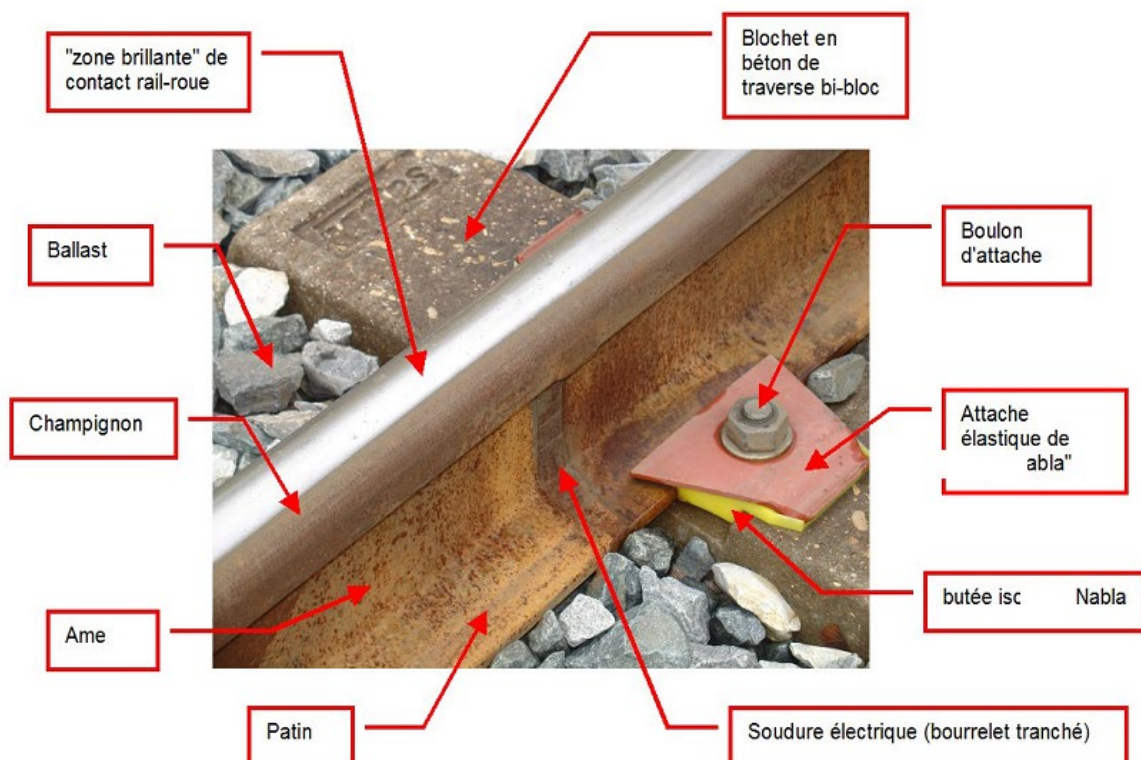


Figure III.1 Les constituants de la voie de ce projet.

III.2.2 Le rail :

Le rail est une poutre de répartition des charges de roues dans le sens vertical, transversal et longitudinal et sert pour le guidage et le maintien de la stabilité de l'essieu, le contact roue-rail et acier/acier ayant les avantages de limiter la résistance à l'avancement par une surface réduite de contact et de faire le transfert des charges à la traverse via le système d'attaches.

Les rails sont caractérisés par

- Leur profil
- La nuance d'acier qui les compose

Il existe différents profils et nuances de rail, adaptés aux utilisations auxquelles ils sont destinés.

Les rails servent à la fois de guide et de support de roulement pour les véhicules ferroviaires comme le train et le tramway. Étant conducteurs électriques, ils peuvent aussi être utilisés pour la transmission de signaux (circuits de voie) et pour le retour des courants de traction et des auxiliaires du train (ligne train pour le chauffage et la climatisation sur les rames tractées).

Le type de rail utilisé dans ce projet «Aîn Beida-Fkirina » est de type **UIC 60 E1**.

III.2.2.1 Caractéristiques de rails du type UIC 60 E1 :

- Géométrie : rail -60E 1
- Surface de la section : 76.70 cm²
- Moment d'inertie (Axe X – X) : 3038,3 cm⁴
- Module d'Inertie champignon : 333.6 cm³
- Module d'inertie patin : 375.5 cm³
- Moment d'inertie (Axe- Y-Y) : 512,3 cm⁴
- Dimension indicative A : 20.456 mm
- Dimension indicative B : 52.053 mm
- Dressage : classe A
- Nuance : 260 (carbone-manganèse)
- Propriétés mécaniques selon la norme EN 13674-1
 - Dureté au milieu de la table de roulement entre 260 et 300 HBW,
 - Résistance à la traction ≥ 880 N/mm² et
 - Allongement $\geq 10\%$.
- Longueur minimum des barres élémentaires : 18 m.
- Barres élémentaires soudées électriquement en atelier en barre continue de longueur ≥ 288 m et soudure aluminothermique en voie.

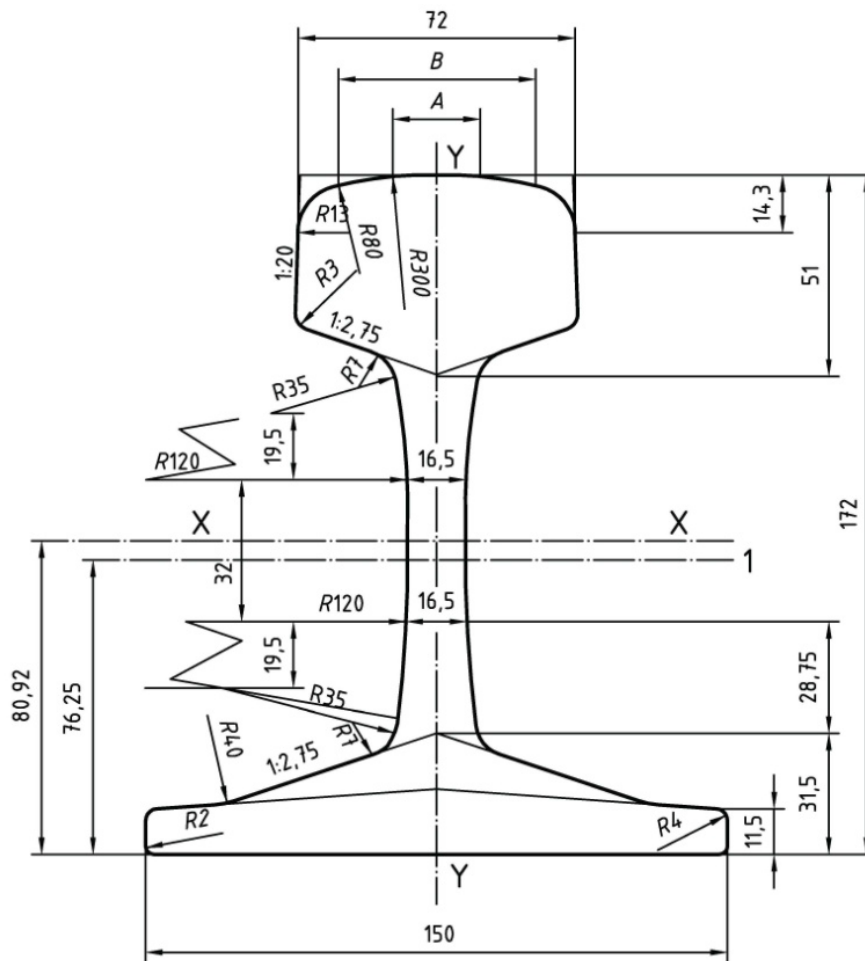


Figure III.2 Rail Vignole type UIC 60 E1.

III.2.2.2 Les longs rails soudés (LRS) et le soudage des rails :

Les LRS (longs rails soudés) sont largement utilisés sur les réseaux ferroviaires dans le monde parce qu'ils présentent des avantages importants, la fiche code UIC 774-3R et UIC 720, est un document qui fournit les directives pour la pose et l'utilisation de LRS sur la voie ballastée ainsi que les méthodes d'inspection et les critères de sécurité.

La longueur d'un rail est en général de 18m ou de 36 m. La longueur de rail livré au site varie selon la méthode de transport (le moyen de transport disponible). Lorsque le rail est transporté et stocké sur site, le soudage des rails est nécessaire afin de former les longs rails soudés (LRS). La longueur de rail soudé en voie doit être la plus longue possible. Elle peut varier pour tenir compte des règles qui concernent les points particuliers de la voie, (ex les ouvrages d'art) sa fixation, la maintenance, la condition de surveillance ainsi que les influences de la température et les paramètres du matériel roulant.

Les barres élémentaires seront soudées électriquement en atelier en barre continue de 396m de longueur et soudées aluminothermique en voie.

Les joints de rail sont utilisés seulement dans les gares ou dans les rayons de courbe horizontale qui ne sont pas compatibles avec l'exigence d'installation de LRS.

III.2.3 Les traverses :

Une traverse est un élément fondamental de la voie ferrée. C'est une pièce posée en travers de la voie, sous les rails, pour en maintenir l'écartement et l'inclinaison, et transmettre au ballast les charges des véhicules circulant sur les rails.

Les traverses les plus utilisés en Algérie sont :

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

Dans notre projet, on utilise des traverses en béton bibloc

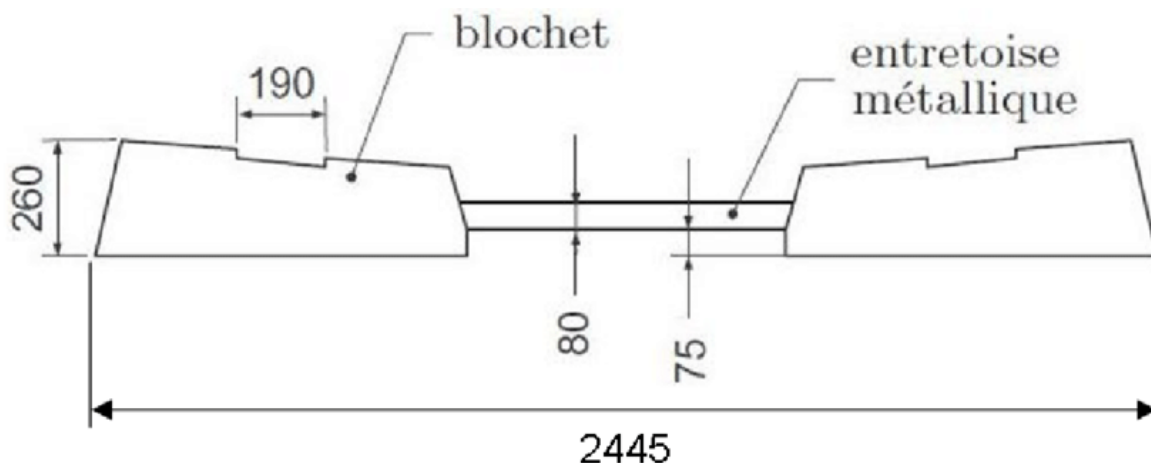


Figure III.3 Traverse bibloc.

III.2.3.1 Rôle de traverses :

Le rôle des traverses est de maintenir les rails à l'écartement normal et de répartir la charge que les rails reçoivent des essieux sur une étendue suffisante de ballast pour ne pas dépasser une certaine charge unitaire.

III.2.4 Le système d'attache :

Le système d'attache est la partie qui transmet les charges entre le rail et les traverses et qui maintient l'écartement. Le système de fixation du rail appliqué sur ce projet se confirme à la norme EN13481-2 (système de fixation des traverses en béton). Plusieurs types et techniques d'attache sont disponibles sur le marché. Mais l'attache élastique est recommandée selon l'exigence du type de traverse en béton armé ainsi que pour la pose en LRS.

Il sera employé des attaches élastiques, de telle façon à former un intermédiaire élastique entre rail et traverse. Le système recommandé est une attache à lame.

III.2.5 L'appareil de voie :

Un appareil de voie est un dispositif permettant aux circulations ferroviaires de changer de voie : Ce sont les branchements.

Les appareils de voie sont de deux types :

Les branchements :

- Un branchement est un appareil de voie qui permet le passage du matériel roulant suivant deux itinéraires ou plus ayant une branche commune,
- Les traversées :
 - La traversée est un appareil de voie qui permet le passage du matériel roulant suivant des itinéraires qui se coupent.

III.2.5.1 Le branchement : Un branchement est le changement d'itinéraire le plus simple. Ils peuvent être à deux ou trois voies.

- Un branchement à 2 voies comprend trois parties :
 - **L'aiguillage** proprement dit : c'est un ensemble de 2 demi-aiguillages qui permettent la ramification d'une voie,
 - Contre-aiguille courbe de gauche,
 - Aiguille droite de gauche,
 - Aiguille courbe de droite,
 - Contre-aiguille droit de droite.
 - La **partie intermédiaire** :
 - Elle relie l'aiguillage au croisement.
 - Le **croisement** :
 - Cœur de croisement,
 - Contre-rail,
 - Cœur de traversée,
 - Rail extérieur.

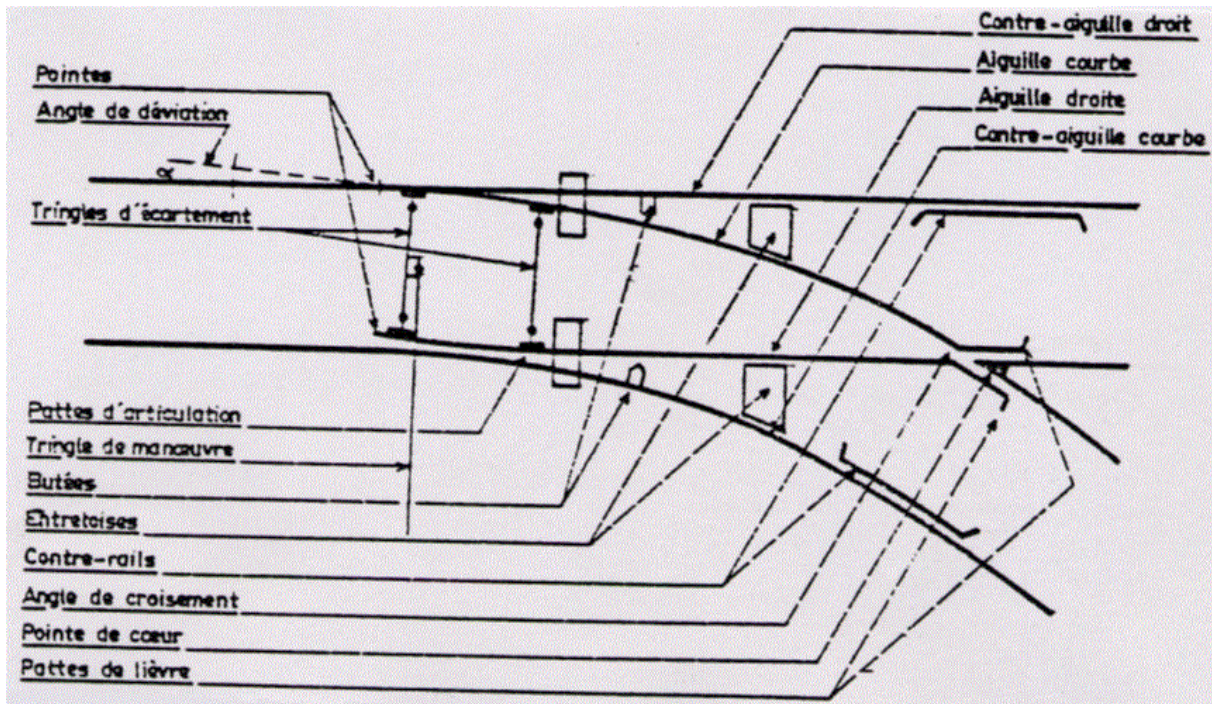


Figure III.4 Description d'une aiguille.

- Les appareils appelés branchements à 3 voies permettent trois itinéraires. Ils se trouvent généralement sur les voies de service et sont rarement enclenchés.

Lorsque l'aiguille est prise en position :

- **Voie directe** : la vitesse de franchissement doit pouvoir être celle de la vitesse de la ligne,
- **Voie déviée** : la vitesse de franchissement est limitée en fonction du rayon de déviation.

Les termes "**voie directe**" et "**voie déviée**" sont conservés même si l'appareil est posé en courbe.

III.2.5.2 Les traversées : Appareil de voie qui permettent le passage du matériel roulant suivant des itinéraires qui se coupent.

Dérailleur : Appareil de voie qui permet de faire dérailler les véhicules pour assurer la protection des voies principales avant le point limite de garage franc.

Appareil de dilatation : Appareil de voie qui assure la continuité d'une voie et dont les rails des 2 files interrompues peuvent se déplacer longitudinalement sur un seul tronçon de voie ou sur les deux tronçons à la fois.

Les branchements (et les aiguillages) peuvent être à déviation à gauche, à déviation à droite ou symétriques.

III.3 Conclusion :

La superstructure de ce projet « Aïn Beida-Fkirina » se compose de rails UIC-60 E1 et de traverses en béton bi bloc sur le ballast. Du côté droit de la voie (dans le sens du kilométrage), une bande latérale est prévue pour l'installation d'une conduite de câble pour les télécommunications.

CHAPITRE IV :

Tracé en Plan

Chapitre IV : Tracé en plan

IV.1 Introduction :

Le tracé en plan est un élément qui permet de caractériser la géométrie de la voie ferrée, il est constitué par la projection horizontale sur un repère cartésien topographique l'ensemble des points définissant le tracé de la voie, il doit présenter les alignements les plus droits et les courbes les plus douces possibles, avec des choix économiques pour assurer de bonnes conditions de sécurité, de stabilité et de confort tout en s'intégrant au mieux dans la topographie du site.

IV.2 Conditions et règles à respecter dans le tracé en plan :

- Respecter les territoires traversés et ne pas sortir du couloir choisi.
- Éviter le passage sur terrains agricoles, zones forestières et les propriétés privées
- Éviter le passage sur les zones de grande importance tel que les centrales à gaz et les transformateurs électriques
- Utiliser le maximum d'alignement.
- Assurer la sécurité et le confort des usagers.
- Éviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques
- Éviter les problèmes des talus :

➤ **Talus en déblais :**

- Présence de nappe.
- Terrains plastiques.
- Présence de roches fissurées.

➤ **Talus en remblai :**

- Présence de terrain instable.
- Sol très compressible.

IV.3 Paramètres de conception du tracé de la voie :

Le paramètre suivant représente les paramètres adaptés pour la conception du tracé de la ligne nouvelle Ain Beida-F'krina.

Tableau IV.1 Paramètres de conception du projet.

Paramètre	Caractéristiques
Ligne Ain Beida (wilaya Oum El Bouaghi) / fekirina	Voie unique (future double voie).
Vitesse de conception du tracé pour le Traffic voyageurs	160 km/h
Vitesse de conception du tracé pour le Traffic marchandise	100 km/h
Pour une charge normale d'essieu	25 Ton/axe
Ouvrage d'art	Pour double voie

IV.3.1 Longueur minimum des éléments de tracé :

Afin d'amortir suffisamment le roulis de la caisse des véhicules, des longueurs minimales ont été fixées pour les éléments de tracé. Les longueurs minimales des alignements doivent respecter les valeurs exprimées en mètres ci-après (la vitesse V est exprimée en km/h) :

Tableau IV.2 Valeurs limites des longueurs minimales des éléments du tracé (SNTF).

Valeur limite normale	Valeur limite exceptionnelle
$V/2 = 160/2=80$	$V/3=160/3=53.33$

IV.3.2 Devers :

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

IV.3.2.1 Devers théorique :

Lorsque le véhicule emprunte une courbe, il est soumis à la force centrifuge horizontale et dans un plan normal à la trajectoire du véhicule qui agit sur le corps du véhicule et peut le déplacer ou en compromettre son équilibre et crée une sensation d'inconfort désagréable. Pour équilibrer cette force centrifuge, il est nécessaire de surélever la file du rail de grand rayon par rapport au niveau de l'autre, d'une valeur appropriée. C'est-à-dire de déverser la voie. Ce devers qui supprime les efforts transversaux dus à la courbure (force centrifuge) pour une vitesse V et un rayon R est dit devers théorique ou en d'autres termes devers d'équilibre et désigné par (dv).

Cette valeur est appelée dv et est exprimé en MM. Sa valeur, pour une ligne à voie d'écartement normal, est :

$$dv = 11.8 \times V^2 / R$$

IV.3.2.2 Devers pratique :

Le choix du devers à mettre en voie est un compromis, car il doit permettre la circulation, dans des conditions normales de sécurité et de confort, aussi bien des trains rapides de voyageurs que des trains lents de fret. Aux vues de la circulation variée, on est conduit à rechercher une valeur moyenne qui évite, pour les trains les plus lents, une surcharge trop grande sur le rail bas. Il en résulte que pour les vitesses les plus élevées, il subsiste un excès de force centrifuge et qu'au contraire pour les vitesses les plus faibles le devers introduit une composante de force centripète du poids ; il y a alors insuffisance de force centrifuge. Ce devers donné à la voie est appelé devers prescrit.

Il se calcule par :

$$dp = 1000 \times C / R$$

Avec C : étant le coefficient de devers exprimant la proportionnalité entre le devers prescrit et la courbure, il faut qu'il soit un multiplicateur de 15. La valeur optimale du coefficient de devers

Chapitre IV : Tracé en plan

étant de l'ordre de : $C = 0,006 \times V^2$ Toutefois, il pourra être ponctuellement adapté en raison de circonstances locales.

Tableau IV.3 Valeurs limites du devers (SNTF).

Valeur limite normale du devers (mm)	Valeur limite exceptionnelle du devers (mm)
160mm	180mm

IV.3.2.3 Insuffisance du devers :

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 dévers de la voie est donc insuffisant et la résultante des forces se déplace vers l'extérieur de la courbe. On appelle insuffisance de dévers (exprimée en mm) la différence entre l'accélération centrifuge et la fraction de cette accélération équilibrée par le dévers, c'est à dire la différence entre le dévers d'équilibre et le dévers prescrit.

Elle est calculée avec la formule :

$$I = dv - dp$$

Tableau IV.4 Valeurs limites de l'Insuffisance du devers (SNTF).

Valeur maximale normale (mm)	Valeur limite exceptionnelle(mm)
150mm	160mm

IV.3.2.4 Excès de devers :

Lorsque la vitesse d'un véhicule en courbe est plus faible que la vitesse d'équilibre correspondant au dévers prescrit, ce véhicule est soumis à une force centripète non compensée. Le dévers de la voie est donc excessif et la résultante des forces se déplace vers l'intérieur de la courbe. La valeur de E influence la sollicitation de la file de rail intérieure par les trains lents en particulier les trains marchandises qui possèdent des masses par essieu les plus élevées. On appelle excès de dévers (exprimé en mm) la différence entre le dévers prescrit et le dévers d'équilibre.

Il est calculé avec la formule :

$$E = dp - dv$$

Tableau IV.5 Valeurs limites de l'excès du devers (SNTF).

Valeur maximale normale (mm)	Valeur limite exceptionnelle (mm)
110mm	130mm

IV.3.2.5 Variation du devers :

Pour passer de la partie de voie droite sans devers, à la partie circulaire avec devers constant ou inversement, on ménage un raccordement de devers. Sur la longueur de ce raccordement, le rail extérieur est progressivement surélevé par rapport au rail intérieur jusqu'à ce que la différence de niveau entre ces deux rails soit égale au devers à obtenir. Taux exprimé en (mm/m) suivant lequel le dévers augmente ou diminue par unité de longueur.

Tableau IV.6 Valeurs limites de la variation du devers (SNTF).

Valeur maximale normale (mm/m)	Valeur limite exceptionnelle (mm/m)
$180/V_{max} = 180/160 = 1.125 \text{ mm/m}$	$216/160 = 1.35 \text{ mm/m}$

IV.3.2.6 Variation du devers dans le temps :

La variation du devers dans le temps est représentée par la formule suivante :

$$\frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{dp \times v}{3.6 Lrp}$$

IV.3.2.7 Variation de l'insuffisance du devers :

Comme pour le devers, la valeur de l'insuffisance varie de zéro à la valeur de l'insuffisance en courbe pour atteindre la valeur I. C'est un taux exprimé en (mm/s) suivant lequel l'insuffisance de devers appliquée à une circulation circulant à une vitesse donnée augmente ou diminue par unité de temps.

La variation de l'insuffisance de devers est représentée par la formule suivantes :

$$\frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{i \times v}{3.6 Lrp}$$

Tableau IV.7 Valeurs limites de la variation de l'insuffisance du devers (SNTF).

Valeur maximale normale (mm/s)	Valeur limite exceptionnelle (mm/s)
75mm/s	90 m/s

IV.3.3 Rayon minimale :

Il est recommandé de calculer le rayon minimal en faisant référence à l'insuffisance de devers :

$$R_{min} \geq \frac{11.8 \times V_{max}^2}{i_{max} + d_{max}}$$

AN :

$$R_{min} \geq \frac{11.8 \times 160^2}{150 + 160} = 974.5 \text{ m}$$

$R_{min} = 980 \text{ m}$

-On calcule le devers associé au rayon minimum : $R_{min} = 980$

$$dRmin = \frac{1000 \times c}{Rmin}$$

C : c'est le coefficient de devers

$$C = 0.006 \times Vmax^2, C = 0.006 \times 1602 = 153.6 = 165. \text{ (Multiple de 15).}$$

$$dRmin = 168.37 \text{ mm}$$

-Cette valeur est supérieure à la valeur limite normale qui est égale à 160 mm.

Dans ce cas on doit calculer le rayon minimum associé à la valeur limite de devers :

$$Rmin = \frac{1000 \times c}{160} = 1031.5 \text{ m}$$

On prend $Rmin = 1100 \text{ m}$.

IV.3.3.1 calcul de devers associé au nouveau rayon : $dRmin = \frac{1000 \times 165}{1100} = 150 \text{ mm}$

IV.3.3.2 Calcul de devers théorique :

$$dth(r) = \frac{11.8 \times v_{max}^2}{R} = \frac{11.8 \times 160^2}{1100} = 274.618 = 275 \text{ mm}$$

IV.3.3.3 Devers théorique des trains lents :

$$dth(l) = \frac{11.8 \times v_{min}^2}{R} = \frac{11.8 \times 100^2}{1100} = 107.27 = 108 \text{ mm}$$

IV.3.3.4 L'insuffisance de devers :

$$I = dth(r) - dp = 275 - 150 \text{ mm} = 125 < I_{max}$$

IV.3.3.5 L'excès de devers :

$$E = dp - dth(l) = 150 - 108 = 42 \text{ mm} < E_{lim}$$

IV.3.3.6 Calcul de la longueur minimal de raccordement progressif (clothoïde) :

$$Lmin \geq \frac{dp \times v_{max}}{3.6 \times \frac{dd}{dt}} = \frac{150 \times 160}{3.6 \times 50} = 133.33 \text{ m}$$

On prend $Lmin = 150 \text{ m}$

IV.3.4 Paramètre de la clothoïde : $A = \sqrt{R \times L_{adopté}} = \sqrt{1100 \times 150}, A = 406.20$

IV.3.5 Variation de devers :

IV.3.5.1 En fonction de temps : $\frac{dd}{dt} = \frac{150 \times 160}{3.6 \times 150} = 44.44 \text{ mm/s} \leq 50 \text{ mm/s}$

IV.3.5.2 En fonction de longueur : $\frac{dd}{dl} = \frac{3.6 \times 49.38}{160} = 1.11 \leq 1.125 \text{ mm/m}$

IV.3.6 Variation de l'insuffisance de devers :

$$\frac{dI}{dt} = \frac{I \times V_{max}}{3.6 \times L} = \frac{125 \times 160}{3.6 \times 150} = 37.03 \leq 70 \text{ mm/s}$$

Chapitre IV : Tracé en plan

IV.4 Application sur Projet :

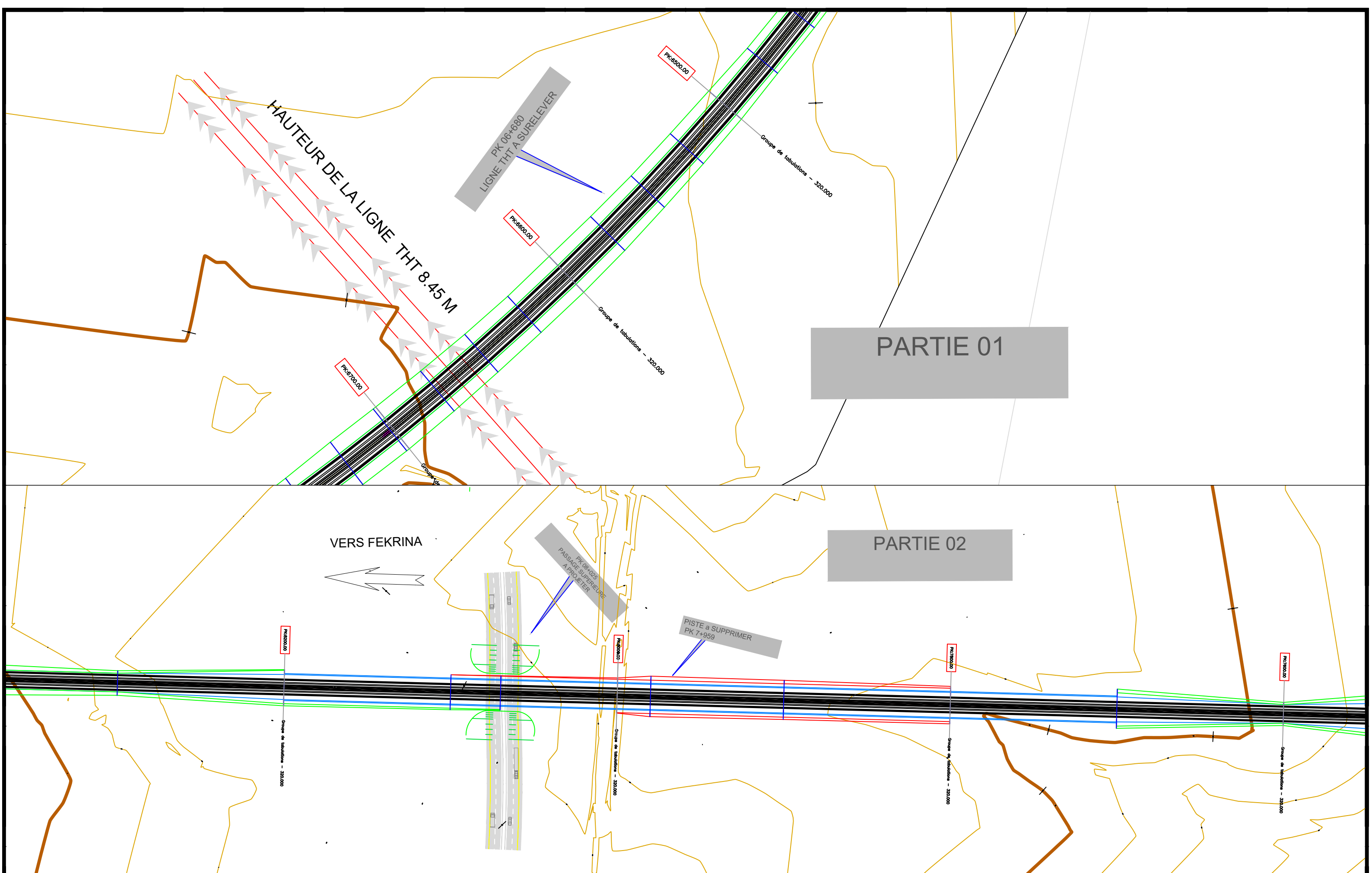
Valeurs des dévers correspondant à chaque rayon :

Rayon (m)	Vitesse KM/H		dth (mm)	C	Dp mm	I mm	E mm	Lrp	Lrp adopte	Dd/dl (mm/m)	dI/dt (mm/s)
	Voy	mar									
/	160	100	$\frac{11.8 \times V_{max}^2}{R}$	$0.006 \times v^2$	$1000 \times (C/R)$	Dth-dp	$\frac{dp - 11.8 \times V_{min}^2}{R}$	dp/dd/dL	/	dp/Lrp	$(I \times V_{max}) / (3.6 \times L)$
1100	160	100	274.62	165	150	124.62	42.73	133	150	1	36.92
1500	160	100	201.39	165	110	91.3	61.33	110	110	1	39.05
2000	160	100	151.04	165	90	61,04	31,00	80,00	90	1	30.14
3000	160	100	100.69	165	60	40,69	20,67	53,33	60	1	30.14
$\geq R_{min}$ SNTF	/	/			≤ 160 SNTF	≤ 150 SNTF	≤ 110 SNTF		SNTF	≤ 1.125 SNTF	$\leq 70mm/s$ SNTF

IV.5 Conclusion :

Ce tronçon est situé dans la Wilaya Oum El Bouaghi. Il débute de PK5+500 et se termine à la sortie de la gare de F'kirina 20+400, le tracé contourne une montagne « Koudiet Isfer » au nord et à l'est.

Notre projet est passé par différents obstacles 2 grand oueds des routes des centrales à gaz et lignes électriques et noter la zone inondable qui prend naissance au pk 16+600 et continuera son chemin jusqu'à fin de notre trace, pour continuer ensuite vers la ville de F'kirina aux environs du PK (19+500), où elle est franchie par l'est, afin d'implanter une gare intermédiaire au niveau de cette ville.



PARTIE 01

PARTIE 02

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



Titre	Réalisé par	Encadré par	Echelle	Titre	Année universitaire
Étude APD de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique Ain BEIDA – F’KIRINA avec la conception de la gare voyageurs de F’KIRINA PK 05+500 au PK 20+400	AHMIME KATIA MECHOUËK NIHAD	Mr.DERRADJI Ayachi	1/100	CONTRAINTES TRACE EN PLAN	2022/2023

CHAPITRE V : Profil en Long

Chapitre V : Profil en long

V.1 Introduction :

La coupe longitudinale représente la coupe longitudinale du terrain suivant le plan vertical. C'est de par son biais que l'évaluation du projet ferroviaire se fait, que ce soit sur le plan économique ou technique. Le profil représente en son sein les différents déblais-remblais, terrassement et ouvrages qui seront présent tout au long de notre voie, sa coordination avec le tracé en plan est primordiale sur le plan technique, que ce soit la différence de déclivité ou l'emplacement des gares qui doivent se faire selon certains critères. Il nous présentera chaque partie du projet avec les caractéristiques suivantes :

- L'altitude du terrain naturel.
- L'altitude de projet.
- La déclivité du projet ainsi que les distances partielles et cumulées.
- La géométrie verticale et horizontale.

V.2 Eléments géométriques du profil en long :

Le profil en long de la ligne est constitué de pentes uniformes reliées entre elles par des courbes circulaires.

- Déclivités maximales admissibles 16‰ en valeur normale et exceptionnellement 18‰ .
- Longueurs minimales des pentes et rampes

Afin de permettre l'amortissement des oscillations des suspensions il convient de définir une longueur minimale des éléments du PL.

Longueur minimum des éléments du profil en long	
Valeur maximale normale	$V/2=80$ m
Valeur maximale exceptionnelle	$V/2.5=64$ m

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

- Limites des valeurs des rayons de raccordement en profil (raccordement circulaire)
Afin de limiter les accélérations verticales en caisse des véhicules ferroviaires les raccords de déclivité du profil en long doivent respecter les valeurs de rayon du tableau suivant :

Rayon minimum vertical	
Valeur maximale normale	8960m
Valeur maximale	6400 m

CHAPITRE VI : Etude Géologique et Géotechnique

Chapitre VI : Etude géologique et géotechnique

VI.1 Introduction :

L'étude géotechnique de la ligne ferroviaire est une analyse approfondie des caractéristiques géotechniques du sol et de la roche le long de la ligne de chemin de fer, réalisée pour évaluer les risques géologiques et géotechniques associés à la construction et à l'exploitation de la ligne ferroviaire.

VI.2 Contexte géologique :

VI.2.1 Géologie régionale :

La wilaya d'OUM EL BOUAGHI appartient au domaine des Hautes plaines constantinoises, elle est localisée au pied des premières hauteurs du Tell Constantinois qui déterminent au Nord les longues arêtes de la Chebket es Selloua. Vers le Nord-ouest le paysage est dominé par la masse du Djebel Guérioun. Vers le Nord-Est, l'horizon s'ouvre largement vers les Hautes plaines de Berriche et ain el beida. Vers le Sud se développent les chotts constantinois.

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

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

Autour de ces reliefs se disposent des zones plates d'environ (870 m) de haut et dans celles-ci sont installées la garaet Guellif et le bord nord de la Garaet et tarf.

Pour les géologues deux zones se dessinent :

Au Nord et à l'Ouest, les structures relativement complexes annoncent les bouleversements des zones telliennes.

Au sud, le djebel Tarf appartient déjà à la zone simplement plissée de l'autochtone nord-aurésien.

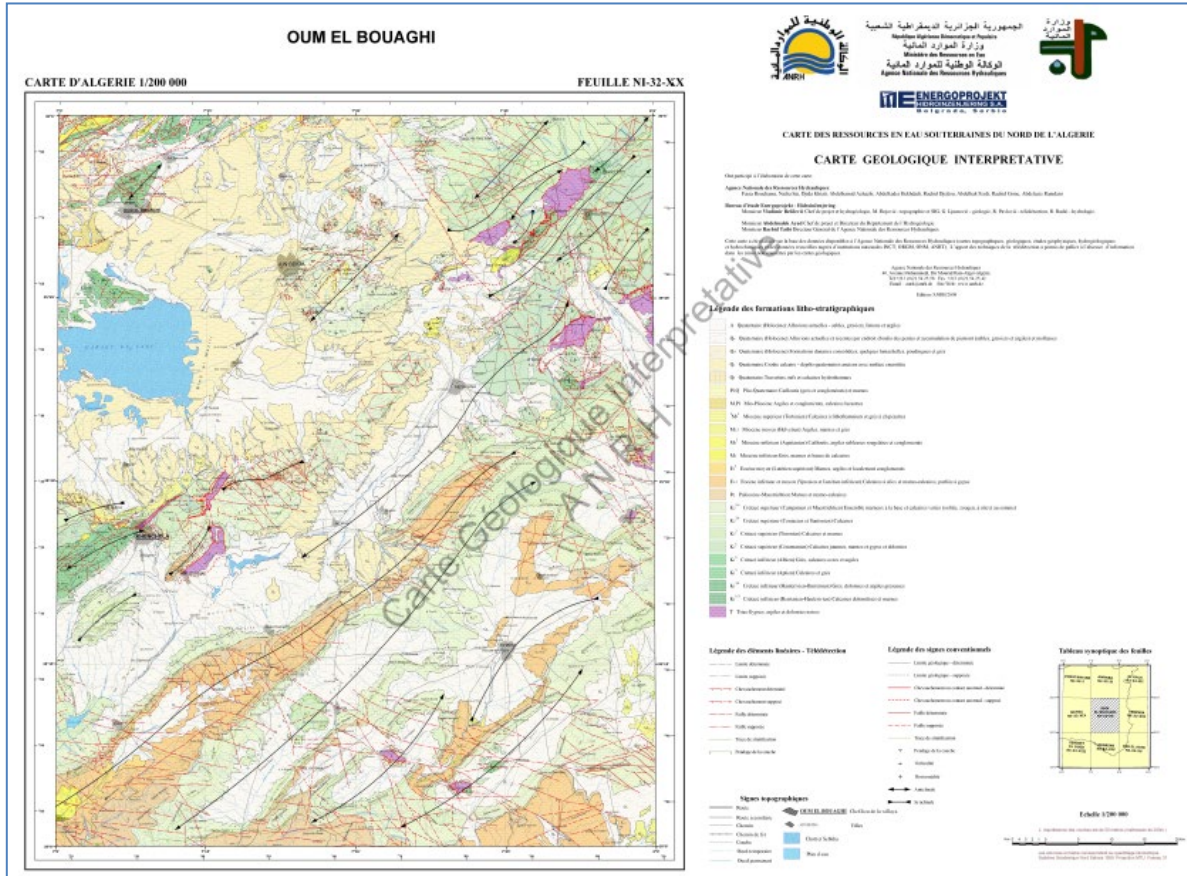


Figure VI.1 Carte géologique de Oum El Bouaghi.

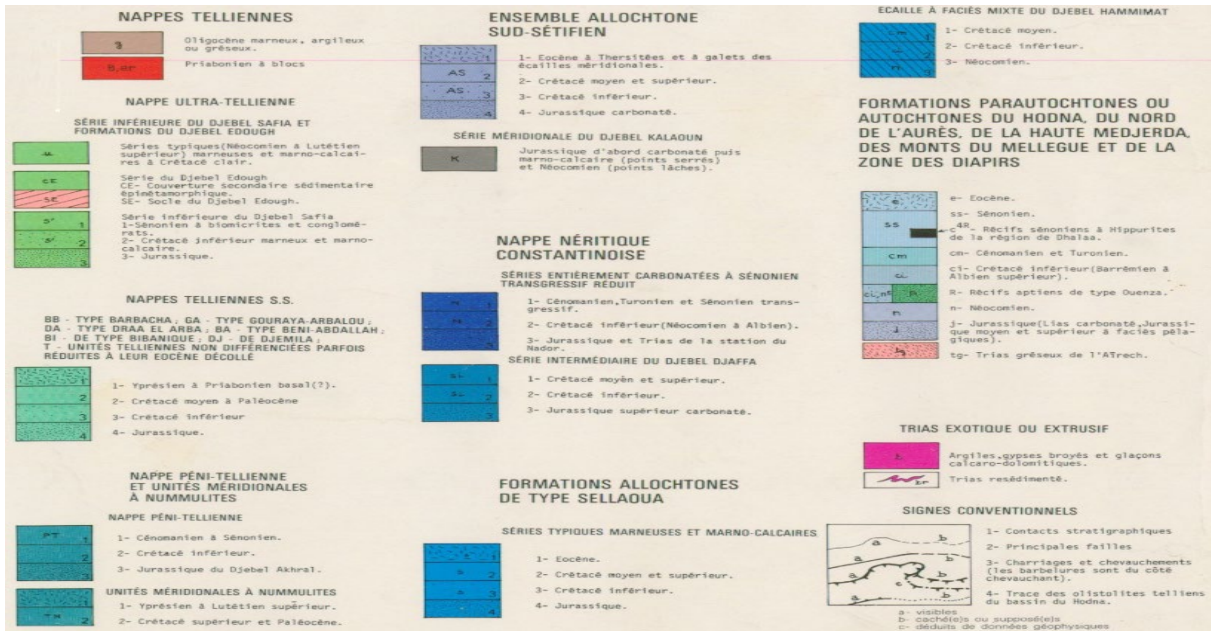


Figure VI.2 Oum El Bouaghi dans la carte structurale de la chaîne alpine d'Algérie orientale au 1/500 000 (Vila 1978).

VI.2.2 Géologie locale :

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

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

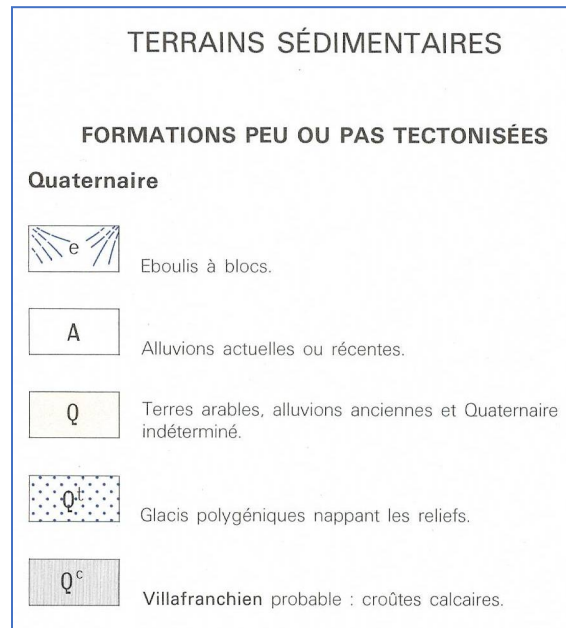


Figure VI.3 Légende des formations traversées du PK 05+500 au PK 20+400.

VI.2.3 Sismicité :

D'après le document technique réglementaire D.T.R – B.C. 2.48 des règles parasismiques algériennes RPA99/version 2003. La zone d'étude est classée zone sismique I de sismicité faible.

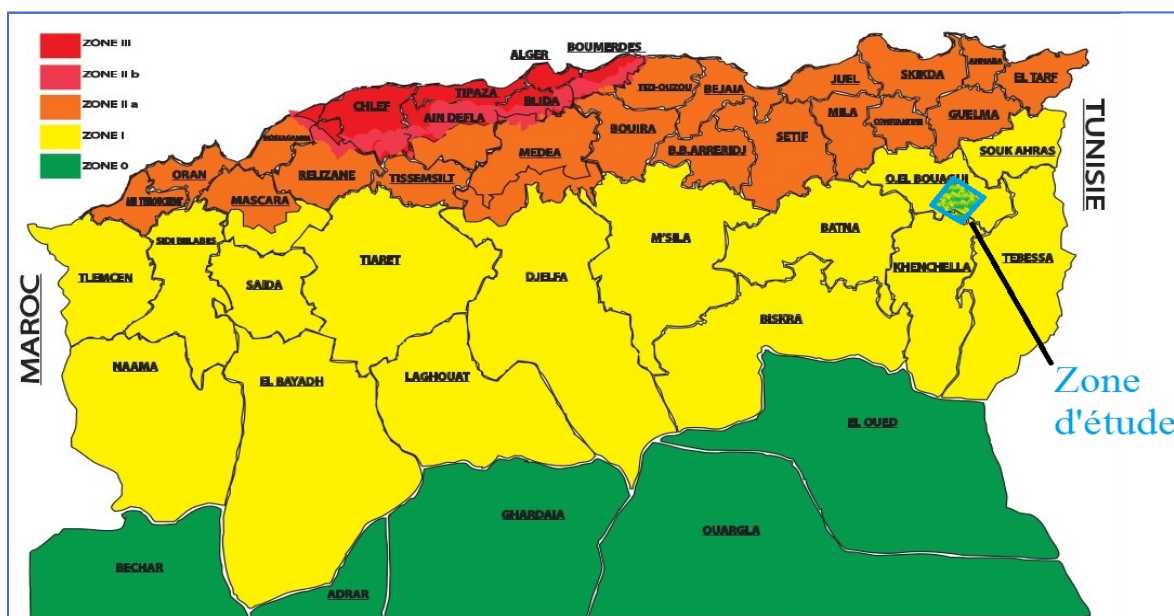


Figure VI.4 Situation du projet dans la carte sismique de l'Algérie (CGS 2003).

VI.3 Etude géotechnique :

VI.3.1 Introduction :

L'étude géotechnique de la ligne ferroviaire est une analyse approfondie des caractéristiques géotechniques du sol et de la roche le long de la ligne de chemin de fer, réalisée pour évaluer les risques géologiques et géotechniques associés à la construction et à l'exploitation de la ligne ferroviaire.

VI.3.2 Programme d'investigation géotechnique :

Un programme d'investigation géotechnique complémentaire a été établi et réalisé par le LCTP dans la phase de l'étude exécution :

Ce programme a été établi afin de confirmer et d'appuyer les différents résultats obtenus dans les phases antérieures du projet.

Le détail des programmes des phases APS, APD et de l'étude d'exécution du tronçon allant du PK 5+500 au PK 20+400 sont donnés dans le tableau dans l'annexe :

Pour le résumé des essais in situ du tronçon PK 05+500 -PK 20+400. (Voir ANNEXE 3)

Afin d'appuyer et de confirmer les différentes analyses et résultats obtenus en phase de l'APD, un programme géotechnique a été exécuté consiste sur la réalisation de :

VI.3.2.1 Lot ouvrages courant :

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

Chapitre VI : Etude géologique et géotechnique

- Essais au laboratoire sur les échantillons prélevés

VI.3.2.2 Lot tracé :

- Réalisation de vingt-deux (22) puits de reconnaissances de trois (03) mètre de profondeur.

- Essais au laboratoire sur les échantillons prélevés.

Les coordonnées UTM des essais réalisés sont représentées dans les tableaux suivants :

Tableau VI.1 Coordonnées des essais in situ réalisés lot ouvrages courants.

N°	Type d'ouvrage	PK	Coordonnée UTM WGS 84 (32S)		N° d'essai	Profondeur prévue (m)	Essai en laboratoire
			X	Y			
01	Ouvrage Hydraulique	6+115	354873	3957591	SC-03	05	- Teneur en eau - Masse volumique - Granulométrie - Limite d'Atterberg - Cisaillement rectiligne (CD) - Oedomètre -Analyse chimique
					SP-03	05	
02	Ouvrage d'art	13+422	350102	3952647	SC-04	15	
					SP-04	15	
03	Ouvrage en terre Déblai	15+200	349226	3950981	SC-05	10	
					SP-05	10	
04	Ouvrage hydraulique	16+617	348362	3949920	SC-06	05	
					SP-06	10	
05	Zone inondable (16+000-20+000)	17+500	347911	9349161	SC-07	05	
					SP-07	10	
06	Zone inondable (16+000-20+000)	19+500	346876	3947512	SC-08	05	
					SP-08	10	

Tableau VI.2 Coordonnées des essais in situ réalisés lot tracé.

N° de puits	PK	Coordonnées UTM WGS 84 (32S)		Profondeur prévue (m)	Essai en laboratoire
		X	Y		
PU-07	6+115	354871	3957594	03	- Teneur en eau - Granulométrie - Limite d'Atterberg - Proctor modifié - CBR imbibé - Analyse chimique - VBS
PU-08	7+000	354772	3956743	03	
PU-09	8+000	353988	3956069	03	
PU-10	9+000	353122	3955573	03	
PU-11	10+000	352256	3955076	03	
PU-12	11+000	351448	3954588	03	
PU-13	12+000	350736	3953880	03	
PU-14	13+000	350259	3953037	03	
PU-15	14+000	349855	3952043	03	
PU-16	15+000	349341	3951134	03	
PU-17	16+000	348770	3950436	03	
PU-18	17+000	348139	3949583	03	
PU-19	18+000	347675	3948720	03	
PU-20	19+000	347144	3947859	03	
PU-21	20+000	346440	3947088	03	
PU-22	21+397	346253	3946895	03	

VI.3.3 Résultats des investigations géotechnique :

VI.3.3.1 Hydrogéologie :

Les données récoltées et les relevés piézométriques effectués (voir tableau suivant).

Tableau VI.3 Mesures piézométriques des sondages carottés réalisés entre le PK 05+400 au PK 20+400.

SC N°	PK	Pr (m)	Niveau piézométrique par rapport au terrain naturel actuel (m)
SC-03	06+115	05	- 4.70
SC-OB-02-14	08+120	10	- 8.00
SC-OB-03-14	10+500	10	- 7.00
SC-OB-04-14	11+032	10	- 9.00
SC-OB-05-14	13+368	10	- 9.00
SC-04	13+422	15	- 9.00
SC-OB-06-14	14+892	10	- 7.50
SC-05	15+200	10	- 6.00
SC-OB-07-14	16+018	10	- 7.00
SC-06	16+617	10	- 6.00
SC-07	17+500	10	- 5.00
SC-OB-08-14	19+122	10	- 4.00
SC-08	19+500	10	- 3.00
SC-OB-09-14	20+361	10	- 5.50

Les formations lithologiques dominantes dans le tracé allant du PK 0+000 au PK 20+4000, à savoir les argiles tufacées et les argiles limono-sableuses, ont un caractère semi-perméable ce qui favorise les infiltrations des eaux de surfaces lors des événements pluvieux et en contact avec le substratum marneux imperméable en profondeur peuvent constituer un aquifère superficiel qui peut emmagasiner localement les eaux des infiltrations de surface, ce phénomène peut être plus marquant à partir de dernier quart du tracé notamment dans la zone jugée inondable du PK 16 au PK 20 (zone d'affluence de Sebkhah Guerrah El Tarf) où le niveau piézométrique avoisine -3.00 mètre de profondeur.

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

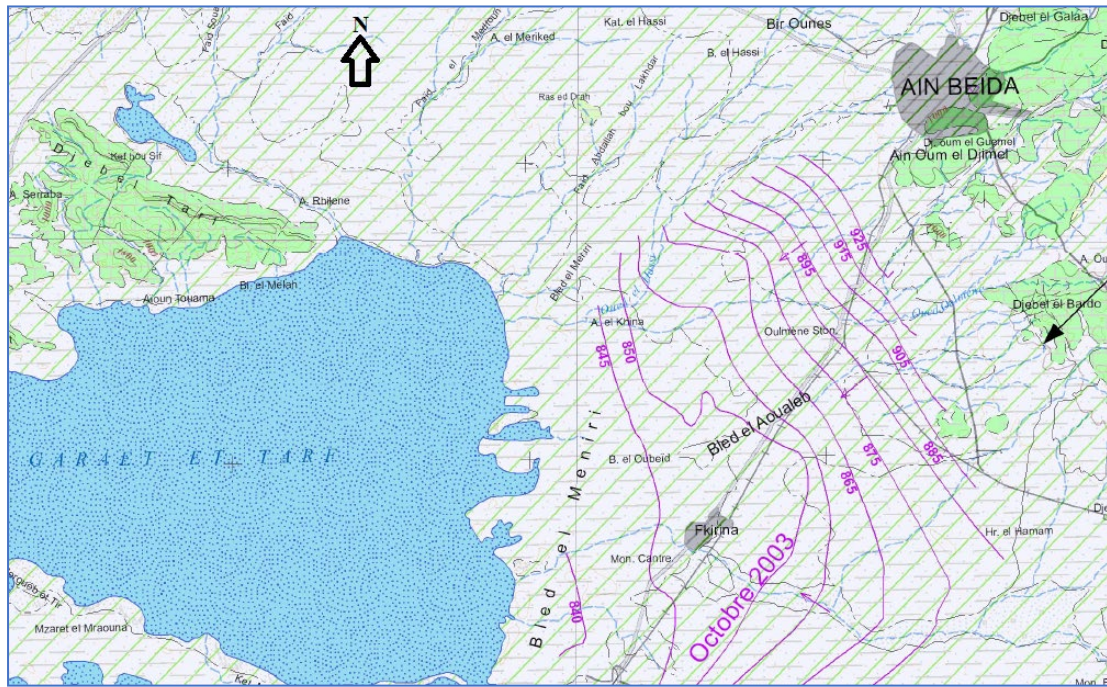


Figure VI.5 Extrait de la carte hydrogéologique de Oum El Bouaghi au 1/200 000 (ANRH 2006).

VI.3.3.2 Essais de pénétrömètre dynamique (PDL) :

VI.3.3.2.1 Principe de l'essai au pénétrömètre dynamique (NF P94-115) :

L'essai au pénétrömètre dynamique est un essai in situ, le principe consiste à battre dans le sol un pieu miniature que constitue un ensemble de tiges et à compter le nombre de coups nécessaire à un enfoncement dans le sol de 20 cm. La résistance de pointe donnée par le sol (R_p) est estimée en fonction de ce nombre de coups par la formule dite « des Hollandais » :

$$R_p = \frac{M^2 \cdot H \cdot g}{A \cdot (e / Nd_{20}) \cdot (M + p)}$$

Avec :

M : poids du mouton = 64 Kg

P : poids (pointe + accessoires + tiges)

e : enfoncement de 20 cm

H : hauteur de la chute du mouton = 75 cm

A : section de la pointe = 20 cm²

N_{d20} : Nombre de coups pour un enfoncement de 20 cm

g : Accélération

Chapitre VI : Etude géologique et géotechnique

Une douzaine d'essai PDL ont été réalisés dans le tronçon allant du PK 05+500 au PK 20+400, le tableau suivant récapitule les résultats de ses essais.

Tableau VI.4 Résumé des résultats aux pénétromètres dynamiques (PDL).

N° PDL	PK	Profondeur de refus (m)	Lithologie
PDL-04	6+000	- 1.80	0.00-1.50m : Argile tufacée 1.50-1.80 : Marne
PDL-05	7+700	- 1.60	0.00-1.00m : Argile graveleuse 1.00-1.60 : Marne
PDL-06	11+600	- 3.00	0.00-1.00 : Argile limono-graveleuse 1.00-3.00 : Alluvions
PDL-07	12+800	- 2.00	0.00-1.00 : Argile limono-graveleuse 1.00-2.00 : Alluvions
PDL-08	13+267	- 3.00	0.00-1.00 : Argile limono-graveleuse 1.00-3.00 : Alluvions
PDL-09	14+100	- 7.00	0.00-5.00 : Argile tufacée 5.00-7.00 : Argile limono-marneuse
PDL-10	16+625	- 6.80	0.00-4.00 : Argile tufacée 4.00-7.00 : Argile limono-marneuse
PDL-11	17+225	- 2.00	0.00-1.20 : Argile tufacée 1.20-2.00 : Argile limono-marneuse
PDL-12	18+343	- 2.20	0.00-1.20 : Argile tufacée 1.20-2.20 : Argile limono-marneuse

VI.3.3.2 Interprétation des résultats :

L'analyse des résultats PDL nous renseigne sur le degré de compacité des formations en profondeur.

Des faux refus enregistrés dans la couche des alluvions, il s'agit des PDL-04, PDL-06, PDL-07, PDL-08, réalisés au niveau des PK suivants : 6+000, 11+600, 12+800, 13+267 à des profondeurs sub-surface allant du 1.80 à 3.00 mètre de profondeur.

Le PDL-04 (PK 6+000) ; une fois que la couche d'argile tufacée est traversée, le refus est enregistré dans la couche marneuse à 1.8 mètre de profondeur.

Le PDL-05 (PK 7+700) ; une fois que la couche d'argile graveleuse est traversée, le refus est enregistré dans la couche marneuse à 1.6 mètre de profondeur.

Le PDL-09, PDL-10, PDL-11 et PDL-12 qui correspondent au PK 14+100, PK 16+625, PK 17+225, et PK 18+343 ; une fois que la couche d'argile tufacée est traversée, le refus est enregistré dans les niveaux les plus durs de la couche d'argile limono-marneuse à des profondeurs allant du 2.00 à 7.00 mètres de profondeur.

Chapitre VI : Etude géologique et géotechnique

VI.3.3.3 Essais de « Standard Pénétration Test » SPT :

L'essai de pénétration au carottier consiste à déterminer la résistance à la pénétration dynamique d'un carottier normalisé battu au fond d'un forage préalable. En fonction de la profondeur, on donne le nombre de coups de mouton N nécessaire pour enfoncer le carottier de 30 cm. Ce nombre N caractérise la résistance à la pénétration.

Les valeurs brutes obtenues N_1 , N_2 et N_3 de l'essai S.P.T réalisés et dont, seules les valeurs N_2 et N_3 seront prises en considération, car la valeur N_1 correspond à la partie remaniée du sol et donc à éliminer, ainsi la valeur de N que nous prendrons en considération sera : $N = N_2 + N_3$

Les résultats de l'essai SPT sont récapitulés dans le tableau suivant, leur analyse atteste de l'existence d'un sol classé en :

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

Tableau VI.5 Résultats des essais S.P.T réalisées dans le tronçon allant du PK 05+500 au PK 20+400.

SC N°	PK	Unité géotechnique	Profondeur SPT (m)	Nombres des coups			$N_2 + N_3$	Classification du sol selon la norme XP P94-011
				N_1	N_2	N_3		
SC-OB-02-14	8+120	Argile tufacée	05.00-05.45	07	13	18	31	Sol dense
		Marne	10.00-10.45	08	15	24	39	Sol dense
SC-OB-03-14	10+500	Alluvion	05.00-05.45	Refus			>50	Sol très dense
		Tuf gravelons	10.00-10.45	Refus			>50	Sol très dense
SC-OB-04-14	11+032	Alluvion	04.00-04.45	Refus			>50	Sol très dense
		Tuf gravelons	08.00-08.45	Refus			>50	Sol très dense
SC-OB-05-14	13+368	Argile graveleuse	06.00-06.45	Refus			>50	Sol très dense
		Argile limoneuse	10.00-10.45	Refus			>50	Sol très dense
SC-OB-06-14	14+892	Argile limoneuse	04.00-04.45	06	10	11	21	Sol moyennement compact
			08.00-08.45	09	13	16	29	Sol moyennement compact
SC-OB-07-14	16+018	Argile limoneuse	05.00-05.45	05	11	14	25	Sol moyennement compact
			10.00-10.45	09	13	17	30	Sol dense
SC-OB-08-14	19+122	Argile limoneuse	06.00-06.45	10	14	23	37	Sol dense
			12.00-12.45	08	13	20	33	Sol dense
SC-OB-09-14	20+361	Argile limoneuse	05.00-05.45	08	10	13	23	Moyennement compact
			10.00-10.45	11	16	20	36	Sol dense

Chapitre VI : Etude géologique et géotechnique

VI.3.3.4 Essais pressiométriques :

Un programme des essais pressiométrique a été élaboré et exécuté sur site, le résumé des résultats est rapporté dans le tableau suivant :

VI.3.3.4.1 Classification sismique du sol :

VI.3.3.4.1.1 Principe :

La classification du site peut se faire à partir des résultats de l'essai pressiométrique réalisé, selon la note de calcul suivante :

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

Pl_i : Pression limite moyenne à travers la couche (i) d'épaisseur (h_i)

E_i : Module pressiométrique moyen à travers la couche (i) d'épaisseur (h_i)

h_i : épaisseur de la couche (i).

L'interprétation des résultats est faite d'après le tableau 3.2 classification des sites (chapitre III) du RPA 99/2003

Tableau VI.6 Résumé des résultats des essais pressiométriques réalisés dans le tronçon Pk 05+500 au PK 20+400.

PK	N° de SP	Profondeur (m)	E(Bar)	Pl (bar)	E/Pl	\bar{E}_p	\bar{Pl}	Classification d'après RPA 99/2003	
								Catégorie	Description
6+115	SP-03	05	266-1340	15-49	10-55	410	23.7	S2	Ferme
8+120	SP-01	12	114-384	11-30	10-12	230	21.4	S3	Meuble
10+547	SP-02	12	102-309	10-29	10-11	188	16.9	S3	Meuble
12+063	SP-03	12	100-315	9-29	10-11	191	17.4	S3	Meuble
13+368	SP-04	12	123-333	11-31	9-11	213	19.8	S3	Meuble
13+422	SP-04	05	111-945	10-39	7-60	360	21.0	S2	Meuble
15+200	SP-05	05	168-536	13-26	11-35	270	17.2	S3	Meuble
16+617	SP-06	10	102-695	13-22	8-46	250	16.0	S3	Meuble
17+500	SP-07	10	183-843	13-40	10-41	340	18.9	S3	Meuble
19+122	SP-05	12	136-338	12-31	10-11	221	20.4	S3	Meuble
19+500	SP-08	10	62.7-710	5-40	9-38	140	10.7	S3	Meuble
20+300	SP-06	15	99.5-341	9-31	10-11	192	17.8	S3	Meuble

VI.3.3.4.2 Interprétation des résultats :

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

L'unité des **formations alluvionnaires** est classée en catégorie S3, qui correspondant à un sol meuble.

L'unité des **Argiles limono-marneuses** par fois sablo-caillouteuses est classée globalement en catégorie S3, qui correspondant à un sol meuble, localement elle peut être classée en S2, qui correspondant à un sol ferme (selon le degré de la compacité de la formation en place).

L'unité des **Argiles tufacées**, limono-marneuses et sablo-graveleuses est classée généralement soit en catégorie en S3, qui correspondant à un sol meuble, soit en catégorie S2, qui correspondant à un sol ferme (selon le degré de la compacité de la formation localement).

L'unité des **Marnes argileuses** par fois sablo-caillouteuses et classée globalement en catégorie S2, qui correspondant à un sol ferme.

VI.3.4 Normes et légende des essais au laboratoire :

VI.3.4.1 Essais identification physique :

➤ Teneur en eau (NF P94 050) et densité apparente (NF P94 053) :

Légende :

ω (%): Teneur en eau.

γ_h (g/cm^3): Densité humide.

γ_d (g/cm^3) : Densité sèche.

S_r (%) : Degré de saturation.

➤ Analyses granulométriques (NFP 94-056 & NFP 94-057) :

Légende :

% < 5 mm : Pourcentage des passants inférieurs à 5 mm

% < 2 mm : Pourcentage des passants inférieurs à 2 mm

% < 80 μm : Pourcentage des passants inférieurs à 80 μm

% < 2 μm : Pourcentage des passants inférieurs à 2 μm

➤ Limites d'Atterberg (NF P 94-051) :

Légende :

WL (%): Limite de liquidité.

LP (%): Limite de plasticité.

IP (%) : Indice de plasticité.

Ic : Indice de consistance.

VI.3.4.2 Essais mécaniques :

- **Essai de cisaillement à la boîte (CD) (NF P94 071-1) :**

Légende :

C' : Cohésion (KPa)

Φ' : Angle de frottement interne en degré (°)

- **Essai de compressibilité à l'œdomètre (NF P94-090-1):**

Légende :

P_C (bars) : Pression de consolidation.

C_C (%) : Coefficient de compressibilité.

C_s (%) : Indice de gonflement.

VI.3.4.4 Analyses chimiques : Mode opératoire LCTP :

Résultats des essais au laboratoire sur les échantillons paraffinés des sondages carottés :

Le sondage carotté réalisé nous ont permis de récupérer des échantillons intacts, paraffinés, acheminés au laboratoire pour la réalisation des différents essais d'identification physique, mécanique et chimique.

VI.3.5 Les résultats des essais au laboratoire :

VI.3.5.1 Les puits de reconnaissances :

L'exécution des puits a permis la définition de l'épaisseur de la « terre végétale » à décaper, et la détermination de la position du niveau des eaux souterraines dans le cas où elles existent.

Toute la section est recouverte par une couche de terre végétale égale à 0.5 m.

Les résultats des essais au laboratoire effectués sur les échantillons prélevés des puits sont récapitulés dans les tableaux suivants :

Chapitre VI : Etude géologique et géotechnique

Tableau VI.7 Résumé des résultats des essais de laboratoire réalisés sur les échantillons des puits de reconnaissance PK 05+500 au PK 20+400.

N° de puits	PK	Pr (m)	Granulométrie			VBS	% W _n	Limite d'Atterberg			Proctor Modifié		Indice CBR à 95%	Classification	
			D max mm	%<2 mm	%<0.08 mm			% W _L	% W _p	I _p	γ OPM (t/m ³)	% W OPM		GTR	UIC
Pu-OB-04-14	6+000	1.00-3.00	0.5	98.0	85.0	1.68	14.8	27	14	13	1.97	10.1	6.26	A1	QS1
PU-08	7+000	1.00-3.00	5	97.8	93.3	1.48	21.7	60.6	30.0	30.6	1.90	8.0	/	A3	QS1
Pu-OB-05-14	7+700	0.50-3.00	2	95.0	83.0	3.43	13.5	39	20	19	1.85	12.4	6.83	A2	QS1
PU-10	9+000	2.00-3.00	5	93.8	73.4	0.80	17.7	32.0	21.0	10.9	1.87	13.5	8.59	A1	QS1
Pu-OB-06-14	9+100	1.00-3.00	2	94.0	76.0	2.72	07.7	28	14	14	1.92	8.42	3.45	A2	QS1
Pu-OB-07-14	10+500	1.00-3.00	8	74.0	64.0	3.09	10.2	35	17	18	1.96	10.3	6.64	A2	QS1
PU-12	11+000	2.00-3.00	31.5	86.2	67.5	1.44	13.0	38	20	18	1.95	11.5	8.90	A2	QS1
Pu-OB-08-14	11+600	1.00-3.00	3	93.0	86.0	3.80	11.5	38	18	20	1.86	12.9	6.71	A2	QS1
PU-13	12+000	1.00-1.80	20	96.0	81.8	1.13	12.5	40	22	18	1.86	13.7	8.93	A2	QS1
Pu-OB-09-14	12+800	0.30-3.00	9	40.0	17.0	1.39	5.2	32	15	17	2.09	8.4	29.13	A2	QS1
PU-14	13+000	0.80-1.70	2	99.0	86.6	0.66	10.9	36.1	19.1	17	1.84	14.2	13.78	A2	QS1
Pu-OB-10-14	13+267	0.30-3.00	9	37.0	18.0	3.38	3.9	31	16	15	2.08	8.46	31.57	A2	QS1
PU-15	14+000	1.00-3.00	2	99.6	96.6	1.07	16.7	53	24	29	1.88	10.9	3.70	A3	QS1
PU-01	14+200	0.00-4.00	/	/	89.0	3.23	9.39	52	26	26	1.64	9.60	/	A3	QS1
PU-16	15+000	1.30-2.00	5	99.4	91.5	0.99	15.7	41.8	22.6	19.1	1.90	10.2	/	A2	QS1
PU-02	15+200	0.00-4.00	/	/	92.0	3.20	13.65	56	28	28	1.59	15.1	/	A3	QS1
PU-17	16+000	0.10-3.00	2	99.6	58.2	0.83	18.1	47.1	23.0	24.1	1.83	12.3	11.83	A2	QS1
Pu-OB-11-14	16+625	1.00-3.00	0.3	100	69.0	2.41	11.8	43	22	21	1.90	9.51	9.96	A1	QS1
Pu-OB-12-14	17+225	0.50-3.00	0.7	100	46.0	2.07	8.5	44	24	20	1.80	14.71	50.46	A1	QS1
PU-20	19+000	1.00-3.00	2	99.6	91.0	0.66	18.9	41.2	20.6	20.6	1.84	11.9	5.47	A2	QS1
PU-21	20+000	0.15-1.00	2	99.5	60.5	1.08	13.7	43.2	21.9	21.3	1.86	11.9	14.05	A2	QS1
PU-22	20+397	0.00-1.70	0.1	100	91.0	1.41	22.2	63.2	29.2	33.9	1.68	19.9	6.74	F-11 / A3	QS1

VI.3.5.1.1 Interprétation des résultats :

L'analyse des résultats obtenus des essais de laboratoire, nous indique un sous-sol aux paramètres géotechniques suivants ;

Essais physiques :

- Les teneurs en eau varient entre 3.90 et 22.2 %.
- L'indice de plasticité (I_p) varie de 9.40 à 33.3.
- Les passants à 2mm sont compris entre 37 et 100%.
- Les passants à 80μ sont compris entre 22.39 et 94.77%.

Essais mécaniques :

- L'indice CBR à 95 % imbibé à 04 jours compris entre 1.28 et 58.99.
- Les densités de Proctor Modifié varient entre 1.59 et 2.08 avec une teneur en eau comprise entre 8.00 et 19.9 %.

Essais chimiques :

- Les VBS varient de 0.19 à 3.80 %

VI.3.5.2 Les sondages carottés :

Les résultats des essais au laboratoire effectués sur les échantillons prélevés des sondages carottés sont récapitulés dans les tableaux suivants :

VI.3.5.2.1 Interprétation des résultats :

L'analyse des résultats obtenus des essais de laboratoire, nous indique un sous-sol aux paramètres géotechniques suivants ;

Essais physiques :

- Les teneurs en eau varient entre 8.40 et 30.1.
- Les densités humides varient entre 1.60-2.18 et les densités sèches varient entre 1.37-1.97.
- L'indice de plasticité (I_p) varie de 12.00 à 30.01.
- Les passants à 2mm sont compris entre 51.74 et 100%.
- Les passants à 80μ sont compris entre 22.39 et 100%.

Essais mécaniques :

- L'essai au cisaillement rectiligne (CD) donne un angle de frottement compris entre 12 et 44.4° avec une cohésion comprise entre 0.028 et 0.693 bars.
- L'essai au cisaillement UU donne un angle de frottement compris entre 3 et 23° avec une cohésion comprise entre 0.102 et 0.821 bars.
- Les résistances à la compression simple varient de 0.96 à 3.5 bars.
- Les valeurs de l'essai oedométrique indiquent des sols peu compressibles à assez compressibles, peu gonflants à gonflants

Chapitre VI : Etude géologique et géotechnique

Tableau VI.8 Résumé des résultats des essais de laboratoire réalisés sur les échantillons des sondages carottés.

N° de Sondage	PK	Pr (m)	Granulométrie		% Sr	Densité (g/cm ³)		% Wn	Limite d'Atterberg			Caillement Rectiligne CD		Caillement UU		Rc (Bar)	Oedomètre		
			%<2 mm	%<0.08 mm		γ h	γ d		% WI	% Wp	Ip	Φ' (°)	C' (Bar)	Φ (°)	Cu (bar)		Pc (bar)	Cc (%)	Cg (%)
SC-03	6+115	1.30-1.60	84.1	62.1	93	1.98	1.61	22.7	67.4	37.4	30.0	ENR*		/	/	/	/	/	/
		2.40-2.80	99.1	87.0	95	2.09	1.77	17.9	26.2	13.5	12.6	38.4	0.061	/	/	/	0.69	05.9	01.2
SC-OB-02-14	8+100	4.50-4.70	93.0	72.0	83.7	2.09	1.83	14.2	36.0	19.0	17.0	/	/	/	/	/	0.709	14.5	02.0
		10.6-11.0	96.0	90.0	81.8	2.14	1.92	11.8	34.0	18.0	16.0	/	/	ENR*		/	1.740	12.2	01.6
SC-OB-03-14	10+500	8.70-9.00	85.0	69.0	83.6	2.01	1.70	17.6	37.0	19.0	18.0	/	/	23	0.144	/	2.03	0.151	0.024
		11.4-11.7	100	87.0	90.2	2.18	1.97	11.8	28.0	15.0	13.0	/	/	20	0.821	/	3.43	08.9	02.7
SC-OB-04-14	11+032	8.00-8.20	94.0	80.0	82.8	2.13	1.89	12.5	25.0	13.0	12.0	/	/	/	/	/	3.18	12.6	02.4
		13.0-13.3	97.0	86.0	91.0	2.18	1.94	12.6	37.0	19.0	18.0	/	/	22	0.325	/	0.759	10.6	01.9
SC-OB-05-14	13+368	5.90-6.20	92.0	81.0	94.5	2.12	1.82	16.4	38.0	19.0	19.0	/	/	14	0.422	/	3.15	11.3	02.0
		8.00-8.30	78.0	60.0	68.8	1.85	1.63	16.3	35.0	18.0	17.0	/	/	17	0.159	/	ENR*		
SC-04	13+422	3.20-3.60	93.8	79.5	71	1.83	1.53	19.7	45.1	23.2	21.8	ENR*		/	/	/	0.127	18.8	03.6
		5.00-5.40	68.5	52.8	80	2.11	1.87	12.6	48.5	24.6	23.8	ENR*		/	/	/	ENR*		
		11.4-11.8	99.5	93.1	38	/	/	19.9	47.2	24.6	22.6	17.3	0.264	/	/	/	1.03	23.4	02.3
SC-OB-06-14	14+892	6.15-6.40	96.0	88.0	76	2.02	1.76	14.4	47.0	24.0	23.0	/	/	3	0.370	/	1.62	22.1	02.8
		8.45-8.90	100	95.0	98.0	2.06	1.72	20.0	57.0	28.0	29.0	/	/	6	0.335	/	2.21	15.8	02.5
		10.6-10.9	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	3.2	/	/	/
SC-05	15+200	0.40-0.80	99.8	70.7	47	1.60	1.37	16.7	38.2	19.2	18.9	/	/	/	/	/	/	/	/
		2.00-2.60	100	85.3	47	1.95	1.80	08.4	49.3	24.1	25.2	35.1	0.327	/	/	/	0.149	07.3	0.2
		7.00-7.35	100	77.9	70	1.73	1.40	23.5	46.9	23.1	23.8	26.8	0.693	/	/	/	0.222	11.8	0.5
SC-OB-07-14	16+018	2.60-2.90	100	94.0	/	/	/	12.3	47.0	24.0	23.0	/	/	/	/	/	ENR*		
		4.20-4.50	99.0	93.0	/	/	/	13.4	28.0	29.0	15.0	/	/	/	/	1.2	/	/	/

Chapitre VI : Etude géologique et géotechnique

		6.50-7.00	/	/	80.1	2.00	1.70	17.0	/	/	/	/	/	15	0.102	/	1.87	0.19 5	0.04
SC-06	16+61 7	0.50-0.75	98.4	70.7	77	1.82	1.47	23.3	40.5	20.3	20.2	ENR*		/	/	/	/	/	/
		3.55-4.00	99.9	78.7	88	2.00	1.68	19.1	44.9	22.3	22.7	32.7	0.617	/	/	/	0.18 3	13.6	01.2
SC-07	17+50 0	1.40-1.80	99.0	70.8	83	1.88	1.53	22.8	43.5	20.6	22.9	44.4	0.192	/	/	/	0.43	10.2	01.3
		2.60-2.90	99.8	69.5	67	1.74	1.44	21.1	47.3	24.4	22.8	38.4	0.028	/	/	/	/	/	/
		3.70-4.00	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1.55	10.5	02.8
SC-OB- 08-14	19+12 2	3.10-3.50	97.0	68.0	86.6	1.97	1.65	19.9	50.0	25.0	26.0	/	/	3	0.692	/	0.73	19.4	03.4
		6.70-7.20	100	67.0	94.8	2.04	1.71	19.7	49.0	25.0	24.0	/	/	5	0.639	/	1.77	14.4	02.9
		10.5-10.8	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2.5	/	/
SC-08	19+50 0	0.50-1.00	98.7	71.5	78	1.92	1.62	18.6	38.8	20.2	18.7	34	0.328	/	/	/	ENR*		
		2.50-3.00	100	92.8	91	1.83	1.41	30.1	45.6	22.3	23.3	15.3	0.301	/	/	/	0.02 1	04.2	02.7
		4.35-4.85	99.9	77.8	75	2.06	1.67	16.6	44.8	22.1	22.7	21.1	0.324	/	/	/	0.14 1	11.7	01.3
SC-OB- 09-14	20+36 1	3.65-3.90	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		6.60-6.90	100	84.0	90.5	1.97	1.62	21.8	51.0	26.0	26.0	/	/	15	0.625	0.9	1.26	16.0	03.1
		8.70-9.00	100	71.0	93.5	2.11	1.81	16.3	28.0	14.0	14.0	/	/	22	0.107	/	1.33	09.0	01.3

Note : ENR* : Essai Non Réalisable.

Chapitre VI : Etude géologique et géotechnique

VI.3.5.3 Analyses Chimiques :

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

Tableau VI.9 Résumé des analyses chimiques effectués sur les échantillons prélevés du PK 0+000 au PK 20+400.

Pu /SC N°	PK	Pr (m)	Sulfates (%)	Carbonates (%)	Insolubles (%)	Chlorures (%)	Anhydrique carbonique (%)
Pu-OB-04-14	6+000	1.00-3.00	Traces	87.1	7.8	/	/
SC-03	6+115	1.30-1.60	Traces	32.7	/	0.35	14.4
		2.40-2.80	Traces	68.9	/	0.29	30.3
Pu-08	7+000	1.00-3.00	Traces	74.1	/	0.29	32.0
Pu-OB-05-14	7+700	0.50-3.00	Traces	49.5	45.5	/	/
Pu-10	9+000	2.00-3.00	Traces	41.4	/	0.48	18.2
Pu-OB-06-14	7+700	1.00-3.00	Traces	38.4	57.0	/	/
Pu-OB-07-14	10+500	1.00-3.00	Traces	47.8	48.1	/	/
Pu-12	11+000	2.00-3.00	Traces	17.2	/	0.53	7.58
		8.00-8.20	Traces	39.8	57.4	/	/
SC-OB-04-14	11+032	13.0-13.3	Traces	64.2	33.0	/	/
Pu-OB-08-14	11+600	1.00-3.00	Traces	39.0	56.4	/	/
Pu-13	12+000	1.00-1.80	Traces	50.0	/	0.35	22.0
Pu-OB-09-14	12+800	0.30-3.00	Traces	67.4	29.9	/	/
Pu-14	13+000	0.80-1.70	Traces	21.5	/	0.53	9.48
Pu-OB-10-14	13+267	0.30-3.00	Traces	67.4	29.9	/	/
SC-04	13+422	3.20-3.60	Traces	17.2	/	0.58	7.58
		5.00-5.40	12.27	38.8	/	0.29	17.1
		11.4-11.8	Traces	30.2	/	0.35	13.8
Pu-15	14+000	1.00-3.00	Traces	15.5	/	0.53	6.82
SC-OB-06-14	14+892	6.15-6.40	1.65	52.0	42.7	/	/
		8.45-8.90	Traces	49.6	48.1	/	/
Pu-16	15+000	1.20-2.00	Traces	31.0	/	0.48	16.6
SC-05	15+200	0.40-0.80	Traces	17.2	/	0.48	7.6
		2.00-2.50	Traces	34.5	/	0.29	15.2
		7.00-7.35	Traces	20.6	/	0.35	9.1
Pu-17	16+000	0.10-3.00	Traces	25.9	/	0.48	11.4
SC-OB-07-14	16+018	2.60-2.90	12.8	39.0	35.6	/	/
		4.20-4.50	Traces	49.6	48.4	/	/
SC-06	16+617	0.50-0.75	Traces	23.3	/	0.48	10.2
		3.55-4.55	Traces	25.0	/	0.35	11.0
Pu-OB-11-14	16+625	1.00-3.00	14.3	64.2	32.9	/	/
Pu-OB-12-14	17+225	0.50-3.00	25.0	23.3	30.2	/	/
SC-07	17+500	1.40-1.80	Traces	15.5	/	0.35	6.8
		2.60-2.90	Traces	17.2	/	0.48	7.6
Pu-20	19+000	1.00-3.00	Traces	17.2	/	0.53	7.6
SC-OB-08-14	19+122	3.10-3.50	9.9	30.4	50.1	/	/
		6.70-7.20	11.0	32.0	48.2	/	/
SC-08	19+500	0.50-1.00	Traces	17.2	/	0.53	7.6

Chapitre VI : Etude géologique et géotechnique

		2.50-3.00	Traces	25.9	/	0.35	11.4
		4.35-4.85	Traces	18.1	/	0.48	7.9
Pu-21	20+000	0.15-1.00	Traces	24.1	/	0.53	10.6
SC-OB-09-14	20+361	3.65-3.90	6.6	29.6	53.7	/	/
		6.60-6.90	7.6	31.2	53.3	/	/
Pu-22	20+397	0.00-1.70	Traces	32.7	/	0.48	14.4

VI.3.5.3.1 Interprétation des résultats :

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

- Les chlorures varient de 0.29 à 0.58 %
- Les carbonates varient de 15.5 à 87.1 %
- Les anhydrides carboniques varient de 6.82 et 36.0 %
- Les insolubles varient de 7.8 et 57.4 %
- Les sulfates varient de 0.01 (traces) à 25.0 %.

Tableau VI.10 Valeurs de bleu de méthylène (VBS).

PK	N° d'essai	Pr (m)	VBS
6+000	Pu-OB-04-14	01.00-03.00	1.68
7+000	PU-08	01.00-03.00	1.48
7+700	Pu-OB-05-14	00.50-03.00	3.43
8+100	SC-OB-02-14	04.50-04.70	4.12
9+000	PU-10	02.00-03.00	0.80
9+100	Pu-OB-06-14	01.00-03.00	2.76
10+500	Pu-OB-07-14	01.00-03.00	3.09
	SC-OB-03-14	11.40-11.70	3.07
11+000	PU-12	02.00-03.00	1.44
11+600	Pu-OB-08-14	01.00-03.00	3.80
12+000	PU-13	01.00-01.80	1.13
12+800	Pu-OB-09-14	00.30-03.00	1.39
13+000	PU-14	00.80-01.70	0.66
13+267	Pu-OB-10-14	00.30-03.00	3.38
13+368	SC-OB-05-14	05.90-06.20	2.75
14+000	PU-15	01.00-03.00	1.07
14+100	P-01	00.00-04.00	3.23
15+000	PU-16	01.30-02.00	0.99
15+200	P-02	00.00-04.00	3.20
16+000	PU-17	00.10-03.00	0.83
16+625	Pu-OB-11-14	01.00-03.00	2.41
17+225	Pu-OB-12-14	00.50-03.00	2.07
19+000	PU-20	01.00-03.00	0.66
20+000	PU-21	00.15-01.00	1.08
20+397	PU-22	00.00-01.70	1.41

Les valeurs de VBS sont comprises entre 0.66 et 4.12, caractérisant ainsi des sols sensibles à l'eau.

VI.3.6 Unités géotechniques :

Les sondages carottés et pressiométriques ainsi que les puits de reconnaissance réalisés le long du tracé allant du PK 05+500 au PK 20+400, ont permis de mettre en évidence une nature lithologique constituée essentiellement par quatre unités.

La caractérisation géotechnique de chaque unité lithologique a été effectuée en se basant, d'une part sur la nature et l'origine de la formation géologique, d'autre part, sur les résultats des essais in situ et de laboratoire obtenus.

Les unités géotechniques considérées et affectées par le tracé se présentent comme suit :

VI.3.6.1 Unité 01 : Alluvions récents ou actuelles :

Les formations alluvionnaires d'âge récente, composées d'alluvion de forme sub-arrondis à arrondis, de nature souvent carbonatée, parfois silico-carbonatée, d'une granulométrie caillouto-graveleuse à sableuse, cimentées par des sables argilo-limoneuses.

Révélatées dans les sondages carottés SC-OB-04-14 SC-OB-05-14, SC-02 et SC-04 qui correspondent successivement aux PK 13+368 et PK 13+422, et dans les puits de reconnaissances réalisées entre le PK 10 au PK 13.

Elles existent sous forme étroites et discontinues le long des lits d'oueds et chaâbat au PK 5+500 et au PK 13+400 et sous forme d'une couche plus ou moins continue entre le PK 10 jusqu'au PK 13.

Leur épaisseur est de 03 à 04 mètre en moyenne et elles atteignent les 5.00 mètres au niveau de PK 4+500.

NB : Les différentes caractéristiques géotechniques de cette formation sont résumées dans Le tableau dans l'annexe : (VOIR ANNEXE 4)

VI.3.6.2 Unité 02 : Argile marneuse plus ou moins limoneuse :

Parfois sablo-caillouteuse et graveleuse, de couleur gris clair, beige et jaunâtre, renferment des concrétions blanchâtres.

Rattachés au Quaternaire, elle est recoupée dans les sondages SC-OB-05-14, SC-OB-06-14, SC-OB-07-14, SC-OB-08-14, SC-OB-09-14, SC-04, SC-05, SC-06, SC-07 et SC-08) qui correspondent respectivement aux PK 13+400, 14+892, 15+200, 16+018, 16+617, 17+500, 19+122, 19+500 et 20+361.

Rencontré pratiquement tout le long du tracé, plus dominante à partir de PK 09+100 jusqu'à la fin du tronçon

Son épaisseur atteint la profondeur de 15 m dans le sondage SC-04 (PK 13+422).

NB :Les différentes caractéristiques géotechniques de cette formation sont résumées dans Le tableau dans l'annexe : (VOIR ANNEXE 5)

VI.3.6.3 Unité 03 : Argile tufacé :

Limono-marneuse et sablo-graveleuse, de couleur beige à grise claire.

D'âge quaternaire, révélée dans la majorité des sondages carottés, d'une épaisseur moyenne de 03 mètre mais qui atteint la profondeur de 10 m dans le sondage SC-01 (PK 0+875), plus développées en profondeur entre le PK 5+500 au PK 9+100 et en surface entre le PK 13+600 au PK 20+400.

NB :Les différentes caractéristiques géotechniques de cette formation sont résumées dans Le tableau dans l'annexe : (VOIR ANNEXE 6)

VI.3.6.4 Unité 04 : Marne argileuse :

Plus argileuse en surface, devenant plus marneuse en profondeur, de couleur jaunâtre et grise bleuâtre, d'âge plus ancien (Crétacé supérieur), elle constitue le substratum des formations précédentes, cette formation est recoupée au niveau des sondages carottés SC-OB-01-14, SC-02, SC-03 et SC-OB-02-14 qui correspond respectivement aux PK (4+500, 6+115, 8+120) et au niveau des puits des PK 6+115 et PK 7+000.

NB : Les différentes caractéristiques géotechniques de cette formation sont résumées dans Le tableau dans l'annexe : (VOIR ANNEXE 7)

Note :

En plus de ces principales formations décrites ci-dessus ;

- La plupart de ses formations sont recouvertes par une couche de terre végétale, composée d'argile limoneuse, de couleur brunâtre, son épaisseur est comprise de quelques centimètres pour atteindre 01.70 mètre au niveau de PK 20+397 (PU-22).
- L'existence d'une croûte rocailleuse, friable, de 30 à 50 cm d'épaisseur, détectée en subsurface des puits de connaissances réalisés du PK 7+000 au PK 8+000 (PU-08 et PU-09).
- L'argile limono-marneuse, renferme des horizons gypsifères à partir de PK 13+000 et qui se poursuit jusqu'à la fin du tronçon (PK 20+400).

VI.3.7 Interprétations des résultats :

L'étude géotechnique réalisée en phase d'APS, APD et étude d'exécution fait ressortir les points suivants :

- Les sondages carottés et les puits de reconnaissances réalisées ont révélés la présence d'un sol composé en général de quatre (04) formations principales ; dépôts alluvionnaires, Argile limono-marneuse par fois sablo-caillouteuse et graveleuse, Argile tufacée limono-marneuse et sablo-graveleuse, et des Marnes argileuses.

Chapitre VI : Etude géologique et géotechnique

- Selon la classification RPA 99/VERSION 2003 faite par le Centre National De Recherche En Génie Parasismique CGS, la zone d'étude est classée en zone I (sismicité faible).
- Selon le R.P.A (2003) et les résultats obtenus à partir des essais pressiométriques in situ, le tracé est classé l'ensemble dans la catégorie S3 (sol meuble) et localement en S2 (sol ferme).
- Les essais au laboratoire réalisés sur les échantillons prélevés ont donné des :
 - Teneurs en eau varient entre 8.40 et 30.1 (sol moyennement humide à humide).
 - Densités humides varient entre 1.41-2.16 et les densités sèches varient entre 1.11-1.91 (sol peu dense à très dense).
 - Indices de plasticité (I_p) varie de 12.65 à 30.01 (sol peu plastique à plastique).
 - L'essai au cisaillement rectiligne (CD) donne un angle de frottement compris entre 12 et 44.4° avec une cohésion comprise entre 0.028 et 0.63 bars.
 - Les analyses chimiques montrent que le sol présente une agressivité chimique faible à forte avec présence des sulfates (à prendre en considération les traitements nécessaires effectués contre ce type d'agressivité).
- La classification GTR mis en évidence des sols de classe A avec des sous classe en A2 et A3.
- La classification UIC mis en évidence des sols de classe QS1 avec les sous-classes en QS1^c.

VI.4 Contraintes géotechniques :

VI.4.1 Les zones inondables :

Le tronçon identifié comme zones inondables est localisé entre F'kirina et Baghai entre les PK 16+600 jusqu'au PK 20+400. (Voir l'étude hydraulique).

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

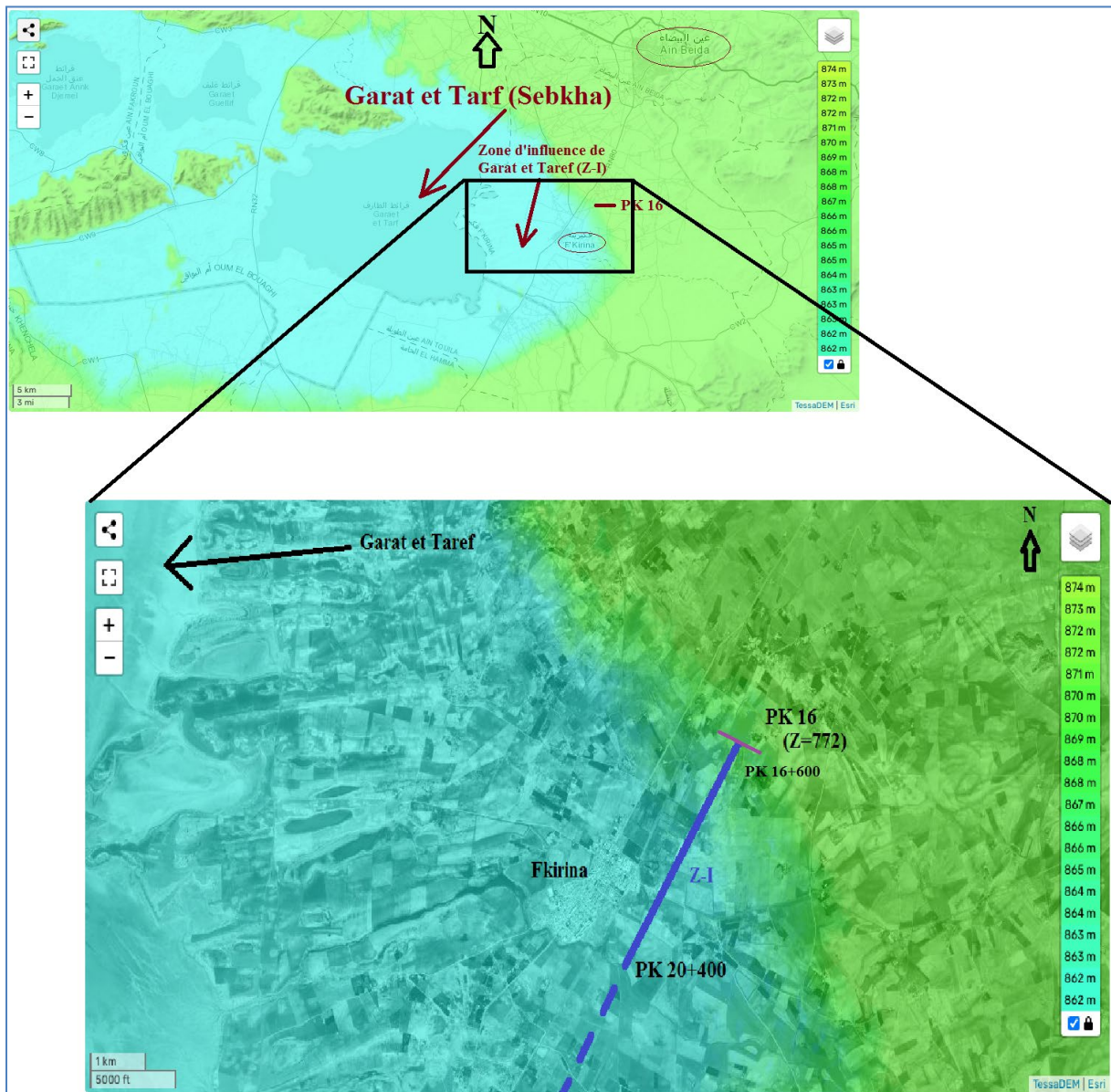


Figure VI.6 Carte satellitaire montrant la zone jugée « inondable »

Du point de vue géotechnique, les remblais en zones inondables doivent être dimensionnés de manière à assurer leur stabilité et leur durabilité, ils doivent être protégés par des enrochements latéraux ou des perrés avec, interposition d'un dispositif anti contaminant entre corps de remblai et enrochement. Le géotextile, améliore la qualité anti-contaminant l'ornièrage des couches de forme en sol QS3.

La hauteur de l'eau maximale est supposée être avec la hauteur maximale des dalots.

La hauteur de l'eau assignée pour les calculs géostatiques est un entonnoir de réduction qui s'adapte dans le matériau filtrant de la hauteur maximale à la surface.

D'après l'étude hydraulique réalisée dans la phase de l'étude d'exécution, les niveaux des plus hautes eaux (NPHE) sont de +0.60 m/TN :

Les blocs de protection (« Enveloppe ») ainsi que le matériau filtrant ont une hauteur de 0,5 m au-dessus du niveau NPHE.

Le géotextile doit constituer une strate ségrégative filtrant.

Le matériau filtrant correspond au gravier anguleux sablo-argileux, qui est compacté et moyennement denses, avec une granulométrie vaste échelonnée et une grandeur < 20 mm. Le matériau d'enveloppe est défini comme 63 – 500 mm.

VI.4.1.1 Phasage des travaux :

- Effectuer un traitement par purge (extraction et remplacement du sol par un matériau drainant).
- La zone de la purge concerne le tronçon allant du PK 16+600 au PK 20+400.
- Le but principal de la purge c'est d'ancrer le remblai de la desserte ferroviaire au maximum dans un sol qui a des paramètres géotechniques jugés acceptables.
- L'épaisseur minimal de la purge est de 0.50 m et une épaisseur maximale qui correspond à la limite inférieure de la terre végétale (exemple purge sur 1.70m au niveau de PK 20+397).
- Cette limite inférieure sera déterminée sur place au moment des travaux de terrassements par un ingénieur géotechnicien.
- Réalisation d'un géotextile tout le long de la zone définie comme inondable.

VI.4.2 Agressivité des sols :

D'après la lecture des analyses chimiques réalisées sur les échantillons de sol prélevés des puits de reconnaissances et des sondages carottés exécuté dans le tronçon allant du PK 5+500 au PK 20+400, un risque d'agressivité chimique des sols existe à cause de la présence des sulfates à des niveaux assez élevés dans certaines zones, une synthèse des résultats chimiques est récapitulée dans le tableau suivant :

Tableau VI.11 Résumé des analyses des sulfates effectués sur les échantillons prélevés du PK 5+500 au PK 20+400.

Pu /SC N°	PK	Pr (m)	% des Sulfates
Pu-OB-04-14	6+000	1.00-3.00	Traces
SC-03	6+115	1.30-1.60	Traces
		2.40-2.80	Traces
Pu-08	7+000	1.00-3.00	Traces
Pu-OB-05-14	7+700	0.50-3.00	Traces
Pu-10	9+000	2.00-3.00	Traces
Pu-OB-06-14	7+700	1.00-3.00	Traces
Pu-OB-07-14	10+500	1.00-3.00	Traces

Chapitre VI : Etude géologique et géotechnique

Pu-12	11+000	2.00-3.00	Traces
SC-OB-04-14	11+032	8.00-8.20	Traces
		13.0-13.3	Traces
Pu-OB-08-14	11+600	1.00-3.00	Traces
Pu-13	12+000	1.00-1.80	Traces
Pu-OB-09-14	12+800	0.30-3.00	Traces
Pu-14	13+000	0.80-1.70	Traces
Pu-OB-10-14	13+267	0.30-3.00	Traces
SC-04	13+422	3.20-3.60	Traces
		5.00-5.40	12.27
		11.40-11.80	Traces
Pu-15	14+000	1.00-3.00	Traces
SC-OB-06-14	14+892	6.15-6.40	1.65
		8.45-8.90	Traces
SC-05	15+200	0.40-0.80	Traces
		2.00-2.50	Traces
		7.00-7.35	Traces
Pu-17	16+000	0.10-3.00	Traces
SC-OB-07-14	16+018	2.60-2.90	12.8
		4.20-4.50	Traces
SC-06	16+617	0.50-0.75	Traces
		3.55-4.55	Traces
Pu-OB-11-14	16+625	1.00-3.00	14.3
Pu-OB-12-14	17+225	0.50-3.00	25.0
SC-07	17+500	1.40-1.80	Traces
		2.60-2.90	Traces
Pu-20	19+000	1.00-3.00	Traces
SC-OB-08-14	19+122	3.10-3.50	9.9
		6.70-7.20	11.0
SC-08	19+500	0.50-1.00	Traces
		2.50-3.00	Traces
		4.35-4.85	Traces
Pu-21	20+000	0.15-1.00	Traces
SC-OB-09-14	20+361	3.65-3.90	6.6
		6.60-6.90	7.6
Pu-22	20+397	0.00-1.70	Traces

VI.4.2.1 Interprétations :

L'analyse de ces résultats indique la présence des sulfates aux niveaux des échantillons extraits des sondages carottés et des puits de reconnaissance sur une partie du tracé, plus exactement sur la partie allant du PK 16+000 au PK 20+400 qui correspond globalement à la zone indiquée comme « zone inondable », les valeurs des sulfates représentant un sol agressif dont les pourcentages varient de 1.03 à 25 %.

Chapitre VI : Etude géologique et géotechnique

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

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

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

Les classes A1, A2, A3 et A4 correspondent respectivement aux environnements à faible, modérée, forte et très forte agressivité chimique.

Tableau VI.12 Classification des sols du tronçon PK 0+000 au PK 20+400 selon le degré d'agressivité.

Pu /SC N°	PK	Pr (m)	% Sulfate	Degré d'agressivité
SC-04	13+422	5.00-5.40	12.27	Très fortement agressif
SC-OB-06-14	14+892	6.15-6.40	1.65	Fortement agressif
SC-OB-07-14	16+018	2.60-2.90	12.8	Très fortement agressif
Pu-OB-11-14	16+625	1.00-3.00	14.3	Très fortement agressif
Pu-OB-12-14	17+225	0.50-3.00	25.0	Très fortement agressif
SC-OB-08-14	19+122	3.10-3.50	9.9	Très fortement agressif
		6.70-7.20	11.0	Très fortement agressif
SC-OB-09-14	20+361	3.65-3.90	6.6	Très fortement agressif
		6.60-6.90	7.6	Très fortement agressif

La majorité des échantillons qui renferment des sulfates sont classés dans l'environnement fortement à très fortement agressif, donc il y a lieu de prévoir un ciment spécial pour la confection du béton des fondations d'ouvrages projetés et cela aux niveaux des tronçons où le sol est agressif.

VI.4.2.2 Recommandations :

Le Fascicule « bétons classification des environnements agressifs » (NFP 18-011, 1992) fournit des recommandations complémentaires des exigences, pour les bétons soumis aux environnements chimiques agressifs.

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

VI.4.2.3 Recommandations générales :

Il convient par ailleurs, d'attacher une attention particulière à la cure du béton avant son exposition au milieu agressif. La température et l'humidité relative pendant la confection sont les deux paramètres les plus importants conditionnant les performances à long terme du béton. Le risque d'évaporation excessive est maximum par temps chaud. Par temps froid le processus est moins rapide mais l'hydratation est également plus lente. Une cure insuffisante aura des conséquences néfastes sur la perméabilité, les résistances et la durabilité du béton.

Dans la mesure du possible, les éléments de structures trop minces et les angles vifs doivent être évités.

La compacité et la perméabilité du béton sont en relation respectivement avec la teneur en éléments fins (≤ 80 mm) et leur réactivité.

Tableau 4 — Recommandations générales

Niveau d'agressivité	A ₂	A ₃	A ₄	Remarques
Catégorie de ciment	Choix du ciment en fonction du type d'attaque (Voir chapitre 7 — Recommandations)			
Dosage minimal en ciment (kg . m ⁻³) (*)	$550 / \sqrt[5]{D}$ (*)	$700 / \sqrt[5]{D}$	$700 / \sqrt[5]{D}$ éventuellement	Fonction de la dimension maximale en mm des granulats.
E/C (**)	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,50$ éventuellement	Tenir compte de l'absorption par les granulats.
Granulats	Granulométrie conforme aux règles de composition des bétons.			
Ouvrabilité du béton	Consistance compatible avec une bonne mise en place et conduisant à la compacité maximale du béton. Vibration, usage éventuel d'adjuvants.			Pas d'addition supplémentaire d'eau.
Enrobage des armatures (***)	≥ 30 mm	≥ 40 mm	≥ 40 mm	
Protection supplémentaire	non nécessaire		enduit, peinture revêtement, imprégnation.	
(*) Dans le cas du béton précontraint et de l'eau de mer, le dosage minimal est toujours $700 / \sqrt[5]{D}$ (D = Dimension maximale des granulats en mm). (**) Les valeurs de E/C données à titre indicatif ne sont pas indépendantes de la catégorie de ciment. (***) Dépend aussi de la dimension des granulats et des règlements de calcul du projet.				

VI.4.2.4 Recommandations particulières :

Tableau 5 — Milieux contenant des sulfates (sols ou solutions)
Recommandations pour le choix du ciment

Degré d'agressivité	Niveau de protection	Choix du ciment
A ₁	1	Pas de recommandations particulières.
A ₂	2	CPA prise mer, CPJ (laitier, cendres volantes, pouzzolanes) prise mer, CLC, CHF, CLK.
A ₃	2	CPA avec C ₃ A ≤ 5 %, CHF (*), CLK, CPJ aux cendres volantes, laitier ou pouzzolanes (C ₃ A du clinker ≤ 5 %), Ciments alumineux, CLC (**).
A ₄	3	Idem A ₃ éventuellement + protection supplémentaire.

(*) Avec laitier ≥ 60 %.
(**) Avec CaO du ciment ≤ 50 %.

VI.4.3 Risque de dissolution des gypes :

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

VI.4.3.1 Localisation :

Logiquement, les sous tronçons à risque de dissolution des gypses seront inclus dans le précédent tronçon qui renferme un risque d'agressivité chimique lui-même contenu dans la zone inondable.

Tableau VI.13 Localisation des zones à risque de dissolution des gypses.

PK		Longueur (ml)	% des gypses	PK de prélèvement	Lithologie
Début	Fin				
16+600	16+700	100	14	16+625	Argile limono-marneuse, gypsifère plus au moins tufacée en surface.
17+200	17+300	100	25	17+225	
19+100	19+200	100	10	19+122	
20+300	20+400	100	07	20+361	

VI.4.3.2 Recommandations :

- Purge minimal sur 0.50 mètre de profondeur.
- La pose d'une géogrid ; pour augmenter la résistance au cisaillement sous la base du remblai.

VI.5 Conclusion :

D'après l'étude géologique et géotechnique de la région on conclut que notre sol est globalement qualité médiocre de classe de qualité (QS1) selon la classification de l'UIC avec les sous-classes en QS1^c.

CHAPITRE VII :
Dimensionnement de la
couche d'assise ferroviaire

Chapitre VII : Dimensionnement de la couche d'assise ferroviaire

VII.1 Introduction :

Par définition, la couche d'assise comprend la couche de ballast et la sous-couche (sous ballast). Leurs rôles principaux sont :

- L'amortissement des vibrations importantes provenant de contacte Rais – Roue.
- La répartition des charges provenant des traversés d'une manière presque uniforme sur la plateforme.
- La contribution à la stabilité longitudinale et transversale de la voie ferrée.
- L'évacuation des eaux de ruissellement par le drainage.

VII.2 Couche de ballast :

La couche de ballast est disposée sous les traverses, son épaisseur est de 300 mm à l'aplomb du rail en pleine voie.

La couche de ballast a les fonctions suivantes :

- Assurer, en raison de sa granulométrie particulière, le drainage et l'évacuation rapide des eaux zénithales.
- Constituer un amortisseur de vibrations très efficace grâce à ses propriétés rhéologiques.
- Permettre, au moyen du bourrage-dressage mécanisé, la rectification très rapide du nivellement et du tracé.

Le ballast doit être conforme à la norme EN 53-695.

Le ballast est constitué de concassés de pierres dures de calibre 25/50 provenant des carrières identifiées pour l'exécution du projet. Le ballast doit respecter les valeurs du fuseau de contrôle. Le ballast mis en voie doit être exempté de gangue, poussières, sables fins et débris. Au besoin, il aura été lavé et dépoussiéré.

Point singulier des fuseaux	Dimension des mailles carrées	Valeur du fuseau de contrôle
D max : 1.25 D	63	Passant 100 %
D	50	85% ≤ passant à D ≤ 99 %
Tamis intermédiaire	40 31,5	40% ≤ passant ≤ 74 % 10% ≤ passant ≤ 35 %
D	25	Passant ≤ 5 %
D min : 0.63 d	16	D min : 0.63

Chapitre VII : Dimensionnement de la couche d'assise ferroviaire

Le ballast doit aussi présenter les caractéristiques mécaniques suivantes correspondant au ballast utilisé sur le réseau classique :

- Résistance à l'usure déterminée selon l'essai Micro-Deval : $MDA \leq 10,5$
- Résistance à la fragmentation par chocs déterminée selon l'essai Los Angeles :
 $LA \leq 25$
- La valeur $LA + 2 * MD \leq 37$.

VII.3 Sous-couche :

La sous-couche est une couche d'adaptation interposée entre la couche de ballast et la plateforme, la sous-couche peut être mono ou multicouche.

Elle comprend du haut vers le bas, une couche sous ballast en grave propre bien gradué (0/31.5) puis une couche de fondation dans le cas de mauvais sol et enfin, s'il y a lieu une couche anti contaminatrice complétée par des feuilles de géotextile de séparation.

VII.3.1 Rôle de la sous-couche :

Elle a des rôles multiples :

- Amélioration de la portance et meilleure répartition des charges transmises.
- Contribution à l'amélioration de propriétés vibratoire.
- Anticontamination entre la plateforme et la couche de ballast.
- Protection contre l'érosion.
- Évacuation des eaux de pluies.

VII.3.2 Elle se constitue de :

VII.3.2.1 Une couche sous ballast :

Sous la couche de ballast on dispose la sous-couche, qui comprend les couches de sous ballast, couche de fondation.

Les rôles de la sous couche sont :

- Protection de la partie supérieure de la plateforme contre l'érosion qui résulte, soit, d'une part du poinçonnement opéré par les éléments de ballast, soit, d'autre part, de l'action des eaux zénithales.
- Protection des plateformes contre les effets du gel.
- Meilleure répartition des charges transmises, permettant d'obtenir au niveau de la partie supérieure de la plateforme des sollicitations de valeurs admissibles, à l'égard de l'indice de portance du sol.

Le sous ballast est exécuté en grave propre, bien graduée, comportant au moins 30% de concassés d'un calibre 0/31,5 mm.

Les meilleurs sous-produits des carrières ouvertes pour la préparation du ballast, pourront entrer dans la constitution du sous ballast.

VII.3.2.2 Une couche de fondation :

La couche de fondation est exécutée en grave propre bien graduée. Les matériaux employés sont, soit les sous-produits des carrières de ballast, soit des alluvions d'oued.

La granulométrie des matériaux de la couche de fondation doit répondre à la condition de non contamination par rapport à la couche de forme et à la couche de sous ballast.

VII.3.2.3 Une couche anti-contaminant :

Elle est constituée de sable propre compactée et complétée en outre par une feuille de feutre synthétique (géotextile) d'une épaisseur minimale de 10 cm, son rôle est d'empêcher les remonter des eaux capillaires du sol vers l'assise.

VII.4 La plate-forme :

VII.4.1 Définition :

La plate-forme est la partie supérieure en terre supportant la sous-couche. Elle est constituée de terres rapportées dans le cas d'un remblai ou du sol en place dans le cas d'un déblai.

Pour évaluer la qualité de la plate-forme, il convient :

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

VII.4.2 Classification des sols pour la plateforme :

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

- La nature géotechnique du sol ; à cet égard, on utilise l'identification géotechnique.
- Les conditions hydrogéologiques et hydrologiques locales 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
 - Les eaux de pluie sont évacuées correctement de la plateforme et les dispositifs longitudinaux de drainage sont en bon état de fonctionnement.

Si l'une au moins de ces trois conditions n'est pas remplie, les conditions hydrogéologiques et hydrologiques sont réputées mauvaises.

On distingue, selon que les conditions ci-dessus soient bonnes ou mauvaises et selon les modalités de tableau, les quatre classes de qualité QSi de sols ci-après :

Chapitre VII : Dimensionnement de la couche d'assise ferroviaire

- **QS0 : Sols “impropres”** à la réalisation d'une plateforme correcte et nécessitant certaines mesures confortatives, (remplacement du matériau sur une certaine épaisseur, traitement aux liants, utilisation de géotextiles, renforcement par pieux, etc.)
- **QS1 : Sols médiocres** acceptables tels quels, dont on doit toujours se préoccuper du bon drainage. Ces sols peuvent, éventuellement, être transformés en sols de meilleure qualité par un traitement approprié, (traitement aux liants).
- **QS2 : Sols moyens.**
- **QS3 : Bons Sols.**

D'après les résultats de l'étude géotechnique et selon la fiche UIC 719R, la classe de qualité du sol de la plateforme QS1 qui est un sol médiocre.

VII.4.3 La classe de portance pour la plateforme :

La portance d'une plateforme dépend de :

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

On peut distinguer, en fonction des paramètres ci-dessus les trois classes suivantes de plateformes en fonction de la qualité de leur portance :

- P1 : Plateforme médiocre.
- P2 : Plateforme moyenne.
- P3 : Plateforme bonne.

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

Classe de qualité du sol	Classe de portance de la plateforme	Couche de forme à mettre en œuvre pour obtenir cette classe de portance	
		Qualité	Epaisseur minimale (m)
QS1	P1	QS1	-
	P2	QS2	0.50
	P2	QS3	0.35
	P3	QS3	0.50
QS2	P2	QS2	-
	P3	QS3	0.35
QS3	P3	QS3	-

VII.4.4 Plate-forme proposée :

Compte tenu de ce qui précède, notamment de la classe des qualités du sol support le plus souvent rencontré le long du tracé est en majorité **QS1**, ainsi que les prescriptions données par les UIC nous conseillons d'opter pour une plateforme de **type P3** (Bonne plateforme) dimensionnée préalablement pour un tel type de sol (QS1).

Chapitre VII : Dimensionnement de la couche d'assise ferroviaire

Selon les données géotechniques et les données de base de la ligne Ain Beida – Khenchela-sous mission et suivant les indications de la fiche UIC 719-R, l'épaisseur de la couche de forme et de la couche d'assise seront définies comme suit :

- La classification du sol dominante sur le long du tracé est **QS1**.
- La plateforme adoptée (**P3**) selon la qualité du sol support et la qualité et l'épaisseur de la couche de forme choisi ($e_f = 50$ cm).

VII.5 Calcul de l'épaisseur minimale " e " des couches d'assises :

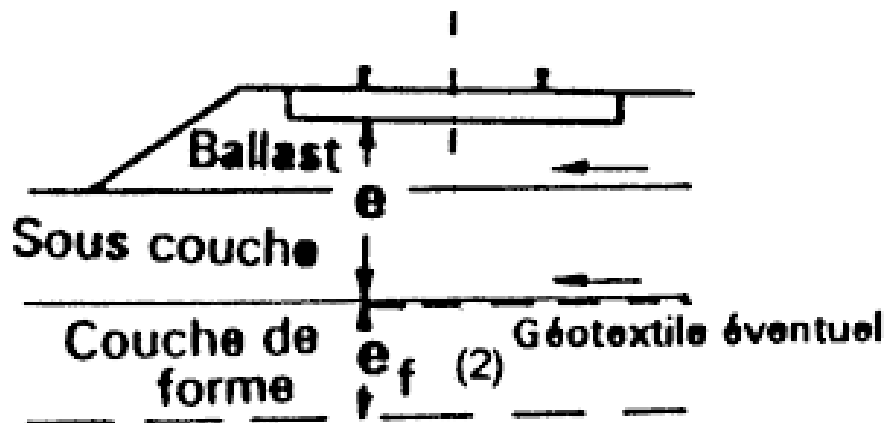


Figure VII.1 Epaisseur des couches d'assise.

La formule permettant la détermination de l'épaisseur minimale de la couche d'assise est donnée par :

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

e : L'épaisseur de la couche d'assise $e =$ épaisseur du ballast+ épaisseur de la sous couche.

Avec :

- E = (selon classe de la plateforme P1, P2, P3).
- a = selon la classe de la voie (groupe de 1 à 6 voir UIC 714).
- b = selon le type et la longueur de la traverse.
- c = (selon le type de dimensionnement).
- d = (selon la charge maximale à l'axe).
- g = Géotextile.

Chapitre VII : Dimensionnement de la couche d'assise ferroviaire

Tableau VII.2 les valeurs des différents paramètres pour le calcul de l'épaisseur.

E	0.70m	Pour les plateformes de classe de portance P1.
	0.55m	Pour les plateformes de classe de portance P2.
	0.45m	Pour les plateformes de classe de portance P3.
a	0 m	Pour les lignes des groupes UIC 1 et 2 (ou lignes à $V > 160$ km/h quel que soit le groupe (UIC)).
	-0.05	Pour les lignes de groupes UIC (3,4).
	-0.10	Pour les lignes de groupe UIC (5, 6,7, 8,9) avec voyageurs.
	-0.15	Pour les lignes de groupe UIC (7, 8,9) sans voyageurs.
b	0 m	Pour les travers en bois de longueurs $L = 2.6$ m
	$(2.50-L) / 2$ m	Pour les travers en béton de longueur L. (L et b en mettre si $L > 2.5$, b peut être négatif).
c	0 m	Pour un dimensionnement normal (nouvelle ligne).
	-0.1	À titre exceptionnel pour des opérations difficiles sur les lignes existantes de groupe UIC autre que "7, 8 et 9"
d	0 m	Lorsque la charge nominale maximale d'essieu des véhicules remorques est inférieur ou égale a 20 tonne/essieu.
	0.05 m	Lorsque cette charge est de 22 ,5 tonne/essieu.
	0.12 m	Lorsque cette charge est de 25 tonne/essieu.
f	0	Pour toutes les lignes parcourues à $V \leq 160$ Km/h et pour les plates-formes de portance P3, des lignes parcourues à grande vitesse.
	0.05 m	Pour les plates-formes de classe de portance P2 des lignes parcourues a grande vitesse.
	0.10 m	Pour les plates-formes de classe de portance P1 des lignes parcourues à grande vitesse.
g	+	Géotextile lorsque la couche de forme est en sol QS1 ou QS2.
	0	(Pas de géotextile), lorsque la couche de forme est en sol QS3.

VII.6 Application au projet :

Les valeurs retenues pour le calcul de l'épaisseur minimal sont mentionnées dans le tableau suivant :

Paramètre et valeurs	Critère de choix
E= 0.45 m	Pour une plateforme P3
a = -0.05	Pour les groupes UIC (3 et 4)
b =0.13 m suivant la formule $((2.5-L) / 2)$	Pour une traverse en béton de longueur $L = 2.24$ m
c = 0	Pour un dimensionnement normal
d = 0.12 m	Pour une charge normale d'essieu de 25 Ton/axe
f = 0	Pour une ligne de vitesse $V \leq 160$ Km/h et pour les plates formes de portance P3
g = 0	(Pas de géotextile), lorsque la couche de forme est en sol QS3.

Donc l'épaisseur $e = 0.45 - 0.05 + 0.13 + 0.12 = 0.65$ m

Chapitre VII : Dimensionnement de la couche d'assise ferroviaire

Nous avons pris la valeur de : $e = 0.65 \text{ m}$ avec :

Une épaisseur de couche de forme $ef = 0.50 \text{ m}$ de la couche de forme de classe QS3.

Les épaisseurs de chaque couche sont présentées dans le tableau et la figure suivante :

Tableau VII.3 Structure d'assise ferroviaire.

Couches	Épaisseur (cm)
Couche de Ballast	30
Couche de Sous ballast	20
Couche de fondation	15

Épaisseur totale : 65 cm.

VII.7 Conclusion :

Les dimensions peuvent mettre en évidence l'épaisseur des différentes couches qui doivent exister pour supporter et répartir les charges transmises par le matériel roulant. Nous nous sommes conformés aux normes UIC en vigueur.

CHAPITRE VIII : Etude Hydrologique et Hydraulique

Chapitre VIII : Etude Hydrologique et Hydraulique

VIII.1 Introduction :

Ce chapitre constitue l'étude hydrologique et hydraulique concernant le dimensionnement des ouvrages hydrauliques (ouvrages d'assainissement et de drainage) du Projet d'Exécution de la ligne ferroviaire entre AIN BEIDA et FEKRINA.

Ce dimensionnement est basé sur les critères suivantes :

- Ne pas modifier la géométrie naturelle des cours d'eau, dans la mesure du possible
- Bien gérer les eaux de ruissellement afin de limiter les problèmes d'érosion dans les talus.
- Prévoir des pentes minimales pour les ouvrages afin d'en faciliter le curage.

L'objectif du présent rapport hydrologique et hydraulique est de définir les ouvrages hydrauliques des oueds nécessaires tout le long du tracé ferroviaire Ain Beida – F'kirina du PK 5+500 à PK 20+400.

Les études hydrologiques et hydrauliques visent notamment à définir les ouvrages hydrauliques et à fournir les données hydrauliques nécessaires aux autres disciplines concernées par le projet.

VIII.2 Etude hydrologique :

L'étude hydrologique que nous allons entreprendre se résume à la détermination de différents apports de différents oueds, ainsi que la détermination des débits de crues.

Pour cette étude, on souligne l'importance des bassins versants, la pluviométrie et les caractéristiques du terrain.

Remarque :

Notre zone d'étude appartient au **bassin versant n°7**, Hauts plateaux Constantinois et partiellement dans le sous bassin (bassin n°07).

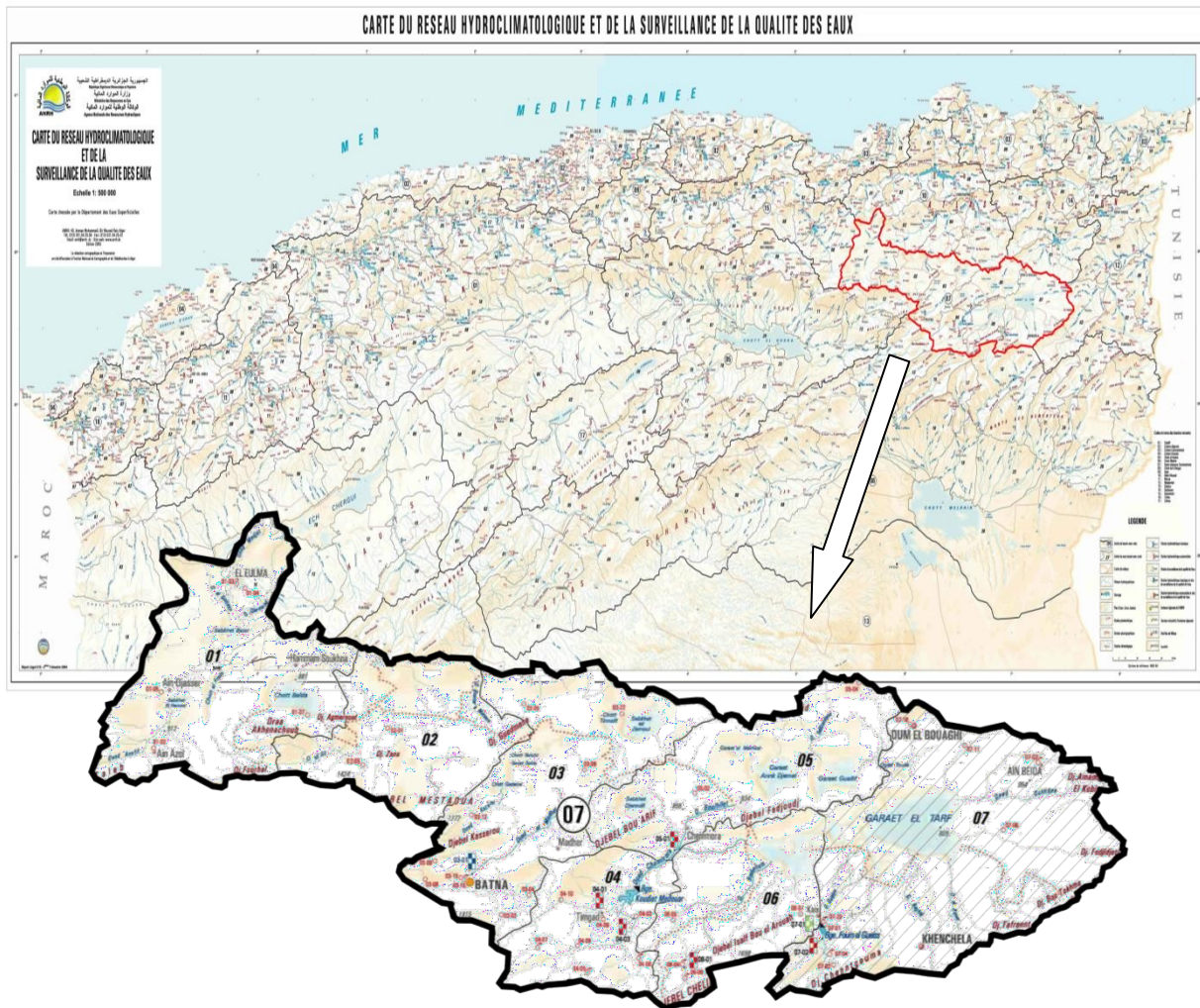


Figure VIII.1 Carte du réseau hydro climatologique (Bassin n°07)

Pour cette étude, on souligne l'importance des bassins versants, la pluviométrie et les caractéristiques du terrain.

VIII.2.1 Caractéristiques morphologiques des bassins versants :

Le bassin versant se définit comme une surface recevant les eaux qui alimentent une partie ou La totalité d'un cours d'eau.

Après l'identification des bassins versants, on évalue leurs paramètres explicatifs pour avoir les débits de crues apportés par chaque bassin versant des 4 qui sont au droit de l'axe de la voie étudiée.

Les caractéristiques les plus importantes sont récapitulées ci-après :

Chapitre VIII : Etude Hydrologique et Hydraulique

- S (km²) : Surface.
- P (km) : Périmètre.
- L (km) : Longueur du cours d'eau principal.
- KC : Indice de compacité. $0.28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$ Avec P : Périmètre du bassin en km.
Et A : Surface bassin en km².
- Hmax(m) : Altitude max.
- Hmin(m) : Altitude min.
- Hmoy(m) : Altitude moyenne.
- Dh [m] : différence entre l'altitude maximale et minimale du bassin.
- P [m/m] : pente du talweg principal $\rightarrow P [m/m] = \frac{Dh(m)}{L(m)}$.

Tableau VIII.1 Les caractéristiques des bassins versants.

N BV	Pk (Km)	SURFACE (Km ²)	LONGEUR [Km]	COTE MAX. [M]	COTE MIN. [M]	ALT. MOY [M]	PENTE [M/m]
1	10+465	61.704	19.45	1331	907	1119	0.022
2	13+325	19.212	8.31	1126	884	1005.00	0.029
3	19+787	4.7	6.30	895	854	874.50	0.007
4	20+290	322.22	29.37	1242	853	1047.5	0.013

VIII.2.2 Caractéristiques climatiques et pluviométriques :

VIII.2.2.1 Température :

Le tableau suivant montre que la température moyenne annuelle atteint les 16.6°C. Le mois de Décembre est le plus froid avec une température atteignant les 6.33°C. Au cours des mois de juillet et août, les températures dépassent 26°C.

Chapitre VIII : Etude Hydrologique et Hydraulique

Tableau VIII.2 Moyennes mensuelles des températures (°C) (station d'Ain Beida).

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	An
T min (°C)	17.7	11.7	6.29	3.56	0.5	2.66	5.57	6.37	11.7	16.3	18.4	18.8	10.0
T max (°C)	28.92	25.85	21.61	9.1	13.01	14.65	18.7	22.19	26.63	31.86	35.95	35.10	23.6
T moy(°C)	21.85	18.64	13.95	6.33	6.8	8.65	12.13	14.28	19.21	24.11	27.21	26.29	16.6

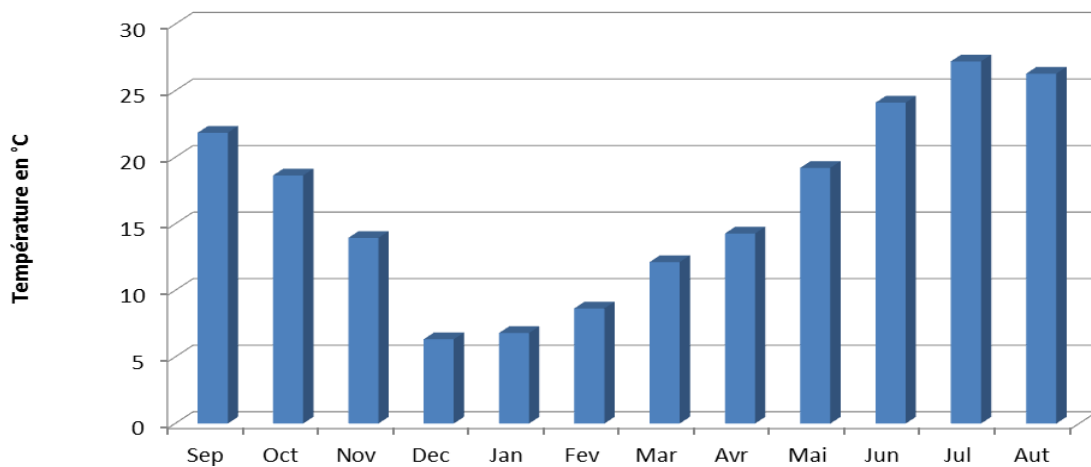


Figure VIII.2 Histogramme des températures moyennes mensuelles

VIII.2.2.2 Pluviométrie :

Située dans la zone des hauts plateaux constantinois, Le massif de l'Aurès est bien arrosé Puisque certains sommets enregistrent plus de 1000 mm/an. Cette région favorise ainsi les phénomènes du processus de formation des précipitations sous Un climat tributaire de la Méditerranée. Le régime d'écoulement, soumis au caractère très Irrégulier, subit directement l'influence continentale, traduisant un ruissellement rapide et violent De type très orageux.

Tableau VIII.3 Répartition pluviométrique mensuelle (station d'Ain Beida).

Mois	SEPT	OCT	NOV	DEC	JANV	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUN	JIL	AOUT	ANNUEL
P(mm)	40.6	37.6	38.9	42.3	38.3	34.9	52.4	46.9	48.3	23.9	13.9	26.3	444.3
P (%)	9.14	8.46	8.76	9.52	8.62	7.86	11.79	10.56	10.87	5.38	3.13	5.92	100.00

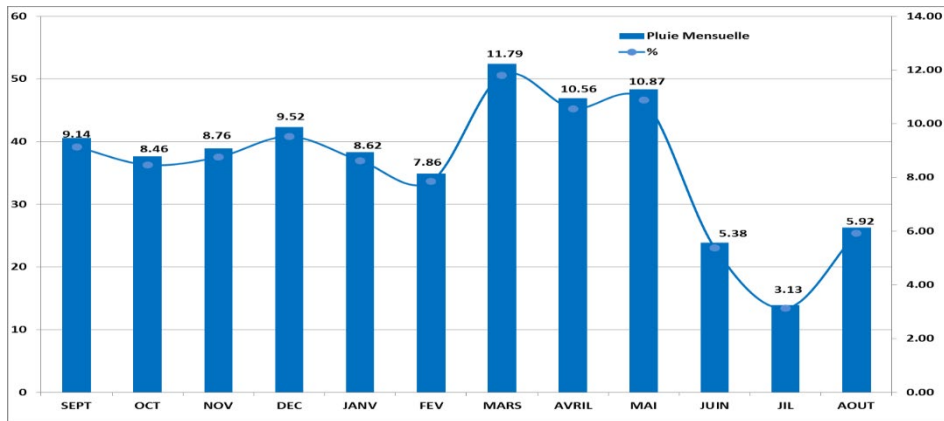


Figure VIII.3 Histogramme de la répartition pluviométrique mensuelle

VIII.2.3 Cartographie :

Les données topographiques disponibles pour l'étude d'exécution proviennent de différentes Cartes d'état-major et cartes satellitaires et de la restitution faite à partir d'un levé topographique.

Dans notre étude on a utilisé les cartes d'état-major permettant la délimitation des bassins Versants drainés l'infrastructure du chemin de fer projeté.

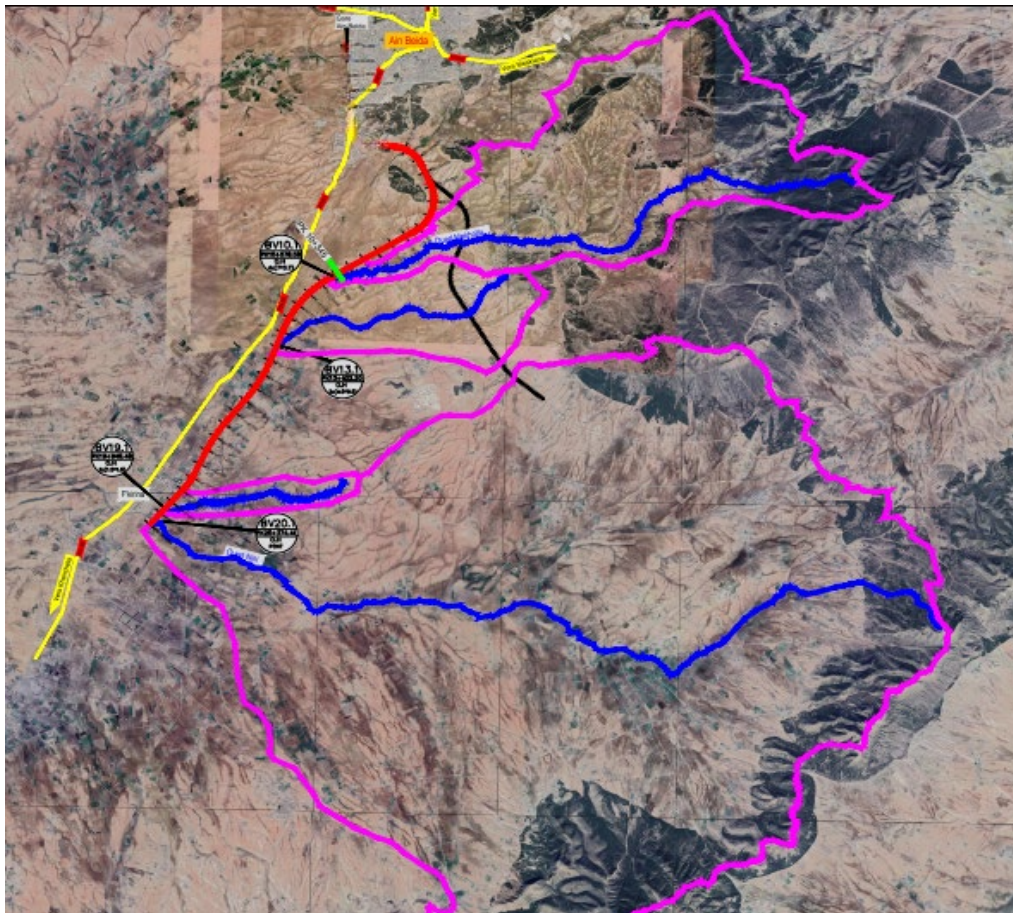


Figure VIII.4 Carte d'Etat major (image satellitaire)

VIII.2.4 Les précipitations :

Les données de la région d'étude ont été recueillies auprès de l'agence nationale des ressources en eau (A N R H) et de l'office national de la météorologie (O N M)

NB : Vous trouverez les données de pluie : 707070 Ain Beida dans les annexes de ce mémoire. (VOIR ANNEXE 11 et 12)

VIII.2.5 Le temps de concentration « Tc » :

Le calcul du temps de concentration a une grande influence sur l'évaluation des débits des crues, ce temps caractéristique d'un bassin versant dépend de l'étendue, de la forme et de la pente du bassin versant.

Formule de VENTURA : (B.V inférieur à 10 Km²) :

$$T_c = 0.127 \times \sqrt{\frac{A}{I}}$$

- T_c : Temps de concentration en (heures) ;
- A : Superficie du bassin-versant en (Km²) ;
- I : Pente moyenne du thalweg principal en (m.p.m).

Formule de PASSINI :

$$T_c = 0.108 \times \frac{\sqrt[3]{A \times L}}{\sqrt{I}}$$

- T_c : Temps de concentration en (heures) ;
- A : Superficie du bassin-versant en (Km²) ;
- L : Longueur du thalweg en (Km) ;
- I : Pente moyenne du thalweg principal en (m.p.m).

Formule de GIANDOTTI :

$$T_c = \frac{4 \times \sqrt{A} + 1.5 \times L}{0.8 \times \sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$$

- T_c : Temps de concentration en (heures) ;
- A : Superficie du bassin-versant en (Km²) ;
- L : Longueur du thalweg en (Km) ;
- H_{moy} : Hauteur moyenne du bassin versant en (m).

Chapitre VIII : Etude Hydrologique et Hydraulique

- Hmin : Hauteur minimale du bassin versant en (m).

Application sur BV1 :

FORMULE	APLLICATION NUM	RESULTATS (h)
VENTURA	$0.127 \times \sqrt{\frac{A}{I}} = 0.127 \times \sqrt{61.704/0.022}$	6.725
PASSINI	$0.108 \times \sqrt[3]{\frac{A \times L}{\sqrt{I}}} = 0.108 \times \sqrt[3]{61.704 \times 19.45 / \sqrt{0.022}}$	7.73
GIANDOTTI	$\frac{4 \times \sqrt{A} + 1.5 \times L}{0.8 \times \sqrt{HMOY} - \sqrt{HMIN}} =$	5.20

Application sur BV2 :

FORMULE	APLLICATION NUM	RESULTATS (h)
VENTURA	$0.127 \times \sqrt{\frac{A}{I}} = 0.127 \times \sqrt{19.212/0.029}$	3.268
PASSINI	$0.108 \times \sqrt[3]{\frac{A \times L}{\sqrt{I}}} = 0.108 \times \sqrt[3]{19.212 \times 8.31 / \sqrt{0.029}}$	3.437
GIANDOTTI	$\frac{4 \times \sqrt{A} + 1.5 \times L}{0.8 \times \sqrt{HMOY} - \sqrt{HMIN}} =$	3.4

Application sur BV3 :

FORMULE	APLLICATION NUM	RESULTATS (h)
VENTURA	$0.127 \times \sqrt{\frac{A}{I}} = 0.127 \times \sqrt{4.7/0.007}$	3.41
PASSINI	$0.108 \times \sqrt[3]{\frac{A \times L}{\sqrt{I}}} = 0.108 \times \sqrt[3]{4.7 \times 6.30 / \sqrt{0.007}}$	3.99
GIANDOTTI	$\frac{4 \times \sqrt{A} + 1.5 \times L}{0.8 \times \sqrt{HMOY} - \sqrt{HMIN}} =$	-

Application sur BV4 :

FORMULE	APLLICATION NUM	RESULTATS (h)
VENTURA	$0.127 \times \frac{\sqrt{A}}{I} = 0.127 \times \frac{\sqrt{322.22/0.013}}$	-
PASSINI	$0.108 \times \sqrt[3]{\frac{A \times L}{\sqrt{I}}} = 0.108 \times \sqrt[3]{322.22 \times 29.37 / \sqrt{0.013}}$	-
GIANDOTTI	$\frac{4 \times \sqrt{A} + 1.5 \times L}{0.8 \times \sqrt{HMOY} - \sqrt{HMIN}} =$	10.39

Conclusion :

On élimine les valeurs des formules non applicables et procéder vers une interpolation

Le temps de concentration retenu sera la moyenne des valeurs obtenues par les méthodes applicable

Tc1 = 5.2 h.

Tc2 = 3.44+3.4/2=3.433 h.

Tc3 = 3.41 h.

Tc4 = 10.39 h.

VIII.2.6 Calcul de l'intensité de pluie :

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

$$I(t,T) = a (T)/t^b$$

- I : Intensité de pluie exprimée en mm/h.
- T : période de retour exprimé en ans.
- t : temps exprimé en heures.
- a et b : paramètres de Montana.

Tableau VIII.4 Valeur de coefficient de Montana (a et b) en fonction de période de retour (t)

b = 0.73						
T (ans)	2	5	10	20	50	100
a (T)	14.7	20.2	23.8	27.3	31.8	35.2

Chapitre VIII : Etude Hydrologique et Hydraulique

Tableau VIII.5 Valeur des intensités obtenues en mm/h.

N BV	PK	SURFACE (km ²)	I 10ANS (mm/h)	I50ANS (mm/h)	I100ANS (mm/h)
1	10+465	61.704	7.15	9.55	10.57
2	13+325	19.212	9.67	12.92	14.30
3	19+787	4.7	9.71	12.98	14.37
4	20+290	322.22	4.31	5.76	6.38

Exemple de calcul pour BV1 :

Résultats des intensités :

$$I(10\text{ans}) = 23.8/5.2 * 0.73 = 7.15 \text{ mm/h}$$

$$I(50\text{ans}) = 31.8/5.2 * 0.73 = 9.55 \text{ mm/h}$$

$$I(100\text{ans}) = 35.2/5.2 * 0.73 = 10.57 \text{ mm/h}$$

VIII.2.7 Coefficients de ruissellement :

Le ruissellement superficiel correspond à l'eau provenant de la pluie, qui circule par la superficie et qui se concentre dans les lits, Cela représente par conséquent, le reste de pluie qui reste dans la superficie après avoir décompté les phénomènes d'évaporation et d'évapotranspiration, de stockage et d'infiltration dans les couches inférieures.

Le coefficient de ruissellement est estimé par la méthode préconisée de KENESSEY qui est la

Somme de trois (03) coefficients partiels :

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

$$\text{NB : } C = C1 + C2 + C3$$

Coefficient C1 :

Pente	C1		
≤ 3,5 %	0,01	0,03	0,05
Entre 3,5 et 11 %	0,06	0,08	0,10

Chapitre VIII : Etude Hydrologique et Hydraulique

Entre 11 et 35 %	0,12	0,16	0,20
> à 35 %	0,22	0,26	0,30

Coefficient C2 :

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

Coefficient C3 :

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

$$C = C1 + C2 + C3$$

La formule de coefficients de ruissellement :

$$C = \frac{\sqrt{P_{tc\%}} - \sqrt{H_0}}{\sqrt{P_{tc\%}} + \sqrt{H_0}}$$

- Ptc : Pluie de courte durée correspondante au temps de concentration « Tc » et à une fréquence « F », (mm).
- $P_{tc\%} = P_{jmax} (t_c/24)^b$
- H0 : Perte des pluies (entre 2 et 7).

VIII.2.8 Calcul du débit maximal dans les bassins (les débits de crue) :

Pour estimer le débit des crues des différents bassins versant obtenus par délimitation, nous avons le choix entre une multitude de formules pour le calcul du débit de projet, C'est ainsi que nous optant pour les trois méthodes qui s'adaptent le mieux à la région d'étude et les données caractéristiques notamment les surfaces des bassins versants.

La formule rationnelle : : (Pour les bassins versant de surface inférieure à 10 km²)

$$Q = \frac{Cr \times i \times S}{3.6} \quad (m^3/s)$$

Où:

- Q : Débit de point de crue (m³/s) ;
- i : Intensité de précipitation pour le temps de concentration du bassin versant et la récurrence souhaitée (mm/h) ;
- S : Aire du bassin versant qui contribue pour la section objet d'étude (km²).
- Cr : Coefficient d'écoulement.

La formule de Turraza : (10km² ≤ bv ≤ 25 km²)

$$Q_{max} = C \cdot P_{tc} \cdot S / T_c \cdot 3,6$$

Où :

- S : surface du bassin versant en (Km²).
- P_{tc} : pluie de courte durée pour t = T_c, (mm) T_c : temps de concentration, (heure).
- C : coefficient d'écoulement.
-

La formule de Mallet-Gauthier : (BV supérieure à 25Km²)

$$Q_{max} = (2 \cdot k) \cdot \log(1 + A \cdot P_0) \cdot (S/L^{0.5}) \cdot [1 + 4 \cdot \log(T) - \log(S)]^{0.5}$$

Avec :

- K : Constante comprise entre 1 et 3 ; K= 1.5
- A : 25,
- P₀ : Précipitation moyenne interannuelle en (m)
- S : surface du bassin versant en (Km²)
- L : Longueur du talweg principal en (Km) T : période de retour (ans).

Traitement statistique :

Les séries de données des pluies journalières maximales ont été ajustées à une loi de Gumbel :

Les paramètres g (le gradex) et X₀ (le mode) sont estimés à partir de la moyenne \bar{X} et de l'écart type σ des précipitations journalières maximales par les relations :

Chapitre VIII : Etude Hydrologique et Hydraulique

$$g = 0.78 * \sigma \quad \text{et} \quad X_0 = X - 0.577g$$

$$F(X) = \bar{X} + \sigma (0.78 * u - 0.45) \quad \text{avec} \quad u = \text{LN}(-\text{LN}(f))$$

\bar{X} : Moyenne de la série d'observations.

σ : Ecart type de la série d'observations.

u : Variable de Gumbel.

f : fréquence.

NB : En l'absence d'observation exhaustives sur la pluviométrie et la pluviographe, le recours aux procédures d'interpolation est utile pour la reconstitution de l'information.

L'interpolation :

- Des pluies journalières maximales décennales $P_j \text{ max } 10$ (en mm).
- Des gradex des pluies journalières maximales décennales (en mm)
- Des b de Montana.
- Et des coefficients de Weiss (k_w) (sans unités).

a permis d'identifier pour ce lieu les valeurs correspondantes :

Période de retour	Fréquence	U Gumbel	Pjmax
10 ans	0.90	2.25	53.3
20 ans	0.95	2.95	60.9
50 ans	0.98	3.90	70.7
100 ans	0.99	4.60	78.1

→ **Donc le tableau suivant représente débit maximal pour une période de retour 100 ans pour chaque bassin versant**

N BV	SURFACE (km ²)	RATIONNELLE			TURRAZA			MALLET - GAUTHIER		
		Q10	Q50	Q100	Q10	Q50	Q100	Q10	Q50	Q100
1	61.704	73.50	111.30	126.82	73.53	111.30	126.82	78.31	107.12	117.37
2	19.212	30.97	46.9	53.44	30.96	46.88	53.43	40.14	53.13	57.84
3	4.7	7.61	11.01	12.75	7.61	11.01	12.75	12.17	15.61	16.88
4	322.22	-	-	-	-	-	-	185.71	270.52	299.75

NB : Le résultat le plus adopté par rapport au BV 1.2.4 est la formule MALLETT GAUTHIER ET elle sera portée autant que débit de crue.

BV3 : MAX (Rationnelle ; Turraza).

VIII.3 Etude hydraulique :

VIII.3.1 Introduction :

L'étude hydraulique est une analyse approfondie des écoulements d'eau dans un système hydraulique, tels que des canaux, des rivières, des lacs, des réservoirs, des barrages et des systèmes de drainage. Elle permet de comprendre la dynamique de l'eau dans ces systèmes, de prévoir les débits et les niveaux d'eau, et de déterminer les caractéristiques des structures hydrauliques nécessaires pour contrôler ou exploiter l'eau.

VIII.3.2 Types d'ouvrages transversaux :

VIII.3.2.1 Les buses :

Les buses sont des ouvrages transversaux de section circulaire qui peuvent être en béton ou métalliques. Pour notre projet on utilise des buses en béton. En raison des difficultés liées aux manutentions, les buses en béton dépassent rarement les diamètres $\varnothing=1.20\text{m}$, elles nécessitent une fondation rigide (en béton).

VIII.3.2.2 Les dalots :

Les dalots sont des ouvrages transversaux comme les buses mais de section rectangulaire ou carrée et exécutés exclusivement en béton armé. Ce sont des ouvrages sous chaussée qui ne nécessitent aucun remblai ; une circulation à même la dalle peut être envisagée moyennant des précautions lors de la construction ; ils ne peuvent admettre qu'une faible épaisseur de remblai (1 à 2m), à moins d'être calculés spécialement pour les surcharges. Si la chaussée est à revêtir, ces remblais doivent être proscrits.

VIII.3.3 Dimensionnement des ouvrages transversaux :

Les périodes de retour à utiliser dans le calcul, constituent le premier pas de l'étude d'hydrologie et hydraulique. Ces périodes de retour sont directement en relation avec les risques pouvant être assumés par l'infrastructure. Le dimensionnement de tous les ouvrages hydrauliques des cours d'eau (dalots et ponts) est calculé pour la crue centennale (100ans).

VIII.3.3.1 Méthode de MANNING STRICKLER :

Le principe général consiste à vérifier que le débit à évacuer correspondant à une pluie Centennale est inférieur au débit maximal supporté par de l'ouvrage choisi, tout au long de L'écoulement. Ce critère permet d'assurer que la voie reste en bon état lors d'un événement pluvieux Centennale. D'autre part, le dimensionnement doit assurer que les vitesses soient inférieures à 4 m/s Dans les ouvrages bétonnés. Le débit maximal à pleine section (saturation) d'un ouvrage hydraulique est estimé par la Relation de MANNING STRICKLER :

$$Q_s = K_s S M R_h^{2/3} I^{1/2}$$

- I : Pente longitudinale de l'ouvrage (m/m).
- R_h : Rayon hydraulique $\frac{\text{section mouille}}{\text{perimetre mouille}}$
- SM : Section mouillée de l'ouvrage $b \times H_u$ (m²)
- b : Largeur de l'ouvrage (m).
- H_u : Hauteur utile (m).
- HT : Hauteur totale (m).
- K_s : Coefficient de rugosité ; Pour le béton $K_s=70$.

Prédimensionnement du dalot :

$$1. R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8 H_t \times b}{1.6 H_t + b} \quad \rightarrow \quad Q_a = Q_s = K_s \cdot I^{1/2} \cdot 0.8 H_t \cdot b \cdot \left(\frac{0.8 H_t \times b}{1.6 H_t + b} \right)^{2/3}$$

Après calcul itérative. On tire $H_t \rightarrow H_{t_{i+1}} = \left(\frac{Q_a}{K_s \times I^{1/2} \times b} \right)^{3/5} \cdot \left(\frac{1 + 1.6 \times \frac{H_{t_i}}{b}}{0.8} \right)^{2/5}$

2. Le critère d'arrêt $H_{t_{i+1}} - H_{t_i} < 10^{-3}$.

Vérification des conditions d'auto curages :

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

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

VIII.3.3.2 Standardisation de la dimension des ouvrages hydrauliques :

Il ressort que la standardisation des ouvrages hydrauliques mineurs permet de faciliter les travaux de mise en œuvre des ouvrages et, par conséquent, les coûts de son construction réduite. La dimension standardisée des dalots projetés est récapitulée comme suit :

- C1 : 1,5 × 1,5 mètre
- C2 : 2,0 × 2,5 mètres
- C3 : 3,0 × 3,0 mètres

Chapitre VIII : Etude Hydrologique et Hydraulique

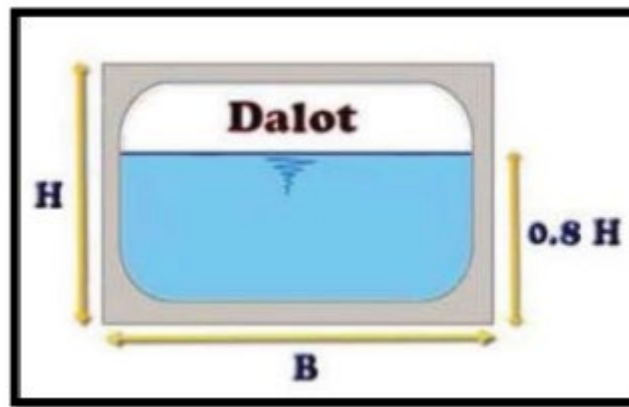
→ D4 : 4,0 × 4,0 mètres

→ D5 : 5,0 × 2,5 mètres

VIII.3.3.3 Application : Dimensionnement d'un dalot :

BV	PK	Q	KS	I
2	13+325	57.84	70	0.005

NB : Les calculs hydrauliques des ouvertures rectangulaires doivent être vérifiés pour un taux de remplissage de 80 % $h = 0.8H$.



Pour ce dalot, on suppose la hauteur totale du dalot et la base B, on pose préalablement que **B=4m et h=4m**, et par la méthode des itérations on cherche la hauteur de remplissage h qui satisfait l'égalité entre le débit calculé par la formule de MANNING-STRICKLER et le débit de transit :

$$Q = KS \times Sm \times Rm^{2/3} \times \sqrt{I}$$

Sachant que :

$$Sm = B \times 0.8H$$

$$Rm = \frac{0.8H \times B}{B + 1.6H}$$

Donc :

$$Hn + 1 = \left(\frac{Q_{100ans}}{KS \times \sqrt{I}} \right)^{3/5} \times \frac{(1.6H + B)^{2/5}}{0.8B}$$

Chapitre VIII : Etude Hydrologique et Hydraulique

BV	B	H calcule	H adopte	DALOT
2	4	3.48	4	4*4

On a :

$S_m = 12.8$

$$Q_{ps} = 70 \times 12.8 \times \frac{12.8^{2/3}}{14.4} \times \sqrt{0.005} = 58.56 \text{ m}^3/\text{s} \geq Q_{100ans} = 57.84 \text{ m}^3/\text{s} \text{ vérifier .}$$

Vérification des conditions d'auto curages :

- $V_{ps} = \frac{Q_{ps}}{S_m} = \frac{58.56}{12.8} = 4.575 \text{ m/s.}$
- $\frac{Q}{Q_{PS}} = 0.1$ Et $\frac{v}{v_{ps}} = 0.64 \rightarrow V = V_{ps} \times 0.64 = 2.928 > 0.6 \text{ m/s.}$
- $\frac{Q}{Q_{PS}} = 0.01$ Et $\frac{v}{v_{ps}} = \rightarrow V = V_{ps} \times 0.315 = 1.441 > 0.3 \text{ m/s.}$

VIII.3.3.4 Dimension du système de drainage transversal le long du tracé :

N BV	PK	Surface	Débit (m^3/s)	KS	i	Type d'ouvrage	Dimension (B x A)	A Prolonger/ A Projeter
1	10+465	61.704	117.37	70	-	PONT	-	A projeter
2	13+325	19.212	57.84	70	0.005	DALOTS	(4*4)	A projeter
3	19+789	4.7	12.75	70	0.005	DALOTS	(1.5*1.5)	A projeter
4	20+290	322.22	299.75	70	-	PONT	-	A projeter

Vérification des conditions d'auto curages :

Ouvrage (Type)	S_m (m^2)	P_m (m)	R_h (m)	I (M/m)	Q_s (m^3/s)	V_{ps} (M/s)	Si $Q=0.1Q_p$ alors $V >$ 0.6m/s	Si $Q=0.01Q_{ps}$ Alors $V >$ 0.3 m/s
PONT								
DALOT	12.8	14.4	0.88	0.005	58.56	4.575	2.9	1.441

DALOT	3.60	6.1	0.59	0.005	13	3.611	2.31	1.137
PONT								

Remarque : les conditions d'auto curages sont vérifiées ✓.

VIII.3.4 Dimensionnement des ouvrages longitudinaux :

VIII.3.4.1 Introduction :

Le drainage longitudinal est un système de drainage des eaux de pluie ou de ruissellement sur les voies ferrées. Il permet de prévenir l'accumulation d'eau sur les rails, ce qui peut causer des problèmes de sécurité pour les trains en circulation, tels que des déraillements ou des glissements de terrain.

Le drainage longitudinal est réalisé en construisant des fossés ou des caniveaux le long de la voie ferrée, qui collectent les eaux de pluie ou de ruissellement et les acheminent vers des points de décharge tels que des bassins de rétention ou des ruisseaux. Les caniveaux peuvent être construits en béton, en asphalte ou en pierre, et peuvent être dotés de grilles ou de filtres pour éviter l'accumulation de débris ou de sédiments.

VIII.3.4.2 Dimensionnement des fossés :

Ils assurent la collecte et l'évacuation des ruissellements superficiels générés par la plateforme ferroviaire, les bermes et les talus vers les exutoires naturels ou les ouvrages d'assainissement transversaux, ceci est en fonction des pentes du fossé et la nature des matériaux du sol support.

La capacité hydraulique (débit de saturation) de ces fossés est calculée en utilisant la formule de « Manning Strickler » sur un écoulement à surface libre :

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

Tels que

- La surface mouillée : $S_m = (b+z.h).h$
- Le périmètre mouillé $P_m = b+2h \cdot \sqrt{1+z^2}$
- Le rayon hydraulique : $R_h = S_m / P_m$ avec : z la pente des berges.
- Q : Débit décennal (en m³/s)
- K_s : Coefficient de rugosité Strickler ($KS=1/n$, n est le nombre de Strickler tel que $n=0,013$ pour fossé revêtu (en béton) et $n=0,025$ pour tranchée sans revêtement)
- I : Pente (La déclivité longitudinale des fossés en zone de déblai est identique au gradient du profil en long de la voie).

Comme mentionné avant, la fosse adoptée est de forme trapézoïdale comme la figure suivante l'indique :

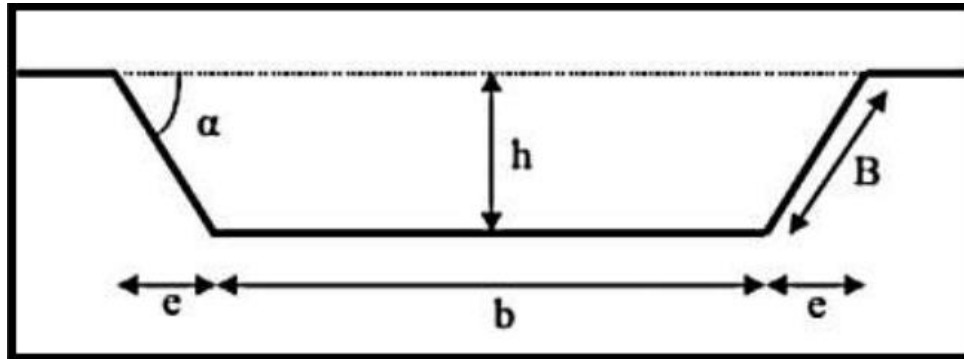


Figure VIII.5 Fossé de forme trapézoïdale.

- La hauteur maximale admissible de remplissage pour l'écoulement dans les fossés est la hauteur totale.
- Pour la détermination des dimensions des fossés on va faire des itérations pour obtenir la hauteur h après avoir fixé la base (b)

Pour la détermination des dimensions des fossés on va faire des itérations pour obtenir la hauteur h après avoir fixé la base (b) et la pente des berges ($z = e/h = 1/(\tan\alpha)$).

VIII.3.4.2.1 Application sur le projet :

VIII.3.4.2.1.1 Les hypothèses suivantes ont été émises pour le dimensionnement :

- Coefficient de rugosité Strickler $K_s = 70$ (correspondant à des fossés consolidés revêtement en béton grossier)
- La déclivité longitudinale des fossés en zone de déblai est identique au gradient du profil en long de la voie.
- Forme trapézoïdale avec déclivité du talus 2:3
- Le calcul des débits se fait dans le cas le plus défavorable, où il y a un remblai ou un déblai qui s'étend une grande longueur avec une hauteur importante.

VIII.3.4.2.1.2 Calcul des débits d'apport :

Le débit à évacuer qui est la somme des 3 débits La plate-forme, les bermes et les talus :

$$Q_a = Q_{pf} + Q_b + Q_t.$$

Chaque débit est déterminé en utilisant la méthode rationnelle :

$$Q = \frac{C_r \times i \times S}{3.6} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

- Q : Débit de crue correspondant au bassin versant, avec une période de retour T (m^3/s).

Chapitre VIII : Etude Hydrologique et Hydraulique

- C : Coefficient de ruissellement.
- I : Intensité de pluie (mm/h).
- A : Surface du bassin versant considéré : la plate-forme / les bermes / les talus, en (km²).

Le système de drainage longitudinal a été dimensionné pour une période de retour de 10 ans (a = 23.8 ; b= 0.73).

Tableau VIII.6 Calcul des débits à évacuer dans le cas de remblai et déblai.

		CAS REMBLAI	CAS DEBLAI
		Le cas plus défavorable : Longueur= 5107.14 m Htalus= 5.64m Berme = 0.5 m Largeur de la plateforme=6.8 m	Le cas plus défavorable : Longueur= 324.14 m Htalus= 3.26m Berme = 0.5 m Largeur de la plateforme=6.8 m
Plateforme	Cr	0.95	0.95
	P(m/m)	0.04	0.04
	A(Km²)	0.034729	0.002204152
	Tc(h)	0.11834	0.02981
	I (mm/h)	113.029	309.238
	Qpf (m³/s)	1.037	0.180
Talus	Cr	0.7	0.7
	P(m/m)	2/3	2/3
	A(Km²)	0.05194	0.00301515
	Tc(h)	0.04093	0.00854
	I (mm/h)	245.350	770.216
	QT (m³/s)	2.48	0.452
	Cr	0.7	0.7
	P(m/m)	0.04	0.04
	A(Km²)	0.00255357	0.00016207

Chapitre VIII : Etude Hydrologique et Hydraulique

Berme	T_c(h)	0.03209	0.00808
	I (mm/h)	293.040	801.986
	QB (m³/s)	0.1456	0.025
Q_a (m³/s) (totale)		Q_{pf}+Q_T+Q_B = 3.66	Q_{pf}+Q_T+Q_B = 0.657

VIII.3.4.2.1.3 Dimensionnement des fossés :

Le choix de type du fossé est en fonction du débit à évacuer qui est rapporté par la plateforme, les bermes et les talus : $Q_a = Q_{pf} + Q_t + Q_b$.

Cas de remblai :

B	H	z	S _m (m ²)	P _m (m)	R _h	K _s	I(m/m)	Q _s (m ³ /s)
0.6	0.6	1.5	0.9	2.76	0.33	70	0.02	4.25

Cas de déblai :

B	H	z	S _m (m ²)	P _m (m)	R _h	K _s	I(m/m)	Q _s (m ³ /s)
0.3	0.3	1.5	0.225	1.38	0.16	70	0.02	0.66

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

$$Q_a < Q_s$$

REMARQUE :

Pour la totalité du tracé nous prenons un fossé de forme trapézoïdal :(b= 0.6 m, h= 0.6 m, pente=3/2 H/V).

Tableau VIII.7 Dimensionnement du fossé proposé.

B	H	z	S _m (m ²)	P _m (m)	R _h	K _s	I(m/m)	Q _s (m ³ /s)
0.6	0.6	1.5	0.9	2.76	0.33	70	0.02	4.25

VIII.4 Zone inondable :

Suite à l'étude hydrologique nous avons la zone inondable qui débute du pk 16+600 jusqu'à la fin de notre projet étudié pk 20+400, À cet effet, pour protéger les talus de la voie contre les eaux des crues, nous avons considéré que le niveau de NPHE dans cette section sera pris égal aux niveaux du terrain naturel plus **0.60m.** + un facteur de sécurité estimé par **0.5**

Ce qui nous poussés à prendre les mesures de protection suivantes :

- On est obligés de passer avec un profil en remblais = NPHE+0.5 le long de la zone.
- Ajouter des buses d'équilibre.
- La mise en œuvre du matériau drainant $D \leq 200mm$.

NB : Dans le contact du matériau drainant avec les matériaux de remblai nécessite de mettre un géotextile de séparation.

Les caractéristiques de la Géotextile de séparation :

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

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

VIII.4.1 Ouvrage d'équilibre : (buse)

Les buses d'équilibre ont pour rôle principal d'équilibrer les quantités d'eaux de chaque côté de la ligne ferroviaire.

Leur positionnement a été dimensionnée chaque 1km de notre trace.

Pk	Ouvrage
16+000	Buse Ø1500
17+000	Buse Ø1500
18+000	Buse Ø1500
19+000	Buse Ø1500
20+000	Buse Ø1500

CHAPITRE IX : Profil en travers

Chapitre IX : Profil en travers

IX.1 Introduction :

Le profil en travers est une coupe transversale perpendiculaire à l'axe du projet, contenant tous les éléments de la superstructure, de l'infrastructure et d'assainissement. Il précise les dévers appliqués à la voie, et il permet de visualiser :

- Les différentes couches constituant l'assise ferroviaire.
- Les gabarits, entraxes et clôtures.
- Les dispositifs hydrauliques et les équipements de signalisation et de télécommunications.

IX.2 Les éléments du profil en travers :

En chemin de fer, le profil en travers type doit indiquer les éléments suivants :

IX.2.1 Eléments de l'infrastructure :

On mentionne :

- La dénomination et l'épaisseur de chaque couche.
- La pente transversale de chaque couche
- La pente latérale de la plateforme.

IX.2.2 Eléments de la superstructure :

- Le type de rail utilisé et la valeur de l'écartement de chaque voie.
- Le type de traverse utilisé.
- L'épaisseur de la couche de ballast.
- La valeur du dévers maximum en courbe.
- La longueur des butées du ballast.

IX.2.3 Eléments du talus :

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

IX.2.4 Eléments d'assainissement :

On indique Le type et dimension du fossé ou des drains.

NB :

Un profil de voie ferrée comporte le dessin ou un grand nombre de profil en travers. Pour éviter de reporter sur chacun d'eux les dimensions générales qui se répète-t-on établit en général un profil unique appelé " profil en travers type". Le profil en travers se rapporte à un point bien défini du tracé et contient les informations spécifiques à ce point de distance et varie selon la nature du terrain.

IX.3 Profil en travers type de notre projet :

- Type de ligne : voie unique mixte électrifiée.
- Ecartement de la voie : 1.435 m.
- Largeur de la plate-forme : 8 m.
- Pente latérale de la plate-forme : 4%.
- Pente latérale de la couche de ballast : 3H/2V
- Epaisseur du ballast : 30 cm
- Epaisseur du sous-ballast : 20 cm.
- Couche de fondation : 15 cm
- Epaisseur de la couche de forme : 50 cm.
- Pente (déblai : 3H/2V et remblai : 3H/2V).
- Fossé trapézoïdale en terre de $B = 0.6\text{m}$ $H = 0.6\text{m}$

IX.4 Calcul des cubatures

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

Après avoir effectué les profils en travers courants du projet, on se permet finalement de calculer le volume total des différentes couches, notamment le volume de remblai et déblai.

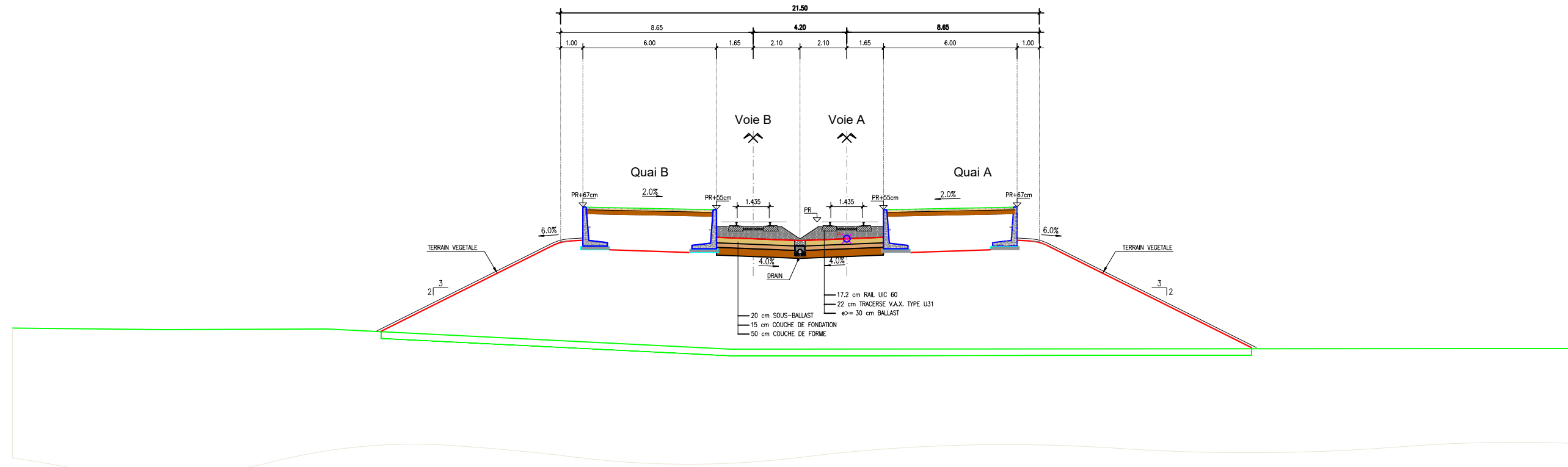
Pour notre projet, le calcul des cubatures de terrassement a été fait à l'aide du logiciel CIVIL 3D.

Tableau suivant représente les résultats de calcul automatique :

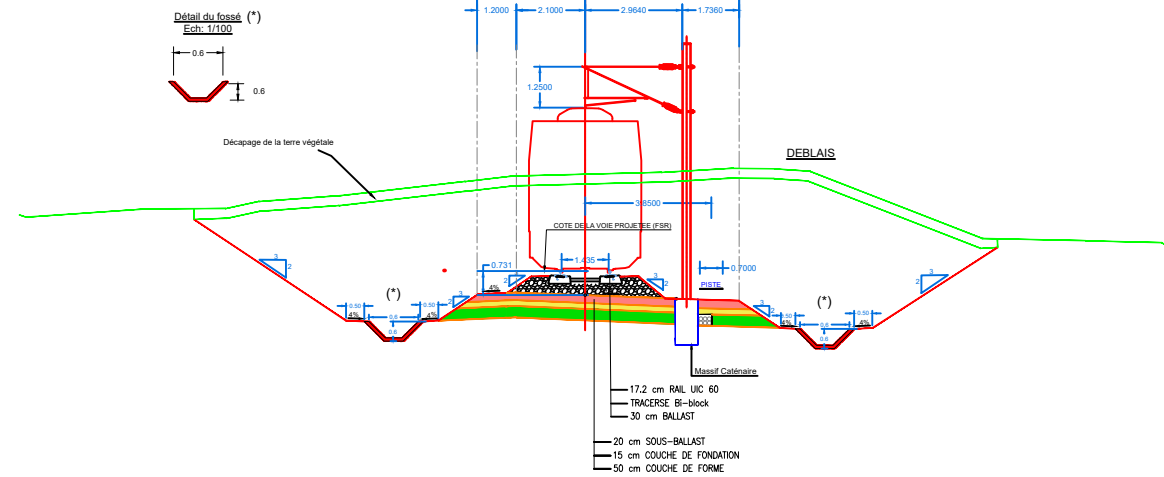
Tableau IX.4 Les cubatures de terrassement.

Volume déblais (m ³)	Volume remblais (m ³)
186139	274616

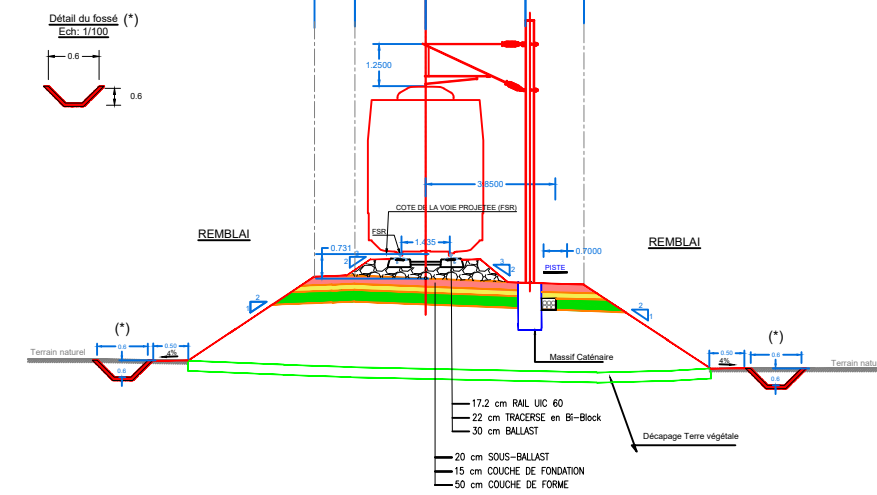
PROFIL EN TRAVERS TYPE
GARE DE F'KIRINA
Echelle: 1/100



PROFIL EN TRAVERS TYPE
PLATEFORME A VOIE UNIQUE -GRAND Déblai-
ECH: 1/100



PROFIL EN TRAVERS TYPE
PLATEFORME A VOIE UNIQUE -GRAND Remblai-
ECH: 1/100



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

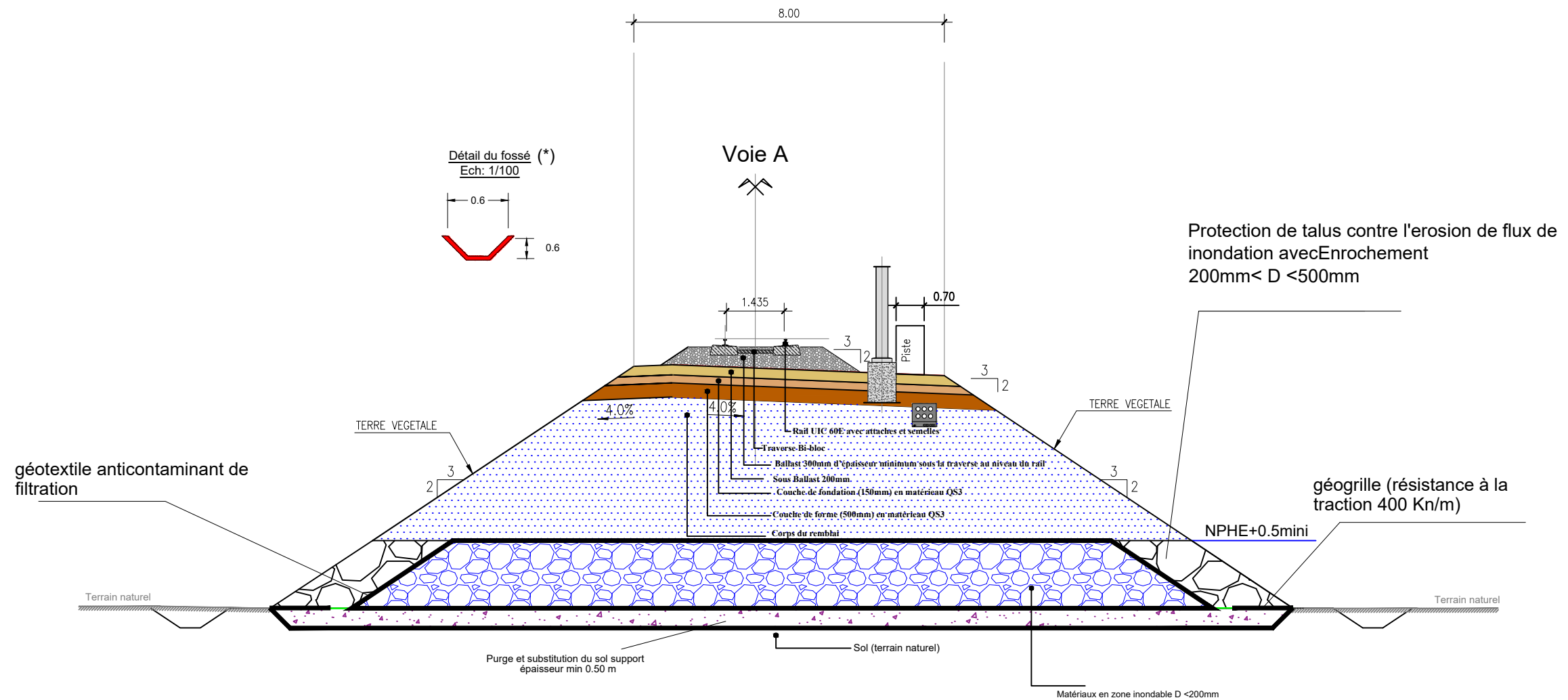
Titre	Réalisé par	Encadré par	Echelle	Titre	Année universitaire
Étude APD de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique Ain BEIDA – F'KIRINA avec la conception de la gare voyageurs de F'KIRINA PK 05+500 au PK 20+400	AHMIME KATIA MECHOUËK NIHAD	Mr.DERRADJI Ayachi	1/100	PROFIL EN TRAVERS	2022/2023

PROFIL EN TRAVERS TYPE

Ligne à voie unique

Echelle: 1/100

Remblai "zone inondable avec risque de dissolution des gypses"



CHAPITRE X :

Terrassement et Ouvrages

Chapitre X : Terrassement et Ouvrages

X.1 Les terrassements :

X.1.1 Introduction :

Les terrassements sont les travaux qui se rapportent à la modification du relief d'un terrain pour la création d'une plate-forme ferroviaire. Cette modification du sol est réalisée par l'exécution de déblais et de remblais avec parfois de grande hauteur.

- **Le remblai** : c'est rapporter des terres, afin de relever ce niveau.
- **Le déblai** : consiste à abaisser le niveau du terrain par enlèvement des terres.

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

Un talus en construction est une surface pentue de terrain résultant de travaux de terrassement lors de la construction d'une voie ferroviaire.

Pente de talus :

Les pentes de talus principalement utilisées selon le référentiel technique de SNTF chapitre

07.2.2 « OUVRAGES EN TERRE », et exprimées en fraction base (V) sur hauteur (H), sont :

- En déblai : 1/2, 2/3, 1/1, 3/2, 2/1, 2,5/1, 3/1.
- En remblai : 3/2, 2/1.

REMARQUE :

Notre projet contient des talus stables d'une hauteur estimée à 5.64 mètres en remblai et 3.26 mètres en déblai.

La hauteur de talus en remblai et en déblai sont inférieurs à 6 mètres. Alors ça ne nécessite pas un calcul de stabilité.

X.2 Les ouvrages :

X.2.1 Introduction :

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

- Ponts et viaducs ferroviaires

- Ponts routiers
- Passages inférieures (Ponts cadre)
- Les ouvrages hydrauliques (buses, Dalots)

Les ouvrages de franchissement seront dimensionnés sur la base des gabarits ferroviaires UIC et des gabarits routiers des normes algériennes en vigueur. En absence de gabarits locaux, le Groupement en définira et en proposera pour validation de l'ANESRIF. Ces ouvrages seront, également, dimensionnés pour répondre aux critères de sécurité et de confort voyageurs imposés par les normes UIC et les normes européennes en vigueur.

La démarche de conception des ouvrages d'art sera basée sur l'identification des solutions les plus adaptées aux conditions du site et de service, en couvrant tous les aspects à savoir la sécurité, le confort, l'économie et l'esthétique.

Ce chapitre présentera les ouvrages à concevoir pour franchir les obstacles existants.

X.2.2 Le choix du type d'Ouvrage :

Dans tous les cas, le choix du type d'ouvrage dépend des contraintes imposées, ces conditions

Sont de deux sortes :

- Données naturelles : écoulement des eaux, nature de sol, etc.
- Exigences techniques : portée, programme de charge, gabarit, etc. Toutefois, les contraintes dimensionnelles et fonctionnelles sont :
 - La voie portée, ou l'obstacle franchirait.
 - Tirait d'eau
 - Adaptation architecturale à la région.

X.2.3 Recommandation sur le choix du type d'ouvrage :

X.2.3.1 Croisement Route-Rail :

En général, le problème de croisement doit prendre en considération la nature et le débit de la voie afin d'analyser cas par cas tous les types de croisement en fonction de la vitesse de base maximale le long du tracé ferroviaire.

On prévoit en effet, trois (03) solutions possibles

- **Passage supérieure (Route-Rail) :**
 - Dans le cas où la voie ferrée croise la route en un endroit et l'écart entre leur niveau respectif n'est pas important, ou bien à cet endroit la voie ferrée passe en déblai par rapport à la route, il est évident alors de prévoir un passage supérieur routier, c'est-à-dire un ouvrage d'art routier dont les gabarits UIC

Chapitre X : Terrassement et Ouvrages

permettent le passage d'un ou plusieurs trains en même temps selon la nature de la ligne (la ligne à voie unique, à doubles voies, ou à plus).

- Par contre si ce croisement se fait en un endroit où la voie ferrée passe en très grand remblai par rapport à la route, de telle façon à pouvoir insérer un gabarit routier entre leur niveau de roulement et cela sans oublier les retombées des poutres de l'ouvrage d'art. Alors dans ce cas, c'est la voie ferrée qui sera en passage supérieur, c'est-à-dire qu'il faudra prévoir un ouvrage d'art ferroviaire.

➤ Passage à niveau :

- Si cette vitesse est supérieure à 100km/h aucun passage à niveau n'est toléré sauf pour les pistes en débit presque nul et seulement si la topographie du terrain le permet sinon pour toutes les autres classes de routes un ouvrage est à prévoir
- Si cette vitesse est inférieure à 100 km/h, en plus des pistes on peut admettre un passage à niveau pour les chemins à débit presque nul (même condition topographique).

➤ Passage inférieure de la route :

Rarement envisagée, c'est lorsque la topographie l'exige (niveau de roulement de train élevé).

En ce qui concerne notre projet, la vitesse du train étant de 160 km/h donc on évitera les passages à niveau.

X.2.4 Les ouvrages de notre projet :

X.2.4.1 Croisement avec routes :

Obstacle à franchir	PK de l'ouvrage	Ouvrage d'art	Le gabarit de l'ouvrage
ROUTE NATIONALE RN80	PK 8+025	Passage supérieur	7.10 m
Rétablissement Piste	PK 10+950	Passage supérieur	7.10m
Rétablissement Piste	PK13+150	Passage supérieur	7.10m
Rétablissement Piste	PK15+300	Passage supérieur	7.10m
ROUTE NATIONALE RN80	PK19+015	Passage supérieur	7.10m

NB : le gabarit est en dessus de la hauteur recommandée par UIC.

X.2.4.2 Piste à supprimer :

Dans le tableau suivant on liste les pistes à supprimer dans ce tronçon :

PK 7+375	PK 7+959	PK8+550	PK11+950
PK13+192	PK+13+992	PK15+950	PK20+175

X.2.4.3 Piste à dévier :

Le projet contient une seule piste à dévier.

Pk 14+625

X.2.4.4 Liste des ouvrages hydraulique :

Selon la proposition de l'étude hydraulique réalisée précédemment en proposer les types d'ouvrages hydrauliques pont et dalots plus les ouvrages d'équilibres quant à l'inondation et leur position comme suite :

Tableau X.1 récapitulatif des PK et leurs ouvrages d'assainissement.

Pk	Ouvrage
10+465	Pont
13+325	Dalot
19+789	Dalot
20+290	Pont
16+000	Buse
17+000	Buse
18+000	Buse
19+000	Buse
20+000	Buse

X.2.4.5 Les ouvrages de transports de gaz :

Les points de croisement constatés sur le tracé avec les ouvrages de transport de Gaz sont suivant :

Obstacle à franchir	Localisation de OA	Description	Solution envisagée
Conduite de gaz	PK 17+984	Pres de la ville de fkirina	À protéger
Conduite de gaz	PK 19+083	L'entrée de la gare ferroviaire de F'Kirina	À protéger

X.2.4.5.1 Protections proposées pour les conduites du Gaz :

L'ouvrage à étudier est un portique en béton armé d'une seule ouverture composé d'une traverse supérieure d'une épaisseur de 40cm, deux voiles de rive de 30cm, avec des fondations superficielles.

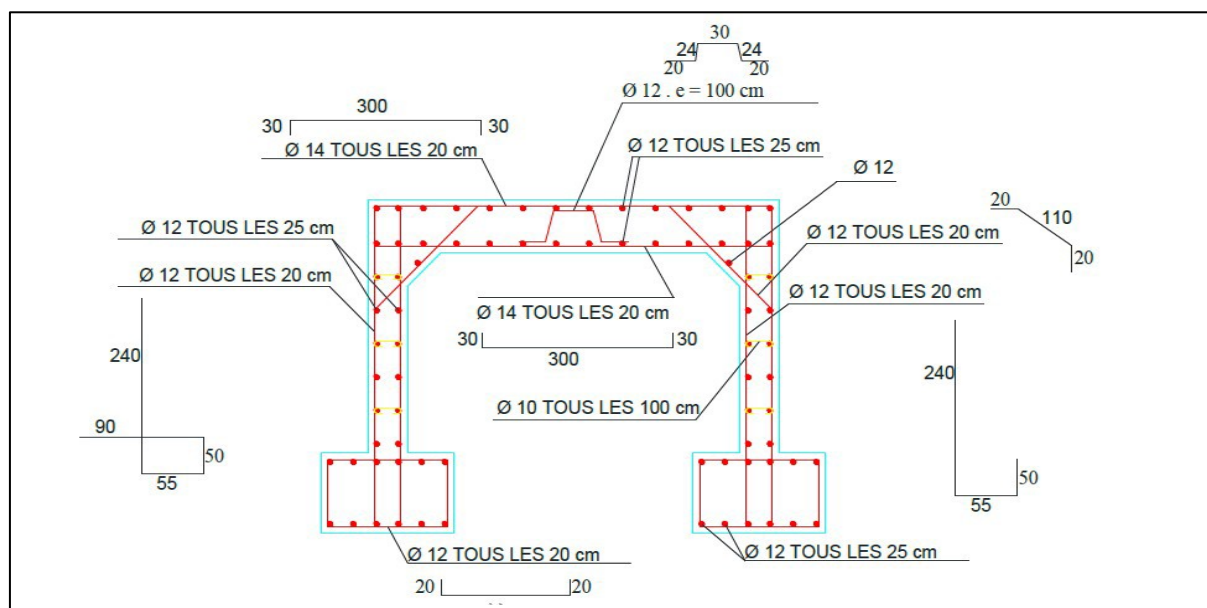


Figure X.1 Protections proposées pour les conduites du Gaz.

X.2.4.6 Réseau des lignes électriques :

Le tracé de la desserte ferroviaire Ain Beida (Wilaya de Oum EL Bouaghi) /F'Kirina à croiser plusieurs lignes de transports électriques à différents niveaux de tension.

Chapitre X : Terrassement et Ouvrages

Les points de croisement constatés sur le tracé avec les différents niveaux de tension sont suivant :

PK	Types de conduites	Solution envisagée
Pk 6+680	Ligne électrique THT	A surélever
Pk 14+33.25	Ligne électrique MT	A surélever
Pk+15+210	Ligne électrique MT	A surélever

X.3 Conclusion :

On peut conclure que dans notre projet les ouvrages d'art plus utilisés sont Ponts, Dalot, Buses et Passage supérieur.

CHAPITRE XI : Conception et Aménagement de la gare

Chapitre XI : Conception et aménagement de la gare

XI.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 et la descente des voyageurs, ou le chargement et le déchargement des marchandises ainsi que pour certaines d'entre elles, assurer des fonctions de sécurité dans la circulation des trains.

XI.2 Type de gares :

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

XI.2.1 Gare de voyageur : Les gares de voyageurs sont généralement implantées dans les grandes villes, et dans les lieux de grandes populations, ces gares sont chargées de tous installations pour recevoir les voyageurs

XI.2.2 Gare marchandise :

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

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

XI.2.3 Gare mixte :

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

XI.2.4 Gare de croisement :

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

XI.2.5 Gare de tirage :

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

XI.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. On distingue (03) éléments qui 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.

XI.4 Aménagement de la gare :

XI.4.1 Installations d'une gare à voyageur :

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

- **Le bâtiment de voyageurs (B.V)** : c'est un espace réservé aux voyageurs dans lequel on peut trouver une salle d'attente, guichet de billet, poste de sécurité, kiosque...etc.
- **Les bâtiments à usages divers (B.U.D)** : c'est un espace de service réservé aux agents de chemins de fer.
- **Quais** : c'est une bande parallèle à la voie ferrée qui permet l'accès aux trains.
- **Abris de quais** : c'est une installation sur le quai qui a pour but de protéger les voyageurs des intempéries.
- **Les passages sous terrain et les passerelles** : ils sont construits dans les gares afin de permettre aux voyageurs de traverser la voie et de changer le quai en pleine sécurité.

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

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

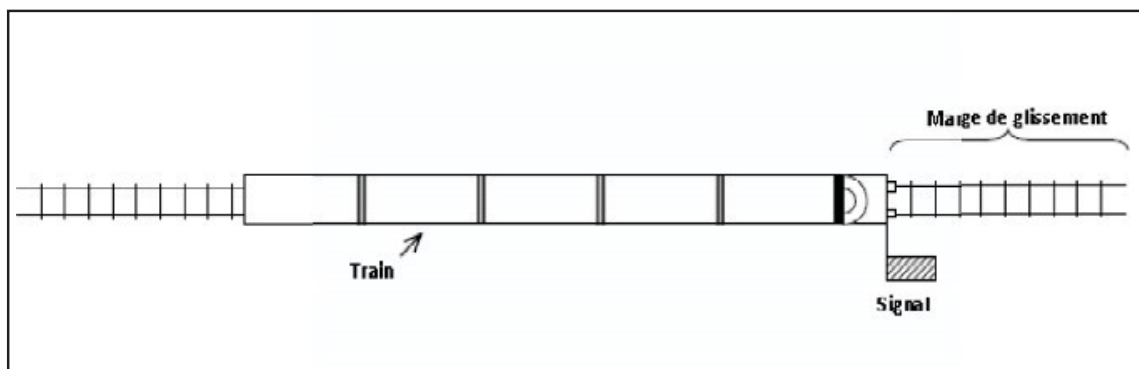


Figure XI.1 Schématisation de la marge de glissement.

XI.4.2.1 But de la marge de glissement :

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

XI.4.2.2 Longueurs de la marge de glissement :

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

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

$LG = 200\text{m}$ pour $V \geq 60 \text{ km/h}$

$LG = 100\text{m}$ pour $40\text{km/h} \leq V \leq 60 \text{ km/h}$

$LG = 50 \text{ m}$ pour $V < 40 \text{ km/h}$.

XI.4.3 Garage franc :

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

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

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

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

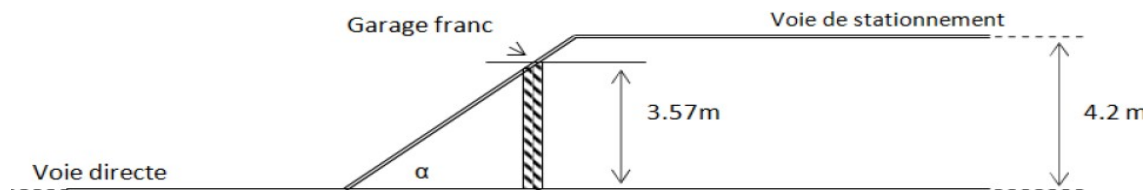


Figure XI.2 Schéma illustratif de garage franc.

XI.4.4 Heurtoir :

Les heurtoirs matérialisent la fin d'une voie de garage ou de sécurité.

Ils sont placés aux extrémités des voies en cul-de-sac pour éviter que les véhicules en mouvement n'en franchissent les extrémités.



Figure XI.3 Heurtoirs.

XI.5 Caractéristiques géométriques des gares :

XI.5.1 La longueur utile d'une voie de stationnement :

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

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

- La longueur utile minimale pour les trains voyageurs est : 426 m.
- La longueur utile minimale pour les trains de marchandise est : 870 m pour la voie principale.

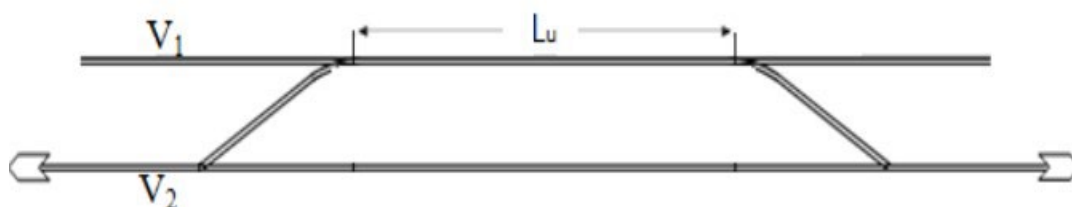


Figure XI.4 Longueur utile.

XI.5.2 Déclivité dans les gares :

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

XI.5.3 Quai :

➤ La longueur de quai (normes SNTF) :

- Grande ligne 450 m.

Chapitre XI : Conception et aménagement de la gare

- Service régional 350 m.

➤ La largeur des quais :

La SNTF recommande pour une telle gare

- Quai intermédiaire $B > 8$ m.

- Quai extérieur $B \geq 6$ m.

➤ Hauteur des quais :

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

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

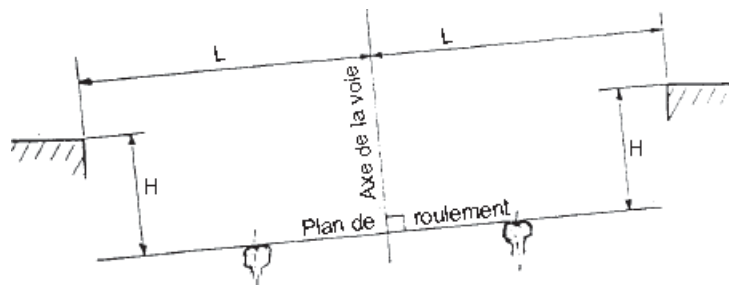


Figure XI.5 la hauteur du quai et la distance entre le bout du quai et l'axe de la voie
(Source UIC741 OR).

Avec :

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

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

➤ La distance à l'axe de la voie : (Selon la norme UIC 741).

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

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

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

- I : l'écartement de la voie (mm).

➤ L'entre axe des quais :

- e normal > 11.3 m.

- e minimal > 9.3 m.

XI.5.4 Types des appareils de voie :

Un appareil de voie est un élément qui permet d'assurer le support et le guidage du matériel roulant ferroviaire sur un itinéraire donné lorsque d'autres itinéraires en divergent ou le traversent, pour notre gare nous avons utilisé deux types d'appareil de voie :

- **UIC 60-500- 1/12** : C'est un appareil de voie réalisé avec le rail UIC60 (60kg/ml), la voie déviée a une courbure de 500m et la tangente de l'angle de déviation est de 1/12. L'appareil permet une vitesse de déviation maximal de 50 à 60 km/h. Ce type d'appareil est utilisé dans la voie principale.
- **UIC 60-300- 1/9** : Cet appareil est un appareil de voie réalisé avec le rail UIC60 (60kg/ml), la voie déviée a une courbure de 300m et la tangente de l'angle de déviation est de 1/9. L'appareil permet une vitesse de déviation maximal de 40 km/h. Ce type d'appareil est utilisé dans les voies de service.

XI.6 Application au projet :

La nouvelle gare voyageuse de F'Kirina située entre le PK 19+050 et PK 20+256 avec une longueur de 1206 mètres, elle est composée de deux voies de quai. Les voies A (voie principale) et voie B (voie déviée).

- Longueurs de la marge de glissement :

Comme $V \geq 60$ km/h alors $LG = 200$ m

- La longueur du quai :

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

- Largeur des quais :

On prend $B = 6$ m.

- Hauteur des quais :

On prend pour notre cas $h = 55$ cm.

- Entre-axe des quais :

On prend : $e = 13.5$ m (entre quai A et B).

- Distance par rapport à l'axe de la voie selon UIC741

La distance par rapport à l'axe de la voie $L = 1650 + S$.

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

Tel que :

- R : rayon de la voie (le tracé dans la gare est droit $R = \infty$)

- I : écartement de la voie (dans notre projet I = 1435 mm) Donc S = 0
- L = 1650 mm dans notre projet.

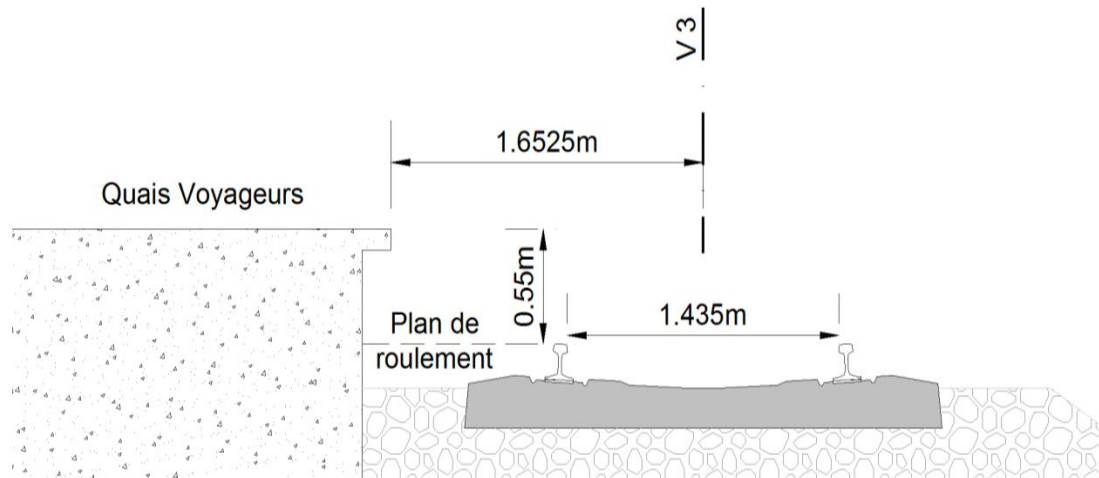


Figure XI.6 La hauteur du quai et la distance entre le bout du quai et l'axe de la voie (source UIC741 OR).

- **Appareil de voie** : UIC 60-500- 1/12

- **Longueur du garage franc** En utilisant la formule suivante qui permet de calculer la longueur du garage franc Où

N : varie selon l'ouverture de l'appareil de voie $Gf=3.57 \times N+1$ Pour notre projet on a recours à deux appareils de voies :

➤ **UIC 60 500 1/12** : $GF = 3.57 \times 12 + 1 = 43.84 \text{ m}$

- **Entraxe entre les voies** :

Entraxe entre les voies est de 4.2 m (entraxe minimal selon SNTF (aménagement et gare tracé des voies)).

Passage souterrain :

Pour la mise en accessibilité des quais et de bien sécurisé les déplacements des passagers au sein de la gare, nous avons conçu un passage souterrain dont les dimensions dictées par le référentiel technique de la SNTF sont représentées dans la figure ci-dessous :

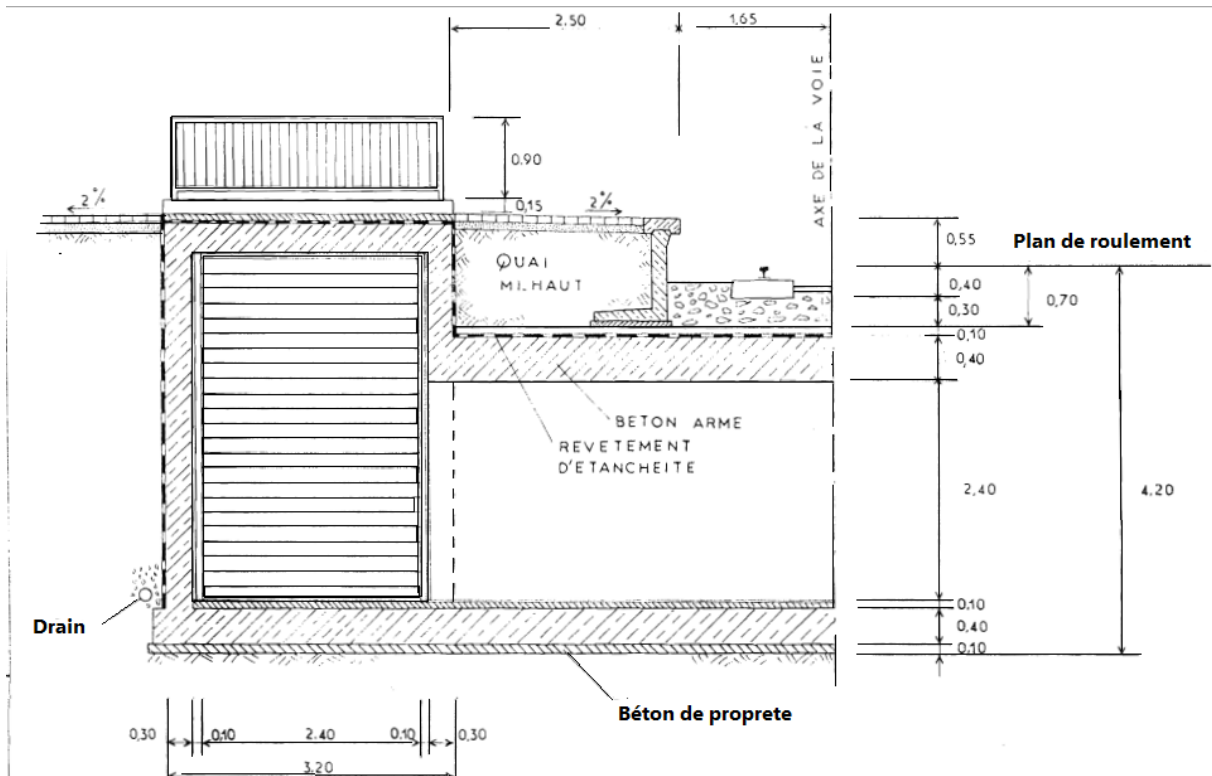


Figure XI.7 Les dimensions du passage souterrain dans la gare.

XI.7 Assainissement de la gare :

XI.7.1 Assainissement transversale :

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

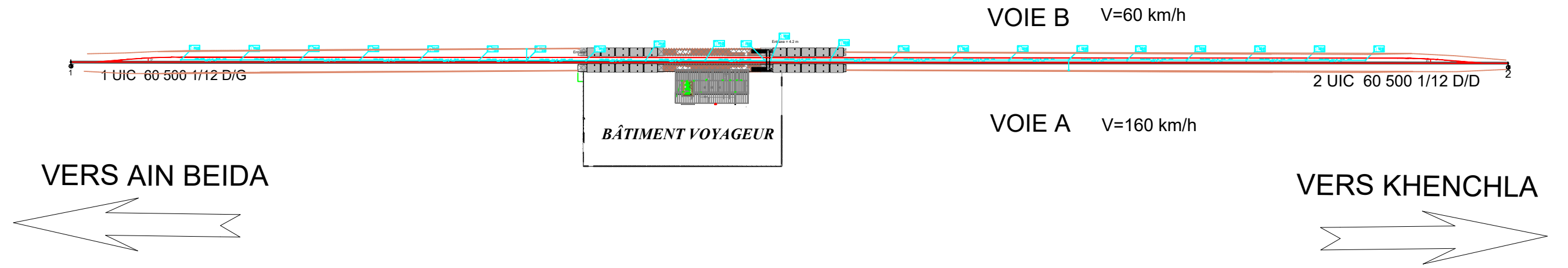
XI.7.2 Assainissement longitudinale :


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

Ce drainage sera formé par fossés, drains et collecteurs qui conduiront les eaux aux passages hydrauliques ou directement aux lignes d'eau existantes.

**GARE FERROVIAIRE
de F'KIRINA**

Longueur Utile = 1076 m

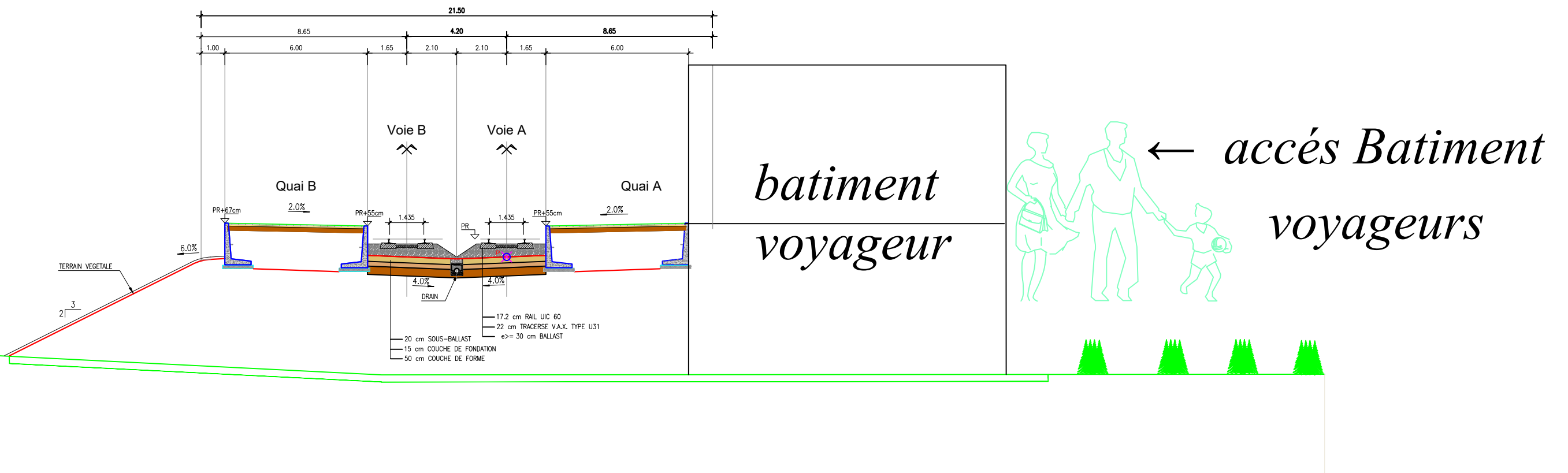


 <p> Adresse : Rue Sidi Garidi b.p. 32 Vieux Kouba -16051. Alger Fax : (023) 70 19 38 Site web : www.enstp.edu.dz Tel : (023) 70 19 04 E-mail : enstp@enstp.edu.dz </p>	Titre	Réalisé par	Encadré par	Echelle	Titre	Année universitaire
	Étude APD de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique Ain BEIDA – F'KIRINA avec la conception de la gare voyageurs de F'KIRINA PK 05+500 au PK 20+400	Mechouek Nihad Ahmime Katia	Mr.DERRADJI Ayachi	1/100	Vue en Plan de gare F'Kirina	2022/2023

PROFIL EN TRAVERS TYPE

GARE DE F'KIRINA

Echelle: 1/100



Titre	Réalisé par	Encadré par	Echelle	Titre	Année universitaire
Étude APD de la nouvelle ligne ferroviaire à voie unique Ain BEIDA – F'KIRINA avec la conception de la gare voyageurs de F'KIRINA PK 05+500 au PK 20+400	AHMIME KATIA MECHOUËK NIHAD	Mr.DERRADJI Ayachi	1/100	PROFIL EN TRAVERS batiment voyageurs	2022/2023

CHAPITRE XII :

Electrification

Chapitre XII : Electrification

XII.1 Introduction :

Un système d'électrification ferroviaire est l'ensemble des moyens mis en œuvre pour alimenter en énergie électrique les trains (locomotive électrique ou rame automotrice électrique). Les trains sont alimentés en courant alternatif haute tension ou en courant continu. L'alimentation passe par un troisième rail ou une caténaire et le retour de courant se fait par les rails de la voie ou un quatrième rail dédié.

XII.2 Le système d'électrification :

Le système d'électrification adopté pour la ligne Aïn Beida-Fkirina c'est le système à courant alternatif 25kV/50Hz avec mode d'alimentation caténaire.

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

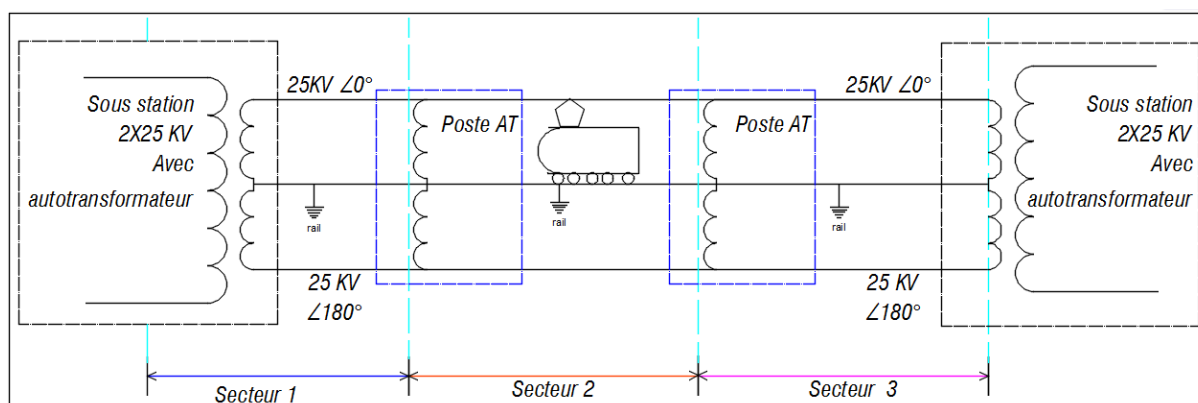


Figure XII.1 Schéma exemplaire du système d'alimentation 2X25 avec poste autotransformateurs.

Le système d'électrification 2x25KV nécessite à des intervalles réguliers de postes autotransformateurs permettant de minimiser les chutes de tension ce qui permet d'augmenter notablement l'intervalle entre sous-stations de traction.

Dans le système 2x25 kV, on peut estimer une distance de séparation maximale entre sous-stations d'approximativement 55 – 90 km. Ces valeurs peuvent varier en fonction du trafic, caténaire employée, vitesse de la ligne, etc.

XII.2.1 Les avantages du système 2X25Kv :

- Possibilité de réaliser des distances plus importantes entre les sous-stations, et par conséquent un nombre plus réduit de sous-station (le trafic égal et la chute de tension admise au pantographe équivalente, le nombre de sous-stations est pratiquement divisé en deux). Ceci limitera notablement le nombre de points de raccordements au réseau de Sonelgaz.
- Ce système apporte dans les zones à forte urbanisation une meilleure protection contre les perturbations électromagnétiques vis-à-vis des riverains et des installations ferroviaires grâce à l'utilisation du feeder négatif posé en opposition de phase parallèle à la caténaire.
- Plus petite chute de tension électrique et par conséquent des pertes mineurs suite au transport de l'énergie avec des tension plus élevée (50KV).
- Le système 2X25KV peut travailler comme le système 1X25Kv, mais jamais le contraire, ce qui nous offre plus de flexibilité.
- Un déséquilibre moindre sur le réseau Sonelgaz suite au diminution des points de raccordement HT.

XII.2.2 Les inconvénients du système 2X25Kv :

- Nécessite d'installer des autotransformateurs le long de la ligne. Ceci est largement compensé par le nombre réduit des sous-stations et des points de raccordements au réseau de Sonelgaz.
- Transformateurs de plus grande puissance à cause des sections d'alimentation importantes et le déséquilibre de tension localement provoqué sur le réseau de Sonelgaz est important. Ce déséquilibre de tension peut être réduit en choisissant de points de raccordements avec des niveaux de tension plus importante.
- Le feeder négatif nécessite un isolement par rapport à la caténaire de 50kv. Cette isolation nécessite plus de place dans les tunnels et sous les ponts.
- Surcouts pour fournitures et le montage à cause de I nécessite de disposer de deux pôles pour équipements des sous-stations et autotransformateurs.

XII.3 Catenaire :

Une caténaire est un ensemble de câbles porteurs et de fils conducteurs destinés à l'alimentation des moyens de transports électriques à captage du courant par dispositif aérien. Les câbles porteurs sont en bronze ou en aluminium-acier, quant aux fils conducteurs, ils sont en cuivre pur à 98 %, ou en cuivre allié à l'étain ou au magnésium. La caténaire permet de faire circuler la plupart des trains et des trams, mais aussi les trolleybus. Certains manèges forains d'auto-tamponneuses sont également par alimentation électrique aérienne.

XII.3.1 Les éléments du caténaire :

XII.3.1.1 Le support :

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 jumelées (JHE-A , JHEB) fixés au sol par un massif en béton à une profondeur qui dépend de la nature du sol et de la force qu'exerce la caténaire sur le poteau. Un petit dé en mortier couvre le pied du poteau pour le protéger de la corrosion.

Le volume du massif dépend de

- Les caractéristiques géotechniques du sol
- La charge du support (simple, sectionneur, contre poids)
- La force du vent.



Figure XII.2 Caténaire.

XII.3.1.2 Le fil de contact :

Le fil de contact rainuré fait partie du sous-système caténaire pour pouvoir transmettre l'énergie électrique aux locomotives, il doit être conforme aux normes EN50149.

Sa section circulaire comprend deux rainures pour la prise des griffes de suspension, suivant la tension d'alimentation et la puissance demandée, la section varie de 107mm^2 à 150mm^2 .

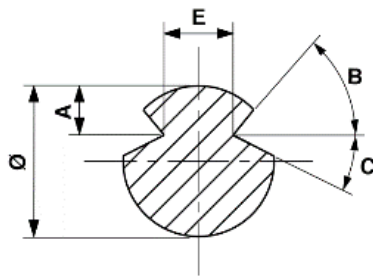


Figure XII.3 Fil de contact 107mm² rainures pour caténaire 1x25Kv.

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 de 3831daN.

XII.3.1.3 Le Câble porteur :

Le porteur peut être en cuivre Cu, bronze, ou en Al-acier, en fonction des critères dynamiques et des résultats du dimensionnement électrique. Dans le cadre de ce projet, le porteur recommandé est de 65mm² de section en bronze.

XII.3.1.5 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 établie afin de mettre la liaison équipotentielle de l'ensemble du système. Les types de câbles à utiliser peuvent être en Al ou Al-acier.

XII.3.1.6 Les pendules :

Le fil de contact est suspendu au câble porteur par les pendules, ils reliant de leur part un cavalier sur le câble porteur et d'autre part une griffe sur le fil du contact.

XII.3.1.7 Les Consoles :

Les consoles sont de type triangulaire composé des éléments suivants :

- Tube de corps de console.
- Hauban de console.
- Tube anti balançant.
- Pendules de suspension de l'anti-balançant.
- Bras de rappel.
- Isolateur de corps de console.
- Isolateur hauban de console.
- Suspension porteur.
- Articulation de console.
- Articulation du pied de console.

Les consoles doivent respecter les points suivants :

- Soutenir la caténaire, les isolateurs et autres équipements associées (isolateur de section etc...)
- Etre munies de connections électriques qui garantissant la continuité électrique aux articulations.
- Garantir les mouvements des conducteurs dans toutes les conditions climatiques
- Préserver la hauteur du fil de contact, et son désaxement.
- Protection contre corrosion et les conditions climatiques extrêmes pour réduire la maintenance.

XII.4 Conclusion :

L'électrification des lignes ferroviaires est un pas en avant pour le système de transport, car non seulement il est respectueux de l'environnement, mais il est également capable de transporter plus de passagers et de tonnage pour les trains de marchandises.

Chapitre XIII : Signalisation Ferroviaire

Chapitre XIII : Signalisation ferroviaire

XIII.1 Introduction :

La signalisation ferroviaire regroupe l'ensemble des signaux conventionnels et des équipements techniques du réseau ferré conçus pour assurer la sécurité des usagers du rail et d'en diminuer les conséquences. Elle est gérée depuis différents postes d'aiguillage répartis sur l'ensemble du réseau ferré.

XIII.2 Les objectifs de la signalisation ferroviaire :

- Permettre un espacement des circulations (pour éviter les rattrapages de trains sur une même voie).
- Garantir la protection des circulations dans les établissements (croisements).
- Arbitrer les circulations convergentes sur une même voie (nez à nez sur une voie unique).
- Eviter les déraillements par excès de vitesse (zones à vitesse limitée, courbes).
- Protéger les passages à niveau (croisements rail-route)

XIII.3 Les risques ferroviaires :

Les trains doivent circuler en toute sécurité. Les risques majeurs liés aux circulations ferroviaires sont les suivants :

- Le rattrapage des trains qui circulent dans le même sens sur la même voie.
- La prise en écharpe, c'est-à-dire la collision latérale de trains qui circulent sur des itinéraires convergents.
- Le nez à nez, c'est-à-dire la collision frontale de trains qui circulent en sens contraire sur la même voie.
- Le déraillement.
- La collision avec un obstacle.

On prévient ces risques notamment par :

- La mise en place d'une signalisation.
- L'établissement d'un régime d'exploitation de la ligne.
- La mise en place d'un système d'espacement des trains.
- La mise en œuvre de procédures d'exploitation.

XIII.4 Implantation des signaux en Algérie :

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

XIII.5 Principe de signalisation ferroviaire :

XIII.5.1 Signalisation classique :

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

Remarque : une voie ferrée est composée de plusieurs cantons et chaque canton est isolé indépendamment par un joint isolant

XIII.5.1.1 Principe de base de cantonnement :

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

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

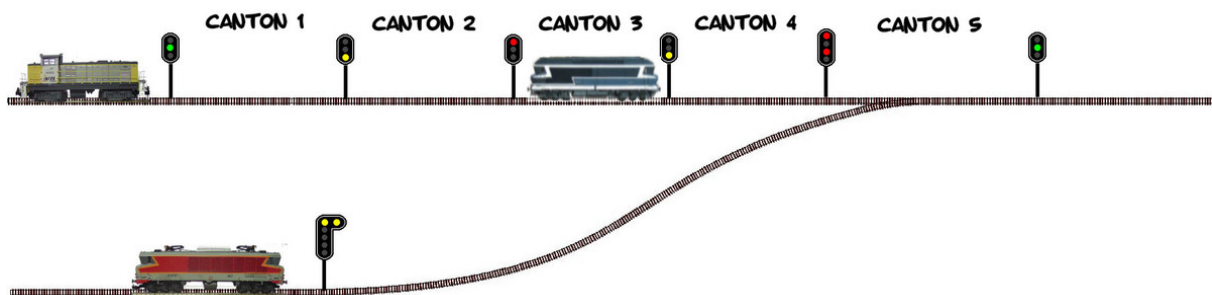


Figure XIII.1 Le canton.

XIII.5.1.2 Les différents types de blocks :

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

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









Chapitre XIII : Signalisation ferroviaire

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







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

- **Le block automatique lumineux (B.A.L)** : est utilisé sur les lignes principales. Ce système est automatique et permet un débit maximal sur une ligne, d'autre part il autorise également un espacement réduit des circulations puisque le franchissement des signaux d'espacements fermés en marche à vue est autorisé.


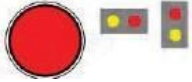






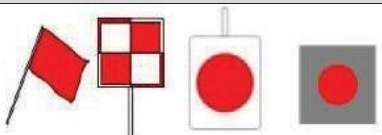
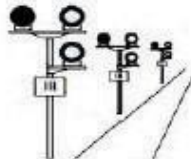
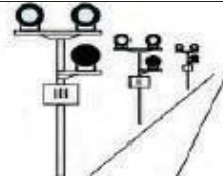
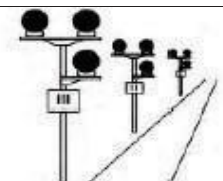
Tableau XIII.1 Les principaux signaux ferroviaires et leur indication.

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

Chapitre XIII : Signalisation ferroviaire

Sémaphore/feu Rouge	Il commande au mécanicien de s'arrêter avant le signal		
Feu rouge clignotant	Marche sans dépasser la vitesse de 15 km/h au franchissement de ce signal		
Feu blanc	Il commande ou confirme au conducteur l'observation de la marche en manœuvre		
Feu blanc clignotant	Il interdit dans tous les cas le départ en ligne d'un train		
Les feux de heurtoir	Ils servent à repérer de nuit, ou en gare, les heurtoirs de fin de voie		
L'avertissement/feu jaune	Il commande au mécanicien de pouvoir s'arrêter avant les signaux suivants : Carré, sémaphore, carré violet, un rouge clignotant		
Le feu jaune Clignotant(A)	Il commande au mécanicien d'être en mesure de s'arrêter avant le signal annoncé à distance réduite par le signal suivant.		







Chapitre XIII : Signalisation ferroviaire

Le disque D	Il commande au mécanicien de marquer l'arrêt au premier signal ou aiguillage rencontré		
La bande lumineuse Jaune horizontale	Il commande au conducteur d'être en mesure de s'arrêter à quai sur une distance réduite		
Le ralentissement 30 Fermé	Limiter la vitesse à 30km/h		
Le rappel 30 fermé	Pour franchir une aiguille		
Le ralentissement et rappel 60 km/h	Limiter la vitesse à 60km/h Pour franchir une aiguille		
Signal	Indication	Signalisation	
Le signal d'arrêt à main	Il commande l'arrêt immédiat		
Signal lumineux de manœuvre type S.N.C. F	L'allumage alterné de deux feux blancs sur une ligne Verticale		
	Refouler par l'allumage alterné de deux feux blancs sur une ligne horizontale		
	Arrêter par l'extinction complète des feux présentés.		

Chapitre XIII : Signalisation ferroviaire

Le signal fin de caténaire	Fin de caténaire	
----------------------------	------------------	--

XIII.5.2 Signalisation moderne :

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

Les systèmes de signalisation classique ont été installés il y a 80 ans, il était révolutionnaire et adapté aux besoins de l'époque. Mais aujourd'hui nous avons besoin de faire circuler beaucoup plus de trains qu'avant, et avec l'augmentation du trafic et de la demande la SNCF doit installer l'ERTMS pour améliorer les performances et augmenter les capacités de circulation du réseau existant.

XIII.5.2.1 Définition du système ERTMS :

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

XIII.5.2.2 Fonctionnement d'ERTMS :

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

Grâce à ce système les informations d'accélération et de ralentissement, d'arrêt sont transmises de façon continue et directement au conducteur de train qui peut ajuster sa conduite à tout moment donc on peut rouler plus vite et plus rapproché donc faire passer plus de trains par heure et même faire repartir de façon plus fluide le trafic.

XIII.5.2.3 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.

Remarque : Dans la ligne ferroviaire Aïn Beida-Fkirina le type de système de signalisation choisi par le maître d'ouvrage est BAL.

XIII.6 Conclusion :

Le domaine de la signalisation ferroviaire s'est considérablement développé ces dernières années avec l'avènement d'outils informatiques de plus en plus performants, contribuant ainsi de manière significative à la réduction des accidents et à la simplification des déplacements du matériel roulant.

CHAPITRE XIV :
Etude d'Impact sur
l'Environnement

Chapitre XIV : Impact sur l'environnement

XIV.1 Introduction :

La mise en œuvre du projet ferroviaire est soumise à la réglementation et aux lois, notamment les principales dans le domaine de l'environnement en Algérie. Une étude d'impact environnemental est le processus par lequel, dès le début de la planification, le risque d'impacts environnementaux posé par un projet de tracé ferroviaire est identifié et évalué.

L'ampleur des travaux et de la technologie qui seront appliqués à ce projet entraînera des changements et des perturbations qui pourraient avoir des effets graves sur l'équilibre de l'écosystème. Il faudrait envisager d'identifier les espèces particulièrement préoccupantes, telles que les espèces protégées et en voie de disparition. Une analyse de la législation environnementale et sociale en vigueur en Algérie permettra de replacer le projet dans son contexte légal et réglementaire.

XIV.2 Objectifs de cette étude :

Les objectifs de la présente Étude d'impact sur l'environnement se résument comme suite :

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

XIV.3 Description de l'état initial de la zone d'étude :

XIV.3.1 Milieu physique :

XIV.3.1.1 Géomorphologie :

Le relief de l'Algérie est constitué de trois grands ensembles : le Tell au Nord, les hauts plateaux et l'Atlas saharien au centre, et le Sahara au Sud. Le projet appartient aux Hauts Plateaux. Il est implanté dans la vaste région des Aurès à l'Est de l'Atlas Saharien.

Il est limité par diverses entités géographiques :

- L'Atlas Tellien au Nord,
- Le Sahara au Sud,
- Les monts des Zibans à l'ouest,
- Les monts des Nememcha à l'Est.

D'une manière générale la topographie de cette région est divisée en deux (2) ; les massifs montagneux et les plaines.

Au niveau de la wilaya d'Oum El Bouaghi qui appartient à l'ensemble naturel des hauts plateaux, les données hypsométriques mettent en exergue des différences de niveaux altimétriques imprimant ainsi à la wilaya deux espaces différenciés en dénivellations fortes différenciées, entre les plaines et les zones montagneuses. Celles-ci sont de l'ordre de 200m à 500m.

Les plaines représentent 63,8% de la superficie totale de la wilaya. C'est une région de hautes terres, perchées entre 800 et 1000m d'altitude. Des dépressions salées interrompant la continuité de ces plaines, ce sont des zones de convergences culminant à moins de 800m. Les montagnes avec une altitude supérieure à 1000m, représentent 17,3% de la superficie totale de la wilaya.

On peut distinguer d'Est en Ouest les monts suivants :

Les monts de Nememcha, les Aurès, le mont de M'Zab, Dj.Boukahil, les monts de Ouled Nail, Dj. Amour, les monts des Ksours et Dj.Grous.

Dans la région des Aurès se succèdent du N-O au S-E les plis suivants :

- L'anticlinal du Dj.Amrane.
- Le synclinal de Touffana correspondant au bassin miocène de Timgad.
- L'anticlinal du Dj.Chelia.
- Le synclinal du Dj. Aurès.
- L'anticlinal du Dj. Khenchela situé au S-E.

Notons que l'anticlinal du Dj.Chelia et le synclinal du Dj. Aurès sont des plis coffrés.

Le milieu récepteur du projet est essentiellement constitué de plaines bordées de zone montagneuse plus ou moins élevée. Ces plaines sont perchées à des altitudes allant de 800 m à 1000 m.

Au niveau du tracé les altitudes varient, elles avoisinent les 950 m au niveau de la gare de Ain Beida puis diminuent aux alentours de 850 m aux abords de l'agglomération de F'kirina (près de la zone humide).

XIV.3.1.2 Géologie :

➤ Litho-stratigraphie :

Le contexte géologique de l'Algérie peut être divisé en deux parties : Le Nord, reliefs jeunes et sismicité active et le Sud, reliefs anciens et stables.

La zone d'étude appartient au domaine Nord. Elle est constituée essentiellement de formations sédimentaires du Quaternaire ; peu voire pas tectonisées.

A Oum El Bouaghi ces formations sont principalement constituées d'alluvions et de croûte calcaire localisées comme suit :

- -Glacis polygéniques recouvrant les reliefs et des alluvions récentes et anciennes au niveau de l'agglomération d'Ain Beida.
- Croûte calcaire du Villafranchien au niveau de l'agglomération de F'kirina.
- Terres arables et des alluvions anciennes et Quaternaires au niveau de l'oued Nini.

➤ Sismicité :

D'après le document technique réglementaire D.T.R – B.C. 2.48 des règles parasismiques algériennes RPA99/version 2003. La zone d'étude est classée zone sismique I de sismicité faible.

XIV.3.1.3 Climatologie :

La région d'étude, appartient au domaine bioclimatique semi-aride. Elle est caractérisée par des précipitations assez rares souvent insuffisantes même pour des cultures résistantes à la sécheresse, par conséquent le développement du couvert végétal est limité.

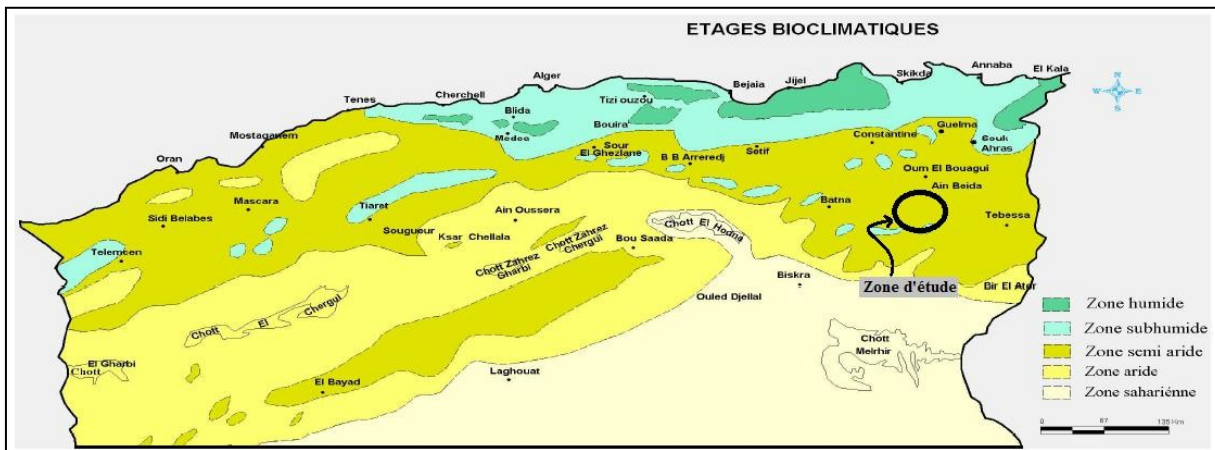


Figure XIV.1 Etages bioclimatiques de la zone d'étude.

➤ Température :

Le climat de cette région est caractérisé par deux saisons bien distinctes, l'une hivernale froide et peu humide, l'autre estivale chaude, sèche avec de fortes amplitudes thermiques.

La période estivale dure plus longtemps que l'hivernale, celle-ci peut dépasser cinq (05) mois dans l'année.

Les températures moyennes mensuelles observées sur une période de dix (10) ans (1996-2005) montrent que les valeurs maximales sont enregistrées pour le mois de Juillet (réputé mois le plus chaud de l'année) avec des températures pouvant atteindre les 26.6°C pour Oum El Bouaghi; tandis que les valeurs minimales tourne autour de 6°C pour le mois de Janvier .

Cette région est également caractérisée par une évaporation assez forte.

Tableau XIV.1 Moyenne mensuelle des températures (en °C).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
04	6.6	7.0	10.6	13.3	18.4	23.4	26.6	26.4	21.5	17.5	11.1	7.4
40	6.9	7.5	10.9	13.5	18.5	23.4	26.9	26.4	21.4	17.6	11.1	7.5

Chapitre XIV : Impact sur l'environnement

➤ Pluviométrie :

De par sa position climatique, la zone d'étude se caractérise par une faible pluviométrie généralement comprise entre 200 et 500 mm/an et par la violence des précipitations. De plus, elles sont très mal réparties dans l'espace et dans le temps et sont souvent concentrées sur quelques jours ou quelques heures. Néanmoins elles se produisent principalement d'Octobre à Avril.

Ce régime pluviométrique spécifique aux régions semi-arides est responsable de crue et d'inondation.

Tableau XIV.2 Moyenne annuelle des précipitations (en mm).

Année	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
04	449.8	465.3	397.1	443.5	277.8	260.4	435.3	588.3	665.0	240.3
40	455.5	408.3	415.1	525.1	312.5	357.5	417.0	550.2	618.6	311.3

➤ Insolation et rayonnement solaire :

La durée d'insolation au cours de l'année est importante surtout en été où elle dure presque toute la journée. L'insolation journalière est d'environ 77%.

Tableau XIV.3 Durée annuelle de l'insolation (en heure).

Année	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
04	2783.9	2824.6	2862.3	2788.5	2964.3	2906.6	2823	2601.2	2663.5	2754.6
40			2663.3	2857.9	3046.8	3058.6	2863	2584.9	2521.8	2129.7

➤ Humidité :

L'humidité relative annuelle de l'air connaît certaines variations passant de 40 % à plus de 70 %.

Tableau XIV.4 Moyenne annuelle de l'humidité (en %).

Année	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
04	65	63	66	64	60	57	61	61	64	64
40	62	60	60	56	56	59	56	60	61	49

➤ Vents :

La région étudiée est balayée par deux (2) types de vents :

- Les vents soufflant en hiver : ils sont froids, secs et sont les plus fréquents au cours de l'année. Leur direction est Nord-ouest et Nord. La vitesse des vents Nord-ouest peut atteindre jusqu'à 3 m/s.
- Le sirocco : est un vent saharien violent, très sec et très chaud qui souffle sur l'Afrique du Nord et le sud de la mer Méditerranée. Le sirocco se produit lorsqu'une masse d'air tropicale et stationnaire installée sur le Sahara se trouve entre une zone anticyclonique à la verticale de la ligne du tropique du cancer et une soudaine zone de forte dépression se creusant rapidement au-dessus de la

Chapitre XIV : Impact sur l'environnement

mer Méditerranée. La masse d'air saharienne brûlante est alors aspirée vers le nord par la dépression et remonte en direction sud nord au-dessus du Maroc, de l'Algérie et de la Tunisie vers le sud de l'Europe. Ce phénomène est plus courant au printemps et à l'automne. Ses vents peuvent atteindre 100 km/h, particulièrement en mars et novembre lors des pics de formation des dépressions dans la Méditerranée.

Tableau XIV.5 Moyenne annuelle des vitesses de vents (en m/s).

Année	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
04	2.4	2.2	1.7	2.6	2.2	2.8	2.6	3.1	2.8	2.5
40	4.0	3.9	3.6	4.3	3.8	3.9	3.9	3.8	3.4	3.2

XIV.3.1.4 Hydrologie :

Le réseau hydrographique des communes traversées par le projet compte quelques oueds principaux ainsi qu'une multitude de petit cours d'eau.

XIV.3.1.4.1 La commune de Ain Beida :

Elle dispose d'un réseau peu consistant qui comprend oued El Hassi au Nord de la commune et Oued Isfer au Sud. A ces oueds s'ajoutent de petit écoulement. Les caractéristiques hydrologiques des oueds ne sont pas connues.

XIV.3.1.4.2 La commune de F'kirina :

F'kirina est caractérisée par un réseau plus dense avec notamment les oueds suivants

- Oued Isfer, Oued Mekhalfa et Oued Oulmane au Nord-est,
- Oued Lahssi et Oued Reboudj au Nord-ouest,
- Oued Arneb au Nord,
- Oued Nini au Sud.

La commune est composée d'un oued principal « Oued Mouilha » auxquelles s'ajoutent de petits écoulements qui se ramifient à l'approche de la zone humide sans toutefois être accru.

XIV.3.1.5 Hydrogéologie :

Il existe des nappes souterraines aux niveaux des plaines notamment à Ain Beida, F'kirina. Sans que leurs potentialités réelles ne soient encore bien définies, elles sont en exploitation.

XIV.3.2 Milieu naturel :

XIV .3.2.1 Faune :

La zone d'étude est située dans la région des Aurès dont la faune très diversifiée, est constituée essentiellement par :

- Les mammifères :
 - Les renards (*Vulpes vulpes* appelé renard roux),
 - Les chacals (*Canis aureus* ou chacal doré),
 - Les lièvres (*Lepus capensis* ou lièvre du cap),
 - Les rats (*Rattus rattus*).
- Les amphibiens :
 - Les crapauds *Bufo Mauritanica* et *Bufo Veridis*.
- Les reptiles :
 - *Acanthodactylus* sp,
 - *Emys Orbicularis*.
- Les invertébrés :
 - *Daphnia* sp.,
 - *Artémia* sp.,
 - *Helix Pyramidata*.
- Les espèces aviaires sont fortement représentées dans la région des Aurès. Elle abrite une avifaune constituée de 187 espèces répartie en 18 ordres, 46 familles et 112 genres différents. Selon le recensement hivernal de 2004, l'espèce aviaire dominante (15.000 espèces) est le flamant rose (*Phoenicopus ruber roseus*), suivie de Tadornes de Belon (*Tadornatadorna*).

Au niveau du chott de Garaet El Taref, d'autres espèces aviaires aquatiques sont les Canards.

XIV.3.2.2 Flore :

D'une manière générale, la région des Aurès fait partie des écosystèmes septentrionaux de l'Algérie du Nord. Elles possèdent les plus vastes forêts de *cedrus atlantica* en Algérie, celles-ci couvrent une superficie de 17000 ha. Elles sont également constituées de pin, de chênes verts et de genévriers.

D'autres espèces floristiques sont représentées notons :

- Les steppes à graminées qui sont représentées essentiellement par :
 - L'alfa (*Stipatenacissima* et *Stipa parviflora*),
 - Le sparte (*Lygeumspartum*),
 - Le drin (*Aristidiapungens*),
- Les steppes chamaphytes :
 - L'armoise blanche (*Artémisiaherba alba*),
 - remt (*Arthrophytumscoparium*) ou (*Hélianthenumhirtum*),
- Les steppes crossulantes (halophytes) dont l'espèce floristique dominante est l'*Atriplex* (*Atriplexhalimus*).
- A toutes ces steppes s'ajoute un cortège floristique d'espèces annuelles très important.

Les communes traversées par le tracé abritent des espaces naturels dont la superficie et l'essence varient d'une commune à une autre :

XIV.3.2.2.1 La commune de Ain Beida :

Les espaces forestiers sont répartis au niveau des hauteurs vers l'Est de la commune ainsi que le Sud et le Nord-est. Ces espaces forestiers sont composés essentiellement de Pins dont certains

Chapitre XIV : Impact sur l'environnement

ont été reboisés. Le tableau ci-dessous recense les espaces forestiers de la commune de Ain Beida.

Tableau XIV.6 Recensement des espaces forestiers de la commune de Ain Beida.

Forêt	Superficie (ha)	totale	Reboisement (ha)
Forêt de pins d'Alep de Oum el-Kmel	150		
Forêt de pins d'Alep Bouakouz	126		106
Forêt de pins d'Alep Zaarir Ismail	509.13		509.13
Forêt de pins d'Alep de Hamlaoui	25		25
Forêt de pins d'Alep Elbouski	4.25		4.25

XIV.3.2.2.2 La commune de F'kirina :

La surface forestière totale de la commune est de 250 hectares. Cette couverture joue un rôle important dans la protection contre les inondations.

La végétation du chott de Garaet El Taref accueille essentiellement des espèces floristiques halophiles, résistantes au climat semi-aride. Elles sont composées de *Salicornia arabica*, *Artemisia herba Alba*, *Suaeda fruticosa* et *Atriplex halimus*.

XIV.3.3 Milieu humain :

XIV.3.3.1 Commune de Ain Beida :

La superficie de la commune d'Ain Beida est de 53,73 km². Elle est limitée par la commune de Berriche au Nord et à l'Ouest, d'El Zorg à l'Est, et de F'kirina au Sud. D'un point de vue administratif elle appartient à la wilaya d'Oum El Bouaghi.

Elle se caractérise par une démographie élevée par rapport aux autres communes de la wilaya.

➤ Population :

Elle a connu une forte croissance de la population depuis sa création en 1839, grâce notamment à :

- L'accroissement naturel,
- L'exode rural des communes voisines,
- L'attractivité du centre-ville en matière d'offre d'emploi.

Tableau XIV.7 Recensement de la population de la commune d'Ain Beida.

RGPH			Estimations			Taux d'accroissement		
1977	1987	1998	2002	2005	2006	77/87	87/98	98/06
44 886	67 480	92 197	108 627	114 744	116 281	4,16	2,88	2,94

Source : PAW-Oum El Bouaghi (2007).

Chapitre XIV : Impact sur l'environnement

➤ **Activité économique :** - **Industrie :**

L'industrie représente l'activité principale de la commune. Il peut être public ou privée. Il existe une zone industrielle au Nord-est de la commune sur une surface de 121 hectares, et qui est considéré comme étant une contrainte au développement urbain.

Tableau XIV.8 Répartition de l'activité commerciale.

	Société privé	Société public
Nombre de société	06	02
Nombre d'employé	117	609

Source : PDAU Ain Beida – F'kirina (2007)

Notons que la commune comprend une zone d'activité artisanale.

Le secteur des travaux publics est l'activité dominante de la commune, il représente 86 % des volumes de travail.

Tableau XIV.9 Listing des activités de la commune.

Société	Activité	Personnel	Production
EMAB	Menuiserie	161	25.000 m ² / an
FILAB	Textile	/	/
SPIA	Société ayant des actions	426	/
SAIM	Moulin à blé	18	40 t / jour
SARL Raouda	Production de blé	22	500 t / jour
SARL Djaziya	Production de boisson gazeuse	/	288.000 bouteilles / jour
SARL Kayma	Production de boisson gazeuse	22	430.000 litres / an
Parflour	Production de parfum	/	/
SARL Safam	Société d'emballage	25	/
Carrière Djabari Abdelsalam	/	02	13.000 t / an
Carrière Ben Aboud Maamer	/	01	13.000 t / an

Source : PDAU Ain Beida – F'kirina (2007)

- **Agriculture :**

L'agriculture tient une place importante dans cette commune à vocation agricole.

Pour l'année 2003 la surface des SAU atteignaient 3950 hectares dont 09 hectares de cultures irrigués, 2615 hectares de pâturage, 04 hectares de cultures arboricole fruitiers, 1331 hectares de jachères et 954 hectares d'espace forestier. Les surfaces non productives se répartissent sur 292 hectares, ce qui fait une surface totale de 5196 hectares

Les cultures sont composées essentiellement de blé dur, de blé tendre et d'orge. La production agricole est présentée dans le tableau suivant :

Chapitre XIV : Impact sur l'environnement

Tableau XIV.10 Production agricole d'Ain Beida.

Type de culture	Superficie (hectares)	Production (tonne)
Céréales	1 352	5 823
Maraîchage	08	400
Fourrage	/	/
Arboriculture	04	09

(Source PAW Oum El Bouaghi, 2007).

- **Production animale** : Le cheptel d'Ain Beida se constitue de 5101 ovins, de 791 bovins et de 1193 caprins.

XIV.3.3.2 Commune de F'Kirina :

La superficie de la commune de F'kirina est de 344 km². Elle est limitée par les communes suivantes :

- Au Nord par Ain Zitouni (W. Oum El Bouaghi) et Kais (W. Khenchela),
- Au Sud par Ensigna,
- À l'Est par Khenchela et Baghaï,
- À l'Ouest par Kais et Tamza.

La ville de F'kirina fut fondée durant la colonisation. Elle évolua en commune en 1974 pour devenir le chef-lieu de Daïra suite au découpage administratif de 1990.

➤ **Population :**

L'augmentation de sa population s'est fait ressentir depuis le recensement de 1998 avec un taux d'accroissement atteignant les 1.89 %.

Le tableau 19 recense l'évolution démographique de F'kirina.

Tableau XIV.11 Evolution démographique de la commune.

RGPH			Estimations			Taux d'accroissement		
1977	1987	1998	2002	2005	2006	77/87	87/98	98/06
9 167	10 292	11 413	12 386	13 083	13 258	1,16	0,94	1,89

Source : PAW D'Oum El Bouaghi (2007).

➤ **Activité économique :**

- **Industrie** : Il existe une zone d'activité et de stockage à F'kirina de 6 hectares réparti et distribuée en 61 parcelles qui ne sont toutefois pas encore aménagées.
- **Agriculture** : La commune à vocation agricole dispose d'une surface agricole totale (SAT) de l'ordre de 32593 hectares qui se répartit comme suit :
 - Terres agricoles : 28532 hectares,

- Terres pastorales : 2686 hectares,
 - Terre improductive : 609 hectares,
 - Terre improductive et non affiliée à l'agriculture : 516 hectares,
 - Surface forestière : 250 hectares.
- **Production animale** : En 2004 le cheptel de la commune ne compte que trois variétés d'élevage :
- Les ovins : 28782 têtes,
 - Les bovins : 2010 têtes,
 - Les caprins : 3670 têtes.
- La production de lait et de viande de F'kirina n'est pas connue.

XIV.4 Identification et description des impacts :

XIV.4.1 Les impacts positifs du projet :

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

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

XIV.4.2 Les impacts négatifs :

Les effets cumulatifs des différentes phases du projet :

➤ Effets cumules sur l'air :

Les polluants atmosphériques tels que CO, CO₂ et NO_x sont négligeables surtout à proximité des espaces urbanisés où il existe déjà un trafic routier important responsable de la pollution de l'air.

De plus, les engins et les camions ont un temps de séjour limité sur chantier puisque les travaux vont de Ain Beida vers F'kirina. Leurs émissions sont donc rapidement dispersées dans l'air.

➤ Effets cumules sur l'eau (superficielle et souterraine) :

Les effets cumulés des différentes sources de pollution des eaux risquent de détériorer fortement la qualité des eaux superficielles et souterraines.

Les dégradations chimiques (dues aux désherbages ou à des déversement accidentels) quant à elles, peuvent persister dans le temps si aucunes mesures n'est prises.

Toutefois ces nuisances restent temporaires et localisées.

Chapitre XIV : Impact sur l'environnement

Notons qu'un effet sur les eaux peut avoir un impact négatif sur la zone humide voisine.

➤ Effets cumulés sur le sol :

Les dégradations physiques causées aux sols sont nécessaires à la réalisation du projet mais restent malgré tout ponctuel et temporaire.

Les dégradations chimiques (dues aux désherbages ou à des déversement accidentels) quant à elles, peuvent persister dans le temps si aucunes mesures n'est prises.

➤ Effets cumulés sur la biodiversité :

Les risques liés aux travaux de construction et à l'exploitation du projet sont essentiellement d'empêcher les animaux terrestres de se déplacer de part et d'autre de la voie et de perturber ainsi leur cycle naturel, de contaminer de manière irréversible les espèces aquatiques, ou de faire dévier de leurs trajectoires les oiseaux migrateurs se rendant à la zone humide.

➤ Effets cumulés sur le paysage naturel :

Des impacts peuvent exister sur le paysage naturel aux niveaux des zones d'emprunt ou aux niveaux des différents chantiers et leur voies d'accès. Mais qui restent temporaires et disparaîtront lors de la mise en service de la ligne.

➤ Effets cumulés spécifique à la ligne ferroviaire :

Il y a un risque notable de déséquilibre hydrologique qui peut conduire à un accroissement de l'ampleur d'une crue. Certaines mesures sont donc obligatoires pour veiller à réduire ce risque au minimum.

XIV.5 Les mesures proposées pour les impacts sur l'environnement :

Les mesures compensatoires sont définies comme tous les moyens conçus pour prévenir ou réduire l'importance des impacts environnementaux. Cette étude fournit une gamme d'actions, d'équipements et d'approches de gestion alternatives qui peuvent être utilisées pour prévenir, atténuer ou éliminer les impacts négatifs découlant des phases de construction et d'exploitation de la nouvelle ligne ferroviaire.

➤ Impact sur la qualité de l'air :

Impact	Mesure
L'émission de poussières et de particules de taille variable lors des terrassements	<ul style="list-style-type: none">▪ Arrosage des pistes, notamment par vent fort et temps sec pour limiter les envols de poussières.▪ Eviter les opérations de chargement et de déchargement de matériaux par vent fort.<ul style="list-style-type: none">▪ Vitesse de circulation des engins limitée à 30 km/h dans les zones sensibles à la poussière.▪ Couverture ou protection contre le vent des stockages temporaires de matériaux pulvérulents.

Chapitre XIV : Impact sur l'environnement

D'épandage et le malaxage liants hydrauliques	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pas d'épandage par vent supérieur à 40 km/h. ▪ Pas de circulation sur des surfaces venant d'être traitées. <p>Etanchéité des épandeurs, afin d'éviter toute fuite lors du transport des produits.</p>
--	--

➤ **Impacts sur les eaux superficielles et les eaux souterraines :**

Impact	Mesure
<p style="text-align: center;">Impacts sur les eaux souterraines</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Risques de pollution par rejets directs d'eaux de lavage, d'eaux usées. ▪ Risque de pollution par une mauvaise gestion des déchets. <p>Le rabattement des nappes par pompage qui conduit à un abaissement du niveau des nappes phréatiques ainsi qu'une modification du régime d'écoulement des eaux souterraines.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La mise en végétation immédiate des talus, des fossés et berges de cours d'eau, en saison favorable ▪ Le traitement des eaux de chantier dans des bassins de décantation/ filtration provisoires avant rejet dans les cours d'eau sensibles. ▪ Le rejet à l'aval des captages, au-delà de leur aire d'alimentation après décantation. ▪ En cas de dépôts de fines après un orage, le nettoyage immédiat du chantier
<p style="text-align: center;">Impact sur les eaux superficielles</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dérivations des écoulements durant la construction de l'ouvrage. <ul style="list-style-type: none"> ▪ La pollution des eaux. ▪ L'érosion des talus en cours de création 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Drainage et collecte des eaux de ruissellement issues des terrassements dans des bassins de décantation avant rejet dans le cours d'eau. ▪ Stockage du carburant, confinement et maintenance du matériel sur des aires aménagées à cet effet. ▪ Mise en œuvre d'une toile ou grille de protection dans les secteurs sensibles à l'érosion.

➤ **Impacts sur la flore :**

Impact	Mesure
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les déboisements ▪ La circulation des engins le long du projet en construction ▪ Le dépôt temporaire de matériaux (matériaux extraits lors des terrassements, ou nécessaires à la construction du canal...), 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les arbres doivent être déplacé et non pas déboisé. ▪ Eviter les dépôts de matériaux dans la Zone humides. ▪ La propagation de la poussière sera limitée par l'arrosage des voies de circulation sur le chantier par temps sec.

Chapitre XIV : Impact sur l'environnement

➤ Impacts sur la faune :

Impact	Mesure
<ul style="list-style-type: none">▪ Implantation d'une infrastructure étrangère dans une zone de colonisation faunistiques▪ Risque de perturbation liée au bruit et à la vibration	<ul style="list-style-type: none">▪ La pose des barrières pour la faune le long des passages des forêts ou des zones de colonisation faunistiques▪ Impact de vibration sera modéré dans le temps.▪ Création des passages pour animaux

➤ Impacts sur le milieu humain :

Impact	Mesure
Perturbation de la vie économique et la circulation routière, nuisance sonore, Expropriation	Eviter les points à fortes densité économiques, mettre en place un plan de gestion de la circulation avec les autorités locales

XIV.6 Conclusion :

L'objectif principal à atteindre est celui d'intégrer le projet dans l'environnement qu'il traverse avec le minimum de nuisances économiques, environnementales et écologiques.

CHAPITRE XV : Devis Estimatif et Quantitatif

Chapitre XV : Devis estimatif et quantitatif

Chapitre XV : Devis estimatif et quantitatif

N° DES PRIX	DESIGNATIONS	UNITE	PRIX UNITAIRE	QUANTITÉ	MONTANT
1 - INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER					
1-1	Amenée du matériel et installation général du chantier	F	244 543 997,00	1,00	244 543 997,00
1-2	Repli du matériel et des installations du chantier	F	25 008 497,00	1,00	25 008 497,00
1-3	Encadrement de chantier	F	60 363 956,00	1,00	60 363 956,00
TOTAL INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER					329 916 450,00
2 - ETUDES D'EXECTION					
2-1	Études d'exécution des terrassements généraux	F	117 997 426,00	1,00	117 997 426,00
2-2	Études d'assainissement	F	6 443 928,00	1,00	6 443 928,00
2-3	Études d'exécution des Bâtiments voyageurs et aménagement extérieur	F	12 857 791,00	1,00	12 857 791,00
TOTAL ETUDES D'EXECTION					137 299 145,00
3 - TERRASSEMENT GENEREAX					
3-1	Décapage de terre végétale	M3	455,00	163 195,00	74 253 725,00
3-2	Déblais mise en remblai	M3	469,00	4 407,00	2 066 883,00
3-3	Déblais mise en dépôt	M3	486,00	172 651,00	83 908 386,00
3-4	Remblai en provenance d'emprunt	M2	676,00	274 813,00	185 773 588,60
3-5	Fourniture et mise en oeuvre de la couche de Forme	M3	1 700,00	76 200,00	129 540 000,00
3-6	Fourniture et mise en oeuvre de la couche de fondation	M3	2 000,00	20 588,00	41 176 000,00
3-7	Fourniture et mise en oeuvre de la couche de sous ballast	M3	3 500,00	24 331,00	85 158 500,00
3-8	Géogrille	M2	1 000,00	93 290,00	93 290 000,00
3-9	Géotextile	M2	1 000,00	76 000,00	76 000 000,00
3-10	Matériaux Drainant D200	M3	3 000,00	100 320,00	300 960 000,00
TOTAL TERRASSEMENT GENEREAX					1 072 127 082,00
4 - DRAINAGE ET ASSAINISSEMENT					
3-1	Buses de tuyaux en béton armé diamètre 1500mm	ML	15 680,00	50,00	784 000,00
3-2	Fossés trapézoïdaux en béton armé	ML	11 400,00	20 997,00	239 365 800,00
3-3	Dalot en béton armé type 1 ; coupe transversale 4,00 X 4,00 m	M3	50 000,00	160,00	8 000 000,00
3-4	Dalot en béton armé type 2 ; coupe transversale 1,50 X 1,50 m	M3	40 000,00	22,00	880 000,00
TOTAL DRAINAGE ET ASSAINISSEMENT					249 029 800,00
5 - TRAVAUX DE VOIE					
5-1	Fourniture et pose de Ballast sur épaisseur de 0,30 m	M3	6 305,00	25 870,00	163 110 350,00
5-2	Fourniture des traverses bi-bloc	U	8 245,00	24 823,00	204 665 635,00
5-3	Fourniture des rails UIC 60 (60,34 kg/m)	Tonne	115 000,00	1 798,00	206 770 000,00
5-4	Fourniture des attachés pour rails UIC 60	U	523,00	99 293,00	51 930 239,00
5-5	Fourniture et pose Appareil de voie UIC 500 1:12	U	13 870 000,00	2,00	27 740 000,00
5-6	Traverses de Garage Franc	U	40 831,00	2	81 662,00
TOTAL TRAVAUX DE VOIE					654 297 886,00
6 - BATIMENT GARE ET AMENAGEMENT					
6-1	Bâtiment Voyageurs de la gare F'KIRINA +Aménagement	M2	30 000,00	500,00	15 000 000,00
6-2	Quais	M2	5 000,00	2 700,00	13 500 000,00
TOTAL BATIMENT GARE ET AMENAGEMENT					28 500 000,00
TOTAL GENERLE (DA) HT					2 471 170 363,00

Chapitre XV : Devis estimatif et quantitatif

RECAPULATION	MONTANT
TOTAL INSTALLATION GENERALE DE CHANTIER	329 916 450,00
TOTAL ETUDES D'EXECTION	137 299 145,00
TOTAL TERRASSEMENT GENEREAUX	1 072 127 082,00
TOTAL DRAINAGE ET ASSAINISSEMENT	249 029 800,00
TOTAL TRAVAUX DE VOIE	654 297 886,00
TOTAL BATIMENT GARE ET AMENAGEMENT	28 500 000,00
TOTAL GENERAL (DA) HT	2 471 170 363,00

Montant total du projet en TTC :

(TVA 19% = 469 522 369 DA)

TTC = HT + TVA

Le montant total de notre projet est de 2 940 692 732 DA.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Conclusion générale

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

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

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

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

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

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

De plus, Ce travail nous a permis de développer notre côté informatique, par l'utilisation des logiciels comme AUTOCAD, CIVIL 3D, GLOBAL MAPPER.

ANNEXES

Annexe 1

Listing de la géométrie de l'axe en plan

Client : ENSTP

Préparé par : MECHOUEK et AHMIME

Logiciel : CIVIL 3D

Date 28/05/2023 9:22:40 PM

Axe en plan : Axe - (1)

Description :

Plage d'abscisse : Début : 5+500.00, Fin : 20+404.93

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			5+500.00	354725.6143	3957786.3121
DR1	ANG=175.9491 (g)	353.097			
			5+853.10	354855.8605	3957458.1145
CLO2	A=406.202				
	R=1100.000	150.000			
			6+003.10	354907.9974	3957317.4999
ARC3	XC=353860.2992				
	YC=3956982.3453				
	R=1100.000	1396.595			
			7+399.69	354491.1508	3956081.2203
CLO4	A=406.202				
	R=1100.000	150.000			
			7+549.69	354364.5142	3956000.8842
DR5	ANG=265.4575 (g)	3162.076			
			10+711.77	351656.5970	3954368.1232
CLO6	A=489.898				
	R=3000.000	80.000			
			10+791.77	351588.2719	3954326.5109
ARC7	XC=353171.4600				
	YC=3951778.2732				
	R=3000.000	1796.266			
			12+588.03	350427.4623	3952990.9054
CLO8	A=489.898				
	R=3000.000	80.000			
			12+668.03	350395.7774	3952917.4482

DR9	ANG=225.6419 (g)	1911.797			
			14+579.83	349646.3920	3951158.6448
CLO10	A=424.264				
	R=1500.000	120.000			
			14+699.83	349597.8901	3951048.8927
ARC11	XC=348242.5456				
	YC=3951691.5756				
	R=1500.000	345.289			
			15+045.12	349415.5016	3950756.6027
CLO12	A=424.264				
	R=1500.000	120.000			
			15+165.12	349338.2338	3950664.8005
DR13	ANG=245.3894 (g)	1379.449			
			16+544.57	348435.9538	3949621.3586
CLO14	A=424.264				
	R=2000.000	90.000			
			16+634.57	348377.5995	3949552.8428
ARC15	XC=349919.4864				
	YC=3948279.0357				
	R=2000.000	400.949			
			17+035.52	348154.8212	3949220.2883
CLO16	A=424.264				
	R=2000.000	90.000			
			17+125.52	348113.6616	3949140.2538
DR17	ANG=229.7620 (g)	931.905			
			18+057.42	347693.6925	3948308.3441
CLO18	A=424.264				
	R=2000.000	90.000			
			18+147.42	347652.5329	3948228.3096
ARC19	XC=345887.8677				
	YC=3949169.5622				
	R=2000.000	127.283			
			18+274.71	347589.0980	3948117.9847
CLO20	A=424.264				
	R=2000.000	90.000			
			18+364.71	347540.6351	3948042.1494
DR21	ANG=236.6783 (g)	303.536			
			18+668.24	347375.2711	3947787.6134

CLO22	A=489.898				
	R=3000.000	80.000			
			18+748.24	347331.3903	3947720.7226
ARC23	XC=344837.6931				
	YC=3949388.4979				
	R=3000.000	278.835			
			19+027.08	347165.8385	3947496.4781
CLO24	A=489.898				
	R=3000.000	80.000			
			19+107.08	347114.8352	3947434.8456
DR25	ANG=244.2931 (g)	1297.854			
			20+404.93	346282.9572	3946438.6508

Annexe 2

Listing de la géométrie de profil en long

Client : ENSTP

Préparé par : AHMIME et MECHOU EK

Logiciel : CIVIL 3D

Date : 28/05/2023 9:23:16 PM

Profil en long : ahmime lr

Description :

Plage d'abscisse : Début : 5+500.00, Fin : 20+404.00

LONGUEUR DE L'AXE : 14918.240m

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			5+500.00	968.778
D1	PENTE= -1.20%	1536.848		
			7+036.85	950.336
ARC1	S= 7+086.85 Z=949.736			
	R= -54849.347	100.000		
			7+136.85	949.045
D2	PENTE= -1.38%	843.153		
			7+980.00	937.389
ARC2	S= 8+025.00 Z=936.767			
	R= -25835.959	90.000		
			8+070.00	936.302
D3	PENTE= -1.03%	3830.000		
			11+900.00	896.702
ARC3	S= 11+950.00 Z=896.185			
	R= -24985.825	100.000		
			12+000.00	895.869
D4	PENTE= -0.63%	4393.911		
			16+393.91	868.026
ARC4	S= 16+453.91 Z=867.646			
	R= -36915.222	120.000		
			16+513.91	867.460
D5	PENTE= -0.31%	1055.632		
			17+569.54	864.203

ARC5	S= 17+619.54 Z=864.049			
	R= -180975.761	100.000		
			17+669.54	863.922
D6	PENTE= -0.25%	1031.343		
			18+700.89	861.309
ARC6	S= 18+793.70 Z=861.074			
	R= -57171.737	185.617		
			18+886.50	860.538
D7	PENTE= -0.58%	93.138		
			18+979.64	859.999
ARC7	S= 19+050.00 Z=859.593			
	R= -24345.837	140.717		
			19+120.36	859.593
D8	PENTE= -0.00%	1297.877		
			20+404.00	859.593

ANNEXE 3

Annexe 3 : Résumé des essais in situ du tronçon PK 05+500 - PK 20+400.

PK de l'ouvrage	Essai N°	Profondeur (m)
6+000	PU-OB-04-14	3 à 4m
	PD-04	Refus
6+115	PU-7	03
	SC-03	05
	SP-03	05
7+000	PU-8	03
7+700	PU-OB-05-14	3 à 4m
	PDL-05	Refus
8+000	PU-9	03
8+120	SC-OB-02-14	10
	SP-01	12
9+000	PU-10	03
9+100	SC-OB-06-14	3 à 4m
10+000	PU-11	03
10+500	PU-OB-07-14	3 à 4m
	SC-OB-03-14	10
10+547	SP-02	12
11+000	PU-12	03
11+032	SC-OB-04-14	10
11+600	PU-OB-08-14	3 à 4m
	PDL-06	Refus
12+000	PU-13	03
12+063	SP-03	12
12+800	PU-OB-09-14	3 à 4m
	PDL-07	Refus
13+000	PU-14	03
13+267	PU-OB-10-14	3 à 4m
	PDL-08	Refus
13+368	SC-OB-05-14	10
	SP-04	12
13+422	SC-04	15
	SP-04	15
14+000	PU-15	03
14+100	PU-01	04
	PDL-09	Refus
14+892	SC-OB-06-14	10
15+000	PU-16	03
15+200	PU-02	04
	SC-05	10
	SP-05	10

16+000	PU-17	03
16+018	SC-OB-07-14	10
16+625	PU-OB-11-14	3 à 4m
	PD-10	Refus
16+627	SC-06	05
	SP-06	10
17+000	PU-18	03
17+225	PU-OB-12-14	3 à 4m
	PDL-11	Refus
17+500	SC-07	05
	SP-07	10
18+000	PU-19	03
18+343	PU-OB-13-14	3 à 4m
	PDL-12	Refus
19+000	PU-20	03
19+122	SC-OB-08-14	10
	SP-05	12
19+500	SC-08	05
	SP-08	10
20+000	PU-21	03
20+300	SP-05	12
20+361	SC-OB-09-14	10
20+397	PU-22	03
20+400	SP-06	15

NB :

SC : Sondage carotté
SP : Sondage pressiométrique
PU : Puit de reconnaissance

ANNEXE 4

Annexe 4 : Unité 01 : Alluvions récents ou actuelles.

Les différentes caractéristiques géotechniques de cette formation sont résumées dans le tableau suivant :

Paramètres	Désignation	Valeur minimale	Valeur maximale	Valeur moyenne
Poids volumique sec	γ_d (t/m ³)	1.54	2.03	1.81
Poids volumique humide	γ_h (t/m ³)	2.12	2.18	2.07
Teneur en eau	W (%)	10.42	27.12	17.8
Degré de saturation	Sr (%)	27.89	100	94,7
Granulométrie	< 2mm	44	100	71.2
	< 80 μ m	21	100	56
Limites d'Atterberg	WL (%)	25	68	40.9
	WP (%)	13	34	20.6
	IP (%)	14	34	20.8
Compression simple	Rc (Bars)	2.64	3.52	3.08
Compressibilité à l'odomètre	Pc (bars)	0.759	4.42	2.58
	Cc (%)	0.096	0.283	0.189
	Cg (%)	0.019	0.069	0.44
Cisaillement rectiligne UU	Cu (bars)	0.11	0.821	0.465
	ϕ_u (°)	3	23	13
Cisaillement direct CD	C' (bars)	0.469	0.469	0.469
	ϕ (°)	12.1	12.1	12.1
Analyse chimique	Insolubles (%)	57.4	84.2	70.8
	Carbonates (%)	13.82	64.23	42.9
	Chlorures (%)	0.29	0.35	0.32
	Sulfates (%)	Traces		
	Anhydrique carbonique	27.3	14.0	20.6

ANNEXE 5

Annexe 5 : Unité 02 : Argile marneuse plus au moins limoneuse.

Unité 02 : Argile marneuse plus au moins limoneuse :

Les différentes caractéristiques géotechniques de cette formation sont résumées dans le tableau suivant :

Paramètres	Désignation	Valeur minimale	Valeur maximale	Valeur moyenne
Poids volumique sec	γ_d (t/m ³)	1.40	1.87	1.63
Poids volumique humide	γ_h (t/m ³)	1.73	2.11	1.94
Teneur en eau	W (%)	8.4	30.1	18.5
Degré de saturation	Sr (%)	38	94.8	76.6
Granulométrie	< 2mm	68	100	96.9
	< 80 μ m	53	93	91.8
Limites d'Atterberg	WL (%)	28	57	46.7
	WP (%)	14	28	23.5
	IP (%)	14	29	23.4
Compression simple	Rc (Bars)	1.16	46	23.5
Compressibilité à l'odmètre	Pc (bars)	0.021	1.870	0.798
	Cc (%)	4.20	23.04	13.74
	Cg (%)	0.20	4.00	2.25
Cisaillement rectiligne UU	Cu (bars)	0.102	0.692	0.433
	ϕ_u (°)	3	22	12
Cisaillement direct CD	C' (bars)	0.0289	0.6936	0.360
	ϕ (°)	21.1	38.4	31.88
Analyse chimique	Insolubles (%)	48.2	53.7	50.75
	Carbonates (%)	29.6	49.6	28.6
	Sulfates (%)	Traces	12.2	3.15
	Chlorures (%)	0.29	0.58	0.39
	Anhydrique carbonique	7.58	17.1	11.18

ANNEXE 6

Annexe 6 : Unité 03 : Argile tufacé.

Les différentes caractéristiques géotechniques de cette formation sont résumées dans le tableau suivant :

Paramètres	Désignation	Valeur minimale	Valeur maximale	Valeur moyenne
Poids volumique sec	γ_d (t/m ³)	1.34	1.94	1.66
Poids volumique humide	γ_h (t/m ³)	1.60	2.18	1.93
Teneur en eau	W (%)	10.8	22.8	16.7
Degré de saturation	Sr (%)	47	98.03	76.65
Granulométrie	< 2mm	73.2	100	95.08
	< 80 μ m	62.1	95	80.35
Limites d'Atterberg	WL (%)	28	67.4	44.36
	WP (%)	15	37.4	22.7
	IP (%)	13	30	21.6
Compression simple	Rc (Bars)	3.19	25	14.9
Compressibilité à l'odomètre	Pc (bars)	0.140	3.430	1.328
	Cc (%)	8.9	22.1	14.18
	Cg (%)	1.49	5.10	2.64
Cisaillement rectiligne UU	Cu (bars)	0.325	0.821	0.462
	ϕ_u (°)	3	22	12.75
Cisaillement direct CD	C' (bars)	0.0553	0.328	0.192
	ϕ (°)	30.6	44.4	36.33
Analyse chimique	Insolubles (%)	33	48.1	39.8
	Carbonates (%)	12.2	64.2	34
	Sulfates (%)	Traces	12.8	1.31
	Chlorures (%)	0.35	0.58	0.43
	Anhydrique carbonique	6.8	17.9	11.1

ANNEXE 7

Annexe 7 : Unité 04 : Marne argileuse.

Les différentes caractéristiques géotechniques de cette formation sont résumées dans le tableau suivant :

Paramètres	Désignation	Valeur minimale	Valeur maximale	Valeur moyenne
Poids volumique sec	γ_d (t/m ³)	1.54	1.92	1.71
Poids volumique humide	γ_h (t/m ³)	1.96	2.14	2.04
Teneur en eau	W (%)	11.8	27.1	19.9
Degré de saturation	Sr (%)	81.8	99.7	93.2
Granulométrie	< 2mm	96	100	98.2
	< 80 μ m	87.6	100	93.2
Limites d'Atterberg	WL (%)	26.1	68	47.6
	WP (%)	13.5	34	24.3
	IP (%)	12	30	23.1
Compression simple	Rc (Bars)	2.64	3.52	3.08
Compressibilité à l'odomètre	Pc (bars)	0.184	1.740	0.968
	Cc (%)	5.9	28.3	15.2
	Cg (%)	1.2	6.9	3.64
Cisaillement rectiligne UU	Cu (bars)	0.11	0.235	0.17
	ϕ_u (°)	3	3	3
Cisaillement direct CD	C' (bars)	0.379	0.611	0.495
	ϕ (°)	25.6	38.4	32.0
Analyse chimique	Carbonates (%)	29.3	68	48.6
	Chlorures (%)	0.29	0.48	0.38
	Sulfates (%)	Traces	Traces	Traces
	Anhydrique carbonique	12.9	30.3	21.6

Annexe 8

Fiche n° 1 : Sous-couche pour couche "sous-ballast"

Type de matériau: D2, D3, R21 [1], R41, R61

		lignes parcourues à grandes vitesses V > 160 km/h	autres lignes	Observations
désignation		Grave 0 / 31,5 bien graduée		
Caractéristiques intrinsèques				
résistance	LA+MDE	<= 40	<= 50	
Caractéristiques de fabrication				
dimensions nominales	d	0		
	D	31,5	31,5 (ou 40)	
granularité (fuseau de spécification)	P[2D]	100	fuseau de la courbe moyenne	
	P[1,58D]	100 - 99		
	P[D]	99 - 85		
	P[D/2]	81 - 55		
	P[D/5]	57 - 31		
	P[D/10]	45 - 23		
	P[D/20]	36 - 17		
	P[D/50]	26 - 11		
	P[D/100]	19 - 8		
	P [D/200]	13 - 6		
	P[0,08]	8 - 4	P[D/2] : 73 - 65 P[D/5] : 52 - 42 P[D/10] : 40 - 31 P[D/20] : 31 - 22 P[D/50] : 21 - 16 P[D/100] : 15 - 12 P[D200] : 10 - 8	
angularité		Entièrement concassée	>= 95 sec. (sur fraction 6,3/10)	
forme	A	<= 25		
propreté	Vbg	<= 1		
Caractéristiques complémentaires				
compacité		>= 82 %	>= 80 %	
sensibilité au gel		non gélif		
granulats artificiels			[3]	

- [1] L'utilisation de granulats calcaires d'origine géologique autre que "Primaire" doit être soumise à l'accord du Département IG-LG
- [2] La limite inférieure du fuseau de spécification est la même que la limite inférieure du fuseau des graves non traitées routières 0 / 31,5 dures (Norme P 98-129)
- [3] utilisation possible de matériaux de démolition : F71 , sous réserve des recommandations des annexes 1 et 2

Annexe 9

ST590 Ind.B				
Fiche n° 2 : Sous-couche pour couche de fondation				
Type de matériau : B5, D, R21, R41, R61				
		lignes parcourues à grandes vitesses V > 160 km/h	autres lignes	Observations
<u>désignation</u>		Grave sableuse		
Caractéristiques intrinsèques				
résistance	LA+MDE	≤ 50		
Caractéristiques de fabrication				
dimensions nominales	d	0		
	D	20 à 40		
granularité (fuseau de spécification)	P[2D]	100		
	P[1,58D]	100 - 99		
	P[D]	99 - 85		
	P[D/2]	88 - 66		
	P[D/5]	67 - 46		
	P[D/10]	54 - 35		
	P[D/20]	46 - 27		
	P[D/50]	38 - 19		
	P[D/100]	30 - 13		
	P [D/200]	14 - 5		
angularité		Entièrement concassée	≥ 95 sec. (sur fraction 0,3/10)	voir § 7.4
forme	A	≤ 25		
propreté	Vbg	≤ 1		voir § 7.6.1
Caractéristiques complémentaires				
compacité		≥ 82 %	≥ 80 %	
sensibilité au gel		non gélif		voir § 8.2.3
granulats artificiels		[1]		
[1] utilisation possible de matériaux de démolition : F71 , sous réserve des recommandations des annexes 1 et 2				

Annexe 10

Fiche n° 4 : couche de forme de qualité S3 ou Rt3			
<i>Type de matériau : B3, CiBi, D2, D3, R21, R41, R61, F31, F71</i>			Observations
<u>désignation</u>		Grave 0/D	
Caractéristiques intrinsèques			
résistance	R [1]	<= 60	
Caractéristiques de fabrication			
dimensions nominales	d	0	
	D	20 à 125	
granularité (fuseau de spécification)	P[2D]	100	
	P[Dmax]	100 – 99	
	P[D]	99 – 85	
	P[D/2]	84 – 55	
	P[D/5]	60 – 31	
	P[D/10]	49 – 23	
	P[D/20]	40 – 17	
	P[D/50]	30 – 11	
	P[D/100]	22 – 8	
	P [D/200]	16 – 6	
	P[D/500]	9 – 3	
	P[D/1000]	6 - 2	
angularité			
forme	A	<= 25	
propreté	Vbg	< 2	
Caractéristiques complémentaires			
compacité		>= 80 %	
sensibilité au gel		[3]	
granulats artificiels		[4]	
<p>[1] R = LA + MDE si D < 50 R = LA + MDA si D >= 50</p> <p>[2] à prendre en compte si D >= 63</p> <p>[3] Selon la situation géographique il n'est pas toujours nécessaire de vérifier que les granulats utilisés en couche de forme rapportée Rt 3 soient "non gélifs" .</p> <p>[4] Voir recommandations d'emploi en annexes 1 et 2.</p>			

Annexe 11

Annexe 11 : Données de pluies : 70707 AIN BEIDA

Pluies mensuelles	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout
1909					41,7	133,7	22,2	68,9	23,2	8,6	0,8	27,4
1910	24,3	57,8	62,7	15,4	61	14	40	31	0	7	0	13
1911	0	18	18	5	37	17	31	5,9	3,2	49	0	14,5
1912	106,8	37,5	29,9	36,5	65,2	82,5	16,2	65,8	85,4	9,3	3,5	0
1913	0	46,1	18,5	8,6	40,2	60,8	31,7	28,5	42,5	21,5	13,5	80
1914	4	18,5	20,5	19,6	122,9	40,8	49,2	65,2	74,5	113,	5,4	6,5
1915	43,6	46,1	47,4	28,7	41,7	130,7	23,1	68,9	23,2	8,6	0,8	27,4
1916	24,3	57,8	62,7	8,9	18,5	17,2	19,4	11,9	86,3	93,3	0	2,5
1917	1	19,1	107,3	16,3	11,5	22,9	49,6	48,4	61,6	22,8	3,8	2,3
1918	1,	5,6	31,4	38,4	93,8	21,4	54,8	30,9	57,7	98,2	9	11,5
1919	23,9	19	36,4	39	17,4	66,2	32,2	25,2	84,7	19,5	1,1	13,1
1920	4	8	26,4	25,2	37,9	27,6	94,8	111,	95,2	21,7	22,5	26,5
1921	36,3	32,3	16,5	72	113,9	56,5	8,5	19,7	14,8	71	0	49
1922	1	30	15,5	36,5	106,9	44,1	112,1	58,7	46,7	17,3	2,5	7
1923	3	5	19,8	19	48,3	49,3	56,8	3	15	17,5	6	0
1924	2	57,5	37,1	52	10,5	19,5	52,5	42,5	48,9	12	0	6,5
1925	96,5	75,5	34,5	22,5	59,5	51,5	30	27,5	43	17	38	6,8
1926	35,7	4,4	56,5	61,4	38,5	39,1	89,9	25	78,3	13,6	0	6
1927	42,5	37,3	18,4	57,6	70,5	46,8	42	4,1	35,6	31	50,7	0
1928	25,5	11	22,8	47,1	11,9	62,7	132,4	5,7	77,1	39,5	7,2	8
1929	87,7	21,4	37,2	16	36,1	43,7	54,3	47,3	22,3	27,1	6,3	0
1930	31,2	18,5	3	70,5	39,4	40,9	26,3	57,5	40	21,8	0	2,5
1931	9,	11	35,5	38,4	21,1	32,5	55,1	24,5	26,5	6,5	3	4
1932	25,4	40	24	16	46,6	42,8	120,8	9	81,5	41,5	0	2,5
1933	1	1	24	58,2	54,2	38,7	55,2	53,5	33,5	25	16,5	18,3
1934	65,4	28,7	72,4	27,9	111,1	39,6	41		27,1	10,5	11,4	8,9
1935	4	53,9	39,8	26,6	12,3	30,5	21,4	47,7	55,2	42,6	28,3	82
1936	11,6	77,4	64,8	42,4	8,8	32,1	27,1	24,4	14,9	9,1	7,5	7,3
1937	13,1	6,5	34	42,7	22,5	25,4	5,8	45,2	57,2	15,3	0,3	20
1938	25,4	41,5	38,9	45,3	17	60,7	60,3	121	105,5	41,8		61,8
1939	44,6	32,2	70,3	52,2		10,5	32,1	9,6	12			
1940	1	36,1	33,5	50,5	13,9	11,8	15	48,8	78,3	18,6	15,2	11,5
1941	73,7	49,4	57,4	16,9	37,1	40,5	22,7	17,5	7	6	0	7,5
1942	82,5	5,4	41,8	44,6	28,4	86	42	29,2	6,3	49,9	49,5	7,5
1943	1	62,2	9	40,7	11,5	13,5	25,5	52,5	8,5	134,	0	48
1944	90,5	20,5	39,1	43,5	50,7	6,5	15,5	12	13,5	20,5	18	0
1945	4,	6	9	66	86,1	6,5	27,5	81,3	52,4	24	0	6
1946	4	14	43,9	64,7	7,8	20,5	24,6	66,3	12,5	22,4	2	12
1947	2	157,3	5	33,9	17,7	70,1	32,7	90,5	31,4	41,7	1,9	3,5

1948	3,	77,2	8,7	49,4	82,5	14,3	81,3	53,9	65,5	18,1	0	20
1949	1	8,8	26,3	17,5	73,3	29,5	43,1	73,8	37,2	34	0	35,7
1950	43,3	50,9	41,4	17	25	23,2	12,4	1,6	58,6	24,8	27,8	27
1951	44,7	90,4	19,7	27,4	33	28,5	28,3	85,7	56,9	2,5	25,8	16
1952	39,7	20,8	23,2	23,9	31,5	12,3	66,3	28,5	42,5	44,1	16	26,6

Annexe 12

Annexe 12 : Pluie maximale journalière : 70707 AIN BEIDA

Pluie max journ	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1909					10,3	23,8	7,4	25,6	8,2	6,2	0,3	23,8	
1910	13,7	16,3	24	3,5	8	9	7	7	0	5	0	7	24
1911	0	15	5	2	18	14	24	2,1	3,2	44	0	8,2	44
1912	21,2	9,4	8,8	12,6	27	13	6	28,1	26,2	3,3	3,5	0	28,1
1913	0	29	6	2,7	17	15,5	8,9	14,5	15	11,5	13,5	34	34
1914	21	6	5,5	15,5	16,8	13,4	18,2	19,7	22,4	31,4	4,4	6,5	31,4
1915	16,9	11,6	24,4	11,7	10,3	23,8	7,4	15,8	8,2	6,2	0,3	23,8	24,4
1916	13,7	16,3	24	4,8	11,5	5,8	4,9	8,7	26,4	38,3	0	1,8	38,3
1917	7,5	4,9	24	8	2,8	12,2	13	19,2	21,5	12,3	2,2	2,3	24
1918	0,8	3,5	7,9	9	32	7,2	14,6	9	15,2	41	9	6,5	41
1919	7,8	5,8	18,5	16,5	6	20	13,3	11,5	50	8	0,7	9	50
1920	18	5	5,8	6	10,5	9	27,5	21	23,5	6,5	8	12,5	27,5
1921	20	15,8	16,5	14	23,4	18	6	10,2	3	28	0	16	28
1922	9	14,5	5	9,2	24,5	15,1	13,2	15,5	14,5	5,5	2,5	7	24,5
1923	12,5	5	10	10	8	17	13,5	3	10	4	5,5	0	17
1924	15	23,5	20,5	13,5	6	4,5	14	15	12,5	6,5	0	4,5	23,5
1925	33,5	21	15	9	14	19	10	15	16,5	7	25	3	33,5
1926	13,3	2,9	21	10	14	19	27	14	17	7,5	0	5	27
1927	14,2	20	8,5	19	20	11	13,9	1,3	16,7	31	11,8	0	31
1928	6	9,8	8,1	9,3	3,6	14,8	41,6	3,7	12,8	9,7	5,1	5,7	41,6
1929	50,7	10	14	4,2	19,8	15	26,5	30,2	12	7,8	4	0	50,7
1930	12,7	5	3	16,2	13,2	12	18,4	15	11,5	9,5	0	2,5	18,4
1931	2,8	5	11	12,8	7,4	9	13	12,5	11,5	3,5	3	2	13
1932	7,8	11,5	10	9,5	11	19	22	5,5	29	13,5	0	2,5	29
1933	1	1	12,5	23	12,6	20,5	10,2	38	9,5	11	15	10	38
1934	27,3	10	18	20,2	25,7	26,7	9,7		20,2	5,2	8	6,1	
1935	25,7	23,6	37	15,9	6,8	11,6	11,1	28,2	15	31	20	28	37
1936	5,3	28,3	24,3	23,6	5,9	5,6	15,2	6,7	7,6	4,1	5,3	5,1	28,3
1937	8,1	4	17,1	15	7,1	11,5	2,5	11	19,5	5,8	0,3	9	19,5

1938	15,2	19,4	12,5	13,4	13,3	18	16,3	73,4	14,6	21,2		35,8	
1939	13,6	13,2	14,8	11,1		7,4	4,7	2,6	5,6				
1940	10	15,8	22	25	5	4,5	10,3	23	28,5	15,2	13,5	10,5	28,5
1941	14,7	21,2	22,5	9	5	12	5,5	9,5	4,5	5,8	0	2,5	22,5
1942	33,5	5,4	21,5	12,5	9,9	26	14	8,6	2,6	18	35,5	7,5	35,5
1943	6	43,2	6	21	3	8	14	22,5	3	60	0	25	60
1944	23	10,5	12	13,5	26,5	4	7,5	7	10,5	12	15	0	26,5
1945	2	3	3,5	17	25	4	11,5	38	18,5	15,5	0	3	38
1946	3	12	18,1	12,5	5,7	6,1	9,4	25,3	7	8,2	1	2,7	25,3
1947	23	44	3,9	9,8	5,7	41,4	10,9	33,8	15,7	15,4	1,9	3,5	44
1948	2,5	33,4	2,6	23,9	27,8	5	22	28,9	22,6	9,6	0	20	33,4
1949	6,6	6,5	7,3	13,2	29,4	12,1	11	25,9	18,2	9,6	0	14,8	29,4
1950	19,5	29,8	15,7	8,9	12,2	13	5	1	25,7	10,6	23,4	19,8	29,8
1951	23,6	18,5	7,3	14,5	8	11,5	12,3	23,5	19,8	1,1	15,4	10	23,6
1952	10,8	18,5	7	10,7	17	3,8	14,5	15	15,5	15	6,3	18,1	18,5
1953	32	38	22	8,5									
1954			8	11,5	7,9	4,7	10,6	30,2	5,4	15	9,3	5,5	

Annexe 13

Annexe 13 : Décapage de terre végétale sur 50 cm

Cut/Fill Report

Generated: 2023-06-06 14:27:54
 By user: HP
 Drawing: C:\Users\HP\Downloads\C:\Users\HP\Downloads\PFE Tracé +PL + ptt+pt courant (2).dwg

Volume Summary

Name	Type	Cut Factor	Fill Factor	2d Area (m ²)	Cut (M ³)	Fill (M ³)	Net (M ³)
Surface2	full	1.000	1.000	326391.43	163195.71	0.00	163195.71<Déblai>

Totals

	2d Area (m ²)	Cut (M ³)	Fill (M ³)	Net (M ³)
Total	326391.43	163195.71	0.00	163195.71<Déblai>

* Value adjusted by cut or fill factor other than 1.0

Annexe 14

Annexe 14 : Récapitulatif des Cubatures des Matériaux

Matériaux	Déblais	Remblais	C. de forme	C. de fondation	Ballast	Sous Ballast
Volumes (m ³)	177058	279220	76200	20588	25870	24331